

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI ROBOTLARDAKİ SENSÖRLERİN SÜREKLİ
SENKRONİZASYONU İLE HEDEF BELİRLEME**

Serkan KURT

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

**Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri**

: Prof. Dr. Halit PASTACI (YTÜ)
: Prof. Dr. Oruç BİLGİÇ (YTÜ)
: Prof. Dr. A. Coşkun SÖNMEZ (YTÜ)
: Prof. Dr. Osman Nuri UÇAN (İ.Ü.)
: Prof. Dr. Mahmut ÜN (Beykent Üni.)

İSTANBUL, 2007

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI ROBOTLARDAKİ SENSÖRLERİN SÜREKLİ
SENKRONİZASYONU İLE HEDEF BELİRLEME**

Serkan KURT

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

**Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri**

: Prof. Dr. Halit PASTACI (YTÜ)
: Prof. Dr. Oruç BİLGİÇ (YTÜ)
: Prof. Dr. A. Coşkun SÖNMEZ (YTÜ)
: Prof. Dr. Osman Nuri UÇAN (İ.Ü.)
: Prof. Dr. Mahmut ÜN (Beykent Üni.)

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Sensör Ağı.....	2
1.2 Sensörlerin Düzeni, Entegrasyonu ve Senkronizasyonu	2
1.2.1 Karakteristik Özellikleri Aynı Sensörlerin Entegrasyonu	4
1.2.2 Karakteristik Özellikleri Farklı Sensörlerin Entegrasyonu	5
1.3 Hatalı Veri Analizi.....	6
1.4 Sensörlerin Karakteristik Yapıları	9
1.5 Hedef Tespitinde Birden Fazla Akıllı Robotun Kullanılması.....	9
1.6 Sayısal Mantık Kapıları	10
1.7 Bilgisayar ve Ağ Teknolojilerinin Akıllı Robotlarda ki Sensörlerin Senkronizasyonunda Kullanılması	10
1.8 Giriş Çıkış Portlarının Sensörler ile Veri alışverişinde kullanılması	14
2. ÖLÇME SINIRLARI FARKLI SENSÖRLERİN ENTEGRASYONU VE SENKRONİZASYONU	17
3. BİLGİ TABLOLARI	37
3.1 T Örneklem Süresinin Belirlenmesi.....	38
3.2 T-Bilgi tablosu.....	40
3.3 Vektör	41
3.3.1 Hedef Belirleme Bilgi Tablosu.....	42
3.4 Hedef Belirlemede Birden Fazla Akıllı Robotun Kullanılması	43
4. GELİŞTİRİLEN ROBOKS2’NİN TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILMASI..	44
5. SONUÇ	51
KAYNAKLAR.....	53

EKLER.....	55
Ek 1 Normal dağılım tablosu değerleri.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	61

SİMGE LİSTESİ

τ	Gauss dağılımı tablo değeri
δ	Gerçek değerden sapma miktarı
A_i	i. sensör verisi
A_{Ti}	T. anda ki i. sensör verisi
A_{ort}	Sensör verilerinin ortalama değeri
A_{ort}^*	Birden fazla ölçme yapan sensörler için ortalama değer
D_i	i. sapma değeri
σ	Standart sapma
σ^*	Bir ölçmede birden fazla ölçme yapan sensörler için standart sapma
n	Sensör sayısı
m	Ortalamaya katılacak sensör sayısı
m^*	Bir ölçmede birden fazla ölçme yapan sensörler için ortalamaya katılacak sensör sayısı
ζ	Normal dağılım tablosunda % doğruluk değeri
T	Örnekleme Süresi
T_c	Sensörün cevap verme süresi
T_{cn}	n'inci sensörün cevap verme süresi
$loja_{A_i}$	A_i . sensörün alt sınır lojik çıkışı
$loju_{A_i}$	A_i . sensörün üst sınır lojik çıkışı
$\overline{loja_{A_i}}$	A_i . sensörün alt sınır lojik çıkışının değili
$\overline{loju_{A_i}}$	A_i . sensörün üst sınır lojik çıkışının değili
$loja_{A_{ji}}$	j. anda ki A_i . sensörün alt sınır lojik çıkışı
$loju_{A_{ji}}$	j. anda ki A_i . sensörün üst sınır lojik çıkışı
$\overline{loja_{A_{ji}}}$	j. anda ki A_i . sensörün alt sınır lojik çıkışının değili
$\overline{loju_{A_{ji}}}$	j. anda ki A_i . sensörün üst sınır lojik çıkışının değili

KISALTMA LİSTESİ

LAN	Yerel Alan Ağı (Local Area Network)
WAN	Geniş Alan Ağı (Wide Area Network)
TCP/IP	İletişim Kontrol Protokolü/İnternet Protokolü (Transport Control Protocol/Internet Protocol)
OKEK	Ortak Katların En Küçüğü
MS	Milattan Sonra

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Sensör Düzenleri	3
Şekil 1.2 Sensörleri dairesel olarak yerleştirilmiş mobil robot	5
Şekil 1.3 Normal olasılık dağılımı (çan) eğrisi	7
Şekil 1.4 Birden fazla akıllı robotun bir hedefi tespiti.....	10
Şekil 1.5 Bir ağda sensörlerin haberleşmesinin şematik gösterimi	13
Şekil 1.6 Akıllı robotların ağ üzerinde adreslenmesi.....	14
Şekil 1.7 Sensörlerin mikrodenetleyici ile portlara bağlantısı	15
Şekil 2.1 DME2000 fotoelektrik mesafe sensörünün mesafeye göre Q1 ve Q2 lojik çıkışları	19
Şekil 2.2 Ölçme sınırlarına göre A ve B sensörüne ait giriş-çıkış grafiği	25
Şekil 2.3 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda I. bölgeye ait grafik	31
Şekil 2.4 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda II. bölgeye ait grafik	31
Şekil 2.5 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda III. bölgeye ait grafik.....	32
Şekil 2.6 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda IV. bölgeye ait grafik.....	33
Şekil 2.7 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda V. bölgeye ait grafik.....	33
Şekil 2.8 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda VI. bölgeye ait grafik.....	34
Şekil 2.9 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda VII. bölgeye ait grafik	34
Şekil 2.10 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda VIII. bölgeye ait grafik ...	35
Şekil 3.1 x-y-z kartezyen gösterimde vektörler.....	38
Şekil 3.2 T-Bilgi tablosu analizi için “veri kontrol” arayüzeyi	42
Şekil 4.1 RoboKS2’nin genel görünümü	44
Şekil 4.2 RoboKS2’nin mekanik hareketleri.....	46
Şekil 4.3 RoboKS2’nin kontrol arayüzünde bulunan bilgi tablolarının tablo şekline dönüştüğü diğer arayüz	48
Şekil 4.4 15. saniyede elde edilen bilgi tablosunun tekrar elde edilebildiğini gösteren kontrol arayüzü	49
Şekil 4.5 15. saniyede elde edilen bilgi tablosunun tekrar elde edilebildiğini gösteren kontrol arayüzü	50

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	A_1 ve A_2 sensörlerinin lojik çıkış değerlerini gösteren tablo.....	26
Çizelge 2.2	Sensörlerin ölçme aralıkları ve çıkış değerleri tablosu.....	28
Çizelge 2.3	Ölçme mesafesine göre bölge tanımlamaları.....	30
Çizelge 3.1	A,B ve C sensörlerinin cevap verme sürelerine göre çıkışlarını gösteren tablo ..	40
Çizelge 4.1	Uygulamada kullanılan T-Bilgi tablosu indislerinin açıklamaları.....	47

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışması sırasında yakın ilgi ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen çok değerli sayın danışman hocam Prof. Dr. Halit PASTACI'ya ve sayın hocalarım Prof. Dr. Osman Nuri UÇAN'a, Prof. Dr. Oruç BİLGİÇ'e, Prof. Dr. Mahmut ÜN'e, Prof. Dr. Coşkun SÖNMEZ'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca teknik bilgi ve doküman desteklerinden dolayı SICK Türkiye A.Ş'den sayın Şebnem UYANIK ve Mehmet KAHVECİ'ye, robot tasarımında maddi ve manevi desteklerinden dolayı 3. sınıf emniyet müdürü sayın Dursun YILMAZ'a ve NEPA Elektrik ve Elektronik San. ve Tic. Ltd. Şti.'ye de teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Robot teknolojisinde kullanılan sensörlerin karakteristik özellikleri robotun kabiliyetlerini doğrudan etkiler. Robot, sensörler ile dış ortamdan veri toplar. Elde edilen verilerin doğruluğu önemlidir. Daha güvenilir veri elde etmek için birden fazla sensör ile oluşturulan entegrasyon kullanılabilir. Bir entegrasyonda kullanılan sensörler aynı veya farklı karakteristik özelliklere sahip olabilirler. Elde edilen verilerin analizinde bu karakteristik farklılıklar dikkate alınmalıdır.

Bu tez çalışmasında ölçme sınırları ve cevap verme süreleri farklı mesafe sensörlerin entegrasyonu üzerinde yoğunlaşmıştır. Ölçme sınırları farklı sensörler ile oluşturulan entegrasyonda sınır değerleri dışında kalan ölçme sonucu üreten sensör verileri hatalıdır. Bu hatalı verilerin ayıklanması gerekir. Gauss dağılımı kullanılarak hatalı veri analizi yapan yöntemler, sınır değerler dikkate alınmadan uygulanırsa yetersiz kalırlar. Chauvenet kriteri veya Peirce kriteri hatalı veri ayıklama yöntemlerindendir. Bu tez çalışmasında her bir sensörün lojik çıkışları Chauvenet kriterindeki matematiksel yöntem içinde kullanılarak verinin güvenilirliği artırılmıştır. Verinin güvenilirliğini daha da artırmak için entegrasyondaki her bir sensör ölçmesi birden fazla tekrarlanır. Ayrıca hedef tespitinde birden fazla akıllı robotta kullanılır. Bu durumda elde edilen veriler eşzamanlı incelenmelidir. Tezin amacı bir akıllı robotta sensörler ile hedefi daha doğru tespit edebilmektir. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen matematiksel yöntem ve metotlar bu kriterlerde dikkate alınmıştır. Tez çalışmasında bilgisayar ağ teknolojileri, istatistiksel analiz yöntemleri, lojik kapılar, yazılım teknolojilerinden faydalanılmıştır. Ayrıca, tez çalışmasına yön vermesi, geliştirilen bazı yöntemlerin pratikte uygulanabilmesi ve yeni fikirlerin oluşmasına yardımcı olabilmesi için RoboKS2 isimli bir robot tasarlanmıştır. Robot üzerinde sanal ve gerçek sensörler kullanılarak geliştirilen model ve yöntemler test edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Chauvenet kriteri, sensör entegrasyonu, ölçme sınırları farklı sensörler, cevap verme süreleri farklı sensörler, eş zamanlı veri analizi, hatalı veri analizi, Gauss dağılımı.

ABSTRACT

The typical properties of sensors used on robot affect the capability of the robot directly. A robot receives data from the surrounding area. The accuracy of these data are more important. More than one sensor are used to get more accurate data and form the sensor integration. The sensors may have same or different characteristic properties according to each other in integration. The characteristic properties must be taken in consideration in sensor integration to analyse data.

Different measuring boundaries and response times of distance measuring sensors' integration is focused in this thesis. If the value to be measured in an integration composed of the sensors is out of ranges of some sensors, the data of these sensors is to be eliminated. The methods used Gauss probability are insufficient if the boundaries are not taken in consideration. Chauvenet's or Peirce's criterions are bad data elimination methods. Logical output of sensors are used in Chauvenet's criterion mathematical model to increase reliability in this thesis. To increase reliability once more measuring repeated for each sensor in an integration. Also, lots of robots can be used to determine and analyze more options of one target or targets. The aim of this thesis, in the presence of the criteria, is to develop new methods to detect the target accurately by the sensor integration on intelligent robots. Computer network, statistical analyzing methods, logic gates, software technologies are used in this work. RoboKS2 is designed, to direct some studies, apply and test the new developed methods practically and help to create new ideas.

Keywords: Chauvenet's criterion, sensor integration, sensors with different measuring boundaries and response time, synchronously data analyzing, error data analyzing, Gaussian distribution.

1. GİRİŞ

Robot adı, “zorunlu emek” anlamında olan Çekçe “robota” sözcüğünden gelmektedir. Robot, belirli insan etkinliklerini üstlenen otomatik makinelerin ortak adı olarak tanımlanabilir. Robotlara ait ilk kavramlar ve robot benzeri ilk makinelere ait bilgiler MÖ 3000 yıllarına kadar uzanmaktadır Her mekanik yapı robot olarak adlandırılmamaktadır. Bir robot, üzerinde bulunan sensörler ile çevre birimlerden veri toplar, inceler ve sonuçta uygun hareketi gerçekleştirir. Yani robotlarda bulunması gereken en önemli unsurların başında sensörler, bu sensörlerden gelecek veriyi inceleyip sonuç üretecek mikroişlemciler ve yürütülen algoritmalar gelmektedir. MS 1940 yılında Grey Walter bu tanıma uygun olarak ışığa yönelen ilk gezer robotları (machina speculatrix) üretmiştir. Günümüzde ise çok gelişmiş ve özellikle endüstriyel üretimlerde de kullanılan robotlar bulunmaktadır (www.biltek.gov.tr).

Bilinen bazı robotlar ve türleri;

- Endüstriyel Robotlar
- Bomba İmha Robotları
- AIBO: Sony firmasının ürettiği, öğrenme kabiliyetine sahip köpek robot
- ASIMO: Honda’nın ürettiği iki ayak üzerinde yürüyebilen insana benzer robot.
- NASA’nın geliştirdiği Mars Gezgin robotları

Hedef tespiti sensörler aracılığıyla yapılır. Bir hedef tespitinde bazen bir bazen birden fazla sensör kullanılabilir. Bir sensör ağında binlerce sensör ortak kullanılabilir. Bazı hedef tespit yapılarına örnek olarak radar, sonar, sayısal iletişim, akustik tespit, sismik tespit verilebilir (Hippenstiel, 2002).

Akıllı robot üzerinde çok fazla sensör bulunabilmektedir. Yapılacak olan işe göre kullanılacak sensörlerde farklıdır. Bu çalışmada belirtilen “yapısal olarak aynı sensörler” aynı amaç için kullanılan sensörlerdir. Örneğin sıcaklık sensörlerinin amacı sıcaklığı ölçmektir. Sıcaklık sensörleri ile mesafe ölçen sensörler yapıları itibari ile birbirlerine göre farklıdır. Bu iki sensör yapısı yapıları birbirlerine göre farklı sensörler olarak anlatılmaktadır. Bazı anlatımlarda “yapıları aynı karakteristik özellikleri farklı sensörler” den bahsedilmektedir. Bu anlatıma örnek olarak ölçme mesafeleri farklı iki ultrasonik sensör verilebilir. Sensörlerin kullanım açısından üstünlük ve eksiklikleri bulunmaktadır. Ortamda bulunan nem, basınç, sıcaklık, ışık şiddeti, manyetik alan ve bazı dış faktörler, sensörlerin karakteristik yapılarını doğrudan veya

dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Daha doğru hedef tespit etmek için aynı veya farklı yapıda sensörlerden oluşan entegrasyon kullanılabilir. Olası sensör bozulmalarına karşıda birden fazla sensör kullanılması uygundur. Sensör entegrasyonunda sensörlerin karakteristik yapıları dikkate alınır. Ayrıca sensörler birbirlerine göre farklı ortamda da olabilirler.

Tez çalışması birkaç bölümden oluşmaktadır. Bu çalışma, sensörlerin karakteristik özelliklerine göre entegrasyonu ve elde edilen verilerin analizi üzerinde yoğunlaşmıştır. Akıllı robotlarda kullanılan sensörlerin sürekli senkronizasyonu konusu geniş bir çalışma alanına sahiptir. Bundan dolayı bu çalışmada öncelikle robotlar ve sensör yapıları incelenmiş ve elde edilen verilerin yönetimi ve bu veriler için hata analizi yapılmıştır.

1.1 Sensör Ağı

Büyük sayıda sensör düğüm noktalarından oluşan, farklı konumlardaki sensörler ile oluşturulan, sıcaklık, ses, titreşim, basınç, hareket ve kirlilik gibi ölçümlerde kullanılan ağıdır. Bir diğer anlamda sensör ağı bilgisayar ağ sistemidir. Sensör ağı ilk başta askeri amaçlı kullanılmıştır. Hızlı tespit ve hata toleransındaki avantajları nedeniyle askeri alanda emir, komuta, kontrol, iletişim, hesaplama ve hedef belirleme gibi amaçlar için idealdir (Akyıldız vd., 2002). 1980’li yıllarda modern araştırmalar olarak DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) programı etrafında gelişmiştir (Chong ve Kumar, 2003). Örneğin ilk başlarda geliştirilen SOSUS (Sound Surveillance System) sistemi ile Sovyet denizathılarını tespit amaçlı okyanus diplerine yerleştirilen sensörler, günümüzde okyanus dibinde oluşan hareketleri ve canlıları izlemekte kullanılmaktadır (Nishimura ve Conlon, 1994).

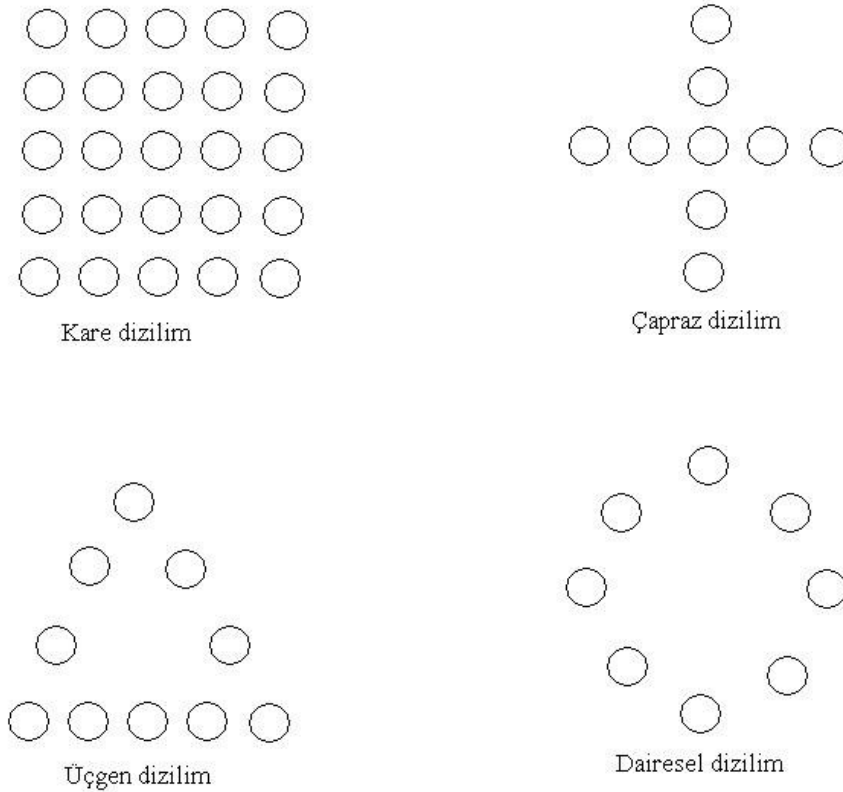
Sensör ağı üç alanda işlenir. Bunlar algılama, iletişim ve veri işlemedir. Sensör ağı TCP/IP protokolünün temelini oluşturur. İnternet teknolojisi bu teknolojilerin bir devamıdır. Bu çalışmada birden fazla akıllı robotun her biri bir düğüm noktası olarak belirtilmiştir. Robotlar hareketli olduğu için bunlar üzerinde bulunan sensörlerinde konumları sürekli değişkendir. Her bir robotun bir düğüm noktası olarak düşünülmesi bölüm 1.7’de anlatılmıştır.

1.2 Sensörlerin Düzeni, Entegrasyonu ve Senkronizasyonu

Sensörlerin birlikte kullanılmasının (entegrasyonunun) asıl amacı hedefi daha doğru tanımlamadır (Facelli vd., 2002), (Yi vd., 2002), (Naidu, 2001) veya birden fazla hedef hakkında veri elde etmektir. Entegrasyon için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Ayrıca sensörlerin dizilimlerine göre bu sistemler adlandırılabilir. Sensör düzeni genelde birçok bilimsel alan içerisinde kullanılır. Özellikle manyetik alan ve dalga üretim

çalışmalarında kullanılır. Radar, sonar sistemlerinde olduğu gibi hedef yeri belirlemede, haberleşmede olduğu gibi dalga formlarını incelemeye, sismolojide olduğu gibi hedef karakteristik analizi yapmada, medikal tanı ve sismik çalışmalarda tanı yapabilmek için kullanılır. Günümüzde birçok dalga türleri kullanılmaktadır. Sonar sistemlerinde akustik dalgalar, sismik araştırmalarda mekanik dalgalar, radar ve radyo astronomisinde elektromanyetik dalgalar kullanılmaktadır. Aynı tip sensörlerin dizilimi doğrusal dizilim (Uniform Linear Array: ULA) ve dairesel dizilim (Uniform Circular Array) . Radar ve sonar sistemlerde silindirik dizilim, astronomi ve sismik araştırma sistemlerinde çapraz- dizilim. Sensörlerde olduğu gibi kaynaklarda belirli bir konfigürasyona göre dizilebilir (Naidu, 2001).

İki boyutlu bir düzlem üzerinde sensörlerin dizilimleriyle oluşan birçok geometrik dizilim vardır. Bunlardan bazıları kare dizilim (uniform square array) , çapraz dizilim (cross array), üçgen dizilim (triangular array) ve dairesel (circular array) olarak bilinir. Kare veya dikdörtgen dizilim ULA'nın doğal uzantısıdır. Diğer geometrik dizilimler nadiren kullanılan kare veya dikdörtgen dizilimlerinin versiyonları gibidir (Naidu, 2001).



Şekil 1.1 Sensör Düzenleri

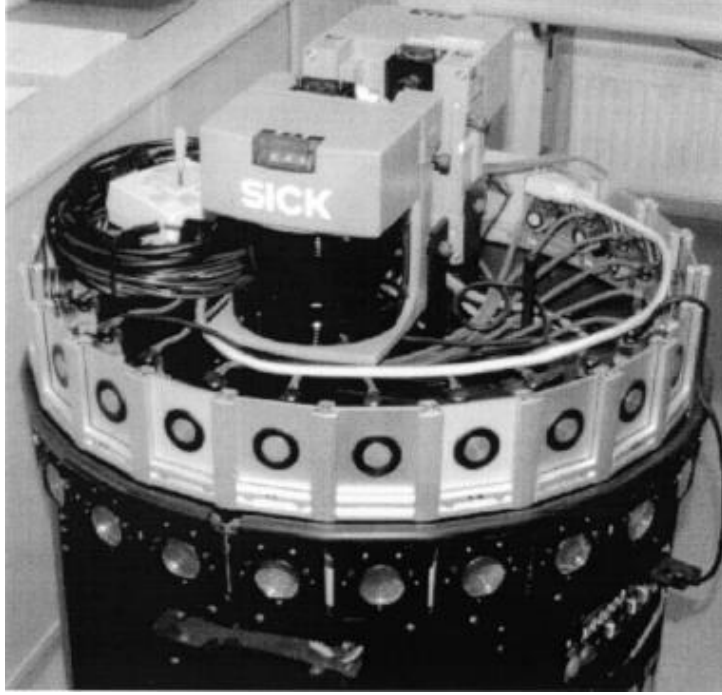
Kare dizilim, sensörlerin x ekseninde d_1 aralıklarla sıralanmış, y ekseninde ise d_2 aralıklarıyla sıralanmışlardır. $d_1=d_2$ olduğunda kare dizilim olarak adlandırılır. Dairesel dizilim, sensörlerin kutupsal dizilimiyle oluşur. Üçgen dizilim, bir üçgen yapıya benzer dizilim. Dairesel dizilim, bir daireyi andıracak şekilde olan dizilimdir. Bu sensör dizilimleri özellikle geniş alana kurulan sistemlerdir ve manyetik alan ilkesine göre analiz yapılmaktadır.

Bir robot üzerinde bulunan sensörlerden karakteristik özellikleri aynı olanlar kendi aralarında gruplanabilir. Dokunma sensörleri bir robot elinde algılamada kullanılabilir. Aynı zamanda basınç sensörleri buna yardımcı olarak hedefe zarar verilmeden tutulmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle kurtarma robotlarında yapıları aynı veya farklı sensörler ortak kullanılmaktadır (Masuda vd., 1996). Mobil robot sensör entegrasyonunda fuzzy ARTMAP kullanılarak da sağlanmıştır (Martens vd., 1998). Ayrıca mobil robot harita çıkarmada Omnidirectional Stereo ve Laser Range Finder'in entegrasyonu üzerine çalışmalar yapılmıştır (Miura vd., 2002).

1.2.1 Karakteristik Özellikleri Aynı Sensörlerin Entegrasyonu

Aynı yapıda sensörler ile oluşturulan entegrasyon, bir hedefi daha doğru tespit etmek için kullanılabilir. Aynı yapıdaki sensörler, farklı hedefleri aynı anda tespit etmek için de kullanılabilirler. Buradaki veriler bağımsız veriler olarak adlandırılabilir. Bağımsız veri, bir önceki veya bir sonraki veriler ile ilişkili olmayan verilerdir.

Yapılan bir çalışmada (Bank, 2002) ultrasonik sensörler bir robot üzerine dairesel olarak konumlandırılmıştır (Şekil 1.2). Robot bu sensörler ile bulunduğu ortamın haritasını çıkarır ve konumunu belirler. Ayrıca ultrasonik sensörler ile oluşturulan entegrasyonunda hedef tespitinde kör nokta oluşmayacak şekilde dizilim gerçekleşmelidir.



Şekil 1.2 Sensörleri dairesel olarak yerleştirilmiş mobil robot

1.2.2 Karakteristik Özellikleri Farklı Sensörlerin Entegrasyonu

Özellikle dinamik ortamlarda çevresel faktörler sürekli değişmektedir. Değişen çevre şartları sensörlerin doğruluklarını etkileyebileceğinden, dinamik ortamlar için farklı yapılarda sensörlerden oluşan entegrasyon kullanmak uygundur. İnsan duyuları dikkate alındığında bazen bir nesnenin tanınması için sadece görmek yetmez, aynı anda duymak, dokunmak gibi diğer duyularında kullanılması ile tanıma işlemi gerçekleştirilebilir. Ayrıca birkaç sensörün yaptığı işi gelişmiş tek tip bir sensör de yapabilir, ancak sonuçta onun da yetersiz kalacağı durumlar veya maliyet açısından problemler çıkabilmektedir.

Bir hedefin birden fazla özelliğinin aynı anda tespiti için farklı yapıda sensörlerden oluşan entegrasyon kullanılabilir. Burada birden fazla hedef tespiti söz konusudur. Farklı yapıda sensörlerden oluşan entegrasyonda zaman kavramı çok önemlidir. Elde edilen bir verinin, hangi sensöre ait olduğu, ne zaman elde edildiği bilgileri özellikle birden fazla akıllı robotun ortak hareketinde önemlidir. Her bir sensör için ayrı ayrı veri paketi oluşturmak zahmetlidir ve analizde kolaylık sağlamaz. Önemli olan verinin ne zaman elde edildiği ve hangi sensöre ait olduğudur. Bu çalışmada tüm sensörlerden elde edilen verilerin, elde edildiği zamana göre hepsi için ortak bir havuz oluşturulmuştur. Matris yapısına benzer yapıda olan bilgi tabloları bu amaçla kullanılır. Matrislerde olduğu gibi bilgi tablolarının boyutlarını gösteren indisler

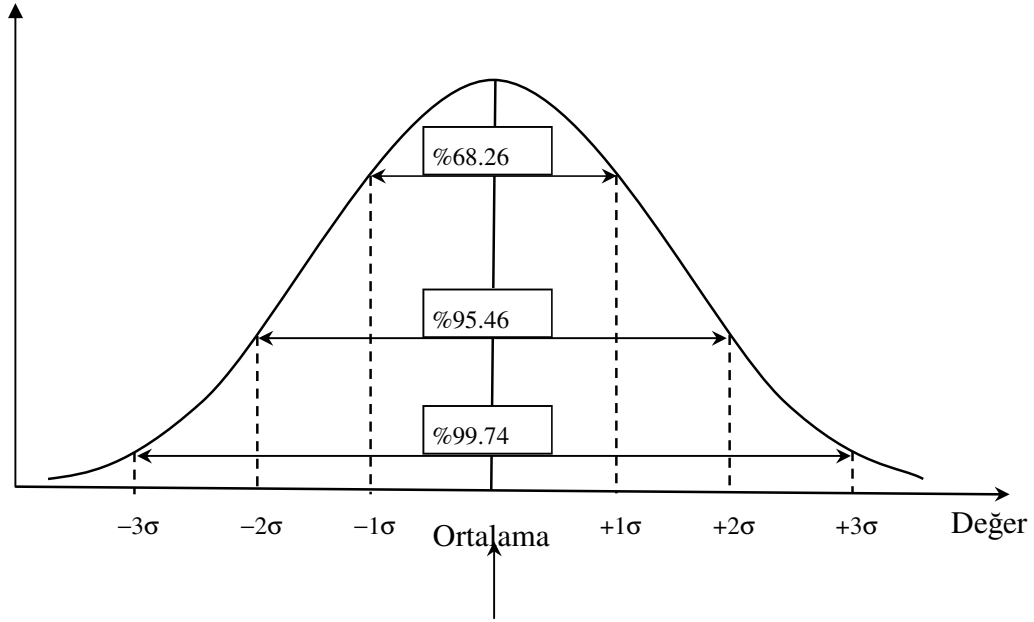
kullanılmıştır. Ayrıca boyutlara ek olarak zaman indisi eklenmiştir. Bilgi tablosundaki her bir hücre bir sensör verisine aittir. Verinin hangi zamanda elde edildiği bilgisi bilgi tablosunun boyut bilgilerine ek olarak yazılan zaman indisinden elde edilebilir.

1.3 Hatalı Veri Analizi

Bir hedef tespiti için kullanılan sensör entegrasyonunda, elde edilen verilerin doğruluğu tartışılabilir. Daha doğru sonuç elde edebilmek için hatalı veri analiz yöntemleri uygulanabilir. Chauvenet kriteri ve Peirce kriteri hatalı veri analiz yöntemlerindendir. Gauss dağılımının bir diğer adı normal dağılımdır. Gauss dağılımı kullanılarak yapılacak bir ölçmede en az üç verinin olması gerekmektedir. Kullanılan sensör sayısının fazla olması Gauss dağılımı kullanılarak yapılan ölçmenin doğruluğunu artıracaktır. Bu tanım normal dağılım kurallarından gelir. Normal dağılım aralık tahminlerinde ve hipotez testlerinde kullanılmasından dolayı en önemli sürekli dağılım olma özelliğine sahiptir. Normal dağılım sürekli bir dağılımdır. $-\infty$ ile $+\infty$ arasında tanımlıdır. Toplam alan 1'e eşittir. Yarıları ortalamanın sağında, yarıları solundadır. Frekans eğrisi yatay eksenle kesişmez. İki parametrelidir. Ortalama (μ) ve varyans (σ^2). Normal dağılımda toplam alanın %68,26'sı $\mu \pm 1\sigma$, %95,44'ü $\mu \pm 2\sigma$, %99,74'ü $\mu \pm 3\sigma$ 'dur. vermiştir. Ayrıca standart sapma (σ) hesap edilirken tüm sensör verileri ve sensör sayısı hesaba katılır. n sensör sayısı, A_{ort} ortalama değer, A_i i. sensör ölçme sonucu olmak üzere;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (A_i - A_{ort})^2}{n}}, \quad n \leq 20 \text{ ise daha doğru sonuç için } n \text{ yerine } n-1 \text{ alınır (Pastacı, 2000).}$$

Olasılık Yoğunluğu



Şekil 1.3 Normal olasılık dağılımı (çan) eğrisi

Chauvenet kriteri hesaplanmasında öncelikle standart sapma ve ortalama değeri bulunur. Kullanılan veri sayısı n olmak üzere $1-1/2n$ formülünden τ değeri tablodan bulunur (Coleman ve Steele, 1999). τ tablo değerleri Ek 1'deki tabloda gösterilmiştir. Tablo değerleri (Kurtz, 1998) kaynaklı kitaptan alınmıştır. Sınır değerler A_{ort} aritmetik ortalama, B sınır değerler olmak üzere $B = A_{ort} \pm \tau \cdot \sigma$ bağıntısı ile sınır değerler hesaplanır. Sınır değerler dışında kalan veriler hatalı veriler olarak kabul edilip ayıklanır. Bir verinin hatalı kabul edilip edilmeyeceği aşağıda verilen değer ile tablo değerinin karşılaştırılması ile de bulunur (Coleman ve Steele, 1999).

$$\zeta = \left| \frac{A_i - A_{ort}}{\sigma} \right| \leq \left| \frac{D_{max}}{\sigma} \right|$$

Burada D_{max} en büyük sapma değeridir. Her bir veri için tablo değeri (Bakınız: Ek 1) ile bu değer karşılaştırılır. Elde edilen değer tablo değerinden büyük ise hatalı veri olarak adlandırılır.

Örneğin;

i	A_i	$\zeta = \left \frac{A_i - A_{ort}}{\sigma} \right $
1	149,2	0,25
2	150,5	0,29
3	154,2	0,40
4	155,6	0,44
5	148,4	0,23
6	45,2	2,82
7	160,3	0,58
8	147,8	0,21
9	145,9	0,16
10	148,8	0,24

10 ölçme için tablo Ek1'den τ değeri 1,96 olarak bulunur. Dolayısıyla 6. veri hatalıdır ve iptal edilmelidir. Daha sonra geriye kalan veriler tekrar Gauss dağılımı kullanılarak ortalama değeri bulunur. Chauvenet kriteri bir analizde bir defaya mahsus uygulanabilir (Taylor, 1997), (Coleman ve Steele, 1999), (Ross, 2003), (Gürdal, 2000).

Chauvenet kriterine benzer bir diğer hata ayıklama yöntemi Peirce kriteridir (Peirce's Criterion). Peirce kriteri Chauvenet kriterine göre daha dar bir alana göre sınırlar belirler. Bu alan toplam alanın %68,26'sı yani $\mu \pm 1\sigma$ 'dir. Chauvenet kriteri daha esnektir. Peirce kriterine göre hata kabul edilen, Chauvenet kriterine göre hatalı kabul edilmeyebilir. Ross (2003) makalesinde 10 farklı ölçme sonucuna göre Peirce kriteri ile Chauvenet kriterini karşılaştırmıştır. Peirce, standart sapma değeri ile ortalama değeri arasındaki farka göre hata analizi yapmaktadır. Verilen örnekte 10 farklı basınç ölçüm değerleri; 101.2, 90.0, 99.0, 102.0, 103.0, 100.2, 89.0, 98.1, 101.5 ve 102.0'dır. Peirce kriterine göre ortalama 98.6 ve standart

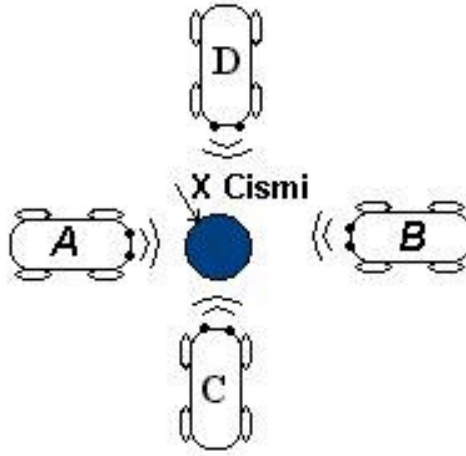
sapma 5.01'dir. Dolayısıyla 89.0 ve 90.0 değerleri şüpheli değerlerdir ve ihmal edilir. Tekrar geriye kalan 8 veri ile işlem yapıldığında standart sapma 1,65'dir. Standart sapma hata analizi yapılmadan önce ortalama değer $\%5$ 'inden fazla iken, hata analizinden sonra bu $\%2$ 'den az olmuştur. Bu önemli bir azalmadır. Chauvenet kriterinde de aynı yöntem uygulanır, ancak Chauvenet kriterine göre tüm değerler ölçme sınırları dahilindedir, çünkü Chauvenet kriterine göre tabloda normal dağılım tablosundan $\tau=1,96$ bulunur ve sınır değerler 89,52 ve 106.2 olarak hesap edilir. Hangi kriterin daha uygun olduğu tartışılabilir. Günümüzde Chauvenet kriteri daha çok tavsiye edilmektedir (Peirce, 1852), (Ross, 2003).

1.4 Sensörlerin Karakteristik Yapıları

Transfer fonksiyonu, giriş aralığı, doğruluk, kalibrasyon hatası, doğrusalsızlık, doyum, çözünürlük ve ölü bant gibi karakteristik özellikler bir sensör entegrasyonunda dikkat edilmesi gereken özelliklerdir. Bunlardan bir diğeri de ölçme sınırlarıdır. Bir sensör entegrasyonu içerisinde bir diğer sensörün ölçme sınırları dışında kalması ölçme sonucunu hata oranını artıracak yönde etkiler. Bir sensör entegrasyonunda, ölçme sınırları dışında kalan bir veya daha fazla sensör verisinin matematiksel işleme dahil edilmemesi en doğru yöntemdir. Bu tezde bunları ayıklayan bir matematiksel denklem geliştirilmiş ve denenmiştir. Ayrıca sensörlerin birbirlerine göre cevap verme süreleri farklı olabilir. Veriler mikrodenetleyiciye belirlenen zaman aralıklarıyla gönderilir. Hedefin daha doğru şekilde tespiti için bu sürenin iyi hesaplanması gerekir. Bir senkronizasyonda zaman kavramı en önemli unsurdur. Sensörlerin cevap verme süreleri farklıdır. Bu farklılık hedef tespitinde hatalara neden olabilir. Bu tezde her bir sensörün ölçme sonuçlarına göre analiz yapılmıştır.

1.5 Hedef Tespitinde Birden Fazla Akıllı Robotun Kullanılması

Bir hedefi daha doğru ve daha hızlı tespit için birden fazla akıllı robot kullanılabilir. Birden fazla akıllı robotun kullanılması, bunların üzerinde bulunan ve aynı amaç için kullanılan sensörlerin senkronizasyonu anlamına gelir. Burada zaman faktörü ön plandadır. Aynı anda elde edilen verilerin eşzamanlı incelenmesi gereklidir. Akıllı robotlar ile bir ağ oluşturulmuştur. Bu ağda veri iletim sürelerinde gecikmeler olacaktır. Verinin işlemcide işlenmesi, ağ ortamına aktarılması, bir diğer düğüm noktasında elde edilmesi ve analiz edilmesi belirli bir süre alacaktır. Bu süre düğüm noktasındaki işlemcinin performansına ve ağdaki veri yoğunluğuna göre artabilir. Gecikmeler eşzamanlı veri analizinde hatalara neden olacaktır. Verinin elde edilme zamanı veri paketine eklenmesi buna çözüm getirecektir. Daha öncede belirtildiği gibi zamana bağlı oluşturulan bilgi tabloları bu soruna en uygun çözümdür.



Şekil 1.4 Birden fazla akıllı robotun bir hedefi tespiti

Dinamik ortamlarda çevresel faktörler sürekli değişmekte olduğundan, veri kaybına uğrayan bir akıllı robot, bu kayıplarını giderecek çözümler üretmelidir. Özellikle birden fazla akıllı robotun ortak hareketinde bu konu ön plana çıkmaktadır. Geçmişe ait verilerden çevre hakkında bilgiler edinilebildiği gibi, geleceğe ait hareket planlamasıda buna göre yapılır. Bu durumda verinin saklanması ve paylaşımı senkronize harekette önemlidir.

1.6 Sayısal Mantık Kapıları

Sayısal devreler entegre (tümleşik) devrelerden oluşmaktadır. Sayısal mantık kapıları entegre devrelerin iç yapısını oluşturur. Matematiksel işlem olarak sayısal kapılarda Boole cebri kullanılır (Mano, 1997). Boole cebri bazı açılardan adi cebire benzer. Sayısal mantık kapıları yazılımda da sık sık kullanılır. Visual Basic yazılım dilinde AND, OR, XOR ve NOT operatörleridir ve bit seviyesinde işlem yaparlar (Karagülle, vd.,2001). Sayısal mantık kapıları bu tez çalışmasında kullanılmıştır.

Özel-VEYA kapısının girişleri birbirinin tümleyeni şeklinde ise çıkış lojik 0 seviyesindedir. Özel-VEYA DEĞİL kapısında ise girişlerin her ikisinde aynı konumda ise çıkış lojik 1 seviyesindedir. Özel-VEYA değil kapısı bu tez çalışmasında sık sık kullanılmıştır. Bölüm 2’de bu konu daha ayrıntılı olarak işlenmiştir.

1.7 Bilgisayar ve Ağ Teknolojilerinin Akıllı Robotlarda ki Sensörlerin Senkronizasyonunda Kullanılması

Bir akıllı robot üzerinde bulunan sensörler aynı ortamda kabul edilirler. Ancak birden fazla akıllı robot üzerinde ki sensörlerinde senkronizasyonu söz konusu olduğu zaman bilgisayar ve

ağ teknolojilerinin kullanılması birçok kolaylık ve üstünlük getirmektedir. Bilgisayar teknolojisi günümüzde en hızlı gelişen teknolojidir. Bunların arasında en çok dikkat çeken internet teknolojisidir. Ayrıca çoğu otomasyon sistemleri bilgisayar kontrollü olarak üretilmekte, mevcut sistemlerde bilgisayar kontrollü sistemlere dönüştürülmektedir. İletişimde yüksek hız, performans ve güvenilirlik önemlidir. Verilerin en hızlı şekilde analiz edilip sonuç üretilmesi önemlidir. Analiz hızı kullanılan mikroişlemcinin hızı ile doğru orantılıdır. Ayrıca yazılımın çalışabileceği ortam için hem mikroişlemcinin yeterli hem de tüm yazılımların çalıştırıldığı işletim sistemi yapısı önemlidir. Akıllı robot üzerindeki bilgisayar sistemi incelenirken 4 temel birim incelenir.

- Kullanılan işlemci ve Geçici bellek (RAM)
- Kullanılan işletim sistemi
- Kullanılan ek yazılım programları
- Donanımsal aygıtlar (giriş/çıkış portları)

Tüm bunlar birbiriyle ilişkili yapılardır ve bu yapılar bir araya gelerek bilgisayar sistemini oluşturur. Bu yapı akıllı robota uygulandığında bu 4 temel yapı akıllı robotun kapasitesini ve yeteneklerini belirler.

Akıllı robotlarda iletişim kablosuz iletişimdir ve artık günümüzde sadece bir değil onlarca veya daha fazla robotun eşzamanlı ve sürekli kontrolü konuları incelenmektedir. Ayrıca veri iletişimi sadece kısa mesafeli değil, internet teknolojisi ile dünyanın herhangi bir noktasıyla yapılabilmektedir. Üzerinde 10 MHz veya 20 MHz'lik bir merkezi işlem ünitesi olan akıllı robot ile 2 GHz'lik bir mikroişlemci bulunan akıllı robot veri işleme hızları bakımından mukayese edilemez. Gelişen yazılım, donanım ve ağ teknolojilerinin akıllı robotlara uygulanması ile akıllı robotların kapasiteleri, yetenekleri ve yönetimleri daha da kolaylaşacaktır. Ayrıca daha hızlı veri analizi gerçekleştirilecektir. Bir akıllı robot üzerinde sadece birkaç değil yüzlerce sensör bulunabilir. Bunlardan gelen verilerin analiz edilmesi ve bu analiz sonuçlarının paylaşımı ve bunlardaki hız önemlidir.

Her bir akıllı robot bilgisayar ağında bir düğüm noktası gibi düşünülebilir. Akıllı robotlar ile bir LAN (Local Area Network) veya WAN (Wide Area Network) kurulabilir. Her bir akıllı robot kendisini adresleyen bir IP adresine sahip olacaktır. TCP/IP gibi bir iletişim protokolü ile aralarında veri iletişimini sağlar. Frekans kayması, veri kaybı gibi problemler kullanılan bu teknolojiler ile ortadan kalkacak ve yönetimde kolaylık sağlayacaktır. TCP/IP portokolü bu

veri iletişimini düzenler. Kablosuz ağ kartları akıllı robotlarla bir ağ kurulması için idealdir.

Bir bilgisayar ile internete bağlanıldığında dünyanın herhangi bir noktasındaki internete bağlı bilgisayar ile veri iletişimi sağlanabilir. Genelde USB portuna takılan webcam kamera ile de görüntülü iletişim kurulabilir. İnternet haricinde ise kullanıcı C, Visual Basic gibi yazılımlarla da bilgisayarın yazılım ve donanımlarına hükmedilebilmektedir. En basit olarak LPT portunun 8 bitlik veri gönderme portuna bir kod çözücü devre bağlanarak 256 farklı komut türü oluşturulabilmektedir. Ayrıca bu veya diğer yazılım programlarıyla bir veri analizini çok hızlı bir şekilde yapabilmektedir. Bu teknolojiler akıllı robota monte edilen bilgisayar ile akıllı robot tarafındanda kullanılabilir.

Akıllı robotlarda TCP/IP protokolünün kullanılmasının avantajları

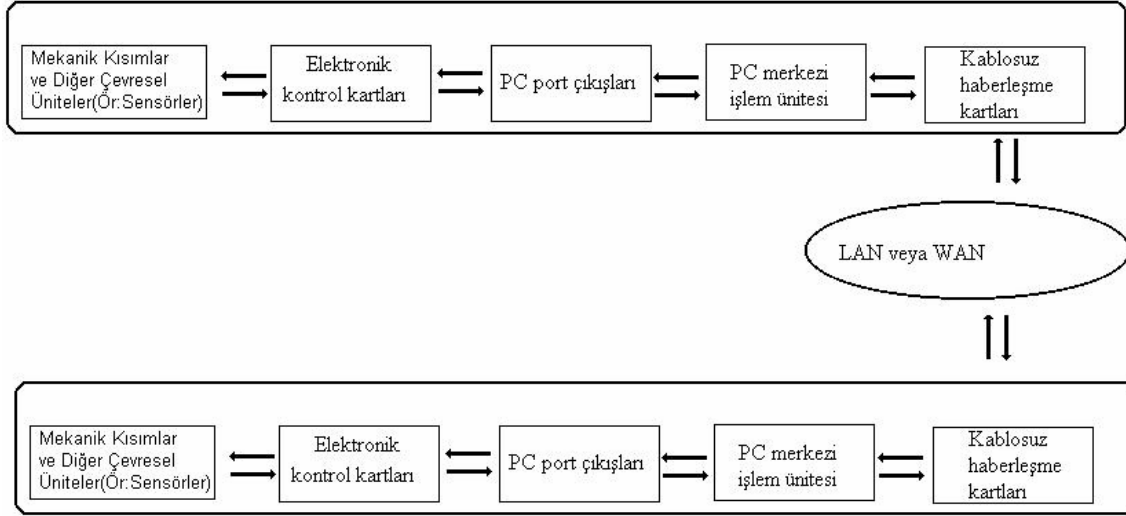
- Veri iletişiminin TCP/IP protokolü ile sağlanması haberleşmede kolaylık sağlar. Frekans kayması, iletişim sırasında kaybolan veri paketlerinin elde edilememesi gibi problemler önlenir.
- Akıllı robotlar birbirleri ile aynı LAN içerisinde iseler MAC adreslerine göre, farklı ağlarda iseler IP adreslerine göre iletişim kurarlar. Birbirlerini tanımaları için ek yazılım ve donanım gerektirmez.
- Uzaktan kontrol yazılımları (ör.: remote admin) ile istenilen akıllı robotun verilerine ulaşılabilir ve yönetilebilir.
- Akıllı robotlar internet ağına bağlı iseler bir yazılım programı ile dünyanın herhangi bir noktasından internete bağlı bir bilgisayar ile yönetim sağlanabilir.

Akıllı robotlarda bilgisayar teknolojisinin kullanılmasının avantajları

- Visual Basic, C, C++ gibi yazılımlarla port kontrolü sağlanarak akıllı robotun tüm çevresel üniteleri kolaylıkla kontrol edilebilir. Kripto gibi güvenlik yazılımları ile haberleşmede ek güvenlik sağlanabilir.
- Programlar makine dili (assembler) yerine üst seviye yazılımla yapılması (Visual Basic, C, Delphi, Java gibi) kullanıcıya kolaylık getirir.
- Veri saklama ve yönetimi kolaylaşır. Veri depolama (database) programları işletim sistemine rahatlıkla kurulup yazılım programlarıyla yönetilebilir.
- Görüntü işleme için gelişmiş PC kameraları takılabilir ve yönetilebilir. Mevcut işletim

sistemi ve yazılımlar ile görüntü ve ses senkronize olarak elde edilir ve kaydı yapılabilir.

- Port çıkışlarındaki elektronik kartlarla seri veya paralel veri iletişimi sağlanabilir. Paralel haberleşme için LPT portu, seri haberleşme için COM1, COM2, USB portları kullanılabilir.



Şekil 1.5 Bir ağda sensörlerin haberleşmesinin şematik gösterimi

Şekil 15’de bir akıllı robotun diğer bir akıllı robot ile iletişimi gösterilmiştir. Akıllı robot ağ kartı ile diğer akıllı robot ile kablosuz veri iletişimini sağlar. Alınan veriler robot üzerinde bulunan bilgisayar sistemindeki mikroişlemcide (CPU) analiz edilir. Üretilen sonuca göre çevresel ünitelerinde bulunan sistemler ile portlar aracılığı ile haberleşir.

Geliştirilen RoboKS2 isimli robot üzerine bir diz üstü bilgisayar yerleştirilmiş ve akıllı robotun üzerinde bulunan tüm çevresel ünitelerin yönetimi bu diz üstü bilgisayarın portları ile kontrol edilmektedir. Ayrıca bir web-cam kamera ile görüntü alınmakta ve kablosuz ağ kartı ile akıllı robotun elde ettiği tüm veriler bir başka noktadan kontrol edilebilmektedir. Akıllı robot ile farklı bir yerdeki bir diz üstü bilgisayar ağ bağlantısı ile bağlıdır. Kullanılan iletişim protokolü TCP/IP dir. Her akıllı robot için IP, alt ağ maskesi (Subnet Mask) tanımlanır ve akıllı robotların oluşturduğu ağ için bir alan tanımlanır. Bu sayede belirlenen alana ait olmayan düğüm noktaları ortama giremez.



Şekil 1.6 Akıllı robotların ağ üzerinde adreslenmesi

Akıllı robotun çevresel ortamdan elde ettiği veri türleri

- Sensörler ile elde ettiği veriler
- Ağ kartı ile diğer akıllı robotlardan veya bir merkezi yönetim noktasından elde ettiği veriler

Burada alt ağ maskesi 255.255.255.224 olan bir alan (domain) tanımlanmıştır. Son okted 224 olduğu için bu alanda en fazla 32 IP tanımlaması yapılabilir. 32 IP adres 30 düğüm noktası demektir. Kalan 2 IP'nin biri ağı, diğeri yayın adresini tanımladığı için düğüm noktalarında kullanılmaz.

Akıllı robot sensörler ile çevresel ortamdan elde ettiği verileri bilgisayar sistemine aktarır. Analiz edilen verilerden sonuç üretilir. Üretilen sonuç yeni bir hareket planlaması olarak çevresel ünitelere aktarılır ve/veya ağ içindeki diğer düğüm noktalarına aktarılır. Bu sayede bir akıllı robotun elde ettiği veriler diğer akıllı robotlar ile paylaşarak daha kısa sürede daha geniş bir alanda veri analizi yapılır.

1.8 Giriş Çıkış Portlarının Sensörler ile Veri alışverişinde kullanılması

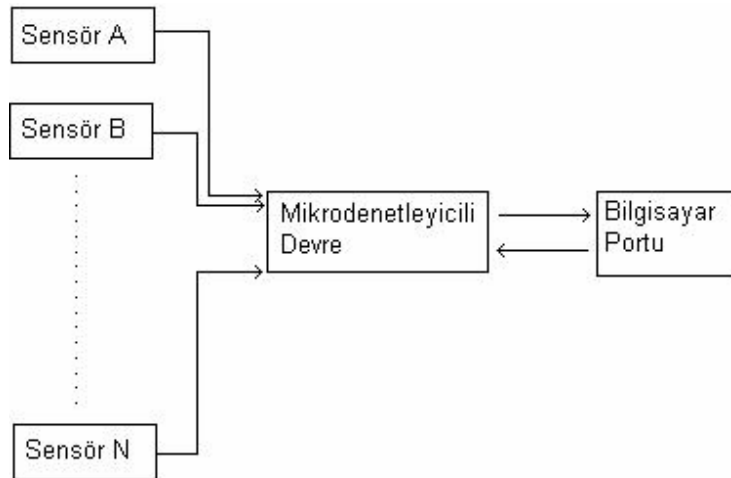
Bilgisayarın seri haberleşme portları COM1 ve COM2 seri haberleşme portlarıdır ve veri yolu bit sayısı 8'liktir. Veri hızları ise saniyede 110, 300, 1200 ve 1200×2^n olacak şekilde 921600 bite kadar değer alabilmektedir. Mikroişlemci ile seri haberleşmede bu veri hızlarının eşit olmasına dikkat edilmelidir. Paralel portu olan LPT portu ise 25 pin'den oluşur. Bu port için baud (saniyedeki bit sayısı) ayarlamasına gerek yoktur. LPT portunda 8 tanesi çıkış, 5 tanesi

giriş/çıkış pinleri bulunur. USB portu da seri haberleşme portudur. Sensörlerden gelen verilerin bilgisayar sistemine aktarılmasında bu portlar veya özel tasarlanacak kartlar ile yapılmalıdır. Sensörlerden elde edilen veriler seri olarak mı paralel olarak mı aktarılacağı belirlenmelidir. Sensör sayısı çok fazla olduğu için bu konu önemlidir. Her veri tıpkı TCP/IP protokolünde olduğu gibi hangi sensöre ait olduğu ve kaçınca paket bilgi olduğu bilgisini taşımalıdır. İletişim mesafesi kısa olduğu için paralel iletişimde uygun ve daha hızlıdır. Genelde bilgisayarlarda bir adet lpt portu, bir adet RS232 portu ve en az bir adet USB portu bulunur. Son çıkan diz üstü bilgisayarlarda genelde paralel port olan LPT portu yerine seri USB portu bulunmaktadır. İhtiyaç halinde port çeviriciler ile bu ihtiyaçlar giderilebilir.

2^n bit ile n adet sensör adreslenebilir. Bilgisayarların seri portları her defasında 8 bit , paralel port tek seferde 8 bit veriyi aynı anda alıp/verme işlemini gerçekleştirdiği hesap edilirse aşağıdaki bilgiler dikkate alınarak bir paketin kaç bitten oluşacağı tespit edilir.

- Kullanılan sensörün çözünürlüğü
- Kullanılan sensör adedi
- Kullanılan port tipi
- Kullanılan port sayısı
- Bilgisayar üzerindeki yazılım

Bilgisayar portları ile veri iletişimde tüm sensörlerden alınan veriler bir mikro-denetleyici aracılığı ile portlara bağlanmalıdır.



Şekil 1.7 Sensörlerin mikrodenetleyici ile portlara bağlantısı

Bilgisayar sistemi sensörlerden verileri iki türlü alabilir.

- 1- İstenilen sensörün kodu mikrodenetleyicili devreye gönderilerek ilgili sensör verisi istenir. Burada port hem giriş hem de çıkış olarak kullanılmaktadır.
- 2- Belirli aralıklarla tüm veriler sırayla portlara iletilir. Burada port sadece giriş olarak kullanılır. Sensörlerin bağlı olduğu mikrodenetleyicili devre, sensörlerden gelen verileri bulundurduğu bellek hücrelerini baştan sona sorgulayarak uygun formatta porta iletir.

Yapı bilgisayar ağ yapısına benzetilebilir. Telefon hatları yapısında bir hat üzerinden anahtarlama cihazları ile aynı anda otuz kişinin tek bir hat üzerinden konuşması sağlanmaktadır. Burada bir anahtarlama ve örnekleme söz konusudur. Bir akıllı robot üzerindeki sensörlerinde merkezi işlem birimiyle haberleşmesi bu yapı örnek alınarak yapılabilir. Sıra ile her sensörden veri alınır. Ağ mimarisinde ring yapıya benzer.

İkinci olarak ağ mimarileri yapısında bilgisayarların birbirleri ile haberleşme yapısı dikkate alınarak tasarlanabilir. Düz (bus), yıldız (star), halka (ring), karma (mesh) yapısı bilinen ağ yapılarıdır (Çölkesen ve Örencik, 1999). Mikroişlemcilerle tasarlanacak devre yıldız veya BUS mimarisi ile kurulmuş yerel alan ağ (LAN) yapısına benzer. Her sensör tıpkı bir düğüm noktasının IP adresine sahip olması gibi bir adrese sahiptir.

2. ÖLÇME SINIRLARI FARKLI SENSÖRLERİN ENTEGRASYONU VE SENKRONİZASYONU

Sensörler ile oluşturulan bir entegrasyonun bir amacında hedefi daha doğru tespit etmek içindir. Ancak sensörlerin ölçme sınırları birbirleri ile farklılık gösterebilir. Kullanılan sensör istenilen aralıkta ölçme yapamayabilir. İstenilen üst sınır ölçme mesafesine sahip bir sensör, istenilmeyen alt sınır ölçme sınırına sahip olabilir. Daha alt sınıra sahip bir diğer sensör entegrasyonu ile bu sorun ortadan kaldırılabilir. Tam tersi durumda söz konusu olabilir. Amaç hedefi daha doğru tanımlamak olduğu için daha fazla sensör entegrasyonu kullanılabilir. Özellikle farklı yapıdaki sensörlerin ölçme sınırları birbirlerine göre farklılık gösterir. Ölçülmek istenen gerçek değer, entegrasyon içerisindeki bir sensörün ölçme sınırları dışında kalabilir. Bu durum hata oranını artırır. Entegrasyonda, ölçme sırasında ölçme sınırları dışında kalan bir veya daha fazla sensör verisinin matematiksel işleme dahil edilmemesi en doğru yöntemdir.

Bir sensörün ölçme alt ve üst sınırları vardır. Alt sınır altı bölge ölü bölge veya sıfır bölgesi, üst sınır üstü bölge ise doyuma girdiği bölgedir. Ölü bölgede sensör veri çıkışı “0”, üst sınır üstü bölgede ki veri çıkışı da doyuma başladığı anda ki değerdir ve sabittir. Genelde gauss olasılık yöntemi, en küçük kareler tahmini doğrusu, korelasyon (ilişki) katsayısı gibi yöntemler iki veya daha fazla parametre arasında ilişki kurmak için kullanılır.

Aritmetik ortalama kullanılarak yapılan hesaplamada; ortalama, en yüksek değeri veren sensörün vermiş olduğu değer etrafında toplanır. Ölçme sınırları ortak bölgede yapılan ölçmelerde istenilen sonucu verir, ancak ölçme sınırları dışında kalan bir sensör verisi bulunmakta ise bu veri ortalama sonucunu hata oranını artıracak şekilde etkiler.

Chauvenet kriteri ise hatalı veri analizi yapan ve hatalı veriyi ayıklayan yöntemdir. Bir sensör için aynı şartlar altında birden fazla ölçme ile veriler elde edilebilir. Veriler, birden fazla sensör ile aynı anda da elde edilebilir. Sensörlerin aynı anda ölçme yapmaları, zamana göre değişen gürültü faktörünün etkisini azaltmaktadır. Burada bahsedilen gürültü türü dış kaynaklı gürültülerdir. Bu gürültüler periyodik olmayıp rasgele değişebilirler. Bu gürültü zamana göre ölçme yapan sisteme etkisi farklı olacaktır. Chauvenet kriterine göre hata analizine bir örnek işlem aşağıda gösterilmiştir.

Ortak ölçme sınırları dahilinde, beş adet sensör kullanılarak yapılan bir işlem örneğinde t_n anında alınan beş adet sensör verisi aşağıdaki gibi olsun;

Sensör No→	I	II	III	IV	V
Ölçme Sonucu →	329 mm	340 mm	339 mm	217 mm	338 mm

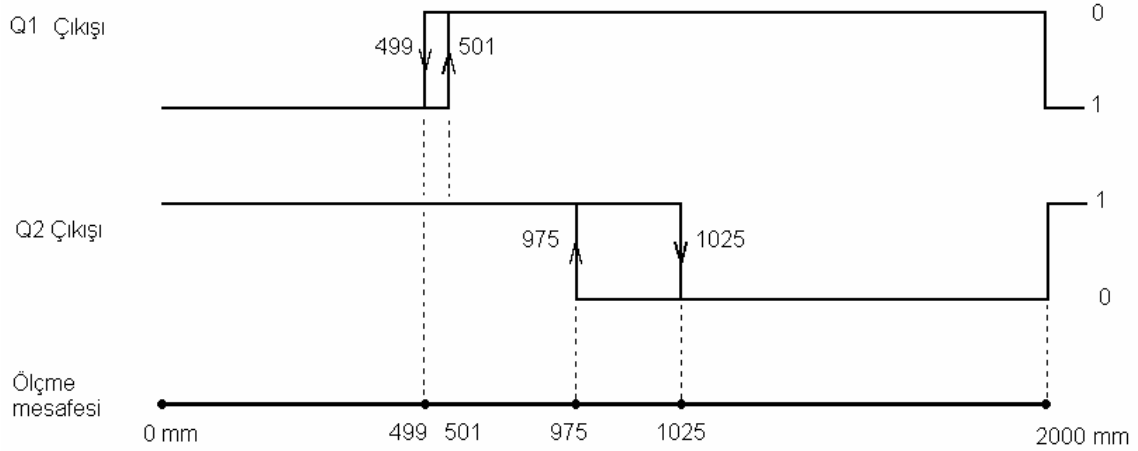
İstatiksel analiz için MINITAB programı kullanılarak Anderson-Darling normallik testi uygulanmıştır (Özdamar, 2002). Ortalama değeri 312,600, standart sapma değeri 53,622 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre $N=5$ (N : sensör sayısı) olmak üzere $1-1/2N = 1-1/(2 \times 5) = 0,9$. Normal dağılım tablosu kullanılarak %90 olasılıkla tau (τ) değeri = $\pm 1,65$ olarak bulunur. Tau, normal dağılım tablosundaki tablo değeridir. τ değeri hesaba katılarak $312,600 \pm 1,65 \times 53,622$ 'den sınırlar belirlenir. $312,600 \pm 88,476 = 401,06$ ve $224,124$ değerleri alt ve üst sınır değerleridir. Bu değerler aralığı dışında kalan veri Chauvenet kriteri yöntemine göre hata olarak tanımlanır. Dolayısı ile 4 numaralı sensör verisi iptal edilecektir. Hata analizi bir defaya mahsus yapılmalıdır. Aynı işlemleri kalan veriler ile tekrar bir hata analizi yapmak hata olacaktır. Hata ayıklaması yapıldıktan sonra;

Sensör No →	I	II	III	IV	V
Ölçme Sonucu	329 mm	340 mm	339 mm	İptal edildi	338 mm

Sensör verileriyle tekrar normallik testi uygulandığında ortalama değer 336,500 olarak hesaplanmaktadır. İlk ortalama ile hata analizi yapıldıktan sonra elde edilen ortalama arasında ki fark 23,9 mm değerindedir. Bu durum çalışma sınırları ortak sensörlerin entegrasyonu için uygulanabilecek iyi bir yöntemdir. Çalışma sınırları farklı sensörlerin entegrasyonu söz konusu olduğunda durum biraz değişecektir. Chauvenet kriteri kullanarak hata ayıklaması yapmak yetersiz kalmaktadır. Bir sensörün ölçme sınırları dışında kalan ölçmeler için o sensörün verdiği cevap genelde alt sınır altı değer için sıfır değeri, üst sınır üstü değerler için maksimum çıkış akım ve/veya gerilim değeri sabit kalmaktadır. Bu durumda çalışma sınırları farklı sensörlerin entegrasyonu için dört farklı temel durum ortaya çıkmaktadır.

- Entegre edilen sensörlerin tümünün alt sınırları dışında kalan bölge,
- Ortak çalışma bölgeleri,
- Ortak olmayan çalışma bölgeleri,
- Entegre edilen sensörlerin tümünün üst sınırları dışında kalan bölge.

Bu tanımlar doğrultusunda, lojik ifadeler kullanılarak matematiksel bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile çalışma sınırları dışında kalan sensör verisi işleme tabi tutulmayacak, ortalama değeri etkilemeyecektir. Çalışma üst sınırı en yüksek sensörün üst sınır değer üstü değerler için sonsuz değerini üretecek ve boşluk olarak algılanması sağlanacaktır. Böyle bir matematiksel yöntemin uygulanabilir olması için sensörün çalışma alt sınır değerinde lojik değer 0, üst çalışma sınırı üstü değerlerde lojik değer 1 üreten iki farklı çıkışa ihtiyaç olacaktır. Gelişmiş sensör teknolojilerinde limit değerlere göre bu çıkışlar bulunmaktadır (Şekil 2.1). Ancak bu değerler alt sınır değer için ideal çıkış vermemektedir. Yani tam alt sınır değerinde lojik çıkış değeri değişmemektedir. Örneğin Alman SICK firmasına ait DME2000 fotoelektrik mesafe sensörü 100 mm ile 2000 mm arası ölçme yapmakta ve ölçme değerine göre 0-20 mA arası çıkışlar vermektedir. Ölçme aralıklarında bu sensörlerin çıkış değerleri lineerdir (www.sick.com).



Şekil 2.1 DME2000 fotoelektrik mesafe sensörünün mesafeye göre Q1 ve Q2 lojik çıkışları

Geliştirilen matematiksel yöntem denemesi;

- Entegre edilen sensörlerin tümünün alt sınırları dışında kalan bölge için 0 değeri üreteceği,
- Ortak çalışma bölgesi için tüm verilerin işleme tabi tutulacağı,
- Ortak olmayan çalışma bölgeleri için sadece o bölgede çalışan sensör veya sensörlerin işleme tabi tutulacağı,
- Entegre edilen sensörlerin tümünün üst sınırları dışında kalan bölge için sonsuz bölge

tanımlaması

yapabileceği bir yöntem olmalıdır. Lojik çıkışlar dikkate alınarak gerçekleştirilen aritmetik ortalama sonucu denklem 4.1’de gösterilmiştir.

$$A_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot (loja_{A_i} \odot loju_{A_i})}{\sum_{i=1}^n (loja_{A_i} \odot loju_{A_i})} \quad (4.1)$$

n=sensör adedi

A_i = i. sensörün ölçme sonucu

$loja_i$ = i. sensör için alt sınır lojik çıkışı

$loju_i$ = i. sensör için üst sınır lojik çıkışı

Lojik ifadeler verinin dahil edilip edilmeyeceğini belirler. Ayrıca ondalık sayılar ile lojik değerlerin birbirleri ile karıştırılmaması için lojik ifadeler tek bir karakter yerine loja, loju gibi ifadelerle belirtilmiştir. Denklemlerde ÖZEL VEYA DEĞİL (EXNOR), VE (AND), DEĞİL (NOT) lojik kapıları kullanılmıştır. Tanımlanan lojik değerlerin durumlarına göre tanımlamaları aşağıda belirtilmiştir.

$loja= 0$ (Alt sınır altı ölçme yok)

$loja= 1$ (Alt sınır altı ölçme var)

$loju= 0$ (Üst sınır üstü ölçme yok)

$loju= 1$ (Üst sınır üstü ölçme var)

4.1 denklemi daha basit bir ifade ile aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$A_{ort} = \frac{W}{Y} \quad (4.2)$$

Burada;

$$W = \sum_{i=1}^n A_i \cdot (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) \quad (4.3)$$

$$Y = \sum_{i=1}^n (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) \quad (4.4)$$

$$E = (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) \quad (4.5)$$

W ortalamaya katılacak sensör verilerinin toplamını ifade eder. Bir sensör verisinin aynı sensörün lojik çıkışlarının özel veya değil (Ex-NOR) ifadesiyle çarpımı verinin işleme dahil edilip edilmeyeceğini belirler. Sensör verisi alt sınır altı veya üst sınır üstü değerde ise 4.4 denklemi sonucu sıfıra eşittir. Dolayısı ile i. sensör verisi A_i sıfır ile çarpılarak toplamda ortalamaya katılmaz. Aynı zamanda paydada bulunan toplam sensör sayısının 1 eksilmesi gereklidir. Y ifadesinde ki denklem ortalamaya katılacak sensör sayısını belirler. Y denkleminde ölçme sınırları dışında kalan sensör sayıları ortalama sonucunun hesaplanmasında kullanılmaz. Tüm sensörlerin ölçme alt sınır altı bölge için işlem sonucun “0” olması gereklidir. Ancak bu denkleme göre bu bölgede 0/0 belirsizlik durumu ortaya çıkacaktır. 0/0 belirsiz durumunun 0 olarak elde edilebilmesi için 4.2 denkleminin pay ve paydasına X ve Z denklemleri eklenir.

$$A_{ort} = \frac{W + X}{Y + Z} \quad (4.6)$$

$$X = \prod_{i=1}^n (\overline{loja_{A_i}} \cdot loju_{A_i}) \quad (4.7)$$

$$Z = \prod_{i=1}^n (loja_{A_i} \cdot \overline{loju_{A_i}}) \quad (4.8)$$

4.6 denklemi daha açık olarak denklem 4.9’de gösterilmiştir.

$$A_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) + \prod_{i=1}^n (\overline{loja_{A_i}} \cdot loju_{A_i})}{\sum_{i=1}^n (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) + \prod_{i=1}^n (loja_{A_i} \cdot \overline{loju_{A_i}})} \quad (4.9)$$

X ve Y denklemleri tüm sensörlerin ölçme sınırları dışında ifadenin sıfıra veya sonsuza eşitlenmesini sağlamaktadır. Tüm sensörler için alt sınır altı bölgede $X=0$ ve $Z=1$ olarak

$$A_{ort} = \frac{0+0}{0+1} = 0$$

olacaktır. 4.1 denklemine göre aynı işlem yapılsa idi sonuç;

$$A_{ort} = \frac{0}{0} = \text{Belirsiz durum olacaktır.}$$

Tüm sensörler için üst sınır üstü değerde ifadenin akıllı robot için boşluk olarak algılanmasını sağlaması için sonucun sonsuza eşitlenmesi gerekecekti. Bu durumda tüm sensörler için üst sınır üstü bölgede $X=1, Z=0$ sonucunu üreterek 4.6 denklemi

$$A_{ort} = \frac{0+1}{0+0} = \infty \text{ olacaktır.}$$

Gauss dağılımı kullanarak yapılan ölçmeler daha güvenilirlerdir. Şuana kadar gösterilen örneklerde lojik çıkışlar dikkate alınarak aritmetik ortalama denklemi yeniden düzenlenmiştir. Bu denklemler yardımı ile Gauss dağılımına göre ölçme yapılmak istenirse standart sapma, aritmetik ortalama gibi değerler dikkate alınarak sınır değerler belirlenmelidir. Standart sapma denklemi;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N D_i^2}{N}}, N < 20 \text{ için } N=N-1 \text{ alınır.} \quad (4.10)$$

i. sapma değeri;

$$D_i = A_{ort} - A_i \quad (4.11)$$

Lojik ifadeler dikkate alındığında ölçme sınır değerinde kalan sensör verileri ihmal edileceği için standart sapma denklemi 4.10 yeniden düzenlenir ve 4.12 denklemi elde edilir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N D_i^2}{m}} \quad (4.12)$$

Burada;

$$D_i = (A_{ort} - A_i)(loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) \quad (4.13)$$

$$m = \sum_{i=1}^N (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}), m < 20 \text{ için } k=k-1 \quad (4.14)$$

4.12 denklemi açık haliyle yazılır ise;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{i=1}^N A_i \cdot (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) + \prod_{i=1}^N (\overline{loja_{A_i}} \cdot loju_{A_i})}{\sum_{i=1}^N (loja_{A_i} \odot loju_{A_i}) + \prod_{i=1}^N (\overline{loja_{A_i}} \cdot loju_{A_i})} - A_i \right] (loja_{A_i} \odot loju_{A_i})}{\sum_{i=1}^N (loja_{A_i} \odot loju_{A_i})}} \quad (4.15)$$

Sınır değerler Chauvenet kriterine göre belirlendiğinde alt ve üst sınır değerler;

$$B = A_{ort} \pm \tau \cdot \sigma \quad (4.16)$$

şeklide elde edilir (www.me.umn.edu). τ normal dağılım tablosunda ζ (% doğruluk) değerine karşılık gelen değerdir

$$\zeta = 1 - 1/2n \quad (4.17)$$

olarak yazılır.

Gauss dağılımında işlem yapılabilmesi için en az üç verinin bulunması gereklidir. Akıllı robotta kullanılacak sensör adeti sınırlıdır. Bu sınır robotun fiziksel boyutlarıyla da ilgilidir. Kullanıcı sadece bir veya iki sensörün ölçme sınırları dahilinde kalıp diğerlerinin ölçme sınırları haricinde çalıştığı durumlarda Gauss dağılımını uygulamak için her bir sensör için en az üç ölçme yaptırabilir. Denklemden bu ölçme sayısı j olarak gösterilmiştir. Bu durumda 4.8 denklemi yeniden düzenlenir. Her bir sensör için $j=3$ ise;

$$A_{ort}^* = \frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^N A_{ji} \cdot (loja_{A_{ji}} \odot loju_{A_{ji}}) + \prod_{j=1}^3 \prod_{i=1}^N (\overline{loja_{A_{ji}}} \cdot loju_{A_{ji}})}{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^N (loja_{A_{ji}} \odot loju_{A_{ji}}) + \prod_{j=1}^3 \prod_{i=1}^N (\overline{loja_{A_{ji}}} \cdot loju_{A_{ji}})} \quad (4.18)$$

4.2 denklemi;

$$W^* = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^N A_{ji} \cdot (loja_{A_{ji}} \odot loju_{A_{ji}}) \quad (4.19)$$

4.3 denklemi;

$$Y^* = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^N (loja_{A_{ji}} \odot loju_{A_{ji}}) \quad (4.20)$$

4.7 denklemi;

$$X^* = \prod_{j=1}^3 \prod_{i=1}^N (\overline{loja_{A_{ji}} loju_{A_{ji}}}) \quad (4.21)$$

4.8 denklemi;

$$Z^* = \prod_{j=1}^3 \prod_{i=1}^N (\overline{loja_{A_{ji}} loju_{A_{ji}}}) \quad (4.22)$$

şeklinde yeniden ifade edilir.

Bu durumda ortalamaya ve standart sapmaya etki eden sensör sayısında değişecektir ve 4.20 denkleminde eşittir. Her bir sensör için birden fazla ölçme sonucu ile işlem yapılırsa ortalamaya katılacak sensör sayısı tekrar ifade edilirse;

$$m^* = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^N (\overline{loja_{A_{ji}} loju_{A_{ji}}}), m < 20 \text{ için } k = k-1 \quad (4.23)$$

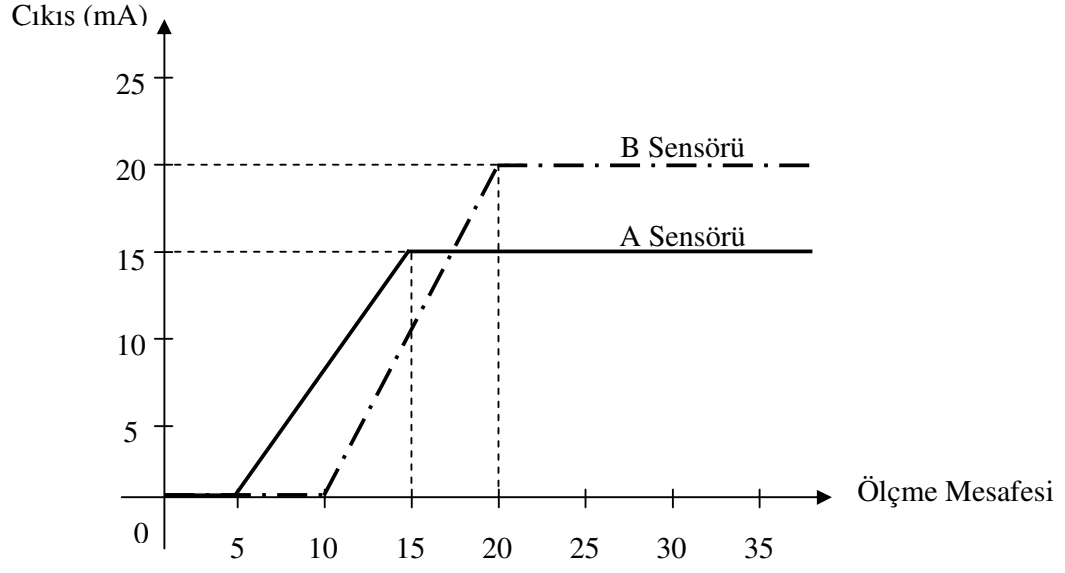
Standart sapma hesaplaması ise;

$$D_{ji}^* = A_{ort}^* - A_{ji} \cdot (\overline{loja_{A_{ji}} loju_{A_{ji}}}) \quad (4.24)$$

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^N [D_{ji}^*]^2}{m^*}}; m^* < 20 \text{ için } m^* = m^* - 1 \quad (4.25)$$

$$B = A_{ort}^* \pm \tau \cdot \sigma^* \quad (4.26)$$

Geliştirilen denklemlerin kullanımı basit bir örnek ile aşağıda anlatılmıştır. İki sensör ile yapılan bir çalışmada A sensörü 5 cm ile 15 cm arası, B sensörü ise 10 cm ile 20 cm arası değerleri ölçtüğü kabul edildiğinde şekil 2.2’de giriş ve çıkış değerlerine göre çizilen grafik elde edilir. Anlatımda kolaylık sağlaması için çıkış akımı ölçülen mesafe ile birebir doğru orantılı seçilmiştir. Aşağıda çizilen tabloda bölgeler arası sınır değerler ihmal edilmiştir. Buna göre tablo yapısı çizelge 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Ölçme sınırlarına göre A ve B sensörüne ait giriş-çıkış grafiği

Çizelge 2.1 A₁ ve A₂ sensörlerinin lojik çıkış değerlerini gösteren tablo

Dikkate alınacak→ sensör		Her iki sensör için alt sınır dışı bölge (I. Bölge)	Sadece A ₁ sensörünün verisi dikkate alınır (II. Bölge)	Her iki sensör için ortak çalışma bölgesi (III. Bölge)	Sadece A ₂ sensörünün verisi dikkate alınır (IV. Bölge)	Her iki sensör için üst sınır dışı bölge (V. Bölge)
Mesafe→		0-5 cm arası	5-10 cm arası	10-15 cm arası	15-20 cm arası	20 cm üzeri
A ₁ sensörü için lojik çıkışlar	loja	1	0	0	0	0
	loju	0	0	0	1	1
A ₂ sensörü için lojik çıkışlar	loja	1	1	0	0	0
	loju	0	0	0	0	1

Ortalama değer hesaplamasında lojik çıkışların kullanımının daha iyi anlaşılabilmesi için 4.9 denklemi kullanılarak aşağıda ki ölçmeler yapılsın. 4.9 denklemi iki sensör için aşağıdaki gibi yazılır.

$$A_{ort} = \frac{A_1 \cdot (loja_{A_1} \odot loju_{A_1}) + A_2 \cdot (loja_{A_2} \odot loju_{A_2}) + \overline{loja_{A_1}} \cdot \overline{loju_{A_1}} \cdot \overline{loja_{A_2}} \cdot \overline{loju_{A_2}}}{(loja_{A_1} \odot loju_{A_1}) + (loja_{A_2} \odot loju_{A_2}) + \overline{loja_{A_1}} \cdot \overline{loju_{A_1}} \cdot \overline{loja_{A_2}} \cdot \overline{loju_{A_2}}}$$

I. bölgeye ait 4 cm' lik bir mesafe ölçülmek istendiğinde ;

$$A_{ort} = \frac{0 \cdot (1 \odot 0) + 0 \cdot (1 \odot 0) + \bar{1} \cdot \bar{0} \cdot \bar{1} \cdot \bar{0}}{(1 \odot 0) + (1 \odot 0) + \bar{1} \cdot \bar{0} \cdot \bar{1} \cdot \bar{0}} = \frac{0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 \cdot 0}{0 + 0 + 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = \frac{0}{1} = 0 \text{ cm}$$

II. bölgede bir ölçme sonucu için 7 cm'lik bir mesafe ölçmesinde $A=7,1$ cm ölçme sonucu üretsin. $loja_A=0$, $loju_A=0$, $B=0$, $loja_B=1$, $loju_B=0$ değerleri üretilir. Sonuç:

$$A_{ort} = \frac{7.(0 \odot 0) + 0.(1 \odot 0) + \bar{0}.\bar{0}.\bar{1}.0}{(0 \odot 0) + (1 \odot 0) + 0.\bar{0}.\bar{1}.\bar{0}} = \frac{7.1 + 0.0 + 1.0.0.0}{1 + 0 + 0.1.1.1} = \frac{7}{1} = 7 \text{ cm}$$

değeri ölçülecektir. Lojik ifadeler kullanılmadan aritmetik işlem uygulansa idi $F=(7,1+0)/2=3,55$ cm sonucu bulunacak ve gerçek değer ile arasında 3,45 cm' lik bir hata sonucu üretecekti.

III. bölgede bir ölçme sonucu için 12 cm'lik bir mesafe ölçümünde $A=12$ cm, $B=12$ cm ölçme sonucu üretsin. Sonuç;

$$A_{ort} = \frac{12.(0 \odot 0) + 11.(0 \odot 0) + \bar{0}.\bar{0}.\bar{0}.0}{(0 \odot 0) + (0 \odot 0) + 0.\bar{0}.\bar{0}.\bar{0}} = \frac{12.1 + 12.1 + 1.0.1.0}{1 + 1 + 0.1.0.1} = \frac{24}{2} = 12 \text{ cm}$$

IV. bölgede bir ölçme sonucu için 19 cm' lik bir mesafe ölçme için A sensörü doyuma girdiğinden 15 cm sonucunu üretecektir, B sensörü ise 19,0 cm değeri üretsin;

$$A_{ort} = \frac{15.(0 \odot 1) + 19.(0 \odot 0) + \bar{0}.\bar{1}.\bar{0}.\bar{0}}{(0 \odot 1) + (0 \odot 0) + 0.\bar{1}.\bar{0}.\bar{0}} = \frac{15.0 + 19.1 + 1.1.1.0}{0 + 1 + 0.0.0.1} = \frac{19}{1} = 19 \text{ cm}$$

V. bölgede bir ölçme sonucu için her iki sensörde doyuma girdiğinden $A=15$ cm, $B=20$ cm değerini üretecektir. 4.9 denklemi kullanılarak 30 cm' lik bir mesafe ölçmesinde;

$$A_{ort} = \frac{15.(0 \odot 1) + 20.(0 \odot 1) + \bar{0}.\bar{1}.\bar{0}.\bar{1}}{(0 \odot 1) + (0 \odot 0) + 0.\bar{1}.\bar{0}.\bar{1}} = \frac{15.0 + 19.0 + 1.1.1.1}{0 + 0 + 0.0.0.0} = \frac{1}{0} = \infty$$

Ölçme sınırları dışında kalan sensör verisi sıfır olarak kabul edilmekte ve “n” sensör sayısına da etki etmemektedir. Tüm ölçme sınırları dışı sonsuz bölge veya boşluk olarak tanımlanmaktadır.

Aşağıda 5 farklı sensör verileriyle gerçekleştirilen bir örnek gösterilmiştir. Sensör olarak Alman firması olan SICK firmasının ürünlerinden faydalanılmıştır. UM18-11116, UM30-12113, UM30-13113, UM30-14113 ultrasonik sensörler ve DME3000-211 lazer sensör kullanılmıştır. Bu çalışmada bu sensörlerin tercih edilmelerinin nedenleri;

- Akıllı robotlarda kullanılan en önemli sensörlerden birisi mesafe sensörlerdir.
- Bu sensörler cisimden yansımali sensörlerdir. Hareketli yapıdaki akıllı robotlarda

reflektörden yansımali olan sensörler kullanilamaz.

- Duyarliliklari fazladir.
- Ölçme araliklarinda lineer çalışirlar.
- Çıkış değerleri hepsinde akım cinsindendir.
- Ölçme araliklari birbirlerine göre farklıdirlar. Bu çalışmadaki anlatım için bu durum önemlidir.
- SICK sensör teknolojilerinin bazılarında alt sınır altı ve üst sınır üstü değerlerde lojik çıkış veren port bulunmaktadır.

Bu sensörler anlatımda kolaylık sağlaması için A, B, C, D ve E olarak isimlendirilmiştir. Ölçme hataları dikkate alınarak analiz yapılmıştır. Gerçek değer ile ölçme arasındaki fark; A sensörü için %2, B sensörü için %3, C sensörü için %2, D sensörü için %3 ve E sensörü için %1 olarak alınmıştır. Aşağıdaki tabloda sensörlere ait bazı bilgiler verilmiştir.

Çizelge 2.2 Sensörlerin ölçme araliklari ve çıkış değerleri tablosu

Sensör etiketi	Sensör tipi	Ölçme aralığı	Çıkış değerleri
A	UM18-11116 ultrasonik sensör	100-2000 mm	4-20 mA
B	UM30-12113 ultrasonik sensör	60-600 mm	0-20 mA
C	UM30-13113 ultrasonik sensör	200-2000 mm	4-20 mA
D	UM30-14113 ultrasonik sensör	350-5000 mm	4-20 mA
E	DME3000-211 lazer sensör	100-8000 mm	0-100 mA

Kullanılan sensörlerin tam skala çıkış değerleri birbirlerine göre farklıdır. Tam skala çıkış değeri, maksimum giriş uyarıcısı ile ölçülen elektriksel çıkış sinyali ve uygulanan minimum giriş uyarıcısı arasındaki cebirsel farktır. Kullanıcı uygulamada bu farklılıklari ortadan kaldırması gerekmektedir. NI (National Instruments) firması bu amaçla 6, 10, 18 ve daha fazla giriş portuna sahip , içinde A/D çeviriciler bulunan kartlar tasarlamıştır (www.ni.com). Bu kartlar bilgisayara takılan kartlardır. Kartlar bilgisayara takıldıktan sonra, bu kartların

alışabilmesi için uygun sürücünün (driver) bilgisayaraya yüklenmesi gerekmektedir. Bu sürücü yüklendikten sonra her port için özel ayarlar yapılabilmektedir. ıkış değeri akım yerine gerilim olsaydı farklı bir kart ihtiyacı olacaktı. Bilgisayar teknolojilerinin kullanımının kolaylığı burada da açıkça anlaşılmaktadır.

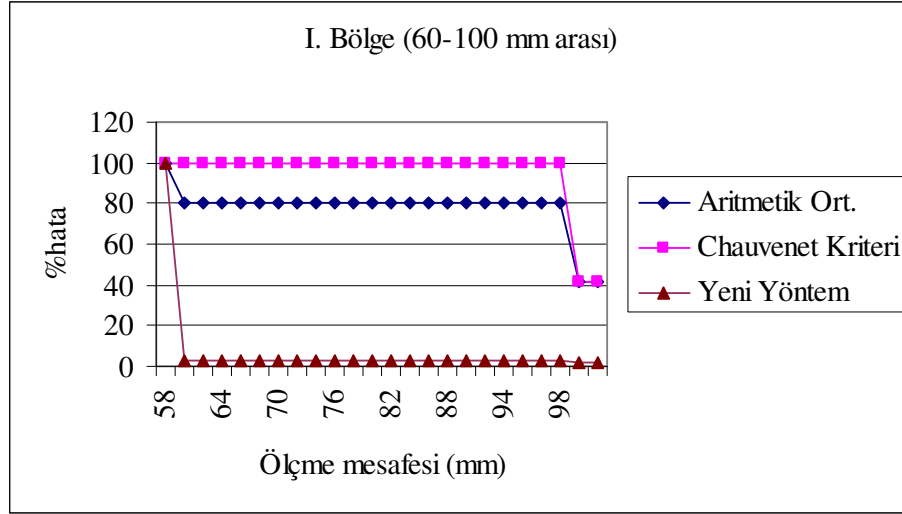
Tabloda lme aralıkları incelendiğinde 9 farklı bölge olduğu gözlemlenebilir. Bunların ilki tüm sensörlerin lme sınır altı değerlerinin altındaki bölgedir. Bu bölgede tüm sensör ıkışları sıfır olduğundan aşağıdaki grafiklerde bu bölge anlatım dışı bırakılmıştır. Sensörlerin alışma bölgelerine göre oluşturulan tablo izelge 2.3'te gösterilmiştir.

Tüm bölgeler için ayrı ayrı aritmetik ortalama, geliştirilen yeni yöntem ve Chauvenet kriteri sonuçlarına göre grafikler çizilerek analiz yapılmıştır. Burada belirtilen hata, gerçek değer ile ölçülen değer arasındaki farktır. Diğer bir tanımla %hata, sonucun gerçek değerden yüzde kaç oranda sapma yaptığını belirtir.

Bu örnekte toplam beş sensör bulunmaktadır. Sıfır bölgesi hariç dokuz bölge ayrı ayrı analiz edilmiştir. Her sensör için üç ayrı lme sonucuna göre işlem yapılmıştır. Dolayısıyla ortamda beş sensör olmasına karşın her işlemde 15 veri analiz edilmektedir.

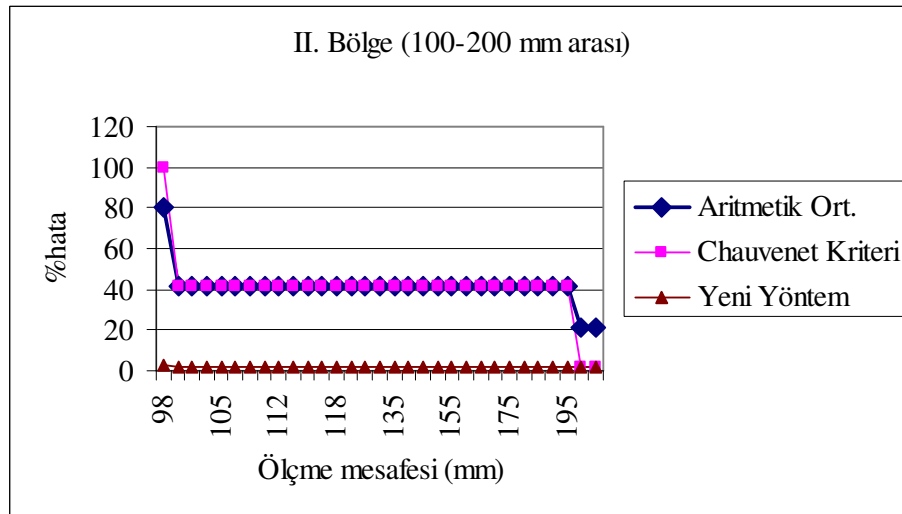
Çizelge 2.3 Ölçme mesafesine göre bölge tanımlamaları

Bölge tanımlaması	Ölçme mesafesi	Gerçek değere yakın ölçme yapabilecek sensörler	Açıklama
Sıfır Bölgesi	0-60 mm	Hiçbiri	Tüm sensörler için alt sınır altı bölgedir.
I. Bölge	60-100 mm	B sensörü	A, C, D ve E sensörler için alt sınır altı bölgedir.
II. Bölge	100-200 mm	A, B ve E sensörleri	C ve D sensörleri için alt sınır altı bölgedir.
III. Bölge	200-350	A, B, C ve E sensörleri	D sensörü için alt sınır altı bölgedir.
IV. Bölge	350-600 mm	A, B, C, D ve E	Tüm sensörler için çalışma aralığı bölgesi
V. Bölge	600-2000 mm	A, C, D ve E	B sensörü doyumdadır.
VI. Bölge	2000-5000 mm	D ve E	A, B ve C sensörleri doyumdadır.
VII. Bölge	5000-8000 mm	E	A, B, C ve D sensörler doyumdadır.
VIII. Bölge	8000 mm üzeri	Hiçbiri	Tüm sensörler doyumdadır.



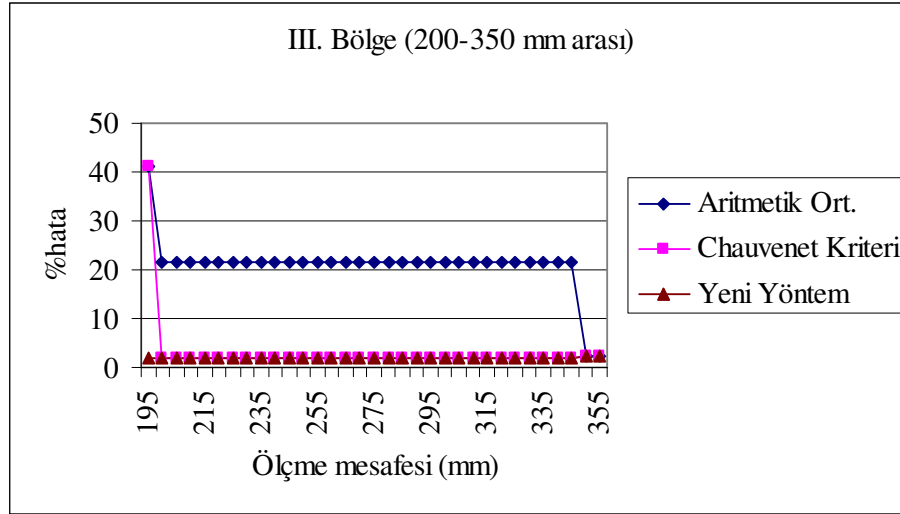
Şekil 2.3 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda I. bölgeye ait grafik

I. bölgede sadece B sensörü çalışmaktadır. Diğer Sensörler için bu bölge alt sınır altı ölçme bölgesidir ve 0 değerini üretirler. B sensör verisi Chauvenet kriterine göre belirlenen sınır aralığının üstünde kaldığından, hatalı veri olarak kabul edilir ve işleme dahil edilmez. Bu bölgede Chauvenet kriterine göre hata %100'dür. Beş sensörden oluşan bu ölçmede aritmetik ortalamada %80,6 hata gözlemlenmiştir. Geliştirilen yeni yöntemde ise ölçme sınırı dışında kalan sensör verileri A, C, D ve E sensörlerinin verileri ayıklanmakta ve %3 hata gözlemlenmektedir. Ortamda tek bir sensör olarak B sensörünün verisi olmasına karşın 4.25 denkleminde göre işlem yapılmıştır.



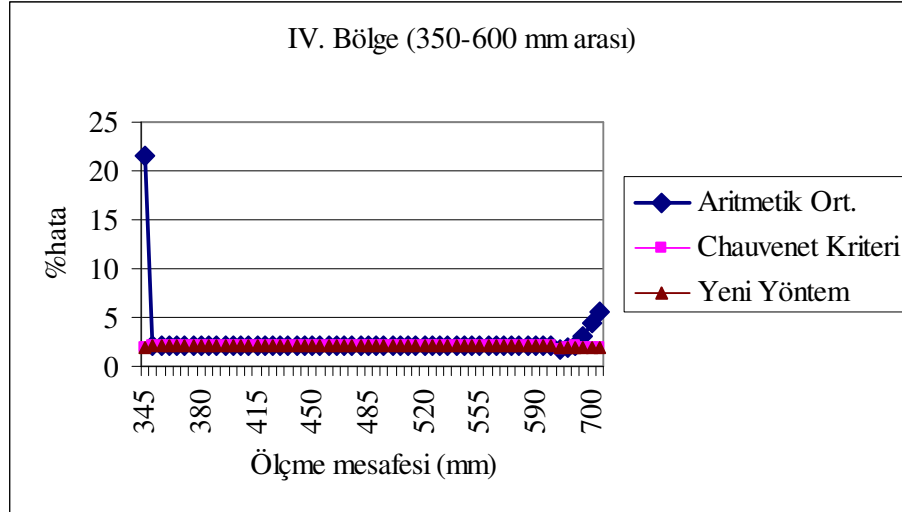
Şekil 2.4 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda II. bölgeye ait grafik

II. bölgede A, B ve E sensörleri çalışmakta, diğerleri bu bölgede ölçme yapamamaktadırlar ve “0” değerini üretmektedirler. Ancak ortalama değer hesaplamasına göre, sonuçta ortamda beş adet veri bulunmaktadır. Ortalama değer, standart sapma hesaplamasında tüm veriler dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla Chauvenet kriterine göre hatalı veri analizi için sınır değerler bulunurken C ve D sensörlerinin 0 olan verileride sonuca etkimektedir. Bu ölçme aralığında tüm sensör verileri Chauvenet kriterine göre belirlenen sınırlar aralığında kalır. Lojik çıkışlar dikkate alınmadığında aritmetik ortalama ve Chauvenet kriterine göre üretilen sonuçlar gerçek değerden %41,2 hata payı ile uzaktır. Sonuçta hatalı ölçme yapılmıştır. II. Bölgede aritmetik ortalama ve Chauvenet kriteri sonuçları birbirlerine göre paralellik ve eşit değerler göstermektedir. Yeni yöntemle göre ortalama hesabında ise C ve D sensörleri ölçme sınırı altında olduklarını belirten lojik değer ürettiklerinden hatalı veri olarak kabul edilmekte ve ortalamaya etki etmemektedirler. Yeni yöntemle göre bu bölgede hata %2’dir.



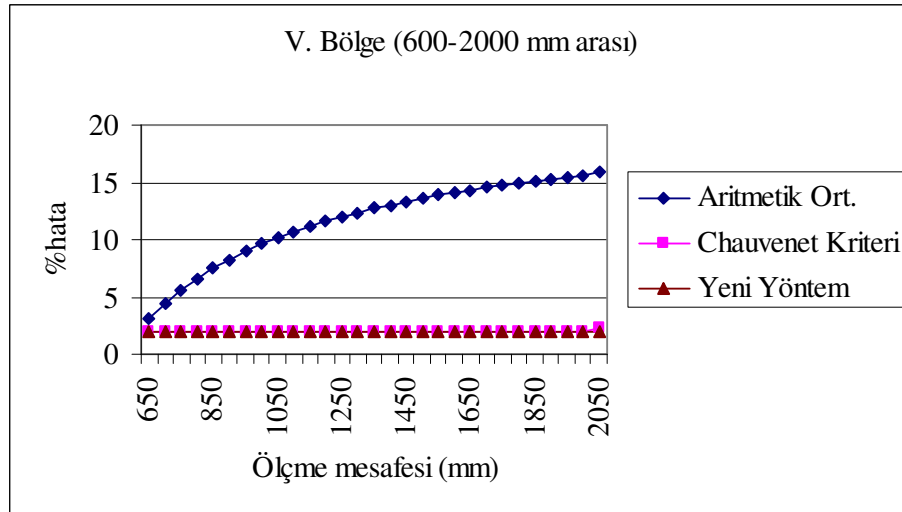
Şekil 2.5 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda III. bölgeye ait grafik

III. Bölgede A, B,C ve E sensörleri çalışmaktadır. Bu bölge E sensörünün alt sınır ölçüm değerinin altında kalır. Bu bölgede D sensör verisi Chauvenet kriterine göre istenilen aralık dışında kalan bir veridir ve hatalı kabul edilip ayıklanır. Bundan dolayı yeni yöntemle göre ortalama hesabında E sensör verisi ihmal edilmektedir. A, B,C ve D sensörlerinin ölçme aralığına ait bu bölgede aritmetik ortalama ve Chauvenet kriterine göre ortalamanın gerçek değere I. ve II. bölgelere göre daha çok yaklaştığı gözlemlenmektedir. Aritmetik ortalama ise %21,6 hata gösterir. Yeni yöntemle göre Chauvenet kriteri hesabında işlem A, B,C ve D sensörlerinin verilerine göre yapılır ve %2 hata gösterir. .



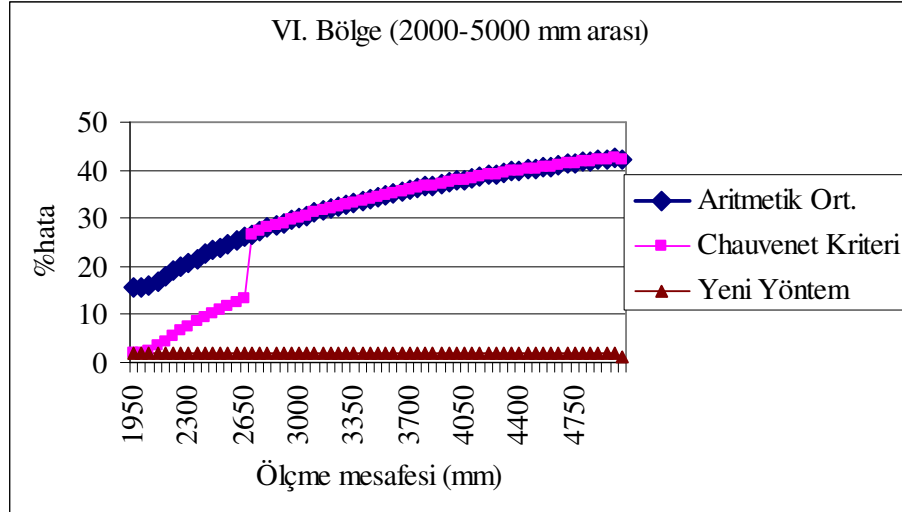
Şekil 2.6 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda IV. bölgeye ait grafik

IV. bölgede tüm sensörler çalışmaktadır. Bu bölgede tüm sensör verileri Chauvenet kriterine göre alt sınır ve üst sınır aralığındadır ve hatalı veri yoktur. Ayrıca aritmetik ortalamanın gerçek değere en yakın değerler üretebileceği tek bölgedir.



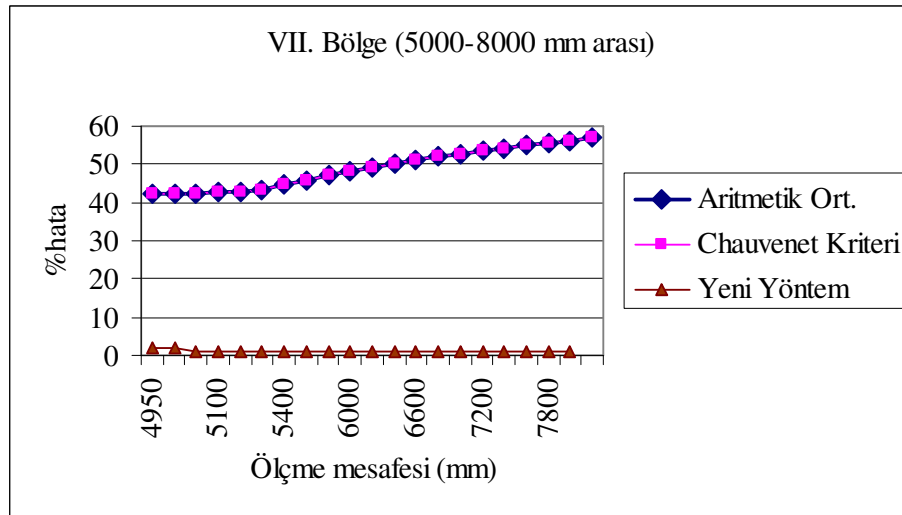
Şekil 2.7 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda V. bölgeye ait grafik

V. bölgede A, C, D, E sensörleri çalışmaktadır. Chauvenet kriterine göre B sensör verisi hatalıdır ve ayıklanmaktadır. Yeni yöntem ve Chauvenet kriterine göre hata oranı %2 civarındadır.



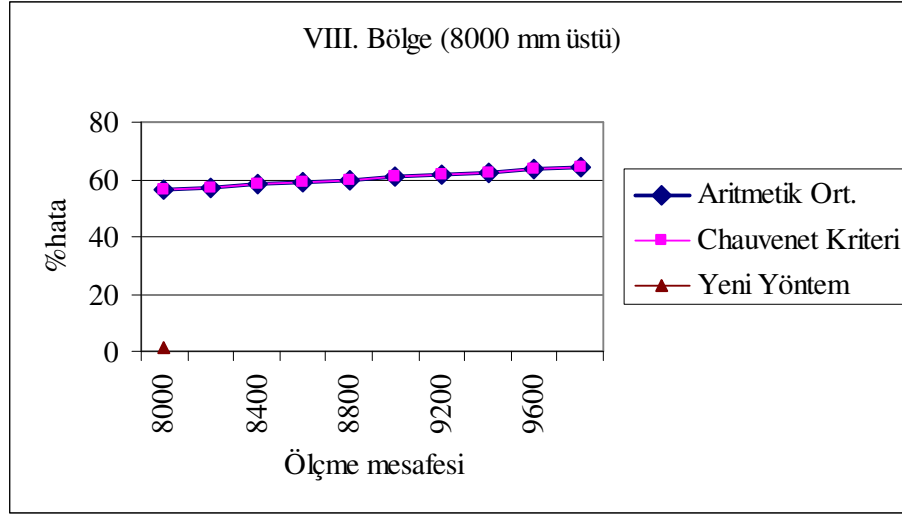
Şekil 2.8 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda VI. bölgeye ait grafik

VI. bölgede D, E sensörleri çalışmaktadır. Sensörlerin ortak çalışma bölgeleri azaldıkça Chauvenet kriterinin hata oranı artmaktadır.



Şekil 2.9 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda VII. bölgeye ait grafik

VII. bölgede sadece E sensörü çalışmaktadır. Chauvenet kriteri veya aritmetik ortalama sonuçları gerçek değerden uzaktır. Ölçme mesafesi arttıkça %hata oranları da artmaktadır. Yeni yöntemle göre sadece E sensör verisi dikkate alınacağından en ideal sonuç yeni yöntem sonucudur.



Şekil 2.10 A, B, C, D, E sensörleri ile oluşturulan entegrasyonda VIII. bölgeye ait grafik

VIII. bölgede tüm sensörler doyumdadır. Ölçme mesafesi arttıkça Chauvenet kriteri ve aritmetik ortalamanın gerçek değerden sapma oranları artmaktadır. Yeni yönteme göre bu bölge $+\infty$ bölgesidir. Bundan dolayı grafikte 8000 üzeri değerlerde yeni yönteme göre veri çıkışları olmamaktadır. Akıllı robot bu bölgeyi boşluk olarak algılayacaktır. Yapılan çalışmada da istenen boşluk kavramının akıllı robota algılatılmasıdır.

Yeni yöntemde Chauvenet kriteri uygulandığı için olası hatalarda ayıklanacaktır. Her bir sensör için üç veri olmak üzere toplamda 5 sensör için 15 adet veri olacaktır. Herhangi bir sensör veya birden fazla sensör hatalı ölçme yapar ise Gauss dağılımına göre işlem yapıldığından sınır değerler dışında kalan veriler ayıklanacaktır. Örneğin tüm sensörler için ortak ölçme bölgesi olan 4. bölge için istenmeyen bazı durumlardan dolayı hatalı ölçmeler yapılsın. Ölçme sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Ölçme	A sensörü	B sensörü	C sensörü	D sensörü	E sensörü
I. ölçme sonucu	480,2	475,3	480,2	475,3	485,1
II. ölçme sonucu	481,25	475,8	481	477,2	100
III. ölçme sonucu	481,4	65,2	480,2	478,6	487

Burada B sensörünün 3. ölçmesi gerçek değerden çok uzaktır. Ayrıca bu değer B sensörünün ölçme aralığı dışında olduğu için lojik değerler kullanılarak ayıklanamaz. Aynı durum E

sensörünün 2. ölçmesi için de geçerlidir. Toplamda veri sayısı 15'dir. Bu veriler ile yapılan işlemlerde aritmetik ortalama 426,917 ve standart sapma 139,985 olarak hesaplanmıştır. 15 adet veri için τ değeri 2,06 olarak tablodan bulunmuştur. 2.16 denklemine göre sınır değerler 138,52 ile 715,318 olarak tespit edilir. Dolayısı ile B sensörünün 3. verisi ve E sensörünün 2. verisi sınırlar dışında kaldığı için ayıklanır. Geriye kalan verilere tekrar Gauss dağılımı uygulanırsa ortalama 479,896 olarak bulunur. Toplamda 15 verinin 2'si hatalıdır.

3. BİLGİ TABLOLARI

Sensörlerden elde edilen verilerin işlenmesi için verilerin yönetimi kolaylaştıracak bir alt yapı, bir veri tabanı planlaması yapılması gerekmektedir. Bilgi tabloları bu çalışmada özellikle bu amaçla kullanılırlar. Veri analizinde zaman faktörü önemlidir. Özellikle veri paylaşımının olduğu bir ortamda zaman faktörü daha önemlidir. Her sensörden elde edilen veriye ek olarak zaman kavramının eklenmesi analizi çok zorlaştıracaktır. Bunun yerine, belirli bir anda elde edilen veriler için ortak bir havuz oluşturmak ve bu havuzun oluşma zamanını eklemek analizi basitleştirecektir. Bilgi tabloları burada belirtilen havuz olarak tanımlanabilir. Farklı ortamlarda bulunan akıllı robotlar üzerinde bulunan sensörlerin entegrasyonunda, bilgi tablolarının kullanımının kolaylık sağladığı görülmüştür. Bilgi tablolarının yapısı burada matrislerin yapısına benzemektedir. Anlatımda kolaylık sağlaması için bilgi tablosu ifadelerine benzer ifadeler kullanılmıştır. Bilgi tablolarının boyutunu gösteren ifadeye ek olarak bilgi tablosunun elde edildiği zamanı gösteren indis eklenmiştir. Amaç verilerin eşzamanlı incelenmesini sağlamaktır. Veriler ağ ortamında paylaşılırken ağda olan gecikmeler hatalı veri analizine sebep olabilir. Ağda olan gecikmeler periyodik ve düzenli olmazlar. Hem dış kaynaklı gürültüler, hem de veri iletişiminde meydana gelebilecek yoğunluklar iletişimde hatalar ve gecikmelere neden olabilir. Bundan dolayı veri ağ ortamına çıkarılmadan iletilecek veri paketlerine zaman faktörü eklenmiştir. Bu çalışmada kullanılan yazılım dili Visual Basic 6.0' dır.

Bilgi tablolarında her bir indis bir adres yapısındadır. Yani elde edilen verinin kaydedildiği yerdir. Bir bilgi tablosu iki boyutludur. pxr boyutunda bir bilgi tablosunun gösterimi;

$$A=[a_{ij}] ; i=1,2,\dots,p \quad j=1,2,\dots,r$$

Her bir bilgi tablosunun elde edilme zamanı bu ifadeye eklenince;

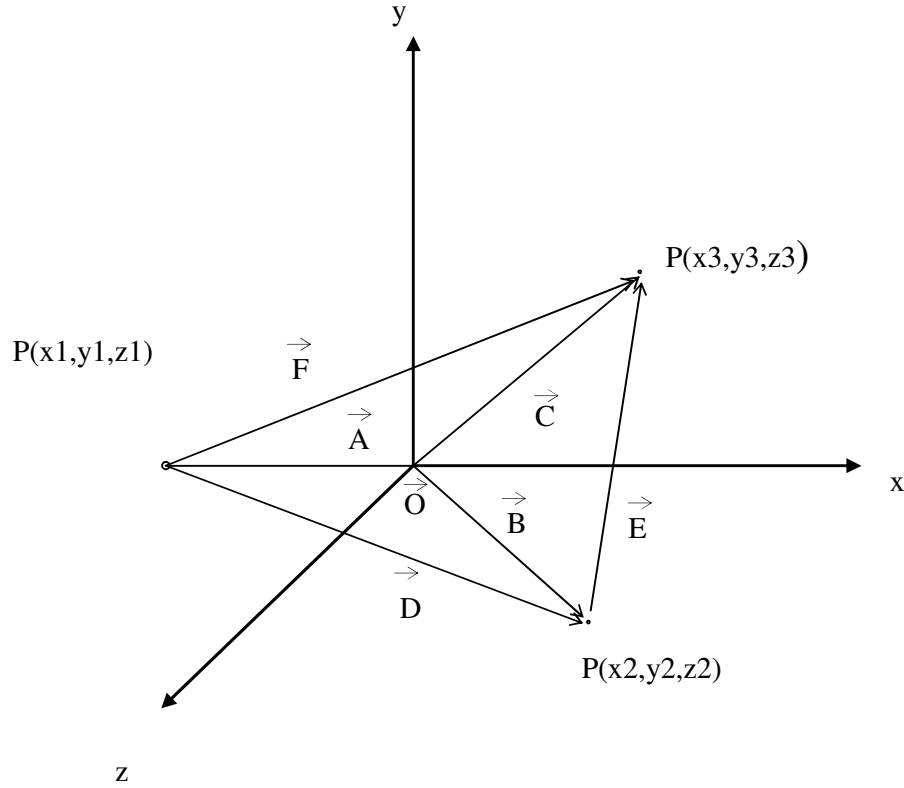
$$B=[a_{ij(T)}] ; i=1,2,\dots,p; j=1,2,\dots,r; T \in R^+$$

şeklinde iki boyutlu bir tablo elde edilir.

Bilgi tabloları kT ($k \in N^+$) sürelerince elde edilirler. k örnekleme katsayısıdır ve bilgi tablosunun hangi zaman dilimine ait olduğunu belirtir. kT . anda elde edilen bilgi tablosuna T -Bilgi tablosu denilmiştir. T -Bilgi tablosu, hedef belirleme tablosu yazılımda kolaylık sağlamak içindir.

3.1 T Örnekleme Süresinin Belirlenmesi

Bir kartezyen gösterimi esas alınarak robotun zamana göre bulunduğu konumlar gösterilebilir. x,y ve z eksenlerine göre ve O(0,0,0) noktası referans merkezi olsun. Akıllı robot konum olarak $P(x_1,y_1,z_1)$ noktasında bulunsun ve birer saniye aralıklarla $P(x_2,y_2,z_2)$, $P(x_3,y_3,z_3)$ noktalarından geçsin.



Şekil 3.1 x-y-z kartezyen gösterimde vektörler

Akıllı robot sonuç itibariyle olarak $P(x_1,y_1,z_1)$ noktasından $P(x_3,y_3,z_3)$ noktasına gitmiş olsa da gerçekte $\vec{D} = \vec{B} - \vec{A}$ vektörü ve $\vec{E} = \vec{C} - \vec{B}$ yolunu almıştır. $T=1$ sn örnekleme bir yapıda bu görülebilirken eğer $T=2$ sn olan bir örnekleme süresi tercih edilse idi sadece $\vec{F} = \vec{C} - \vec{A}$ vektörü (rotası) izlenmiş olarak kayıt edilecekti ve beraberinde en basit olarak toplamda aldığı yol olmak üzere hatalı veri analizi yapılacaktı ve P noktasında ki veriler de ihmal edilecekti. Nyquist frekansında olduğu gibi T örnekleme süresi belirlenirken, hatalı analize neden olmayacak süre tercih edilir (Santina vd., 1994), (Denbigh, 1998). Bu süreye etki edebilecek başlıca etkenler;

- Sensörlerin cevap verme süreleri
- İşlemcilerin hızı
- RAM (geçici bellek) yoğunluğu

Günümüz teknolojilerinde sensörlerin cevap verme süreleri milisaniye (ms) mertebelerindedir. Dolayısı ile hedef tespitinde sensörlerin cevap verme sürelerinin farklı olması hataya neden olmaz. Ancak akıllı robotun tespit edeceği hedef, dinamik bir yapıya sahip ve zamana bağlı çok hızlı değişim gösteriyorsa, o zaman sensörlerin cevap verme süreleri dikkate alınır. Bu durumda en doğru hedef tespiti tüm sensörlerin aynı anda veri elde ettiği anda yapılır. Hedefin en doğru tespit edildiği süre, sensörlerin cevap verme sürelerinin ortak katına göre hesap edilen T sürelerince olur.

T_c = sensörün cevap verme süresi

T_{cn} = n'inci sensörün cevap verme süresi

T = OKEK ($T_{c1}, T_{c2} \dots T_{cn}$) olarak ifade edilir.

Örneğin;

$T_{c1} > T_{c2} > T_{c3}$ ise; (T_{c1}, T_{c2}, T_{c3} üç farklı sensörün cevap verme süresi)

T = OKEK (T_{c1}, T_{c2}, T_{c3})

Çizelge 3.1'de üç farklı sensörün cevap verme sürelerine göre bir çizelge gösterilmiştir. Hedef sürekli durum değiştirmekte ve her farklı durum bir sayısal değerle belirtilmiştir. Anlatımda kolaylık olması için bu değerler sıralı olarak verilmiştir. Toplam 21 farklı durum bulunmaktadır. Tabloya göre elde edilen her üç verinin aritmetik ortalaması alınarak hedef tespiti yapılmaktadır. A sensörünün cevap verme süresi $T_{cA} = 3$ s. B sensörünün cevap verme süresi $T_{cB} = 4$ s. C sensörünün cevap verme süresi $T_{cC} = 2$ s olarak gösterilmiştir. "Hedef Durumu" olarak gösterilen sütun gerçek değerleri oluşturmaktadır. 2,3 ve 4 değerlerinin OKEK değeri 12'dir. Tabloda da görüleceği gibi sadece 12'nin katlarında aritmetik ortalama sonucunda gerçek değer elde edilebilmektedir.

Çizelge 3.1 A,B ve C sensörlerinin cevap verme sürelerine göre çıkışlarını gösteren tablo

		Ölçme Sonucu			
		A sensörü	B Sensörü	C Sensörü	
Zaman	Hedef Durumu	T=3 sn	T=4 sn	T=2 sn	Aritmetik Ortalama
0. sn	0 durumu	0	0	0	0
1. sn	1 durumu	0	0	0	0
2. sn	2 durumu	0	0	2	0,666666667
3. sn	3 durumu	3	0	2	1,666666667
4. sn	4 durumu	3	4	4	3,666666667
5. sn	5 durumu	3	4	4	3,666666667
6. sn	6 durumu	6	4	6	5,333333333
7. sn	7 durumu	6	4	6	5,333333333
8. sn	8 durumu	6	8	8	7,333333333
9. sn	9 durumu	9	8	8	8,333333333
10. sn	10 durumu	9	8	10	9
11. sn	11 durumu	9	8	10	9
12. sn	12 durumu	12	12	12	12
13. sn	13 durumu	12	12	12	12
14. sn	14 durumu	12	12	14	12,666666667
15. sn	15 durumu	15	12	14	13,666666667
16. sn	16 durumu	15	16	16	15,666666667
17. sn	17 durumu	15	16	16	15,666666667
18. sn	18 durumu	18	16	18	17,333333333
19. sn	19 durumu	18	16	18	17,333333333
20. sn	20 durumu	18	20	20	19,333333333
21. sn	21 durumu	21	20	20	20,333333333
22. sn	22 durumu	21	20	22	21
23. sn	23 durumu	21	20	22	21
24. sn	24 durumu	24	24	24	24

3.2 T-Bilgi tablosu

Herhangi bir anda oluşturulan iki boyutlu bilgi tablosu ifadesine bu çalışmada T-Bilgi tablosu adı verilmiştir. T-Bilgi tablosu zamana bağlı bir ifadedir ve iki boyutludur. Amaç verilerin eşzamanlı incelenmesini sağlamaktır. T-Bilgi tablosunda o anda elde edilen tüm sensör verileri bulunur. T-Bilgi tablosunun ihtiyaç duyulan hücreleriyle oluşturulan bilgi tablosuna hedef belirleme bilgi tablosu adı verilmiştir.

n=1n'e kadar tam sayı

T_n : n. andaki bilgi tablosu ifadesi

T_n anında oluşturulan T-Bilgi tablosu ifadesi aşağıda belirtilmiştir.

$$T=[a_{ijT_n}] ; i=1,2,\dots,k \quad j=1,2,\dots,m$$

Bir başka gösterimle;

$$T_M = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & \dots & a_{km} \end{pmatrix}_{k \times m(T_n)}$$

Mikroişlemci programlamada ilk adım akış diyagramlarıdır. Programcı verileri en uygun şekilde belirli bir plana göre yapılandırmaz ise, ciddi problemler ile karşılaşabilir. T-Bilgi tablosu oluşturulmasında bir diğer amaç, en iyi planlamaya göre yazılımın yapılmasıdır. Bir işte planlama ve yönetim en önemli unsurlardır. T-Bilgi tablosu veri analizini kolaylaştırmaktadır. Bir ağ ortamında birden fazla akıllı robot ve bunların üzerlerinde sensörler varsa, çok fazla verinin yönetilmesi gerekmektedir. Her verinin ne zaman alındığı, hangi akıllı robota ait olduğu gibi bilgiler analiz için önemlidir. Verilerin hangi akıllı robota ait olduğunun tespitinde TCP/IP protokolü kullanılmıştır.

3.3 Vektör

Tek bir sensör veya durum bilgisinin analizi daha basit bir bilgi tablosu ifadesi oluşturmaktadır. Bu bilgi tablosu, aynı amaç için kullanılan ve farklı akıllı robotlar üzerinde bulunan sensörlerin incelenmesinde kolaylık sağlar. Gauss dağılımı kullanılarak hata analizi yapan yöntemler bu vektörleri kullanırlar.

İki tür vektör oluşur.

- Bir akıllı robot üzerindeki bir sensörün belirli bir süre aralıklarında elde ettiği veriler ile oluşturulan vektör. Örneğin α sensörünün T_1 ile T_n örnekleme süreleri arasında elde ettiği verilerden oluşan vektör;

$$\begin{bmatrix} \alpha_{t1} & \alpha_{t2} & \dots & \alpha_{tn} \end{bmatrix}_{1 \times n}$$

- Birden fazla akıllı robotun, aynı amaç için kullanılan sensörlerden, belirli bir anda elde edilen verilerle oluşturulan vektör. Bu vektörde her indis belirli bir kT anında aynı hedefi ölçen bir sensör verisini ifade eder. Örneğin A, B, C robotlarının T-Bilgi

tablosunun a_{23} indisi ortam sıcaklığını gösteriyor ise, bu üç robotun 45. saniyede oluşturdukları vektör;

$$V=[a(A), a(B), a(C)]_{1 \times 3(45)}$$

Burada $a(A)$, A sensörünün ilgili indisi; $a(B)$, B sensörünün ilgili indisi; $a(C)$, C sensörünün ilgili indisi.

Yapılan uygulamada bu bilgi tabloları liste halinde analiz edilmektedir. Uygulama yazılımının “Veri Analiz” arayüzünde (Şekil 3.5) gösterilmiştir.

T	a11	a12	a13	a14	a21	a22	a23	a24	a31	a32	a33	a34	a41	a42	a43	a44
List1	List2	List3	List4	List5	List6	List7	List8	List9	List10	List11	List12	List13	List14	List15	List16	List17

Şekil 3.2 T-Bilgi tablosu analizi için “veri kontrol” arayüzeyi

3.3.1 Hedef Belirleme Bilgi Tablosu

Belirli bir amaca yönelik bilgi edinmek için oluşturulan bilgi tablosu ifadesidir. T-Bilgi tablosu içerisinde ihtiyaç duyulan indisler ile oluşturulan yeni bir bilgi tablosu ifadesidir. Bu sayede incelenen veri sayısı azalacağı için daha hızlı bir veri iletişimi sağlanacaktır. Hedef belirleme bilgi tablosu T-Bilgi tablosunun bir alt kümesi şeklindedir.

3.4 Hedef Belirlemede Birden Fazla Akıllı Robotun Kullanılması

T-Bilgi tabloları özellikle birden fazla akıllı robotun bir hedefi tespitinde kullanılırlar. Tüm akıllı robotların T-Bilgi tablosu yapılarının aynı olması gereklidir. Yani sensör yapıları ve programda T-Bilgi tablosu indislerinin adresledikleri sensörler aynı olmalıdır. Bir hedef tespiti için bir T_n anında tüm akıllı robotlardan elde edilen veriler bir vektör oluştururlar. Chauvenet kriteri veya Peirce kriteri elde edilen vektörün analizinde uygulanması idealdir. Burada dikkat edilmesi gereken konu yine ölçme sınırları olabilir. Böyle bir durumda veri doğrudan T-Bilgi tablosundan alınıyor ise analiz hatalı olabilir. Veri hedef belirleme bilgi tablosundan alınıyor ise problem olmayacaktır. Çünkü paylaşılan veriler ölçme sınırlarına göre analiz edilmiş verilerdir.

4. GELİŞTİRİLEN ROBOKS2'NİN TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILMASI

Geliştirilen Akıllı Robot RoboKS2'nin genel yapısı dört bölümden oluşmaktadır. Bunlar,

- Mekanik Yapı
- Elektronik Yapı (Kontrol Kartları, Sensörler, vs)
- Bilgisayar Ağ Yapısı
- Yazılım Kısım

RoboKS2, tez çalışması için bir platform olarak tasarlanmıştır. Amaç, imkanlar ölçüsünde bazı uygulamaları gerçekleştirmektir. RoboKS2 tasarımı, tez çalışması sırasında yeni fikirlerin oluşmasında çok önemli rol oynamıştır. RoboKS2'nin üzerinde bir bilgisayar sistemi bulundurmaktadır. Mekanik hareketler bu portlar ile kontrol edilmektedir. RoboKS2, üzerinde bulunan ağ kartı ile kontrol ünitesi arasında kablosuz iletişim sağlanmaktadır. Kablosuz iletişimde kullanılan bir diğer programda “remote admin” programıdır. Bu program ile veri aktarımı gerçekleştirilmektedir.

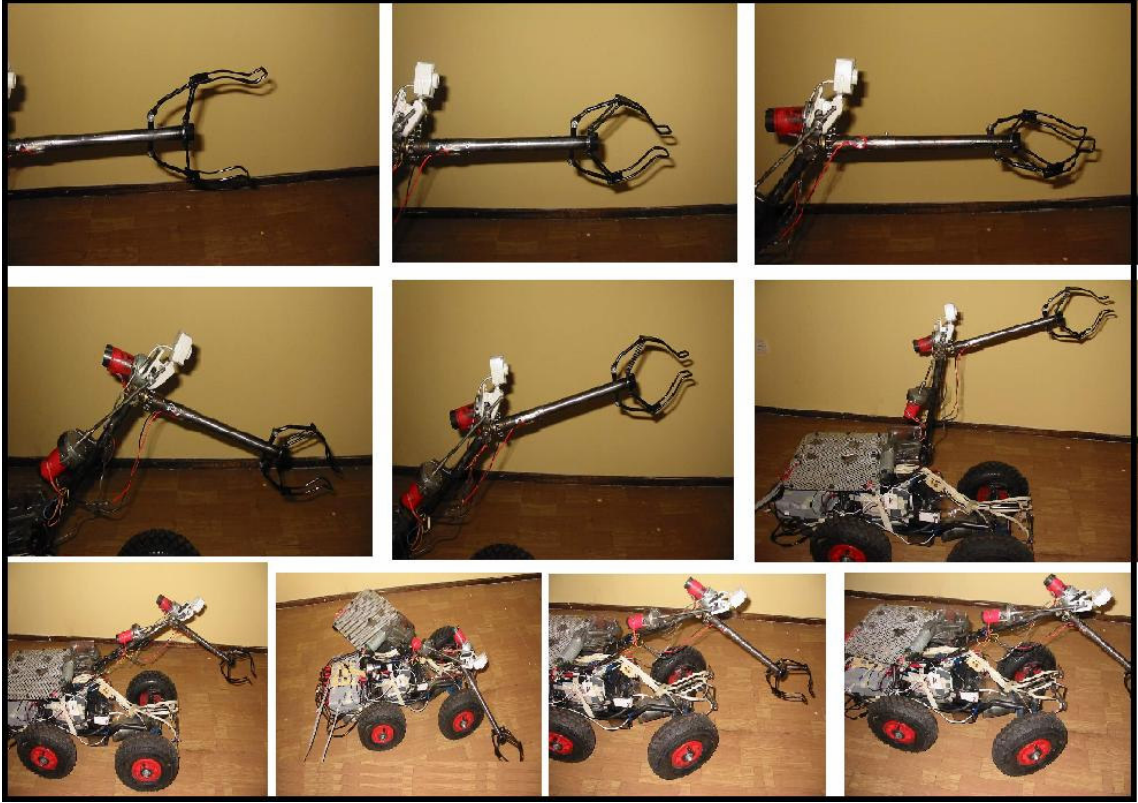


Şekil 4.1 RoboKS2'nin genel görünümü

İlk çalışmalarda bilgisayar sistemi yerine PIC16F877 mikrodnetleyicisi ile tüm bu işlemlerin yapılması planlanmıştı. Faz kayması ve görüntü aktarımı, veri analizi gibi birçok problemin çözümü gerekiyordu. Gelişen bilgisayar teknolojilerini kullanarak tüm problemler aşılmış, beraberinde birçok üstünlük sağlanmıştır. Bölüm 7’de daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu uygulamada amaç, hareketleri ve sensörlerden gelen verileri görüntülemek ve istenilen bir t anındaki bilgi tablosunu elde etmektir. Ayrıca tüm bu verileri kablosuz bir ortamda oluşturulan ağ içerisinde, istenilen bir merkezde görüntülemektir. Elde edilen veriler belirlenen süre aralıklarıyla bilgi tabloları olarak sürekli kaydedilmiştir. Bu veriler eşzamanlı olarak ağ içerisinde başka bir düğüm noktasında da görüntülenmiştir. Ayrıca istenilen kT. süresi aralıklarıyla sürekli bilgi tabloları oluşturulabilmiştir. İstenilen bir kT anında ki bilgi tablosu ayrı olarak elde edilmektedir. Visual Basic’te bulunan komut zamanlayıcı “timer” kullanılarak bu işlem gerçekleştirilmiştir. Program başlangıcında “timer” aktif edilir ve süresi belirtilir. Süre her dolduğunda tüm indis değerleri okunarak bilgi tablosu oluşturulmuştur. RoboKS2 klavye kontrollü yönetilebilmektedir. Şekil 4.3’de hangi klavye tuşunun hangi işlemi gerçekleştirdiği görülmektedir. RoboKS2’nin kol sistemi beş adet hareket serbestlik derecesine sahiptir. Bunlar,

1. Açılıp kapanan bir el sistemi
2. Bilekten hareketli bir sistem
3. Dirsekten hareketli bir sistem
4. Omuzdan hareketli bir sistem
5. Tüm kolu yatayda hareket ettiren bir platform.

Beş hareket serbestlik derecesini ve bazı mekanik hareketleri gösteren resimler şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 RoboKS2'nin mekanik hareketleri

Örnek olarak RoboKS2 ile yapılan bir çalışmada örnekleme süresi 1 s seçilmiştir. Bilgi tabloları birer saniye aralıklarıyla oluşacaktır. Oluşturulan T-Bilgi tablosu boyutu 4x4'dür. Bu işlem zamanlayıcının (timer) aralık (interval) özelliği 1000 yapılarak sağlanmıştır. Robota ileri hareket, geri hareket, sağ ve sola dönme hareketi, el aç, el kapa gibi işlemler yaptırılmıştır. Bu işlemler sırasında 15. saniyedeki bilgi tablosu incelenmek istendiğinde bu başarı ile yapılabilmektedir. Akıllı robotun üzerinde 14 adet sensör bulunsun. 8 adet mesafe sensörü, 2 adet sıcaklık sensörü, 6 adet mekanik kısımların konumlarını belirlemek için kullanılan sensörler kullanılsın. Toplam 16 adet sensör kullanılmıştır. Bununla 4x4 bilgi tablosu oluşturulabilir. Bu onun T-Bilgi tablosudur ve K ile gösterilebilir.

$$K = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix}_{4 \times 4}$$

Herbir indis bir sensörü göstermektedir. Bu indislerin açıklamaları çizelge 4.1'de

gösterilmiştir. Ayrıca program kontrol arayüzünün en önemli 3 kısmı şekil 4.3, 4.4 ve 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Uygulamada kullanılan T-Bilgi tablosu indislerinin açıklamaları

İndis	Amaç
a ₁₁	İleri-geri hareket mesafesi ölçme sonucu
a ₁₂	Sağa-sola hareket mesafesi ölçme sonucu
a ₁₃	Kolun sağa-sola hareket durumunu analiz sonucu
a ₁₄	Ana kolun düşeyde hareket durumunu analiz sonucu
a ₂₁	Ön kolun düşeyde hareketinin sonucu
a ₂₂	Bilek kısmının yatay ekseninde hareket sonucu
a ₂₃	Elin açık veya kapalı konumunun analiz sonucu
a ₂₄	Robotun ön kısmından mesafe ölçme sonucu
a ₃₁	Robotun ön kısmından mesafe ölçme sonucu
a ₃₂	Sağ yandan mesafe ölçme sonucu
a ₃₃	Sol yandan mesafe ölçme sonucu
a ₃₄	Robotun arka kısmından mesafe ölçme sonucu
a ₄₁	Düşeyde mesafe ölçme sonucu (aşağı bakan). Robotun aşamayacağı engel ve çukurun tespiti.
a ₄₂	Düşeyde mesafe ölçme sonucu (yukarı bakan).
a ₄₃	Ortam sıcaklığının ölçme sonucu
a ₄₄	Gerçek zamanın analizi

The screenshot shows a software window titled 'Form1' with a menu bar containing 'Genel Kontrol', 'Veri Kontrol', 'Veri analiz', 'Diğer Robot', 'OKU', and 'Manuel Kontrol'. The main area contains a 4x4 grid of text boxes with the following values:

23	-4	19	15
26	-24	21	9999
9999	800	800	9999
100	100	25	22:15:02

Below the grid is a 'BASLA' button. To the right of the grid are two control panels:

Yön Kontrol

- 8: ileri
- 2: geri
- 6: Saga
- 3: sola

Kol Kontrol

- S: Ana kol saga
- A: Ana kol sola
- W: Ana kol yukarı
- Z: Ana kol aşağı
- R: Ön kol yukarı
- C: Ön kol aşağı
- U: Bilek saga
- N: Bilek sola
- H: El aç
- K: El kapa

At the bottom left, there is a label '0'.

Şekil 4.3 RoboKS2'nin kontrol arayüzünde bulunan bilgi tablolarının tablo şekline dönüştüğü diğer arayüz

Bu arayüzde bilgi tablosunu oluşturan 16 adet metin (text) kutusu bulunmaktadır. Bu metin (text) arayüzeyleri kontrol işlemlerini sayısal olarak ifade ederler. 9999 değer gösteren kısımlar mesafe sensörleri için sonsuz bölge olarak tanımlanmıştır.

Form1

Genel Kontrol Veri Kontrol Veri analiz Diğer Robot OKU Manuel Kontrol

T	a11	a12	a13	a14	a21	a22	a23	a24	a31	a32	a33	a34	a41	a42	a43	a44
1	14	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:51:54
2	23	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:51:55
3	47	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:51:56
4	60	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:51:57
5	62	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:51:58
6	87	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:51:59
7	111	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:00
8	112	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:01
9	112	0	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:02
10	112	-2	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:03
11	112	-4	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:04
12	112	-9	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:05
13	112	-10	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:06
14	112	-10	0	0	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:07
15	112	-10	0	5	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:08
16	112	-10	0	13	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:09
17	112	-10	0	26	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:10
18	112	-10	0	23	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:11
19	112	-10	-4	23	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:12
20	112	-10	-4	23	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:13
21	112	-10	-4	23	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:14
22	112	-10	-4	23	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:15
23	112	-10	-4	23	0	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:16
24	112	-10	-4	23	3	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:17
25	112	-10	-4	23	4	0	0	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:18
26	112	-10	-4	23	4	0	2	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:19
27	112	-10	-4	23	4	0	6	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:20
28	112	-10	-4	23	4	1	8	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:21
29	112	-10	-4	23	4	5	8	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:22
30	112	-10	-4	23	4	8	8	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:23
31	112	-10	-4	23	4	9	8	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:24
32	112	-10	-4	23	4	12	8	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:25
33	112	-10	-4	23	4	12	8	9999	9999	800	800	9999	100	100	25	13:52:26

DUR

BASLAT

15

BUL

Şekil 4.4 15. saniyede elde edilen bilgi tablosunun tekrar elde edilebildiğini gösteren kontrol arayüzü

Veri kontrol arayüzeyinde 17 adet indislere bağlı liste bölümleri oluşturulmuştur. Kullanıcı istediği bir zamana ait bilgi tablosu “BUL” butonunun üzerindeki metin (text) içerisine yazarak ve BUL butonuna basarak veri analiz arayüzeyinde gözlemleyebilir. Ayrıca her bir sensöre ait veriler tek bir sütunda gösterildiği için yazılımda da kolaylık sağlayacaktır.

The interface 'Form1' contains the following elements:

- Buttons:** Genel Kontrol, Veri Kontrol, Veri analiz (highlighted), Diğer Robot, OKU, Manuel Kontrol.
- Fiziksel Konum:** A label above the 'Hedef Bilgi Tablosu-1'.
- T-Bilgi Tablosu (4x4 (15)):**

112	-10	0	13
0	0	0	9999
9999	800	800	9999
100	100	25	13:52:0
- Hedef Bilgi Tablosu-1 (2x4 (15)):**

112	-10	0	13
0	0	0	-84,90
- Hedef Bilgi Tablosu-2 (1x1 (15)):**

9999

- Hedef Bilgi Tablosu-3 (2x3 (15)):**

9999	800	800
9999	100	100
- Hedef Bilgi Tablosu-4 (1x1 (15)):**

25

- Hedef Bilgi Tablosu-5 (1x1 (15)):**

13:52:09

- Labels:**
 - Ördeki Hedef Tayini(a24 ve a31)
 - Sıcaklık Kontrol:
 - Zaman kontrolü:
 - Tüm Mesafe Sensörleri:

Şekil 4.5 15. saniyede elde edilen bilgi tablosunun tekrar elde edilebildiğini gösteren kontrol arayüzü

Veri kontrol arayüzeyine bağlı olan bir arayüzdür. 4x4 boyutundaki T-Bilgi tablosu ve bu bilgi tablosuna bağlı 6 adet hedef belirleme bilgi tablosu oluşturulmuştur. Şekil 4.5'te 1 saniye aralıklarıyla oluşturulan bilgi tablolarından 15. saniyede oluşan bilgi tablosu veri analizi bölümünde görüntülenmiştir. Hedef bilgi tablosu 1 isimli hedef belirleme bilgi tablosunun 2.satır, 4. sütunundaki indisi robotun ilerleme açısını ifade eder. Bu indis T-Bilgi tablosundaki ileri (a_{11}) ve sağ-sol (a_{12}) indis değerlerine göre hesaplanır. Burada elde edilen tüm veriler ağda bulunan bir diğer bilgisayar tarafından gözlemlenmektedir. Ağda olan gecikmeler analizi etkilemediği açıkça gözlemlenmektedir.

5. SONUÇ

Hedef tespiti için oluşturulacak bir sensör entegrasyonu, sensörlerin karakteristik özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Entegrasyonda aynı veya farklı yapıda sensörler kullanılabilir. Ölçme sınırları farklı sensörlerden oluşan bir entegrasyonda Gauss dağılımı kullanarak hatalı veri analizi yapan yöntemler her durum için kullanılamazlar. Bu gibi yöntemler tüm sensörlerin ortak ölçme bölgeleri için uygulanabilir.

Bu çalışmada ölçme sınırları dışında kalan sensör verilerini hatalı kabul edip ayıklayan bir matematiksel yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem Chauvenet kriteri ile lojik fonksiyonların bir bileşkesi şeklindedir. Günümüzde ölçme alt sınır altında ve üst sınır üstünde lojik çıkış üreten sensörler üretilmeye başlanmıştır (örneğin SICK DME2000 lazer sensör). Geliştirilen matematiksel yöntem;

- Sensör ölçme aralığı ölçme mesafesi aralığı dışında ise hatalı kabul edilip ayıklamaktadır.
- Tüm sensörlerin ortak ölçme alt sınır altı bölgesinde 0/0 tanımsızlığını ortadan kaldırmaktadır.
- Tüm sensörler için ölçme sınır üstü bölgeyi sonsuz olarak ifade etmektedir. Akıllı robot bu bölgeyi sonsuz (boşluk) olarak algılamaktadır.
- Sensörlerin bir ölçmede birden fazla kullanılmasını tek bir denklemlle ifade etmektedir.
- Sensörler bir ölçmede birden fazla kullanılarak doğruluk artırılmıştır.
- 3. bölümde yapılan analizde de görüldüğü gibi 9 farklı bölgede diğer yöntemlere göre en iyi sonucu vermektedir. Yani Gauss dağılımı kullanarak hatalı veri analizi yapan yöntemler ölçme sınırları farklı sensörlerin entegrasyonunda sağlıklı kullanılamazlar.
- Bu yöntem dinamik ortamlarda çalışan sistemler ve hareketli robotlarda daha doğru hedef tespiti için idealdir.
- Bu yöntem sayesinde yazılımda her bir sensör için ayrı ayrı mesafe tanımlamalarına gerek kalmaz. Dolayısıyla yüzlerce satırdan veya daha fazlasından oluşacak bir tanımlamaya ihtiyaç yoktur.

Ayrıca bu tez çalışmasında bir hedef tespitinde birden fazla akıllı robot kullanılmış ise, elde edilen verilerin eşzamanlı analizi açısından farklı bir yapıda geliştirilmiştir. Eş zamanlı veri

analizi için her sensör için verinin elde edildiği zaman bilgisi tespit edilmelidir. Bu zahmetli ve yazılımla analizi zorlaştıracak bir yöntemdir. Bunun yerine belirli bir zamanda tüm sensörlerden elde edilen verilerin bulunduğu bir havuz yapısının oluşturulması daha pratik ve basittir. Bu tespitler doğrultusunda veri analizi için en uygun yöntem olarak matris yapısına benzer bilgi tabloları oluşturulmuştur. Bilgi tablosundaki her bir indis bir sensöre ait veriyi ifade eder. Veri analizini kolaylaştırmak için T-Bilgi, hedef belirleme bilgi tabloları ve vektör olarak birbirleri ile ilişkili üç farklı yapı tanımlanmıştır. Bu şekilde bir yapılanma ile istenilen herhangi bir zamana ait veriler analiz edilebilmektedir.

- Bir ağ ortamında veri paylaşımında oluşacak gecikmelerin hatalara neden olmaması için zamana bağlı bilgi tabloları geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde matrislere benzer yapıya ek olarak zaman indisi eklenmiştir. Bu sayede, özellikle birden fazla akıllı robotun bir hedef tespitinde eşzamanlı veri analizi sağlanmıştır. Eşzamanlı veri analizi doğruluk için önemlidir.
- Çok hassas ölçmelerde ölçme sınırları farklı sensör ile entegrasyon oluşturulmuş ise örnekleme süresi entegrasyondaki tüm sensörlerin cevap verme sürelerinin OKEK'ine göre belirlenmiş ve doğruluk artırılmıştır.

Hedef tespitinde birden fazla akıllı robotun kullanıldığı (en az üç akıllı robot) durumlarda genelde kullanılan hatalı veri analiz yöntemleri uygulanabilir. Bir hedef tespitinde kullanılan akıllı robot sayısının artması analiz edilen verinin güvenilirliğini artıracaktır.

Tez çalışması sırasında RoboKS2 isimli bir robot tasarlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada gelişen bilgisayar ve ağ teknolojilerinden faydalanılmıştır. Robot üzerinde sanal ve gerçek sensör ile geliştirilen yöntemler test edilmiştir. Sanal sensörler yerine gerçek sensörlerinde kullanılması analizde bir farklılık oluşturmayacaktır. Sanal sensörlerin kullanılmasının amacı çalışmaları kolaylaştırmak içindir. Bölüm 4'te verilerin robot üzerinde nasıl analiz edildiği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akyıldız, L. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. ve Çayırıcı, E. (2002), "A Survey on Sensor Network", IEEE Communication Magazine, 40:102-114
- Bank, D. (2002), "A Novel Ultrasonic Sensing System for Autonomous Mobile Systems", IEEE Sensors Journal, Vol. 2, No.6: 597-606
- Chong, Y. ve Kumar, S.R. (2003), "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges", Proceedings of The IEEE, Vol.91, No.8, London
- Coleman, H. W. ve Steele, W. G. (1999), Experimentation and Uncertainty Analysis for Engineers, Second Edition, ISBN 0-471-12146-0, Copyright 1999 by John Wiley & Sons, Wiley-IEEE, New York
- Çölkesen, R. ve Örencik, B. (1999), Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri, Papatya Yayıncılık, İstanbul
- Denbigh, P. (1998), System Analysis & Signal Processing, Addison Wesley Longman Ltd., Harlow, North America
- Facelli, K., Carvalho, A. C.P.L.f. de ve Rezende, S. O. "Combining Intelligent Techniques For Sensor Fusion", Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP'02), Volume 4, 18-22 Nov. 2002, Singapore: 1998 - 2002
- Gürdal, O. (2000), Algılayıcılar ve Dönüştürücüler, Nobel Yayın Dağıtım, Geliştirilmiş 2. Baskı, Ankara
- Hippenstiel, R.D. (2002), Detection Theory, CRC Press LLC, New York
- Karagülle İ, Pala, Z. (2001), Microsoft Visual Basic 6.0, Türkmen Kitabevi, İstanbul
- Kurtz, N. R. (1998), Statistical Analysis for The Social Sciences, Allyn & Bacon
- Mano, M.M. (1997), Sayısal Tasarım, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, İstanbul
- Martens, S., Gaudiano, P. ve Carpenter, G. A. (1998), "Mobile Robot Sensor Integration with Fuzzy Artmap", Proceedings of the 1998 IEEE ISIC/CIRA/ISA3 Joint Conference 14-17 Sep., Gaithersburg, MD, USA: 307-312
- Masuda, R., Oinuma, T., Muramatsu, A. "Multi-sensor Control System for Rescue Robot", Proceedings of the 1996 IEEE/SICE/RSJ International Conference on Multisensor Fusion and Intelligent Systems, 8-11 Dec. 1996, Washington D.C.: 381-387
- Miura, J., Negishi, Y. ve Shirai, Y. (2002) "Mobile Robot Map Generation by Integrating Omnidirectional Stereo and Laser Range Finder", Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems EPFL, October 2002 Lausanne, Switzerland: 250-255
- Naidu, P. S. (2001), Sensor Array Signal Processing, CRC Press LLC, New York/USA
- Nishimura, C.E. ve Conlon, D. M. (1994), "IUSS Dual Use: Monitoring Whales and Earthquakes Using SOSUS", Mar. Technol. Soc. J., Vol. 27, no.4: 13-21
- Özdamar, K. (2002), Paket Programlar ile İstatiksel Veri Analizi, 4. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir

Pastacı, H. (2000), Elektrik-Elektronik Ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul

Peirce, B. (1852), "Criterion for the rejection of doubtful observations", Astronomical Journal, vol. 2, iss. 45, p. 161-163

Ross, S. M. (2003), "Peirce's Criterion for the Elimination of Suspect Experimental Data", Journal of Engineering Technology, Fall 2003

Santina, M. S., Stubberud, A. R. ve Hostetter G. H. (1994), Digital Control System Design, Saunders College Publishing Harcourt Brace College Publishers, New York

Serper, Ö. (2000), Uygulamalı İstatistik I, Ezgi Kitapevi, 4. Baskı, Bursa

Taylor, J. R. (1997), An Introduction to Error Analysis. 2nd edition, University Science Books

Yi, Z., Khing, H. Y., Seng, C. C. ve Wei, Z. X. (2000), "Multi-Ultrasonic Sensor Fusion for Mobile Robots", Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000, 3-5 Oct. 2000, Dearborn(MI), USA: 387-391

INTERNET KAYNAKLARI

[1] www.biltek.gov.tr/robotik

[2] www.me.umn.edu/education/courses/me8337

[3] www.sick.com

[4] www.ni.com

EKLER

Ek 1 Normal dağılım tablosu değerleri

Ek 1 Normal dağılım tablosu değerleri

% doğruluk değeri	Tau değeri
0	0,0000
0,008	0,0100
0,016	0,0200
0,024	0,0300
0,032	0,0400
0,0398	0,0500
0,0478	0,0600
0,0558	0,0700
0,0638	0,0800
0,0718	0,0900
0,0796	0,1000
0,0876	0,1100
0,0956	0,1200
0,1034	0,1300
0,1114	0,1400
0,1192	0,1500
0,1272	0,1600
0,135	0,1700
0,1458	0,1800
0,1506	0,1900
0,1586	0,2000
0,1664	0,2100
0,1742	0,2200
0,182	0,2300
0,1896	0,2400
0,1974	0,2500
0,2052	0,2600
0,2128	0,2700
0,2206	0,2800
0,2286	0,2900
0,2358	0,3000
0,2434	0,3100
0,251	0,3200
0,2586	0,3300
0,2662	0,3400
0,2736	0,3500
0,2812	0,3600
0,2886	0,3700
0,296	0,3800

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,3034	0,3900
0,3108	0,4000
0,3182	0,4100
0,3256	0,4200
0,3328	0,4300
0,34	0,4400
0,3472	0,4500
0,3544	0,4600
0,3616	0,4700
0,3688	0,4800
0,3758	0,4900
0,383	0,5000
0,39	0,5100
0,397	0,5200
0,4038	0,5300
0,4108	0,5400
0,4176	0,5500
0,4246	0,5600
0,4314	0,5700
0,438	0,5800
0,4448	0,5900
0,4514	0,6000
0,4582	0,6100
0,4648	0,6200
0,4714	0,6300
0,4778	0,6400
0,4884	0,6500
0,4908	0,6600
0,4972	0,6700
0,5034	0,6800
0,5098	0,6900
0,516	0,7000
0,5222	0,7100
0,5284	0,7200
0,5346	0,7300
0,5408	0,7400
0,5468	0,7500
0,5528	0,7600
0,5588	0,7700

Ek 1 devamı

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,5646	0,7800
0,5704	0,7900
0,5762	0,8000
0,582	0,8100
0,5878	0,8200
0,5934	0,8300
0,599	0,8400
0,6046	0,8500
0,6102	0,8600
0,6156	0,8700
0,6212	0,8800
0,6266	0,8900
0,6318	0,9000
0,6372	0,9100
0,6424	0,9200
0,6476	0,9300
0,6528	0,9400
0,6578	0,9500
0,663	0,9600
0,668	0,9700
0,673	0,9800
0,6778	0,9900
0,6826	1,0000
0,6876	1,0100
0,6922	1,0200
0,697	1,0300
0,7016	1,0400
0,7062	1,0500
0,7108	1,0600
0,7154	1,0700
0,7198	1,0800
0,7242	1,0900
0,7286	1,1000
0,733	1,1100
0,7372	1,1200
0,7416	1,1300
0,7458	1,1400
0,7498	1,1500
0,754	1,1600
0,758	1,1700

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,762	1,1800
0,766	1,1900
0,7698	1,2000
0,7738	1,2100
0,7776	1,2200
0,7814	1,2300
0,785	1,2400
0,7888	1,2500
0,7924	1,2600
0,796	1,2700
0,7994	1,2800
0,803	1,2900
0,8064	1,3000
0,8098	1,3100
0,8132	1,3200
0,8164	1,3300
0,8198	1,3400
0,823	1,3500
0,8262	1,3600
0,8294	1,3700
0,8324	1,3800
0,8354	1,3900
0,8384	1,4000
0,8414	1,4100
0,8444	1,4200
0,8472	1,4300
0,8502	1,4400
0,853	1,4500
0,8558	1,4600
0,8584	1,4700
0,8612	1,4800
0,8638	1,4900
0,8664	1,5000
0,869	1,5100
0,8714	1,5200
0,874	1,5300
0,8764	1,5400
0,8788	1,5500
0,8812	1,5600
0,8836	1,5700

Ek1 devam

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,8858	1,5800
0,8882	1,5900
0,8904	1,6000
0,8926	1,6100
0,8948	1,6200
0,8968	1,6300
0,899	1,6400
0,901	1,6500
0,903	1,6600
0,905	1,6700
0,907	1,6800
0,909	1,6900
0,9108	1,7000
0,9128	1,7100
0,9146	1,7200
0,9164	1,7300
0,9182	1,7400
0,9198	1,7500
0,9216	1,7600
0,9232	1,7700
0,925	1,7800
0,9266	1,7900
0,9282	1,8000
0,9298	1,8100
0,9312	1,8200
0,9328	1,8300
0,9342	1,8400
0,9356	1,8500
0,9372	1,8600
0,9386	1,8700
0,9398	1,8800
0,9412	1,8900
0,9426	1,9000
0,9438	1,9100
0,9452	1,9200
0,9464	1,9300
0,9476	1,9400
0,9488	1,9500
0,95	1,9600

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,9512	1,9700
0,9522	1,9800
0,9534	1,9900
0,9544	2,0000
0,9556	2,0100
0,9566	2,0200
0,9576	2,0300
0,9586	2,0400
0,9596	2,0500
0,9606	2,0600
0,9616	2,0700
0,9624	2,0800
0,9634	2,0900
0,9642	2,1000
0,9652	2,1100
0,966	2,1200
0,9668	2,1300
0,9676	2,1400
0,9684	2,1500
0,9692	2,1600
0,97	2,1700
0,9708	2,1800
0,9714	2,1900
0,9722	2,2000
0,9728	2,2100
0,9736	2,2200
0,9742	2,2300
0,975	2,2400
0,9756	2,2500
0,9762	2,2600
0,9768	2,2700
0,9774	2,2800
0,978	2,2900
0,9786	2,3000
0,9792	2,3100
0,9796	2,3200
0,9802	2,3300
0,9808	2,3400
0,9812	2,3500

Ek 1 devam

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,9818	2,3600
0,9822	2,3700
0,9826	2,3800
0,9832	2,3900
0,9836	2,4000
0,984	2,4100
0,9844	2,4200
0,985	2,4300
0,9854	2,4400
0,9858	2,4500
0,9862	2,4600
0,9864	2,4700
0,9868	2,4800
0,9872	2,4900
0,9876	2,5000
0,988	2,5100
0,9882	2,5200
0,9886	2,5300
0,989	2,5400
0,9892	2,5500
0,9896	2,5600
0,9898	2,5700
0,9902	2,5800
0,9904	2,5900
0,9906	2,6000
0,991	2,6100
0,9912	2,6200
0,9914	2,6300
0,9918	2,6400
0,992	2,6500
0,9922	2,6600
0,9924	2,6700
0,9926	2,6800
0,9928	2,6900
0,993	2,7000
0,9932	2,7100
0,9934	2,7200
0,9936	2,7300
0,9938	2,7400

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,9940	2,7500
0,9942	2,7600
0,9944	2,7700
0,9946	2,7800
0,9948	2,7900
0,9948	2,8000
0,9950	2,8100
0,9952	2,8200
0,9954	2,8300
0,9954	2,8400
0,9956	2,8500
0,9958	2,8600
0,9958	2,8700
0,9960	2,8800
0,9962	2,8900
0,9962	2,9000
0,9964	2,9100
0,9964	2,9200
0,9966	2,9300
0,9968	2,9400
0,9968	2,9500
0,9970	2,9600
0,9970	2,9700
0,9972	2,9800
0,9972	2,9900
0,9974	3,0000
0,9974	3,0100
0,9974	3,0200
0,9976	3,0300
0,9976	3,0400
0,9978	3,0500
0,9978	3,0600
0,9978	3,0700
0,9980	3,0800
0,9980	3,0900
0,9980	3,1000
0,9982	3,1100
0,9982	3,1200
0,9982	3,1300
0,9984	3,1400

Ek 1 devam

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,9984	3,1500
0,9984	3,1600
0,9984	3,1700
0,9986	3,1800
0,9986	3,1900
0,9986	3,2000
0,9986	3,2100
0,9988	3,2200
0,9988	3,2300
0,9988	3,2400
0,9988	3,2500
0,9990	3,3000
0,9992	3,3500

% doğruluk değeri	Tau değeri
0,9994	3,4000
0,9994	3,4500
0,9996	3,5000
0,9996	3,5500
0,9996	3,6000
0,9998	3,6500
0,9998	3,7000
0,9998	3,7500
0,9998	3,8000
0,9999	3,8500
0,9999	3,9000
0,9999	3,9500
0,9999	4,0000

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	17.06.1976	
Doğum yeri	Kırşehir	
Lise	1991-1994	Kırıkkale Anadolu Lisesi
Lisans	1995-1999	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fak. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-2002	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fen Bil. Ens. Bilgisayar Müh. Anabilim Dalı
Doktora	2002-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Müh. Anabilim Dalı, Kontrol ve Otomasyon

Çalıştığı kurumlar

1999-2002	VestelNET Elektronik İletişim ve Bilgilendirme A.Ş.'de Sistem Mühendisi
2002-Devam ediyor	YTÜ Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Elektronik Programında Öğretim Görevlisi