

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİNAMİK YAPAY SİNİR AĞI İLE İÇ MEKÂN KONUM KESTİRİMİ VE KONUM
TAKİBİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERT TUNÇ

TEMMUZ 2020

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİNAMİK YAPAY SİNİR AĞI İLE İÇ MEKÂN KONUM KESTİRİMİ VE KONUM
TAKİBİ**

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mert TUNÇ

DANIŞMAN: Doç. Dr. Hakan KAYA

ZONGULDAK
Temmuz 2020

KABUL:

Mert TUNÇ tarafından hazırlanan “Dinamik Yapay Sinir Ağı İle İç Mekân Konum Kestirimi Ve Konum Takibi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 09/07/2020

Danışman: Doç. Dr. Hakan KAYA
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik
Elektronik Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ali NARİN
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik
Elektronik Mühendisliği Bölümü

Üye: Doç. Dr. Selman KULAÇ
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği
Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./...../2020

Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mert TUNÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİNAMİK YAPAY SINIR AĞI İLE İÇ MEKÂN KONUM KESTİRİMİ VE KONUM TAKİBİ

Mert TUNÇ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hakan KAYA

Temmuz 2020, 53 sayfa

Günümüzde konum belirleme işlemleri iç ve dış ortam olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Konum tespiti ve konum takibi küresel konumlandırma sistemi (Global Positioning System - GPS), uydu tabanlı sistemler ve hücresel sistemler sayesinde dış mekanlarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Fakat bu sistemler iç mekanlarda çevresel etkilerden dolayı sinyallerin zayıflanmasından kaynaklı konum tespiti veya konum takibi açısından kullanılabiliirliği sınırlıdır. Bu sebepten dolayı iç mekanlarda da etkin çalışabilecek yöntemlere ve sistemlere ihtiyaç vardır. Bu sistemler arasında literatürde çoğunlukla radyo frekans (Radio Frequency – RF) sinyali tabanlı konum belirleme sistemleri üzerinde durulmuştur. Bu tez çalışmasında, iç mekanlarda çalışılan üçgenleme yöntemi, Yapay Sinir Ağı (YSA) ve dinamik yapay sinir ağı yöntemlerinden bahsedilmiştir. Alınan sinyal gücü göstergesi (Received Signal Strength Indicator - RSSI) verisi üzerinde durularak konum belirleme yöntemlerinden birisi olan parmak izi tabanlı konum belirleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, iç mekânda parmak izi yöntemi ile ortamın radyo haritası çıkarılmıştır. Sinyalin çok yollu yayılımının sinyal üzerindeki

ÖZET (devam ediyor)

etkisini azaltmak için ortamın radyo haritasının boyutunun küçültülmesi (hücrelere bölünmesi) üzerinde durulmuştur. Parmak izi yönteminde ortam küçültülmesi için destek vektör makinesi (Support Vector machine, SVM) kullanılmıştır. Gezgin cihazın konum tespiti ve konum takibi sırasında her bir hücreden ayrı ayrı elde edilen RSSI verileri YSA ile çevrimdışı eğitim yapılmıştır.

Çevrimdışı eğitim sonunda gezgin cihazdan sabit cihazlara gelen RSSI verileri kullanılarak çevrimiçi gezgin cihazın konum tespiti ve konum takibi yapılmıştır. Üçgenleme, YSA ve dinamik YSA yöntemleri ayrı ayrı incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İç mekân konum tespiti, parmak izi yöntemi, RSSI, yapay sinir ağı, sınıflandırma

Bilim Kodu: 608.04.00

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INDOOR LOCATION ESTIMATION AND LOCATION TRACKING WITH DYNAMIC ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Mert TUNÇ

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan KAYA

July 2020, 53 pages

The positioning systems are grouped into two categories: indoor and outdoor positioning. The global positioning system (GPS), location detection and location tracking, is successfully implemented at outdoors thanks to satellite-based systems and cellular systems. However, these systems are limited in terms of location detection or location tracking at the indoors due to the weakening of signals due to environmental effects indoors. Therefore, the methods and systems that works effectively indoors are required and have been investigated by researchers. Among these systems, mostly radio frequency (RF) signal-based positioning systems are emphasized in the literature. In this thesis, the triangulation method, Artificial Neural Network (ANN) and dynamic ANN methods are used to locate an indoor object. The fingerprint-based positioning method, which is one of the mostly used methods of indoor positioning, is implemented by using the received signal strength indicator (RSSI) data. In this method, the radio map of the environment is obtained by the fingerprint of the location. In order to reduce the effect of the multipath fading, the size of the radio map is reduced (dividing into

ABSTRACT (continued)

cells). Support vector machine (SVM) is used to divide into cells based on fingerprint method. For the location determination and location tracking of the mobile device, RSSI data is obtained separately from each cell and based on these RSSI data, an ANN is trained offline for each cell.

After the offline training, the location of the mobile device is determined and tracked online (real time) by using these trained ANNs based on RSSI data which is received by fixed devices (receivers). The triangulation, the ANN and dynamic ANN methods are examined separately, and the results are compared.

Keywords: Indoor localization, fingerprint method, RSSI, artificial neural network, classification

Science Code: 608.04.00

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda her türlü bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Hakan KAYA'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her an yanımda olup maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen kıymetli hocam Arş. Gör. Ferdi KARA'ya teşekkür ederim.

Eğitim-öğretim hayatım boyunca her zaman arkamda olup: benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen babam Hüseyin TUNÇ'a, annem Zeliha TUNÇ'a ve dostlarım Deniz ÇALIŞ, Fatih GÜNEY ve KAAN KABA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmayı (Proje No: 2019-75737790-02) destekleyen Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Rektörlüğüne, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (BAP) teşekkür ederim



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 Giriş	1
BÖLÜM 2 KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI.....	5
2.1 KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI İLE KONUMLANDIRMA.....	5
2.2 İÇ MEKAN KONUMLANDIRMA TEKNİKLERİ VE KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARI.....	6
2.2.1 Yakınlık Algılama.....	6
2.2.2 Alınan Sinyal Gücü Göstergesi Yöntemleri	7
BÖLÜM 3 İÇ MEKAN KONUMLANDIRMA TEKNİKLERİNDE KULLANILAN HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ.....	15
3.1 KABLOSUZ BAĞLANTI ALAN (WIRELESS FIDELITY – WIFI)	15
3.2 BLUETOOTH	15

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.3 RADYO FREKANSI TANIMLAMA CİHAZI (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION DEVICE - RFID).....	16
3.4 ULTRA GENİŞ BAND (ULTRA WIDEBAND - UWB)	16
3.5 ZIGBEE	17
3.6 GÖRÜNÜR IŞIK İLETİŞİMİ (VISIBLE LIGHT COMMUNICATION - VLC)	17
3.7 KIZILÖTESİ (INFRARED - IR)	17
 BÖLÜM 4 SİSTEM TASARIMI VE UYGULANMASI.....	 19
4.1 DENEYSEL ORTAMININ SEÇİLMESİ VE UYGULAMANIN GERÇEKLENMESİ.....	19
4.2 ORTAMIN RADYO HARİTASININ OLUŞTURULMASI VE VERİ SETLERİNİN TOPLANMASI	21
4.3 DENEYSEL ORTAMDA KONUM BELİRLEMEK İÇİN UYGULANAN YÖNTEMLER.....	21
4.3.1 Üçgenleme Yöntemi ile Konum Belirleme.....	21
4.3.2 Yapay Sinir Ağları ile Konum Belirleme	24
4.3.3 4 Bölgeli Dinamik YSA ile Konum Tespiti.....	29
4.3.4 16 Bölgeli Dinamik YSA ile Konum Tespiti.....	31
4.4 KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	34
4.5 DENEYSEL ORTAMDA HAREKETLİ GEZGİN CİHAZIN TAKİBİ VE UYGULANAN YÖNTEMLER	35
4.5.1 Üçgenleme Yöntemi ile Konum Takibi.....	36
4.5.2 YSA ile Konum Takibi	37
4.5.3 4 Bölgeli Dinamik YSA ile Konum Takibi	38
4.5.4 16 Bölgeli Dinamik YSA ile Konum Takibi	39
4.6 KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	41

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5 SONUÇLAR.....	45
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ	53





ŞEKİLLER DİZİNİ

No	Sayfa
Şekil 2.1 İç makanda konum tespit yöntemleri.	6
Şekil 2.2 Sabit cihazlardan gezgin cihaza gelen RSSI bilgisi.	7
Şekil 2.3 Üçgenleme yöntemi (a) mesafe yöntemi (b) açı yöntemi.	8
Şekil 2.4 Geliş açısı yöntemi.	10
Şekil 2.5 Çevrimdışı aşamada veri tabanı oluşturma.	12
Şekil 3.1 RFID genel gösterimi.	16
Şekil 4.1 Ortamın parmak izi yöntemi ile aralıklara bölünmüş halinin bilgisayar ortamında gösterilmesi.	20
Şekil 4.2 Konumu belirlenecek olan ortam parmak izi yöntemi ile aralıklara bölünmüştür. ..	20
Şekil 4.3 S1 sabit cihazı için ortamın radyo haritası.	21
Şekil 4.4 Üçgenleme yöntemi.	22
Şekil 4.5 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan konumlar.	22
Şekil 4.6 Gezgin cihaz ile alınan test noktaları ve üçgenleme yöntemi ile hesaplanan test noktaları.	23
Şekil 4.7 Üçgenleme yöntemi ile hesaplanan test noktalarının hata değerleri ve ortalama hata eğrisi.	23
Şekil 4.8 İnsan sinir hücresinin yapısı.	24
Şekil 4.9 Çok katmalı yapay sinir ağı modeli.	25
Şekil 4.10 Çok katmanlı YSA modeli	26
Şekil 4.11 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve YSA eğitimi sonunda bulunan konumlar.	27
Şekil 4.12 Gezgin cihaz ile alınan test noktaları ve YSA eğitimi sonunda bulunan test noktaları.	28
Şekil 4.13 YSA eğitimi sonunda bulunan test noktalarının hata değerleri ve ortalama hata eğrisi.	28
Şekil 4.14 4 hücreye için ortamın şekli	29
Şekil 4.15 4 bölge dinamik YSA için blok şeması.	29
Şekil 4.16 4 hücre için hata matrisi.	30
Şekil 4.17 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve 4 bölge dinamik YSA eğitimi sonunda bulunan konumlar.	30
Şekil 4.18 Gezgin cihaz ile ölçüm alınan test noktaları ve 4 bölge dinamik YSA sonunda elde edilen test noktaları.	31
Şekil 4.19 4 bölge dinamik YSA için ortalama hata ve hata değerleri.	31
Şekil 4.20 16 hücre için ortamın gösterimi.	32
Şekil 4.21 4 hücre için blok şeması.	32

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.22 16 hücre için hata matrisi.	32
Şekil 4.23 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve 16 bölgeli dinamik YSA eğitimi sonunda bulunan konumlar.....	33
Şekil 4.24 Gezgin cihaz ile ölçüm alınan test noktaları ve 16 bölgeli dinamik YSA sonunda elde edilen test noktaları.	34
Şekil 4.25 16 bölgeli dinamik YSA için ortalama hata ve hata değerleri.	34
Şekil 4.26 32 farklı test verisi için hatalar.....	35
Şekil 4.27 Gezgin cihazın izlediği birinci yol.	36
Şekil 4.28 Gezgin cihazın izlediği ikinci yol.	36
Şekil 4.29 Gezgin cihazın izlediği yol ve üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.....	37
Şekil 4.30 Gezgin cihazın izlediği yol ve üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.....	37
Şekil 4.31 Gezgin cihazın izlediği yol ve YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.	38
Şekil 4.32 Gezgin cihazın izlediği yol ve YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.	38
Şekil 4.33 Gezgin cihazın izlediği yol ve 4 gölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.....	39
Şekil 4.34 Gezgin cihazın izlediği yol ve 4 gölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.....	39
Şekil 4.35 Gezgin cihazın izlediği yol ve 16 gölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.....	40
Şekil 4.36 Gezgin cihazın izlediği yol ve 16 gölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.....	40
Şekil 4.37 Kullanılan yöntemler için hata değerleri ve eğrileri.	41
Şekil 4.38 Kullanılan yöntemler için hata değerleri ve eğrileri	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

No

Sayfa

Çizelge 3.1 İç mekân haberleşme teknolojilerinin karşılaştırılması.	15
Çizelge 4.1 Farklı ÇKA modelleri ve performans sonuçları.....	25
Çizelge 4.2 32 farklı test verisi için hatalar.....	34
Çizelge 4.3 Üç ayrı yöntemin birinci güzergah için hataları.....	41
Çizelge 4.4 Üç ayrı yöntemin ikinci güzergah için hataları.	42





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	: Bir metredeki gezgin cihaz ile sabit cihaz arasındaki RSSI değeri
cm	: Santimetre
d	: Alıcı ve verici arasındaki mesafe
dBm	: Desibel-miliwatt
GHz	: Giga hertz
HF	: Yüksek frekans
kHz	: Kilo hertz
LF	: Alçak frekans
MHz	: Mega hertz
mW	: MilliWatts
n	: Ortamdan kaynaklı yol kaybı katsayısını
ns	: Nanosaniye
THz	: Terahertz
UHF	: Ultra geniş frekans

KISALTMALAR

AOA	: Varış açısı
Fingerprint	: Parmak izi
GLONASS	: Küresel uydu seyir sistemi
GPS	: Küresel konumlandırma sistemi
IEEE	: Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IR	: Kızılötesi
ISO	: Uluslar Arası Standartlar Teşkilatı
LANDMARC	: Dinamik aktif RFID kalibrasyonuna dayalı konum belirleme
LED	: Işık yayan diyot
MAN	: Metropol alan ağları
MLP	: Çok katmanlı algılayıcı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

NNTOOL	: Neural network toolbox
Node	: Düğüm
PDA	: Kişisel veri yardımcısı
RF	: Radyo frekansı
RFID	: Radyo frekansı tanımlama cihazı
RSSI	: Alınan sinyal gücü göstergesi
RTof	: Gidiş-dönüş uçuş süresi
Rx	: Alıcı
SVM	: Destek vektör makinesi
TDOA	: Varış zamanı farkı
TOA	: Varış zamanı
TOF	: Uçuş süresi
Tx	: Verici
UWB	: Ultra geniş bant
VLC	: Görünür ışık haberleşmesi
YSA	: Yapay sinir ağı
WiFi	: Kablosuz bağlantı alanı
WSN	: Kablosuz sensör ağları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dış mekanlarda konum tespiti, konum takibi ya da haritalandırma için yaygın olarak GPS ya da Küresel uydu seyir sistemi (Global Navigation Satellite System - GLONASS) kullanılır. GPS ya da GLONASS belirli birkaç uyduya bağlı olduklarından bina içlerindeki nesnelerin konum takibi ya da konum belirleme işlemleri bu sistemlerle yapılamamaktadır. Bu nedenle bina içlerinde bulunan kişi veya nesnelerin konumlarını tespit etmek için farklı yaklaşımlar önerilmiştir [1].

İç mekan konumlandırma sistemlerinde son zamanlarda yaygın olarak kablosuz sensör ağı (wireless sensor network – WSN) kullanılmaya başlanmıştır [2]. Kablosuz sensör ağları, hesaplama ve algılama kapasitesine sahip olsalar da istenilen standartları hala yakalayamamışlardır. Bu da iç mekân konumlandırma sistemlerinin önemini göstermektedir. İç mekan konum tespiti/takibi için optik (kızılötesi, görünür ışık) yöntemler, ses temelli yöntemler (Ultrasonik ses), hareket tabanlı yöntemler (hız, yön, atalet), radyo frekansı tabanlı yöntemler (RFID, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, RFID) gibi çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır [3]. Bu teknolojiler arasında literatürde çoğunlukla radyo frekansı sinyali ile konum belirleme teknikleri önerilmiştir. Bu çalışmalarda varış açısı (Angle of Arrival - AOA), varış zamanı (Time of Arrival - TOA), varış zaman farkı (Time Difference of Arrival - TDOA) [4], üçgenleme [5], parmak izi (fingerprint) [6] ve alınan sinyal gücü göstergesi [7] gibi teknikler kullanılmaktadır.

İç mekanlarda konum tespiti için ilk olarak [8]'de Dinamik Aktif RFID Kalibrasyonuna Dayalı Konum Belirleme (Location identification based on dynamic Active Rfid Calibration-LANDMARC) ile referans taşıyıcılar kullanarak ortamın dinamik radyo haritasını oluşturulmuştur. LANDMARC, RFID tabanlı konum belirleme sistemleri ile ilgili birçok çalışmanın temeli olmuştur. [9]'da mevcut referans taşıyıcılarının yanı sıra bilgisayar ortamında da referans taşıyıcılar oluşturmuştur. Bilgisayar ortamında oluşturulan referans taşıyıcılarının

RSSI değerleri ile gerçek referans taşıyıcıların RSSI verileri kullanılarak doğrusal interpolasyon yöntemi ile konum tahmini yapılmaktadır. [10]'da evre değişikliğine bağlı olarak radyo sinyallerinin büyük ölçüde değişebileceğini düşünölerek, dinamik bir RSSI haritası oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucu LANDMARC'a göre doğruluk oranında artış gözlemlenmiştir. [11]'de referans taşıyıcılarının uzaklığını tespit etmede kullanılan iki boyutlu (2B) harita oluşturmak için RSSI değeri değil de başka bir yöntem olan mekânsal interpolasyon algoritması geliştirilmiştir. [12]'de hesaplama yükünü azaltmak için FLEXOR (Flexible Localization Exploits) RFID'den yararlanılarak esnek konumlandırma geliştirilmiştir. LANDMARC yöntemine göre hızlı konumlandırma ve esneklik avantajı sayesinde hesaplama yükü azaltılarak konum bilgisi hakkında bölgesel veya koordinatsal iki farklı esnek konumlandırma sistemi sunulmuştur. [13]'te x ve y koordinat bilgisinin yanı sıra z koordinatının getirilmesi ile üç boyutlu (3B) konum belirleme gerçekleştirilmiştir. Aktif etiketler yerine pasif etiket kavramı kullanılmıştır. RFID izleme maliyeti büyük ölçüde azaltılmıştır. [14]'te LANDMARC algoritmasının ve genel Bayesian tabanlı algoritmanın analizine dayanan yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Bu geliştirilen algoritma Bayes tabanlıdır. Hedefin yerini bulabilmek için uyumlu bir olasılık modeli kullanmaktadır. Çevresel etkilerin neden olabileceği RSSI değerlerindeki farklılıkları engellemek için ayrı bir algoritma daha kullanılmıştır. [15]'te ilk olarak okuyucu ile etiket arasındaki mesafe deneme yanılma yoluyla oluşturulmaya çalışılmıştır. Son olarak da iç mekân lokalizasyonunun daha yüksek doğruluğuna ulaşmak için gelişmiş bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yaklaşım, izleme etiketini ve onun en yakın referans etiketlerini bir kümeye koyma, ardından bu kümenin üyeleri tarafından elde edilen hata düzeltmeleriyle hedef koordinatı kalibre etmek için tekrarlanmasıdır. [16]'da LANDMARC yönteminde kullanılan en yakın komşu algoritması ile ilgili problemler sunulmuş ve en yakın komşu algoritması ile referans etiketlerinin topolojisi arasındaki ilişki analiz edilmiştir ve son olarak en yakın komşu algoritmaya en uygun referans etiketlerinin düzenlenmesi önerilmiştir. [17]'de odanın tavanına sabitlenmiş bir okuyucu ve zemine konulmuş taşıyıcılar ile takibi gerçekleştirilmek istenen kişi oda içerisinde hareket etmeye başladığında üzerine yerleştirilen taşıyıcıyla, RFID okuyucu arasındaki sinyal gücünün azaldığı gözlenmiştir. Geliştirilen sistem için, belirli sürelerde RFID okuyucusu tarafından okunan değerlerde düşmeler meydana geldiğinde o alanda bir canlının varlığından söz edilmiştir. [18]'de ZigBEACON yaklaşımı kullanılmıştır. Gezgin cihazın konumunu en yakın komşu noktanın konum bilgisini kullanarak gerçek zamanlı olarak etkili bir şekilde hesaplayabilen dinamik bir sistem oluşturulmuştur. Bu yaklaşım sadece doğruluğu azaltmakla kalmamış ayrıca LANDMARC'ın diğer iyileştirme yöntemlerinden daha az hesaplama karmaşıklığı sağlamıştır.

[19]'da RF konum sistemleri araştırılmıştır ve sistemi belirli iç mekân ortamlarına göre değiştirmeye gerek kalmadan ZigBee modülü tarafından sağlanan RSSI ve LQI değerlerine dayanan düşük maliyetli, basit bir teknik önerilmiştir. [20]'de Kalman filtresi, seri ve paralel genişletilmiş Kalman filtresi içeren, RSSI verileri incelenmiştir. Daha sonradan konum takibi teknikleri incelenmiştir ve performansları birbirlerine göre karşılaştırılmıştır.

[21]'de sitemin parmak izi veri tabanı oluşturulmuştur. Parmak izi veri tabanı doğruluğunu artırabilmek için filtreleme algoritması geliştirilmiştir. Filtreleme işlemi için yeni bir yöntem ortaya konmuştur. Konum tespitinde en yakın ağırlıklı algoritma seçilmiş ve kullanıcının yerini hesaplamak için kullanılmıştır. [22]'de parmak izi tabanlı konum kestirimi sürecinin iyileştirilmesine yönelik yeni geliştirmeler ve gerçeklemeler sunulmuştur. Bunlardan bir tanesinde küçük boyuta sahip radyo haritası oluşturulmuştur. Daha sonradan sınıflandırma yönteminde KNN ile K değerlerine göre ayrı ayrı sınıflandırma yapılmıştır. [23]'te çevrimiçi ve çevrimdışı iki aşamadan bahsedilmiştir. Çevrimdışı aşamada, hassas bir şekilde hareket bir mobil cihaz kullanılmıştır ve her noktadaki RSSI verileri ölçülmüştür. Çevrimiçi aşamada, çapa düğümleri tarafından ölçülen RSSI'lar, herhangi bir koordinattaki bir mobil cihaz aracılığıyla, basamaklı YSA algoritmasına girdi olarak sağlanır. Mobil cihazın yeri ve o an ki düğümlerine olan mesafesi minimum hata ile belirlenir.

[24]'te Bluetooth ağ geçidini konumlandırarak RSSI'nın dinamik haritası düzeltilmesi için bir iç mekân konum yöntemi sunulmaktadır. Ayrıca, çevrimdışı aşamada parçacık sürü optimizasyonu için geri yayılım algoritması ile RSSI-mesafe modeli kullanılmıştır. Daha sonra RSSI'yi gerçek zamanlı olarak düzeltmek için önerilen algoritmayı ve verileri daha da düzeltmek için Kalman filtresi kullanılmıştır. [25]'te bir dış mekân ortamında, hareketli bir hedef için, hareketli gösterme modeli ve Kalman filtresi kullanılmıştır. Hareketli bir hedef için MoteTrack InOut sistemi kullanılarak elde edilen yerleştirme hatası azaltılmıştır. [26]'da birden fazla alıcının birbiri arasında bağlantısının olduğu bir iç mekân da hareket eden bir mobil cihazı içeren bir izleme senaryosu incelenmiştir. RSSI temeline dayanan genişletilmiş Kalman filtresi ve dairesel polarize antenlerden yararlanılan bir yerleştirme yöntemi önerilmektedir. [27]'de herhangi bir alandaki bir kişinin konumunu, yeterli Erişim Noktaları ile izlemek için genel bir uygulama geliştirilmiştir. RSSI veri kümesinden önceden kaydedilmiş RSSI setiyle karşılaştırarak konum takibi yapılmıştır. [28]'de gradyan tabanlı parmak izi haritasından yararlanan bir iç mekân yerleştirme sistemi önerilmiştir. Önerilen sistemde önce gradyan tabanlı parmak izi haritası oluşturur. Bir noktanın çevresinde bulunan noktalardan elde edilen

RSSI değerleri ile bir yerelleştirme algoritması için evrimii genişletilmiş parçacık filtresi yardımı ile konum belirlenir.

Bu tezde iç mekân konum tespitinde hata miktarının azaltılması için dinamik YSA modeli önerilmiştir. Öncelikle gezgin cihazın konum tespitinin gerçekleştirmesi için iç mekanlarda etkin çalışan parmak izi yöntemi ile çevrimdışı bir şekilde gezgin cihazdan sabit cihazlara gelen RSSI değerleri ile ortamın radyo haritası çıkarılmıştır. Radyo haritası çıkarıldıktan sonra literatürde sıklıkla kullanılan üçgenleme yöntemi ve YSA yöntemi ile ortamda bulunan gezgin cihazın konum tespiti yapılmıştır. Konum tespitinde yapılan hataların azaltılmasına yönelik dinamik YSA yöntemi geliştirilmiştir. Dinamik YSA yönteminde, öncelikle ortam hücelere ayrılmıştır. Daha sonradan gelen RSSI verisinin hangi hücreye ait olduğunu belirlemek için sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırma işleminin sonrasındaki RSSI verisine göre YSA eğitimi gerçekleştirilmiştir. Konum tespitinden sonra 2 ayrı güzergâh için gezgin cihazın konum takibi işlemi yapılmıştır. Gezgini cihazın takibi sırasında üçgenleme, YSA ve dinamik YSA yöntemleri uygulanmıştır. Konum takibi sırasında elde edilen hata değerleri tek tek incelenmiştir. Son olarak bu tez çalışmasında kullanılan yöntemler ayrı ayrı incelendikten sonra elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2

KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI

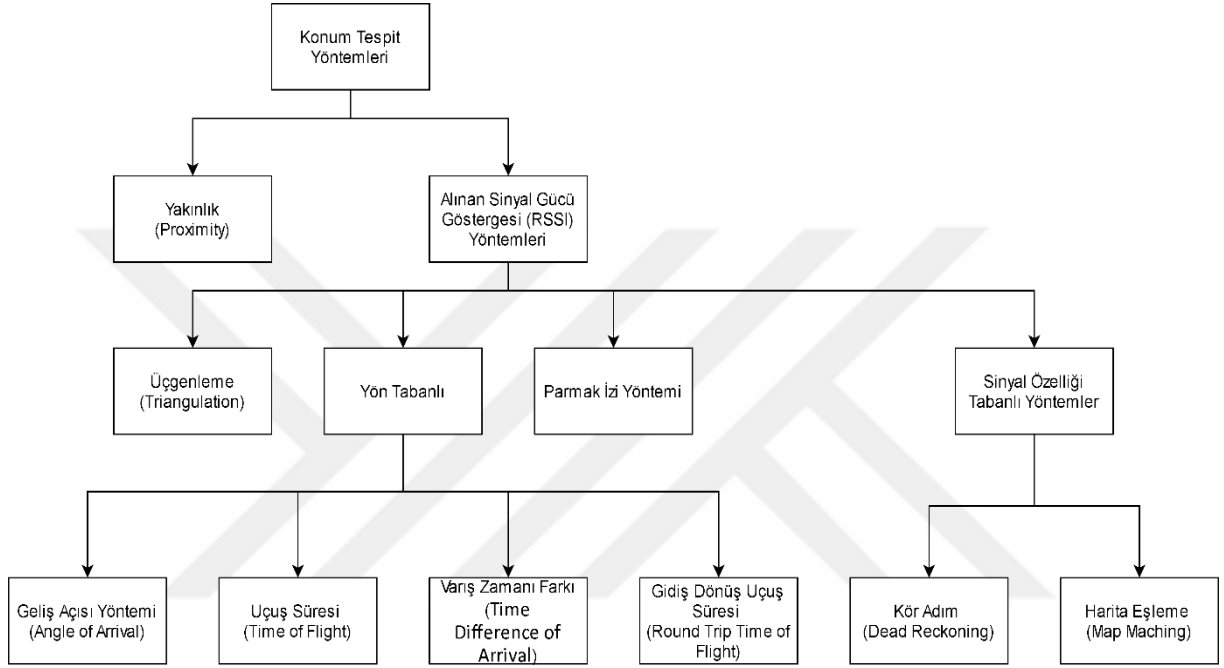
Çevreyi daha iyi algılayabilmek ve analiz edebilmek için düşük güç tüketen, kısıtlı işlemci ve düşük hafızaya sahip kablosuz düğümlerden (node) oluşan büyük ölçekli sensör ağları, yapılan çalışmalar sonucunda araştırmacıların ilgi odağı olmuştur [29]. Askeri güvenlik, fiziksel algılama, hava trafik kontrolü, akıllı bina uygulamaları, endüstriyel otomasyonlar, trafik gözetim, denetleme, doğal sınır izleme ve sağlık uygulamaları kablosuz sensör kapsadığı mevcut ve potansiyel uygulamalardan birkaçıdır. Kablosuz sensör ağlar kavramı ilk kez 1980'lerde karşımıza çıkmıştır. İlk yıllarda askeri alanlarda kullanılan kablosuz sensör ağları; zamanla maliyetlerin düşmesi ile yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [30].

2.1 KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI İLE KONUMLANDIRMA

Kablosuz sensör ağları çevresel değişimleri izlemek için birçok askeri ve sivil alanda uygulanmıştır [31]. Özellikle, bir noktanın konum bilgisi bazı yerelleştirmeye duyarlı uygulamalar için gereklidir. Toplanan veriler konum bilgileri ile yakından ilişkili olduğundan sensör düğümlerinin konumlarının kesin olarak belirlenmesi hayati bir konudur. Araştırmacılar, WSN'lere diğer konumlandırma sistemlerini benimseyerek yerelleştirme sorununu çözmek için çok çaba harcamışlardır. Bu sorunu çözmek için, araştırmacılar, yalnızca iletişim için kullanılan radyo alıcı-vericisinde bulunabilecek sinyal bilgilerini kullanarak ek cihazlar olmadan konumu elde etmeye çalışmışlardır. Bu bilgiler geliş açısı, uçuş süresi, varış zamanı farkı, gidiş dönüş uçuş süresi, kör adım (dead reckoning) ve harita eşleme (map matching) yöntemleri olarak verilebilir [32]. Geliş açısı, uçuş süresi, varış zamanı farkı ve gidiş dönüş süresi yön tabanlı yöntemler başlığı adı altında incelenmektedir. Kör adım ve harita eşleme ise sinyal özelliği tabanlı yöntemler başlığı adı altında incelenmektedir.

2.2 İÇ MEKAN KONUMLANDIRMA TEKNİKLERİ VE KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARI

İç mekanlarda konum tespit yöntemleri iki ana başlık altında incelenebilir. Yakınlık ve alınan sinyal gücü göstergesi yöntemleridir. Şekil 2.1'de iç mekân konum tespit yöntemleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1 İç mekânda konum tespit yöntemleri.

Bu bölümde iç mekanlarda yaygın bir şekilde kullanılan konumlandırma tekniklerinden ve algoritmalarından bahsedilecektir.

2.2.1 Yakınlık Algılama

Yakınlık algılama yöntemi bilinen en basit konumlandırma yöntemlerinden biridir. Gezgin cihazın konumu, bilinen pozisyon ve sınırlı aralıkları yardımı ile bulunur [33]. Birden fazla noktadan sinyal alındığında, en güçlü sinyalin konum bilgisini verir. Bu yöntem, özellikle kızılötesi (Infrared - IR), radyo frekansı tanımlama ve bluetooth gibi birçok kablosuz konumlandırma teknolojileri yardımı ile uygulanır [34].

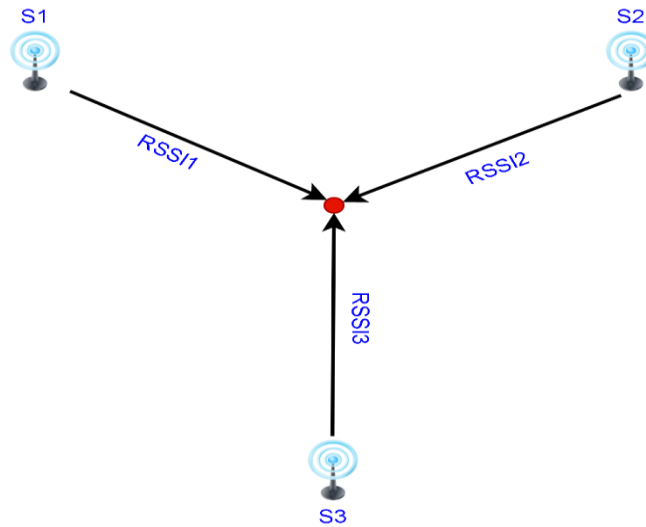
2.2.2 Alınan Sinyal Gücü Göstergesi Yöntemleri

Alınan sinyal gücü göstergesi tabanlı yaklaşım, iç mekân lokalizasyonu için düşük maliyetli, kolay uygulama ve düşük güç tüketimi nedeniyle popüler bir yerleştirme tekniğidir. RSS, genellikle desibel-miliwatt (dBm) veya milliwatts (mW) olarak ölçülen, alıcıda alınan gerçek sinyal gücüdür. RSSI, alıcı (Rx) ve verici (Tx) cihazlar arasındaki mesafeyi tahmin etmek için kullanılabilir; RSSI değeri ne kadar yüksek olursa alıcı ve verici arasındaki mesafe o kadar küçük olur.

RSSI ve basit bir yol kaybı yayma modeli [35] kullanarak, Tx ve Rx arasındaki d mesafesi aşağıdaki gibi tahmin edilir.

$$RSSI = -10n\log_{10}(d) + A \quad (2.1)$$

Burada n yol kaybı üstelini belirtir. A , bir metredeki ölçülen RSSI değeridir. d gezgin cihaz ile sabit cihaz arasındaki mesafeyi belirtir. Şekil 2.2'de sabit cihazlardan gezgin cihaza gelen RSSI değerleri gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Sabit cihazlardan gezgin cihaza gelen RSSI bilgisi.

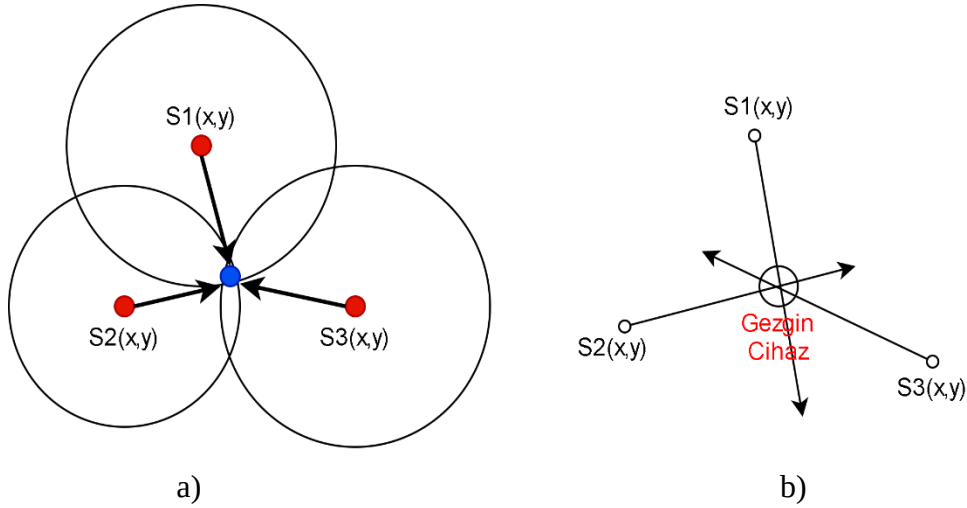
RSS tabanlı yaklaşım basit ve uygun maliyetli olsa da, duvarlardan ve diğer büyük engellerden kaynaklanan ek sinyal zayıflaması ve çok yollu sinyal yayılımı nedeniyle sinyal zayıflamasına neden olur [36,37]. Bu etkileri azaltmak için farklı filtreler veya farklı mekanizmalar kullanılabilir. Bununla birlikte, karmaşık algoritmalar kullanılmadan hassas konum doğruluğu

elde etmek olası değildir. RSSI tabanlı yöntemler dört alt başlıkta incelenebilir. Üçgenleme, yön tabanlı, parmak izi ve mesafe tabanlı yöntemlerdir.

2.2.2.1 Üçgenleme Yöntemi

Bulunmak istenilen hedefin konumunu, üçgenlerin geometrik özelliklerinden yararlanılarak tespit edilir. Yön tabanlı ve mesafe tabanlı olarak iki kullanım şekli vardır. Yön tabanlı yöntemde açı tabanlı yöntemler kullanılır. Mesafe tabanlı yöntem ise zamana dayalı yöntemler ve sinyal özelliğine dayalı yöntemler olarak ikiye ayrılır.

Üçgenleme yönteminde kullanıcının konumunu bulmak için ya sabit cihazlardan gezgin cihaza olan uzaklık bilgisinden yararlanılır ya da sabit cihazlar ile gezgin cihazlar arasındaki yaptıkları açılar ile bulunur. Şekil 2.3'te mesafe ve açı bilgisiyle kullanıcının konumunun nasıl elde edileceğini gösterir. Şekil 2.3 a'da gösterilen şekilde S1, S2 ve S3 sabit noktaların konumları biliniyorsa ve bu üç noktanın kesişimlerine göre hesaplanır. Şekil 2.3 b'de S1, S2 ve S3 sabit noktaların kullanıcı noktasına açısı veya kullanıcı noktasının baz istasyonlarına açısı biliniyorsa, üç vektörün kesişmesiyle kullanıcı noktasının konumunu kolayca elde edilebilir.



Şekil 2.3 Üçgenleme yöntemi (a) mesafe yöntemi (b) açı yöntemi.

Üçgenleme yönteminde ilk olarak sabit cihazlar ile gezgin cihazlara arasındaki d mesafeleri bulunur [38].

$$RSSI_j = -10n \log_{10}(d_j) + A_j \quad (2.2)$$

Denklem 2.2’de verilen eşitlikte, d_j ($j=1,2,3$) j. sabit cihaz ve gezgin cihaz arasındaki mesafeleri, A_j , j. sabit cihaz ile gezgin cihaz arasında 1 metre mesafede bulunduğu ölçülen RSSI değerini, n ortamdan kaynaklı yol kaybı katsayısını, $RSSI_j$, gezgin cihazdan j. sabit cihaza gönderilen paketin RSSI değerini belirtmektedir. d mesafeleri hesaplandıktan sonra gezgin cihazın konumu $(\tilde{x}, \tilde{y})$ aşağıdaki denklemler ile hesaplanmaktadır [39].

$$(\tilde{x} - x_1)^2 + (\tilde{y} - y_1)^2 = d_1^2 \quad (2.3a)$$

$$(\tilde{x} - x_2)^2 + (\tilde{y} - y_2)^2 = d_2^2 \quad (2.3b)$$

$$(\tilde{x} - x_3)^2 + (\tilde{y} - y_3)^2 = d_3^2 \quad (2.3c)$$

Burada (x_j, y_j) j. sabit cihazın konum bilgisidir.

Denklem 2.3a, 2.3b ve 2.3c’de verilen 2. dereceden denklemler ve Cramer yöntemi kullanılarak gezgin cihazın konumu $(\tilde{x}, \tilde{y})$ aşağıdaki gibi hesaplanır [40].

$$\tilde{x} = \frac{\begin{vmatrix} (d_1^2 - d_2^2) - (x_1^2 - x_2^2) - (y_1^2 - y_2^2) & 2(y_2 - y_1) \\ (d_1^2 - d_3^2) - (x_1^2 - x_3^2) - (y_1^2 - y_3^2) & 2(y_3 - y_1) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2(x_2 - x_1) & 2(y_2 - y_1) \\ 2(x_3 - x_1) & 2(y_3 - y_1) \end{vmatrix}} \quad (2.4a)$$

$$\tilde{y} = \frac{\begin{vmatrix} 2(x_2 - x_1) & (d_1^2 - d_2^2) - (x_1^2 - x_2^2) - (y_1^2 - y_2^2) \\ 2(x_3 - x_1) & (d_1^2 - d_3^2) - (x_1^2 - x_3^2) - (y_1^2 - y_3^2) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2(x_2 - x_1) & 2(y_2 - y_1) \\ 2(x_3 - x_1) & 2(y_3 - y_1) \end{vmatrix}} \quad (2.4b)$$

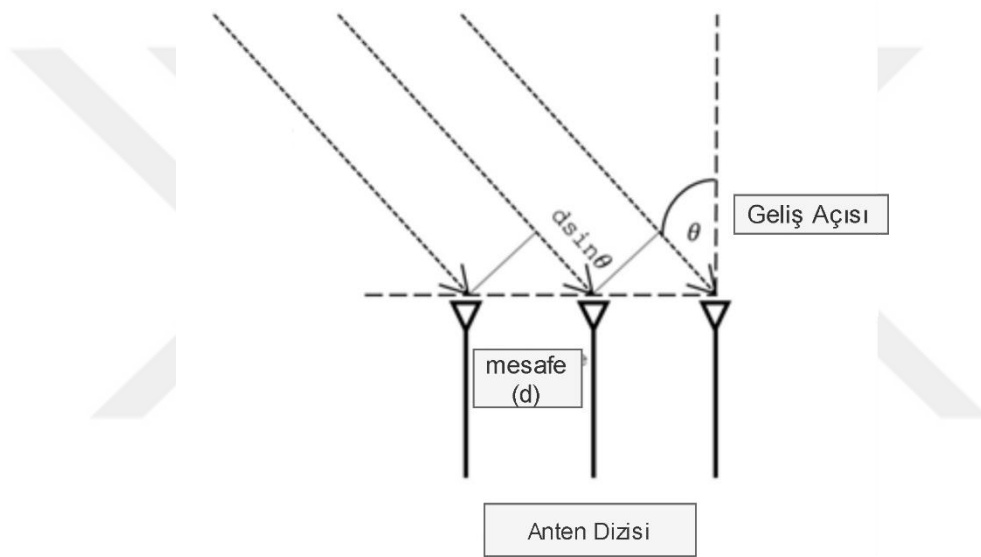
RSSI, kullanıcı cihazı ile en az üç referans noktası arasındaki mutlak mesafeyi tahmin etmek için kullanılır.

2.2.2.2 Yön Tabanlı Yöntemler

Yön tabanlı yöntemler dört alt başlıkta incelenebilir. Geliş açısı yöntemi, uçuş süresi, varış zamanı farkı ve gidiş dönüş uçuş süresidir.

Geliş Açısı (Angle of Arrival - AoA)

Sinyalin geliş açısına göre kullanılan teknik AoA olarak adlandırılır [41]. Gelen sinyalin alıcıya çarptığı açıyı tahmin etmek için anten dizileri (alıcı tarafında) kullanılır [42]. AoA, verici-alıcı arasındaki mesafe küçük olduğunda doğru tahmin sağlayabilse de daha karmaşık donanım ve dikkatli kalibrasyon gerektirir. RSSI teknikleri, geliş açısı hesaplamasında yapılan küçük bir hatanın gerçek konum bilgisinde büyük bir hataya dönüşür. Alıcı-verici arasındaki mesafe bilgisinin artışı ile birlikte konum doğruluğu bozulur [43]. Geliş açısı yöntemi Şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Geliş açısı.

Uçuş Süresi (Time of Flight - ToF)

Uçuş süresi, bir gezgin cihazdan sabit cihazlara gönderilen sinyalin varış zamanının yüksek doğrulukla senkronize olmasına dayalıdır. Uçuş süresi yönteminde, gezgin cihazdan çıkan sinyalin çıkış zamanı belirlenir. Sinyali alan sabit cihazlar ile gezgin cihaz arasındaki mesafe, sinyalin iletilmesindeki gecikme ve sinyalin iletim hızı ile hesaplanarak bulunur [44-46].

Varış Zamanı Farkı (Time Difference of Arrival - TDoA)

Varış Zaman Farkı, alıcıya farklı vericilerden gelen sinyallerin ölçülmesi ile sinyallerin yayılma sürelerindeki farklar hesaplanarak bulunur. Düşük enerji tüketimi ve hiperbolik denklem tabanlı

matematiksel bir konum tespit yöntemidir. En az üç vericiden alınan sinyalin kesişimi, alıcının tam yerini hesaplamak için gereklidir. Bu yaklaşımın doğruluğu çok yollu etki ile sınırlıdır. Gelen bir sinyalin zamanı ve açısının ölçülebilmesi için ekstra donanımın kurulması lazımdır [47].

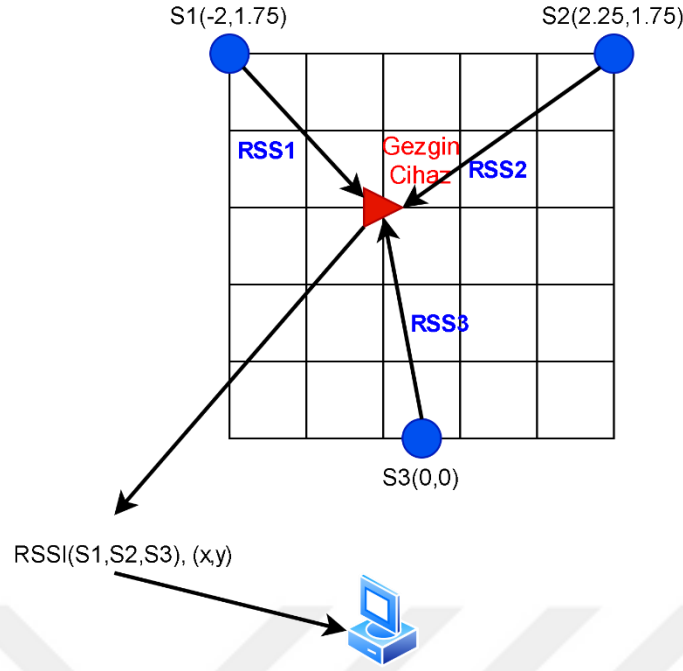
Gidiş-Dönüş Uçuş Süresi (Round-Trip Time of Flight - RToF)

Gidiş-dönüş uçuş süresi yöntemi, vericiler ve alıcılar arasındaki mesafeyi tahmin etmek için gidiş-dönüş sinyalinin yayılma süresini ölçer [48]. RToF'un ana yararı, alıcı ve verici arasındaki zamanın senkronize bir şekilde olmasıdır. Gidiş-dönüş uçuş süresi yöntemindeki en büyük sorun, alıcıdaki sinyal yanıtlama süresindeki gecikmeden dolayıdır. Dış mekân konum belirleme sistemlerinde bu sorun ihmal edilse bile, iç mekânda konumlandırma sistemleri için kısa menzilli sistemlerde gecikme göz ardı edilemez.

2.2.2.3 Parmak İzi Yöntemi (Fingerprint)

Parmak izi yöntemi, az maliyetli ve uygulama alanı geniş olduğundan dolayı iç ortamlarda daha fazla tercih edilmektedir.

Parmak izi tabanlı iç ortam konumlandırma sistemleri, iki aşamada gerçekleştirilir. Birincisi çevrim dışı aşama ikincisi ise çevrim içi aşamadır. Çevrim dışı aşamada ortamda konumları bilinen noktalardan alınan RSSI verileri yardımı ile bir veri seti oluşturulur. Bu veri seti alma işlemi Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Bu veri seti içerisinde ortamdaki her noktanın konum bilgisi ve adı bulunmaktadır. Veri setindeki her kayıt parmak izi olarak adlandırılır ve ortamın radyo haritası çıkarılır.



Şekil 2.5 Çevrimdışı aşamada veri tabanı oluşturma.

Çevrim içi aşamada ise, bir cihazın konumunu çıkarmak için mevcut sinyal gücünü ve daha önce kaydedilmiş sinyal gücünü eşleştirerek bir konum algoritması kullanılır. Parmak izi yönteminin avantajı daha iyi konum doğruluğu, kolay kullanımı ve düşük maliyetidir. Tekniğin dezavantajı ise ortamda bulunan insanlar, kapıların açılıp kapanması, RSSI'nın iç mekanlarda yaşadığı yansıma etkisinden kaynaklı konum hassasiyetindeki sapmalardır [49].

2.2.2.4 Sinyal Özelliğine Sahip Yöntemler

İç mekân konumlandırma sistemlerinin çoğu, konumu belirlenecek olan gezgin cihazının konumunu bulmak için sabit cihazlarla arasındaki mesafe, zamanlama bilgileri veya açıya dayalı olarak hesaplanır. Bu yöntemler sinyalin çok yollu yayılımından etkilenirler. Bu nedenle, konum doğruluğu azalabilir. Bunun yerine gezgin cihazın konumu için sabit cihazlara olan uzaklık bilgisi ve alınan sinyal gücünün zayıflama bilgisi kullanılarak yapılır. Bu yöntem yalnızca radyo sinyalleriyle mümkündür [50].

Kör Adım (Dead Reckoning)

Kör adım yöntemi, son konum bilgisine göre kestirilen hız bilgisi yardımı ile son noktanın konumunun bulunmasıdır. Genellikle yüksek doğruluk sunabilen içsel navigasyon sisteminde

kullanılır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, işlemler sırasındaki hataların birikmesidir. Hata sayısının artması zamana bağlı olarak sapmanın artmasına neden olmaktadır [51].

Harita Eşleme (Map Maching)

Harita eşleme yöntemi, şablonların tanınmasına bağlıdır. Koordinat bilgisi bulunurken bir harita ile konum bilgisinin birleştirilmesi ile bulunur. Bu yöntemde harita kullanılmasından dolayı sistemin çalışabilmesi için harici donanım gerekmektedir [51].





BÖLÜM 3

İÇ MEKAN KONUMLANDIRMA TEKNİKLERİNDE KULLANILAN HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

Bu bölümde iç mekanlarda, kişi veya nesnelerin konumlarını belirlemek amacıyla kullanılan teknolojilerin özellikleri ve yapıları kısaca açıklanacaktır.

3.1 KABLOSUZ BAĞLANTI ALAN (WIRELESS FIDELITY – WIFI)

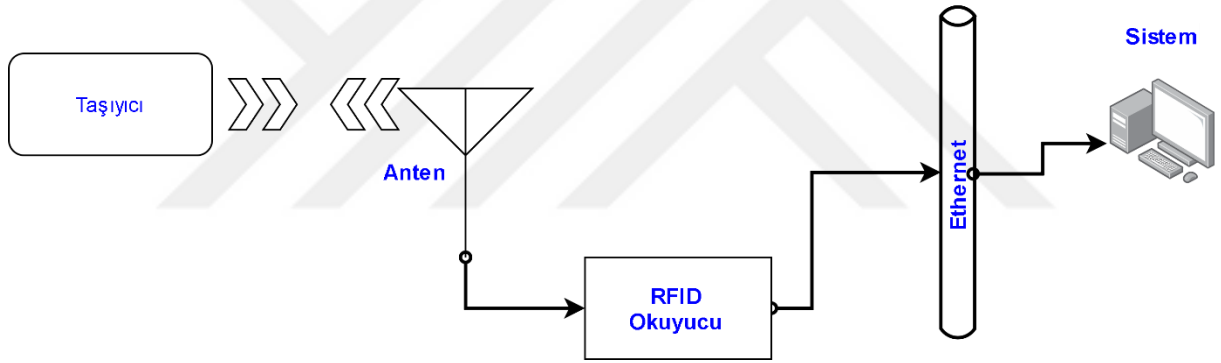
Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE), Uluslararası Standartlar Örgütü (International Organization for Standardization - ISO) adı altında, belirli WLAN'ların dahil olduğu LAN'lar ve Metropoliten Alan Ağları (MAN'lar) için standartları tanımlar. Hem LAN'lar hem de MAN'lar için standartlar geliştirme sorumluluğuna sahip ana topluluktur [52]. Mevcut akıllı telefonların, dizüstü bilgisayarların ve diğer taşınabilir kullanıcı cihazlarının çoğu WIFI özellikli olup WIFI'yi iç mekân konumlandırması için ideal bir aday ve literatürde en çok çalışılan yerleştirme teknolojilerinden biri yapmaktadır. Önceki bölümde belirtilen RSSI, ToF ve AoA gibi teknikleri WiFi tabanlı yerleştirme hizmetleri sağlamak için kullanılabilir [53,54].

3.2 BLUETOOTH

Bluetooth, içindeki barındırdığı ISM bandındaki kısa dalga boyu şeklinde radyo iletişimi kullanarak küçük bir aralıkta telefonlar, bilgisayarlar, kişisel veri yardımcısı (Personal Data Assistant – PDA) vb. cihazlar arasında veri (ses, video, diğer dosyalar, vb.) göndermek veya almak için kullanılan kablosuz bir teknolojidir (2400-24800MHz). Birçok ağı birbirine senkron bir şekilde bağlama özelliğine sahiptir. Uygun maliyetlidir ve çalışırken çok az enerji tüketir. Fakat en önemli dezavantajı, 2m ile 3m çalışma aralığıdır ve 20s gibi bekleme süresi vardır [54].

3.3 RADYO FREKANSI TANIMLAMA CİHAZI (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION DEVICE - RFID)

RFID temel olarak bir vericiden gönderilen radyo frekansı uyumlu sinyalin elektromanyetik iletim kullanarak veri iletmesi ve depolaması için tasarlanmıştır [55]. RFID sistemi, RFID etiketleri arasında iletişim kurabilen okuyucudan oluşur. RFID okuyucusu, bilinen bir RF okuyabileceği protokolü kullanarak verileri yayınlar ve etiketler. RFID taşıyıcıları aktif ve pasif olmak üzere kullandıkları güç kaynaklarına bağlı olarak değişir. Aktif taşıyıcı sistemler, genellikle içlerinde bulunan bir pil kaynağından elde ettikleri kendi güç kaynaklarına sahiptirler. Pasif taşıyıcılar ise güçlerini başka bir okuyucunun sinyalinden alır. Bir RFID sistemin en önemli bileşenleri okuyucu ve taşıyıcılardır. Bunların yanı sıra sistemin çalışmasını iyi hale getirebilmek için anten, bilgisayar ve veri tabanları kullanılmaktadır [56,57]. Şekil 3.1’de RFID sisteminin genel gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.1 RFID genel gösterimi.

3.4 ULTRA GENİŞ BANT (ULTRA WIDE BAND - UWB)

Ultra geniş bant operasyonda çok az enerji tüketen bir radyo teknolojisidir. Kısa mesafelerde çalışır. Bu da daha az kapsama alanına neden olur. UWB'de, zaman aralığı <1 nanosaniye (ns) olan ultra kısa darbeler büyük bir bant genişliği ($> 500\text{MHz}$) üzerinden iletilir. UWB, iç mekân konumlandırma sistemleri için cazip bir teknoloji olmuştur, çünkü diğer sinyallerden büyük ölçüde etkilenmez. UWB duvarlar gibi sert yerler de dahil olmak üzere çeşitli malzemelerden geçebilir ancak metaller ve sıvılar UWB sinyallerini etkileyebilir. UWB lar 10 cm'e kadar konum hassasiyeti gösterebilirler [58].

3.5 ZIGBEE

Zigbee, kablosuz haberleşme teknolojisinde maliyeti düşük, düşük veri hızı ve düşük enerji tüketimi ile kişisel uygulamalar için fiziksel ve MAC katmanları ile ilgilenen IEEE 802.15.4 standardı üzerine kurulmuştur. Bu teknoloji ile karmaşık ağ yapılarını kurmak, bunlar arasında bağ kurup ağı genişletmek ve bu yapı sayesinde başka teknolojiler ile iletişim kurulmasını sağlar. Gürültüye karşı daha dayanıklı olduklarından iç mekân haberleşmesi için ZigBee en önemli teknolojilerden birisidir. ZigBee düğümler arasındaki mesafe hesabı genellikle RSSI değerleri ile gerçekleştirilir. ZigBee'nin en dezavantajı ise, radyo iletişimini bozabilen aynı frekansa sahip sinyal tiplerinin, geniş bir alanından sinyal girişimine açık olmasıdır [59].

3.6 GÖRÜNÜR IŞIK İLETİŞİMİ (VISIBLE LIGHT COMMUNICATION - VLC)

400 THz band genişliğine sahip görünür ışık kullanan, Işık Yayan Diyotlar (LED'ler) tarafından modüle edilen ve yüksek hızlı veri aktarımı için yeni bir teknolojidir [60]. Görünür ışık, AoA'nın en doğru konum hassasiyetini verir [60,61]. Avantajı ışığın hızlı ve kolay yayılabilmesidir. Dezavantajı ise belli bir alan içinde olması, LED ve sensörler arasında görüş hattının olması gereklidir.

3.7 KIZILÖTESİ (INFRARED - IR)

Kızılötesi ışık, görünebilir ışıklardan daha fazla dalga boyuna sahip elektromanyetik radyasyondur. Dalga boyu genellikle 300 GHz frekansından başlar. Kızılötesi ışığın ana dezavantajları, alıcı ve verici arasında görüş hattının olması gerekir ve mesafe oldukça kısadır [62]. Kızılötesi konumlandırma sistemlerinin avantajları, konum doğruluğunun çok hassas olması, kurulum için fazla zaman gerektirmemesi ve bakımının nispeten ucuz olmasıdır [59].

Yukarıda anlatılan konumlandırma teknolojilerinin karşılaştırılması Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 İç mekân haberleşme teknolojilerinin karşılaştırılması.

Teknoloji	Doğruluk	Konumlandırma Yöntemi	Güç Tüketimi	Maliyet	Açıklamalar
Kızılötesi	1m-2m	Yaklaşma, Varış Zamanı	Düşük	Orta	-Kısa Mesafe -Çoklu Yola Duyarsız
Wi-Fi	1m-5m	Yaklaşma, Varış Zamanı, Parmak İzi, RSSI	Yüksek	Düşük	-Alt yapısı her yerde mevcuttur -İlk kurulum maliyetli -Çoklu yola az duyarlı
RFID	1m-2m	Yaklaşma, Varış zamanı, RSSI	Düşük	Düşük	-Cevap süresi yüksek - Manuel programlama
Bluetooth	2m-5m	RSSI, Parmak İzi	Düşük	Yüksek	-Veri iletim hızı düşük -Hareketlilik kısıtlamasına sahip
Zigbee	1m-2m	RSSI, Parmak İzi	Düşük	Düşük	-Düşük veri iletim hızı -Düğümlemler yoğunlukla etkisiz
Görünür Işık	3m-5m	AoA, RSSI	Yüksek	Yüksek	-Görüş hattının olması -Yüksek hızda veri aktarımı

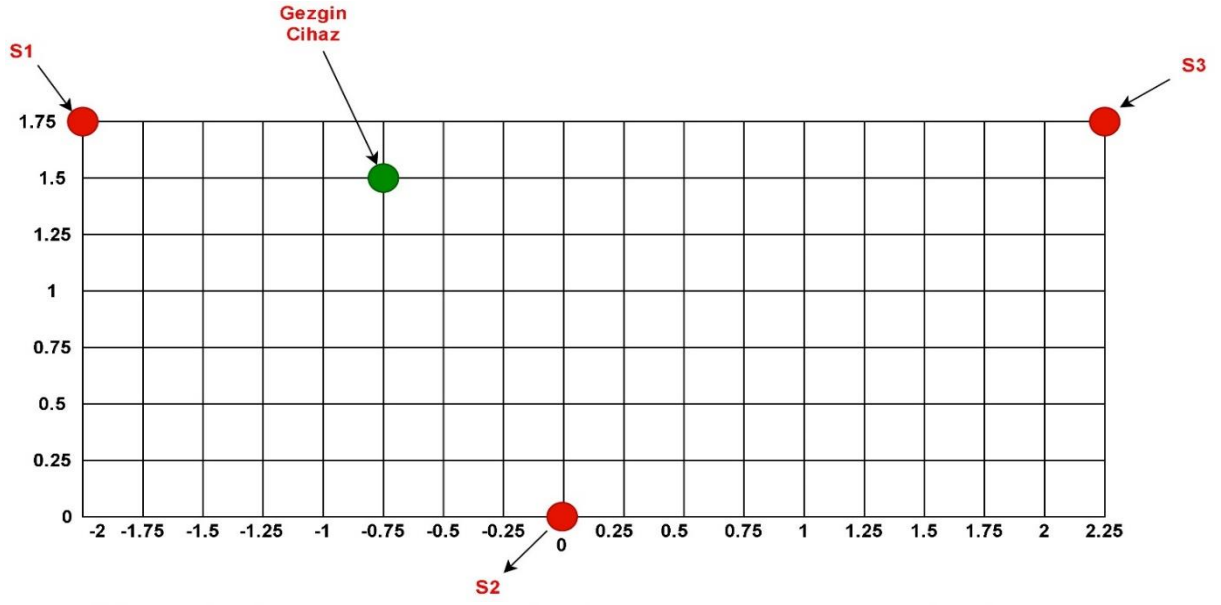
BÖLÜM 4

SİSTEM TASARIMI VE UYGULANMASI

Bu tez çalışmasında iç ortamda konumlandırma yapabilmek için RSSI sinyalleri yardımı ile parmak izi yöntemi kullanılarak konum belirleme işlemi yapılmıştır. Üç ayrı yöntem incelenmiştir. İlk olarak üçgenleme yöntemi kullanılarak konum belirleme işlemi yapılmıştır. İkinci olarak YSA ile veri setleri eğitilmiştir daha sonradan konum belirleme işlemi yapılmıştır. Üçüncü ve son olarak konumu belirlenecek olan ortam 4 ve 16 alana bölünerek SVM yardımı ile sınıflandırma yapıldıktan sonra veri setleri YSA ile eğitilip konum belirleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Üç ayrı yöntem ayrı ayrı incelendikten sonra aynı ortamdaki konum doğrulukları karşılaştırılmıştır. Daha sonradan gezgin cihaz için konum takibi yapılmıştır. 3 ayrı yöntem için de bu takip işlemi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.1 DENEYSEL ORTAMININ SEÇİLMESİ VE UYGULAMANIN GERÇEKLENMESİ

İlk olarak konumlandırma yapılacak ortam belirlenmiştir. Ortam olarak Bülent Ecevit Üniversitesi mühendislik fakültesi haberleşme laboratuvarı yanında bulunan koridor seçilmiştir. Deneyin yapılacağı ortam belirlendikten sonra ortamın 4.25 x 1.75 m'lik alanında 0,25 cm aralıklarla veri alınacak noktalar belirlenmiştir. 3 sabit cihaz yerleştirilmiş ve gezgin cihaz işaretlenen noktalarda gezdirilecek şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



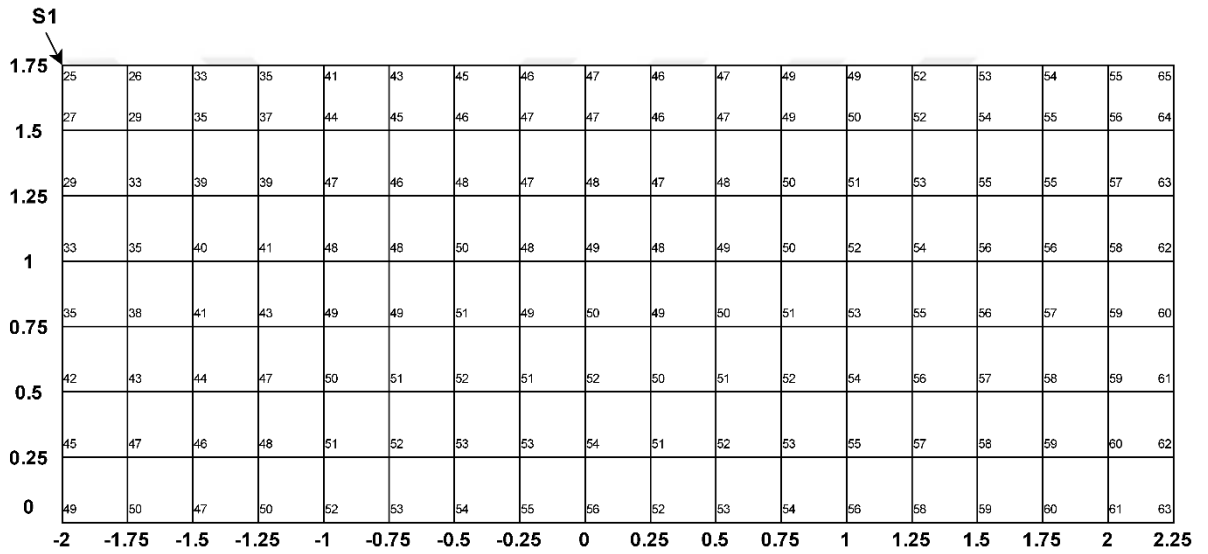
Şekil 4.1 Ortamın parmak izi yöntemi ile aralıklara bölünmüş halinin bilgisayar ortamında gösterilmesi.



Şekil 4.2 Konumu belirlenecek olan ortam parmak izi yöntemi ile aralıklara bölünmüştür.

4.2 ORTAMIN RADYO HARİTASININ OLUŞTURULMASI VE VERİ SETLERİNİN TOPLANMASI

Bu bölümde çevrim dışı bir şekilde parmak izi yöntemi ile radyo haritası çıkarılma işlemi yapılmıştır. Gezin cihazın 0,25 cm aralıklarla belirlenen alan içerisinde gezdirilmesi sırasında sabit cihazlara gelen RSSI verileri kaydedilmiştir. Ortamın radyo haritası çıkarılmış ve kullanılacak yöntemlerin hepsinde bu data seti kullanılmıştır. Şekil 4.3'te 144 sabit nokta için sabit birinci cihazın (S1) radyo haritası gösterilmektedir. Diğer 2 sabit cihaz için de radyo haritaları oluşturulmuştur.

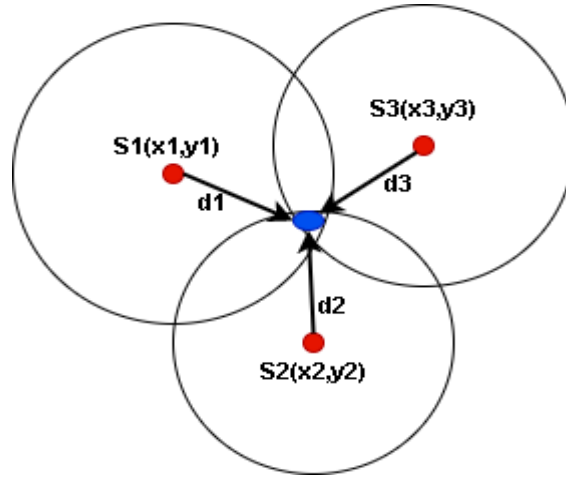


Şekil 4.3 S1 sabit cihazı için ortamın radyo haritası.

4.3 DENEYSEL ORTAMDA KONUM BELİRLEMEK İÇİN UYGULANAN YÖNTEMLER

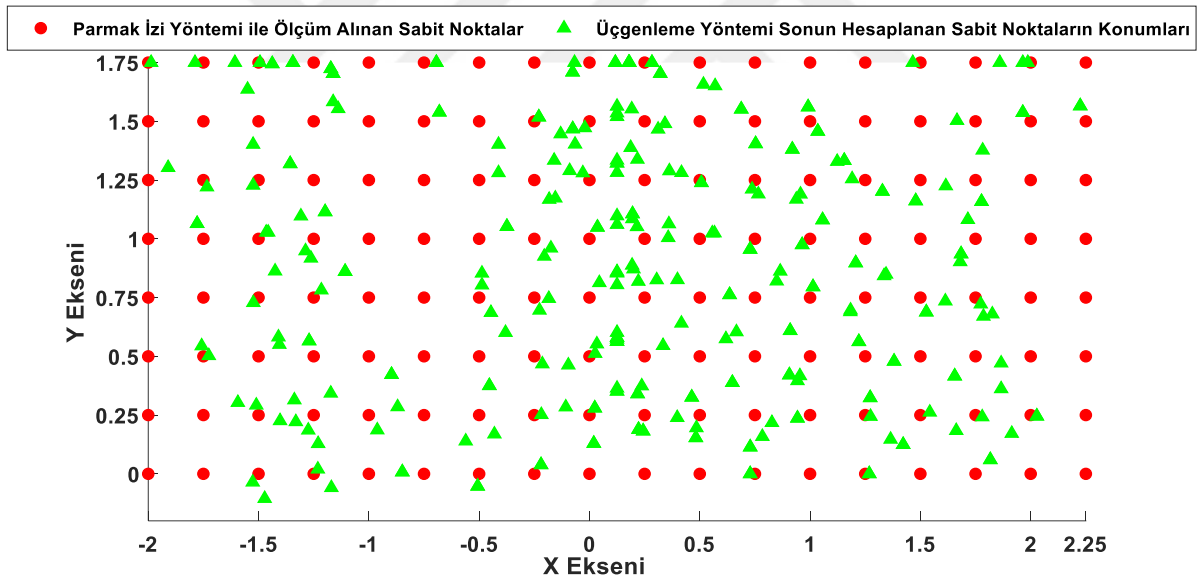
4.3.1 Üçgenleme Yöntemi ile Konum Belirleme

İç mekanlarda, gezgin cihazdan sabit cihazlara gelen RSSI sinyalleri ile gezgin cihazın konumunu belirlemek için literatürde sıklıkla kullanılan üçgenleme yöntemi Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4 Üçgenleme yöntemi.

Bölüm 2'deki üçgenleme yönteminde verilen denklemler kullanılarak sabit noktaların konumları ve parmak izi yöntemi ile ölçüm alınan sabit noktaların konumları Şekil 4.5'te verilmiştir.



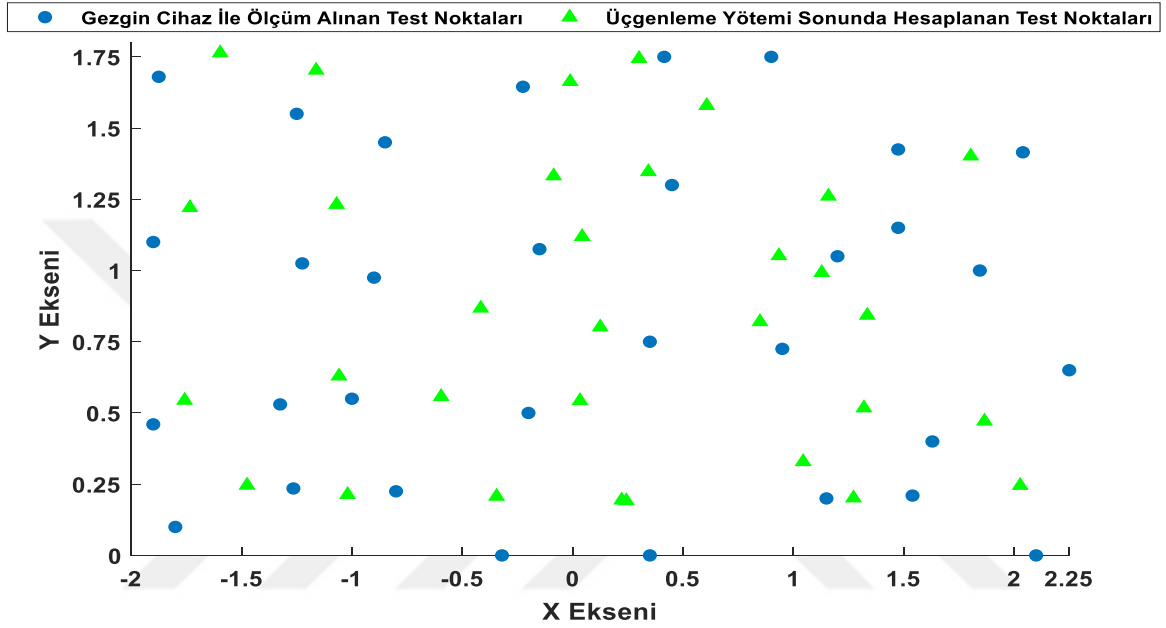
Şekil 4.5 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan konumlar.

Üçgenleme yöntemiyle hesaplanan konumlar ile gerçek konum bilgileri denklem 4.1 ile hesaplanmıştır.

$$\sqrt{(\tilde{x} - x)^2 + (\tilde{y} - y)^2} \quad (4.1)$$

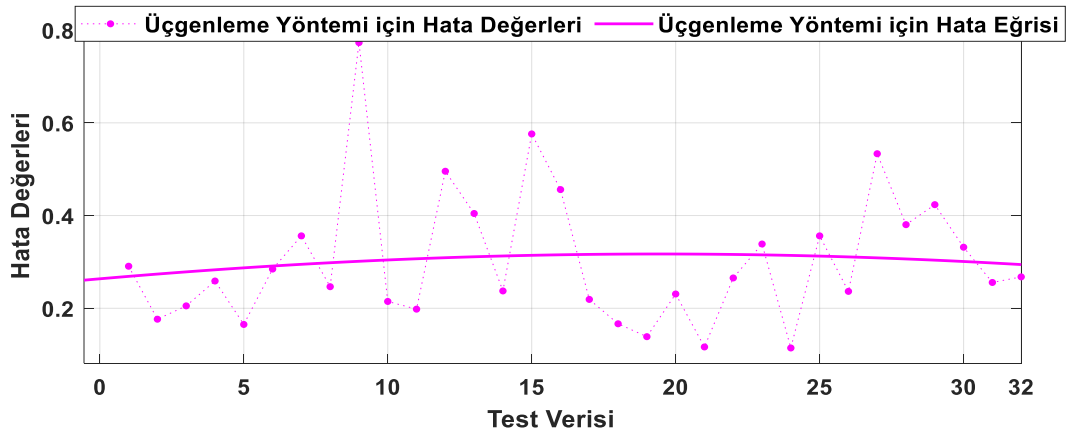
Burada (x,y) üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan konum bilgisi, $(\tilde{x}, \tilde{y})$ ise parmak izi ile belirtilen gerçek konum bilgisi olarak belirtilmektedir.

Daha sonradan sabit noktalarda olmayacak şekilde gezgin cihaz ile 32 test noktasının konum bilgileri ve RSSI verileri alınmıştır. Bu 32 test noktası üçgenleme yöntemi ile tekrardan hesaplanmıştır ve elde edilen konum bilgileri Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Gezin cihaz ile alınan test noktaları ve üçgenleme yöntemi ile hesaplanan test noktaları.

32 test noktası ile üçgenleme yöntemi sonunda elde edilen hata değerleri denklem 4.1 yardımı ile hesaplanmış ve Şekil 4.7’de gösterilmektedir.

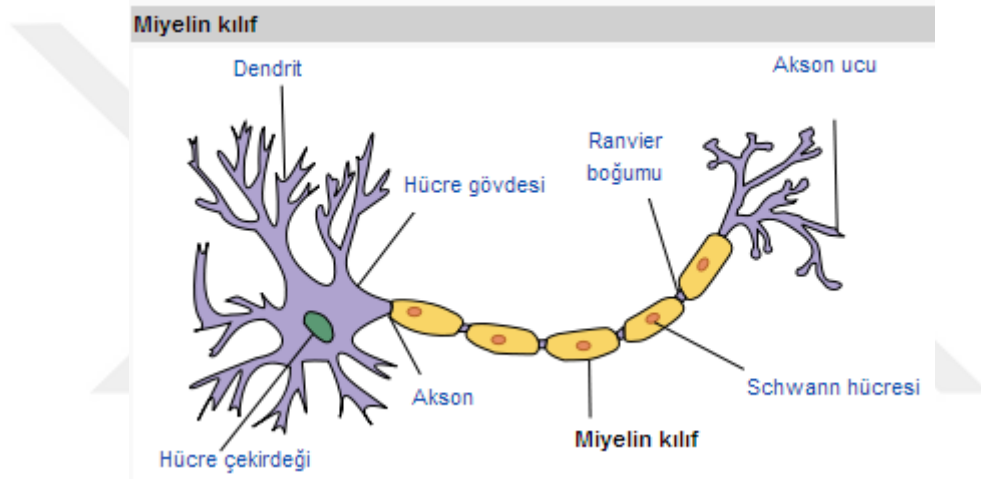


Şekil 4.7 Üçgenleme yöntemi ile hesaplanan test noktalarının hata değerleri ve ortalama hata eğrisi.

Üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan Maksimum hata 0.7732 m, minumum hata 0.1144 m ve ortalama hata 0.3036 m'dir.

4.3.2 Yapay Sinir Ağları ile Konum Belirleme

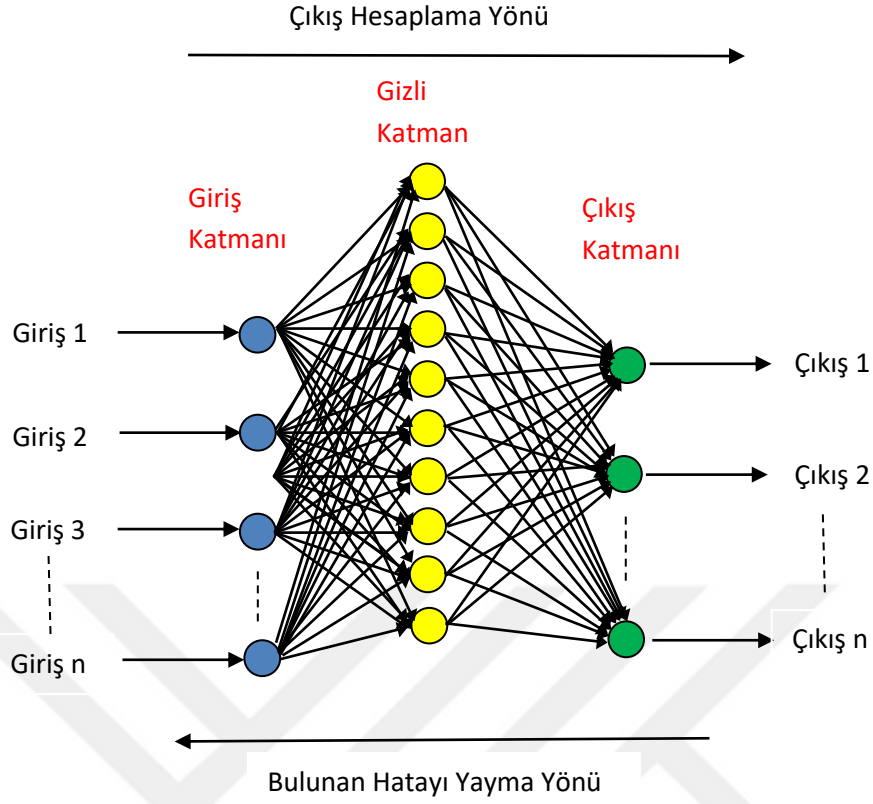
İnsan beynindeki yapıdan yola çıkılarak modelleme yapılan bir yapıdır. İnsan beynindeki sinir hücrelerinin yapılarına benzer bir şekilde yapay sinir hücreleri de birbirine belirli bir ağırlık değerleri ile yapay sinir ağı bağlantısını oluşturur. Şekil 4.8'de insan sinir hücresinin yapısı görülmektedir [63].



Şekil 4.8 İnsan sinir hücresinin yapısı.

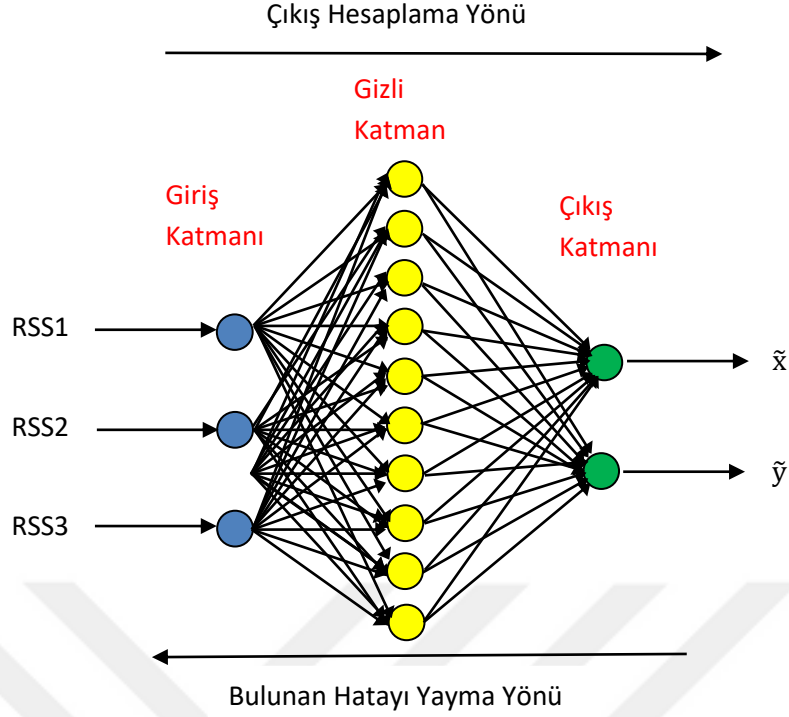
Yapay sinir ağları istenilen bir örnekle ilgili veri toplama işlemi, genelleme, sınıflandırma ve daha sonra da hiç görmediği bilgileri birbiri ile karşılaştırır. Karşılaştırma işleminden sonra öğrendiği yeni bilgileri kullanarak o örnek hakkında karar verebilmektedir. Yapay sinir ağları öğrenme yeteneği ve genelleme yapabilme özelliği sayesinde farklı alanda uygulaması yapılmakta ve karmaşık problemleri başarılı bir şekilde çözebilmektedir.

Yapay sinir ağları için çok katmanlı algılayıcıda, girdi katmanı, bir ara ya da gizli katman ve çıkış katmanından oluşur. YSA oluşturulurken öncelikle ağın topolojisi belirlenmeli daha sonra eğitim algoritması doğru seçilmeli ve eğitim için veri setlerinin oluşturulması gerekmektedir. Şekil 4.9'da birçok katmanlı algılayıcı (ÇKA) için yapay sinir ağı topolojisi gösterilmektedir.



Şekil 4.9 Çok katmalı yapay sinir ağı modeli.

Gezgin cihazdan sabit cihaza gelen RSSI değerleri ile Yapay Sinir Ağı kullanılarak gezgin cihazın konum kestirimi yapılmaktadır. Yapay sinir ağında çeşitli eğitim modelleri bulunmaktadır. Literatürde fazlasıyla kullanılan model çok katmanlı algılayıcıdır [64]. Bu çalışmada, Şekil 4.10’da gösterilen ÇKA modeli kullanılmıştır.



Şekil 4.10 Çok katmanlı YSA modeli.

ÇKA ağında, bir giriş katmanı, istenilen sayıda ara katman ve bir çıkış katmanı bulunmaktadır. ÇKA ağı eğitilirken, farklı algoritmalar kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan algoritma ileri yayılım algoritması kullanılmıştır. İleri yayılım algoritmasında giriş ile çıkış değerleri hesaplanır ve istenilen sonuca ulaşana kadar geri yayılım ile çıkıştaki değerler güncellenir. Eğitim işlemleri istenilen sonuca ulaşıldıktan sonra test aşamasında ise çıkış hesaplama yönü ile sadece çıkıştaki değerler hesaplanır [64].

Kullanılan YSA yönteminde, ilk olarak 144 sabit noktadan elde edilen RSSI değerleri ve sabit noktaların koordinat bilgileri kullanılarak çevrimdışı eğitim yapılmıştır. Çevrimdışı eğitim yapılırken 4.25m x 1.75m'lik ortam 0,25 cm aralıklar ile 144 nokta belirlenmiş ve ortam üzerinde işaretlenmiştir. Her noktadan 2 kere RSSI verisi alma işlemi yapılmıştır. 288 veri elde edilmiştir. Her veri içerisinde sabit cihazlarda okunan 3 farklı RSSI verisi mevcuttur. Toplamda 288x3=864 RSSI verisi bulunmaktadır. Elde edilen RSSI değerleri, YSA eğitilmesi sırasında sisteme giriş olarak verilmiştir. Sistemin çıkışında ise YSA eğitimi sonrasında bulunan ($\tilde{x}$, $\tilde{y}$) koordinatlardır.

Elde edilen RSSI verileri içerisinde rastgele olarak %70'lik veri eğitim, %30'luk veri ise test için ayrılmıştır. Önerilen model parametrelerini elde etmek için birçok deneme yapılmıştır. Bütün

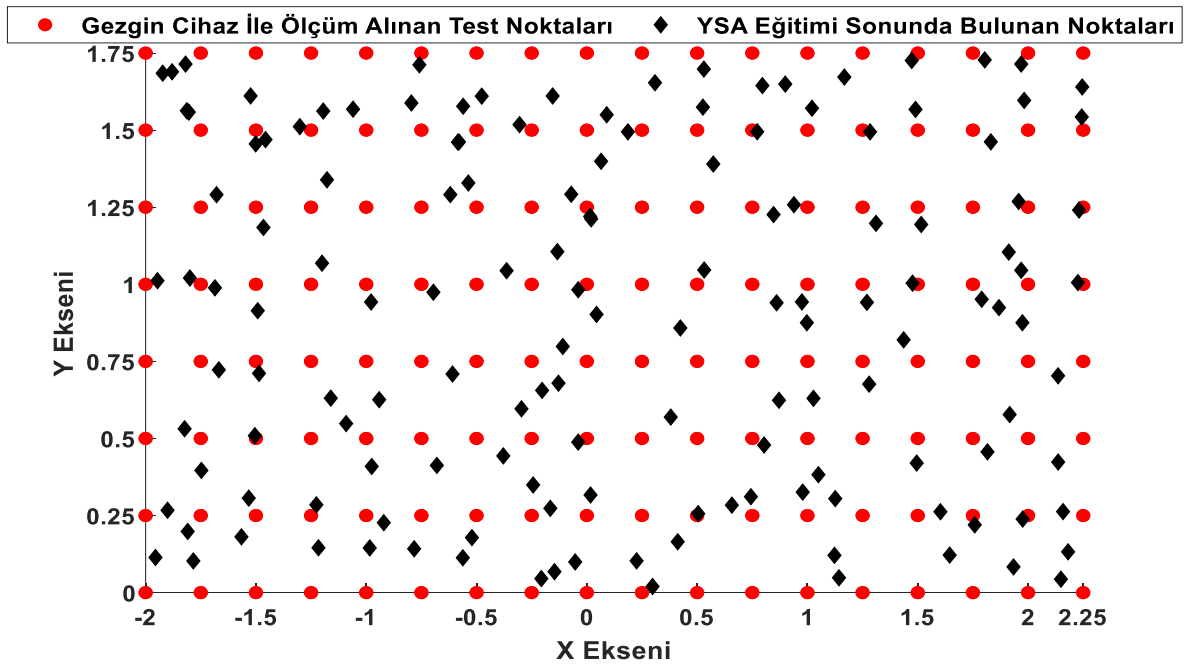
denemeler sonunda elde edilen farklı ağ modelleri ve performans sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Farklı ÇKA modelleri ve performans sonuçları.

Model	Aktivasyon Fonksiyonu	Gizli Katman	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	Performans Değerleri		
				Eğitim R Oranı	Test R Oranı	Ortalama Karesel Hata
1	Tansig-Tansig	1	10	0.99014	0.98932	0.023035
2	Tansig-Log	1	10	0.89168	0.90235	0.34388
3	Log-Log	1	10	0.89761	0.89002	0.52101
4	Log-Tansig	1	10	0.99076	0.98592	0.032352
5	Log-Log-Log	2	10-1	0.82126	0.84419	0.42715
6	Tansig-Log-Log	2	10-1	0.81698	0.83499	0.4798
7	Tansig-Tansig-Log	2	10-1	0.75529	0.7156	0.5781
8	Tansig-Tansig-Tansig	2	10-1	0.65523	0.7154	0.83808

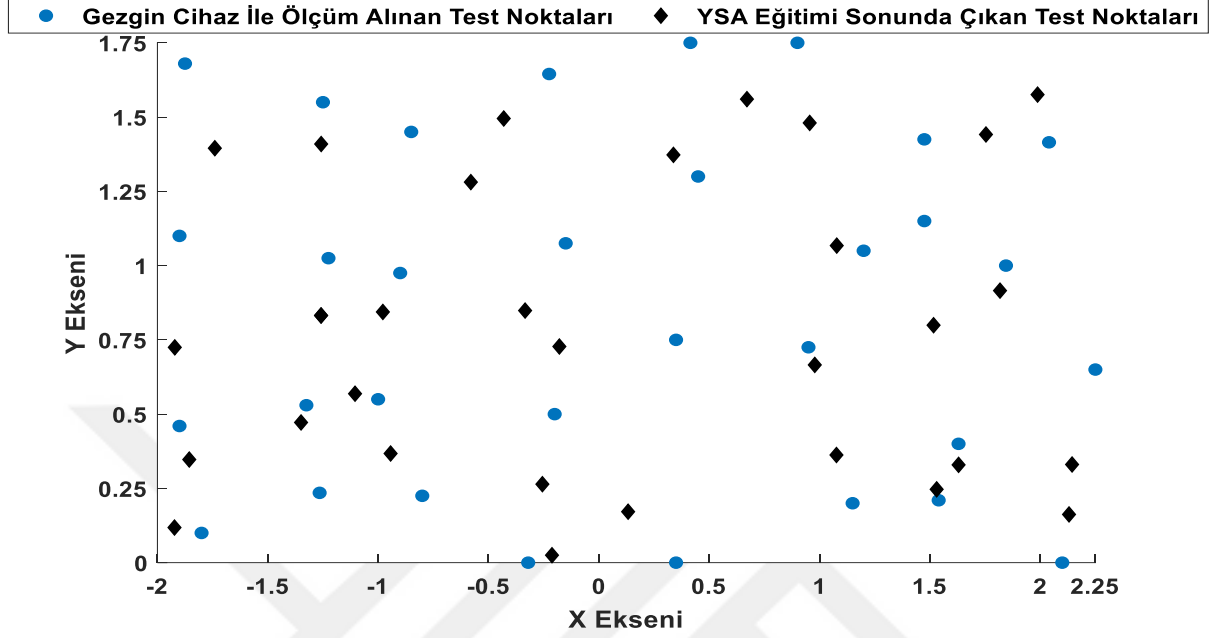
Çizelge 4.1 incelendiğinde en düşük hata oranını veren eğitim ve test R oranları sırasıyla 0,99014, 0.98932 olan ve ortalama hata oranı ise 0.002305 olan ÇKA modeli seçilmiştir.

Parmak izi yönteminde çevrimdışı elde edilen 144 sabit nokta ile çevrimiçi YSA eğitimi sonunda elde edilen 144 sabit noktanın konumları Şekil 4.11’de gösterilmektedir.



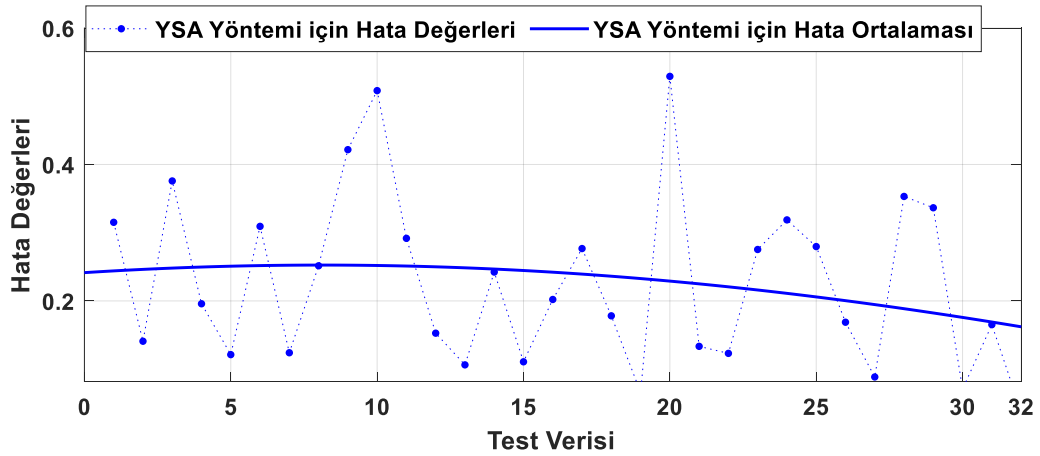
Şekil 4.11 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve YSA eğitimi sonunda bulunan konumlar.

Gezgin cihaz ile belirlenen noktalarda alınan 32 test noktası ile YSA yöntemi sonunda bulunan test noktaları Şekil 4.12’de gösterilmektedir.



Şekil 4.12 Gezgin cihaz ile alınan test noktaları ve YSA eğitimi sonunda bulunan test noktaları.

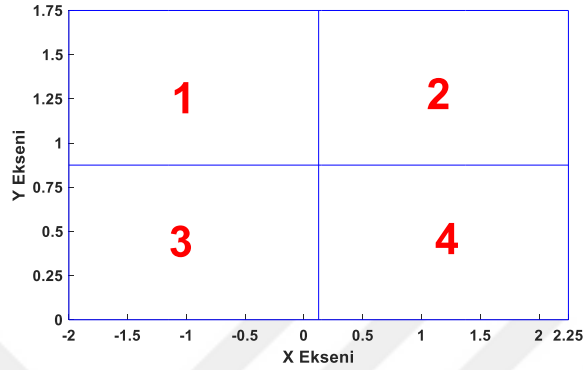
YSA ile bulunan test noktalarının hata değerleri Şekil 4.13’te gösterilmektedir. Maksimum hata 0.5391 m, minimum hata 0.0379 m ve ortalama hata 0.2272 m’dir.



Şekil 4.13 YSA eğitimi sonunda bulunan test noktalarının hata değerleri ve ortalama hata eğrisi.

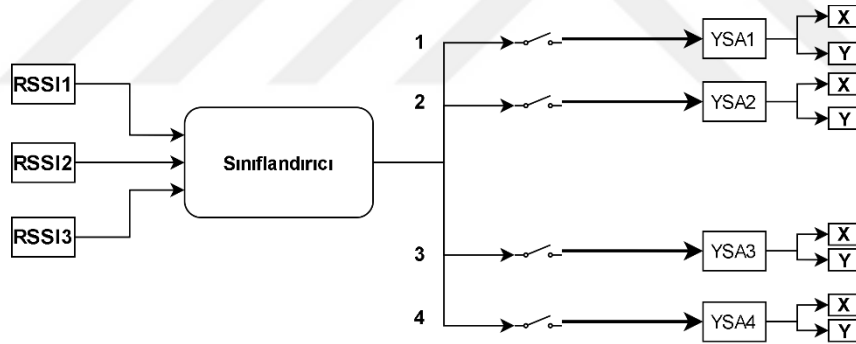
4.3.3 4 Bölge Dinamik YSA ile Konum Tespiti

4 Bölge dinamik YSA için öncelikle ortam 4 hücreye ayrılmıştır ve Şekil 4.14’te gösterilmektedir.



Şekil 4.14 4 hücreye için ortamın şekli

Ortam hücelere ayrılma işleminden sonra şekil 4.15’te gösterilen blok şeması izlenmiştir.



Şekil 4.15 4 bölge dinamik YSA için blok şeması.

Kullanılan Blok Şemasına göre gezgin cihazda okunan RSSI değerleri bir sınıflandırıcıya girmektedir ve sınıflandırıcı eğitimi sonunda 4 bölge dinamik YSA için %94,4’lük doğruluk oranı ile sınıflandırma yapılmıştır ve hata matrisi (Confusion Matrix) Şekil 4.16’da gösterilmektedir [65].

1	100%			
2		86%	6%	
3		14%	94%	
4				100%

Gerçek
Sınıf

Doğru Öğrenme Oranı

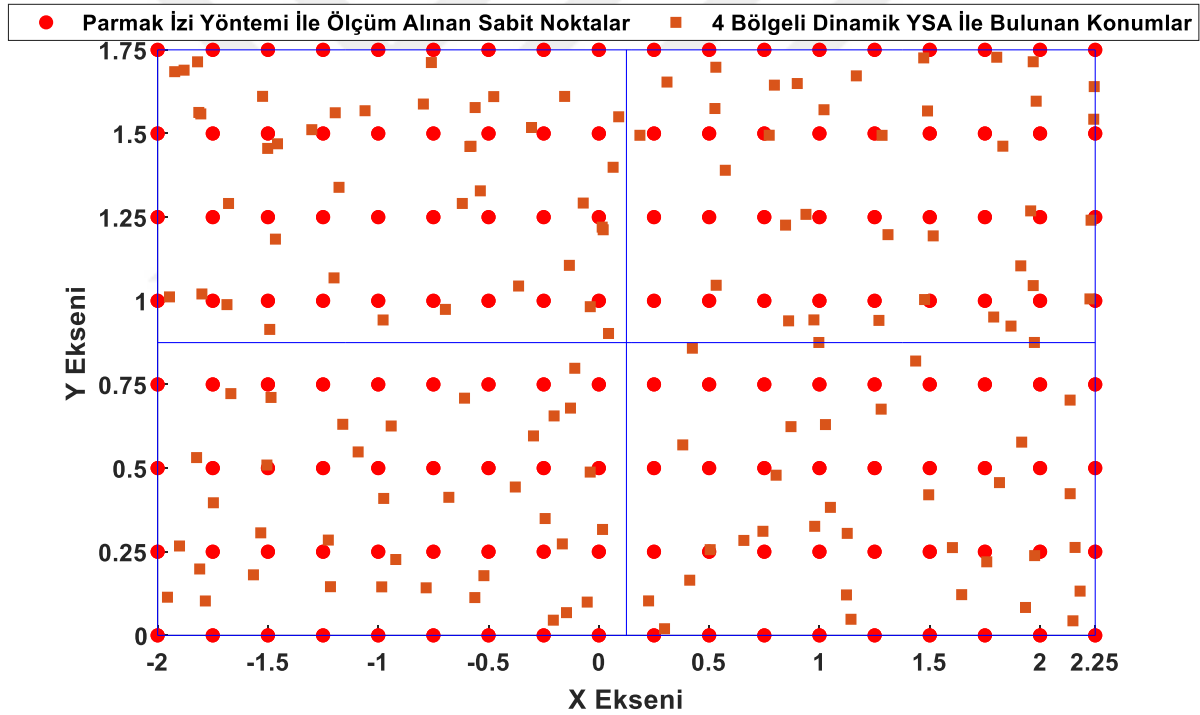
100%	86%	94%	100%
------	-----	-----	------

Yanlış Öğrenme Oranı

1	2	3	4
---	---	---	---

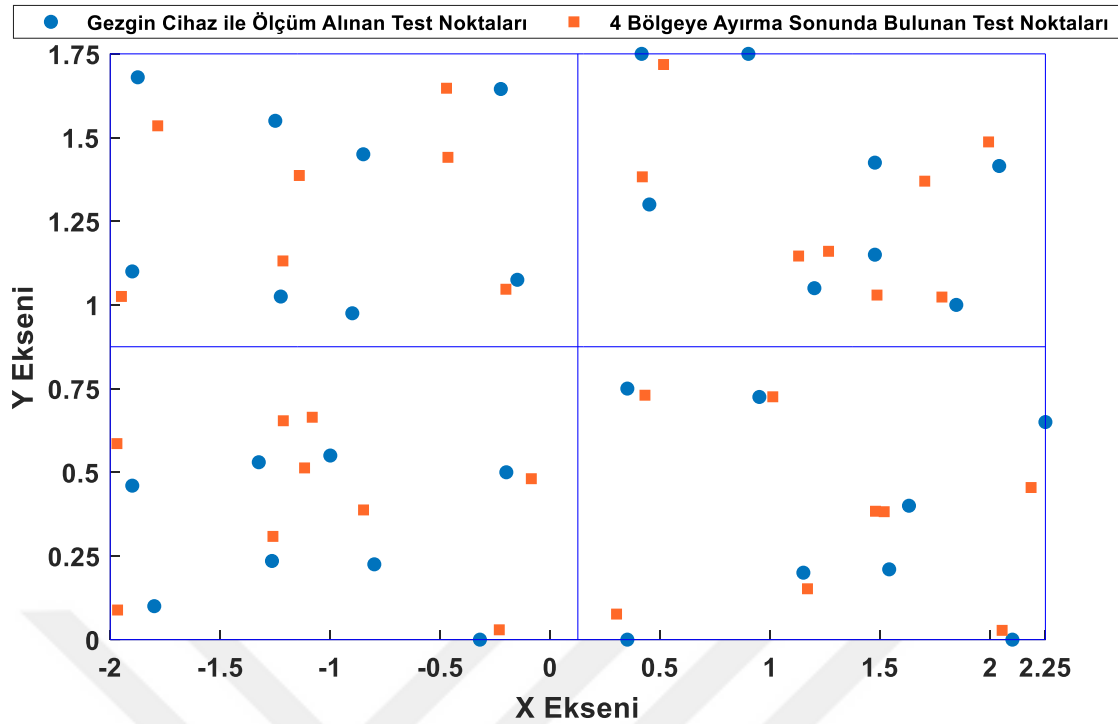
Şekil 4.16 4 hücre için hata matrisi.

4 bölgeye ayırma işleminden sonra çevrimdışı parmak izi yönteminde elde edilen sabit noktalar sınıflandırıcıdan geçirildikten sonra ayrı ayrı YSA ile eğitim işlemi yapılmıştır ve sabit noktaların bulunan konumları Şekil 4.17’de gösterilmektedir.



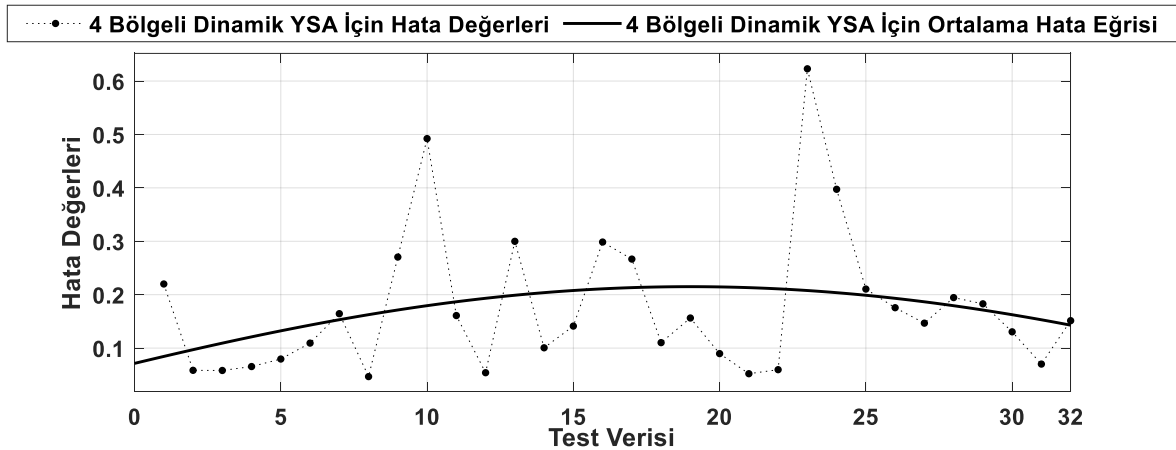
Şekil 4.17 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve 4 bölgeye dinamik YSA eğitimi sonunda bulunan konumlar.

Daha sonradan üçgenleme ve YSA yönteminde de olduğu gibi 32 test verisi 4 hücreli dinamik YSA modelinde de denenmiştir. 32 test verisi öncelikle sınıflandırıcıdan geçirildikten sonra her bölge için sisteme giriş olarak verilmiştir ve çıkışta 32 test verisinin konumları elde edilmiştir. Şekil 4.18’de 32 test verisi için 4 bölgeye dinamik YSA sonunda elde edilen konumlar gösterilmektedir.



Şekil 4.18 Gezgin cihaz ile ölçüm alınan test noktaları ve 4 bölgeye dinamik YSA sonunda elde edilen test noktaları.

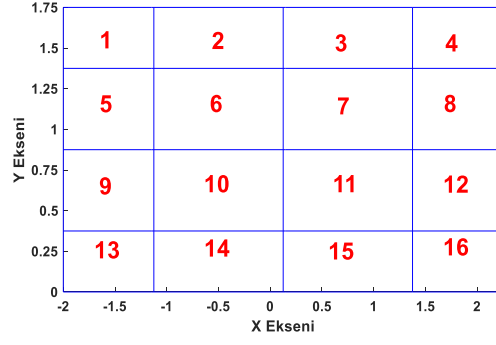
32 test verisi için hata değerleri denklem 4.1 yardımı ile hesaplanmıştır. Maksimum hata 0.6933 m, minimum hata 0.0516 m ve ortalama hata 0.1605 m'dir. Şekil 4.19'da gösterilmektedir.



Şekil 4.19 4 bölgeye dinamik YSA için ortalama hata ve hata değerleri.

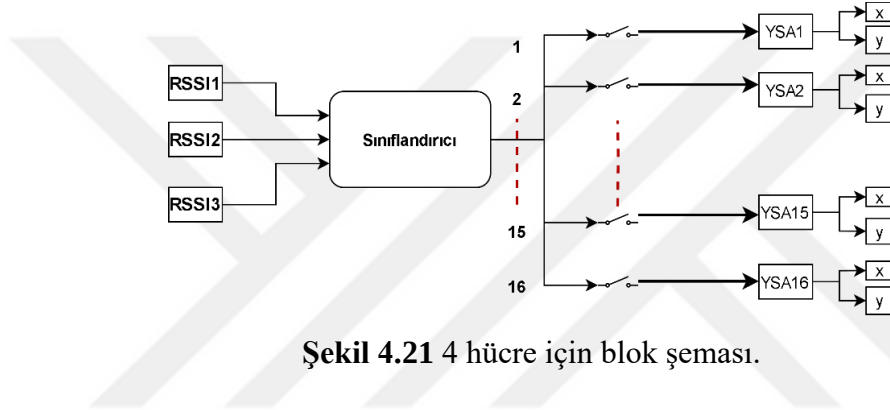
4.3.4 16 Bölgeye Dinamik YSA ile Konum Tespiti

16 bölgeye dinamik YSA ise 4 bölgeye dinamik YSA da olduğu gibi öncelikle ortam 16 hücreye ayrılmıştır ve Şekil 4.20'de gösterilmektedir.



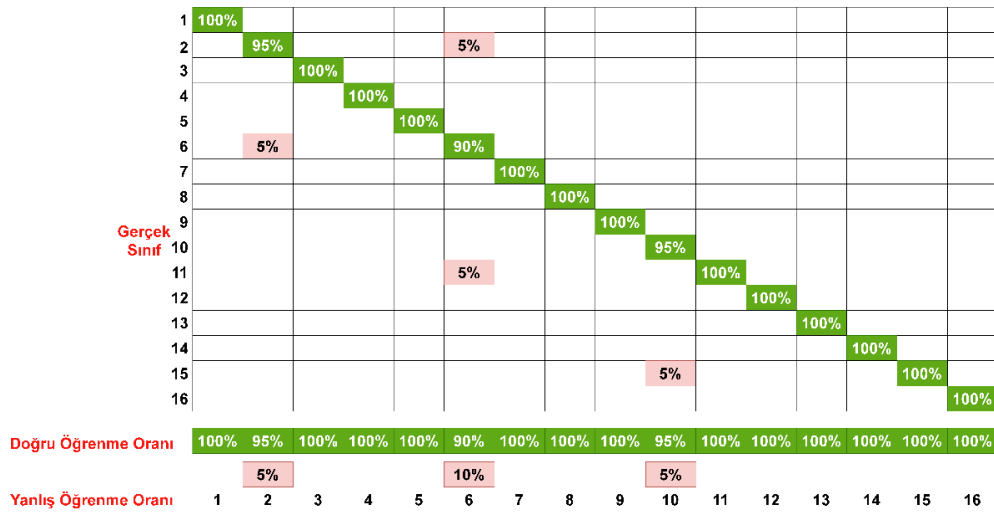
Şekil 4.20 16 hücre için ortamın gösterimi.

16 hücreye ayrılma işleminden sonra Şekil 4.21’de verilen blok şeması izlenmiştir.



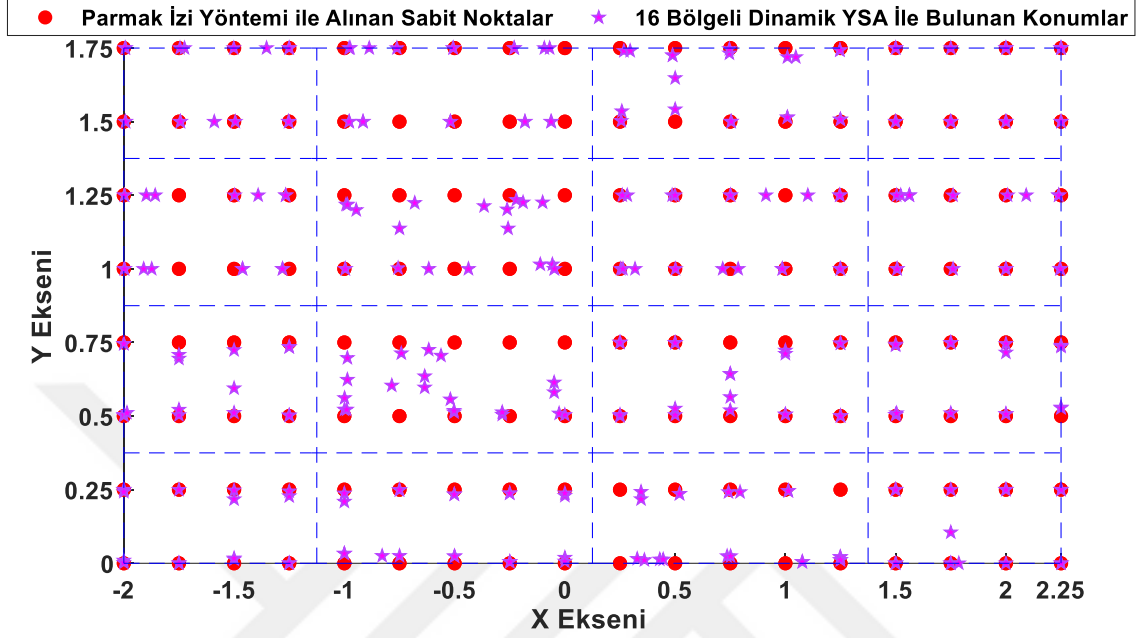
Şekil 4.21 4 hücre için blok şeması.

Şekil 4.21’de kullanılan blok şemasında gezgin cihazdan sabit cihazlara gelen RSSI değerleri sisteme giriş olarak verilmiştir. Girişler bir sınıflandırıcıdan geçirilmiştir. Sınıflandırıcı eğitimi sonunda 16 bölgeli dinamik YSA için %98,6’lık doğruluk oranı ile sınıflandırma yapılmıştır ve hata matrisi Şekil 4.22’de gösterilmektedir [65].



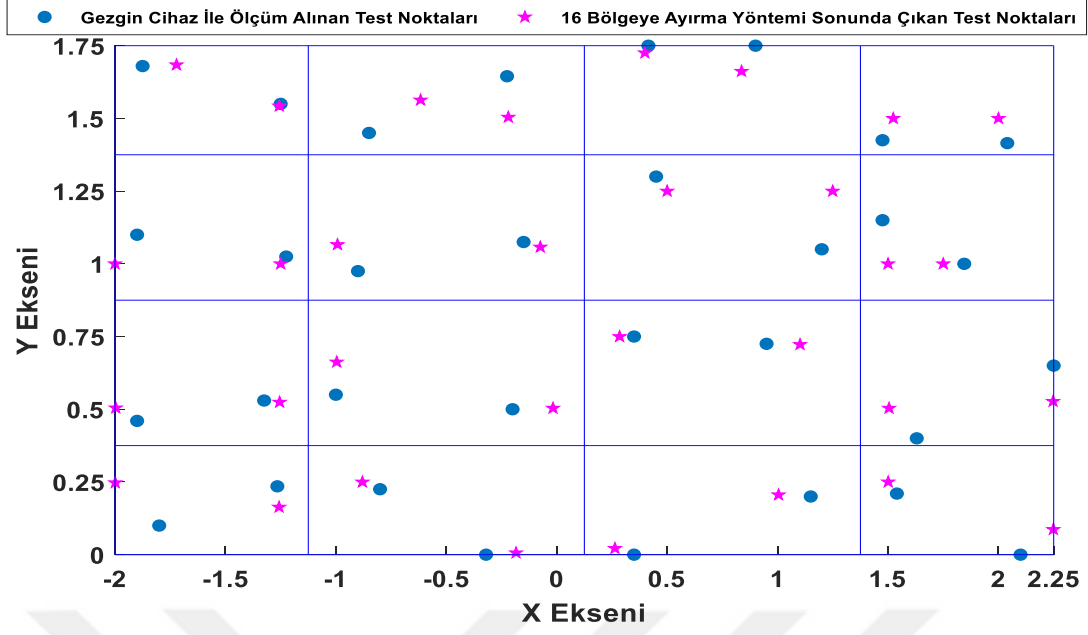
Şekil 4.22 16 hücre için hata matrisi.

16 bölgeye ayırma işleminden sonrası çevrimdışı parmak izi yönteminde elde edilen sabit noktalar sınıflandırıcıdan geçirildikten sonra ayrı ayrı YSA ile eğitim işlemi yapılmıştır ve sabit noktaların bulunan konumları Şekil 4.23'te gösterilmektedir.



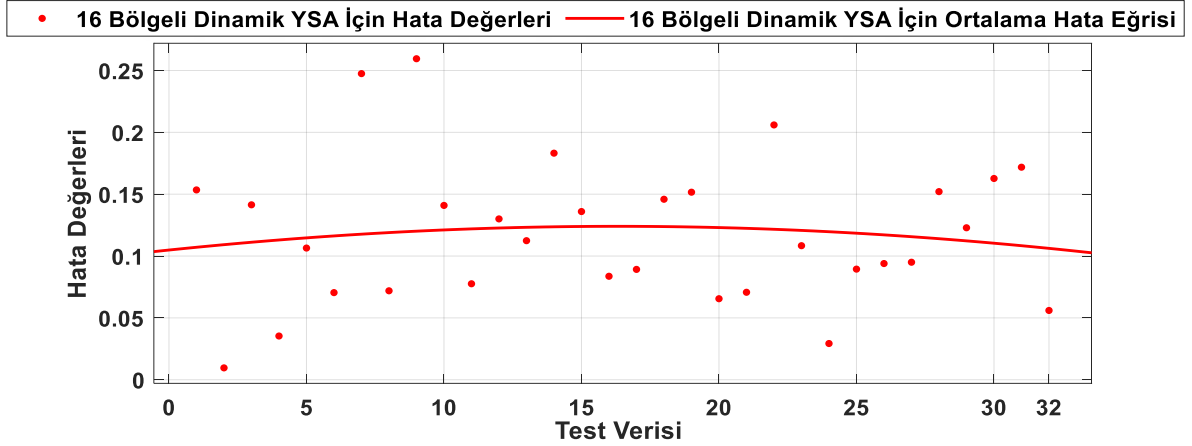
Şekil 4.23 Parmak izi yönteminde ölçüm alınan sabit noktalar ve 16 bölgeyi dinamik YSA eğitimi sonunda bulunan konumlar.

Sabit noktaların konumları bulunduktan sonra test işlemine geçilmiştir. Üçgenleme, YSA ve 4 hücre için gerçekleştirilen test işlemleri bu adımda da denenmiştir. 32 test verisi sistemin girişine verilmiştir ve sınıflandırıcıdan geçirildikten sonra çıkışta elde edilen konumlar Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Gezinin cihaz ile ölçüm alınan test noktaları ve 16 bölgeye ayırma yöntemi sonunda elde edilen test noktaları.

32 test verisi için hata değerleri denklem 4.1 yardımı ile hesaplanmıştır. Maksimum hata 0.2595 m, minimum hata 0.0096 m ve ortalama hata 0.1178 m'dir. Şekil 4.25'te gösterilmektedir.



Şekil 4.25 16 bölgeye ayırma yöntemi için ortalama hata ve hata değerleri.

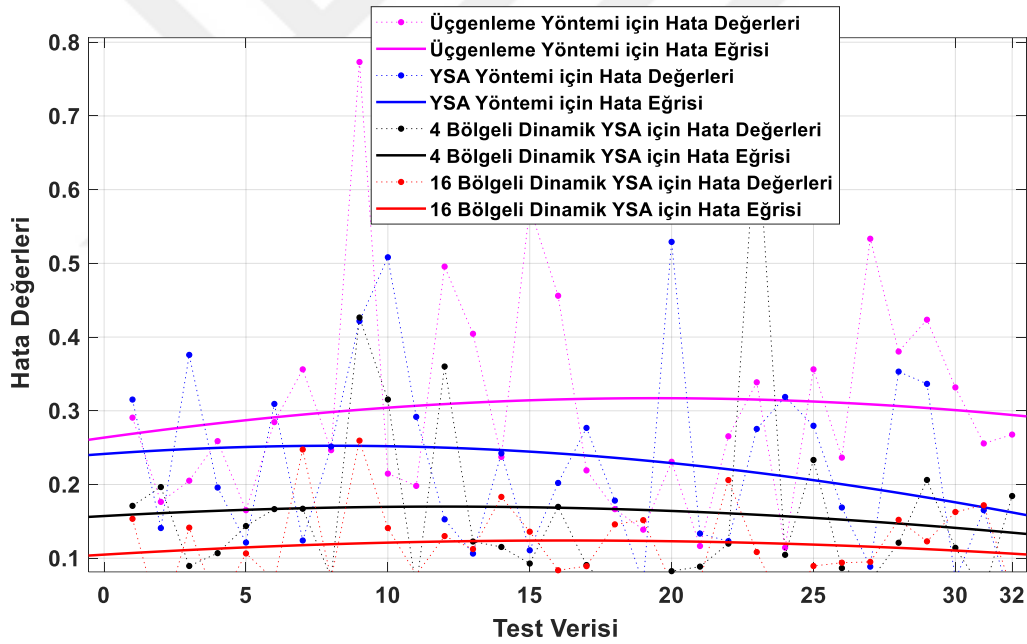
4.4 KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çizelge 4.2'de, kullanılan üç farklı yöntem için 32 test noktası ile elde edilen minimum, maksimum ve ortalama hata değerleri verilmiştir. Şekil 4.26 ve Çizelge 4.2'den de anlaşılacağı gibi literatürde sıklıkla kullanılan üçgenleme yönteminde hem hata değerleri hem de ortalama hatalar diğer tüm yöntemlere göre çok daha kötüdür. İkinci yöntem olan bölgelere ayırma

olmadan kullanılan YSA yönteminde, maksimum hata değeri 4 bölgeli dinamik YSA modeline göre iyi olsa da ortalama hata değerleri daha kötüdür. Bölge sayısının artırılması ile oluşan maksimum hata değerinin azalmasını sağlamaktadır. 16 bölgeli dinamik YSA modeli denendiğinde, üçgenleme ve bölgelere ayrılmadan kullanılan YSA modeline göre sırasıyla maksimum hata açısından %197, %103 ve ortalama hata açısından %157, %92 performans artışı gözükmemektedir.

Çizelge 4.2 32 farklı test verisi için hatalar.

Yöntem	Min Hata (m)	Max Hata (m)	Ortalama Hata (m)
Üçgenleme	0.1144	0.7732	0.3036
YSA	0.0379	0.5291	0.2272
4 Bölgeli Dinamik YSA	0.0516	0.6933	0.1605
16 Bölgeli Dinamik YSA	0.0096	0.2595	0.1178

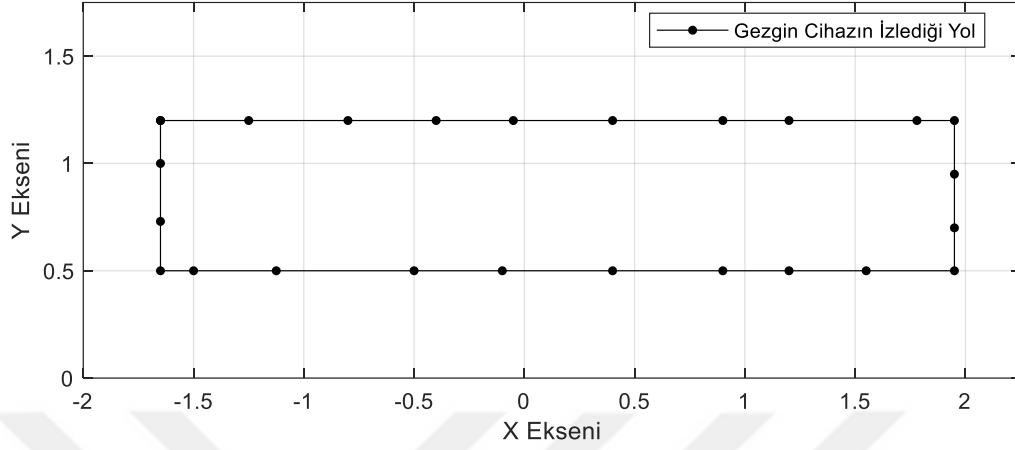


Şekil 4.26 32 farklı test verisi için hatalar.

4.5 DENEYSEL ORTAMDA HAREKETLİ GEZGİN CİHAZIN TAKİBİ VE UYGULANAN YÖNTEMLER

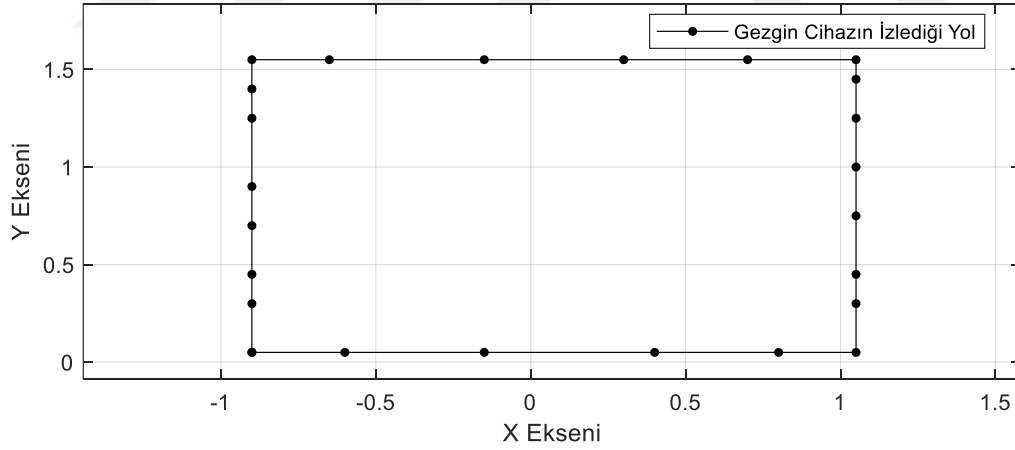
Gezgin cihazın konum takibi yapılabilmesi için öncelikle belirli güzergâh üzerinde gezgin cihazın gezdirilmesi sırasında sabit cihazlara gelen RSSI verilerinin kaydedilmesi ile iki ayrı yol için veri setleri oluşturulmuştur.

Şekil 4.27’de X: -1.65 ile 1.95 Y:0.5 ile 1.2 noktaları arasında gezgin cihazın gezdirilmesi ile birinci güzergah için data seti oluşturulmuştur.



Şekil 4.27 Gezgin cihazın izlediği birinci yol.

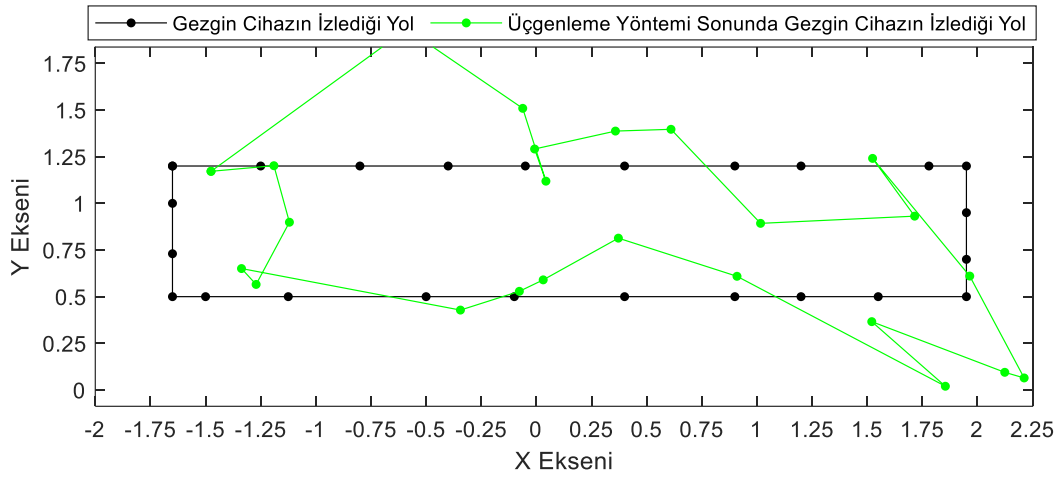
Şekil 4.28’de X: -0.9 ile 1.05 Y:0.05 ile 1.55 noktaları arasında gezgin cihazın gezdirilmesi ile ikinci güzergah için data seti oluşturulmuştur.



Şekil 4.28 Gezgin cihazın izlediği ikinci yol.

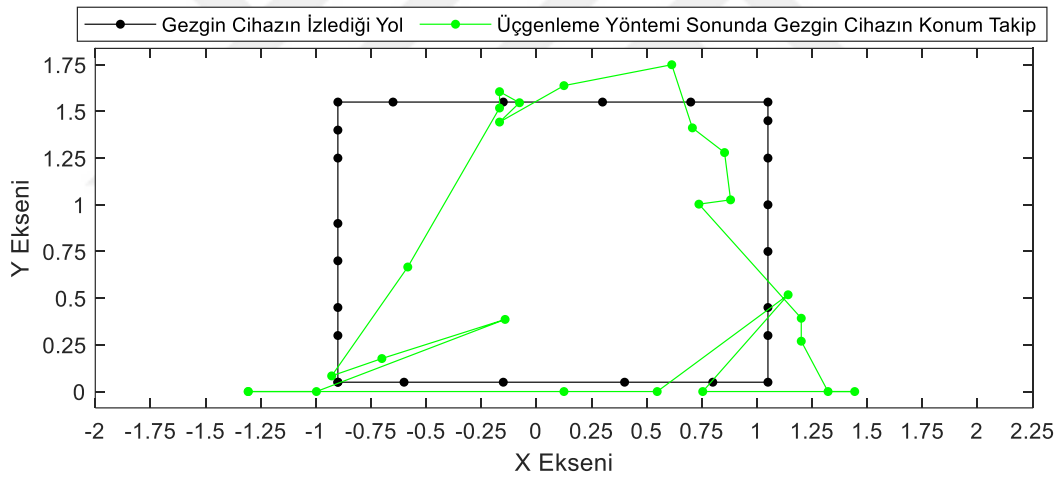
4.5.1 Üçgenleme Yöntemi ile Konum Takibi

Üçgenleme yönteminde, gezgin cihazın bulunduğu her noktanın RSSI değerleri denklem 2.1 yardımı ile hesaplanmıştır ve hesaplanan her noktanın koordinat bilgileri kaydedilmiştir. Gezgin cihazın X: -1.65 ile 1.95 Y:0.5 ile 1.2 ve üçgenleme yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.29 Gezinin cihazın izlediği yol ve üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

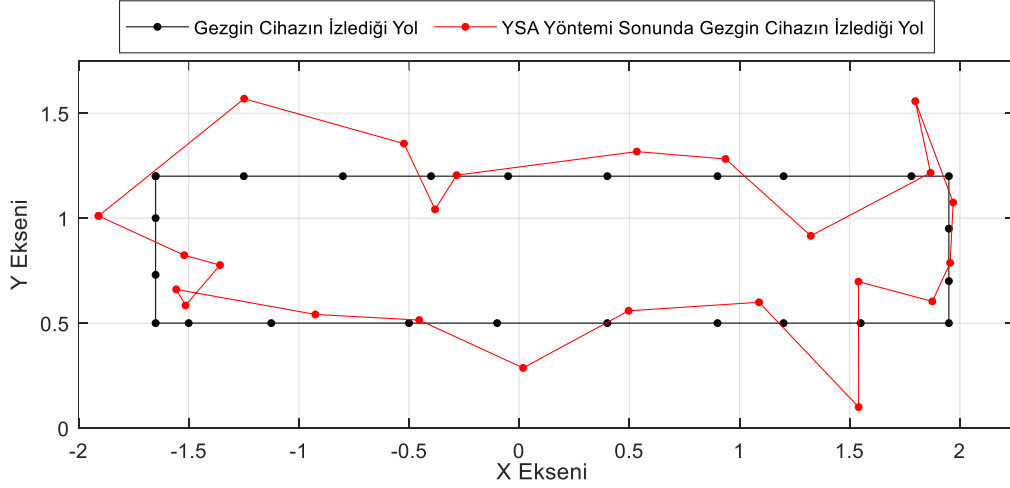
Gezinin cihazın X: -0.9 ile 1.05 Y:0.05 ile 1.55 ve üçgenleme yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30 Gezinin cihazın izlediği yol ve üçgenleme yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

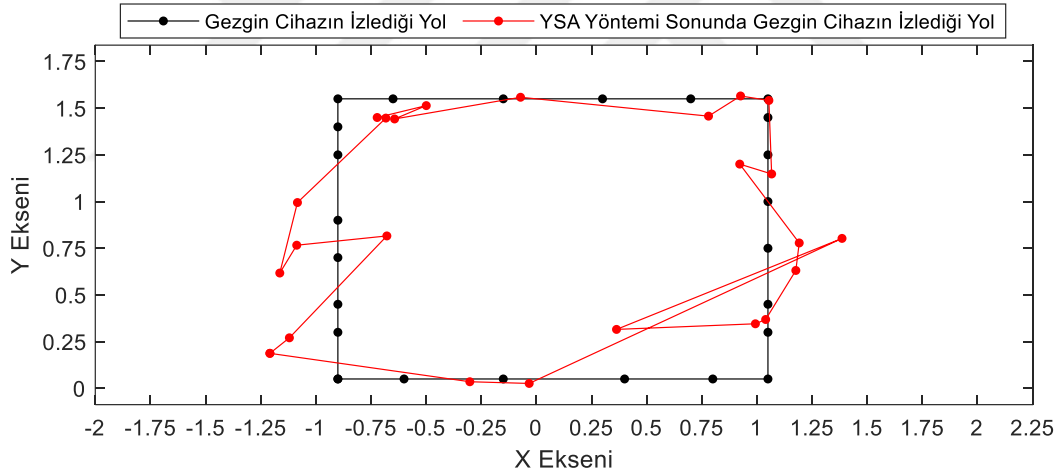
4.5.2 YSA ile Konum Takibi

Bu yöntemde gezgin cihazın belirli alan içerisinde gezdirilmesi sırasında gezgin cihazdan sabit cihazlara gelen RSSI verileri kaydedilmiştir. Daha sonra bu RSSI verileri için YSA modelinde test işlemi yapılmıştır. Gezinin cihazın X:-1.65 ile 1.95 Y:0.5 ile 1.2 ve YSA yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.31 Gezinin cihazın izlediği yol ve YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

Gezinin cihazın X: -0.9 ile 1.05 Y:0.05 ile 1.55 ve YSA yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.32’de verilmiştir.

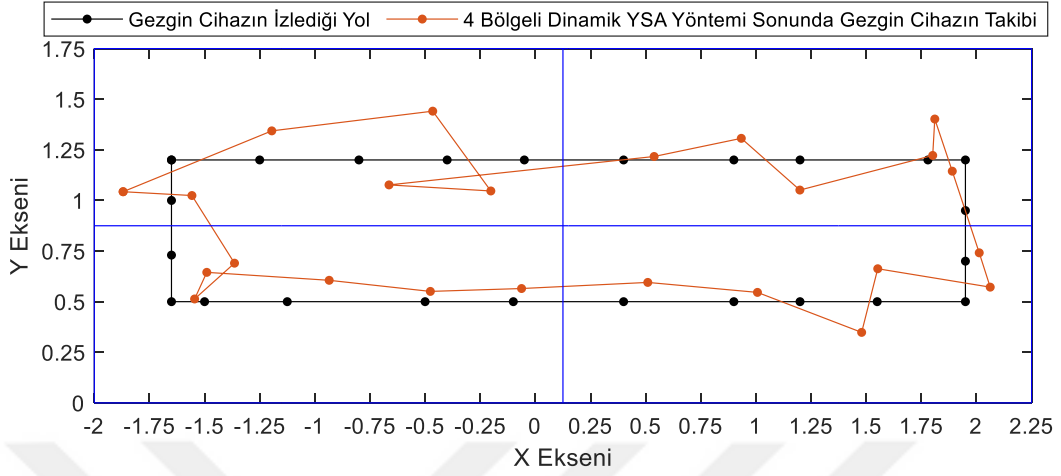


Şekil 4.32 Gezinin cihazın izlediği yol ve YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

4.5.3 4 Bölge Dinamik YSA ile Konum Takibi

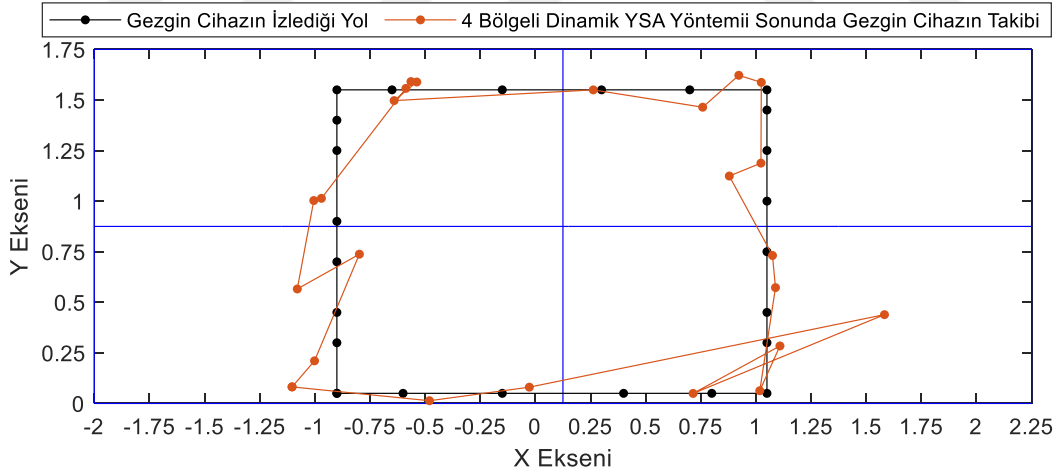
Dinamik YSA modelinde, üçgenleme ve YSA’da olduğu gibi gezgin cihazın takibi aynı yollar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gezinin cihazdan sabit cihazlara gelen RSSI verileri kaydedildikten sonra 4 bölge dinamik YSA için kaydedilen RSSI verileri SVM sınıflandırıcısından geçirildikten sonra bölgelere ayrılmıştır. Daha sonra her bölge için YSA testi ayrı ayrı yapılmıştır. Bulunan koordinatlar kaydedilmiştir. Gezinin cihazın izlediği yol ve 4 bölmeli dinamik YSA modeli için konum takibi Şekil 4.33’te verilmiştir. Gezinin cihazın X:

-1.65 ile 1.95 Y:0.5 ile 1.2 ve 4 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.33'te verilmiştir.



Şekil 4.33 Gezinin cihazın izlediği yol ve 4 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

Gezinin cihazın X: -0.9 ile 1.05 Y:0.05 ile 1.55 ve 4 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.34'te verilmiştir.

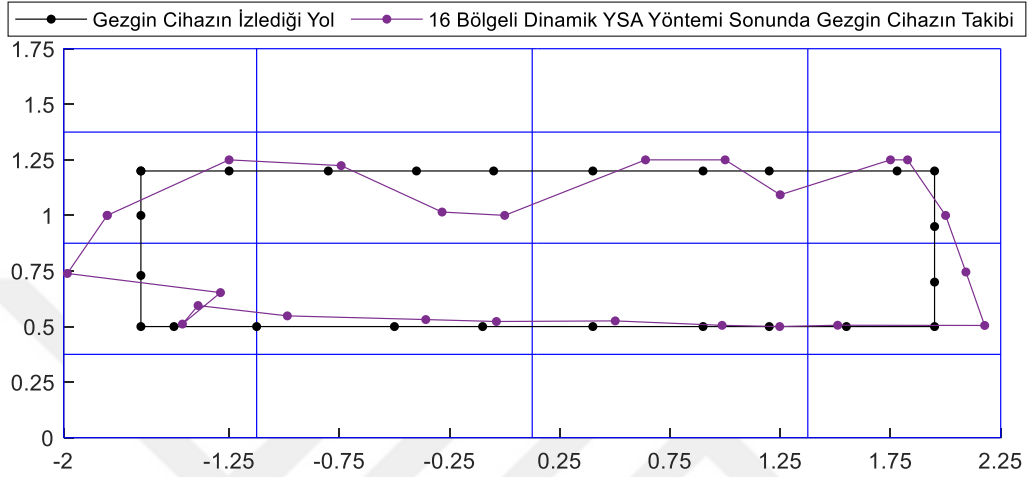


Şekil 4.34 Gezinin cihazın izlediği yol ve 4 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

4.5.4 16 Bölgeli Dinamik YSA ile Konum Takibi

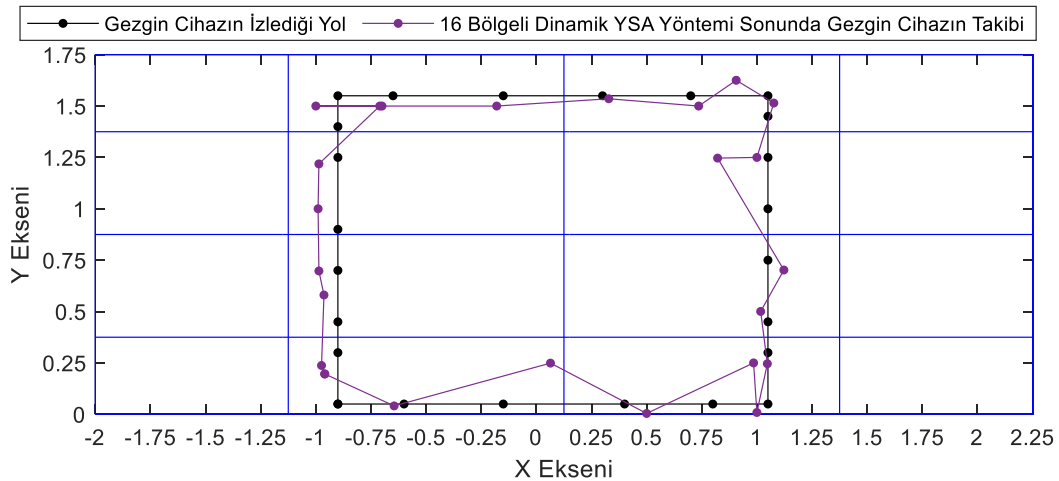
Dinamik YSA modelinde, üçgenleme ve YSA'da olduğu gibi gezgin cihazın takibi aynı yol üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gezinin cihazdan sabit cihazlara gelen RSSI verileri kaydedildikten sonra 16 bölgeli dinamik YSA için kaydedilen RSSI verileri SVM

sınıflandırıcısından geçirildikten sonra bölgelere ayrılmıştır. Daha sonra her bölge için YSA testi ayrı ayrı yapılmıştır. Bulunan koordinatlar kaydedilmiştir. Gezgin cihazın izlediği yol ve 16 bölmeli dinamik YSA modeli için konum takibi Şekil 4.35'te verilmiştir. Gezgin cihazın X: -1.65 ile 1.95 Y:0.5 ile 1.2 ve 16 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.35'te gösterilmektedir.



Şekil 4.35 Gezgin cihazın izlediği yol ve 16 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

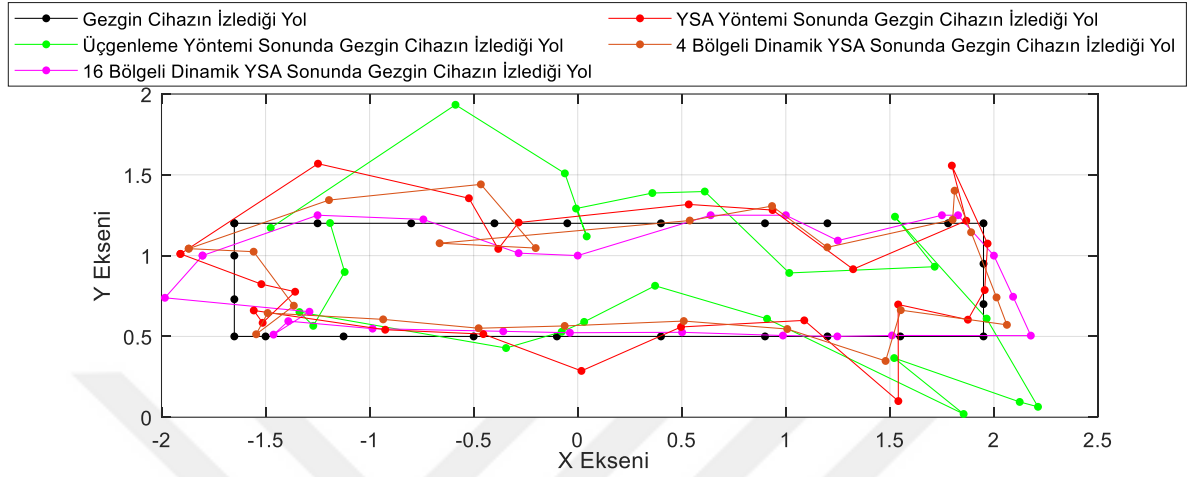
Gezgin cihazın X:-0.9 ile 1.05 Y:0.05 ile 1.55 ve 16 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda gezgin cihazın takibi Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.36 Gezgin cihazın izlediği yol ve 16 bölgeli dinamik YSA yöntemi sonunda hesaplanan koordinatların izlediği yol.

4.6 KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Üç yöntemin birinci Güzergahı için gösterilmesi Şekil 4.37’de gösterilmektedir.



Şekil 4.37 Kullanılan yöntemler için hata değerleri ve eğrileri.

Çizelge 4.3’te üç ayrı yöntem için gezgini cihazın konum takibi sırasında elde edilen maksimum, minimum ve ortalama hata değerleri verilmiştir. Çizelge 4.3’ten ve Şekil 4.37’den de görüldüğü üzere literatürde fazlasıyla kullanılan üçgenleme yönteminde hem hataların sapmaları (maksimum hata) hem de ortalama hata değerleri diğer tüm yöntemlere göre çok daha kötüdür. YSA yönteminde ise üçgenleme yöntemine göre sapmaların daha az olduğu görülmektedir. Dinamik YSA modelinde ise 4 bölgeye ayırma sonunda YSA test sonrasında üçgenleme ve YSA yöntemine göre hem Çizelge 4.3’te hem de Şekil 4.37’den de anlaşılacağı gibi sapmalar daha azdır. Bölge sayısının artırılmasının konum takibi sırasında oluşan hataların azaltılmasını sağlamaktadır. 16 bölge dinamik YSA kullanıldığında, üçgenleme ve bölgelere ayrılmadan kullanılan YSA modeline göre sırasıyla maksimum hata açısından %133, %24 ve ortalama hata açısından %159, %40,6 performans artışı gözükmemektedir. 16 Bölge Dinamik YSA modeli 4 Bölge Dinamik YSA modeline göre sırasıyla maksimum hata açısından %47,7 ve ortalama hata açısından %24,4 performans artışı gözükmemektedir.

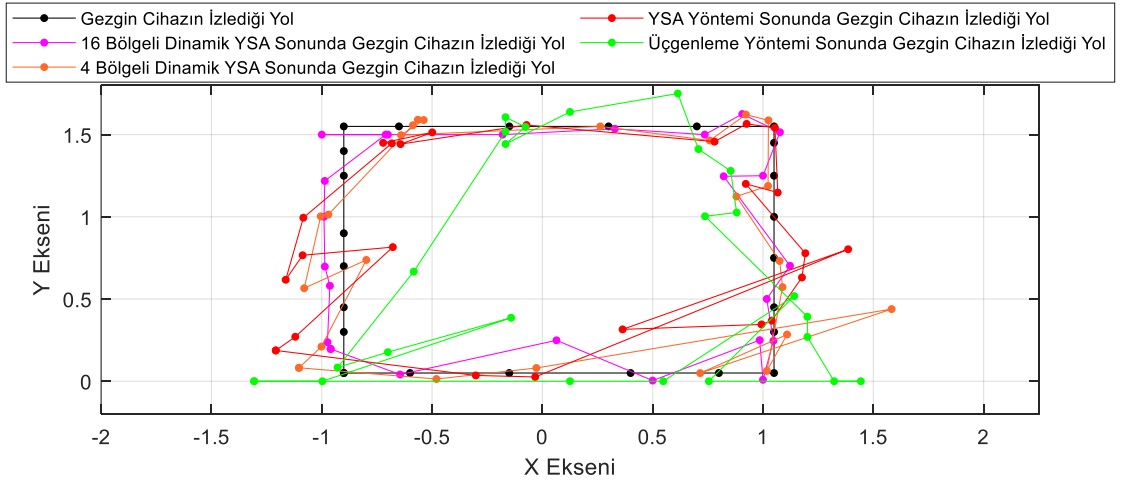
Çizelge 4.3 Üç ayrı yöntemin birinci güzergâh için hataları.

Yöntem	Min Hata (m)	Max Hata (m)	Ortalama Hata (m)
Üçgenleme	0.1001	0.9885	0.4068
YSA	0.0485	0.5255	0.2203
4 Bölgeli Dinamik YSA	0.0310	0.6259	0.1918
16 Bölgeli Dinamik YSA	0.0401	0.4236	0.1566

Çizelge 4.4'te ise Çizelge 4.3'te olduğu gibi gezgin cihazın takibi sırasında elde edilen maksimum, minimum ve ortalama hata değerleri verilmiştir. Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.38'den de görüldüğü üzere literatürde fazlasıyla kullanılan üçgenleme yönteminde hem hataların sapmaları (maksimum hata) hem de ortalama hata değerleri diğer tüm yöntemlere göre çok daha kötüdür. YSA yönteminde ise üçgenleme yöntemine göre sapmaların daha az olduğu görülmektedir. Dinamik YSA modelinde ise 4 bölgeye ayırma sonunda YSA test sonrasında üçgenleme ve YSA yöntemine göre hem Çizelge 4.4'te hem de Şekil 4.38'den de anlaşılabacağı gibi sapmalar daha azdır. Bölge sayısının arttırılmasının konum takibi sırasında oluşan hataların azaltılmasını sağlamaktadır. 16 bölgeli dinamik YSA kullanıldığında, üçgenleme ve bölgelere ayrılmadan kullanılan YSA modeline göre sırasıyla ortalama hata açısından %281, %140 performans artışı gözükmemektedir. 16 Bölgeli Dinamik YSA modeli 4 Bölgeli Dinamik YSA modeline göre ortalama hata açısından %88 performans artışı gözükmemektedir.

Çizelge 4.4 Üç ayrı yöntemin ikinci güzergâh için hataları.

Yöntem	Min Hata (m)	Max Hata (m)	Ortalama Hata (m)
Üçgenleme	0.0677	0.8769	0.4611
YSA	0.0693	1.2404	0.2907
4 Bölgeli Dinamik YSA	0.0313	1.2452	0.2279
16 Bölgeli Dinamik YSA	0.0317	0.3361	0.1210



Şekil 4.38 Kullanılan yöntemler için hata değerleri ve eğrileri.



BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan üçgenleme, YSA ve önerilen dinamik YSA ile konum belirleme ve konum takip işlemi yapılmıştır. Öncelikle konumu belirlenecek ortam parmak izi yöntemi ile ayrılmış ve ayrılan her noktada gezgin cihaz gezdirilmiştir. Gezgin cihaz gezdirilmesi sırasında sabit cihazlardan gezgin cihaza gelen RSSI verileri kaydedilmiştir ve parmak izi veri tabanı oluşturulmuştur. Üçgenleme yönteminde gezgin cihaza gelen RSSI verileri yardımı ve denklem 2.2 kullanılarak konum belirleme ve konum takip işlemleri yapılmıştır. Üçgenleme yönteminden sonra parmak izi ile oluşturulan veri seti MATLAB ortamında NNTOOL kullanılarak YSA yönteminde sisteme giriş olarak verilmiştir. Eğitim sonunda gezgin cihazın x ve y koordinat verileri elde edilmiştir. YSA eğitimi işleminden sonra hem konum belirleme işlemi hem de konum takip işlemleri iki ayrı güzergahta incelenmiştir. En son ve en etkili yöntemlerden birisi olan dinamik YSA ile konum belirleme işlemi sırasında öncelikle ortam hücrelere ayrılmıştır (4 ve 16 hücre). Hücrelere ayırma işlemi Matlab da bulunan sınıflandırıcı araç kutusu ile hücrelere ayrılmıştır. Hangi hücrenin hangi gruba ait olduğunu belirlemek için destekçi vektör makinesi kullanılmıştır. Hücrelere ayırma işleminden sonra her hücre için veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setleri YSA'da hangi hücreye karşılık geliyorsa o hücre eğitilmiş ve eğitim sonunda gezgin cihazın x ve y koordinat verileri elde edilmiştir. Dinamik YSA ile gezgin cihazın hem konum kestirimi hem de konum takibi sırasında hata oranı kullanılan diğer yöntemlere göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bulunan hata değerleri için üçgenleme yönteminde hem maksimum hata değerleri hem de ortalama hataları diğer yöntemlere göre daha kötüdür. İkinci yöntem olan bölgelere ayırma olmadan kullanılan YSA yönteminde, maksimum hata değeri 4 bölge dinamik YSA modeline göre iyi olsa da ortalama hata değerleri daha kötüdür. Bölge sayısının artırılması ile oluşan maksimum hata değerinin azalmasını sağlamaktadır. Klasik YSA yönteminde gezgin cihazdan sabit cihaza gelen RSSI değerlerinden kaynaklı hatalar meydana gelmektedir. Gelen RSSI değerlerinin iyileştirilmesi ile konum doğruluğu artırılabilir. Dinamik YSA yönteminde ise konum belirleme işlemi için ortamın öncelikle sınıflara ayrılması diğer bölgelerde bulunan RSSI

değerlerinin etkisinin azalması ile konum hassasiyeti artmaktadır. Bölge sayısının artması konum hassasiyeti için olumlu etki yapsa da her ortam için en ideal bölge sayısı deneme yanılma yolu ile bulunmalıdır. Konum tahminindeki hassasiyetin arttırılabilmesi için hareketli cihazın birkaç önceki konum bilgilerini (RSSI, koordinat vb.) de dikkate alarak daha hassas konum takibi gerçekleştirilebilir. RSSI değerlerine bağlı konumlandırmanın yanında sinyalin hız, açı ya da hareketli cihazın hızı kullanılarak konum hassasiyeti arttırılabilir. Bunlarla birlikte artan veri setinin analizi için derin öğrenme gibi makine öğrenmesi yöntemleri kullanılabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Sharly J H, Tae Y C, Jin H P, Sung H K, Sin W P and Joon G P (2008) Enhanced Ranging using Adaptive Filter of ZIGBEE RSSI and LQI Measurement. *IJWAS2008*, 24-26 Kasım, 2008, Linz, Avustralya, 367-373.
- [2] Cauligi S R (Ed.), Krishna M S (Ed.) and Taieb Z (Ed.) (2006) *Wireless Sensor Networks*. First Softcover Edition, ISBN:0-387-35269-4, Springer 2006, New York, 421 pp.
- [3] Ramon F B, Juan P G V, Carlos E G T, David M R, Cesar V R and James F Jr (2017) Evolution of Indoor Positioning Technologies: A Survey. *Hindawi*, 2017: 1-21.
- [4] Faruk B G ve Tuğrul Ç (2014) Kablosuz Duyarga Ağlarda RSSI, TOA ve TDOA Yardımıyla Gezinir Filo Lokalizasyon Modeli. *2014 IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference*, Nisan 2014, Trabzon, Türkiye, 1431-1434.
- [5] Amitangshu P (2010) Localization Algorithms in Wireless Sensor Networks: Current Approaches and Future Challenges. *Network Protocols and Algorithms*, 2 (1): 45-74.
- [6] Athira K R and Anju B (2019) Zigbee based Indoor Location Tracking and Monitoring System. *IJRTE*, 7 (6): 1651-1656.
- [7] Tuğba S, Şekip E M ve Ali Ç (2017) Monitoring of Miner by RF Signal. *International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, 5-7 Ekim 2017, Antalya, Türkiye, 486-489.
- [8] Lionel M N, Yunhao L, Yiu C L and Abhishes P P (2004) LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. *Wireless Networks. Special Issue on Pervasive Computing and Communications*, 10: 701-710.
- [9] Yiyang Z, Yunhao L and Lionel M N (2007) VIRE: Active RFID-based Localization Using Virtual Reference Elimination. *International Conference on Parallel Processing (ICPP 2007)*, 14 Ekim, 2007, Çin, 56-59.
- [10] Pang W, Tung H L, Herbert H C, Yuan T C, Chi Y Y, Yufeng J T, Chung T C, Chiu H W, Cheng H H, Peng C C, Li C L, Hanna S Y and Woei C C (2009) Practicability Study on the Improvement of the Indoor Location Tracking Accuracy with Active RFID. *2009 International Conference on Communications and Mobile Computing*, 6-8 Ocak, Yunnan, Çin, 165-169.
- [11] Sergio P, Daniele Bi, Antonio I, Massimiliano M and Antonella M (2007) Performance Evaluation Of Active Rfid Location Systems Based On Rf Power Measures. *The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC'07)*, 3-7 Eylül, Atina, Yunanistan, 1-5.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [12] **Kuen L S, Chung H T and Ming H L** (2006) FLEXOR: A Flexible Localization Scheme Based on RFID. *ICOIN 2006*, 16-19 Ocak, Sendai, Japonya, 306–316.
- [13] **Mohammad A K and Videep K A** (2009) Location Estimation Technique using Extended 3-D LANDMARC Algorithm for Passive RFID Tag. *2009 IEE International Advance Computing Conference (IACC 2009)*, 6-7 Mart 2009, Patiala, Hindistan, 249-253.
- [14] **Huang Y, Lui Z and Ling G** (2008) An Improved Bayesian-based RFID Indoor Location Algorithm. *2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering*, 12-14 Aralık, Wuhan, Çin, 511-514.
- [15] **Xuejing J, Ye L and Xiaolei W** (2009) An Enhanced Approach of Indoor Location Sensing Using Active RFID. *2009 WASE International Conference on Information Engineering*, 1-3 Temmuz, Londra, İngiltere, 169-172.
- [16] **Huang Y, Lv S, Liu Z, Jun W and Jun S** (2009) The Topology Analysis of Reference Tags of RFID Indoor Location System. *2009 3rd IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies*, 16-19 Haziran, Lake Ohrid, Makedonya, 313-317.
- [17] **Edip T ve Cem E** (2012) Yaşlı Takibi Amaçlı RFID Tabanlı Bina İçi Konum Belirleme. *2012 20th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 18-20 Nisan, Muğla, Türkiye, 1.4.
- [18] **Chih N H and Chia T C** (2011) ZigBee-based indoor location system by k-nearest neighbor algorithm with weighted RSSI. *The 2nd International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT)*, 19-21 Eylül, Niagara Şelaleleri, Kanada, 58-65.
- [19] **Sharly J H, Paritosh G and Wooju K** (2015) Advanced Smoothing Approach of RSSI and LQI for Indoor Localization System. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks*, 1-11.
- [20] **Doğan M** (2015) Indoor Localization And Tracking Based On Rssi And Accelerometer Measurements. *Yüksek Lisans Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 64 s.
- [21] **Marcin U, Hang G, Xiaokang L and Min Y** (2017) Advanced Indoor Positioning Using Zigbee Wireless Technology. *Wireless Pers Commun (2017)*, 97: 6509–6518.
- [22] **Yetkin T ve Güngör Y** (2014) Kablosuz Sensör Ağlarında Küçültülmüş Radyo Haritası Kullanan İmza Tabanlı Dinamik Konum Bulma Tekniği. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 29 (2): 217-226.
- [23] **Ebubekir E, Taner T ve Resul D** (2019) Localization of a Mobile Device with Sensor Using a Cascade Artificial Neural Network-Based Fingerprint Algorithm. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 12 (1): 238–249.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [24] **Guoquan L, Enxu G, Zhouyang Y, Yongjun X, Jinzhao L and Yu P** (2018) Indoor Positioning Algorithm Based On The Improved Rssi Distance Model. *Sensors* 2018, 18: 1-15.
- [25] **Vadivukkarasi K and Kumar R** (2020) Investigations On Real Time RSSI Based Outdoor Target Tracking Using Kalman Filter In Wireless Sensor Networks. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 10 (2): 1943-1951.
- [26] **Moez B K, Alexandre J. R, Francois G and Ghyslain G and Philippe L** (2014) RSSI-based Indoor Tracking using the Extended Kalman Filter and Circularly Polarized Antennas. *WPNC 2014*, 1–6.
- [27] **Deepti M and Shashikala T** (2017) RSSI Based Adaptive Indoor Location Tracker. *Maduskar and Tapaswi Scientific Phone Apps and Mobile Devices*, 3 (1): 1–8.
- [28] **Yuanchao S, Yinghua H, Jiaqi Z, Philippe C, Peng C, Jiming C and Kang G. S** (2015) Gradient-based Fingerprinting for Indoor Localization and Tracking. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63 (4): 2424-2433.
- [29] **Jennifer Y, Biswanath M and Dipak G** (2008) Wireless Sensor Network Survey. *Comput. Networks*, 52 (12): 2292–2330.
- [30] **David M, Thaddeus F J, Matt W and Steve M** (2012) CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care. *MobiSys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004)*, 5 Ocak, 12-14.
- [31] **Albert Y Z** (2009) *Algorithms And Protocols For Wireless Sensor Networks*. ISBN 978-0-471-79813-2, Copyright, Kanada, 552 p.
- [32] **Anindya S P and Eric A W** (2009) RSSI-Based Indoor Localization and Tracking Using Sigma-Point Kalman Smoothers. *EEE Journal Of Selected Topics In Signal Processing* 2009, 3(5): 860-873.
- [33] **Xin H, Lianglun C and Guangchi Z** (2011) A Zigbee-based localization Algorithm For Indoor Environments. *2011 International Conference on Computer Science and Network Technology*, 3: 1776–1781.
- [34] **Hui L, Houshang D, Pat B and Jing L** (2007) Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. *IEEE Transactions On Systems, Man and Cybernetics*, 44 (6): 46–55.
- [35] **Praveen K, Lohith R and Shirshu V** (2009) Distance Measurement And Error Estimation Scheme For Rssi Based Localization In Wireless Sensor Networks. *Wireless Communication And Sensor Networks. International Conference. 5th 2009. (WCSN 2009)*, 80–83.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [36] **Zheng Y, Zimu Z and Yunhao L** (2013) From RSSI to CSI: Indoor Localization via Channel Response. *ACM Computing Surveys*, 46 (2): 25-32.
- [37] **Jiang X, Kaishun W, Youwen Y, Lu W and Lionel M N** (2013) Pilot: Passive Device-free Indoor Localization Using Channel State Information. *2013 IEEE 33rd International Conference on Distributed Computing Systems*, 236–245.
- [38] **Faheem Z, Athanasios G and Kin K L** (2019) A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies. *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, 21(3): 2568-2599.
- [39] **Anbalagan L, Nur S A and Patrick G** (2019) Self-Adaptive Filtering Approach for Improved Indoor Localization of a Mobile Node with Zigbee-Based RSSI and Odometry. *Sensors (Switzerland)*, 19 (21): 1-25.
- [40] **Ergezer H, Dikmen M ve Özdemir E** (2003) Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri. *Pivolka*, 2(6):14-17.
- [41] **Rong P and Mihail L S** (2006) Angle of Arrival Localization for Wireless Sensor Networks. *IEEE Secon 2006*, 1: 374–382.
- [42] **Swarun K, Stephanie G, Dina K and Daniela R** (2009) Accurate Indoor Localization With Zero Start-up Cost. *Diabetologia*, 31 (8): 597–602.
- [43] **Jie X and Kyle J** (2013) ArrayTrack: A Fine-Grained Indoor Location System. *10th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '13)*. 2-5 Nisan, Lombard, İngiltere, 71–84.
- [44] **Da Z, Feng X, Zhuo Y, Lin Y and Wenhong Z** (2010) Localization Technologies for Indoor Human Tracking. *Future Information Technology. International Conference. 5th 2010. (Futuretech 2010)*, 21-23 Mayıs, Busan, Güney Kore, 1-6.
- [45] **Ismail B M, Bound A F A and İbrahim W N W** (2008) Implementation Of Location Determination In A Wireless Local Area Network (WLAN) Environment. *International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 17-20Şubat, Gangwon-Do, Güney Kore, 894-899.
- [46] **Yanying G, Anthony L and Ignas N** (2009) A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks. *IEEE Communications Surveys*, 11 (1): 13-32.
- [47] **Marius M, Sebastian F and Anania G** (2007) Local Wireless Positioning System. *SACI 2007:4th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, 17-18 Mayıs, Timisoara, Romanya, 171-176.
- [48] **Waltenegus D and Christian P** (2011) Fundamentals Of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice. This edition first published 2010, ISBN 978-0-470-99765-9, Copyright, İngiltere, 332 s.
- [49] **Manikanta K, Kiran J, Dinesh B and Sachin K** (2015) SpotFi: Decimeter Level Localization Using WiFi. *ACM Sigcomm Computer Communication*, (5) 4: 269–282.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [50] **Gezici S** (2011) A Survey on Wireless Position Estimation. *Wireless Personal Communication*, 44: 263-282.
- [51] **Özdemir B N, Ceylan A , Alçay S ve Yigit C Ö** (2014) Kapalı Mekânlarda Uygulanan Konum Belirleme Yöntemleri ve Karşılaştırılması. *Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 15-17 Ekim 2014, Çorum, 1-9.
- [52] **Tom F** (2003) Wireless Local Area Networks İn Education. *TechLearn Technical Report*, TechLearn, York, İngiltere, 45 pp.
- [53] **Deepak V, Swarun K and Dina K** (2016) Decimeter-level localization with a single WiFi access point. *13th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '16)*, 16-18 Mart, Santa Clara, ABD, 165-178.
- [54] **Yifei J, Xin P, Kun L, Qin L, Robert P D, Michael H and Li S** (2012) ARIEL: Automatic Wi-Fi based Room Fingerprinting for Indoor Localization. *UbiComp '12*, 5-12 Eylül, Pittsburgh, USA, 441-450.
- [55] **Sverre H** (2009) Hybrid Ultrasound–RFID Indoor Positioning: Combining the Best of Both Worlds. *2009 IEEE International Conference on RFID*, Paris, Fransa, 155-162.
- [56] **Ilie Z E, Kemény Z, Egri P and Monostori L** (2016) The RFID Technology And Its Current Applications. *ISBN*, 29 (1): 16–34.
- [57] **Nan L and Burcin B G** (2011) Performance-based evaluation of RFID-based indoor location sensing solutions for the built environment. *Advanced Engineering Informatics*, 25 (3): 535-546.
- [58] **Decawave** (2014) APS003 Application Note; Real Time Location Systems. *decaWave*, 1–14.
- [59] **Zahid F, Rosdiadee N and Mahamod I** (2013) Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2013 :1-12.
- [60] **Ye SK, Pat P, Ko J H and Prabal D** (2014) Luxapose: Indoor Positioning with Mobile Phones and Visible Light. *MobiCom'14*, 7-11 Eylül, Maui, HI, USA, 299-302.
- [61] **Jean A, Şekercioğlu A Y and Adrian N** (2013) Visible Light Positioning: A Roadmap for International Standardization. *IEEE Communications Magazine*, 51 (12): 68-73.
- [62] **Erwin A and Max M** (2003) An IR Local Positioning System for Smart Items and Devices. *23 rd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, 334-339.
- [63] **Jacek M Z** (1992) Artificial Neural Systems. ISBN 0-3 14-93391 -3, COPYRIGHT, Amerika, 764 pp.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [64] **Kara F, Kaya H, ErKaymaz O ve Ozturk E** (2016) Prediction of the Optimal Threshold Value in DF Relay Selection Schemes Based on Artificial Neural Networks. *International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, 2-5 Ağustos 2016, Sinaia, Romania, 1-6.
- [65] **Tunç M, Kara F ve Kaya H** (2020) Dinamik Yapay Sinir Ağı ile İç Mekân Konum Kestirimi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7 (2): 858-870.



ÖZGEÇMİŞ

Mert TUNÇ, 1993 yılında İzmir'de dünyaya geldi. İlkokulu Siirt'te ve orta orta öğretimini Amasya'da tamamladı. İncirli Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2013 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2017 yılında Elektrik Elektronik Mühendisliği Lisans Diplomasını aldıktan sonra aynı yıl, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Bölümüne girdi. Halen Bülent Ecevit Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

E-posta: mert.tunc93@hotmail.com