

**TAŞITLAR ARASI İLETİŞİMDE  
YAPAY ZEKÂ TEMELLİ KONUM KESTİRİMİ VE UYGULAMASI**

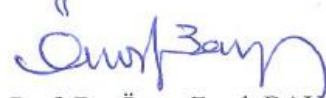
**MURAT DÖRTERLER**

**DOKTORA TEZİ  
ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**Temmuz 2013  
ANKARA**

Murat DÖRTERLER tarafından hazırlanan TAŞITLAR ARASI İLETİŞİMDE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ KONUM KESTİRİMİ VE UYGULAMASI adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektronik – Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. İsmail ERTÜRK

Üye : Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

Üye : Prof. Dr. O. Ayhan ERDEM

Üye : Doç. Dr. Suat ÖZDEMİR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN

Tarih : 19/07/2013



Bu tez, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Murat DÖRTERLER

**TAŞITLAR ARASI İLETİŞİMDE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ KONUM  
KESTİRİMİ VE UYGULAMASI**

**(Doktora Tezi)**

**Murat DÖRTERLER**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**

**BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**Temmuz 2013**

**ÖZET**

Karayolu taşımacılığı, başta insan hayatı ve sağlığı olmak üzere, ekonomik, çevre, sosyal boyutlarda pek çok olumsuzluğu beraberinde getirmesine rağmen insanlık için vazgeçilmez bir yere sahiptir. Daha etkin ve güvenli karayolu taşımacılığını amaçlayan yaklaşımlardan birisi Taşıtlar Arası İletişimdir. Bu yaklaşım Tasarsız Taşıtlar Ağları'nın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Yaklaşımın temel amacı seyir halindeki taşıtların çeşitli verilerini, komşu taşıtlarla ve kara yoluna kurulu alt yapı ile paylaşarak daha güvenli, eğlenceli ve rahat seyahat imkânı sağlamaktır. Seyir halindeki taşıtların kendine ait seyir ve dinamik verilerini, çevredeki taşıtlar ve altyapıdan edindiği verilerle birlikte işleyerek olası tehlikeleri tespit ve bertaraf edici önlemler alması güvenlik uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. Taşıtlar seyir halinde iken karşılaşabileceği en büyük tehlike çarpışmalardır. Bir taşıtların seyir halinde iken gelecekteki bir andaki coğrafi konumunun tahminine taşıtlar konum kestirimi denilmektedir.

Konum kestirimi için önerilen modellerde bulunması gereken en önemli iki unsur yüksek doğruluk ve düşük hesap zamanıdır. Bu çalışmada otoyollar ve kırsal yollar için Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılarak yüksek doğrulukla birlikte

**düşük ve sabit hesap zamanına sahip bir konum kestirimi modeli geliştirilmiştir. Modelin geliştirilmesi ve başarımının ölçülmesi gerçek zamanlı olarak yapılmıştır. Bu kapsamda seyir halindeki taşıtın coğrafi konum ve dinamik değerlerini ölçerek, konum kestirim yapan; sonuçları komşu taşıtlarla paylaşan ve olası tehlikelere karşı sürücüyü uyan bir sistem geliştirilmiştir.**

**Bilim Kodu : 902.3.006**  
**Anahtar Kelime : zeki taşımacılık sistemleri, taşıtlar arası iletişim, tasarsız taşıt ağları, işbirlikçi etkin güvenlik sistemleri, taşıt konum kestirimi, yapay sinir ağları.**  
**Sayfa Adedi : 109**  
**Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ömer Faruk BAY**

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED VEHICULAR PATH PREDICTION  
FOR INTER-VEHICULAR COMMUNICATION AND ITS APPLICATION**

**(Ph. D. Thesis)**

**Murat DÖRTERLER**

**GAZİ UNIVERSITY**

**INFORMATICS INSTITUTE**

**July 2013**

**ABSTRACT**

**Road transportation has an indispensable role to humanity though it has lots of negation in terms of economic, environmental and social factors also especially the dangers on human life and health. One of the approaches which aim to make the road transportation more efficient and safer is Inter Vehicle Communication (IVC). This approach led to emergence of Vehicular Ad-Hoc Networks. The aim of IVC is to provide safer, more entertaining and more comfortable transportation in the way that vehicles share their own various data with other vehicles and the road infrastructures. The basis of the safety applications is that vehicle in move identifies the possible dangers and eliminates them by processing the data obtained from the vehicles and infrastructure in the environment and its own navigation and dynamic data. The most possible danger occurring on road transportation is vehicle collisions. Prediction of geographical position of a vehicle in move at a moment of the future is called as Vehicular Path Prediction.**

Two of the most important factors in the suggested path prediction models should be high accuracy and low computation time. In this study, a vehicular path prediction model which has high accuracy and fixed low computation time has been developed by using ANN for highway and rural roads. The development and the performance test processes of the model have been done as real time applications. A system is developed which predicts vehicle path by measuring geographic position and dynamic values of vehicles in move, shares the results with other vehicles via ad-hoc network and alerts the driver to the possible dangers.

**Science Code** : 902.3.006  
**Key Words** : artificial transportation system, inter-vehicle communications, vehicular ad hoc network, cooperative active safety systems, vehicular path prediction, artificial neural networks.  
**Page Number** : 109  
**Adviser** : Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Ömer Faruk BAY'a, saha çalışmalarında desteklerini esirgemeyen değerli dostlarım Eyüp YAMAN'a, Fatih POLAT'a, Hakan BOZDEMİR'e ve Fazıl AYDEMİR'e manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xiv
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. TAŞITLAR ARASI İLETİŞİMDE TAŞIT KONUM KESTİRİMİ.....	4
2.1. Tasarsız Taşıtlar Ağları.....	4
2.2. TAI'de Yol Güvenliği.....	5
2.3. TAI'DE Yol Kestirimi .....	9
2.4. Standartlar .....	16
2.5. Projeler.....	16
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	20
3.1. Seyir Sistemleri.....	20
3.2. Referans Sistemleri .....	20
3.2.1. Koordinat sistemleri .....	21
3.2.2. Gövde referans çerçevesi .....	23
3.2.3. Zaman referans çerçevesi .....	25
3.3. KUSS .....	27
3.3.1. Sistemin bileşenleri .....	27
3.3.2. Konum tespiti .....	28
3.4. Atalet Ölçüm Birimi .....	30
3.4.1. Dönüölçer .....	31
3.4.2. İvme ölçer .....	31

	Sayfa
3.5. Yapay Sinir Ağları .....	32
3.5.1. YSA'nın tarihçesi .....	34
3.5.2. Yapay sinir ağlarının mimarisi ve yapı elemanları.....	35
3.5.3. YSA'nın sınıflandırılması .....	38
3.6. Tasarsız Ağlar .....	40
3.7. Elektronik Haritalama.....	41
4. TAŞIT KONUM KESTİRİMİ SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİMİ .....	43
4.1. Sistemin Tasarımı .....	43
4.1.1. Donanım tasarımı .....	44
4.1.2. Süreçler .....	49
4.2. Gerçekleştirme .....	54
4.2.1. YSA modelinin geliştirilmesi .....	55
4.2.2. YSA eğitim yazılımı .....	55
4.2.3. Geliştirilen YSA'nın yapısı .....	57
4.3. Saha Çalışmaları .....	63
5. DEĞERLENDİRMELER .....	65
5.1. Modelin Benzer Çalışmalarla Kıyaslanması .....	65
5.2. Modelin Başarımının Uygulamadaki Yeri.....	73
5.3. Yüksek Hızda Doğruluk Değerleri .....	76
5.4. Örnek Çarpışma Senaryolarının Uygulanması .....	78
5.4.1. KÇU-T4 senaryosunun uygulaması.....	78
5.4.2. AFLU-T1 senaryosunun uygulaması.....	80
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	82
KAYNAKLAR .....	84
ÖZGEÇMİŞ .....	90

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. İEGS uygulamaları ve iletişim gereksinimleri.....	9
Çizelge 4.1. IEEE 802.11a ile IEEE 802.11p'nin karşılaştırılması .....	48
Çizelge 4.2. Boylam'da 3 sn kestirim yapan YSA'nın eğitim başarımı .....	62
Çizelge 4.3. Boylam'da 3 sn kestirim yapan YSA'nın regresyon analizi .....	62
Çizelge 5.1. Kalman Kestirimi ve UT-NI yöntemlerinin konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamalarının karşılaştırması .....	69
Çizelge 5.2. YSA yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları .....	71
Çizelge 5.3. Kalman Süzgeci, UT-NI ve YSA yöntemlerinin konum kestirimi hata değerlerinin metre cinsinden karekök ortalamalarının karşılaştırılması	72
Çizelge 5.4. Sabit hızda farklı zaman aralıklarında, kestirim yöntemlerinin ms cinsinden hesap zamanı değerleri. ....	73
Çizelge 5.5. Çarpışma senaryoları altı başlık altında toplanmaktadır.....	74
Çizelge 5.6. Çarpışma senaryoları ve senaryolarda ön koşul olarak sunulan mesafelerin hız ve zaman cinsinden gösterimi. ....	74
Çizelge 5.7. Geliştirilen YSA temelli kestirim yönteminin konum doğruluk değerlerinin metre cinsinden karekök ortalamaları .....	77

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Bir TTA örneği .....	5
Şekil 2.2. İEGS Uygulamaları için bir yazılım mimarisi .....	8
Şekil 2.3. tk zamanı için kestirim, filtreleme ve yumuşatma kavramları.....	11
Şekil 2.4. Şerit bazında tanımlı yol haritası .....	13
Şekil 2.5. IEEE802.11p ve IEEE 1609 standartları ve iletişim yapısı .....	16
Şekil 2.6. TTA'nın kilometre taşları (TTA projeleri).....	17
Şekil 3.1. YSKS koordinat sistemi.....	22
Şekil 3.2. EEM izdüşümü koordinat sisteminde Türkiye .....	23
Şekil 3.3. Yönelim açılarının ölçümünde kullanılan referans çerçeveleri .....	24
Şekil 3.4. EEZ saat dilimlerinin temsili .....	26
Şekil 3.5. KUSS'un bileşenleri .....	28
Şekil 3.6. KUSS'ta konum tespiti için en az dört uyduya ihtiyaç vardır .....	29
Şekil 3.7. R adet girişi tek çıkışı olan yapay sinir hücresi modeli .....	36
Şekil 3.8. Üç katmanlı YSA modeli .....	38
Şekil 3.9. Harita karolarını elde etmek için GmapCatcher adlı yazılımdan faaydalanılmıştır. ....	42
Şekil 4.1. Sistemin donanımına ait blok şema .....	44
Şekil 4.2. MATLAB Builder JA mimarisi .....	51

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.3. GaziTAI ağı üzerinde 731 nolu düğümün konumunu yayınlaması ve 137 nolu düğümden konum bilgilerini alması.....	52
Şekil 4.4. Seyir halindeki iki taşıtın harita üzerinde temsili .....	54
Şekil 4.5. YSA Eğitim yazılımının veri işlemleri kısmı.....	56
Şekil 4.6. YSA Eğitim yazılımının eğitim işlemleri kısmı.....	57
Şekil 4.7. Geliştirilen YSA modelinin blok şeması.....	58
Şekil 4.8. Kestirimde kullanılan YSA'nın mimarisi.....	59
Şekil 5.1. İki farklı kestirim yönteminin blok diyagramı.....	65
Şekil 5.2. Kalman Kestirimi yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları .....	69
Şekil 5.3. UT-NI yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları.....	70
Şekil 5.4. YSA yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları.....	70
Şekil 5.5. KÇU-T4 Senaryosunun temsili .....	78
Şekil 5.6. AFLU-T1 Senaryosunun temsili.....	80

## RESİMLERİN LİSTESİ

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.1. Donanımın taşıt üzerine kurulmuş hali .....	45
Resim 4.2. Novatel FLEXG2-V2-L1 KUSS alıcısı ve anteni.....	46
Resim 4.3. Atomic IMU 6 Degrees of Freedom AÖB .....	46
Resim 4.4. AirLive X.USB-3 model Dual Band USB telsiz ağ adaptörü.....	47
Resim 4.5. Saha çalışmasında kullanılan taşıtlar .....	64
Resim 5.1. Yapılan saha çalışmasında kullanılan taşıtlar.....	76
Resim 5.2. KÇU_T4 senaryosunun gerçekleştirilmesinden bir görüntü.....	79

## HARİTALARIN LİSTESİ

<b>Harita</b>	<b>Sayfa</b>
Harita 4.1. Birinci ve ikinci saha çalışmalarında kullanılan güzergâh.....	61
Harita 4.2. Saha çalışmasının yapıldığı güzergâh .....	63

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\varphi$	Enlem
$\lambda$	Boylam
g	Yerçekimi kuvveti
GB	Gigabayt
h	Yükseklik
Hz	Yineleme ölçüsü
km/sa	Hız ölçüsü kilometre/saat
m/s	Hız ölçüsü metre/saniye
$m/s^2$	İvme ölçüsü metre/saniye <sup>2</sup>
m	Metre
ms	Milisaniye
°/s	Açısal hız derece/saniye
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>AÇY</b>	Ankara Çevre Yolu
<b>AFLU</b>	Acil Fren Lambası Uyarısı
<b>AÖB</b>	Atalet Ölçüm Birimi
<b>ASS</b>	Atalet Seyrüsefer Sistemleri
<b>AT</b>	Asıl Taşıt
<b>BEGS</b>	Bağımsız Etkin Güvenlik Sistemleri
<b>CAMP</b>	Crash Avoidance Metrics Partnership (Çarpışma Önleme Ölçütleri Ortaklığı)
<b>DHU</b>	Direksiyon Hâkimiyeti Uyarısı
<b>DKY</b>	Doğu, Kuzey, Yukarı



**Kısaltmalar****Açıklama**

<b>EEM</b>	Evrensel Enine Merkatör
<b>EEZ</b>	Eşgüdümlü Evrensel Zaman
<b>FKKS</b>	Fark Küresel Konumlandırma Sistemi
<b>FTDI</b>	Future Technology Devices International (Gelecek Teknoloji Cihazları Uluslararası)
<b>HSU</b>	Hatalı Sollama Uyarısı
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
<b>İÇU</b>	İlerideki Çarpışma Uyarısı
<b>İEGS</b>	İşbirlikçi Etkin Güvenlik Sistemleri
<b>İS</b>	İşletim Sistemi
<b>G/Ç</b>	Giriş/Çıkış
<b>GPS</b>	Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications (Seyyar İletişim İçin Küresel Sistem)
<b>GZK</b>	Gerçek Zamanlı Kinematik
<b>KÇU</b>	Kavşak Çarpışma Uyarısı
<b>KDA</b>	Kuzey, Doğu, Aşağı
<b>KNU</b>	Kör Nokta Uyarısı
<b>KS</b>	Kalman Süzgeci
<b>KUSS</b>	Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi
<b>MEMS</b>	Mikroelektro-mekanik Sistemler
<b>NMEA</b>	National Marine Electronics Association (Ulusal Denizcilik Elektroniği Birliği)
<b>NYP</b>	Nesne Yönelimli Programlama
<b>OED</b>	Ortam Erişim Denetimi
<b>SRN</b>	Sözde Rastgele Numaralar
<b>ŞDU</b>	Şerit Değiştirme Uyarısı
<b>TAİ</b>	Taşıtlar Arası İletişim

**Kısaltmalar****Açıklama**

<b>TC</b>	Türkiye Cumhuriyeti
<b>TOFAŞ</b>	Türk Otomotiv Fabrikası Anonim Şirketi
<b>TTA</b>	Tasarsız Taşıt Ağları
<b>TÜB</b>	Taşıt Üstü Birim
<b>USKS</b>	Uzay Sabit Koordinat Sistemleri
<b>UT</b>	Uzaktaki Taşıt
<b>UT-NI</b>	Unscented Transform with Numerical Integration
<b>VAD</b>	Virgülle Ayrılmış Değerler
<b>VSC-A</b>	Vehicle Safety Communications – Application (Araç Güvenliği İletişimleri – Uygulaması)
<b>YKB</b>	Yol Kenarı Birimi
<b>YSA</b>	Yapay Sinir Ağı
<b>YMYS</b>	Yer Merkezli Yer Sabit
<b>YSKS</b>	Yer Sabit Koordinat Sistemleri

## 1. GİRİŞ

Dünya genelinde her yıl 1,2 milyondan fazla insan trafik kazalarında hayatını kaybetmekte, 50 milyondan fazlası ise yaralanmakta ya da sakat kalmaktadır. Dünya genelindeki ölüm nedenleri arasında trafik kazaları %2,2'lik oranla 9. sırada yer almaktadır. Bu oranın 2030 yılında %3,6 ya yükseleceği ve 5. sıraya yerleşeceği ön görülmektedir[1]. Karayolu taşımacılığı, başta insan hayatı ve sağlığı olmak üzere, ekonomik, çevre, sosyal boyutlarda pek çok olumsuzluğu beraberinde getirmesine rağmen insanlık için vazgeçilmez bir yere sahiptir. Bu nedenle daha güvenli ve daha etkin karayolu taşımacılığı için araştırmalar çok boyutlu olarak yapılagelmiştir.

Son yıllarda bilişim teknolojisiyle birlikte telsiz teknolojisindeki gelişmelerin yansımaları karayolu taşımacılığında da görülmektedir. Daha etkin ve güvenli karayolu taşımacılığını amaçlayan yaklaşımlardan birisi Taşıtlar Arası İletişimdir (TAİ- Inter-Vehicular Communication). Telsiz teknolojisinin yaygınlaşması ve maliyetlerinin düşmesi sonucu bu alanda elde edilen birikimler farklı alanlara yansıtılmaktadır. Telsiz teknolojisindeki bu gelişmelerin TAİ alanına yansıtılması ile doğan çalışma alanı, Tasarsız Taşıtlar Ağları (TTA, Vehicular Ad hoc Networks - VANETs) olarak adlandırılmıştır. Günümüz itibariyle TTA henüz insanlığın kullanımına sunulmamakla birlikte akademik ve endüstriyel alanda Ar-Ge ve standardizasyon çalışmaları etkin olarak devam etmektedir.

TAİ'de amaç taşıtların çeşitli verileri, komşu taşıtlarla ve kara yoluna kurulu alt yapı ile paylaşarak daha güvenli, eğlenceli ve rahat seyahat imkânı sağlamaktır. Taşıtların, kendilerine ait verilerle, çevredeki taşıtlar ve altyapıdan edindiği verileri işleyerek olası tehlikeleri tespit etmesi ve bertaraf edici önlemler alması TAİ güvenlik uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. Seyir halindeki bir taşıtların gelecekte hangi coğrafi konumda olacağını bilmesi tehlikelerin tespitinde önemli avantajlar sağlayacaktır. Bir taşıtların seyir halinde iken gelecekteki bir anda bulunacağı coğrafi konumun tahminine taşıtlar konum kestirimi (vehicular path prediction) denilmektedir.

Trafik kazalarının öngörülerek önlenmesi TAİ'nin en temel amacıdır. Bu amacın

gerçekleştirilebilmesi için karayollarında yüksek hızda seyreden taşıtların anlık konumlarının mümkün olan en yüksek doğrulukta tespiti gerekmektedir. Yine taşıtların hızları göz önüne alınarak konum belirleme sıklığının da uygulamaya bağlı olarak 1 Hz ile 50 Hz arasında bir değere sahip olması gerekmektedir. Yüksek doğrulukta ve yüksek yineleme hızında konum belirleme son on yıl içerisinde pek çok araştırmaya konu olmuştur. Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (KUSS) başta olmak üzere hareket algılayıcıları, görüntü işleme gibi çeşitli araç ve yöntemler ayrı ayrı ya da birlikte kullanılarak, konum ölçümünde doğruluk derecesini ve yineleme hızını artırmaya yönelik arayışlar süreklilik arz etmektedir. Özellikle yüksek yineleme hızlarının gerektiği uygulamalarda tek yöntemle sağlanan doğruluk, ihtiyacı karşılamaz iken birden fazla yöntemin kullanılması işlem zamanını artırmakta ve gecikmelere neden olmaktadır.

Trafik kazalarını önlemek için TAI kapsamında hedeflenen yöntemler, yukarıda belirtilen konumlandırma gereksiniminin yanı sıra taşıtın gelecekteki konumunun kestirimini ve bu kestirim bilgisinin komşu taşıtlara asgari gecikmeyle iletilmesini kapsamaktadır. Kestirim yöntemleri incelendiğinde en yoğun kullanılan yöntemin Kalman Süzgeci (KS) olduğu görülmektedir. Ancak KS'nin doğrusal olmayan sistemlere uygulanamaması, hesap zamanının fazla olması nedeniyle daha iyi sonuç verecek yöntem arayışları süregelmektedir. Bu arayışların önemli bir kısmı yapay zekâ yöntemleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle YSA'lar kestirim problemlerinin çözümünde güçlü bir seçenek olarak ön plana çıkmaktadırlar.

Konum kestirimi için önerilen modellerde bulunması gereken en önemli iki unsur yüksek doğruluk ve düşük hesap zamanıdır. Bu çalışmada Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılarak otoyollar ve kırsal yollar için yüksek doğrulukla birlikte düşük ve sabit hesap zamanına sahip bir konum kestirimi modeli geliştirilmiştir. Modelin geliştirilmesi ve başarımının ölçülmesi gerçek zamanlı olarak yapılmıştır. Bu kapsamda seyir halindeki taşıtın coğrafi konum ve dinamik değerlerini ölçerek, konum kestirimi yapan, sonuçları komşu taşıtlarla paylaşan ve olası tehlikelere karşı sürücüyü uyarın yazılım ve donanım bileşenlerini kapsayan bir sistem prototipi geliştirilmiştir.

Geliştirilen sistemin donanım boyutunda seyir halindeki taşıtın coğrafi konum, hız ve yön bilgilerini tespit için KUSS, üç boyutlu ivmesini ve üç eksenli yönelim hareketlerini ölçmek için ise Atalet Ölçüm Birimi (AÖB, Inertial Measurement Unit - IMU) kullanılmıştır. Taşıtlar arası iletişim için harici yönsüz antenlerle desteklenmiş telsiz ağ adaptörleri kullanılmıştır. Yazılım boyutunda sisteme dâhil olan bütün süreçler, paralel işleyecek şekilde tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci kısmında konum kestirimi ve bu alanda yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir. Üçüncü kısımda kullanılan yöntem ve gereçler tanıtılmıştır. Dördüncü kısımda geliştirilen yöntem ve geliştirilme süreçleri anlatılmaktadır. Dördüncü kısımda gerçek zamanlı uygulama sonuçları ve benzer çalışmalarla karşılaştırmalar aktarılmaktadır. Beşinci kısımda ise sonuç ve değerlendirmeler yapılmaktadır.

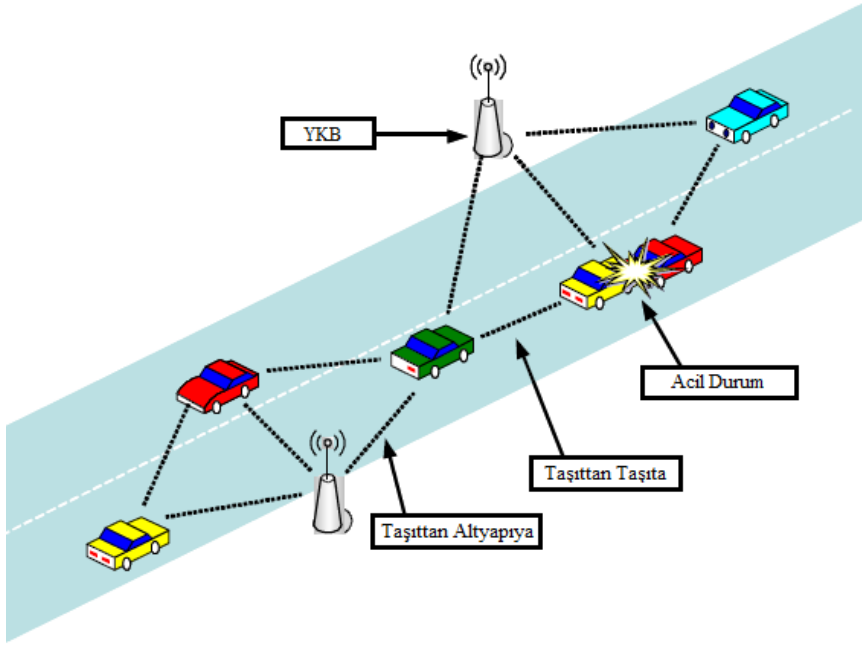
## 2. TAŞITLAR ARASI İLETİŞİMDE TAŞIT KONUM KESTİRİMİ

Taşıtlar Arası İletişim (TAİ), Zeki Taşımacılık Sisteminin (Intelligent Transportation System – ITS) alt araştırma alanlarından biridir. TAİ kavramı ve araştırmaları 1980'li yıllarda başlamıştır[2]. Ancak bu alanda ki Ar-Ge çalışmaları son bir kaç yıl içerisinde katlanarak artmıştır. Son yıllardaki bu hızlı artışın sebepleri şu şekilde sıralanmaktadır.

- IEEE 802.11 teknolojisinin yaygınlaşması ve maliyetlerin düşmesi,
- Araç üretiminde güvenlik, rahatlık ve çevre kaygılarının ön plana çıkması,
- Ulusal ve bölgesel hükümetlerin TAİ için frekans tahsis etmeleri,
- Hücresele ağlar kullanılarak kaliteli ses ve veri iletiminde elde edilen tecrübenin artmasıdır.

### 2.1. Tasarsız Taşıtlar Ağları

Telsiz teknolojisindeki gelişmelerin TAİ alanına yansıtılması ile doğan çalışma alanı, Tasarsız Taşıtlar Ağları(TTA, Vehicular Ad hoc Networks -VANETs) olarak adlandırılmıştır. TTA'da, Taşıttan Taşıta[3] (Vehicle-to-Vehicle - V2V) ve Taşıttan Altyapıya[4] (Vehicle-to- Infrastructure- V2I) olmak üzere iki yaklaşım ayrı ayrı yada birlikte kullanılmaktadır (Şekil 2.1.). Taşıttan altyapıya bazı kaynaklarda Taşıttan Yol Kenarına[3] (vehicle-toroadside Communication - V2R) olarak ta adlandırılmaktadır. Taşıttan taşıta iletişim için taşıtlara kurulan Taşıtlar Üstü Birimler (TÜB - Onboard Units, OBUs) kullanılmaktayken, taşıttan altyapıya iletişim için otoyol boyunca belirli aralıklarla kurulan Yol Kenarı Birimleri (YKB-Roadside Units RSUs) kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Bir TTA örneği [5]

1990'ların sonlarına doğru Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemleri (KUSS) alıcılarının ve Telsiz Yerel Alan Ağlarının (WLAN) maliyetlerinin düşmesi TAI alanında araştırmalara ivme kazandırmıştır. Bu araştırmaların temel hedefleri şunlardır.

- Yol güvenliğini artırmak
- Etkin Taşımacılık
- Çevreye olumsuz etkileri asgariye indirmektir.

Bu hedeflerin sonuçları birbirlerini etkilemektedir. Örneğin kaza sayısının düşmesi, trafik sıkışıklığını azaltacak bu da çevre kirliliğini düşürecektir. Bu üç hedefin şahsa ve kamuya faydaları nedeniyle TAI'nin potansiyellerini keşfetmek için çeşitli projeler ve çalışmalar yapılmaktadır.

## 2.2. TAI'de Yol Güvenliği

Başta trafik kazaları olmak üzere karayolu taşımacılığında karşılaşılan olumsuzlukların iyileştirilmesi için çok yönlü çalışmalar yapılmaktadır. Bu

çalışmaların bir kısmını da teknolojinin sağladığı imkânların yol güvenliğine yansıtılması oluşturmaktadır. Yol güvenliği üzerine yapılan bu çalışmalar etkin güvenlik sistemleri ve edilgen güvenlik sistemleri olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. Edilgen sistemler kaza anında insanların yaralanmamasını amaçlarken, etkin sistemler kazaya meydan vermemeyi amaçlamaktadır[6].

Etkin güvenlik sistemleri de kendi içerisinde bağımsız ve işbirlikçi etkin güvenlik sistemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bağımsız Etkin Güvenlik Sistemleri (BEGS), algılayıcılar vasıtasıyla aracın çevresinden veriler toplanmakta ve çözümlenmektedir. BEGS elde ettiği verilerden tehlike olasılığı belirlediğinde, tehlikeyi bertaraf edici eylemleri devreye sokmaktadır. İşbirlikçi Etkin Güvenlik Sistemleri (İEGS) ise araçlar arasında veri alışverişini ön plana çıkarmaktadır. İEGS, BEGS gibi algılayıcılar vasıtasıyla veri toplarken diğer taraftan çevredeki araçlardan veri toplamaktadır. İEGS, bir yandan tehlikeleri önlerken diğer yandan da daha etkin bir taşıt trafiğinin oluşmasını sağlamaktadır[2].

İEGS uygulamalarında taşıt üzerindeki algılayıcılar vasıtasıyla yüksek frekansta toplanan veriler ve KUSS alıcısından alınan coğrafi konum bilgisi kullanılmaktadır. Elde edilen veriler çok yüksek miktarlara çıkabilmektedir. Bu veriler işlenerek nitelik ve nicelik bakımından belirli bir seviyeye çekilmektedir. Nitelikli veri hem taşıttan taşıta hem de taşıttan altyapıya iletilmek suretiyle ağa dâhil tüm unsurların eş güdüm içerisinde faaliyeti sağlanmaktadır.

Gerçek dünyada trafikte ilerleyen bir taşıt sürücüsü çevresinde seyreden taşıtların hareketlerini tahmin ederken; İEGS uygulamalarında her bir taşıt tahmini gidişatını ve geçtikleri güzergâhları işlenmiş şekilde diğer araçlarla paylaşmaktadırlar. En temel seviyede İEGS'de taşıtın konumunun (enlem, boylam, yükseklik), hızının ve ivmesinin paylaşımına ihtiyaç vardır.

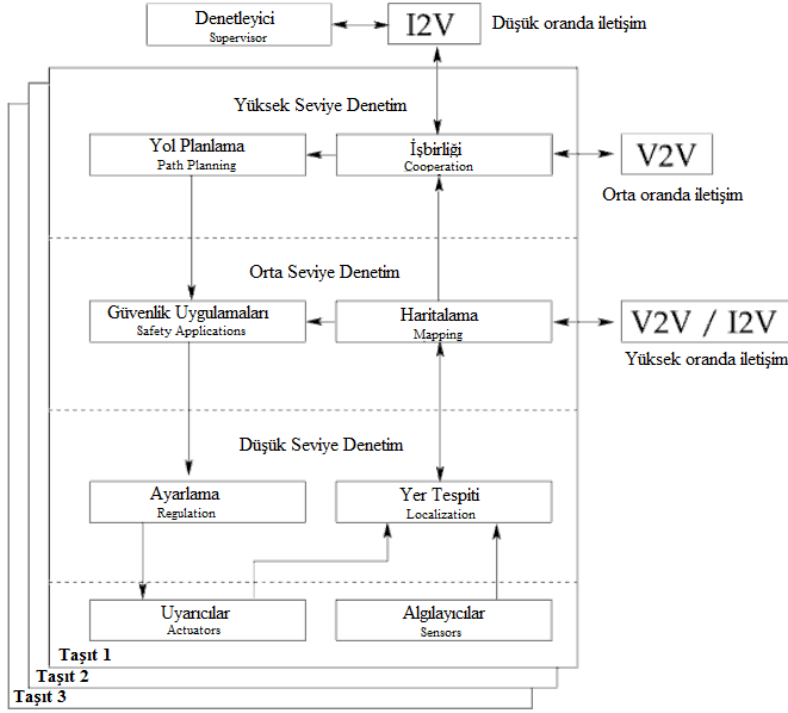
İEGS uygulamalarında amaca ulaşabilmek için veri iletiminde dikkat edilmesi gereken bazı unsurlar vardır. Öncelikli olarak verinin düşük hesap zamanı ve düşük gecikme hızıyla hem taşıtlar arasında hem de taşıtla altyapı arasında iletilmesi



gerekmektedir. Bu gerekliliğin en önemli sebebi taşıtların yüksek hızda seyretmesidir. Amaca yönelik dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur ise veri iletişiminin güvenilir olmasıdır. Gerçek ve doğru olmayan verilerin ağ içerisinde dolaşması sistemin amacının aksine hizmet etmesine neden olacaktır. Bunların dışında veri paketlerinin de farklı uygulamaların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yapılandırılmasına ihtiyaç vardır.

Güvenlik uygulamalarının da dâhil olduğu pek çok TAİ uygulamasının temelinde coğrafi konum bilgisi kullanılmaktadır. Bu bilginin elde edilmesinde bugün en çok kullanılan sistem KUSS'lardır. KUSS'lar radar, lidar, ultrasonik algılayıcı, kamera gibi diğer konumlandırma sistemlerine nazaran daha düşük maliyetlidir. Dahası KUSS'lar sayesinde araçlar ortak küresel saat ve ortak koordinat referans çerçevesini kullanabilmektedirler.

Günümüzde KUSS alıcıları düşük maliyetli ve yüksek maliyetli olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Bu alıcılarda maliyeti belirleyen iki önemli unsur ölçümdeki doğruluk ve yineleme hızıdır. Genellikle 1 metreden daha düşük doğrulukta ölçüm yapan alıcılar düşük maliyetli cihazlar sınıfına girmektedir. Doğruluk değeri Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK, Real Time Kinematic-RTK), Fark Küresel Konumlandırma Sistemi (FKKS, Differential Global Positioning System DGPS ) gibi yöntemlerle artırılabilirler. Son yıllarda KUSS alıcılarının AÖB ile birlikte kullanıldığı Atalet Seyrüsefer Sistemlerinde (ASS, Inertial Navigation System - INS) doğruluk 2 cm'ye kadar yükseltilebilmektedir.



Şekil 2.2. İEGS Uygulamaları için bir yazılım mimarisi [7]

TAİ sistemlerinin mimarisi uygulamaların karmaşıklık düzeylerine, iletişim sıklığına, algılayıcıların kabiliyetlerine ve güvenilirlik denetimlerine izin verecek şekilde modüler ve esnek olmalıdır. Şekil 2.2.'deki örnek mimaride güvenlik uygulamaları yüksek sıklıkta ya da olay tetiklemeli olarak diğer araçlarla iletişim kurarken, hareketlilik uygulamaları sadece alt yapıyla düşük sıklıkta iletişim kurmaktadır. Mimaride algılayıcılara, taşıt konumlandırmasına ve telsiz iletişimine de yer verilmelidir.

Çarpışma Önleme Ölçütleri Ortaklığı'nın ( Crash Avoidance Metrics Partnership - CAMP) ve Amerikan ulaştırma birimi 2006 yılında 8 farklı İEGS uygulaması tanımlamıştır.

- Kısa vadeli hedeflenen uygulamalar
  - Trafik sinyali ihlali uyarısı
  - Viraj hızı uyarısı
  - Acil fren uyarısı
- Orta vadeli hedeflenen uygulamalar

- Çarpışma öncesi uyarısı
- İşbirlikçi ileri çarpışma uyarısı
- Sola dönüş uyarısı
- Şerit değiştirme uyarısı
- Dur işareti uyarısı

Bu uygulamalar güvenlik tedbirinin önemine göre saniyede 1 ila 50 kez tekrar eden iletiler gönderirler. Azami iletişim menzili ise 50 metre ile 300 metre arasında değişmektedir (Çizelge 2.1.). Yine bu uygulamalar sürücü ile araç arasında bilgilendirme, uyarı ve otomatik kontrol olmak üzere üç aşamalı bir iletişim ara yüzü sunmaktadır.

Çizelge 2.1. İEGS uygulamaları ve iletişim gereksinimleri [8]

Uygulama	İletişim Türü	Oran	Azami Gecikme	İletilen Veriler	Mesafe
Trafik sinyali ihlali uyarısı	V2I	10 Hz	100 ms	Zaman, konum yön, yol un şekli	250 m
Viraj hızı uyarısı	V2I	1 Hz	1000 ms	Virajın konumu, kavis, meyil, hız sınırı, yüzey	200 m
Acil fren uyarısı	V2V	10 Hz	100 ms	Konum, yön, hız, ivme	200 m
Çarpışma öncesi uyarı	V2V	50 Hz	20 ms	Taşıt türü, konum, yön, hız, ivme, sapma	50 m
İşbirlikçi ileri çarpışma uyarısı	V2V	10 Hz	100 ms	Taşıt türü, konum, yön, hız, ivme, sapma	150 m
Sola dönüş uyarısı	V2V veya V2I	10 Hz	100 ms	Zaman, konum yön, yol un şekli	300 m
Şerit değiştirme uyarısı	V2V veya V2I	10 Hz	100 ms	Konum, yön, hız, ivme, dönüş sinyali durumu	150 m
Dur işareti uyarısı	V2V	10 Hz	100 ms	Konum, yön, hız	300 m

### 2.3. TAI'DE Yol Kestirimi

TAI'de yol kesrimi üzerine yapılan çalışmaları deterministik ve stokastik yaklaşım olarak iki başlık altında incelemek mümkündür. Deterministik yöntemde dikkate alınacak parametreler yöntemin belirlenmesinde önemli yer teşkil etmektedir. Ağırlık, denge, aerodinamik gibi taşıtların kendine has özellikleri mevcuttur. Taşıtların bu ayırt edici özelliklerinin dikkate alındığı yöntemlere parametrik yol

kestirimi, taşıtın özelliklerinin dikkate alınmadığı böylece her taşıtta kullanılabildiği bilinmesi hedeflenen yöntem ise parametresiz yol kestirimi denilmektedir[7].

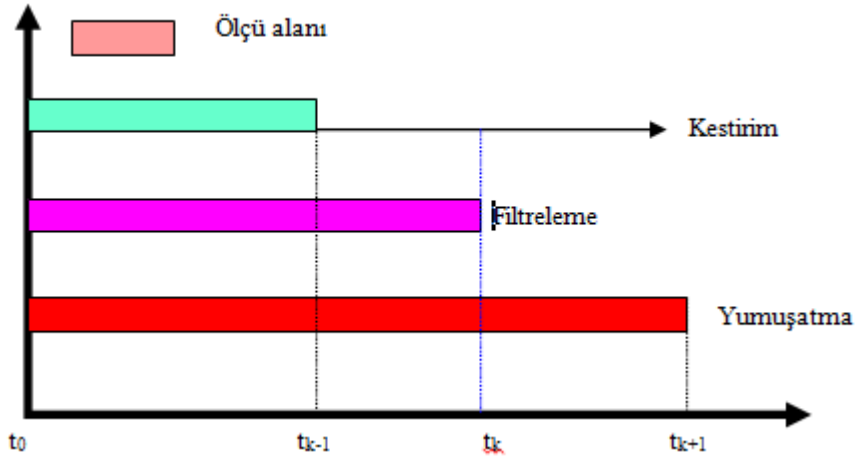
Parametresiz kestirim yönteminde kullanılan veriler, coğrafi konum, hız ve yolun eğimiyle sınırlıdır. Kullanılan taşıta ait özellikler göz ardı edilmektedir. Bu sayede taşıtın marka ve modeline bakılmaksızın ya da taşıta özel değişiklik yapmaksızın yöntem her araçta doğrudan kullanılabilir. Fakat bu yaklaşım ancak yol seviyesinde kestirime imkân sağlamaktadır. Bu yüzden şerit seviyesinde kestirim isteyen pek çok güvenlik uygulaması için elverişsizdir[8].

Yol kestirimi, taşıt dinamiği için geliştirilen bir hareket modeliyle ilişkilendirilebilir. Taşıt dinamiği taşıtın geometrik yapısından motor ve lastik dinamiğine kadar pek çok parametreyle alakalıdır. Geliştirilen uygulamaya bağlı olarak iki durumlu sistemlerden çok sayıda durumu içeren sistemlere kadar karmaşık parametrik yol kestirimi yapılabilir. İEGS için sürekli zaman, aralıklı zaman, lineer olmayan birkaç eşitlikle hareket eden bir taşıtın modellenmesi yapılabilir. Güvenlik uygulamaları motor devri, manifold hava basıncı gibi parametrelerden ziyade, teker hızı, teker açısı, atalet gibi parametrelerle ilgilenir[8].

Gerek taşıt trafiğindeki belirsizlikler gerekse algılayıcıların ölçümlerinde oluşan gürültüler deterministik yöntemlerin tek başına yeterince başarılı olamayacağını göstermektedir. Stokastik yol kestiriminde kullanılan en yaygın yöntem Kalman Kestirimidir (Kalman Prediction). Kalman kestirimi Rudolph E. Kalman tarafından ortaya atılan Kalman Süzgecinin üç aşamasından birisidir[9]. Kalman Kestirimi ayrık doğrusal sistemlere ve doğrultulmuş doğrusal olmayan sistemlere uygulanabilmektedir. Huang ve Tan TAI'de yol kestirimi kalman kestirimini kullanarak dört farklı yöntem geliştirmişlerdir[10].

Kalman filtresi, kestirim, filtreleme ve yumuşatma aşamalarını oluşturmaktadır.  $t_{k-1}$  zamanındaki durum vektörünün;  $t_0$  zamanında bulunan bir dinamik sistemin özelliklerinden yararlanarak hesaplanmasına kestirim (prediction) ;  $t_{k-1}$  zamanına kestirilmiş durum vektörü ile  $t_k$  anındaki ölçüler kullanılarak  $t_k$  zamandaki durum

vektörünün belirlenmesine filtreleme (update) ve  $t_{k+1}$  zamanına kadar var olan tüm ölçüler kullanılarak  $t_0$  zamanında ki durum vektörünün yeniden belirlenmesine yumuşatma (smoothing) adı verilmektedir (Şekil 2.4) [11-13].



Şekil 2.3.  $t_k$  zamanı için kestirim, filtreleme ve yumuşatma kavramları [12].

Kalman kestirimi yönteminde gerek kestirimde gerekse sürekli zaman değerlerinin ayrıklaştırılmasında çok sayıda matris hesabının yapılması nedeniyle yüksek miktarda bilgisayar kaynağına ihtiyaç doğmaktadır. Örneğin  $n$  durumdan  $m$  çıkıştan oluşan doğrusal olmayan bir sistem için  $(n \times n + m \times n)$  adet eşitliğe ihtiyaç vardır[10]. Bu durum hesap zamanının artmasına neden olmaktadır. Özellikle kestirim zamanı arttıkça hesap zamanındaki artışta fazla olmaktadır. Caveney nümerik entegrasyon yöntemini kullanarak kalman kestiriminden daha düşük hesap zamanı ve daha isabetli kestirimler yapabildiği[14].

TAİ'de yol kestirimine yönelik uygulama sınırlı olsa da özellikle hedef takip sistemlerinde kalman filtresine alternatif ya da destekleyici yöntemler geliştirilmiştir. Bu alternatiflerin önemli bir kısmı yapay sinir ağları (YSA), genetik algoritma ve bulanık mantık gibi yapay zekâ tekniklerine dayanmaktadır[15-17]. Özellikle Yapay Sinir Ağlarının doğrusal olmayan sistemlere uygulanabilmesi Kalman Filtresine karşı önemli bir ayrıcalık sağlamaktadır[18].

Lill Jian-juan, bütünleşik seyir sistemlerinde sistem tasarımının kusurlu olması veya gözlem verilerin güvensiz olması halinde kalman süzgecinin doğruluk derecesinin azaldığını ve sonuçtan iraksadığını belirtmiştir. Yapay sinir ağlarına dayalı geliştirdiği uyarlanabilir kalman süzgeci yöntemi ile geleneksel kalman süzgecinden daha iyi sonuçlar elde etmiştir[19].

Hsiu-Wen Chang ve arkadaşları YSA ile KS'nin birlikte kullanımının geleneksel KS'nin kısıtlılıklarının üstesinden geldiğini kabul etmiş. Ancak KS yerine YSA ile Rauch-Tung-Striebel yumuşatıcısının daha ucuz ve iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir[20].

Aboelmagd ve arkadaşları, seyir sistemlerinde kullanılan KS ve ANN yöntemlerinin sadece ASS'nin hali hazırdaki hatalarıyla ilgilenmesini eleştirmiştir. Nouredin çalışmasında ASS'nin geçmiş verileri üzerindeki hata bağımlılıklarını göz önüne almış ve Giriş Gecikmeli YSA modeli ile yeni bir yöntem geliştirmiştir. Çeşitli güzergâhlarda toplanan veriler üzerinden yeni yöntemi, KS ve YSA temelli yöntemlerle karşılaştırmıştır. Özellikle KKS bağlantısının kesildiği anlarda daha isabetli konumlandırma yapıldığını göstermiştir[21].

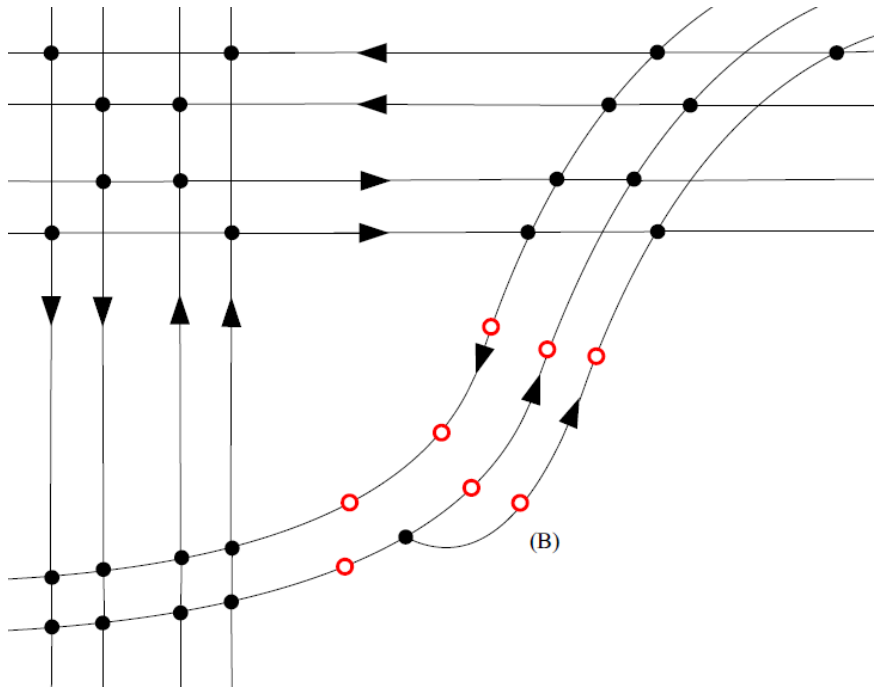
Canan, mobil robot tasarımında konum tespiti için KKS ve hareket algılayıcılarını kullanmıştır. Farklı kaynaklardan gelen verileri YSA temelli yöntemle birleştirmiştir. Geliştirdiği YSA temelli yöntemi farklı güzergâhlarda KS ile karşılaştırmış ve daha yüksek başarımlar elde etmiştir[22].

Uğur Şimşir, Seniz Ertuğrul İstanbul Boğazı'ndaki gemi trafiğinin yoğunluğundan kaynaklanan kaza riskine dikkat çekmiştir. İstanbul boğazında seyreden gemilerin kaza riskini azaltmak için gemilerin 3 dakika sonraki konumlarını kestiren bir YSA yöntemi geliştirmiştir[23].

Şerit bağımlı taşıt seyir ve kontrol sistemlerinde, elektronik haritalardan faydalanma fikrinin benimsendiği çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmalar özellikle kavisli

yollarda yaşanan kestirim sorunlarını çözeceğine vurgu yapılmaktadır. Bu bağlamda yeni nesil vektörel harita model çalışmaları yapılmaktadır.

Anning Chen, Arvind Ramanandan ve Jay A. Farrell, yüksek doğrulukta konum bilgisine ek olarak yüksek doğrulukta şerit bilgisinin gerekliliğine değinmişlerdir. Carrier Phase Differential GPS (CPDGPS) yöntemi ile santimetre seviyesinde konum bilgisi elde edilebilmesine rağmen şerit seviyesinde hassasiyete sahip haritaların henüz yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Bu yetersizlikten yola çıkarak şerit seviyesinde harita oluşturma yöntemi geliştirmişlerdir. Yollar kavşak noktalarına göre bölünerek graf yapısı oluşturulmuştur (Şekil 2.5). Her bir düğüm üzerinde düğüme bağlı şeritlerin kavislerini gösteren bir yay fonksiyonu yerleştirilmiştir[24].



Şekil 2.4. Şerit bazında tanımlı yol haritası [24].

Toledo-Moreo, R. , Zamora-Izquierdo, M.A otoyollarda şerit değişimi kestirimi üzerine bir Etkileşimli Çoklu Model (Interactive Multiple Model) önermişlerdir. KKS, AÖB ve odometre kullanılan çalışmada, taşıtların manevraları Şerit Değişimi ve Şerit Korunumu olarak iki durumda değerlendirilmiştir. Yazarlar önerdikleri modelin düşük kavisli yollarda başarı elde ettiğini ancak çok kıvrımlı kavislerde

yetersiz kaldığını belirtmişlerdir. Bu yetersizliği çözmek için elektronik harita yardımı ile çalışan kavis kestirim yöntemlerini modellerine eklemişlerdir[25].

Caveney D. , yol kestirim çalışmalarında elektronik haritadan yararlanarak 3 sn, 5 sn ve 10 sn sonrası için düz, kavisli, düz yolda şerit değişimi, kaviste şerit değiştirimi senaryoları için farklı hızlarda kestirimler yaparak sonuçları karşılaştırmıştır. Yazar sonuç kısmında uzun süreli kestirimde yaşanabilecek sorunları sıralamıştır[26].

Nakanishi, Y. , Yamaguchi, R. , Fujimoto, K. , Wada, T. , Okada, H., yaptıkları çalışmada yaya taşıt çarpışmalarını önleyici çalışmalar yapmışlardır. Yapılan saha testlerinde hem yaya hem de taşıtta KKS ve telsiz ağ donanımı kullanılmıştır. Yazarlar yayaların hareketlerini modelleyerek çarpışma olasılıklarını kestirmişlerdir[27].

Demmel, S. ve arkadaşları, zincirleme seyreden araçlarda yaşanabilecek kazaları önlemek için hazırlanan bir uyarı sistemi tasarlamışlardır. Sistemi kullanarak sürücü, taşıt ve telsiz ağdan kaynaklanan gecikmeleri benzetim ve uygulama yoluyla ölçmüşlerdir. Sonuçların ileride yapılacak olan benzetimlerde kullanılabilceği paylaşılmıştır[28].

Yan-Jing Wu, Wei-Cheng Sung, KUSS, elektronik harita ve telsiz ağ donanımı kullanarak dinamik seyir sistemi geliştirmişlerdir. Geleneksel seyir sistemlerindeki genel kıstasların aksine anlık olarak belirli bir yoldaki taşıtların hızları, aralarındaki mesafe, yolun durumu gibi kıstaslar değerlendirilerek aday yollar dinamik olarak puanlandırılmıştır. Geliştirilen sistem önceki çalışmalarla benzetim yoluyla karşılaştırılmış ve seyahat süresinden diğerlerine nazaran daha iyi değerler elde edilmiştir[29].

Jiménez, F. ve arkadaşları düşük ve yüksek maliyetli KUSS/AÖB cihazlarının elektronik harita geliştirmede kullanımını incelemişlerdir. Yazarlar yüksek maliyeti olan yüksek başarılı cihazların kullanımına salık vermişlerdir. Düşük başarılı



AÖB cihazlarının KKS sistemin devre dışı olduğunda konum belirmeme için kısa süreli kullanılabileceğini belirtmişlerdir[30].

Deders ve arkadaşları trafik benzetim yazılımı ile taşıt dinamik benzetim yazılımını bütünleştirerek yapay zekâ temelli ölçme ve değerlendirme platformu geliştirmişlerdir. Platformda mikro trafik benzetimi için VISSIM benzetim yazılımı kullanılmıştır. VISSIM 100 ms aralıklarla trafikteki her bir taşıtın konum verisini benzetmektedir. VISSIM taşıt hareketlerinin benzetimini yaparken psiko-fiziki model kullanarak taşıtlar arasındaki mesafeyi belirlemektedir. VISSIM ile seyir benzetimi yapılan taşıtın dinamik benzetimi için CarSim'den faydalanılmıştır. CarSim ile taşıtın doğrusal ve açısal hareketleri ile hız ve ivme bilgilerine ek olarak taşıtın yönelimine ait benzetimler yapılmaktadır. Bu iki benzetim yazılımının çıktıları kullanılarak KUSS/ASS (Atalet Seyir Sistemi) benzetim yazılımı geliştirmişlerdir[31].

Lytrivis ve arkadaşları taşıt ağlarına yönelik güvenlik uygulamalarında konum kestirimi için işbirlikçi bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritma taşıtların ağdaki tüm taşıtlarla coğrafi konum, hız, ivme, yunuslama ve sapma verilerini paylaşımına ve bu taşıtların kendisine ve komşu taşıtlara yönelik konum kestirimini yapmasına dayanmaktadır. Taşıtlar, bu verileri temin için gerekli olan KUSS ve AÖB birimine ek olarak Uzun Mesafe Radar (Long Range Radar) ve elektronik harita verisi ile donatılmıştır. Algoritmada taşıtlar için hareket modellerinden faydalanılmıştır. Algoritmanın başarımının sınanmasında iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde önceden belirlenmiş belirli 4 hareket modellerinden biri ile konum kestirimi yapmışlardır. İkincisi yöntemde ise Dampster-Shafer yöntemi ile her yinelemede bu 4 hareket modelinden birini seçmektir. Yazarlar geliştirdikleri algoritmayı Elektronik Fren Uyarısı uygulaması ile sınamış ve sonuçları paylaşmışlardır[32].

## 2.4. Standartlar

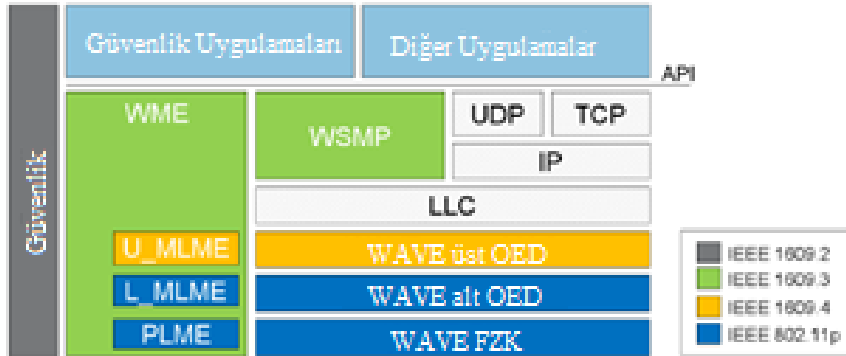
TAİ üzerine yapılan çalışmaların yaygınlaşması üzerine standartlaşma ve frekans tahsisi girişimleri de hız kazanmıştır. TTA'ya yönelik geliştirilen iki standart mevcuttur. Bunlardan ilki IEEE tarafından geliştirilen IEEE 802.11p standardıdır. IEEE 802.11p TTA için OED ve PHY katmanlarına yönelik IEEE 802.11'e yapılan eklentileri kapsamaktadır[33]. Bu konudaki diğer bir standart ise yine taslak halinde olan Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) IEEE 1609 standart ailesidir. Bu standart ise ağın güvenliğinde ve yönetiminde karşılaşılan sorunlara standart getirmeyi amaçlamaktadır. IEEE 1609 standardı şu alt gruplardan oluşmaktadır[34] (Şekil 2.6.).

1609.1 Kaynak Yönetimi

1609.2 Taşıtlar ve Uygulamalar için Güvenlik Hizmetleri

1609.3 Ağ Hizmetleri

1609.4 Çoklu Kanal İşlemleri



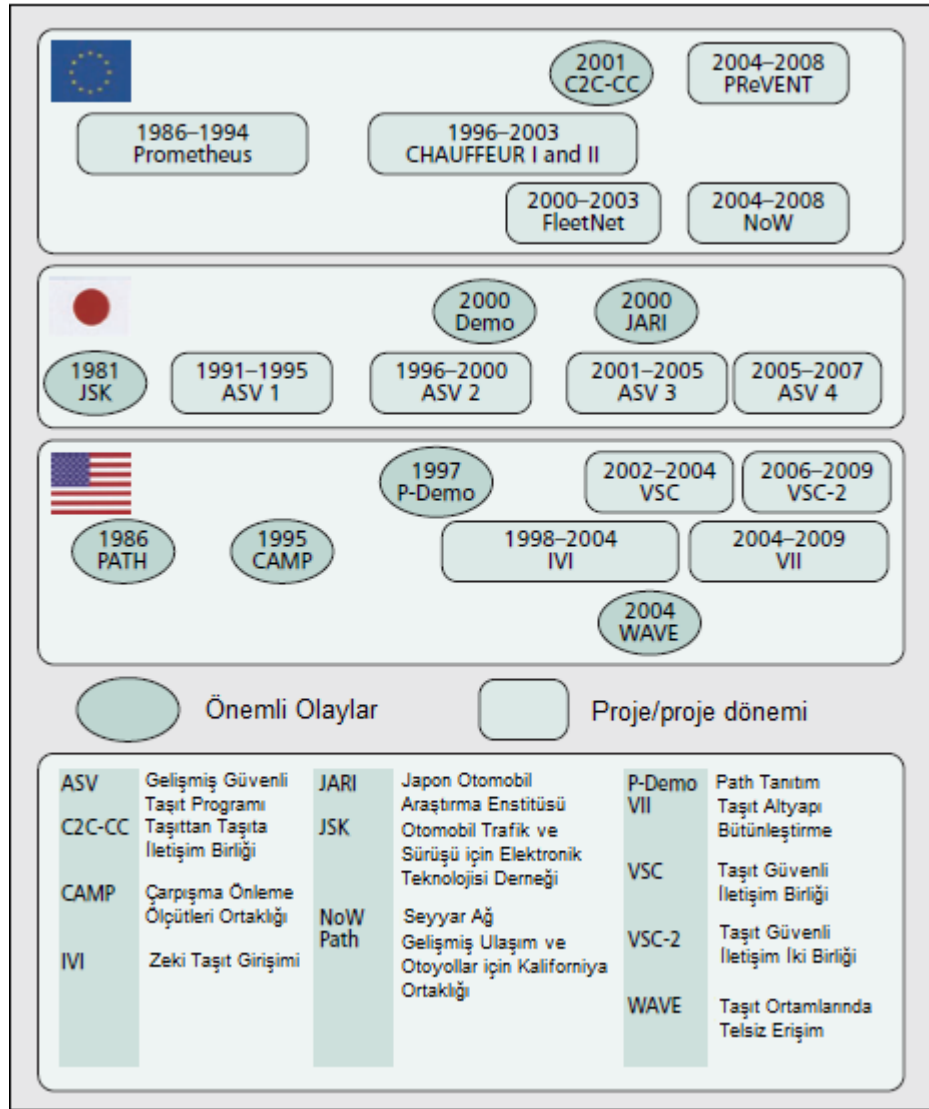
Şekil 2.5. IEEE802.11p ve IEEE 1609 standartları ve iletişim yapısı

## 2.5. Projeler

TAİ alanında ilk çalışma 1980'lerin başında Japonya'da yapılan JSK'dır ( Otomobil Trafığı ve Sürüşü için Elektronik Teknolojisi Birliği) [35]. Bu çalışmada TAİ'de trafik ve sürücü bilgi sistemlerinin geliştirilmesine ağırlık verilmiştir. 1990'larda ve 2000lerde Amerika'da PATH [36] ve Avrupa'da Chaffeur [37] projeleri ile taşıtlar

üzerinden veri aktarımını sağlayan sistemleri araştırmak ve uygulamak için çalışmışlardır.

Yakın zamanda telsiz iletişimideki umut verici gelişmeler taşıt güvenliğine yönelik ulusal ve uluslararası pek çok projeye ışık tutmuştur. 2000 yılından bu yana pek çok Avrupa projesi otomobil üreticileri, özel şirketler ve araştırma enstitüleri tarafından desteklenmiştir (Şekil 2.7.). Bu projelerin ortak hedefi taşıtlar arası ortak bir iletişim platformu kurmaktır.



Şekil 2.6. TTA'nın kilometre taşları (TTA projeleri)[38].

Avrupa 5. Çerçeve Programı projesi olan CarTalk2000[39] TAI’de sürücü yardımcısı sistemi ve kendi kendine örgütlenen tasarsız telsiz ağı iletişimi üzerine odaklanmıştır. Almanya projesi olan FeetNet [40], altı otomobil üreticisi ve üç üniversite tarafından desteklenmiştir. TTA üzerine deneysel sonuçlar elde edilen projede yeni protokoller ve farklı telsiz teknolojileri keşfedilmiştir.

FleetNet’in halefi olan NoW (Network on Wheels) telsiz ağları kullanarak taşıttan taşıta ve taşıttan altyapıya iletişim amaçlı çalışmalar yapmaktadır. NoW’un yaptığı çalışmalar güvenli uygulamalar ve güvenliksiz uygulamalar olmak üzere iki kısımda yürütülmektedir.

Benzer çalışmalar dünyanın çeşitli yerlerinde yürütülmektedir. Kuzey Amerika’da Vehicle-Infrastructure Initiative (VII) [41], Japonya’da Vehicle Information and Communication System (VICS) [42] ve Hindistan’da ITSIndia (Intelligent Transport System India) belli başlı projelerdendir.

VII, Otomotiv üreticileri ile ABD Federal ve Eyalet Ulaşım Birimleri (Federal and State departments of transportation - DOT’s) ortak girişimidir. Bu proje ile daha güvenli ve daha etkin bir ulaşım sisteminin teknik, ekonomik, sosyal ve politik açıdan yapılabilir olduğunu doğrulamak amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.

Bu alandaki önemli faaliyetlerden birisi de Taşıttan Taşıta İletişim Birliği (Car-to-Car Communication Consortium - C2C-CC) [43]. Bu birliktelik Avrupalı taşıt üreticileri tarafından başlatılmıştır. Bu birliktelik yerel alan ağı bileşenlerini kullanarak taşıttan taşıta ve taşıttan altyapıya iletişim için bir Avrupa standardı oluşturmayı ve Avrupa çapında işletilebilmeyi garantilemeyi amaçlamaktadır.

Ülkemizde de taşıtlar arası iletişim alanında KoçSistem, TELEMETRİ A.Ş., Fiat-TOFAŞ ve Ford-OTOSAN “Güvenli trafik için araçlar arası haberleşme teknolojileri” adlı bir proje başlatmışlardır. Bu proje taşıttan taşıta, taşıttan altyapıya, taşıttan yayaya gibi taşıt-çevre iletişim işlevlerini, birçok farklı hizmeti ve bilgiyi

kapsayacak şekilde ele almakta, değerlendirmekte ve araç sürücüsünün sürüş güvenliğini bozmadan sesli ve görüntülü uyarıları oluşturmayı hedeflemektedir[44].

### **3. GEREÇ VE YÖNTEM**

TAI çalışmaları günümüzde yaygın ve etkin olarak kullanılan çeşitli teknolojilerin bir arada etkin olarak kullanımını gerektirmektedir. Seyir halindeki taşıtın konum ve durumunu tespit etmek, konum kestirimini gerçekleştirmek ve gerekli verileri taşıtlar arasında iletmek için farklı gereç ve yöntemlerden faydalanılmıştır.

#### **3.1. Seyir Sistemleri**

Uzayda bir noktadan başka bir noktaya gitmek için en uygun rotanın tespiti ve bu rotayı takiben yapılan yolculuğa seyir (seyrüsefer, navigasyon) denilmektedir. Seyir, konumu tespit etme, yön bulma ve hızı belirleme gibi alt süreçlerden oluşmaktadır.

Mevcut konumun tespiti için eski çağlardan beri konumu bilinen noktalardan (nirengi) yararlanılmıştır. Eski zamanlarda nirengi olarak dağ, nehir, deniz vb. gözle görülebilir doğal işaretler kullanılmıştır. Yön tayininde ise güneşin ve yıldızların konumlarından faydalanılmıştır. Pusulanın keşfi, uydu seyir sistemlerinin kurulması ve elektronik haritaların geliştirilmesi seyir süreçlerinin son derece kolay ve etkili gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Deniz ve hava ulaşımında ağırlıklı olarak kullanılan seyir sistemleri, son on yılda kullanılan teknolojilerin ucuzlamasıyla kara ulaşımında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### **3.2. Referans Sistemleri**

Hareket halinde katı bir cismin belirli bir zamandaki konumunu, durumunu ve hareketlerini ifade etmek için kullanılan notasyonlara referans sistemleri denilmektedir. Bu sistemlerden başlıcaları koordinat referans sistemi, gövde referans sistemi ve zaman referans sistemidir.

### 3.2.1. Koordinat sistemleri

Belirli bir alandaki bir noktanın konumunu, belirli bir başlangıç noktalarına göre ifade etmek için geliştirilen sistemlere koordinat sistemi denilmektedir. Konum bilgisinin kullanım alanına bağlı olarak geliştirilmiş çeşitli koordinat sistemleri mevcuttur. Kara, hava, deniz seyirlerinde genellikle yer kürenin tamamını kapsayan koordinat sistemleri kullanılmaktadır. Bunun yanında daha küçük arazileri tanımlamak üzere yerel koordinat sistemleri de mevcuttur.

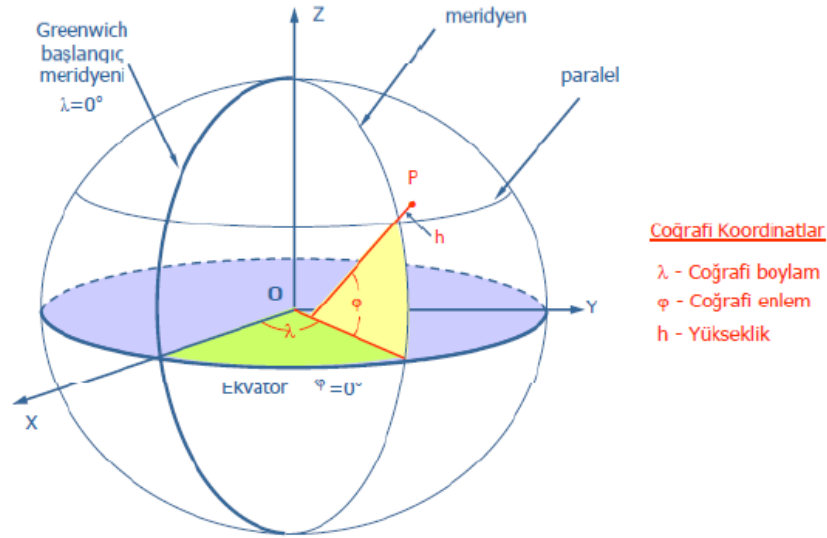
Koordinat sistemleri genel olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar Uzay Sabit Koordinat Sistemleri (USKS) ve Yer Sabit Koordinat Sistemleri (YSKS)'dir. USKS yer kürenin dönmesinden bağımsız olarak uyduların yörüngelerini ve konumlarını tayin etmek için kullanılmaktadır. YSKS ise yerküre üzerindeki konumların tanımlanması için kullanılmaktadır.

#### YSKS

Yerküre yüzeyinde herhangi bir noktanın konumu belirlemek üzere merkezi yerkürenin merkezi ile çakışık tasarlanmış koordinat sistemleridir. YSKS ile koordinatı belirlenen bir noktanın uzaydaki konumu dünyanın dönmesi ile değişmekle birlikte yerküre üzerindeki konumu sabittir. Bu sebeple bu koordinat sistemlerine Yer Merkezli Yer Sabit (YMYS) koordinat sistemleri de denilmektedir.

YSKS koordinat sistemlerinde bir noktanın koordinatı üç boyutlu olarak tanımlanmaktadır. Yatay düzlemi tanımlamak için enlem ( $\phi$ ), boylam ( $\lambda$ ) parametreleri kullanılırken dikey eksen için yükseklik ( $h$ ) parametresi kullanılır. Yerkürenin şeklinin tam küre olmamasından dolayı en uygun modelle gösterilmesi gerekmektedir ve bu model de elipsoit şekli olarak seçilmiştir. Bir P noktasının boylamı, ekvator düzlemi ve yerin elipsoidal normali arasındaki açıdır. Enlemi, ekvator düzleminde başlangıç meridyeni ve noktanın ekvator düzlemine izdüşümü ile oluşturduğu açı ile tanımlanır. Yükseklik, P noktasından elipsoit yüzeyine dik

doğru ile elipsoidin yzzeyi arasındaki mesafedir. Bu tanımlanan değerlerin geometrik gösterimi Şekil 3.1 'de görülmektedir.



Şekil 3.1. YSKS koordinat sistemi[45]

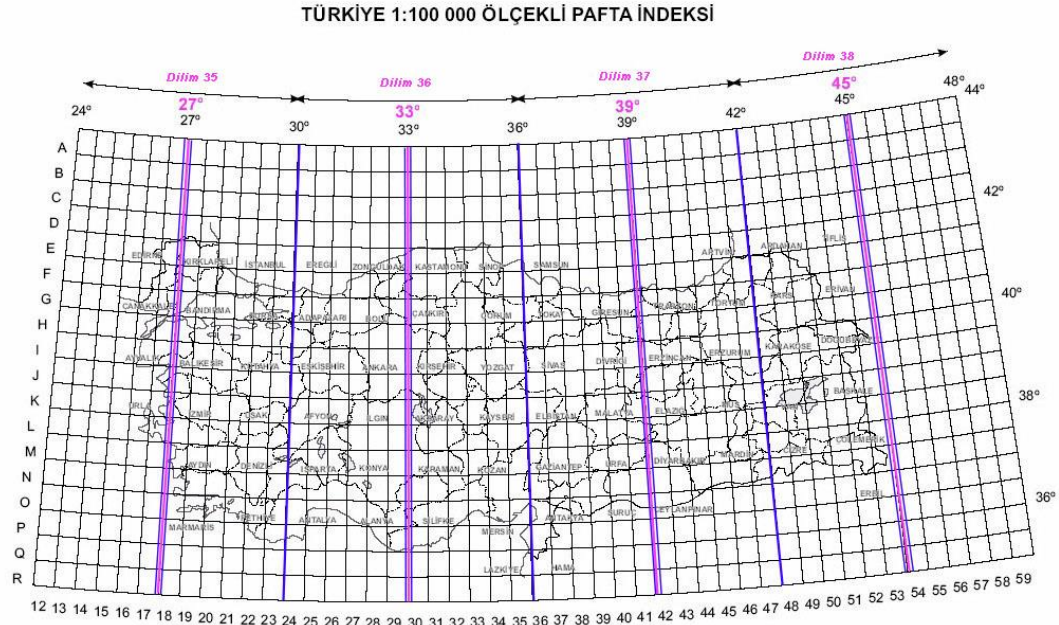
### İzdüşümü koordinat sistemi

Yerkürenin tamamı veya bir bölümünün iki boyutlu geometrik bir yzzey üzerine iz düşümünün alınmasına dayalı koordinat sistemidir. En yaygın olarak kullanılan iz düşümü koordinat sistemi Evrensel Enine Merkatör (EEM, Universal Transverse Mercator UTM) olarak tanımlanan koordinat sistemidir. Bu koordinat sisteminde dünya, bir kutuptan diğerine her birinde 6 meridyen bulunan ve dilim (zone) olarak adlandırılan bölümlere ayrılmıŐtır. 180° batı meridyeninden başlayarak doğuya doğru yapılan bu bölmelerde toplam 60 dilim mevcuttur. EEM koordinat sisteminde, ekvatorдан kutuplara doğru ilerledikçe bozulmalar artar. Bu nedenle bozulmanın kabul edilebileceği üst sınırlar olarak 84° kuzey ve 80° güney paralellerinin ötesinde EEM koordinatlar kullanılmamaktadır.

Her dilimde ortada yer alan meridyene, dilim orta meridyeni denilmektedir. Bu meridyenden sola ve sağa dilim sınırlarına doğru gidildikçe bozulmalar baŐlamaktadır. Dilim sınırları, bozulmanın kabul edilebilir boyutta olduğu u



noktalardır. EEM izdüşümü sisteminde Türkiye, dilim orta meridyenleri  $27^\circ$ ,  $33^\circ$ ,  $39^\circ$  ve  $45^\circ$  olan dört dilimde yer almaktadır[46] (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. EEM izdüşümü koordinat sisteminde Türkiye [47]

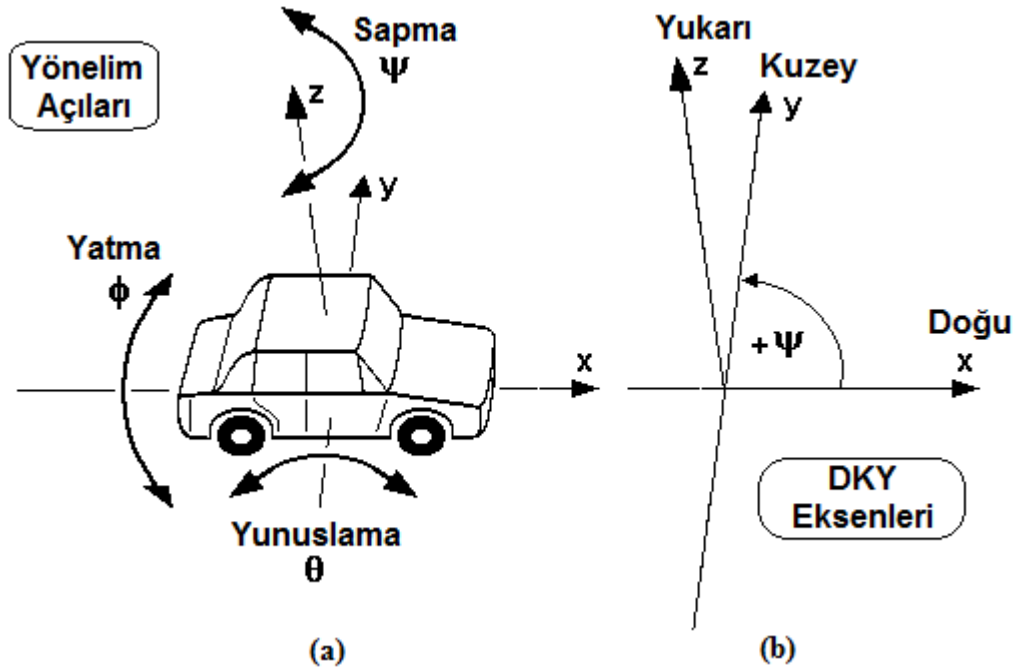
### 3.2.2. Gövde referans çerçevesi

Herhangi bir kütlelinin coğrafi konumundan bağımsız olarak ağırlık merkezinden geçen bir eksen etrafında yaptığı hareketlere yönelim denilmektedir. Cismin gerçekleştirdiği yönelim hareketlerini tanımlamak için kullanılan üç eksenli gövde referans çerçevesi kullanılmaktadır. Bu eksenler cismin ağırlık merkezinden geçmektedir. Birbirlerine  $90^\circ$  açı ile çakışık olan bu eksenler dikey (vertical ya da z), yanal (lateral ya da y) ve uzunlamasına (longitudinal ya da x) olarak adlandırılmaktadırlar.

Kütlelinin bir kara taşıtı olduğu düşünüldüğünde, dikey eksen taşıtın tavanından, ağırlık merkezinden geçen eksendir. Taşıtın dikey eksen etrafında yaptığı harekete sapma (yaw) denilmektedir. Sapma hareketi taşıtın burnunun sağa, sola hareketi olarak da tanımlamak mümkündür. Uzunlamasına eksen taşıtın arkasından, ağırlık merkezinden ve önünden geçmektedir. Taşıtın uzunlamasına eksen etrafında yaptığı harekete yatma (roll) denilmektedir. Yatma hareketi taşıtın yere göre olan düzlemsel

açısını değiştirmektedir. Yanal eksen taşıtın sol yanından, ağırlık merkezinden ve sağ yanından geçmektedir. Yanal eksen etrafında yapılan harekete yunuslama denilmektedir.

Bir cismin yönelim hareketlerini ölçmek için gövde referans sistemine ek olarak cismin hareket ettiği alanı ya da uzayı tanımlayan harici bir referans sistemine daha ihtiyaç vardır. Bu referans sistemini tanımlamak için Genellikle YKYS koordinat sisteminden yararlanılmaktadır. Cismin hareket ettiği uzayı tanımlamak için iki farklı notasyon kullanılmaktadır. Bunlar genellikle kara taşıtlarında kullanılan Doğu, Kuzey, Yukarı (DKY, East, North, Up - ENU) referans çerçevesi ile deniz ve hava taşıtlarında kullanılan Kuzey, Doğu, Aşağı (KBA, North, East, Down- NED) referans çerçevesidir. Bu referans çerçeveleri doğu batı düzleminde paralellere, kuzey güney düzleminde meridyenlere teğet geçmektedir. Yukarı aşağı yönündeki doğru ise cismin ağırlık merkezinden yerkürenin merkezine inen doğrudur(Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Yönelim açılarının ölçümünde kullanılan referans çerçeveleri [48]

a) Gövde Referans Çerçevesi      b) Yerküre Referans Çerçevesi

Bu iki referans çerçevesinin eksenleri cisim hareketsiz ve düz bir konumda iken çakıştırılmaktadır. Yönelim hareketlerinin ölçümü bu iki referans çerçevesinin eksenleri arasında oluşan açının tespiti ile mümkün olmaktadır. Açıların zaman düzleminde türevleri alınarak açısal hızlar tespit edilmektedir.

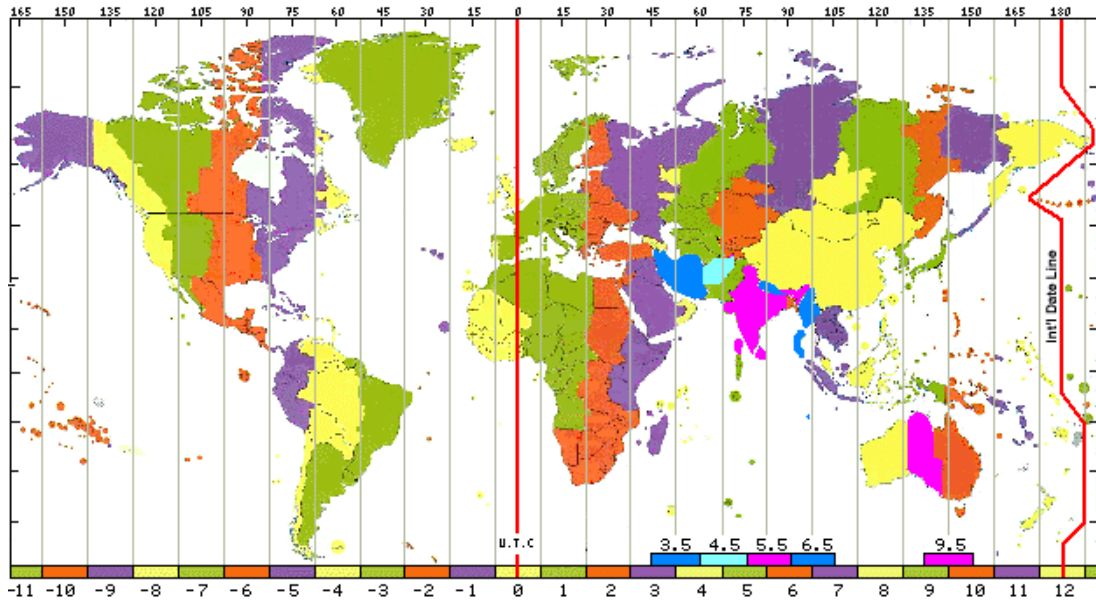
### 3.2.3. Zaman referans çerçevesi

En genel tabiriyle zaman, bir işin, bir oluşun içinde geçtiği, geçeceği veya geçmekte olduğu süre olarak tanımlanmaktadır. İnsanoğlu maddenin maruz kaldığı değişimleri, olayları, süreçleri ifade etmek, gözlemlemek ve değerlendirmek için daima zamanı ölçmeye ihtiyaç duymuştur. Zamanın ölçümünde kararlı bir şekilde tekrar eden hareketi referans almak gerekmektedir. Tarih boyunca zamanın ölçümünde kullanılan ölçekler dinamik ve atomik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Gök cisimlerinin tekrar eden hareketlerini gözlemleyerek yapılan zaman ölçümleri dinamik ölçümdür. Dinamik ölçüm insanlığın ilk çağlardan bu yana kullandığı yöntemdir. Dünyanın güneş etrafında dönüşü yıl, ayın dünya etrafında dönüşü ay, dünyanın kendi etrafında dönüşü gün ölçek birimleri olarak günümüzde de kullanılmaktadır. Babilliler'in gündüzü ve geceyi on iki eşit parçaya bölerek saat ölçeğini geliştirdikleri tahmin edilmektedir. Yine Sümerler'in de saati atmış eşit parçaya bölerek dakikayı, dakikayı atmış eşit parçaya bölerek de saniyeyi ölçü birimi olarak kullandıkları düşünülmektedir. Tüm bu dinamik ölçümlerden yola çıkılarak ay ve güneş takvimleri geliştirilmiştir.

Dinamik zaman ölçümü her ne kadar günlük yaşamdaki ihtiyaçları karşılasa da yeterince hassas değildir. Yerkürenin yörüngesinin elips olması nedeniyle, yerkürenin konumuna bağlı olarak gök cisimleri arasındaki çekim gücünü değişiklikler söz konusudur. Bu durum yerkürenin dönüş hızında sürekli yavaşlama, düzensiz hız değişimleri ve mevsimlik periyodik değişimler biçiminde boy göstermektedir. Bu nedenle daha hassas zaman ölçümü yöntem arayışları süre gelmiştir. Günümüzde atomik ölçüm yöntemi geliştirilmiştir.

Atomik ölçümde atomların içsel enerji durumları arasındaki kuantum değişimini gerçekleştirilmekte kullanılan elektromanyetik radyasyonun karakteristik frekansından yararlanılmaktadır. Bu frekansın son derece kararlı olmasından dolayı 1967 yılında uluslararası zaman dilimi olarak kabul edilmiştir. Buna göre bir yılın  $1/31.556.926$ 'i olarak kabul edilen saniye, en düşük enerji seviyesindeki Sezyum-133 atomunun  $9.192.631.770$  geçiş periyoduna eşitlenmiştir.[49]



Şekil 3.4. EEZ saat dilimlerinin temsili [50]

Gelişen teknoloji ile birlikte artan taşımacılık ve seyahat imkânları zaman ölçümünü uluslararası bir disipline bağlanmasını ihtiyaç kılmıştır. Bu amaçla yerküre meridyenler vasıtası ile 24 saat dilimine bölünmüştür. Her saat dilimi 15 meridyen içermektedir. Saat dilimlerinin başlangıcı olarak Greenwich kasabasından geçtiği kabul edilen meridyen kabul edilmiştir. Başlangıç meridyenin doğusundaki saat dilimleri, meridyenin zamanına eklenerek, batısındakiler ise çıkarılarak yerel saat hesaplanmış olur. Günümüzde atomik saati ve zaman dilimleri ile tanımlanan Eşgüdümlü Evrensel Zaman (EEZ, Coordinated Universal Time -UTC) dünya genelinde kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.4).

### 3.3. KUSS

Yerküre yörüngesine yerleştirilmiş uydulardan alınan sinyaller vasıtasıyla yerküre üzerindeki bir noktanın konumunu ve zamanını belirlemek amacıyla geliştirilmiş sistemlerdir.

İlk KUSS olan TRANSIT, ABD tarafından askeri kullanım amacıyla 1964 yılında geliştirilerek hizmete alınmıştır. TRANSIT iki boyutlu konum tespiti yapılabilmektedir. Üç boyutlu konum tespiti sağlayan Navstar Global Positioning System (GPS) projesi 1973 yılında yine ABD ordusu tarafından başlatılmıştır. GPS 1983 yılında seçimli yararlanılabilirlik yöntemi ile hassasiyeti düşürülerek sivil kullanıma açılmıştır. 2000 yılında seçimli yararlanılabilirlik kaldırılmıştır. GPS'e alternatif olarak Sovyetler birliği tarafından 1976 yılında GLONASS projesi başlatılmıştır, ancak 1993 yılında Rusya Federasyonu tarafından kullanıma açılabilmiştir. GLONASS 2003 yılında sivil kullanıma açılmıştır. Günümüzde Avrupa Birliği, Japonya, Çin ve Hindistan KUSS geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir[51].

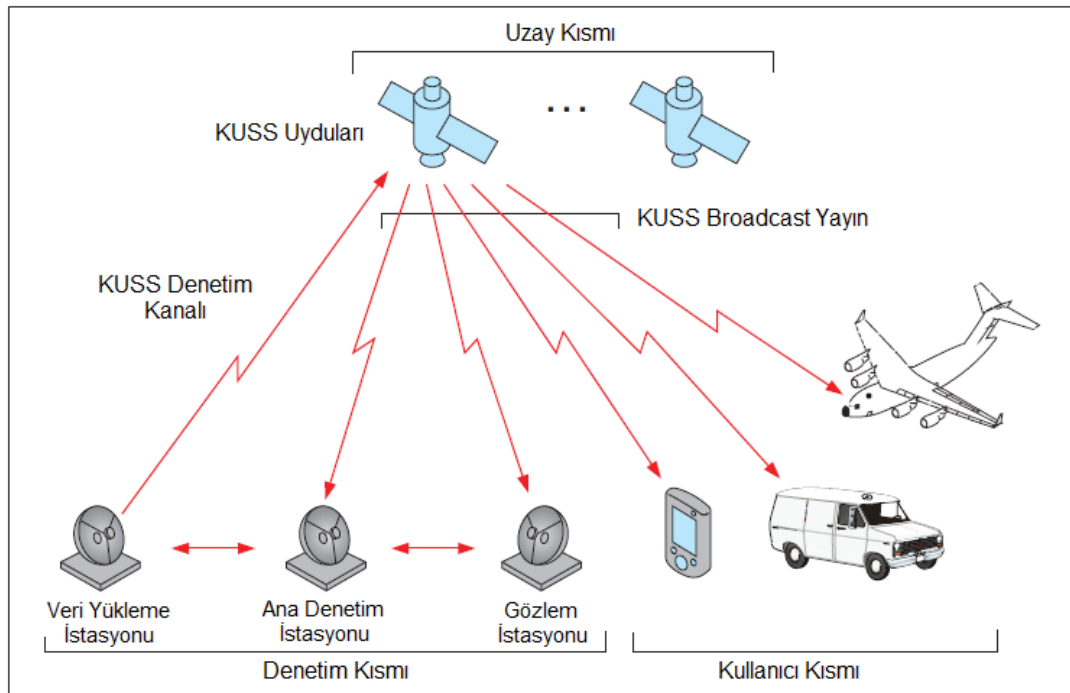
#### 3.3.1. Sistemin bileşenleri

Her bir KUSS uzay, denetim ve kullanıcı olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Sistemin uzay kısmı, yerküreden 20.000 km yükseklikte yörüngeye yerleştirilmiş uydu takımından oluşmaktadır. Her bir uydu radyo alıcısı ve vericisi, atom saati, kontrol birimi, güneş paneli, itme sistemlerinden oluşmaktadır. Uyduları tanımlamak için Sözde Rastgele Numaralar (SRN, Pseudo Random Number-PRN) adı verilen bir sistem kullanılmaktadır. Her bir uydu kimlik, yörünge, zaman ve durum verilerini içeren veri yayını (broadcast) yapmaktadır.

Denetim kısmı sistemin sevk ve idaresi için kurulmuş çeşitli yer istasyonlarından oluşmaktadır. Her bir KUSS'un denetim kısmı, ana denetim istasyonu, veri yükleme istasyonu, gözlem istasyonlarından oluşmaktadır. Bu istasyonların sayısı ve konumu

aynı anda tüm uydularla iletişim kurulabilecek şekilde belirlenmektedir. Gözlem istasyonları, uyduların sinyallerini ve durumlarını gözleyerek durumu denetim istasyonlarına aktarmaktadırlar. Ana denetim istasyonu aktarılan verileri değerlendirilerek gerekli hallerde uydunun yörüngesinde ve atomik saatine gerekli ayarlamalar yapılarak veri yükleme istasyonu vasıtasıyla sisteme yüklenmektedir.

Kullanıcı kısmını ise KUSS uydularından gelen sinyalleri işleyerek konum ve zaman verisini elde eden cihazlar oluşturmaktadır. Bu cihazlar başlangıçta askeri amaçlar için üretilmekte ve kullanılmaktayken günümüzde yaygın olarak bireysel kullanıma sunulmuştur.



Şekil 3.5. KUSS'un bileşenleri [52]

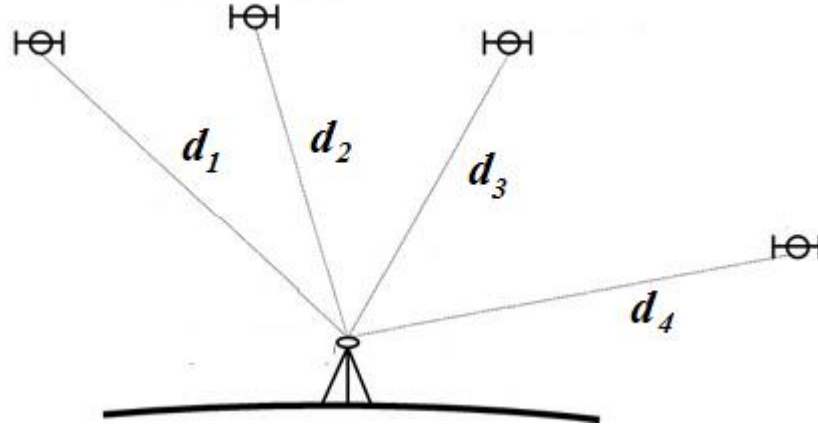
### 3.3.2. Konum tespiti

KUSS'da konum tespiti için üçgenleme yöntemi kullanılır. Üçgenleme, bir noktanın konumunun tespiti için, o nokta ile konumu bilinen noktalar (nirengi) arasındaki yön ve mesafesinden faydalanan bir yöntemdir. Bilinmeyen noktanın konumunu

bulabilmek için 2 boyutlu düzlemde en az iki, üç boyutlu uzayda ise en az üç nirengi noktasına ihtiyaç vardır. Bu yöntem haritacılıkta ve GSM şebekelerinde de konum belirlemek için kullanılmaktadır.

KUSS istemcisi marifeti ile bulunulan noktanın uzaydaki üç boyutlu konumu ve zaman bilgisi olmak üzere toplam dört ölçüm yapılmaktadır. Dolayısıyla bu dört bilinmeyenin tespiti için en az dört nirengi noktasına ihtiyaç vardır. KUSS'ta nirengi noktası olarak uydular kullanılmaktadır. Bu sebeple bir alıcının ölçüm yapabilmesi için aynı anda dört uydudan sinyal alması gerekmektedir.

KUSS uyduları kimlik, konum ve sinyalin gönderilme zamanını içeren SRN kodu yayınlamaktadırlar. Kodu alan alıcı, sinyalin kendisine ulaştığı zamanla, uydudan yayınlandığı zaman farkını alarak gecikme zamanı tespit etmektedir. Radyo dalgalarının yaklaşık olarak ışık hızında yayıldığı kabul edilmektedir. Bu sebeple gecikme zamanı ışık hızı ile çarpılarak uydu ile alıcı arasındaki mesafe hesaplanmaktadır.



Şekil 3.6. KUSS'ta konum tespiti için en az dört uyduya ihtiyaç vardır[53].

Üç uydudan alınan sinyaller ile üç boyutlu bir konum tespiti için yeterlidir. Ancak uydu saatleri ile alıcı arasındaki olası zaman farkı konum tespitinde hatalara neden olmaktadır. Uydular üzerinde kullanılan atomik saatler yüksek hassasiyetle kesin değerler üretmektedirler. Alıcılarda ise maliyeti düşürmek için kullanılan quartz

osilatörler sapmalara müsaittir. KUSS alıcısında oluşabilecek hataları tespit etmek için dördüncü bir uyduya daha ihtiyaç duyulur.

GNSS alıcısının konumunun  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , saatindeki sapmanın  $t_c$  olduğu kabul edilirse bilinmeyenlerin tespiti için 4 eşitliğe ihtiyaç vardır.

$$d_1 = c(t_{t,1} - t_{r,1} + t_c) = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} \quad (3.1)$$

$$d_2 = c(t_{t,2} - t_{r,2} + t_c) = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2} \quad (3.2)$$

$$d_3 = c(t_{t,3} - t_{r,3} + t_c) = \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2} \quad (3.3)$$

$$d_4 = c(t_{t,4} - t_{r,4} + t_c) = \sqrt{(x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2 + (z_4 - z)^2} \quad (3.4)$$

Burada

$c =$  ışık hızı ( $3 \cdot 10^8$  m/s)

$t_{t,1}, t_{t,2}, t_{t,3}, t_{t,4} =$  Uyduların sinyali gönderme zamanlarıdır.

$t_{r,1}, t_{r,2}, t_{r,3}, t_{r,4} =$  Uydulardan gelen sinyalin alınma zamanlarıdır.

$x_n, y_n, z_n =$  Uyduların konumlarıdır.

Doğrusal olmayan dört bilinmeyenli denklem takımı ve nümerik yöntemlerle çözümlenerek alıcının konumu ( $x,y,z$ ) ve saatindeki sapma ( $t_c$ ) tespit edilmektedir[54].

### 3.4. Atalet Ölçüm Birimi

Hareket halindeki katı cisimlerin açısal hızlarını ve doğrusal ivmelerini ölçmek için kullanılan cihazlardır. AÖB'leri ölçümleri yapabilmek için iki farklı tipte algılayıcıyı bünyesinde barındırmaktadırlar. Bunlar yönelim açılarını elde etmek için kullanılan dönüölçer (jireskop) ve ivmeyi ölçmek için ivmeölçerdir.



### 3.4.1. Dönüölçer

Dönüölçerin (jiroskop) genel kullanım alanı, katı cisimlerin referans bir eksenle yaptığı açının ölçümüdür. Bu ölçüm için açisal momentumun korunması ilkesinden yararlanılmaktadır. Açisal momentumun korunması ilkesine göre belirli bir eksenle dönmeye başlayan bir cisim, dönme eylemi süresince aynı eksenle dönmeye devam etmektedir. Bu eyleme açisal dengenin korumu da denilmektedir.

Dönüölçerin ilk örnekleri iç içe mafsallı üç halka ile ekseni en içteki halkaya mafsallı döner bir tekerden oluşan mekanik bir düzeneklerdir[55]. Günümüzde ise dönüölçerler, Mikroelektro-mekanik sistemler (MEMS) teknolojisi kullanılarak, üç eksenle ölçüm yapan düşük maliyetli bütünleşik devreler halinde üretilmektedirler. Başlangıçta denizcilikte yön bulma, havacılıkta ufuk çizgisinin tespiti, uyduların yörünge tespiti gibi ileri teknoloji sistemlerde kullanılmıştır. Elektronik dönüölçerler tüketici elektroniğinde yaygın kullanım alanı edinmiştir.

AÖB’de kullanılan dönü ölçerler katı cisimlerin açisal hızını ölçmek için kullanılmaktadır. Bu amaçla cismin ağırlık merkezine yerleştirilen dönüölçer, cismin yaptığı yatma, sapma ve yunuslama hareketlerini neticesinde DKY referans sistemiyle yaptığı açığı tespit etmektedirler. Tespit edilen açıların zaman düzleminde türevi alınarak gövde referans eksenlerindeki açisal hızlarının tespiti mümkün olmaktadır.

### 3.4.2. İvme ölçer

Hareket halindeki bir cismin hızında, birim zamanda gerçekleşen artış veya azalma ivme olarak tanımlanmaktadır. Newton ikinci hareket kanununa göre bir cismin ivmesi o cisme etki eden net kuvvetle doğru orantılı, cismin kütlesi ile ters orantılıdır. Hareket halindeki bir cisme etki eden kuvvetler, statik ve dinamik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Statik kuvvet yer çekiminden kaynaklanan kuvveti temsil ederken dinamik kuvvet cismin hızlanması veya durması yönünde etki eden kuvvetleri temsil etmektedir. İvmeölçerler üzerlerine düşen statik ve dinamik

kuvvetlerden doğan ivmeleri ölçerek hareket halindeki cismin belirli bir doğrultudaki ivmesini tespit eden cihazlardır. Ölçüm değerleri  $m/s^2$  veya yer çekimi kuvveti (g-Force) cinsindedir. İvmeölçerler aynı zamanda titreşim ve mekanik şokları ölçme amaçlıda kullanılmaktadır.

Mekanik olarak ivmenin ölçümü bir yay ve bu yaya bağlı cismin yayın ekseninde hareketi ile ölçüldüğü bir düzenele sağlanmaktadır. Günümüzde ise ivmeölçerler MEMS teknolojisi kullanılarak üretilmektedirler. MEMS ivmeölçerler basıncı ya da manyetik akıyı algılayacak yüzeylere sahiptirler. İvmeölçerler genellikle tek doğrultuda ivme ölçmektedirler. Bu sebepten dolayı birden fazla eksen için ivme ölçümü yapılmak istendiğinde birbirine doksan derece açı ile çakıştırılmış eksenlere sahip ivmeölçerler kullanılmaktadır.

Yerküre üzerinde sabit haldeki bir cisme  $1g$ 'lık yerçekimi kuvveti etki etmektedir. Yer çekimi kuvvet vektörü yerin merkezi doğrultusundadır. Bu sebeple ivmeölçerler yerçekimi kuvvetini algılamakta ve referans eksen olarak kullanılmaktadırlar. Bu eksen DKY referans çerçevesinin yukarı eksenini ile çakıştırılarak diğer iki eksen için de ivme ölçümü mümkün olmaktadır. Cimin yönelimdeki bir değişiklik, ivmeölçerin ölçüm yaptığı eksene etkiyen kuvvette değişikliğe neden olmaktadır. Trigonometrik hesaplar ile referans eksene etkiyen yerçekimi kaynaklı ivme tespit edilebilmektedir. Böylece ölçüm yapılan eksende hareketten kaynaklı ivme hesaplanabilmektedir.

### **3.5. Yapay Sinir Ağları**

Bilim dünyasında karşılaşılan problemler doğrusal ve doğrusal olmayan olarak nitelendirilmekte ve modellenenbilmektedir. Ancak gerçek dünyadaki pek çok problem doğrusal değildir. Doğrusal olmayan problemler özellikle değişken sayısının artmasına bağlı olarak zorluk dereceleri artmaktadır. Bu tip problemlerin deterministik yöntemlerle çözümünde sonuca ulaşılama ya da çözüm suresinin çok uzun olması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde sezgisel yöntemler sonuca götürebilecek diğer bir yaklaşımdır.

Sezgisel yöntemlerden birisi olan YSA, canlılarda bulunan sinir sistemi yapısının elektronik ortamda modellenmesi sonucu elde edilen temel zekâ niteliklerini sahip elektronik yapılardır. YSA'lar, canlılarda olduğu gibi belirli koşullar altında nasıl tepki vereceğini öğrenerek, benzer koşullarda karar alma yeteneğine sahiptirler. YSA'lar veri kümeleri sayesinde öğrenerek; ilişkilendirme, tahmin, sınıflandırma, genelleme, en iyileştirme ve nitelik belirleme yetenekleri kazanabilmektedirler.

Haykin, YSA'nın tanımını şu şekilde yapmıştır[56]. “Bir sinir ağı, basit işlem birimlerinden oluşan, deneyimsel bilgileri biriktirmeye yönelik doğal bir eğilimi olan ve bunların kullanılmasını sağlayan yoğun bir şekilde paralel dağıtılmış bir işlemcidir. Bu işlemci iki şekilde beyin ile benzerlik göstermektedir:

1. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreciyle çevreden elde edilir.
2. Elde edilen bilgileri biriktirmek için sinaptik ağırlıklar olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı güçleri kullanılır.”

YSA'lar, doğrusal problemlerin çözümlerinde de kullanılabilmesine rağmen doğrusal olmayan problemlerde daha yaygın kullanıma sahiptirler. Bunun sebebi doğrusal olmayan problemlerin sezgisel olmayan yöntemlerle çözümünde karşılaşılan olumsuzluklardır. Doğrusal olmayan problemler YSA ile daha kolay ve daha hızlı bir biçimde çözülebilmektedir. YSA'nın problemlerin çözümde sağladığı hızın arkasında paralellik özelliği yatmaktadır. YSA'ların yapı taşı olan sinir hücrelerinin eş zamanlı olarak hesap yapabilmesi hesap zamanını düşürmektedir. YSA'nın problem çözümünün daha kolay olmasının sebebi uyarılana bilirlilik ve tasarım kolaylığıdır. Uyarılana bilirlilik aynı YSA mimarisinin, farklı problemler için kullanılabilmesidir. Sonuçları farklılaştıran ise YSA'nın yapısı değil; problemin girdileri ve eğitim sürecidir. Tasarım kolaylığı ise yapı taşı olan sinir hücrelerinin tüm YSA'larda aynı olmasından kaynaklanmaktadır.

YSA'nın tercih edilmesindeki diğer bir sebep ise öğrenme bilirlilik özelliğidir. YSA'lar eğitim esnasında karşılaştıkları durumları ve sonuçlarını öğrenip aynı durumlarla tekrar karşılaştıklarında kararlı olarak aynı sonucu üretebilmektedirler. Hatta YSA sayesinde çözüm yolu tam olarak bilinmeyen sınıflandırma vb. problemlerde dahi

örnek veriler kullanılarak çözülebilmektedir. YSA'lar genelleme adı verilen yetenekleri ile eğitim esnasında karşılaştıkları durumlar için de isabetli sonuçlar üretebilmektedir.

YSA'nın tercih sebebi olmasındaki diğer bir özelliği ise ağı yapısında karşılaşılabilecek hataların hoş görülmesidir (toleration). Yapay sinir hücrelerinin paralel ve bağımsız çalışan yapısı sayesinde, ağı bir bölümü işlevini yerine getiremese dahi kalan kısım işlevini yerine getirmektedir. YSA öğrenibilirlik özelliği sayesinde yeni yapısıyla öğrenme süreçlerinden geçerek yine isabetli sonuçlar üretebilmektedir.

YSA'ların problem çözümüne yönelik olumlu özellikleri olduğu gibi olumsuz özellikleri de vardır. Bunlardan en önemlisi YSA'nın kullanılmadan önce bir eğitim sürecinden geçmesi gerekliliğidir. Eğitim süreci için ise probleme ait girdi ve bu girdiler neticesinde elde edilmesi beklenen sonuçları içeren veri kümelerine ihtiyaç vardır. Veri kümelerinin temini problemin yapısına göre son derece zor ölçümleri gerektirebilmektedir. Diğer bir olumsuz özelliği karar verme esnasında, eğitim sürecinde karşılaştığı durumlara bağımlı kalmasıdır. Bu durumlardan bağımsız sonuç üretmeleri mümkün değildir.

### **3.5.1. YSA'nın tarihçesi**

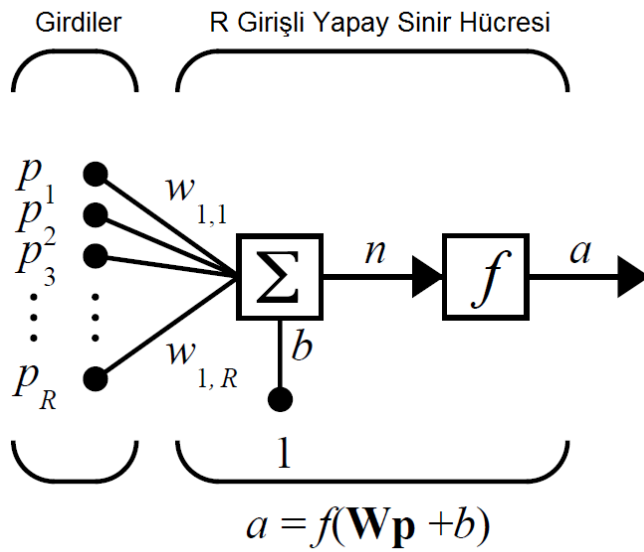
1943 yılında McCulloch ve Pitts biyolojik sinir hücresinden esinlenerek bir matematik modeli geliştirmişlerdir. Eşik Mantığı adı verilen bu modelde giriş değerleri önceden belirlenmiş bir eşiği geçtiğinde bir çıkış sinyali oluşturmaktadır. Uygun şekilde tanımlanan eşik değerleri sayesinde aritmetik ve mantık işlemlerinin yapılabileceği fikri öne sürülmüştür[57]. Psikolog olan Hebb 1949 yılında, nöral plastisiteyi -sinir hücreleri arasındaki bağlantıyı değiştirmekten sorumlu düzenek-temel alan bir öğrenme hipotezi ortaya koymuştur[58]. Farley and Clark 1954'te Hebb'in yaklaşımının benzetimi olan ilk hesaplama makinesini geliştirdiler[59]. Diğer bir sinir ağı için hesaplama makinesi benzetimi ise Rochester, Holland, Habit, and Duda tarafından 1956'da geliştirilmiştir[60].

Rosenblatt 1958'de McCulloch ve Pitts'in modelini kullanarak günümüz YSA'ların ilk örneği olan perceptron'nu geliştirdi[61]. 1969 yılında Perceptron üzerine çalışmalar yapan Minsky ve Papert, yayınladıkları kitapta YSA ile ilgili iki sorundan bahsetmişlerdir. Yazarlar tek katmalı perceptron'un veya değil (exclusive-or) devresinin çözümünde yetersiz olduğu ve büyük sinir ağlarının yürütülmesi için o günün bilgisayarlarının yeterli olmadığını iddia etmişlerdir[62]. Bu ve benzeri görüşler YSA'lara olan ilgili azaltmıştır.

Bilgisayarların işlem kapasitesinin ve hızının artmasıyla YSA'da yeni gelişmelere imkân sağlamıştır. Werbos 1974'te geri yayılım (backpropation) algoritması ile veya değil problemini çözmüştür[63]. Bir yıl sonra Fukushima, Cognitron adını verdiği çok katmanlı YSA ve eğitim algoritmasını tasarlamıştır[64]. 1980'li yılların başından itibaren YSA'ya yeniden ilgi odağı olmuştur. Hopfield 1982'de kendi adıyla anılan nöronlar arası çift yönlü veri akışı sağlayan YSA modelini geliştirmiştir[65]. 1980'li yıllarda artan ilgi 1990'larda günlük hayata yansımaya başlamıştır. Günümüzde YSA'lar pek çok alanda farklı problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır.

### **3.5.2. Yapay sinir ağlarının mimarisi ve yapı elemanları**

YSA'ların esin kaynağı biyolojik sinir sistemidir. Biyolojik sinir sistemleri nöron adı verilen sinir hücreleri ve bu hücrelerin birbirleri ile yaptıkları bağlantılardan oluşmaktadır. Nöronlar dentrit, akson, çekirdek ve bağlantılar olmak üzere dört kısma ayrılırlar. Dentritler ağaç kökü yapısına benzerler ve sinir hücresine gelen sinyalleri toplayarak hücrenin çekirdeğine iletmektedirler. İletilen sinyaller çekirdek tarafından toplanarak aksona iletilmektedirler. Toplanan sinyaller aksonda işlenerek bağlantılara iletilmektedir. Bağlantılar vasıtasıyla da bu sinyaller sonraki nöronlara iletilmektedir.



Şekil 3.7. R adet girişi tek çıkışı olan yapay sinir hücresi modeli [66]

Biyolojik sinir sistemlerinde olduğu gibi YSA'lar da nöron adı verilen yapay sinir hücrelerinden oluşmaktadır. Yapay sinir hücrelerinde de sinyali alıp, toplayıp, işleyip sonuçları ilettikleri kısımlar vardır. Bu kısımlar girdiler ( $p$ ), ağırlıklar ( $w$ ), birleştirme işlevi ( $\Sigma$ ), etkinleştirme işlevi ( $f$ ) ve çıktılardır ( $a$ ) (Şekil 3.7.).

Girdiler, nöronların giriş birimleridir. Girdilerin kaynağı YSA'nın girişinde verilen değerler olabileceği gibi başka bir nöronun çıkışı da olabilmektedir. Her bir girdinin sonuca olan etkisini belirlemek için ağırlıklar kullanılmaktadır. Girdilere verilen değerler bu ağırlıklarla çarpma işlemine tabi tutularak çekirdeğe iletilmektedirler. Çekirdeğe ulaşan ağırlıklarla çarpılmış girdi değerlerini birleştirme işlevi tek bir değere dönüştürmektedir. Bu fonksiyon genellikle toplama işlemi olmakla birlikte bazı durumlarda Sigma-Pi gibi daha karmaşık kurallar da belirlenebilmektedir. Birleştirme fonksiyonlarında meyil (bias) ve eşik (threshold) değerlerini kullanmaktadır.

Birleştirme işlevinden elde edilen değer, etkileşim işlevine iletilmektedir. Etkileşim işlevleri nöronun çıkışını belirli bir değer aralığında tutmaktadır. YSA'nın doğrusal olup olmayacağını seçilen etkileşim işlevi belirlemektedir. Çözümü aranan sorun doğrusal ise çözüm için kullanılacak YSA'da doğrusal etkileşim işlevleri

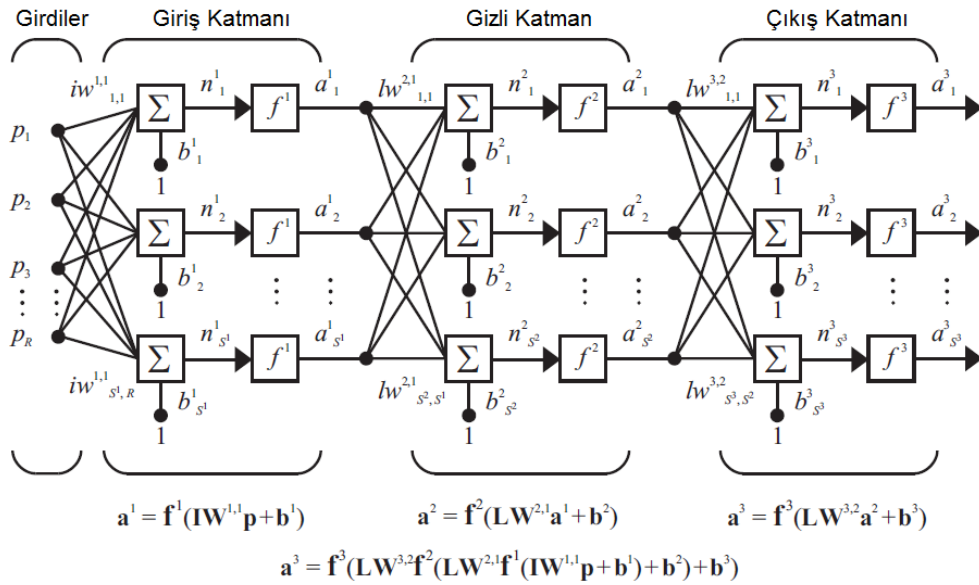
seçilmelidir. Çözümü aranan sorun doğrusal değil ise çözüm için kullanılacak YSA'da doğrusal olmayan etkileşim işlevleri seçilmelidir. En yaygın kullanılan etkileşim işlevleri sigmoid ve tanjant hiperbolik fonksiyonlardır. Geri yayımlı ağlarda etkileşim işlevlerinin türevleri kullanılmaktadır. Bu sebeple etkileşim işlevinin türevinin, kolay hesaplanabilir olması tercih edilmektedir. Etkileşim İşlevlerinin sonucu aynı zamanda nöronun çıktısıdır. Çıktılar YSA'nın sonucu olabileceği gibi diğer nöronların girdisi de olabilmektedir.

### Çok Katmanlı YSA'lar

Günümüzde yaygın olarak kullanılan YSA yapısı, çok katmanlı YSA'lardır. Çok katmanlı YSA'lar farklı katmanlarda öbeklenmiş nöronlar ve bu nöronların birbiri ile yaptığı bağlantılardan oluşmaktadır. YSA'lar genellikle giriş katmanı, gizli katmanlar ve çıkış katmanı olarak üç kısma ayrılırlar.

Giriş katmanı, eğitimde ya da hesaplamada kullanılacak verilerin (girdilerin) YSA'ya giriş yaptığı katmandır. Bu katmandaki nöron sayısı problemin çözümü için gerekli olan parametre sayısına eşittir. Her bir girdi, giriş katmanındaki ilgili nörondan giriş yaparak o nöronun bağlantıları vasıtasıyla bir sonraki katmanın nöronlarına iletilmektedir. Girdiler genellikle bu katmanda bir işleme tabi tutulmamaktadır.

Giriş katmanı ile çıkış katmanı arasında bulunan katmanlar, çevre ile etkileşimleri olmadığından gizli katman olarak adlandırılmaktadırlar. Gizli katman sayısı ve bu katmanlardaki nöron sayısı YSA'nın kullanılacağı problemin karmaşıklığına göre değişmektedir. Gizli katman sayısının ve nöronlarının artması hesap yoğunluğunun artmasına dolayısıyla YSA'nın yavaşlamasına neden olmaktadır. Bu sebeple YSA'larda tek gizli katman tercih edilmektedir. Giriş katmanından alınan veriler birleştirme ve etkileşim işlevlerine tabi tutularak çıkış katmanına ulaşıncaya kadar bağlantılar vasıtasıyla sonraki katmana aktarılmaktadır.



Şekil 3.8. Üç katmanlı YSA modeli [66]

YSA'nın sonuçlarının dış dünyaya sunulduğu katman çıkış katmanı denilmektedir. Bu katmandaki nöron sayısı YSA'dan beklenen sonuç sayısı kadardır. Çıkış katmanı nöronları gizli katman bağlantılarından aldıkları değerleri birleştirme işlevine tabi tutmaktadırlar. Birleştirme işlevinin değeri etkileşim işlevine girdi olarak verilir ve etkileşim işlevinin sonucu aynı zamanda YSA'nın sonucudur.

### 3.5.3. YSA'nın sınıflandırılması

Çözüm bekleyen problemin yapısına göre geliştirilmiş pek çok YSA türü vardır. YSA'lar genel olarak yapılarına göre ve öğrenme yöntemlerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Yapılarına göre sınıflandırmada nöronlar arası bağlantılar esas alınırken, öğrenme yöntemine göre sınıflandırmada ağırlıkların en iyi sonucu vermesi için nasıl iyileştirildiği esas alınmaktadır.

#### YSA'ların yapılarına göre sınıflandırılması

YSA'ların yapılarına göre sınıflandırılmasında ileri beslemeli ve geri yayımlı olmak üzere verinin akış yönünü esas alan iki sınıf söz konusudur. İleri beslemeli YSA'larda veri giriş katmanından başlayarak çıkış katmanına doğru tek yönlü bir



akış izler. Her bir sinir hücresi ancak bir önceki katmandan girdileri alır işler ve çıktıları ancak bir sonraki katmana iletir. Öğrenme oranları nispeten daha düşüktür.

Geriye yayımlı ağlarda ise ileri beslemeli ağ yapısına ek olarak katmanların çıkışından önceki katmanlara doğru bağlantılar kurulmaktadır. Bu bağlantılar sayesinde katman çıkışlarının türevleri alınarak önceki katmanlara yeniden giriş olarak verilmektedir. Bu durum her bir katmandaki ağırlıkların çıkışa göre yenilenmesini sağlamaktadır. Her bir katmanda hem mevcut girişlerin hem de önceki girişlerin bulunması nedeniyle tahmin uygulamalarda yüksek başarımlar elde edilmektedir. İleri beslemeli ağlara daha yavaş olmakla birlikte, daha isabetli sonuçlar üretmektedirler.

#### YSA'ların öğrenme yöntemlerine göre sınıflandırılması

YSA'nın kullanım amacı nümerik bir hesaplama olabileceği gibi yığın halindeki öğelerin uygun öbektelere ayrımı da olabilmektedir. İlk durumdaki kullanım amacı regresyon problemleri ikincisi ise sınıflandırma problemlerini tanımlamaktadır. Her iki durumda da öğrenmeden kasıt, YSA'ya verilen girdiler neticesinde beklenilene en yakın sonucu elde etmektir. Bu amaca ulaşmak için çeşitli yöntemler kullanılarak ağırlıklara atanacak en uygun değerler tespit edilmektedir. Bütün öğrenme yöntemlerinde, bilinen verilerden hazırlanmış bir veri kümesinden yararlanılmaktadır. Bu veri kümeleri sayesinde öğeler arasındaki bağıntı tespit edilerek öğrenme sürecinde tanımlanmayan durumlar içinde isabetli sonuçlar elde edilmektedir.

#### Danışmanlı öğrenme (supervised learning)

Danışmanlı öğrenme yönteminde, YSA'nın uygulanacağı probleme ait bir dizi girdi ve bu girdilere karşılık elde edilmesi beklenen çıktılardan oluşan iki ayrı veri kümesi kullanılmaktadır. Veri kümesindeki girdiler için YSA'nın çıkışında beklenen değerlerin bilinmesi nedeniyle bu yöntem danışmanlı öğrenme denilmektedir. YSA çıkışında elde edilen ile beklenen arasındaki fark hata olarak belirlenmektedir.

Danışmanlı öğrenme sürece hata değeri istenilen seviyeye düşünceye kadar tekrar eden ve her bir tekrarda ağırlık değerlerinin değıştiği bir süreçtir. Geriye yayımlı YSA'lar danışmanlı öğrenme yöntemlerini kullanılmaktadır.

### Danışmansız Öğrenme (unsupervised learning)

YSA'nın uygulanacağı probleme girdilere karşılık elde edilmesi beklenen çıktılarından bilinmediği durumlarda danışmansız öğrenme kullanılmaktadır. Öğrenme için yalnızca gidilerden oluşan bir veri kümesi kullanılmaktadır. Her bir öğeye ait girdi verileri kullanılarak bu öğeler arasındaki bağıntıya göre uygun bağlantı değerleri atanmaktadır. Ağırlıklı olarak sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadır.

### **3.6. Tasarsız Ağlar**

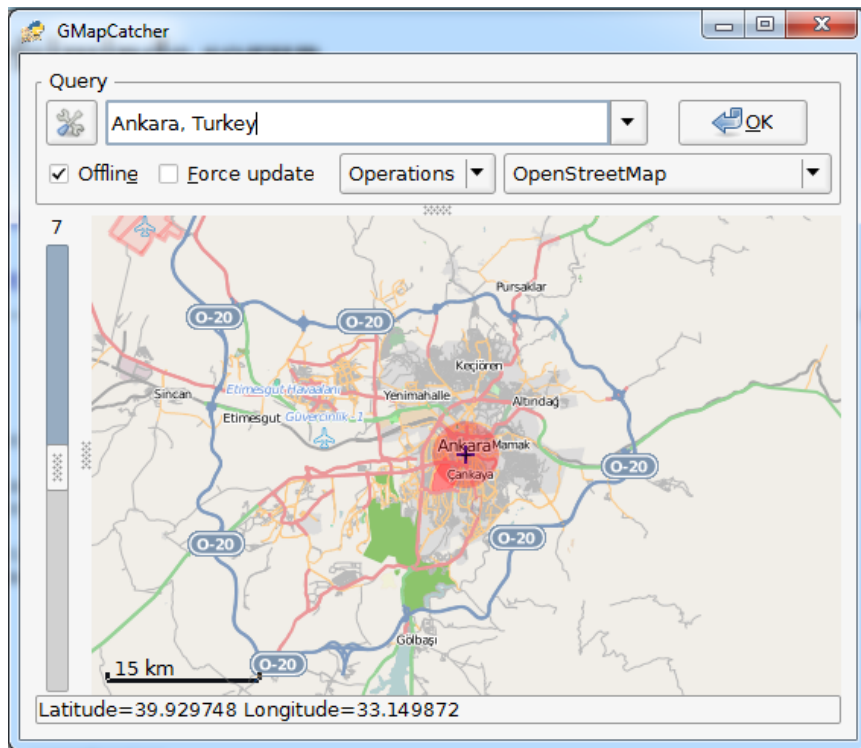
Tasarsız ağlar, önceden belirlenmiş bir alt yapıya bağlı olmayan, düğümlerin sayılarının ve etkinliğinin sabit olmadığı, topolojinin değışken olduğu telsiz ağlardır. Tasarsız ağlarda herhangi merkezi yönlendirici bulunmamaktadır. Bu nedenle tasarsız ağlardaki veri iletişimde düğümler alıcı, gönderici olabildikleri gibi yönlendirici görevi de görebilmektedirler. Tasarsız ağların gezgin ağlar, telsiz algılayıcı ağlar ve telsiz örgü ağlar olmak üzere üç ana türü bulunmaktadır[67].

Tasarsız ağların türüne göre farklı kısıtlılıkları mevcuttur. Gezgin ağlarda düğümlerin hareketli olmasından dolayı veri iletim yollarının sürekli değışmesi ana kısıtken, telsiz algılayıcı ağlarda güç tüketimindeki kısıtlar ön plana çıkmaktadır. Bunun dışında düğümlerin adreslemesi, paketlerin yönlendirilmesi, veri ve düğüm güvenliğinin sağlanması, hizmet sürekliliğinin (QoS) sağlanması gibi pek çok orta kısıt da söz konusudur. Bütün kısıtlara rağmen alt yapının kurulumun mümkün olmadığı ya da maliyetli olduğu durumlarda veri iletişimde önemli ayrıcalıklar sağlamaktadır.

### 3.7. Elektronik Haritalama

Elektronik haritanın bağlantısız çalışabilmesi için harita veri tabanının temini gerekmez. İnternet tabanlı elektronik haritalar karo (tile) adı verilen kare şeklindeki küçük resim dosyalarından oluşmaktadır. Bu resim dosyaları coğrafi konum ve ölçek özelliklerine bağlı olarak özel bir dizin yapısında saklanmaktadır.

Mevcut elektronik harita çözümleri incelendiğinde iki tür elektronik harita ürünüyle karşılaşılır. Bunlardan ilki internet tabanlı harita hizmetleridir. Bu harita hizmetleri, istemcinin belirttiği konuma ait mahali, yine istemcinin istediği ölçekte ekrana yansıtmaktadırlar. Bu tür harita uygulamalarının olumsuz tarafı sürekli internet bağlantısına ihtiyaç duymasıdır. Bu durum bağlantı olmaması durumunda sistemin çalışmamasının yanında yüksek bağlantı ücretleri de maliyetin artmasına neden olmaktadır. İnternet bağlantısında yaşanacak gecikmeler gerçek zamanlı uygulamalar için uygun değildir.



Şekil 3.9. Harita karolarını elde etmek için GmapCatcher adlı yazılımdan faydalanılmıştır

İkinci tür ise günümüzde taşıtlarda yaygın olarak kullanılan KUSS destekli seyrüsefer (navigation) sistemleridir. Bu sistemler harita veri tabanını hafızalarında sakladıklarından dolayı bağlantısız olarak çalışabilmektedirler. Bu sistemlerin olumsuz tarafı ise harici konum bilgilerinin ekrana yansıtılmamasıdır.

## 4. TAŞIT KONUM KESTİRİMİ SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİMİ

TAİ'de, taşıt güvenliğine yönelik yapılacak çalışmalarda seyir halindeki taşıtın gerek dinamik verileri gerekse konum verileri kilit önem taşımaktadır. Bu alanda yapılan çalışma sayısının sınırlı olmasından dolayı bu veri kümelerini temin etmek mümkün olmamıştır. Tez çalışmasının gerçek zamanlı uygulamaları da kapsamının etkisiyle, söz konusu verilerin gerçek zamanlı olarak toplanmasına karar verilmiştir. Bu karar doğrultusunda gerek ihtiyaç duyulan verilerin toplanması için gerekse nihai hedef olan konum kestirim uygulamalarının yapılabilmesi için bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

### 4.1. Sistemin Tasarımı

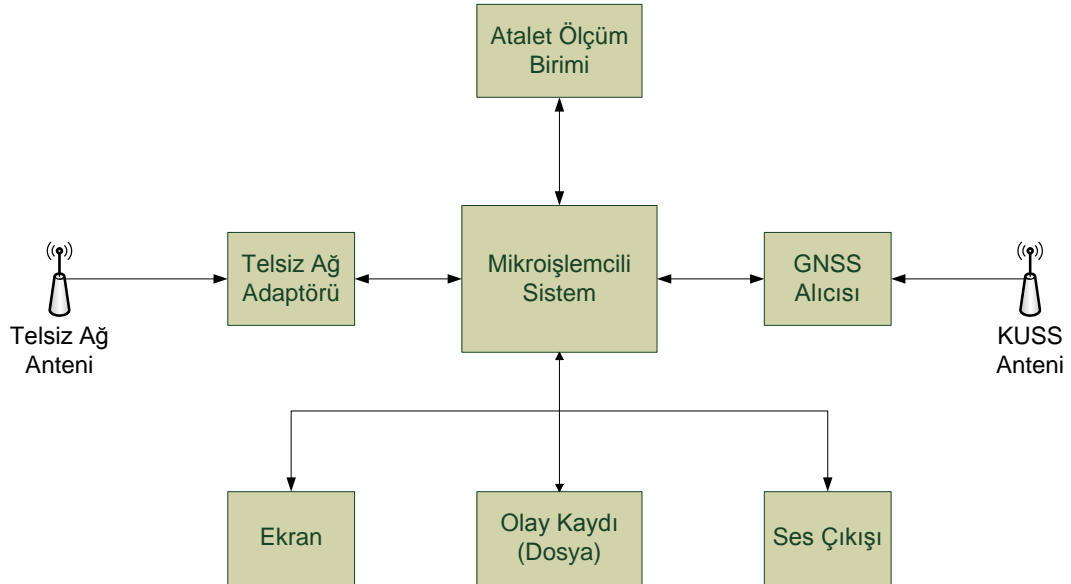
Taşıt konum kestirimi için ihtiyaç duyulan gerçek zamanlı sistem için öncelikli olarak gereksinim çözümlemesi yapılmıştır. Yapılan çözümleme sonucunda sistemin birbirine paralel olarak işleyecek dokuz süreçten oluşması gerektiğine karar verilmiştir. Bu süreçler şu şekilde tanımlanmıştır.

- Bileşenlerin Eşgüdümü
- Coğrafi Konum Okuma
- Taşıt Dinamiği Okuma
- Enlem kestirimi
- Boylam Kestirimi
- Çarpışma Denetimi
- Multicast Yayın
- Multicast Alma
- Dosyaya Kayıt
- Haritaya Yansıtma

Söz konusu gereksinimleri ve süreçleri gerçekleştirecek olan sistemin tasarımı, donanım tasarımı ve yazılım tasarımı olmak üzere iki boyutta eş zamanlı olarak ilerlemiştir.

#### 4.1.1. Donanım tasarımı

Tasarım süreçlerine amaçlanan sistemin gereksinimlerini karşılayacak donanım bileşenlerinin tespiti ve temini ile başlanmıştır. Taşıtın coğrafi konum, hız ve yön bilgilerini tespit etmek için KUSS alıcısı, taşıtın açısal hızını ve ivmesini ölçmek için AÖB, komşu taşıtlarla iletişim kurmak için telsiz ağ adaptörü, sürücüyü uyararak için elektronik harita kullanımına karar verilmiştir. Bu bileşenlerin eşgüdüm içerisinde çalışması ve süreçlerin yürütülmesi için sistemin merkezinde bir mikroşlemcili sistem kullanılmıştır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Sistemin donanımına ait blok şema

Sistemin amacına uygun olarak kullanılabilmesi için seyir halindeki bir taşıtın ileri bir zamandaki konumu kestirilebilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda da taşıtın mevcut konumunun asgari hata ile tespit edilmesi önem arz etmektedir. Yine konum kestiriminin kara yolunda yüksek hızda seyreden bir taşıt için yapılacağı göz önüne alındığında mevcut konumun çok sık zaman aralıklarında ölçümüne ihtiyaç vardır. Günümüzde bu iki gereksinimi en iyi şekilde karşılayan sistemler KKS ile ASS'nin birlikte kullanıldığı karma seyir sistemleridir.

Piyasadaki KKS-ASS cihazları incelendiğinde bu cihazların 2 cm doğrulukla konum, 0,1 km/saat doğrulukla hız,  $0.01 \text{ m/s}^2$  doğrulukla ivme ölçebilmektedir. Bunlara ek olarak üç boyutlu dönme açısı ve açısal hız bilgisi sunabilmektedirler. Bu ölçümleri 250 Hz gibi yüksek bir yinleme hızında yapabilmektedirler. Ancak bu cihazlar askeri cihaz sınıfına girmekte ve yüksek bedellerle ve özel izinlerle temin edilebilmektedir. Bu tip cihazların fiyatlarının aşırı yüksek olması sebebiyle teminin mümkün olmayışından dolayı farklı çözüm arayışlarına gidilmiştir. Bu arayışlar sonucu kabul edilebilir doğruluk derecesine ve yinleme hızına sahip KUSS ve ASS cihazı ayrı ayrı alınarak bütünleştirilmesine karar verilmiştir.



Resim 4.1. Donanımın taşıt üzerine kurulmuş hali

### Cihazlar

Konum tespiti için Kanada menşeli Novatel firmasının ürettiği FLEXG2-V2-L1 modeli cihaz temin edilmiştir (Resim 4.2.). Kutu çözüm olan bu cihaz içerisinde L1 bandından konum tespiti yapan KUSS alıcısı ve bilgisayar bağlantıları için G/Ç bağlantı noktaları bulunmaktadır. FKKS ile 0.40 m 'ye kadar doğrulukta konum tespitini saniyede 20 kez yapabilmektedir.



Resim 4.2. Novatel FLEXG2-V2-L1 KUSS alıcısı ve anteni

Bazı saha uygulamalarında üç araca ihtiyaç duyulmasına rağmen bütçe yetersizlikleri nedeniyle FLEXG2-V2-L1 ürününden iki adet temin edilebilmiştir. Üçüncü KKS cihazı olarak düşük maliyetli olarak sınıflandırılan MediaTek MT3329 GPS ürünü temin edilmiştir. 10Hz yinleme hızına sahip olan KKS alıcısı 3 metrenin altında doğruluk değerine sahiptir.



Resim 4.3. Sparkfun Atomic 6 DoF AÖB

İvme ve açısal hız ölçümleri için ise Sparkfun firmasının ürettiği Atomic IMU 6 Degrees of Freedom AÖB (Resim 4.3.) kullanımına karar verilmiştir. Bu cihaz üç



eksende, 1.5g, 2g, 4g ya da 6g hassasiyette ayarlanabilen ivme ölçebilmektedir. Ayrıca üzerinde 300°/s hassasiyetinde üç adet dönüölçer bulundurmaktadır.



Resim 4.4. AirLive X.USB-3 model Dual Band USB telsiz ağ adaptörü

Telsiz veri iletişimde ise TAİ için geliştirilen IEEE 802.11p standardında donanım bulunamamasından dolayı bu standarda en yakın standart olan 802.11a standardı benimsenmiştir[68]. Çizelge 4.1.'de IEEE 802.11a ile IEEE 802.11p'nin karşılaştırılması bulunmaktadır. Bu bağlamda IEEE 802.11a destekli, AirLive marka X.USB-3 model Dual Band USB (Resim 4.4.) telsiz ağ adaptörleri temin edilmiştir. Bu adaptörler 8 dbi çıkış gücüne sahip harici antenlerle desteklenmiştir.

Çizelge 4.1. IEEE 802.11a ile IEEE 802.11p'nin karşılaştırılması [69]

Parametreler	IEEE 802.11a	IEEE 802.11p
Veri hızı (Mbit/s)	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27
Modülasyon türü	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Kod oranı	1/2, 2/3, 3/4	1/2, 2/3, 3/4
Alt taşıyıcı sayısı	52	52
Sembol süresi	4 µs	8 µs
Koruma zamanı	0.8 µs	1.6 µs
FFT aralığı	3.2 µs	32 µs
Başlangıç süresi	16 µs	32 µs
Alt taşıyıcı boşluğu	0.3125 MHz	0.15625 MHz

Bahsi geçen bileşenlerin ve süreçlerin eşgüdüm içerisinde çalışması için sistemin merkezinde bir mikroişlemcili sisteme ve onun üzerinde koşan yazılıma ihtiyaç vardır. Mikroişlemcili sistem olarak i5 işlemcili, 4 GB belleğe sahip Windows 7 İS kurulu bir dizüstü bilgisayarlar kullanılmıştır.

### Veri İletimi

Temin edilen KUSS ve AÖB cihazları RS232 veri iletim standardını kullanmaktadırlar. Ancak günümüz kişisel bilgisayarlarında RS232 bağlantı birimi bulunmadığından dolayı bilgisayarların USB bağlantıları kullanılmıştır. RS232 USB dönüşümü için FTDI (Future Technology Devices International) [70] dönüştürücü kullanılmıştır. Sistemin FTDI dönüştürücüsü üzerinden veri alış verişi yapabilmesi için Java programlama dili uyumlu kütüphaneler temin edilmiştir. Ancak FTDI kütüphaneleri üzerinden ancak bir cihaz haberleştiğinden bu kanal AÖB'ye tahsis edilmiş, KUSS cihazı ile veri iletişimi Putty paket programı üzerinden sağlanmıştır.

Cihazlarla veri alışverişi sağlanmasının ardından cihazların veri cümleleri incelenmiştir. MediaTek MT3329 KUSS cihazı elektronik cihazların haberleşmesinde yoğun olarak kullanılan NMEA [71] veri cümlelerini

kullanmaktadır. Novatel FLEXG2-V2-L1 ve Sparkfun Atomic AÖB kendi cümle yapısını kullanmaktadır.

Her bir veri kaynağından (cihazlar ve ağ) verilerin okunması için farklı iş parçacıkları (threads) tanımlanarak verilerin eş zamanlı olarak çekilmesi sağlanmıştır. Çekilen veriler çözümlenerek belirlenen zaman aralıklarında tasarsız ağa, dosyaya ya da e-haritaya eşzamanlı olarak aktarılabilmektedir.

### Yazılım Tasarımı

Sistemin donanım altyapısını oluşturacak bileşenlerin temin süreciyle birlikte yazılım çalışmaları da başlatılmıştır. Microişlemcili sistem üzerinde kurulan yazılım Java programlama dili kullanılarak Nesne Yönelimli Programlama (NYP) yöntemleri ile geliştirilmiştir. Paralel programlama teknikleri kullanılarak her bir süreç ayrı bir iş parçacığı olarak tasarlanmıştır. Yazılım, veri akışının sağlandığı, bütün bileşenlerin ve süreçlerin eş güdüm içerisinde çalıştığı bir yapıda tasarlanmıştır.

#### **4.1.2. Süreçler**

Yapay zekâ modelinin eğitilmesi için gerekli olan verilerin temini ve geliştirilen yöntemin gerçek zamanlı başarımını ölçmek üzere bir test ortamı geliştirilmiştir. Seyir halindeki taşıtlara kurulabilen test ortamı birbirine paralel olarak çalışan dokuz süreçten oluşmaktadır.

- Algılayıcılardan gelen verilerin alınarak işlenmesi.
  - Coğrafi Konum Okuma
  - Taşıt Dinamiği Okuma
- Konum Kestirimi
  - Boylam Kestirimi
  - Enlem Kestirimi
- Telsiz Ağ İletişimi

- Multicast Yayın
- Multicast Alma
- Olay kayıtlarının (log) tutulması
  - Dosyaya Kayıt
- Çarpışma Denetimi
- Sürücüyü Bilgilendirme
  - E-Haritaya Yansıtma
- Sistem bileşenlerinin eşgüdümünün sağlanması,

### Algılayıcılardan gelen verilerin alınarak işlenmesi

Sistemde KUSS ve AÖB olmak üzere iki farklı algılayıcı cihaz kullanılmıştır. Cihazda kullanılan veri iletim frekansı, mimarisi ve biçimi farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle “Coğrafi Konum Okuma” ve “Taşıt Dinamiği Okuma” olmak üzere iki paralel süreç tasarlanmıştır.

Coğrafi Konum Okuma sürecinde KUSS alıcısından seyir halindeki taşıtın coğrafi konum ve hız verileri ayrı iki giriş/çıkış (G/Ç) portundan ayrı veri cümleleri halinde alınmıştır. Birinci G/Ç portunda zaman damgası ile EEM izdüşümünde enlem, boylam, yükseklik verileri alınırken; diğer porttan yatay hız, dikey hız ve yön verileri alınmıştır. Her iki portun da veri iletim hızı 20 Hz’dir.

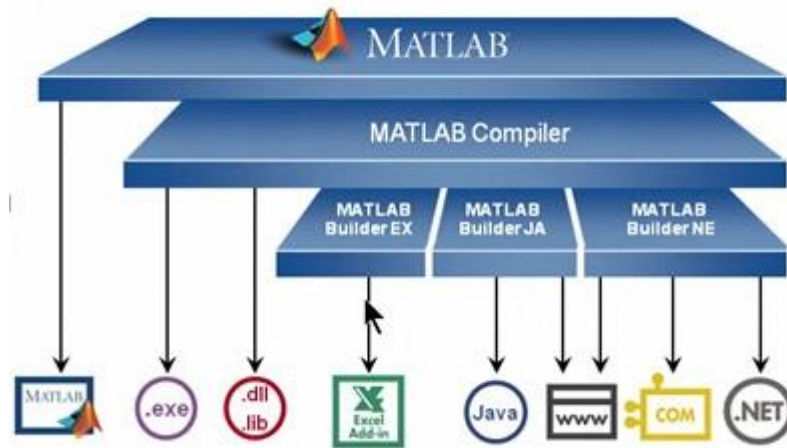
Taşıt Dinamiği Okuma sürecinde ise AÖB üzerindeki dönüölçer ve ivmeölçerlerden gelen veriler okunmuştur. Dönüölçer ile seyir halindeki cihazın sapma, yatma ve yunuslama hareketlerinden doğan açısal hız değerleri elde edilmiştir. İvmeölçer ile de seyir halindeki taşıtın DKY eksenlerindeki hız değişimleri elde edilmiştir.

### Konum kestirimi

Konum kestirimi ile seyir halindeki taşıtın gelecekteki coğrafi konumunun iki boyutlu olarak kestirimi kastedilmektedir. Konum kestirim için bu tez çalışması

kapsamında geliştirilen YSA ile konum kestirim modeli kullanılmıştır. Bu modelde iki boyutu birden kestiren tek bir YSA yerine; iki boyutta da ayarı ayrı kestirim yapan iki YSA kullanılmaktadır. Bu nedenle “Enlem Kestirimi” ve “Boylam Kestirimi” olmak üzere iki paralel süreç tasarlanmıştır.

Her iki süreçte de kestirim için birer YSA kullanılmıştır. YSA’lar MATLAB® yazılımının Neural Network Toolbox eklentisi kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen YSA’lar için ihtiyaç duyulan işlevler yine MATLAB üzerinde kodlanmıştır. Hazırlanan işlevler MATLAB Builder JA ile Java Kütüphanesi olarak derlenmiş ve sisteme gömülmüştür (Şekil4.2.).

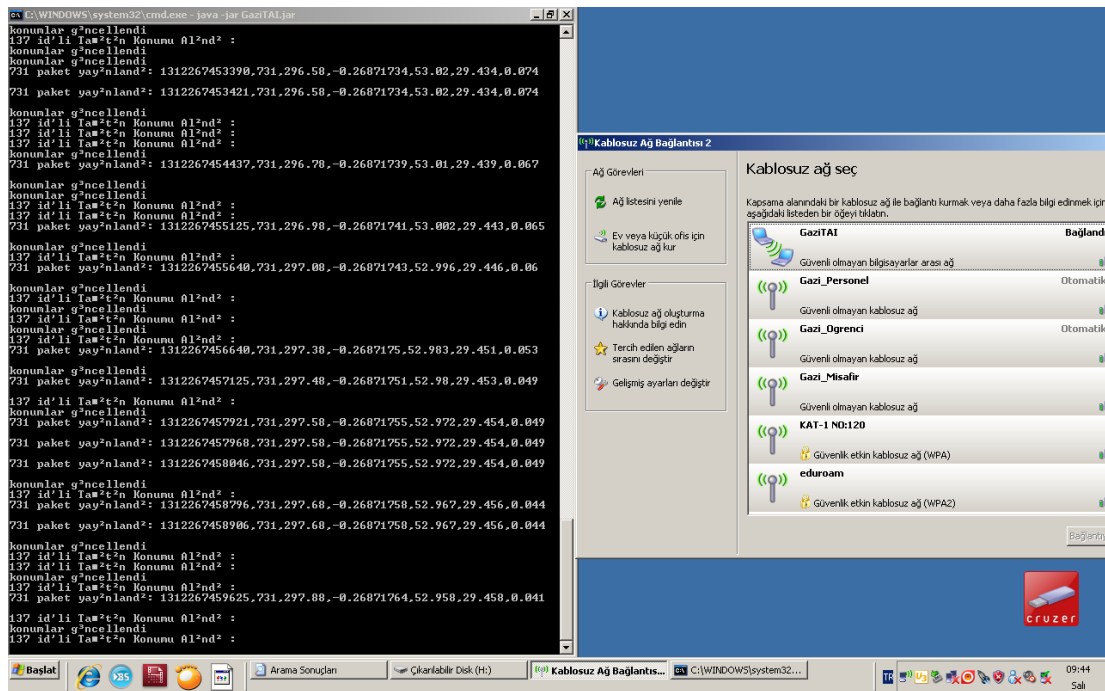


Şekil 4.2. MATLAB Builder JA mimarisi [72]

### Telsiz ağ iletişimi

Çalışmanın doğası gereği seyir halindeki taşıtların mevcut durumunu ve gelecekteki kestirilmiş coğrafi konumunu komşu taşıtları iletişimine ihtiyaç vardır. Bu nedenle taşıtların kullanabileceği tasarsız bir ağ kurulmuştur. Taşıtların ilgili verileri bir paket halinde bu ağ üzerinden mutlicast yayınlaması için Multicast Yayın; komşu taşıtlardan yayımlanan verileri toplamak içinse Multicast Alma süreçleri tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3.).

Multicast Yayın sürecinde taşıta ait verilerin bulunduğu bir paket hazırlanarak yayınlanmaktadır. Paketin içerisinde zaman damgası, taşıtın kimlik numarası, mevcut coğrafi konum bilgileri ve taşıtın kestirilmiş konum bilgilerinden oluşmaktadır. Söz konusu veri paketi 50 ms aralıklarla tasarsız ağ üzerinden yayınlanmaktadır. Yayınlanan veri paketleri Multicast Alma süreci ile toplanmaktadır.



Şekil 4.3. GaziTAI ağı üzerinde 731 nolu düğümün konumunu yayınlaması ve 137 nolu düğümden konum bilgilerini alması.

Komşu taşıtlara ait veriler tutulmak üzere dizi tanımlanmıştır. Multicast alma süreci ile ağdan gelen paketin ait olduğu taşıt kimlik numarası kontrol edilmektedir. Komşu taşıt dizisinde o taşıta ait veri var ise veriler yeni verilerle güncellenmektedir. Şayet dizide taşıta önceden veri yok ise komşu taşıtın verilerini tutmak üzere diziye eklenmektedir.

### Olay kayıtlarının tutulması

Taşıt seyir halinde iken yapılan ölçümler hem amaçlanan YSA ile kestirim modelin

geliştirilmesi için hem de sistemin başarımını ölçmek için dosya sistemine kaydedilmiştir. Bu işlem için Dosyaya Kayıt süreci tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Seyir halindeki taşıttan alınan coğrafi konum (enlem, boylam, yükseklik), üç boyutlu ivme (ivme X, ivme Y, ivme Z), üç eksenli yönelim (yatış, yunuslama, sapma), hız (yatay hız, dikey hız) ve yön (manyetik kuzey açısı) bilgileri zaman bilgisiyle birlikte kaydedilmiştir. Kayıt işlemi 50 ms aralıklarla tekrar etmiştir. Kayıtlar Virgülle Ayrılmış Değerler (VAD, Comma Separated Values-CSV) biçiminde tutulmuş olup aşağıdaki gibidir.

*\$zaman,m enlem, m boylam, m yükseklik, x ex iv, y ex iv, z ex iv, yaw, pitch, roll, yatay hız, yön, dikey Hız*

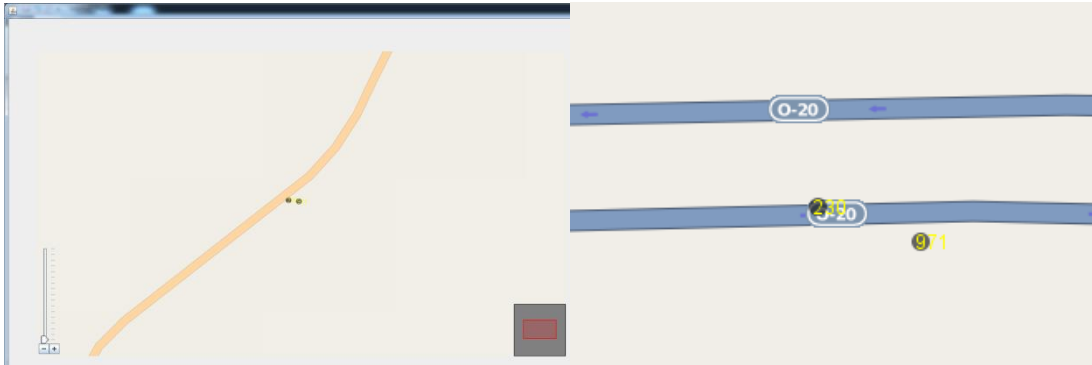
#### Sürücüyü bilgilendirme

İEGS’de amaç, seyir halindeki taşıtların komşu taşıtlarla veri alış verişi yaparak vuku bulacak kazaları önlemektir. Bu çalışma kapsamında taşıtların gelecekteki konum bilgisinin yardımıyla önleyici tedbirler almak amaçlanmıştır. Bu tedbirlerden ilki sürücüyü uyaraktır. Sürücünün işitme, görme, dokunma duyularının uyarılması dayalı çeşitli yöntemler mevcuttur.

Çalışmamızda sürücüyü çevredeki taşıtların konum ve hareketlerinden haberdar etmek için elektronik haritalardan faydalanılması kararlaştırılmıştır. Bir ekran vasıtasıyla komşu taşıtların konumlarının, harita üzerinde gerçek zamanlı olarak gösterimi sağlanmış ve ana sisteme dâhil edilmiştir.

Geliştirilen sisteme dâhil edilecek elektronik haritalı uyarı sisteminin, maliyetsiz ve bağlantısız çalışabilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca birden fazla taşıttın konumunu, gecikme olmaksızın haritaya yansıtabilmesi beklenmektedir. Mevcut çözümlerin ihtiyacı karşılamaması nedeniyle bu çalışmaya özel harita yazılımı geliştirilmiştir. Harita yazılımı geliştirme süreçleri harita bileşenlerinin temini, Java tabanlı grafik ara yüzün tasarımı ve sisteme dâhil edilmesi olarak üç aşamada incelenmesi mümkündür.

Çalışmada kullanılmak üzere AÇY'yi kapsayacak 1/6000 ölçeğinde 122.217 adet harita karosu temin edilmiştir. Bu harita karoları OSM Vakfı (OpenStreetMap Foundation) tarafından geliştirilen ve hizmete sunulan internet tabanlı haritadan elde edilmiştir. Elektronik harita karolarının teminiyle harita yazılımının kodlamasına geçilmiştir. Kodlama ana yazılımla uyumlu olması amacıyla Java dilinde Swingx Kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılım bünyesinde hazırlanan bir kullanıcı ara yüzü vasıtasıyla istenilen konum ekrana getirilmektedir (Şekil 4.4.). Ayrıca yazılım birden fazla taşıtın konumunu daire şeklinde işaretlenmesine ve anlık hareketlerin takibine izin verecek şekilde geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılımın testleri yapıldıktan sonra iş parçacığı halinde yeniden düzenlenerek ana yazılıma dâhil edilmiştir.



Şekil 4.4. Seyir halindeki iki taşıtın harita üzerinde temsili

## 4.2. Gerçekleştirme

Sistemin algılayıcılardan gelen verilerin alınarak işlenmesi, telsiz ağ iletişimi, olay kaydı tutulması ve sürücünün bilgilendirilmesi kabiliyetlerini kazanması ile birlikte saha çalışmalarına başlanmıştır. İlk saha çalışması sistemin başarımının ölçülmesine yönelik gerçekleştirilmiştir. Temin edilen cihazlar, hazırlanan bağlantı parçaları ile birlikte bir motorlu taşıta kurulmuştur. AÇY üzerinde yapılan seyir esnasında sistemin kabiliyetleri sınanmış ve aksaklıklar tespit edilerek giderilmiştir.



İkinci saha çalışması amaçlanan YSA ile kestirim modelinin geliştirilmesi için gerekli olan eğitim verilerinin temin için yapılmıştır. Birinci saha çalışması ile aynı güzergâhta yapılan çalışmada taşıta ait dinamik ve coğrafi konum verileri toplanmıştır.

#### **4.2.1. YSA modelinin geliştirilmesi**

Tez çalışmasının başlangıcında konum kestiriminin yapay zekâ ile yapılacağı belirtilmekle birlikte hangi tekniğin kullanılacağına karar verilmemiştir. YSA'ların yaygın kullanımının olması, hızlı hesaplama zamanına sahip olması kestirim problemlerinin çözümünde YSA'nın kullanımına sevk etmiştir.

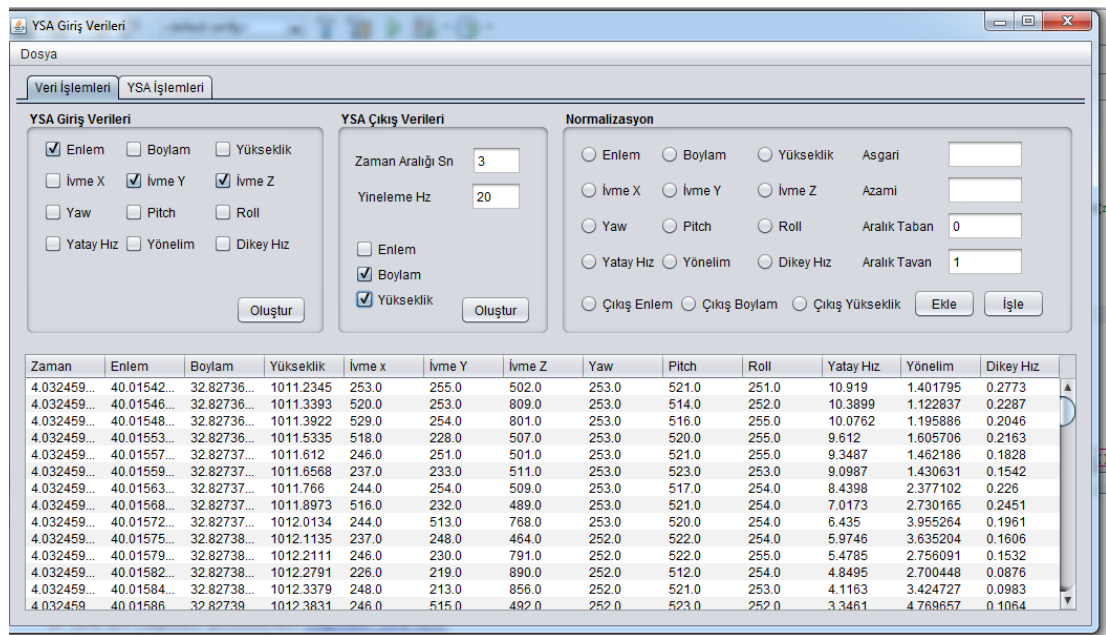
Saha çalışmasında elde edilen veriler, farklı öbeklere ayrılarak ve farklı normalizasyon, filtreleme yöntemlerine tabi tutularak YSA'ların eğitiminde kullanılmıştır. Veri kümelerindeki ve YSA türlerindeki çeşitlilik, yapılacak deneylerin sayısı ile birlikte harcanan zaman ve emeğin de katlanarak artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle deneyleri kolaylaştırmak üzere hususi bir yazılım geliştirilmiştir. Deneylerde en iyi sonucu veren YSA modeli taşıt üzerinde kullanılan ana sisteme dâhil edilmiştir.

#### **4.2.2. YSA eğitim yazılımı**

Kestirim için kullanılacak YSA'ların en iyi sonucu vermesi için çok sayıda deneyin yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu deneylerin hatasız ve daha kısa sürede yapılabilmesi için bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım YSA'ların eğitim veri kümelerinin hazırlanması ve YSA'nın oluşturulmasını sağlayan iki ana kısımdan oluşmaktadır.

Yazılımın ilk kısmı, ihtiyaç duyulan YSA'ların oluşturulması için gerekli olan veri kümelerinin hazırlanması amacıyla geliştirilmiştir. Saha çalışmalarında toplanan veri dosyalarından ham veriler alınarak YSA eğitimine hazır hale getirilmektedir (Şekil 4.5.).

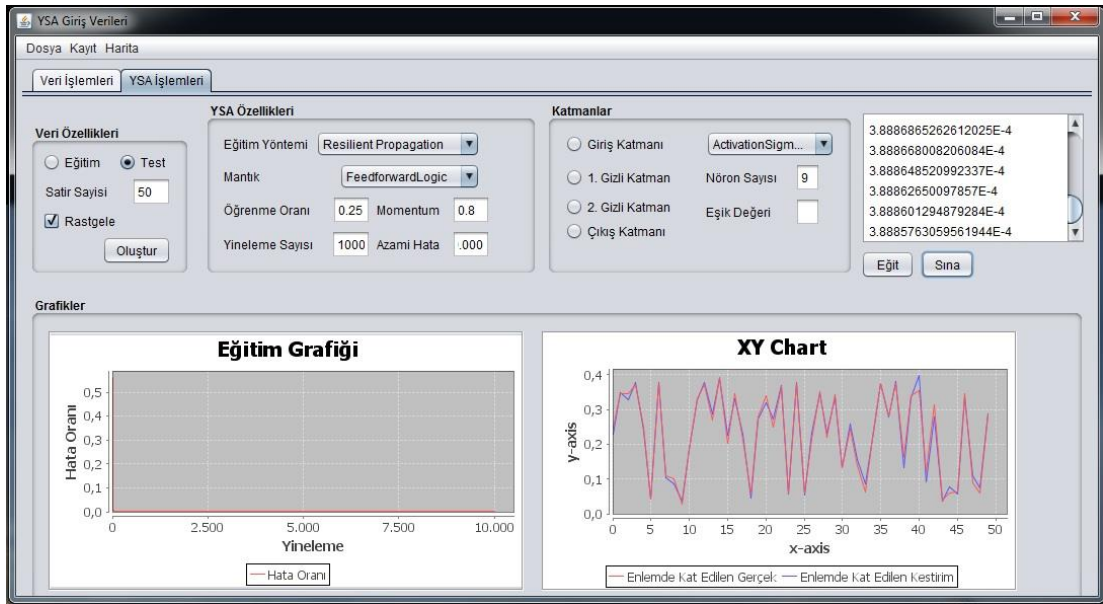
Her bir deneyde ham veriler arasından YSA'ya giriş olacak veri türleri (konum, ivme, hız vb.) farklı kombinasyonlarda seçilebilmektedir. YSA'ya çıkış olacak veri ya da veriler de kestirim yapılacak zaman aralığı göz önüne alınarak seçilmektedir. Seçilen giriş ve çıkış verileri çeşitli normalizasyon ve filtreleme teknikleri kullanılarak işlenmekte ve eğitime hazır hale getirilmektedir.



Şekil 4.5. YSA Eğitim yazılımının veri işlemleri kısmı

YSA'lar başta öğrenme yöntemi olmak üzere pek çok kıstasa bağlı olarak geliştirilmektedir. Yazılımın ikinci kısmı, farklı kıstaslarda YSA'lar oluşturmak amacıyla geliştirilmiştir. Ham verilerden hazırlanan veri kümeleriyle, YSA'lar eğitilmekte ve sonuçları grafik üzerinde takip edilebilmektedir (Şekil 4.6.).

Yazılımın ilk sürümünde YSA'ların geliştirilmesi için Encog çerçeve yazılımı (framework) kullanılmıştır. Ancak yapılan deneyler esnasında Encog'un eksik ve yetersiz olduğu kanaatine varılmıştır. Bu sebeple Encog yerine MATLAB® yazılımının Neural Network Toolbox eklentisi kullanılmıştır. Bu eklentinin YSA eğitim yazılımı içerisinde çalışabilmesi için de yine MATLAB Builder JA kullanılmıştır.



Şekil 4.6. YSA Eğitim yazılımının eğitim işlemleri kısmı

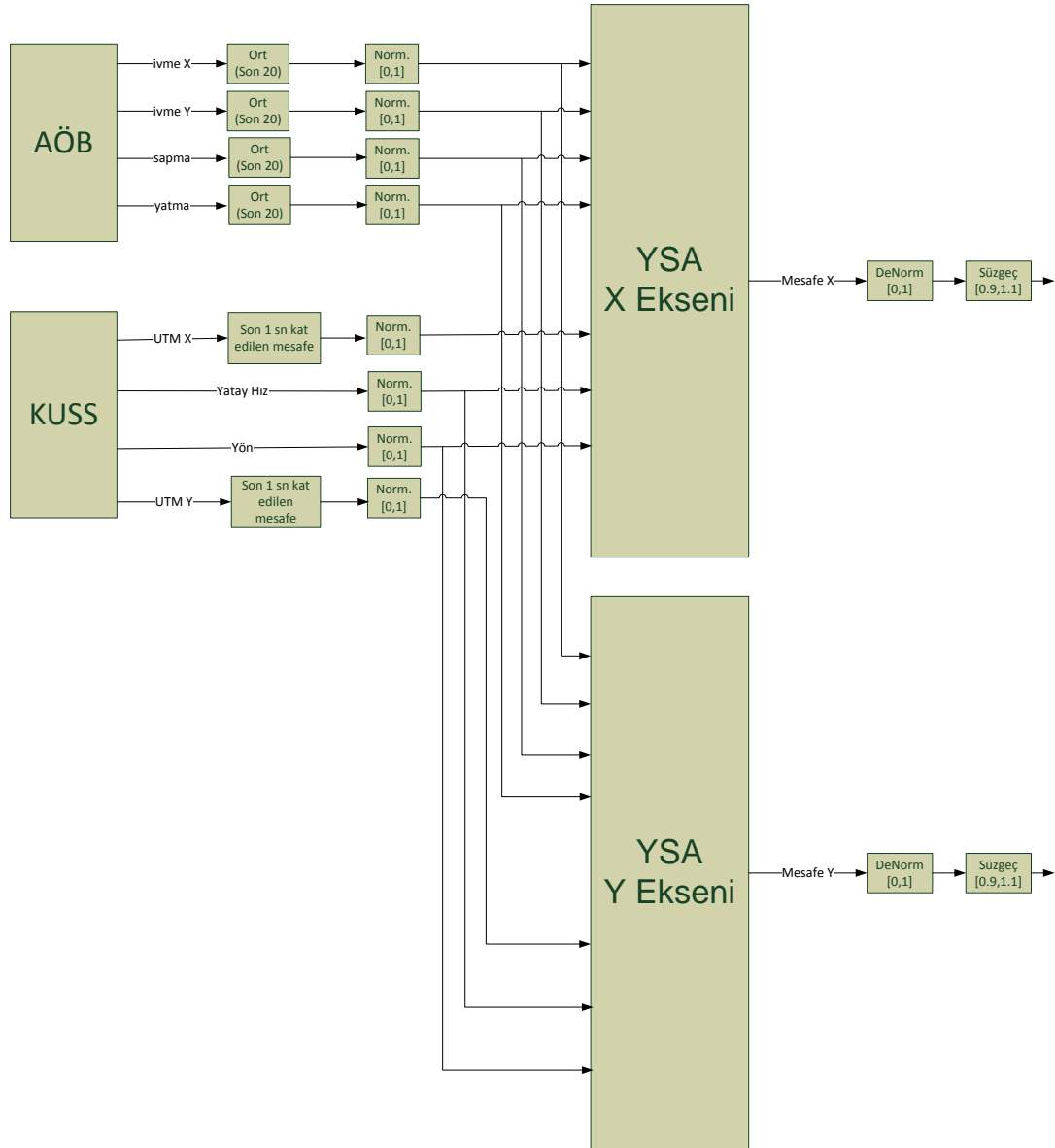
#### 4.2.3. Geliştirilen YSA'nın yapısı

Yapılan YSA deneylerinde, konum kestirimini en isabetli ve en kısa hesaplama süresinde yapan YSA modelinin tespiti amaçlanmıştır. Deneyler sonucunda YSA'nın giriş ve çıkış verilerinin türleri ile biçimleri, YSA'nın öğrenme yöntemi, etkinlik işlevi, katman sayısı gibi pek çok kıstas belirlenmiştir.

Saha çalışmalarında, seyir halindeki taşıttan alınan coğrafi konum (enlem, boylam, yükseklik), üç boyutlu ivme (ivme X, ivme Y, ivme Z), üç eksenli hareket (yatış, yunuslama, sapma), hız (yatay hız, dikey hız) ve yön (manyetik kuzey açısı) bilgileri toplanmaktadır. Veriler, ölçüm cihazlarından 20 Hz sıklıkla alınmıştır. Bu toplanan verilerden faydalanılarak mevcut konumdan 5 saniye sonrasına kadar ki konumların kestirimi sağlanmıştır.

En uygun YSA'yı bulmak için yapılan deneylerinde öncelikli olarak YSA'ya giriş ve çıkış oluşturacak veri türlerinin tespiti amaçlanmıştır. Kestirim sonucunda elde edilmesi beklenen coğrafi konumun tespiti için YSA çıkışlarında asgari enlem ve boylam bilgilerinin olması gerekmektedir. Yapılan deneyler sonucunda, enlem ve boylam değerlerini kestiren iki çıkışlı bir YSA yerine; enlem ve boylam için ayrı ayrı

tek çıkışlı iki YSA kullanımının daha isabetli sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu nedenle geliştirilen YSA ile kestirim düzeneğinde birbiri ile paralel çalışan iki YSA kullanılmıştır. Taşıtın ne kadar yol kat edileceğini kestirmek için kestirim yapılacak zaman aralıklarına mahsus YSA ikilileri oluşturulmuştur (Şekil 4.7.).



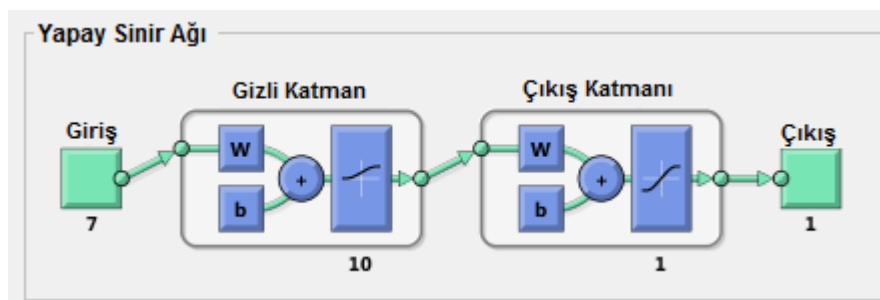
Şekil 4.7. Geliştirilen YSA modelinin blok şeması

Çalışmanın kapsamını şehirlerarası yollar ve otoyollar oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak saha çalışmaları da otoyolda yapılmıştır. Saha çalışmalarında toplanan veriler incelendiğinde enlem ya da boylam ekseninde taşıtın geriye dönük kat ettiği mesafe

ile kat edeceği mesafe arasında oransal bir bağıntı gözlemlenmiştir. 67 km/sa hızla yapılan seyir verileri incelenmiştir. Taşıtın son bir saniyede kat ettiği mesafe ile 5 saniye sonra kat edeceği mesafeler normalize edilerek karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda İncelen verilerin %96,2224'ünde bu iki değer arasındaki oranın 0,90 ila 1,10 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple tek eksende son bir saniyede kat edilen mesafenin, kestirim yapan YSA'nın giriş verilerden birisi olmasına karar verilmiştir.

Konum kestirimi yapmak üzere geliştirilen iki YSA'nın diğer giriş verileri ise ortaktır. Bu ortak giriş verileri, taşıtın iki boyutlu hareketini tanımlayan yatay eksenlerdeki ivmeleri, taşıtın sapma açısı, yatay hızı, taşıtın yönüdür. Bunlara ek olarak kavislerde yolların dönüş yönüne doğru meyilli olması göz önüne alınarak taşıtın üç boyutlu hareket verilerinden yatma verisi de YSA'ların giriş verilerinden birisi olarak seçilmiştir.

AÖB'nin sarsıntılara hasiyeti ve 350 Hz ölçüm sıklığı nedeniyle bu cihazdan alınan ivme verileri ile sapma ve yatma verileri doğrudan kullanılmamıştır. Cihazdan 50 ms aralıklarla anlık değerler alınmış bu değerlerin son bir saniyedeki aritmetik ortalamaları YSA'ya giriş olarak verilmiştir. Bu yaklaşım YSA'nın başarımında olumlu yönde etki göstermiştir.



Şekil 4.8. Kestirimde kullanılan YSA'nın mimarisi

Deney sonuçları incelendiğinde özellikle dönemeçlerde kestirim değerlerinde önemli sapmalar gözlemlenmiştir. Bu sapmaları asgariye indirmek için filtre kullanılmıştır. Giriş verilerinden birisi olan son bir saniyede kat edilen mesafeden yararlanılmıştır.

Kestirim sonuçları bir önceki sonucun %90'ından düşük, %1.10'undan yüksek olmamak üzere kırpılmıştır.

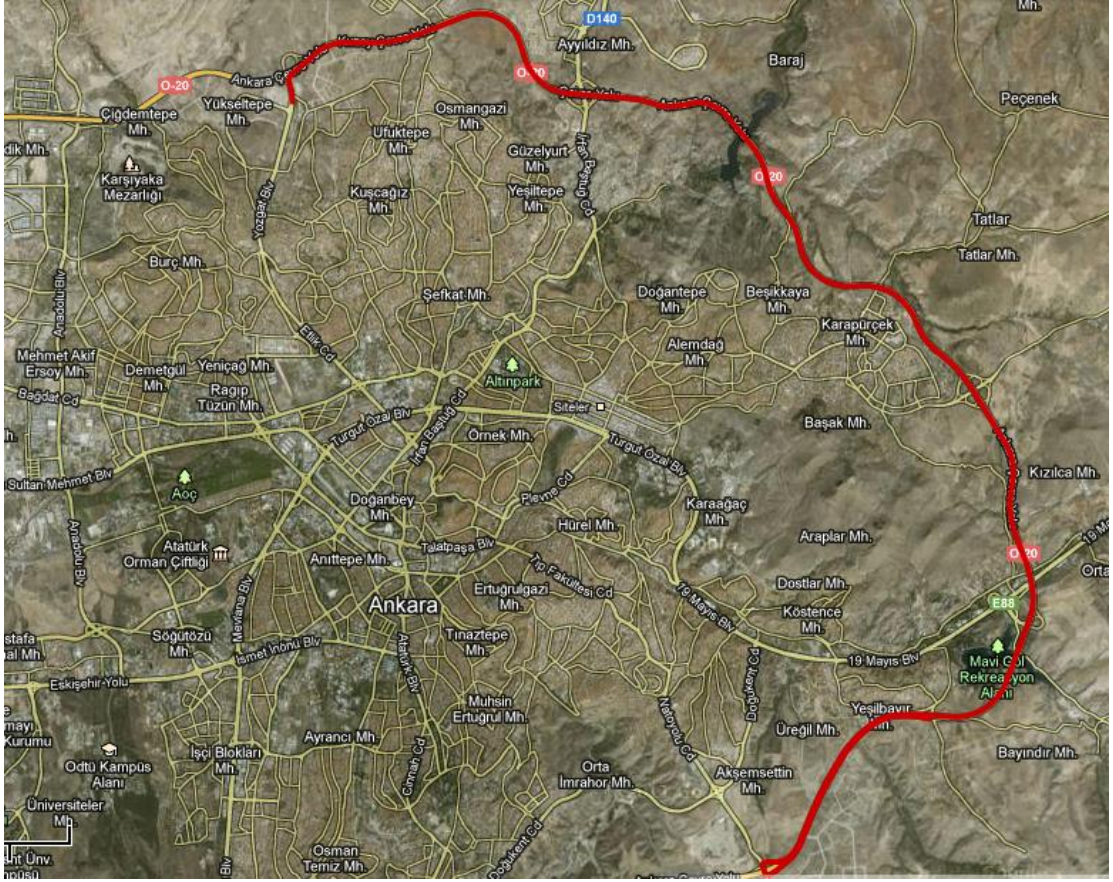
YSA'nın yapısal özelliklerini belirlemek içinde pek çok deney yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda İleri Beslemeli Geri Yayılım (Feed Forward Backpropagation) YSA türünün en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Öğrenme işlevi olarak Levenberk-Marquard algoritması başarı göstermiştir. Etkileşim işlevi olarak ise Logaritmik Sigmoid en iyi sonucu vermiştir (Şekil 4.8.). Geliştirilen YSA'lar Matlab'ın Builder JA aracı ile Java sınıflarına dönüştürülerek ana yazılıma dâhil edilmiştir.

#### Geliştirilen YSA'nın eğitimi

Eğitimler için Harita 4.1.'de gösterilen güzergahta yapılan saha çalışmasında toplanan veriler kullanılmıştır. Bu saha çalışmalarında yaklaşık 62 dakikalık seyahat neticesinde 50 ms aralıklarla toplanan 73909 satır veri yığını elde edilmiştir. Bu veri yığından daha önceden belirlenen giriş ve çıkış türlerini içeren ham veri kümeleri oluşturulmuştur.

YSA'ların eğitimi için tez çalışması kapsamında geliştirilen YSA Eğitim Yazılımı ile yapılan deneylerin sonuçlarından faydalanılmıştır. Ham giriş ve çıkış veri kümeleri eğitim kümesine dönüştürülmek üzere ortalama, normalizasyon ve filtreleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Ham veri üzerinde AÖB'den gelen veriler geriye dönük son 20 ölçüm değerinin ortalaması alınarak yeniden yazılmıştır. Ardından her bir veri türü için asgari ve azami değerleri belirlenerek her biri [0,1] aralığında olacak şekilde normalizasyona tabi tutulmuştur. Normalizasyon sonucu aralık dışında değere sahip satırlar eğitim kümesine dâhil edilmemiştir. Kalan verilerden rastgele seçilen 10.000 satır ile giriş ve çıkış veri kümeleri oluşturulmuştur.

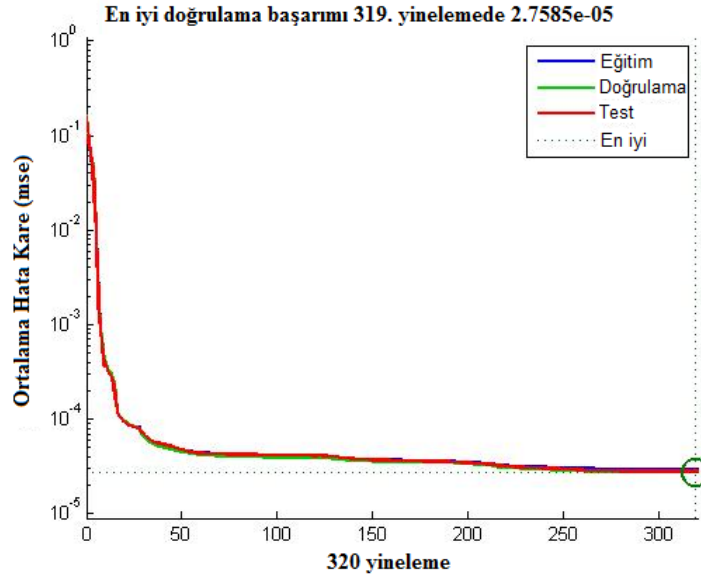




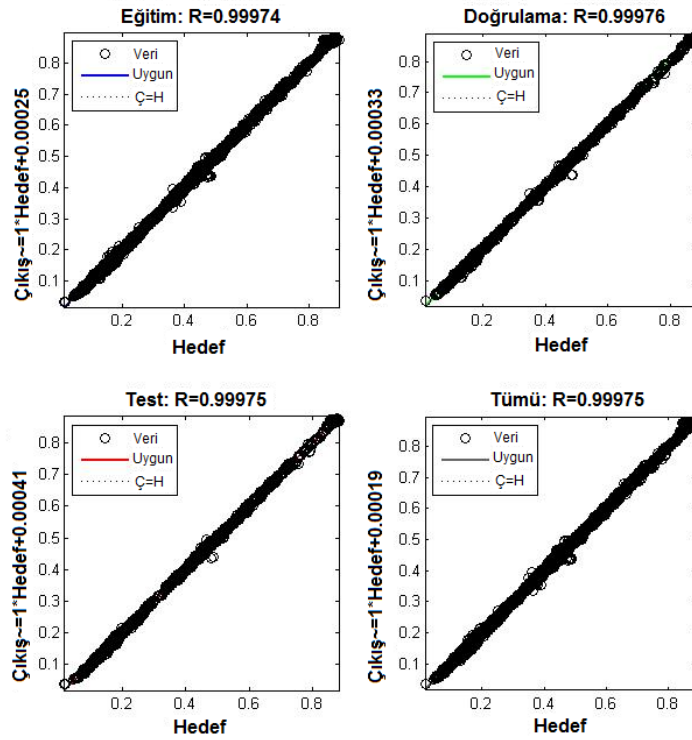
Harita 4.1. Birinci ve ikinci saha çalışmalarında kullanılan güzergâh

Elde edilen bu veri kümeleri kullanılarak, MATLAB'ın Neural Network Toolbox bileşeni vasıtasıyla YSA'lar eğitilmiştir. Bu bileşen eğitim için hazırlanan veri kümesinin %15'ini doğrulama, % 15 'ini ise test veri kümesi olarak ayırmaktadır. Çizelge 4.2.'de Boylam'da 3 sn kestirim yapan YSA'nın eğitim başarımı paylaşılmıştır. Çizelge 4.3.'de ise aynı YSA'nın her üç veri kümesindeki kestirim ve gerçek değerlerin regresyon grafiği paylaşılmıştır.

Çizelge 4.2. Boylam'da 3 sn kestirim yapan YSA'nın eğitim başarımı



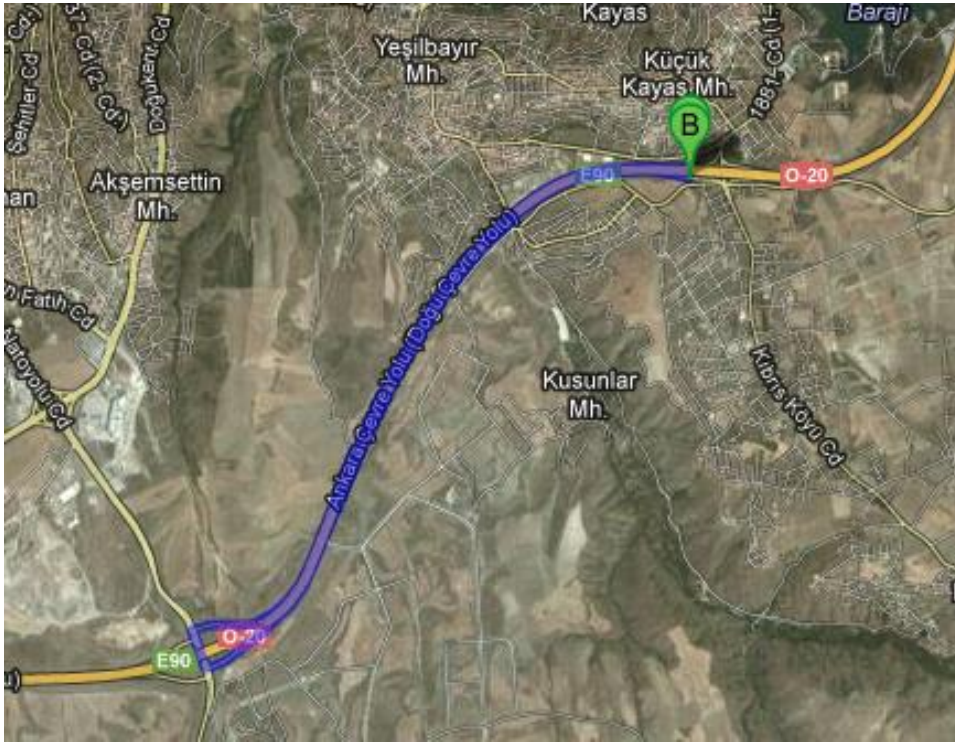
Çizelge 4.3. Boylam'da 3 sn kestirim yapan YSA'nın regresyon analizi





### 4.3. Saha Çalışmaları

Geliştirilen YSA ile kestirim modeli, “Enlem Kestirimi” ve “Boylam Kestirimi” olarak iki süreç halinde sisteme dâhil edilmiştir. Bu süreçlerin de sisteme dâhil edilmesiyle birlikte başlangıçta tasarlanan yapı, hem yazılım hem de donanım boyutunda hazır hale gelmiştir. Sistemin geliştirilmesi için yapılan iki saha çalışmasına ek olarak üç saha çalışması daha yapılmıştır. Üçüncü saha çalışması YSA ile kestirim modelinin başarımını diğer çalışmalarla kıyaslamak için yapılmıştır. Modelin yüksek hızlardaki başarımını ölçmek için dördüncü saha çalışması yapılmıştır. Beşinci ve son saha çalışması ise örnek olarak seçilen çarpışma senaryolarının saha uygulamalarını içermektedir. Yapılan son üç saha çalışması da AÇY'nin Yeni Bayındır Köyü ile Kuruçay Köyü çıkışları arasındaki kısmında yapılmıştır (Harita 4.2.).



Harita 4.2. Saha çalışmasının yapıldığı güzergâh

Saha çalışması sonucunda taşıtların her ikisinde paralel süreçlerin kesintisiz ve sorunsuz bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. Her iki taşıtta (Resim 4.5.) da ekrandan taşıtların konumları takip edilebilmiştir. .



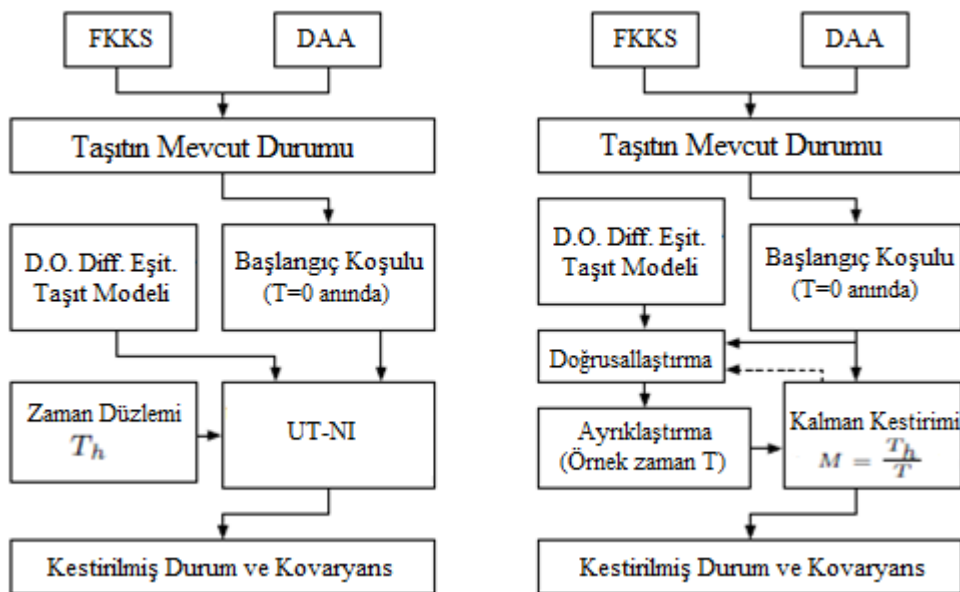
Resim 4.5. Saha çalışmasında kullanılan taşıtlar

## 5. DEĞERLENDİRMELER

Geliştirilen YSA modelinin başarımını tespit üzere gerçek zamanlı saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri ışığında doğruluk ve hesap zamanı açısından modelin başarımını yorumlanmıştır. Başarım değerleri benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca modelin yüksek hızdaki doğruluk değerleri ölçülmüştür. Geliştirilen modelin uygulanabilirliği irdelenmiştir. Ek olarak geliştirilen model iki farklı çarpışma senaryosunda gerçek zamanlı olarak kullanılmıştır.

### 5.1. Modelin Benzer Çalışmalarla Kıyaslanması

Tez çalışmasının başarımını ölçümleri için literatürdeki benzer çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar içerisinde D. Caveney'in yapmış olduğu çalışmalar [74,75] karşılaştırma için en uygun çalışmalar olduğu gözlemlenmiştir. Yazar taşıt kestirim çalışmalarında yaygın olarak kullanılan KS yönteminin hesap zamanının yüksek ve kestirimlerdeki isabet oranının düşük olduğunu iddia etmiştir. Yazar daha hızlı ve daha yüksek doğrulukta kestirim için Unscented Transform with Numerical Integration (UT-NI) yöntemini önermiştir[73].



Şekil 5.1. İki farklı kestirim yönteminin blok diyagramı a) UT-NI b) Kalman Kestirimi [74]

Yazar çalışmalarında iki yöntemi de kullanarak ölçümler yapmış ve sonuçları karşılaştırmalı olarak paylaşmıştır. Yapılan karşılaştırma çalışmalarında taşıt modeli olarak doğrusal olmayan altı durumlu bisiklet modelini kullanmıştır. Bisiklet modeli taşıt dinamiğine ait önemli ve az sayıdaki parametre kullanılarak kurulmuş diferansiyel denklemlerden oluşmaktadır.

$$\dot{\mathbf{x}}_{CB} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\psi} \\ \dot{v}_x \\ \dot{v}_y \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_x \cos(\psi) - v_y \sin(\psi) \\ v_x \sin(\psi) + v_y \cos(\psi) \\ \omega \\ a_x[0] \\ f_1(v_x, v_y, \omega, dw[0]) \\ f_2(v_x, v_y, \omega, dw[0]) \end{bmatrix} \quad (5.1.)$$

burada;

$$\begin{aligned} f_1(v_x, v_y, \omega, dw) &= \frac{-2(C_{\alpha f} + C_{\alpha r})v_y}{Mv_x} \\ &+ \left( \frac{-2(C_{\alpha f}a - C_{\alpha r}b)}{Mv_x} - v_x \right) \omega \\ &+ \left( \frac{2C_{\alpha f}}{M} \right) dw \end{aligned} \quad (5.2.)$$

$$\begin{aligned} f_2(v_x, v_y, \omega, dw) &= \frac{-2(C_{\alpha f}a - C_{\alpha r}b)v_y}{J_z v_x} \\ &+ \left( \frac{-2(C_{\alpha f}a^2 + C_{\alpha r}b^2)}{J_z v_x} \right) \omega \\ &+ \left( \frac{2C_{\alpha f}a}{J_z} \right) dw \end{aligned} \quad (5.3.)$$

Yukarıdaki eşitliklerde  $C_{\alpha f}$  ve  $C_{\alpha r}$  ön ve arka lastik viraj sertliklerini tanımlamaktadır.  $x$  boyları,  $y$  enlemi,  $\psi$  taşıtın  $x$  eksenine göre gitme açısını,  $v_x$  taşıtın boylamdaki hızını,  $v_y$  taşıtın yanal hızını,  $\omega$  taşıtın sapma değerini temsil etmektedir. Denklem giriş değerlerinden olan taşıtın boylamdaki ivmesi  $a_x$  ve ön teker açısı  $d\omega$  kestirim düzlemi boyunca sabit kabul edilmiştir. Taşıtın yanal ivmesi için ölçüm yapılmadığından  $v_y[0]$  değeri sıfır kabul edilmektedir. Konum ölçümlerinde EEM kullanılmıştır [75].

Kalman kestirimi, kestirim düzlemine göre doğrusal ve ayrık zamanlı sistemlere uygulanabilmektedir. Ayrık zamanlı doğrusal sistemin kestirilmiş durumunu elde etmek için iki matris vektörünün çarpımına ihtiyaç vardır. Ayrık zaman aralığını elde etmek için iki zaman noktasına ihtiyaç vardır [75].

$$T = T_{k+1} - T_k, \quad (5.4.)$$

$$\mathbf{x}[T_k + T_h] = \mathbf{A}_d \mathbf{x}[T_k] + \mathbf{B}_d \mathbf{u}[T_k] \quad (5.5.)$$

Buradaki  $T_h$  kestirim zamanıdır.  $\mathbf{A}_d$  ve  $\mathbf{B}_d$ ,  $T=T_h$  kabul eden ayrıklaştırılmış sistemi tanımlamaktadır.  $\mathbf{A}_d$   $n \times n$  boyutlu,  $\mathbf{B}_d$   $n \times p$  boyutlu matrislerdir. Burada  $n$  durumun boyutunu  $p$  ise giriş sayısını göstermektedir. Ayrıklaştırma zaman aralığı kestirim zamanından düşük olması durumunda  $T_h = TM$  şeklinde gösterilebilir. Bu durumda  $2M$  adet matris vektörünün çarpımı gerekecektir. Bu durumu sözde kod ile ifade edecek olursak [75].

$$\begin{aligned} \text{for } & i = 1 : M \\ & \mathbf{x}[k + iT] = \mathbf{A}_d[k] \mathbf{x}[k + (i-1)T] + \mathbf{B}_d[k] \mathbf{u}[k] \\ \text{end} & \end{aligned} \quad (5.6.)$$

Bu döngünün her bir adımında uygulanan işlevin kalman kestiriminin yapısından ötürü her adımda doğrusallaştırmak gerekmektedir. Bunun için ise Jacobian durum geçiş ve giriş kazanç matrislerinden faydalanılır[75].

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \quad (5.7.)$$

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) & \sim \nabla \mathbf{F} \mathbf{x}(t) + \nabla \mathbf{G} \mathbf{u}(t) \\ & \downarrow \\ \mathbf{x}[k+1] & = \mathbf{A}_d \mathbf{x}[k] + \mathbf{B}_d \mathbf{u}[k] \end{aligned} \quad (5.8.)$$

Kalman kestirimi neticesinde kestirilmiş durum kovaryans matrisi elde edilmektedir. Bu matris ihtimallerin %68.2'sini içeren bir elipsoide dönüştürülmektedir. Bu

elipsoid içerisinde belirli bir sınıra en yakın olan değer kestirilmiş değer olarak kabul edilmektedir[75].

Belirli integral, iki sınır noktası arasında bir eğri ile x eksenine arasında kalan alandır. Sayısal integral (Numerical Intgeration) genel olarak x eksenine üzerindeki iki sınır noktasının arasında kalan bölgeyi küçük şeritlere ayırmak suretiyle şeritlerin alanlarını toplayarak integral değerinin elde edilmesidir[76]. Sayısal integral yönteminin öne çıkan ayrıcalığı sistemi doğrusallaştırma ve ayrıklaştırma işlemlerine gerek duymamasıdır. Sayısal integralde şerit genişliklerini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Dinamik sistem yapısını en az sayıda fonksiyonla ve istenilen doğruluğu sağlayacak uygun bir yöntem seçmek önemlidir. Karşılaştırma çalışmasında Embedded Runge-Kutta formülleri kullanılmıştır[75].

Unscented dönüşüm (Unscented Transform), doğrusal olmayan bir dönüşüme tabi tutulmuş rastgele bir değişkenin istatistiğini hesaplayan bir yöntemdir. Unscented dönüşüm neticesinde durum denkleminde sigma noktası ( $\chi_i$ ) olarak adlandırılan  $2n+1$  adet deterministik nokta elde edilmektedir. Sigma noktaları doğrusal olmayan fonksiyon boyunca uygulamaktadır[75].

$$\mathcal{Y}_i = f(\mathcal{X}_i) \quad i = 0, \dots, 2n. \quad (5.9.)$$

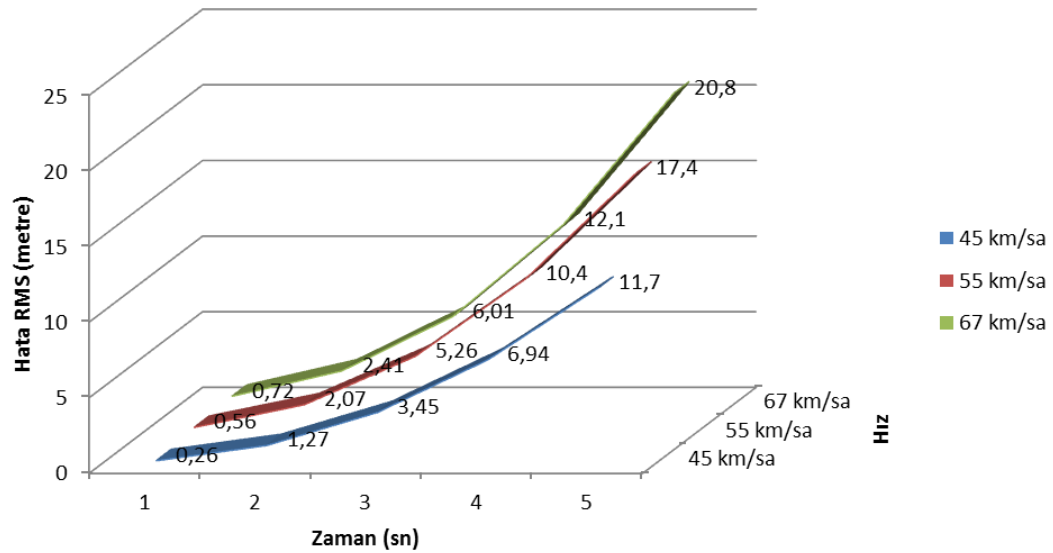
UT ve NI'nin birleştirilmesinde öncelikle sayısal integral yöntemi olarak seçilen Embedded Runge-Kutta yöntemi uygulanmıştır. Altı durumlu bisiklet modelinde  $2(6)+1=13$  adet integrasyona ihtiyaç vardır. Uygulanan sigma noktalarının kovaryansı ve ağırlıklandırılmış örneklem ortalamaları ile y'nin ortalaması  $\bar{y}$  ve kovaryansı  $\mathbf{P}_y$  bulunarak tahmin değerini oluşturulmaktadır[75].

Yazar UT-NI yöntemi ile düşük bellek gereksinimi ile hesap zamanının önemli ölçüde düştüğünü ayrıca kestirimlerdeki konum doğruluk değerlerinin karekök ortalamalarının (Route Mean Square – RMS) daha düşük olduğunu savunmuştur. Yaptığı saha çalışmalarında her iki yöntemle kestirimler yapmış ve sonuçları

karşılaştırmıştır[75]. Karşılaştırma Çizelge 5.1'deki gibidir. İEGS'de ihtiyaç duyulan kestirim zamanları, çarpışma senaryolarına, taşıtın hız ve çevre değerlerine göre değişiklik göstermektedir. Hangi senaryoda, kestirim zamanının ne kadar; olacağına dair kesin bir yargı olmamakla birlikte çalışmalarda ağırlıklı olarak 1 ila 5 saniye arası kestirim zamanları kullanılmaktadır.

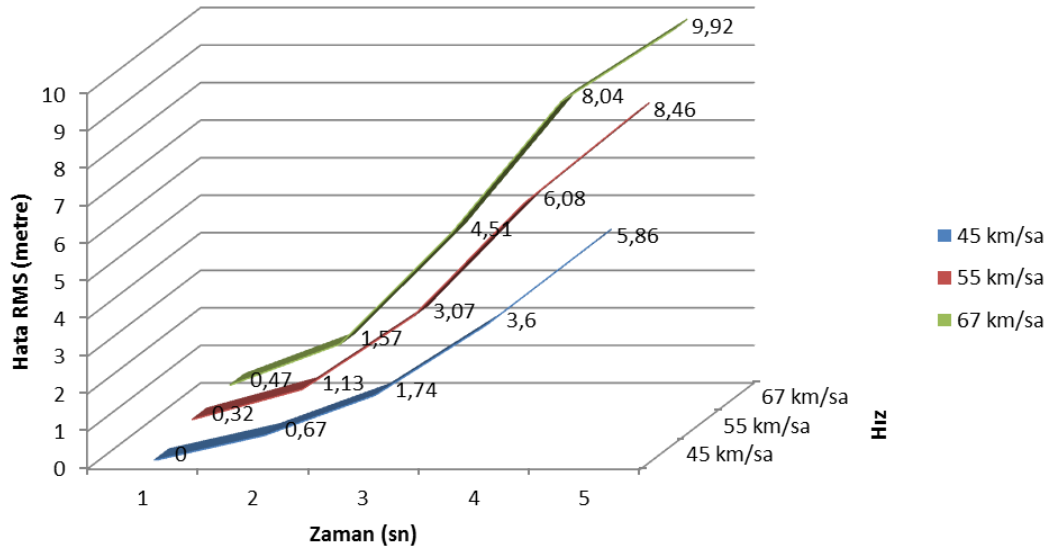
Çizelge 5.1. Kalman Kestirimi ve UT-NI yöntemlerinin konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamalarının karşılaştırması[75].

Yöntem	Hız	Kestirim Zamanı				
		1 s	2 s	3 s	4 s	5 s
KALMAN	45 km/sa	0,26 m	1,27 m	3,45 m	6,94 m	11,7 m
	55 km/sa	0,56 m	2,07 m	5,26 m	10,4 m	17,4 m
	67 km/sa	0,72 m	2,41 m	6,01 m	12,1 m	20,8 m
UT-NI	45 km/sa	0.30 m	0,67 m	1,74 m	3,60 m	5,86 m
	55 km/sa	0,32 m	1,13 m	3,07 m	6,08 m	8,46 m
	67 km/sa	0,47 m	1,57 m	4,51 m	8,04 m	9,92 m



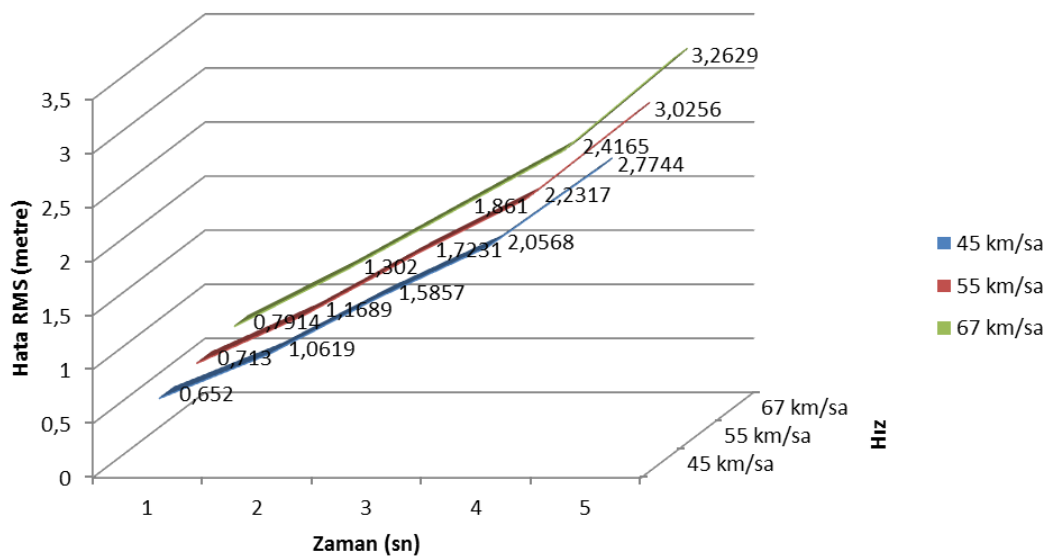
Şekil 5.2. Kalman Kestirimi yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları





Şekil 5.3. UT-NI yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen YSA yönteminin başarımını ölçmek üzere aynı ortalama hız değerlerinde, benzer mesafelerde seyir halindeki taşıttan veriler toplanmıştır. Toplanan veriler ışığında geliştirilen YSA yöntemi ile kestirimler yapılmıştır. Yapılan kestirimlerin konum doğruluk değerleri Şekil 5.4 ve Çizelge 5.2’de sunulmuştur.



Şekil 5.4. YSA yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları.



Çizelge 5.2. YSA yönteminin farklı hız ve zaman aralıklarında metre cinsinden konum kestirimi hata değerlerinin karekök ortalamaları [75].

Kestirim Zamanı	Hız	EEM-X Ekseni	EEM-X Ekseni	Konum $(\sqrt{X^2 + Y^2})$
1 Saniye	45 km/sa	0,4488 m	0,4729 m	0,6520 m
	55 km/sa	0,4964 m	0,5118 m	0,7130 m
	67 km/sa	0,5395 m	0,5790 m	0,7914 m
2 Saniye	45 km/sa	0,7469 m	0,7548 m	1,0619 m
	55 km/sa	0,8423 m	0,8105 m	1,1689 m
	67 km/sa	0,9424 m	0,8983 m	1,3020 m
3 Saniye	45 km/sa	1,1129 m	1,1295 m	1,5857 m
	55 km/sa	1,2215 m	1,2153 m	1,7231 m
	67 km/sa	1,3569 m	1,2826 m	1,8671 m
4 Saniye	45 km/sa	1,4347 m	1,4738 m	2,0568 m
	55 km/sa	1,6031 m	1,5526 m	2,2317 m
	67 km/sa	1,7483 m	1,6682 m	2,4165 m
5 Saniye	45 km/sa	1,9070 m	2,0151 m	2,7744 m
	55 km/sa	2,1870 m	2,0908 m	3,0256 m
	67 km/sa	2,4011 m	2,2093 m	3,2629 m

Kalman Süzgeci, UT-NI ve YSA yöntemlerinin konum doğruluk değerlerinin karşılaştırıldığı Çizelge 5.3'ten de anlaşılacağı üzere her üç yöntemde de zaman aralığı ve hızdaki artışa bağlı olarak kestirimdeki hata değerleri artış göstermektedir. Üç yöntem arasında zamana ve hıza bağlı hata artış oranları karşılaştırıldığında, YSA ile yapılan kestirimlerde hata artış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum 3 sn ve üzeri kestirimlerde YSA yöntemiyle, diğer iki yönteme nazaran daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. YSA yönteminin 1 sn zaman aralığında bütün hızlarda ve 2 sn aralıkla yapılan kestirimlerde ise 45 km/sa ve 55 km/sa hızlarda diğer yöntemlere nazaran başarımın düşük olduğu görülmüştür. Bununla

birlikte taşıtların fren mesafeleri göz önüne alındığında kısa süreli kestirimlerin kullanılabilirliği çok düşüktür. Bu nedenle YSA yönteminin kısa süreli kestirimlerdeki başarısızlığı göz ardı edilebileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5.3. Kalman Süzgeci, UT-NI ve YSA yöntemlerinin konum kestirimi hata değerlerinin metre cinsinden karekök ortalamalarının karşılaştırılması

Yöntem	Hız	Kestirim Zamanı				
		1 s	2 s	3 s	4 s	5 s
KALMAN[75]	45 km/sa	<b>0,26 m</b>	1,27 m	3,45 m	6,94 m	11,7 m
	55 km/sa	0,56 m	2,07 m	5,26 m	10,4 m	17,4 m
	67 km/sa	0,72 m	2,41 m	6,01 m	12,1 m	20,8 m
UT-NI[75]	45 km/sa	0.30 m	<b>0,67 m</b>	1,74 m	3,60 m	5,86 m
	55 km/sa	<b>0,32 m</b>	<b>1,13 m</b>	3,07 m	6,08 m	8,46 m
	67 km/sa	<b>0,47 m</b>	1,57 m	4,51 m	8,04 m	9,92 m
YSA	45 km/sa	0,6520 m	1,0619 m	<b>1,5857 m</b>	<b>2,0568 m</b>	<b>2,7744 m</b>
	55 km/sa	0,7130 m	1,1689 m	<b>1,7231 m</b>	<b>2,2317 m</b>	<b>3,0256 m</b>
	67 km/sa	0,7914 m	<b>1,3020 m</b>	<b>1,8671 m</b>	<b>2,4165 m</b>	<b>3,2629 m</b>

TAİ güvenlik uygulamalarının olmazsa olmaz iki gereksinimi yüksek doğrulukta konum tespiti ve yüksek yineleme hızıdır. Kalman Süzgeci ve UT-NI karşılaştırmasında 2.13 GHz işlemciye, 2 GB RAM ve 2 MB önbelleğe sahip sistem üzerinde kurulu MATLAB R2006a sürümünde yapılmıştır[75]. Karşılaştırma yapılan gerek Kalman gerekse UT-NI yöntemlerinde hesaplama zamanı İEGS için kabul edilemeyecek kadar yüksektir. YSA yönteminde ise hesaplama zamanı için 2.5 GHz işlemciye, 4 GB RAM ve 3 MB önbelleğe sahip sistem üzerinde koşan MATLAB Builder JA API'leri kullanan Java yazılımı geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Geliştirilen YSA yönteminde hesap zamanı hem düşük, hem de kestirim zamanından bağımsız olarak sabit seyretmektedir.

Çizelge 5.4. Sabit hızda farklı zaman aralıklarında, kestirim yöntemlerinin ms cinsinden hesap zamanı değerleri.

Yöntem	Hız	1 s	2 s	3 s	4 s	5 s
KALMAN[75]	55 km/sa	9.7 ms	18.5 ms	27.5 ms	36.4 ms	45.0 ms
UT-NI [75]	55 km/sa	23.1 ms	36.9 ms	49.1 ms	63.8 ms	87.7 ms
YSA	55 km/sa	3.2 ms	3.2 ms	3.2 ms	3.2 ms	3.2 ms

## 5.2. Modelin Başarımının Uygulamadaki Yeri

TAİ'de konum kestiriminin amacı taşıtların çarpışma olasılığını önceden tespit ederek çarpışmayı bertaraf etmektir. Bu bağlamda geliştirilen YSA modelinin, başarımları değerleri göz önüne alınarak, uygulanabilirliğinin olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırmalarda en çok rastlanan çarpışma senaryoları incelenmiştir. Senaryoların hangi hızda, ne kadar zaman önce sürücünün uyarılması gerektiği araştırılmıştır.

Çarpışma senaryoları ve bu senaryolar için gerekli hız ve zaman aralığı değerlerinin bir arada sunulduğu yayınlar incelenmiştir. En sağlıklı veriler Mercedes-Benz, General Motors, Toyota, Honda ve Ford otomotiv üreticilerinin oluşturduğu çarpışma önleme ölçütleri ortaklığının (Crash Avoidance Metrics Partnership – CAMP) yürüttüğü “Vehicle Safety Communications - Application” (VSC-A) projesinin sonuç raporunda bulunmuştur[77].

Raporda 6 ana başlık altında (Çizelge 5.5.) toplam 33 çarpışma senaryosu gereksinimleri ve ön koşullarıyla birlikte paylaşılmıştır (Çizelge 5.6.). Senaryolar tek tek incelenerek her bir senaryoda rol alan taşıtların hızları ve aralarındaki mesafeler tespit edilmiştir. Çizelge 5.5'te özetlenen hız ve zaman aralığı değerleri incelenmiş ve geliştirilen YSA modelinin başarımları değerleri ile karşılaştırılmıştır. Senaryoların zaman aralıkları incelendiğinde 1 sn zaman aralığında kestirime ihtiyaç duyan bir çarpışma senaryosu bulunmamaktadır.

Çizelge 5.5. Çarpışma senaryoları altı başlık altında toplanmaktadır[77].

Senaryo Grubu	Kısaltması	Azami Mesafe	Hız Aralığı	Azami İletim Süresi
Acil Fren Lambası Uyarısı	AFLU	300 metre	41-108 km/sa	200 ms
İlerideki Çarpışma Uyarısı	İÇÜ	300 metre	41-108 km/sa	100 ms.
Kör Nokta Uyarısı + Şerit Değişirme Uyarısı	KNU+ŞDU	5 saniye	41-108 km/sa	200 ms
Hatalı Sollama Uyarısı	HSU	Belirtilmemiş	41-108 km/sa	100 ms
Kavşak Çarpışma Uyarısı	KÇÜ	300 saniye	25-108 km/sa	100 ms
Direksiyon Hâkimiyeti Uyarısı	DHU	150 metre	41-108 km/sa	200 ms

Geliştirilen YSA modelinin doğruluk değerlerinin daha düşük olduğu hız ve zaman aralıkları göz önüne alınarak yapılan değerlendirmede otuz üç senaryonun otuz ikisinde geliştirilen model daha başarılıdır. Sadece 24. senaryoda rakiplerine göre kısmen daha düşük doğruluk gösterdiği görülmektedir. 24. Senaryoda 40 km ve 55 km hızlar  $2\pm 0,5$  zaman aralığı ön koşul olarak verilmiştir. Bu koşullardan alt değerler alındığında geliştirilen model yaklaşık 15 cm kadar daha düşük doğrulukta çıkarken, üst değerler için 25 cm kadar daha yüksek doğruluktadır.

Çizelge 5.6. Çarpışma senaryoları ve senaryolarda ön koşul olarak sunulan mesafelerin hız ve zaman cinsinden gösterimi. AT: Asıl Taşıt, UT: Uzaktaki Taşıt [77]

Kodu	Senaryo Adı	Hız km/sa	Zaman Aralığı (sn)
AFLU-T1	Sabit hızlı AT ile yavaşlayan UT aynı şeritte	80	3
AFLU-T2	Sabit hızlı AT ve yavaşlayan UT kaviste sol şeritte	80	3
AFLU-T3	Sabit hızlı AT ile yavaşlayan UT aynı şeritte ve aralarında bir taşıt varken	80	3
AFLU-T4	Sabit hızlı AT ile hafifçe yavaşlayan UT aynı şeritte	80	3
AFLU-T5	Sabit hızlı AT ile yavaşlayan UT iki yan şeritte	80	3
İÇÜ-T1	Sabit hızlı AT/ Duran UT	80	36
İÇÜ-T2	AT UT1'in arkasında seyrediyor/ UT1 duran UT2'nin arkasında seyrediyor	80	36

Çizelge 5.7. Çarpışma senaryoları ve senaryolarda ön koşul olarak sunulan mesafelerin hız ve zaman cinsinden gösterimi. AT: Asıl Taşıt, UT: Uzaktaki Taşıt [77] (Devam)

İÇU-T3	AT kavise giriyor / UT kaviste duruyor	80	36
İÇU-T4	AT UT'nin dibinde seyrediyor.	-	-
İÇU-T5	AT UT'yi takip ediyor /UT aniden duruyor.	65	2/4
İÇU-T6	UT kavise sağ şeritten giriyor/ UT kavisin sol şeridinde durmuş.	80	4
İÇU-T7	AT, daha yavaş UT'nin ardında seyrediyor.	80	-
İÇU-T8	AT, duran UT'nin bulunduğu şeride geçiyor.	80	4
İÇU-T9	AT, sağ ve sol şeritte seyreden UT'lere yaklaşıyor ve onları geçiyor.	80	4
KNU+ŞDU-T1	ŞDU, Sola	72	2,5
KNU+ŞDU-T2	ŞDU, Sağa	72	2,5
KNU+ŞDU-T3	KNU desteği ile ŞDU, Sağa	80	2
KNU+ŞDU-T4	KNU, sol	72	2,5
KNU+ŞDU-T5	KNU, Sağ	72	2,5
KNU+ŞDU-T6	Uyarı ya da destek yokken UT, AT'nin arkasında	80	5
KNU+ŞDU-T7	Uyarı ya da destek yokken UT sağ şeritte	80	5
KNU+ŞDU-T8	Kaviste ŞDU, Sağa	72	2,5
HSU-T1	Yan şeritten UT yaklaşırken sollamaya girişmek	40/55	2±0,5
HSU-T2	Duran UT'yi sollamaya girişmek	48	7,5
HSU-T3	Yaklaşan UT yan şeritte değilken solamaya girişmek	72	2±0,5
KÇU-T1	Değişken hız yaklaşımında duran AT/ hareket eden UT/ açık kavşak	-	-
KÇU-T2	Duran At/ hareket eden UT/ açık kavşak	-	-
KÇU-T3	Değişken hız yaklaşımında hareket eden AT/ hareket eden UT/ açık kavşak	-	-
KÇU-T4	Hareket eden AT/ hareket eden UT/ açık kavşak	-	-
KÇU-T5	Duran AT/ hareket eden UT/ açık kavşak /park etmiş taşıt	-	-
DHU-T1	At sabit hızda, UT aynı şeritte aynı yönde seyrediyor.	65	2
DHU-T2	At sabit hızda, UT ikinci sağ şeritte	48	2
DHU-T3	At sabit hızda, UT yan şeritte ters yönde seyrediyor.	48	37

### 5.3. Yüksek Hızda Doğruluk Değerleri

Geliştirilen modelin başarımını, benzer yöntemlere karşılaştırmak için 45 km/sa, 55 km/sa ve 67 km/sa hızlarda saha çalışmaları yapılmış ve kestirim doğruluk değerleri hesaplanarak paylaşılmıştır. Ancak bu tez çalışmasının kapsamının otoyollar ve kırsal yollar olduğu göz önüne alındığında bu hızların uygulanabilirliği düşüktür. Bu sebeple modelin makul hızlarda ki başarımının ölçümü için yeni bir saha çalışması yapılmıştır.



Resim 5.1. Yapılan saha çalışmasında kullanılan taşıtlar

Saha çalışması AÇY'de daha önceki yapılan çalışmalarının yapıldığı güzergâhta gerçekleştirilmiştir. Kırsal yollar için ortalama 90 km/sa, otoyollar için 120 km/sa hızlarda ölçümler yapılmasına karar verilmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.7.'te sunulmuştur.

Çizelge 5.8. Geliştirilen YSA temelli kestirim yönteminin konum doğruluk değerlerinin metre cinsinden karekök ortalamaları

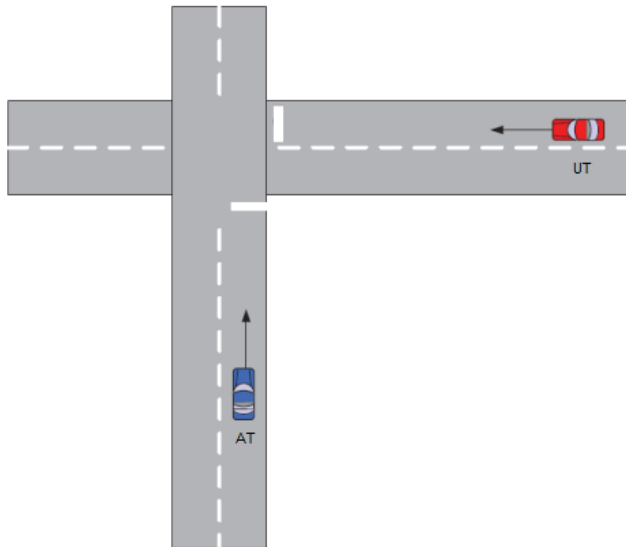
Kestirim Zamanı	Hız	EEM -X Ekseni	EEM -Y Ekseni	Konum ( $\sqrt{X^2 + Y^2}$ )
1 Saniye	45 km/sa	0,4488	0,4729	0,6520
	55 km/sa	0,4964	0,5118	0,7130
	67 km/sa	0,5395	0,5790	0,7914
	90 km/sa	0,5884	0,5859	0,8304
	120 km/sa	0,6569	0,6351	0,9137
2 Saniye	45 km/sa	0,7469	0,7548	1,0619
	55 km/sa	0,8423	0,8105	1,1689
	67 km/sa	0,9424	0,8983	1,3020
	90 km/sa	1,1215	1,0117	1,5104
	120 km/sa	1,3996	1,2126	1,8518
3 Saniye	45 km/sa	1,1129	1,1295	1,5857
	55 km/sa	1,2215	1,2153	1,7231
	67 km/sa	1,3569	1,2826	1,8671
	90 km/sa	1,7141	1,5510	2,3117
	120 km/sa	2,2730	1,9931	3,0231
4 Saniye	45 km/sa	1,4347	1,4738	2,0568
	55 km/sa	1,6031	1,5526	2,2317
	67 km/sa	1,7483	1,6682	2,4165
	90 km/sa	2,2814	2,2118	3,1776
	120 km/sa	3,1317	2,9417	4,2966
5 Saniye	45 km/sa	1,9070	2,0151	2,7744
	55 km/sa	2,1870	2,0908	3,0256
	67 km/sa	2,4011	2,2093	3,2629
	90 km/sa	3,2663	2,9480	4,4000
	120 km/sa	4,6775	4,1870	6,2778

#### 5.4. Örnek Çarpışma Senaryolarının Uygulanması

Kestirimin başarımı, çarpışma senaryolarının gerçek zamanlı olarak uygulanması suretiyle de sınımlanmıştır. Çizelge 5.5.'te tanımlanan kavşak çarpışma uyarısı ve acil fren lambası uyarısı senaryo gruplarından birer senaryo seçilerek uygulanmıştır. Kavşak çarpışma uyarısı senaryosu için KÇU-T4 kodlu, acil fren lambası uyarısı için AFLU-T1 kodlu senaryolar seçilmiştir (Çizelge 5.6.). Bu senaryolar CAMP'ın VSC-A projesi sonuç raporunda [77] belirtilen ön koşullar uyarlanarak gerçekleştirilmiştir.

Saha çalışmalarında kullanılmak üzere seçilen senaryolar için ayrı ayrı çarpışma algılama algoritması geliştirilmiştir. Her iki senaryonun algoritmasında da çarpışma olasılığını tespit için merkezi taşıtların gelecekteki konumu ile çakışık zahiri dikdörtgenler kullanılmıştır. Söz konusu dikdörtgenlerin boyu, taşıtın boyundan 100 cm daha uzun alınmıştır. Aynı şekilde dikdörtgenin eni de taşıtın eninden 70 cm daha uzun olarak belirlenmiştir. Senaryolarda iki araç kullanılmıştır. Taşıtlardan birisi tehlikeyi tespit eden ve sürücüyü uyarın rolündedir ve asıl taşıt (AT) olarak adlandırılmaktadır. İkinci taşıt ise tehlikeye sebep olan taşıt rolündedir ve uzaktaki taşıt (UT) olarak adlandırılmaktadır.

##### 5.4.1. KÇU-T4 senaryosunun uygulaması



Şekil 5.5. KÇU-T4 Senaryosunun temsili [77]



Şekil 5.5'te betimlenen bu senaryoda 40 km/sa sabit hızla kavşağa yaklaşan AT ve UT'nin durumu konu edilmiştir.

Sürüş talimatları:

- UT 40 km/sa hıza çıkmalı ve kavşağa doğru ilerlemelidir.
- AT 40 km/sa sabit hızla kavşağa ilerlemelidir.
- Gözlemciler herhangi bir uyarının vuku bulup bulmadığını tespit etmelidir.
- Taşıtlar kavşağı geçtikten sonra durmalıdırlar.

Başarı ölçütü:

Her hangi bir başarı ölçütü tanımlanmamıştır.

Senaryoda belirtilen koşul ve talimatlar göz önüne alınarak çarpışma algılama algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritmaya göre her iki taşıtın 1 sn, 2 sn ve 3 sn sonraki kestirilmiş konumlarını merkez alan dikdörtgenler arasında bir kesişim söz konusu olduğunda sürücü uyarılmaktadır.



Resim 5.2. KÇU\_T4 senaryosunun gerçekleştirilmesinden bir görüntü.

Belirtilen koşullar altında İvedik Organize Sanayii'nde senaryo üç kez gerçekleştirilmiştir ve her seferinde çarpışma uyarısı alınmıştır(Resim 5.2).

#### 5.4.2. AFLU-T1 senaryosunun uygulaması



Şekil 5.6. AFLU-T1 Senaryosunun temsili[77]

Şekil 5.6.'de betimlenen bu senaryoda sabit hızla seyreden UT'nin ani frene basması sonucu, aynı şeritte sabit hızla takip eden AT ile çarpışma ihtimali konu edilmiştir.

Sürüş talimatları:

- UT 80 km/sa hıza çıkma ve hızını sabit tutmalıdır.
- AT 80 km/sa hıza çıkma ve hızını sabit tutmalıdır. UT ile arasında 3 sn mesafe olmalıdır.
- AT test gözlemcisi ve UT test gözlemcisi 80 km/sa hızda olduklarını doğruladıktan sonra UT sert fren yapmalı ve durmalıdır.
- AT uyarı alındığını doğrulamalı ve durmalıdır.

Başarı ölçütü:

Yapılan dört uygulamanın en az üçünde AT'nin uyarı vermesi gerekmektedir.

Senaryoda belirtilen koşul ve talimatlar göz önüne alınarak çarpışma algılama algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritmaya göre aşağıdaki koşullardan birisi gerçekleştiğinde sürücü uyarılmaktadır.

- AT'nin 3 sn sonraki kestirilmiş konumundan mevcut konumuna çizilen doğrunun, UT'nin 3 sn sonraki kestirilmiş konumunu merkez alan dikdörtgeni kesmesi,
- UT'nin hızının 10 km/sa hızın altına düşmesi.

Bu koşullar altında AÇY'da gerçekleştirilen dört uygulamanın her seferinde AT'den uyarı alınmıştır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

TAİ ve İEGS çalışma alanları ABD, AB, Japonya gibi sanayileşmiş ülkelerde otomotiv endüstrisinin öncülüğünde pek çok araştırmaya konu olmakta ve bu konuda yüksek bütçeli projeler yürütülmektedir. Ülkemizde ise bu alanda bir yüksek lisans tezi ve TOFAŞ'a ait bir proje dışında çalışmaya rastlanamamıştır. Bununla birlikte KUSS tabanlı seyrüsefer cihazları, akıllı telefonlar gibi seyyar sistemler ile otomatik geçiş sistemleri, elektronik denetleme sistemi gibi yol alt yapıları vasıtasıyla TAİ'ye bileşen oluşturan teknolojiler günlük yaşama girmiş bulunmaktadır. Tüm bu teknolojiler harmanlanarak TAİ alanında ülkemizin tecrübe kazanması mümkündür. 2012 yılında bu bağlamda önemli bir adım atılarak ilk defa Akıllı Ulaşım Sistemleri Çalıştayı yapılmıştır. Bu çalıştayda T.C. Ulaştırma Bakanı Binali Yıldırım, Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejisi ve Eylem Planının hazırlıklarının başladığını beyan etmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında İEGS için kilit noktada olan konum kestirimi konusuna odaklanılmıştır. Yapılan çalışma üç ana süreç üzerine temellendirilmiştir. Bunlar, şehirlerarası yollarda seyreden taşıtın gelecekteki konumlarının kestirimi, taşıtın mevcut ve gelecek konumlarını komşu taşıtlara telsiz ağ üzerinden aktarması, komşu taşıtlardan gelen veriler doğrultusunda sürücünün bilgilendirmesidir. Tez çalışmasının saha çalışmalarını yapabilmek için tüm bu süreçleri gerçekleştirebilecek, gerçek zamanlı bir sistemin prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, motorlu taşıtlara kurularak kara yolunda saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Konum kestirimi için yapay zekâ yöntemlerinden YSA kullanılmıştır. En uygun YSA modelinin belirlenmesi için farklı eğitim veri kümeleri ve farklı YSA özellikleri denenmiştir. Bu deneylerin hızlı ve etkin bir şekilde oluşturulması için bu çalışmaya özel bir yazılım geliştirilmiştir. Deneyler sonucu elde edilen en iyi YSA modeli sisteme dâhil edilip, gerçek dünya ortamında sınanmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar kestirimdeki doğruluk ve hesap zamanı değerleri üzerinden yapılmıştır.

Kestirimdeki doğruluk karşılaştırmaları farklı hız değerlerinde, farklı zaman aralıkları için yapılan konum kestirimlerine ait hata değerlerinin karekök ortalaması alınarak gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırılan yöntemlerin hepsinde hız ve zaman aralığındaki artışa bağlı olarak kestirimdeki hata değerleri de artış göstermektedir. Üç yöntem arasında hıza ve zamana bağlı hata artış oranları karşılaştırıldığında, geliştirilen YSA modeli ile yapılan kestirimlerde hata artış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Yapılan karşılaştırmalarda 1 sn zaman aralığı için yapılan kestirimlerde geliştirilen YSA modelinin daha düşük doğruluk değerlerine sahip olduğu görülse de 2 sn ve üzerinde zaman aralıkları için değişik hızlarda yapılan kestirimlerde doğruluk değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Hesap zamanı açısından bakıldığında karşılaştırma yapılan diğer yöntemlerde kestirim zamanı arttıkça hesap zamanı da artmaktadır. Zamana göre değişen hesap zamanı cihazlar ve taşıtlar arasındaki eş güdümün sağlanmasında olumsuz etkiye sahiptir. Geliştirilen YSA modelinde ise hesap zamanı karşılaştırma yapılan diğer yöntemlere nazaran daha düşük hesap zamanına sahiptir. Buna ek olarak hesap zamanı kestirimin zaman aralığından etkilenmeyerek sabit kalmaktadır.

Mevcut teknolojinin yaygınlaşması ile TAİ alanında araştırma olanakları da artacaktır. Elektronik haritaların hassasiyetinin artması ile konum kestiriminde daha iyi sonuçlar alınması mümkün olacaktır. Özellikle yolların zeki sistemlerle donatılmasıyla güvenlik, verimlilik ve eğlence alanlarında pek çok uygulama geliştirilecek ve insanlığın hizmetine sunulacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Dünya Sağlık Örgütü, “Global status report on road safety: time for action”, **DSÖ, Geneva**, vii-x (2009).
2. Kawashima, H., “Japanese Perspective of Driver Information Systems”, *Transportation*, 17(3), 263–284 (1990).
3. Yanamandram, S., Shahnasser, H., “Analysis of DSRC based MAC protocols for VANETs”, *ICUMT '09. International Conference*, Petersburg, 1-6 (2009).
4. Pinart, C., Sanz, P., Lequerica, I, García, D., Barona, I. , Aparisi, D.S., “DRIVE: a reconfigurable testbed for advanced vehicular services and communications” *4th International Conference on Testbeds and research infrastructures for the development of networks & communities*, Brussels, 1-8 (2008).
5. Qian Y., Lu, K., Moayeri, N., "A Secure VANET MAC Protocol for DSRC Applications," *Global Telecommunications Conference*, New Orleans, 1-5(2008).
6. Jarasuniene, A., Jakubauskas, G., “Improvement of road safety using passive and active intelligent vehicle safety systems”, *Transport*, 22(4), 284-289(2007)
7. Hartenstein, H., Laberteaux, K.,” Vanet: Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies”, *Wiley-Blackwell Press*, West Sussex(2010)
8. Caveney, D., “Collision avoidance enabled through geospatial positioning and inter-vehicular communications”, *IEEE Control Systems Magazine*, 30, 38-53 (2010)
9. Sorenson, H.W., “Kalman Filtering: Theory and Application”, *IEEE Press*, New York (1985).
10. Huang, J., Tan, H.S., “Vehicle Future Trajectory Prediction with A DGPS/INS-Based Positioning System”, *American Control Conference, Minneapolis*, 5831-5836 (2006).
11. Kalman, R.E., “A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems”, *Journal of Basic Engineering*, 83D, 95-108(1960).
12. Merminod, B., “The Use of Kalman Filters in GPS Navigation”, *The University of New South Wales*, Kensington, 55-57(1989).
13. Cross, P.A., “Advanced Least Squares Applied to Position-Fixing”, *Working Paper No.6, Polytechnic of East London Department of Land Surveying*, 1990.

14. Hsu, L., Chen T., "Vehicle Full-State Estimation and Prediction System Using State Observers", *Vehicular Technology*, 58(6), 2651-2662(2009)
15. Turkmen, I., Guney, K., Karaboga, D., "Genetic Tracker with Neural Network for Single and Multiple Target Tracking", *Neurocomputing*, 69, 2309-2319(2006).
16. Duh, F.B., Lin, C.T., "Tracking a maneuvering target using neural fuzzy network", *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B-Cybernetics*, 34(1), 16-33 (2004).
17. Zhu, A.,F., Jing, Z.,R., Chen, W.,J., "Maneuvering Target Tracking Based on ANFIS and UKF", *Intelligent Computation Technology And Automation*, Hunan, 904-908 (2008)
18. Wu, W., Min, W., "The Mobile Robot GPS Position Based on Neural Network Adaptive Kalman Filtler", *Computational Intelligence And Natural Computing*, Wuhan, 26-29 (2009)
19. Jian-juan, L., "Application of evolutionary neural networks in integrated navigation system," *Systems and Control in Aerospace and Astronautics*, Shenzhen, 1-5 (2008)
20. Chiang, K., Chang, H., Li, C., Huang Y., "An Artificial Neural Network Embedded Position and Orientation Determination Algorithm for Low Cost MEMSINS/GPS Integrated Sensors", *Sensors*, 9(4):2586-2610(2009)
21. Aboelmagd, N., El-Shafie, A., Bayoumi, M., "GPS/INS Integration Utilizing Dynamic Neural Networks for Vehicular Navigation" *Information Fusion*, 12(1), 48-57(2011).
22. Canan, S., "Yapay Sinir Ağları İle Gps Destekli Navigasyon Sistemi", Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-3(2006).
23. Şimşir, U., Ertuğrul, S., "Prediction of manually controlled vessels' position and course navigating in narrow waterways using Artificial Neural Networks", *Applied Soft Computing*, 9(4), 1217-1224 (2009)
24. Ramanandan, A., Anning, C., Farrell, J.A., "Observability analysis of INS and lever-arm error states with CDGPS - Camera aiding", *Position Location and Navigation Symposium (PLANS), California*, 1197-1203(2010)
25. Toledo-Moreo, R., Zamora-Izquierdo, M.A., "IMM-Based Lane-Change Prediction in Highways With Low-Cost GPS/INS", *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions*, 10(1), 180-185 (2009)

26. Caveney, D., "Vehicular Path Prediction for Cooperative Driving Applications through Digital Map and Dynamic Vehicle Model Fusion", *Vehicular Technology Conference Fall, Alaska*, 1-5 (2009)
27. Nakanishi, Y., Yamaguchi, R., Fujimoto, K., Wada, T., Okada, H., "A New Collision Judgment Algorithm for Pedestrian-Vehicular Collision Avoidance Support System (P-VCASS) in Advanced ITS," *2010 Sixth International Conference on Networking and Services, Cancun*, 103-108 (2010)
28. Demmel, S., Gruyer, D., Besnier, J., Ben Jemaa, I., Pechberti, S., Rakotonirainy, A., "Collision warning dissemination in vehicles strings: An empirical measurement", *Intelligent Vehicles Symposium (IV), Baden*, 454-459(2011)
29. Wu, Y-J., Sung, W-C., "A dynamic navigation scheme for vehicular ad hoc networks," *Sixth International Networked Computing and Advanced Information Management Conference, Seoul*, 231-235(2010)
30. Jiménez, F., Naranjo, J.E., García, F., Zato, J.G., Armingol, J.M., de la Escalera, A., Aparício, F., "Limitations of Positioning Systems for Developing Digital Maps and Locating Vehicles According to The Specifications of Future Driver Assistance Systems", *Intelligent Transport Systems*, 5(1), 60-69 (2011)
31. Dedes, G., Grejner-Brzezinska, D., Guenther, D., Heydinger, G., Mouskos, K., Byungkyu Park, Toth, C., "Integrated GNSS/INU, Vehicle Dynamics, And Microscopic Traffic Flow Simulator For Automotive Safety", *14th International IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Washington*, 840 – 845 (2011)
32. Lytrivis, P., Thomaidis, G., Tsogas, M., Amditis, A., "An Advanced Cooperative Path Prediction Algorithm for Safety Applications in Vehicular Networks", *Intelligent Transportation Systems*, 12 (3) 669 – 679(2011)
33. IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments," *IEEE Std 802.11p-2010*, vol., no., pp.1,51, July 15 2010
34. Internet: United States Department of Transportation, "IEEE 1609 Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", [http://www.standards.its.dot.gov/fact\\_sheet.asp?f=80](http://www.standards.its.dot.gov/fact_sheet.asp?f=80) (2013)
35. Tsugawa, S., "Issues and recent trends in vehicle safety communication systems", *IATSS Research*, 29(1), 7-15(2005)
36. Hedrick, J., Tomizuka, M., Varaiya, P., "Control Issues in Automated Highway Systems", *IEEE Control Systems*, 14(6), 21-32(1994)



37. Gehring, O., Fritz, H. "Practical Results of a Longitudinal Control Concept for Truck Platooning with Vehicle to Vehicle Communication", **IEEE Intelligent Transportation System Conference, Boston**, 117-122(1997).
38. Hartenstein, H.; Laberteaux, K.P., "A tutorial survey on vehicular ad hoc Networks" **IEEE Communications Magazine**, 46(6), 164 – 171 (2008).
39. Reichardt, D., Miglietta, M., Moretti, L., Morsink, P., Schulz, W., "CarTALK 2000: safe and comfortable driving based upon inter-vehicle-communication", **IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Versailles**, 545-550(2002)
40. Enkelmann, W., "FleetNet - applications for inter-vehicle communication", **IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Columbus**, 162-167(2003)
41. Vehicle Infrastructure Integration, "VII Architecture and Functional Requirements", **ITS Joint Program Office US Department of Transportation, Washington**, 1-2 (2005).
42. Tamura, K., Hirayama, M., "Toward realization of VICS - Vehicle Information and Communication System," **IEEE Vehicle Navigation and Information Systems Conference, Ottawa**, 72-77(1993)
43. CAR 2 CAR Communication Consortium, "Memorandum of Understanding for OEMs within the CAR 2 CAR Communication Consortium on Deployment Strategy for cooperative ITS in Europe", **C2C-CC Final Version 4.01.02, Braunschweig**, 1-5(2011)
44. İnternet, Okan Üniversitesi, "Araçlar Arası ve Altyapı Haberleşme Projesi", <http://arastirma.okan.edu.tr/node/113> (2013)
45. İnternet, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, [http://www.koeri.boun.edu.tr/jeodezi/dosyalar/files/JEODEZI\\_BUKRDAE\\_GE D.pdf](http://www.koeri.boun.edu.tr/jeodezi/dosyalar/files/JEODEZI_BUKRDAE_GE D.pdf) (2013)
46. Yıldırım, F., Kaya, A., "Dilim Esasına Dayalı Utm Sistemi İçin Alternatif Çözüm Yöntemlerinin İncelenmesi", **Harita Dergisi**, 136(3):31-48
47. İnternet, Yıldız Teknik Üniversitesi, "Kartografya", <http://www.yildiz.edu.tr/~gokgoz/karto-ders-notlari/utm.pdf> (2013)
48. İnternet, Wikipedia, "Axes conventions", [http://en.wikipedia.org/wiki/Axes\\_conventions](http://en.wikipedia.org/wiki/Axes_conventions) (2013)
49. TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, "SI Uluslar Arası Birimler Sistemi", **TÜBİTAK UME 94-007, Kocaeli**, 5(1994)

50. İnternet: NASA”GMT Time”  
[http://liftoff.msfc.nasa.gov/Academy/Rocket\\_Sci/clocks/time-gmt.html](http://liftoff.msfc.nasa.gov/Academy/Rocket_Sci/clocks/time-gmt.html) (2007)
51. Bonnor, N., “A Brief History of Global Navigation Satellite Systems”, *Journal of Navigation*, 65, 1-14 (2012)
52. Jeffrey, C., “An Introduction to GNSS: GPS, GLONASS, Galileo and Other Global Navigation Satellite Systems” *NovAtel Inc*, Alberta, 8 (2010)
53. Han, J., Li, P., “Utilizing 3-D topographical information for the quality assessment of a satellite surveying”, *Applied Geomatics*, 2, 25 (2010)
54. İnternet: PennState University “Details of the GPS position calculation”  
[https://www.courses.psu.edu/aersp/aersp055\\_r81/satellites/gps\\_details.html](https://www.courses.psu.edu/aersp/aersp055_r81/satellites/gps_details.html)  
(2013)
55. İnternet: TUBİTAK Bilim Teknik Dergisi “Jiroskop tam olarak nedir?”  
[http://biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz/index.php?kategori\\_id=4&oru\\_id=5142](http://biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/index.php?kategori_id=4&oru_id=5142) (2013)
56. Haykin, S., “Neural networks: a comprehensive fundation. (2nd ed.)”, *Prentice Hall*, New Jersey, (1999)
57. McCulloch, W., Pitts, W., “A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity.” *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 7, 115 – 133 (1943)
58. Hebb, D.O., “The Organization of Behavior” *Wiley*, New York (1949)
59. Farley, B., Clark W.A., “Simulation of self-organizing systems by digital computer”, *IRE Transactions on Information Theory*, 4, 76-84 (1954)
60. Rochester, N., Holland, J.H., Haibt, L.H., Duda, W.L. “Test on a cell assembly theory of the action of the brain, using a large digital computer”, *IRE Transactions on Information Theory*, IT-2, 80-93 (1956).
61. Rosenblatt, F., "The Perceptron: a Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain", *Psychological Review*, 65, 386-408, (1958).
62. Minsky, M., Pappert, S., “Perceptrons”, *MIT Press.*, Cambridge (1969).
63. Werbos, P.J., “Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences”, Doktora Tezi, *Harvard University*, Cambridge (1974).
64. Fukushima, K., "Cognitron: A self-organizing multilayered neural network", *Biological Cybernetics*, 20, 121–136 (1975).

65. Hopfield, J.J., "Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 79, 2554-2558. (1982)
66. Blade, M.H., Hagan, M.T., Demuth, H.B., "Neural Network Toolbox™ User's Guide", *The MathWorks, Inc*, Natick, 117,123 (2010)
67. Tüfekçioğlu, F., "Hareket bilinçli, güvenilir tasarsız ağ yönlendirme protokolleri", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,1-3(2005)
68. Lin, C., Henty, B.E., Cooper, R., Stancil, D.D., Fan B., "A Measurement Study of Time-Scaled 802.11a Waveforms Over The Mobile-to-Mobile Vehicular Channel at 5.9 GHz", *IEEE Communications Magazine*, vol.46(5), 84-91, 200
69. Müller. M., "WLAN 802.11p Measurements for Vehicle to Vehicle (V2V) DSRC Application Note", *Rohde & Schwarz*, München, 8 (2009)
70. Axelson., J., "USB Complete: Everything You Need to Develop Custom USB Peripherals Second Edition", *Lakeview Research*, Madison, 422, (2001)
71. Park, B., Lee, J., Kim, Y., Yun, H., Kee, C.," DGPS Enhancement to GPS NMEA Output Data: DGPS by Correction Projection to Position-Domain", *Journal Of Navigation*, 6(2), 249-264 (2013)
72. İnternet: Kosice Teknik Üniversitesi, "Matlabovské webové technológie", <http://matlab.fei.tuke.sk/applications/dotNetTech/demo.html> (2013)
73. Caveney, D., "Cooperative Vehicular Safety Applications", *IEEE Control Systems*, 30(4), 38-53(2010)
74. Caveney, D., "Numerical Integration for Future Vehicle Path Prediction", *2007 American Control Conference, New York*, 3906-3912(2007)
75. Caveney, D., "Stochastic Path Prediction using the Unscented Transform with Numerical Integration", *2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Seattle*, 848-853(2007)
76. İnternet: İstanbul Teknik Üniversitesi,"Sayısal türev ve integral"  
<http://web.itu.edu.tr/~yükselen/HM504/03-%20Say%FDsal%20t%FCrev%20ve%20integral.pdf>
77. Crash Avoidance Metrics Partnership, "Vehicle Safety Communications – Applications (VSC-A) Final Report: Appendix Volume 1 System Design and Objective Test" , *CAMP DOT HS 811 492B, Washington*, 148-224(2011)

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DÖRTERLER, Murat  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 09.09.1982 Kayseri  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 (505) 815 35 38  
 e-mail : dorterler@gazi.edu.tr

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	GÜ/Elektronik Bilgisayar Eğitimi ABD	2008
Lisans	GÜ/Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü	2005
Lise	Sami Yangın Anadolu Ticaret Meslek Lisesi	2001

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-Halen	Gazi Üniversitesi	Ağ ve Sistem Yönetimi Uzmanı
2007-2009	Milli Eğitim Bakanlığı	Yazılım Geliştirme Uzmanı
2005-2007	Eskişehir Atatürk EML	Teknik Öğretmen

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayımlar

1. Dörterler, M., Bay, Ö.F., Tasarsız Taşıtlar İçin Gerçek Zamanlı Uygulama Test Ortamı, *Politeknik Dergisi*, Kabul Tarihi:27.05.2013
2. Bay, Ö.F., Dörterler, M., Dener, M., "KOBİ'lerde Satın Alma Yönetimi İçin Bir Yazılım Geliştirilmesi", *e-Journal of New World Sciences Academy*, 3, 267-278(2010)

3. Bay, Ö.F., Dener, M., Dörtlerler, M., “Kobi'lere Yönelik Ürün Kodlama Sistemi ve Yazılımının Geliştirilmesi”, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5, 160-171(2010).

### **Bildiriler**

1. Açıkgöz, M., Ateş, V., Dörtlerler, M., “Üniversite Bilişim Altyapısının Yenilenmesi: Gazi Üniversitesi Örneği”, *XIV. Akademik Bilişim Konferansı, Uşak*, 383-389(2012)
2. Dörtlerler, M., Ateş, V., Açıkgöz, M., “Üniversite Sistem Odası Kurulumu: Gazi Üniversitesi Örneği”, *XIV. Akademik Bilişim Konferansı, Uşak*, 391-397(2012)
3. Dener, M., Dörtlerler, M., Orman, A., “Açık Kaynak Kodlu Veri Madenciliği Programları: WEKA'da Örnek Uygulama”, *XI. Akademik Bilişim Konferansı, Şanlıurfa*, 795-804(2009)
4. Dörtlerler, M., Dener, M., “Açık Kaynak Kodlu Öğretim Yönetim Sistemlerinin Etkileşim Düzeylerinin Karşılaştırılması”, *3. Uluslararası Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Sempozyumu, Trabzon*, 1338-1343(2009)
5. Dener, M., Dörtlerler, M., “İnsan Bilgisayar Etkileşiminde Web Kullanılabilirliği: Bir Uygulama Çalışması”, *3. Uluslararası Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Sempozyumu, Trabzon*, 39-43(2009)
6. Bay, Ö.F., Dener, M., Dörtlerler, M., 2008. KOBİ'lerde Malzeme İhtiyaç Planlaması için Bir Yazılım Geliştirilmesi, *5. KOBİ'ler ve Verimlilik Kongresi, İstanbul*, 389-396 (2008)

### **Projeler**

1. BAP, *Tasarsız Taşıtlar İçin Gerçek Zamanlı Uygulamalara Yönelik Test Ortamının Geliştirilmesi* (07/2010-05) (2011)
2. Leonardo da Vinci Yenilik Transferi Projesi, *Embed4auto* (DE/08/LLP LdV/ToI/147109) (2010)
3. BAP, *KOBİ'ler için Ürün Kodlama Sistemi Yazılımının Geliştirilmesi* (07/2007-08) (2009)
4. Leonardo da Vinci A Tipi Hareketlilik Projesi, *Yazılım Geliştirmede Endüstriyel Uygulamalar* ( TR/04/A/F/PL3-002 ) (2005)

### **İlgi Alanları**

Zeki Taşımacılık Sistemleri, Zeki Optimizasyon Teknikleri, Yazılım Mühendisliği, Gömülü Sistemler