

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**MOBİL SİSTEMLERDE GERÇEK ZAMANLI TRAFİK BİLGİSİ
KULLANARAK ALTERNATİF ARAÇ GÜZERGAHLARININ
BELİRLENMESİ VE UYGULANMASI**

ŞAHİN BAYZAN

KOCAELİ 2013

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

MOBİL SİSTEMLERDE GERÇEK ZAMANLI TRAFİK BİLGİSİ
KULLANARAK ALTERNATİF ARAÇ GÜZERGAHLARININ
BELİRLENMESİ VE UYGULANMASI

ŞAHİN BAYZAN

Doç. Dr. Melih İNAL
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Prof. Dr. Serdar İPLİKÇİ
Jüri Üyesi, Pamukkale Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Nevcihan DURU
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Emine DOĞRU BOLAT
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 12.07.2013

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüz teknolojileri çok hızlı bir şekilde değişmekte ve gelişmektedir. Bu teknolojik değişimler ve gelişmeler akıllı, kullanımı kolay ve pratik teknolojik cihazların ve uygulamaların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Teknolojideki tüm bu gelişmelerin en önemli amacı insanların hayatını kolaylaştırmak, zaman gerektiren birçok işlemin daha kısa süre içerisinde yapılmasını sağlayarak zamandan tasarruf sağlamaktır. Teknolojik gelişmelerin günümüzde en yoğun olduğu alanlardan biri de araç navigasyon sistemleridir. Araç navigasyon sistemlerinin amacı, sürücünün gitmek istediği adres için en uygun güzergâhı belirlemek ve belirlenen bu güzergâhta sürücüye gideceği adrese kadar yol tarifi yapmaktır. Dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin özellikle büyük şehirlerindeki en büyük sorun trafik sorunudur. Bu durum araç navigasyon sistemlerinde, belirli zaman aralıklarıyla güncel tutulan trafik bilgisinin en uygun güzergâhın belirlenmesinde kullanılmasını gerekli kılmıştır. Hem uzaklığı, hem yol durumunu, hem de trafik yoğunluğunu dikkate alan navigasyon sistemleri ile sürücüler, trafiğin yoğun olduğu ya da yolun kapalı olduğu yollardan trafiğin daha az yoğunlukta olduğu ya da açık olduğu alternatif güzergâhlara yönlendirilerek hem zamandan hem de yakıttan tasarruf sağlayacaktır. Sunulan tez çalışmasında, araç navigasyon sistemlerinde sadece başlangıç ve bitiş noktası arasındaki en kısa mesafeyi dikkate alan değil aynı zamanda merkezi bir veritabanından belirli aralıklarla online olarak alınan güncel trafik verisini de dikkate alan, trafik yoğunluğunun az ve yollarının açık olduğu alternatif güzergâh önererek araç sürücülerinin gideceği adrese en kısa sürede ulaşmasını sağlayacak bir araç navigasyon sistemi önerilmektedir.

Doktora tezimin başlangıcından bitimine kadar her aşamasında sorunlarımı dinleyen, çalışmalarına yön vermemde desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Melih İNAL'a teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme jüri üyesi olan Sayın Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM'a, Sayın Doç. Dr. Nevcihan DURU'ya yardım ve destekleri için teşekkür ederim. Tezimin uygulama yazılımının geliştirilmesinde çok büyük destekleri ve yardımları olan başta Başarsoft Genel Müdür Yardımcısı Ahmet DABANLI olmak üzere, Başarsoft çalışanlarından Yazılım Geliştirme Uzmanı Alp COKER'e, Mobil Uygulamalar ve Konumsal Tabanlı Servislerle ilgili Uzman Ahmet Dündar ÜNSAL'a teşekkür ederim. Ayrıca uygulama çalışmamı farklı bir algoritma ile gerçekleştirmemdeki katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Serdar İPLİKÇİ'ye ve tez yazım aşamasında desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. İsmail ERTÜRK'e ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Yıldırım Yalman'a, teşekkür ederim.

İki yaşımda kaybettiğim babamın eksikliğini bana hissettirmeyerek beni bugünlerime getiren annem Gülüzar BAYZAN'a teşekkür ederim. Göstermiş olduğu sabır, anlayış ve verdiği desteği için değerli eşim Saliha BAYZAN'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Temmuz – 2013

Şahin BAYZAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELEr DİZİNİ VE KISALTMALAR	vi
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	4
1.1. Literatür Çalışması	4
1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Başlatılma Sebebi	12
1.3. Çalışmanın Katkıları	13
1.4. Tez Düzeni	14
2. TEMEL KAVRAMLAR.....	16
2.1. Giriş.....	16
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	16
2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bileşenleri	18
2.3.1. Yazılım.....	19
2.3.2. Veriler	19
2.3.3. İnsanlar	20
2.3.4. Yöntemler.....	21
2.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Prensipleri.....	22
2.5. Sayısal Haritalar ve Önemi	23
2.6. Küresel Yer Belirleme Sistemi	27
2.6.1. Diferansiyel yer belirleme sistemi (DGPS).....	28
2.6.2. Navigasyon amaçlı uygulamalarda GPS'in kullanımı	30
2.7. Navigasyon.....	31
2.7.1. Araç navigasyon sistemleri	32
2.7.2. Kişisel navigasyon	35
2.7.3. Navigasyonda konum belirleme sistemleri	35
2.7.4. Navigasyon koordinat sistemleri.....	35
2.8. Trafik Mesaj Kanalı (TMC) ve Çalışması	36
2.8.1. Trafik mesaj kanalı ile gerçek zamanlı trafik bilgisi.....	39
2.9. Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi (TİYM).....	41
2.10. Bölüm Değerlendirmesi	43
3. GÜZERGAH BELİRLEME UYGULAMALARINDA KULLANILAN YOL BULMA ALGORİTMALARI	44
3.1. Greedy Yaklaşımı.....	44
3.2. Dijkstra Algoritması.....	44
3.3. Bellman-Ford Algoritması	46
3.4. Floyd- Warshall Algoritması	48
3.5. A* (A-yıldız) Algoritması.....	49
3.6. D* (D-yıldız) Algoritması.....	51

3.7.	Genetik Algoritmalar	51
3.8.	Karınca Kolonisi Algoritması	54
3.9.	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS).....	56
3.10.	Big-Bang Big Crunch (BB-BC) Yöntemi	57
3.11.	Bölüm Değerlendirmesi	59
4.	GERÇEK ZAMANLI TRAFİK BİLGİLERİNİ KULLANARAK GÜZERGAH BELİRLENMESİNİ SAĞLAYAN YENİ NAVİGASYON SİSTEMİ	61
4.1.	Giriş.....	61
4.2.	Geliştirilen Yöntem.....	62
4.3.	Navigasyon Sistemlerinde Gerçek Zamanlı Trafik Bilgisi Kullanarak Araç Rotalarının Belirlenmesi (NASAROBÉ)	66
4.3.1.	Uygulamanın yönetim bölümü.....	66
4.3.2.	Uygulamanın navigasyon bölümü	69
4.4.	Bölüm Değerlendirmesi	70
5.	GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN BAŞARIM DEĞERLENDİRMESİ.....	72
5.1.	Sistemin Örnek Uygulamaları.....	73
5.2.	Sistemin Başarım Değerlendirmesi.....	76
5.3.	Bölüm Değerlendirilmesi	79
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
6.1.	Öneriler	83
	KAYNAKLAR	85
	EKLER	90
	KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	92
	ÖZGEÇMİŞ	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	CBS verisi	17
Şekil 2.2.	CBS'nin bileşenleri	18
Şekil 2.3.	Vektör ve raster veri modelleri.....	20
Şekil 2.4.	Örnek bir sayısal harita	27
Şekil 2.5.	GPS uydularından bir görünüm.....	28
Şekil 2.6.	DGPS çalışma prensibi.....	29
Şekil 2.7.	Araç navigasyon sistemi.....	33
Şekil 2.8.	TMC'nin navigasyon cihazına gönderilmesi	38
Şekil 2.9.	TMC'nin çalışma biçimi	40
Şekil 2.10.	Dünyada TMC kullanan ve kullanmayı planlayan ülkeler.....	41
Şekil 2.11.	Trafik izleme ve yönetim merkezi	42
Şekil 3.1.	Dijkstra algoritması örneği.....	46
Şekil 3.2.	Belman-Ford algoritmasının kaba kodu	47
Şekil 3.3.	Bellman ve Ford algoritması çalışmasına örnek	47
Şekil 3.4.	6 düğümlü örnek bir graf.....	48
Şekil 3.5.	6 düğümlü grafın Floyd-Warshall algoritmasına göre çözümü	49
Şekil 3.6.	Floyd-Warshall pseudocode (kaba) kodu.....	49
Şekil 3.7.	GA'nın akış diyagramı	53
Şekil 3.8.	ANFIS yapısı.....	57
Şekil 3.9.	BB-BC yaklaşımının akış şeması	59
Şekil 4.1.	Maliyet hesaplama kaba kodu	64
Şekil 4.2.	Geliştirilen uygulanması yazılımının akış şeması.....	65
Şekil 4.3.	Uygulama yazılımının yönetim arayüzü	67
Şekil 4.4.	Uygulama alanı sayısal haritası.....	68
Şekil 4.5.	Uygulama yazılımı navigasyon arayüzü	69
Şekil 4.6.	Seyahat edilen güzergâh.....	70
Şekil 5.1.	Başlangıç-bitiş noktası seçilerek hesaplanan güzergâh (örnek-1).....	73
Şekil 5.2.	Seyahat güzergâhındaki yol kesitinin kapatılması (örnek-1)	74
Şekil 5.3.	Kapatılan yol kesiti sonrası önerilen güzergâh (örnek-1)	74
Şekil 5.4.	Başlangıç-bitiş noktası seçilerek hesaplanan güzergâh (örnek-2).....	75
Şekil 5.5.	Seyahat güzergâhındaki yol kesitinin kapatılması (örnek-2)	75
Şekil 5.6.	Kapatılan yol kesiti sonrası önerilen güzergâh (örnek-2)	76
Şekil 5.7.	BBBC ve Dijkstra algoritmaları maliyet sonuçları	78
Şekil 5.8.	BBBC ve Dijkstra algoritmaları hesaplama zamanları	79

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. SPS için GPS Pseudorange ve konum doğrulukları	30
Tablo 5.1. Veritabanı örnek tablosu	72
Tablo 5.2. BBBC-Dijkstra test sonuçları karşılaştırılması.....	77

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

L	: Yol segmentinin uzunluğu
V	: Yol segmentinin hızı
T	: Yol segmentinin maliyeti/geçiş süresi
V _a	: Segmentin anlık hızı
V _i	: i. Segmentin hızını
ID	: Segmentin numarasını
V _s	: Gerçek zamanlı olarak elde edilen verilere göre segmentin son hızı
V _{ort}	: Yol segmentinin varsayılan ortalama hızını (yolun sınıfına göre)
V _{durum}	: Yol segmentinin trafik bilgisini
V _{canlı}	: Yol segmentinin gerçek zamanlı olarak elde edilen hız bilgisi

Alt indisler

i	: i. Segmenti ifade eder.
a	: Anlık hızı ifade etmekte kullanılır
ort	: Ortalama hızı ifade etmekte kullanılır
durum	: Trafik durum bilgisini ifade etmekte kullanılır
canlı	: Canlı hızı ifade etmekte kullanılır

Kısaltmalar

ACO	: Ant Colony Optimization (Karıncı Koloni Optimizasyonu)
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
ANFIS	: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Adaptif Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi)
ANP	: Analytic Network Process (Analitik Ağ Süreci)
ATIS	: Advanced Traffic Information Systems (Gelişmiş Trafik Bilgi Sistemleri)
BBBC	: Big Bang-Big Crunch (Büyük Patlama-Büyük Sıkışma)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CD	: Compact Disc (Kompakt Disk)
CDU	: Control Display Unit (Kontrol Görüntü Ünitesi)
DGPS	: Diferansiyel Yer Belirleme Sistemi
DVD	: Digital Versatile Disc (Dijital Çok Yönlü Disk)
FCD	: Floating-Car Data (Hareketli Araç verisi)
FM	: Frequency Modulation (Frekans Modülasyonu)
FPGA	: Field Programmable Gate Array (Alanda Programlanabilir Kapı Dizisi)
GA	: Genetic Algorithm (Genetik Algoritma)
GIS	: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemleri)
GPRS	: General Packet Radio Service (Genel Paket Radyo Servisi)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
GSM	: Global System For Mobile Communications (Mobil İletişim için Küresel Sistem)

INS	: Inertial Navigation Systems (Ataletsel Navigasyon Sistemleri)
ITS	: Intelligent Traffic Systems (Akıllı Trafik Sistemleri)
KKS	: Küresel Konumlama Sistemi
PC	: Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
PDA	: Personal Digital Assistant (Kişisel Dijital Yardımcı)
POI	: Point Of Interests (İlgi Noktaları)
RDS	: Radio Data Systems (Radyo Veri Sistemleri)
ROM	: Read Only Memory (Salt Okunur Bellek)
RVS	: Radyo Veri Sistemi
SPP	: Shortest Path Problem (En Kısa Yol Problemi)
SPS	: Standart Konumlama Servisi
TİYM	: Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi
TMC	: Traffic Message Channel (Trafik Mesaj Kanalı)
TMK	: Trafik Mesaj Kanalı
TSC	: Transportation System Center (Ulaşım Sistemi Merkezi)
ViMax	: Worldwide Interoperability for Microwave Access (Mikrodalga Erişimler İçin Dünya Çapında Birlikte Çalışabilirlik)
WI-FI	: Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı)
YSA	: Yapay Sinir Ağları

MOBİL SİSTEMLERDE GERÇEK ZAMANLI TRAFİK BİLGİSİ KULLANARAK ALTERNATİF ARAÇ GÜZERGAHLARININ BELİRLENMESİ VE UYGULANMASI

ÖZET

Bu doktora tez çalışmasının amacı mobil sistemlerde gerçek zamanlı trafik bilgisi kullanarak alternatif araç güzergahlarının hesaplanması için yeni bir yaklaşım geliştirmek ve bu yaklaşımı coğrafi bir alanda uygulamaktır.

Hemen her alanda teknolojik gelişmelerin çok hızlı yaşandığı, her geçen gün insanların hayatını kolaylaştıracak yeni buluşların, çözümlerin ve yaklaşımların olduğu bir yüzyıl yaşanmaktadır. İnsanoğlu karşılaştığı her problemin çözümü için her zaman pratik yöntemler arayışında olmuştur. Tüm bu buluşlar, çözümler ve yaklaşımlar farklı yönleriyle insanların karşılaştığı problemlere pratik çözümler sunmakta, ihtiyaçlarını gidererek hayatlarını kolaylaştırmakta, hızla akıp giden zamanı daha verimli kullanmalarını sağlamaktadır. Normalde çok uzun zaman alan işler, teknolojik gelişmelerin geldiği noktada getirdiği pratik çözümlerle çok kısa sürede bitirilebilmektedir. Günümüz dünyasında özellikle büyük şehirlerde insanların en çok şikâyetçi olduğu problemlerin başında trafik yoğunluğu gelmektedir. Bu durum, özellikle aracı olan ve bu trafiğe karışan her sürücü için çözülmesi gereken en önemli problemdir. Hiçbir sürücü, trafik yoğunluğu ve karmaşıklığının yaşandığı bir yolda zamanının boş yere geçmesini istemez. Bu açıdan, sürücülerini trafik yoğunluk ve karmaşasından kurtaracak alternatif çözümlerin geliştirilmesi çok büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında, mobil sistemlerde gerçek zamanlı trafik bilgisi kullanarak alternatif araç güzergahlarının belirlenmesi amacıyla uygulama yazılımı geliştirilmiş ve coğrafi alan testleri yapılmıştır. Uygulama yazılımı C# platformunda geliştirilmiş olup, alternatif güzergah tespiti için Dijkstra algoritması kullanılmıştır. Klasik mobil navigasyon sistemlerinden farklı olarak, iki nokta arasındaki en uygun güzergahın sadece uzaklık bilgisi dikkate alınarak değil, çevrimiçi olarak sağlanan gerçek zamanlı trafik yoğunluğu bilgisinin de kullanılmasıyla belirlendiği uygulamalı bir çözüm sunulmaktadır. Bu sayede, tez çalışması kapsamında oluşturulması öngörülen Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi (TİYM) tarafından sürücülere gerçek zamanlı olarak gönderilen trafik bilgileri ile önceden belirlenmiş olan güzergahın, oluşan yeni yol koşullarına bağlı olarak yeniden belirlenmesi sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Gerçek Zamanlı Trafik Bilgisi, Mobil Navigasyon Sistemleri, Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi, Trafik Planlama

DETERMINING ALTERNATIVE VEHICLE ROUTES IN MOBILE SYSTEMS BY USING REAL TIME TRAFFIC INFORMATION AND ITS APPLICATION

ABSTRACT

The purpose of this Ph.D. thesis is to develop a new approach using real-time traffic information in mobile system for determining alternative vehicle route and to apply this approach in a geographical area.

In the industrialized world, basic navigation devices and services are becoming increasingly wide-spread. 'Real-time Traffic Information' provided for drivers and passengers in traffic will enable both drivers and passengers to learn approximately how long it will take for them to reach their destinations. Therefore, the drivers can assess to real time information on when they should depart and which roads they should use, and they can identify the most suitable route for them with the help of this information. Furthermore, instant road information they will receive in certain intervals will enable the driver to make changes in the identified route.

In this thesis study, an application software has been developed for mobile systems by using real-time traffic information in order to determine alternative vehicle routes. Its usage in a geographical area has also been tested. The application software has been developed in C# platform and Dijkstra's algorithm has been used to determine the alternative routes. Unlike traditional mobile navigation systems, the most suitable route between the two points is calculated by using not only distance information but also online real-time traffic density information. In this work, the Traffic Monitoring and Management Centre (TMMC) is envisaged. The real-time traffic information has been sent to drivers at given time intervals by the TMMC. In this way, depending on the road conditions, the new alternative route is estimated and suggested to the drivers.

Keywords: Geographic Information Systems, Real-Time Traffic Information, Mobile Navigation Systems, Traffic Monitoring and Management Centre, Traffic Planning

GİRİŞ

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler, konum belirleme sistemlerindeki hassasiyeti artırmış, bu alanda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu ilerlemeler özellikle haritacılığı olumlu yönde etkilemiş ve sayısal haritaların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Sayısal harita, bilgisayar ortamında klasik dosya ve veritabanı dosyası şeklinde tutulan haritadır. Sayısal harita, bilgisayar ortamında tutulan sayısal harita verisi ve bu verinin görselleştirilmesi bileşenlerinden oluşmaktadır. Sayısal harita verileri ancak görselleştirmeden sonra anlaşılır hale gelmektedirler. Günümüzde görselleştirilmiş sayısal harita tabanlı uygulama sayısı oldukça artmıştır. Sayısal haritaların oluşturulmasında, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) özel bir uygulaması olarak nitelenebilecek olan Global Positioning System (GPS) olarak adlandırılan Küresel Konumlama Sistemi (KKS) çok önemli yer tutmaktadır.

Günümüzde görsellikleri artırılmış, kullanışlı sayısal haritaların kullanıldığı KKS destekli araç navigasyon sistemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmış, yeni üretilen birçok araç modeli için vazgeçilmez ve talep edilen bir donanım haline gelmeye başlamıştır. Araç navigasyon sistemlerine yönelik artan bu talepler, navigasyon çözümü üreten firmaların sayısını da artırmış, seyahat sırasında sürücünün dikkatini dağıtmadan kolay kullanabilen, sesle kumanda edilebilen, kablosuz iletişim araçlarıyla çalışan, sürücüyü sesle ve görsel olarak yönlendiren navigasyon sistemlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Araç navigasyon sistemlerinin temel amacı sürücülerin en uygun güzergâhı seçebilme seçeneği sunarak yolculukları sırasında güvenli ve rahat bir ulaşım sağlamaktır. Bu sistemler konum belirlemek için genellikle KKS ve İnertiyel Navigasyon Sistemlerinden (INS) birini ya da her ikisini birlikte kullanırlar. INS ve KKS sistemlerinin birlikte kullanılmasının nedeni, herhangi bir sebeple KKS sinyallerinde bir problem yaşanması durumunda konum belirleme işlemini kesintisiz devam ettirilebilmektedir. Araç navigasyon sistemleri CD, DVD-ROM sürücülerini ya da farklı depolama birimlerini kullanarak kayıtlı olan harita veri tabanlarını

kullanırlar ve ekranda gerçek zamanlı konum bilgisini gösterirler. Sürücü gitmek istediği adresi cihaz ekranında işaretleyerek ya da adres veri tabanından girerek sisteme bildirir. Sistem seçilen adres için güzergâh hesaplamasını yaparak sürücüyü sesli ve görüntülü olarak yönlendirmek suretiyle; dinamik rota yönetimi sayesinde belirlediği hedef noktaya ulaşmasını sağlar.

En uygun yol kıstaslarının farklılık gösterebileceği 1989 yılında bazı Avrupa ülkelerinde yapılan bir anket ile kanıtlanmıştır. Sürücülere en kısa zaman, en kısa yol ya da her ikisi diye seçeneklerin bulunduğu bir anket verilmiş ve kendileri için en önemli olanın seçilmesi istenmiştir. Londra ve Paris'te ankete katılanların % 57'si en kısa zaman seçeneğini seçerken, Münih'teki katılımcıların % 72'si en kısa yol seçeneğini tercih etmişlerdir [1].

Bilgi teknolojileri, elektronik ve haberleşme alanındaki gelişmeler en uygun yolun bulunması için farklı teknolojileri kullanarak çözümler üretebilmeyi sağlamıştır. GPRS (General Packet Radio Service) teknolojisi bunlardan bir olup, mevcut cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlamalı olarak veri iletimi sağlayan ve özellikle araç takibi gibi uygulamalarda tercih edilen bir teknolojidir. Dünya'da araç takip sistemlerinde genelde haberleşme teknolojisi olarak haberleşme hızının yüksek olması ve kapsama alanlarının çok geniş olması sebebiyle genellikle mobil telefon iletişim protokolü olarak da bilinen GSM (Global System for Mobile Communications) ya da GPRS teknolojisi kullanılmaktadır. Mobil telefonların kullanımının artması, bu telefonlarda üçüncü nesil kablosuz telefon (3G) teknolojisinin kullanılmasıyla internete bağlanılarak veriye erişimin sağlanabilmesi bu teknolojileri daha da önemli hale getirmiştir.

Hiç şüphesiz, günümüz ulaşım problemlerinin en büyüğü ve en önemlisi şehir içi araç trafiğinin sıklığı hatta yer yer tıkanıklığıdır. Gün geçtikçe hızlı bir şekilde artan ve bu trafiğe dahil olan çok sayıda araç mevcut durumu daha da karmaşık hale getirmekte, problemin çözümü de zorlaştırmaktadır. Her ne kadar trafik problemlerini çözmek için köprüler, köprülü kavşaklar ve tüneller yapılsa da, bu önlemler sadece kısıtlı bir çözüm olarak kalmaktadır.

Problemin bir diğer çözümü, şehir içi trafiğini bu sıklıktan kurtarmak için araçları belirli zaman aralıklarında alınan veriler doğrultusunda alternatif rotalara

yönlendirilmesidir. Bir şehir içi trafik ağında, bir noktadan diğerine gitmek için takip edilmesi gereken rotalar belirlidir. İki nokta arasında takip edilecek en uygun rotanın tespiti sürücüler açısından son derece önemlidir. Başlangıcı ve bitişi belli olan bu iki nokta arasında sürücü; bitiş noktasına uzaklığı en kısa olan rotayı, bitiş noktasına en kısa zamanda gidilebilecek rotayı veya her ikisinin de dikkate alındığı rotayı tercih edebilmektedir.

Özellikle büyük şehirlerde bir noktadan diğerine giderken trafiğin dikkate alınarak rota planlaması yapılması, zaman kaybını ortadan kaldırmak ve yakıttan tasarruf etmek için çok önemlidir. Trafik yoğunluğunu, yolun açık veya kapalılığını dikkate alarak sürücülere alternatif rota öneren araç navigasyon sistemleri sürücülere bu çözümü sunabilmektedir.

Dünyanın bazı ülkelerinde Traffic Message Channel (TMC) teknolojisini kullanarak trafiği dikkate alan araç navigasyon çözümleri olsa da, Türkiye için bu tür çözümlerin üretilmeye başlanması daha çok yenidir. Bu tür çözümler ve bu tez kapsamında sunulan çözüm, büyükşehirlerin trafik sorununa çözüm oluşturacağı gibi daha az yakıt tüketimiyle birlikte hava kirliliğinin azalmasına da katkı sağlayacaktır. Günümüze bu alanda birçok çalışma, araştırma ve çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu tez çalışmasının öneminin daha iyi anlaşılabilmesi için geçmişte yapılan çalışmalar, araştırmalar ve üretilmeye çalışılan çözümler aşağıdaki alt bölümde kısaca özetlenmektedir.

1. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde, tez çalışmasıyla ilgili genel bir literatür çalışması, tez çalışmasının hangi amaçla başlatıldığı ve bu çalışmanın amacı, bu tez çalışmasının ne tür katkıları olduğu ve genel tez düzeni hakkında bilgi verilecektir.

1.1. Literatür Çalışması

Teknoloji geliştikçe coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı da aynı oranda artmıştır. En kısa yolların hesaplanması, sürücülere en uygun güzergâhların önerilmesi ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanan navigasyon cihazları sayesinde gidilecek adreslerin kolayca bulunması bu konuyu daha önemli ve tercih edilir hale getirmiştir. Son yıllarda navigasyon cihazlarında yollardaki anlık trafik bilgileri başta olmak üzere birçok bilgi de kullanılmaya başlanmıştır.

Literatürde araç güzergâhlarının belirlenmesi ve ilgili konularda yapılan çalışmaların bazıları aşağıda verilmektedir:

Yapay sinir ağları ile GPS destekli navigasyon sistemi adlı doktora tez çalışmasında [2], geleneksel navigasyon ve sensör entegrasyon algoritması olan kalman filtresine alternatif bir yöntem olarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ile sensör entegrasyonu ve navigasyon yöntemi geliştirilmiştir. YSA-NARX ile gerçekleştirilen GPS destekli sensör entegrasyonu sayesinde navigasyon sistemi, kabul edilebilir hata seviyelerinde kesintisiz konum bilgisi üretebilmekte ve başarıyla konum kestirebilmektedir.

Büyük kentlerde acil durumlarda itfaiye araçları için network analiz teknikleri kullanılarak en uygun güzergâh belirlenmesi adlı çalışmada [3], yoğun trafik, yol kazı çalışmaları, trafik akış yönlerinin değişimi kalabalık nüfuslu şehirlerde acil durumlarda acil durum noktasına ulaşmanın zor olabileceği bu tür durumlarda, coğrafi bilgi sistemleri verileri yardımıyla en uygun güzergâhın belirlenmesi amacıyla network analiz teknikleri kullanılarak bir çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, sistemin doğru çalışması için yolun kapalılık

durumu veya trafik akış yönlerinin değişmesi gibi durumlarda, güzergâh bilgilerinin, web üzerinden erişime yetkili kişilerce güzergâh bilgilerini içeren veri tabanında güncelleme yapılmasının acil durum noktasına ulaşmadaki olumsuzlukları ortadan kaldıracığı ve karmaşıklığı gidereceği öngörülmüştür

Trafik sorunun çözmek amacıyla önerilen akıllı trafik sistemi konulu bir çalışmada [4], bilgi analiz ve karar destek sistemlerinin akıllı ulaşım sistemi açısından çok önemli olduğuna vurgu yapılmış, bilgi analiz ve karar destek sistemlerinin eksiklikleri nedeniyle grid bilgi işleme ve veri madenciliğine dayalı yeni bir analiz sistemi önerilmiştir. Bu sistemde; elde edilen veriler içerisinden yararlı bilgileri tanımlamak kolay olmaktadır. Ayrıca bu sistemin yararlı bilgilere dayanarak tavsiyelerde bulunuyor olması bu sistemi grid hesaplama ve veri madenciliği teknolojilerini kullanması sebebiyle bilgi analizi ve karar desteğini zeki yapacağı savunulmuştur. Oldukça fazla trafik verileri kullanılarak yapılan analizler sonucunda; önerilen akıllı ulaşım sisteminin vereceği kararın dinamik trafik yönetimi için mantıklı olduğu ve bu sistemin trafik sinyal kontrolü, trafik yönlendirmesi, komut yönetimi, olay tespiti ve trafik bilgi servisi açısından performansı artırabileceği sonucuna varılmıştır.

Trafik akış ve modelleme benzetimlerinin günümüzde trafik bilgisi üretmek için gelecek vaat eden çalışmalar olduğu belirtilen bir çalışmada [5], mikroskobik benzetim modellerinin verimliliği gerçek zamanlı trafik ağının akışını yeniden düzenlenmesine yüksek oranda katkı sunduğu ifade edilmektedir. Trafik akış ağının yeniden düzenlenmesinde verim alınabilmesi araç hareket detaylarının her trafik bölgesi için çok dikkatli tanımlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Bunların dikkate alındığı ve Duisburg şehir karayolu ağı için; otoyollar ve karmaşık yol ağları için kolayca genişletilebilen kent trafiğini kolaylaştırabilecek, gerçek zamanlı geniş yol ağlarının benzetimine izin veren bir benzetim modeli geliştirilmiştir. Trafik ışık yönetiminin yol ağına dahil edildiği bu benzetim modeli yakın bölgelerden gelen bilgilerin doğruluğunu garanti etmektedir. Kısa vadede trafik ağındaki olayların değerlendirilmesi, yol ağındaki alternatif rotaların dikkate alınması için yeterli olmaktadır.

Akıllı trafik sistemleri için ajan tabanlı mimariler sunan diğer bir çalışmada [6], Barcelona çevresindeki kentsel otoyol ağındaki, gerçek zamanlı trafik yönetimi için karar vermeyi gerçekleştiren iki çok ajanlı bir sistem önerilmiştir. Her iki sistem, yerel trafik sorunlarıyla başa çıkmak için benzer bilgilere dayalı akıl yürütme tekniklerini kullanmaktadır. Bu çoklu ajan tabanlı mimarinin akıllı trafik sistemleri, eksikleri ve potansiyellerinin belli bir etki alanı için genel uygulanabilirlik açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda yapay zeka tekniklerinin kullanımının trafik yönetim sistemleri geliştirmek için konvansiyonel sistemlere açık bir katma değer sağladıkları görülmüştür.

Kullanıcıya en uygun güzergahları sağlamak için iki basamaklık bir prosedür önerilen bir çalışmada [7], trafik sıkışıklığını azaltmak ve mevcut altyapıyı etkin kullanmak için geliştirilmiş sürücü bilgi sistemleri (ATIS) bir çözüm olarak sunulmuştur. Bu çalışmada, gerçek seyahat sürelerini ve trafik yükünü hesaplamak için kullanılan online simülasyonların gerçek trafik bilgileri ile desteklenmesi önerilmekte, işlenen verilerin kullanıcının bireysel tercihleri ile uyumlu bir yol planı olarak sunulması gerektiği vurgulanmaktadır. Çok kriterli bu optimizasyon problemini çözmek için dinamik güzergah problemine fuzzy set teorisi uygulanması önerilmiştir. Çok kriterli bu optimizasyon probleminin, Bellman ve Zadeh tarafından önerilen simetrik karar modeli kullanılarak çözülebilir olduğu ifade edilmiştir. Fuzzy güzergâh modeli ile lineer maliyet fonksiyonlu modeli iki farklı durum için karşılaştırılmıştır. Bu çok kriterli optimizasyon problemini çözmek için dinamik güzergah belirleme sorununa bulanık küme teorisi uygulanmıştır. Gelecekte, bu sistem ile kullanıcılara İnternet üzerinden trafiğin durumuna göre en uygun seyahat güzergâhı belirleme imkanı sağlayacağı ifade edilmiştir.

Taksiler takılan vericiler vasıtasıyla trafik yoğunluğunu ölçmeyi amaçlayan çalışmada [8], Hareketli araç bilgisi (FCD) kullanan gerçek zamanlı trafik bilgi sistemlerinin yapısı ve uygulamaları anlatılmaktadır. Önerilen sistem; Berlin, Nürnberg ve Viyana'daki taksi şirketlerine ait yüzlerce araca takılan GPS vericiler ile araçların dakikada bir merkeze gönderdikleri konum bilgisinden hareketle söz konusu kentlerdeki yolun trafik bilgisi maliyetsiz olarak öğrenilmeye çalışılmaktadır. Geleneksel sistemlerin aksine geliştirilen bu yöntemle gerçekçi seyahat süreleri ve en uygun güzergâh hesaplamaları yapılabilmektedir. Uygulanan bu yöntemle, hem

taksilerin konumu belirlenebilmekte hem de kentsel bölgelerde trafik akış hızı ile ortalama seyahat süreleri kolayca değerlendirilebilmektedir. FCD yaklaşımı ile özel ve ticari yol kullanıcılarına gerçek zamanlı seyahat süresini ve en uygun güzergahı hesaplama olanağı sunulmaktadır. Mayıs 2001'den itibaren bu geliştirilmiş gerçek zamanlı trafik bilgi sistemi Berlin bölgesinde kullanılmaktadır.

3 Boyutlu Bir Mobil haritalama ve Navigasyon Sistemi: Otomatik 3 Boyutlu Topolojik Veri Çıkartma, Ağ Analizi, Simülasyon ve İnteraktif İnsan Navigasyonu çalışmada [9], üç bileşenden oluşan 3 boyutlu mobil haritalama ve interaktif insan navigasyon sistemi hakkında bilgi sunulmaktadır. İlk bileşende, mimari raster yerleşim planı görüntülerinden otomatik olarak 3 boyutlu topolojik vektör verileri çıkartmak için kullanılmaktadır. İkinci bileşen ise ağ analizi ve simülasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır. Önerilen bu model, 3 boyutlu olan binalarda en uygun yol üretmekte, sunmakta ve 3 boyutlu görüntüleme ve simülasyon sağlamaktadır. Çalışmanın üçüncü ve son bileşeni de esas anlatımı oluşturmak için kullanılmakta ve ayrıca internet aracılığı ile PDA, dizüstü bilgisayar gibi mobil aletlere bilgi sağlamaktadır. Bu eksiksiz sistem web teknolojilerine dayanarak GPRS ve WIFI internet bağlantısı kullanan karmaşık bina modelleri üzerinde üretilmiş ve test edilmiştir.

Şehir kamu taşıma ağında gerçek zamanlı trafik bilgilerine dayanan en kısa dinamik bir yol algoritması çalışmasında [10], birinci amaç olarak en kısa seyahat süresini ve ikinci amaç olarak en az transfer süresini kullanan taşıma ağındaki en iyi yolu belirlemek için geliştirilmiş yeni bir dinamik algoritma önerilmektedir. Gerçek zamanlı trafik bilgilerinin yollara düzgün biçimde aktarılmasının etkileri, yolcu aktarma süreleri ve kamu taşımacılık hattı fiyatlarının seyahat süresine göre değiştirilmesi de bu yeni dinamik algoritmada dikkate alınmaktadır. Ayrıca Yeni algoritmanın verimini göstermek için basit bir sayısal örnek de verilmektedir.

Türkiye ve Almanya arasında ulaşım – ulaşım şekli seçimi yaklaşımına dayanan bir bulanık analitik ağ işlemi: Bir vaka incelemesi çalışmasında [11], bir Türk lojistik hizmet tedarik firmasının sunduğu farklı yük taşımacılığı şekillerini inceleyen bir vaka incelemesi sunulmaktadır. Alternatif ulaşım şekillerini değerlendirmek için bir dizi çelişkili niteliksel ve niceliksel kriter bulunmakta, niteliksel kriterler genellikle

belirsizlik ve muğlaklık taşımaktadır. Bu belirsizlik ve muğlaklık sorunu ile baş edebilmek için bulanık analitik ağ işleme yöntemi (ANP) kullanılmaktadır. En uygun ulaşım şeklini belirlemek için birbiri ile etkileşim içinde olan çok sayıdaki detaylı kriterler ölçülüp sentez edilmektedir. Bu değerlendirme lojistik sektörünün ve daha doğru ve karşılıklı kabul edilebilir bir çözüm sunmak amacıyla olan hizmet şirketinin farklı yönetim seviyeleri ile işlev alanlarından oluşan bir grup karar mercii tarafından yapılmıştır.

Yüksek güvenilirliğe sahip bulanık bir en kısa yol çalışmasında [12], uzunlukları (maliyetleri) deterministik sayılardan değil de kesin olmayan sayılardan oluşan bir ağ üzerindeki en kısa yol sorununa odaklanılmıştır. Çalışmada en kısa yol probleminin maliyeti, en kısa yolun toplam maliyetinin üyelik fonksiyonunun gittikçe düşen doğrusal üyelik fonksiyonlu bulanık bir aralık iken, en kısa yol probleminin maliyeti gittikçe yükselen üyelik fonksiyonlu bulanık aralıklar şeklinde belirlenmiştir. Önerilen maksimum ve minimum kriterler ile bulanık en kısa yol problemi, karışık bir doğrusal tamsayı olmayan programlama problemi gibi ele alınmıştır. Kolay çözülebilir iki seviyeli programlama problemine indirgenebildiği gösterilmiş, iki seviyeli programlama problemini çözmek için parametrik en kısa yol problemine dayanan algoritma sunulmuştur.

Araçlar için Rasyonel Güzergahların GIS-Tabanlı Modellemesi çalışmasında [13], güzergahın en uygun parametrelerinin seçildiği rasyonel güzergah araştırma yöntemleri sunulmaktadır. Hesaplama en kısa seyahat güzergâhı, en hızlı seyahat güzergâhı ve alternatif güzergah önerilmesi şeklinde olmaktadır. Analiz edilen etmenlere dayanarak, ulaşım akış modellemesi için GIS araçları toplanmakta ve gün içerisindeki saate bağlı olarak yol trafik yoğunluğu değerlendirilmesi ile sonuçlanan güzergah araştırma algoritması tasarlanmıştır. Tasarlanan bu yöntem, Vilnius şehrinin bir ulaşım alanında gerçekten uyarlanabilir bir örneğe dayanmaktadır.

Bir ulaşım yol ağı üzerinde cadde ve sokak kesitlerinin uzunluğu, bu kesitlerin geçilmesindeki geçen sürenin maliyet olarak ele alınarak yapılan bir ağ üzerindeki belirli bulanık en kısa yol problemi için yeni bir algoritma çalışmasında [14], Bulanık en kısa uzunluğu bulmak için belirli bulanık en kısa uzunluk yöntemi önerilmektedir. En kısa yolu bulmak için bulanık benzerlik ölçümü kullanılmaktadır.

Gerçek zamanlı trafik bilgisi ile uyarlanabilir güzergah kılavuzu sistemi çalışmasında [15], tüm gün içinde gerçek zamanlı trafik bilgileri ile araç güzergahını uyarlamalı olarak yapabilen sistematik bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu yaklaşımda, analitik hiyerarşi sürecine (AHP) ve bulanık mantık teorisine dayanan en iyi güzergahı belirlemek için güzergah planlama prosedürlerine üzerinde durulmuştur. Bu yaklaşım uyarlamalı olarak bütün O-D (Kaynak – Varış Noktası) çiftleri için en iyi güzergahı belirlemek amacı ile gerçek zamanlı trafik bilgilerine dayanarak önceden güzergah belirleme şeklinden gerçek zamanlı güzergah belirleme şekline geçiş yapabilmektedir. Bu yaklaşım, karar stratejisi belirlemeyi oldukça basitleştirebilen ve açıkça çoklu kriterler sunabilen çok kriterli bir kombinasyon sistemi sunmaktadır.

Kusursuz INS/GPS entegre kara taşıtı navigasyon uygulamaları için akıllı bir navigatör çalışmasında [16], Kalman filtresi (KF) birçok kara araç navigasyon ve konumlandırma uygulamaları için global konumlandırma sistemi (GPS) ve hareketsiz navigasyon sistemlerinin (INS) esas entegrasyon programı olarak uygulanmaktadır. Bu çalışmada gelecek nesil kara araç navigasyonu ve konumlandırma uygulamaları için akıllı navigator olan alternatif bir INS/GPS entegrasyon projesi geliştirmek için yapay sinir ağlarını birleştirme düşüncesi incelenmektedir.

Aynı başlangıç ve varış noktalarına rağmen sürücülerin farklı sebeplere ve bu sebeplerin önem derecesine bağlı olarak güzergah tercihinde buldukları için genellikle aynı yoldan gitmedikleri ifade edilen çalışmada [17], güzergah kılavuz sistemlerinin farklı sürücüler için, yolları sürücülere daha iyi anlatan güzergahlar seçim kılavuzları için sürücülerin gösterdiği güzergah seçimindeki davranışlarını dikkate alan bir model yaklaşımında bulunulmuştur. Bulanık nöral kılavuz sistemi adındaki bu yaklaşımını uyarlanabilir kılabilmek için sürücülerin geçmiş sürüş kayıtlarından elde edilen anlaşılması güç tutumları ile karar mantıklarından yararlanılmıştır. Sistemin kullanıcı müdahalesi olmaksızın kendisini ayarlayabilmesi için ANFIS kullanılmıştır. Bu yaklaşımla, farklı tercihlere dayanarak farklı en iyi güzergahları otomatik olarak sunan, sürücülere uyarlanabilen bir sürüş güzergahı kılavuz sistemi sunulmaktadır.

Gerçek zamanlı trafik bilgileri ile bir rota yönlendirme sisteminin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi adlı çalışmada [18], mevcut ulaşım hizmetlerini daha iyi kullanmak, gelecekte daha gelişmiş hizmetleri sunmak için bir platform oluşturmak, bunun için de ViMax/Wi-Fi, yeni 3G iletişim kapasitesini kullanarak gecikme ve kazalardan elde edilen gerçek zamanlı trafik bilgilerini birleştiren bir navigasyon sisteminin geliştirilmesini içeren gerçek zamanlı trafik bilgisini kullanan araç navigasyonu önerilmiştir. Taşınabilir bilgisayar ve mobil cihazlar kullanılarak bu çalışma test edilmiş ve elde edilen sonuçlar trafik bilgilerinin araç içi navigasyon sistemleri ile birleştirilmesinin olanaklı olduğunu göstermiştir.

Araç navigasyon sistemleri içinde gerçek zamanlı trafik bilgileri geliştirilmesi adlı çalışmada [19], sürücülerin yoğun trafikte gerek havadan gerekse de araca yerleştirilen iletişim hattı ile gerçek zamanlı trafik bilgisi almak için kullanılan trafik bilgilerinin araç navigasyon sistemleri ile birleştirilmesinin fayda ve önemini açıklanmaktadır. Kaliteli bir trafik hizmeti sunmanın önemli bir parçası olan trafik altyapısının, veri toplamanın ve sürücü beklentilerini karşılamının önemine atıfta bulunulmuştur.

Sezgisel bulanık çevre altındaki bir ağ üzerinde en kısa yol probleminin Dijkstra algoritması kullanılarak çözüldüğü ve en kısa yol problemi (SPP) diye bilinen, problem koşulları değişken ve belirsiz olan bir ortamda ele alınan bir çalışmada [20], trafikteki maliyet parametreleri, bir dereceye kadar kabul etmeyi ve bir dereceye kadar da reddetmeyi içeren bulanık sayıların daha genelleştirilmiş bir hali olan sezgisel bulanık sayılar olarak ele alınmıştır. En kısa yol problemini çözmede, minimum yol maliyeti ya da en kısa yol ile ilgili çözülebilirlik, sağlamlık ve düşük maliyet elde etmek için hatalı ölçüm, belirsizlik ve kısmen doğruluk toleransını kullanmayı amaçlayan sezgisel bir metodoloji geliştirilmiştir. Sezgisel bulanık hibrit geometrik operatörü kullanan modifiye edilmiş sezgisel bulanık Dijkstra Algoritması önerilmiştir.

Bulanık mantık tabanlı bir harita eşleştirmesi açıklandığı bir çalışmada [21], Global Konumlandırma Sistemi (GPS) tabanlı araç navigasyon sistemleri kullanıcıların yerel ihtiyaçlarını karşılamak ve verimli bir trafik yönetimi sağlamak için önemine vurgu yapılmıştır. Bir yol ağı haritası üzerinde GPS'den (ve/veya diğer sensörlerden) elde

edilen konumu harita eşleştirmede kullanmanın araç navigasyonun sistemleri için önemine işaret edilmiştir.

Bir başlangıç ve bitiş noktası arasında trafik bilgisine dayalı sürüş tavsiyesi sunan güzergah kılavuz sisteminin, teknolojik cihazlar ve global pozisyon sisteminin gelişmesi ile birlikte oldukça popüler olduğunun ifade edildiği bir çalışmada [22], Güzergahın doğruluğu ve etkinliği, trafik koşullarının doğruluğuna bağlı olduğu için önerilen güzergahın hesaplanmasında gerçek zamanlı trafik akışı ve izin verilebilir araç hızı gibi daha fazla değişkeni içermesi gerektiği vurgulanmaktadır. Değişkenin artması hesaplama da daha zorlaşmaktadır. Böyle bir durumda, trafik koşulları ve değişken araç hızı ile en kısa sürüş süresini hesaplamada, hesaplama maliyetini azaltmak amacıyla geleneksel algoritma yerine genetik algoritma önerilmektedir.

Gerçek zamanlı trafik bilgisinin dinamik araç navigasyon sistemlerinin en önemli özelliği olduğu belirtilen bir çalışmada [23], Navigasyon sistemlerinin performans ve doğruluğunun artırılması için bu tür verilerin işlendiği algoritma tasarımı ve modellenmesi üzerinde durulmuş, sistem performansını etkileyen veri organizasyonunun performansı artıracak şekilde düzenlenmesine çalışılmıştır. Bunun için de trafik veri yapısı analizi, trafik veri tabanı mimarisi koşulları düzenlenerek uygun bir güzergah sunabilecek şekle getirilmeye çalışılmıştır.

Güney Avustralya'nın Adelaide şehrindeki ana arter üzerindeki iki paralel güzergâhın sıklık seviyelerinin belirlenmesi için yapılan çalışmada [24], Ulaşım Sistem Merkezi (TSC) bünyesindeki GPS vericiler takılı deneme araçlarından yol trafik bilgisi toplamayı sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem sonrasında aracın motor yönetim sistemi ile birleştirilerek ikincil planda GPS konumunun zamansal değişimi, hız, gidilen mesafe, hızlanma, yakıt tüketimi, motor performansı ve hava kirliliği emisyonlarının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu yolla elde edilen veriler kaydedilmek suretiyle seyahat sürelerinin ve gecikmelerin hesaplanması, trafik sıklık seviyeleri, enerji ve emisyon gibi durumları ölçmek için kullanılmaktadır. Elde edilen veriler sayesinde trafik sıklığının yapısı ile ilgili bir değerlendirme yapılmış, söz konusu değerlendirme de trafik sıklığının genel bir tanımı ile sıklığın birkaç parametrik ölçümü ile ilgili bilgiler verilmiş ve geliştirilen sistem sayesinde toplanan bilgilere dayalı hesaplamalar yapılmıştır.

1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Başlatılma Sebebi

Literatür araştırmasında da görüldüğü üzere geçmişte yapılan çalışmaların, çalışmaların yapıldığı zamandaki ihtiyaçlara kısıtlı çözümler üretse de tam anlamıyla cevap veremediği gözlemlenmektedir. Ayrıca trafiğin dikkate alındığı çalışmaların daha çok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin büyük şehirlerinde ve bu şehirlerin de özellikle anayolları üzerindeki trafik yoğunluğunu dikkate alan çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasına başlandığı yıllarda Türkiye’de bu tür çözümler öneren çalışmalar ya yoktu ya da altyapısı yeni yeni yapılmaya başlanmıştır. Özellikle son 1-2 yıl içerisinde bu yönde yapılmaya başlanan alan uygulamalı çalışmalar, böyle bir çalışmaya başlamakta ve bu alanda uygulanabilir çözüm önerisi sunmakta ne kadar isabetli bir karar verdiğimizizi göstermektedir. Ayrıca gerek dünyada gerekse Türkiye’de bu alanda yapılmış uygulama tabanlı bir doktora çalışması da bulunmamaktadır. Bu çalışmanın başta büyük şehirler olmak üzere diğer tüm şehirlerde uygulanabilir olması, bu şehirlerdeki trafik problemine çözüm getiriyor olması, geliştirilen uygulamanın mobil platformlarda kullanılabilir olması açısından önemlidir ve gereklidir.

Şüphesiz günümüz ulaşım problemlerinin en büyüğü ve en önemlisi şehir içi araç trafiğinin sıkışıklığı ve yer yer tıkanıklığıdır. Trafikte bulunan araçlara çok sayıda yeni aracın dahil olması bu karmaşıklığı daha da artırarak bireylerin günlük yaşamını zorlaştırmaktadır. Bu tez çalışması, gerçek hayatta var olan ve çözümü karmaşık olan trafik problemine çözüm getirecek olması, sürücüleri trafiği yoğun olan güzergâhlardan kurtaracak alternatif güzergâhlar sunarak zamandan kazanmalarını sağlayacak olması düşünülecek yapılması planlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Özellikle Türkiye’nin büyük şehirlerindeki yoğun trafik karmaşası dikkate alınarak güzergâh planlanmasının yapıldığı mobil ya da navigasyon cihazlarıyla uyumlu çalışacak bir uygulamanın geliştirilmesi amaçlanmakla birlikte özetle, bu tez çalışmasının üç adet ana hedefi bulunmaktadır;

- Gerçek zamanlı güncel trafik bilgilerinin alındığı ve saklandığı merkezi bir trafik yönetim merkezinin kurularak, trafikle ilgili birimlere ve sürücülere trafiği dikkate alan navigasyon tabanlı bir çözüm önerisi sunmak,

- Sunulan bu çözüm önerisinin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bir kısmı gerçek, bir kısmı manuel olarak belirlenen trafik verileri kullanarak gerçek zamanlı trafik yoğunluğunu dikkate alan ve sürücülere alternatif güzergâhlara yönlendirecek navigasyon uygulaması geliştirmek ve uygulama yazılımı ile bunu gerçekleştirmek ve
- Her bireyin istediği zaman faydalanabileceği, Türkiye'deki bütün şehirlerin trafik yoğunluk bilgilerinin tutulabileceği bir merkezin oluşturulmasına, bu merkezi göndereceği verilerle destekleyecek sürücülere konum bilgilerini, o anki hızlarını paylaşımlarını özendirici düzenlemeler yapılmasına bu çalışma ile katkı sunmak ve öncülük etmektir.

1.3. Çalışmanın Katkıları

Bu doktora tez çalışmasının katkısı, gerçek zamanlı trafik yoğunluk bilgisinin dikkate alınarak sürücülere en uygun alternatif yol güzergâhı öneren ve mobil sistemlerde kullanılacak bir navigasyon çözümü sunmaktır. Bu çözüm, trafikteki sürücülere sadece uzaklığı dikkate alan en kısa yol seçeneğini değil, aynı zamanda gerçek zamanlı trafik yoğunluğunu veya her ikisini dikkate alan güzergâhı seçebilme imkânı sunmaktadır. Aynı zamanda bu çözüm yolun yoğunluk, kapalılık durumuna göre de alternatif güzergâh öneren bir çözüm olma özelliğini taşımaktadır. Uygulama yazılımı, bu katkıların ortaya konulduğu gösteren uygun sonuçlar vermektedir.

Önerilen çözüm ve uygulama yazılımı ile araç güzergâhlarının belirlenmesi çalışmaları kapsamında bilime ve teknolojiye iki temel katkı sağlanmıştır;

- Özellikle Türkiye'de kullanılmakta olan klasik araç navigasyon sistemleri seyahat edilecek en uygun güzergâhın belirlenmesinde en kısa mesafeli veya en hızlı gidilebilecek yolu dikkate almakta olup gerçek zamanlı trafik yoğunluk bilgisini dikkate almamaktadırlar. Sunulan bu tez çalışmasında gerçek zamanlı trafik yoğunluk bilgisi, yolun kapalılık bilgisinin de dikkate alındığı bir çözüm sunulmaktadır. Takip edilmekte olan bir güzergâhtaki belirli aralıklarla alınan gerçek zamanlı trafik bilgisi, yolun kapalı olup olmama bilgisi sayesinde sürücü alternatif güzergâha yönlendirilebilmektedir.
- Avrupa'daki bazı ülkelerde ve Amerika'da trafiği dikkate alan araç navigasyon cihazları, ancak radyo sinyalleri üzerinden yayın yaparak trafik bilgisini alan TMC alıcısına sahipse trafik verisini dikkate alan bir güzergâh hesaplaması

yapmaktadırlar. Bu tez çalışmasında ise, mobil platformlar üzerinden online olarak merkezi bir birimde tutulan ve belirli aralıklarla bağlanılarak alınan gerçek zamanlı trafik bilgisine göre güzergah hesaplaması yapılmakta ve duruma göre alternatif güzergah önerilmektedir. Geliştirilen uygulama yazılımı ile de bu çözümün önümüzdeki yıllarda daha tercih edilebilir bir çözüm olacağı gösterilmektedir.

Tez çalışmasının yukarıda ifade edilen ana katkılarının yanı sıra bazı ek özellikleri de bulunmaktadır. Bu özellikler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

- Önerilen çözüm büyük şehirlerdeki en büyük problemlerden olan trafik problemine sürücülere alternatif güzergâhlar sunmak suretiyle katkı sunmaktadır. Bu sayede trafik yoğunluğu yaşayan yolların trafik yükünü kullanılmayan diğer ara sokak ve caddelere yaymakta, bu yolların da kullanılmasını sağlayarak trafiği rahatlatmaktadır.
- Trafik yoğunluğunun azalmasına paralel olarak, sürücülerin daha kısa sürede evlerine varmalarına ve yakıttan da tasarruf sağlamalarına imkân sunmaktadır.
- Sürücülerin trafikteki fazla zaman kayıplarını azaltmakla birlikte yoğun trafikteki araç sayısının azalmasına da etki ederek çevreye salınacak gaz emisyonunun azalmasını sağlamaktadır.
- Tüm internet bağlantısı olan mobil platformlarda kullanılacak bir seçenek olması sebebiyle araç navigasyon çözümlerine alternatif oluşturduğu gibi, araç navigasyon cihazlarını destekleyici ek bir seçenek olmaktadır.
- Bu alanda çalışan yerli ve yabancı navigasyon çözümleri üreten şirketlerin dahil ve destek olabileceği gerçek zamanlı trafik izleme merkezi ile isteyen herkesin kullanabileceği ulusal trafik izleme merkezi fikrinin gerçekleşmesine de katkı sunmaktadır.

1.4. Tez Düzeni

Bölüm 1’de, Literatürde yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmekle birlikte, tez çalışmasının amacı ve başlatılma sebebi ile çalışmanın sunduğu katkılara değinilmektedir.

Bölüm 2’de, Araç navigasyon sistemleri için önem arz eden temel kavramlar, coğrafi bilgi sistemleri ve sayısal haritaların bu sistemler için önemi, coğrafi konumlandırma sistemi olarak bilinen GPS, araç navigasyon sistemlerinde gerçek zamanlı trafik

bilgisi ve bu tez kapsamında önerilen trafik izleme ve yönetim merkezi hakkında detaylı bilgiler verilmektedir.

Bölüm 3'te, Güzergah ya da diğer bir ifade ile rota belirlemek için sıklıkla kullanılan geleneksel en kısa yol algoritmaları ile sezgisel optimizasyon algoritmaları hakkında bilgilere yer verilmektedir.

Bölüm 4'te, Gerçek zamanlı trafik verilerinin dikkate alındığı ve sürücülere alternatif güzergâh öneren navigasyon sistemi ve işleyişi tanıtılmaktadır.

Bölüm 5'te, Önerilen çözümün uygulama yazılımı ile başarımının değerlendirilmesi konusunda bilgiler sunulmaktadır.

Önerilen çözümün ve bu çözümün uygulanabilirliğini gösteren uygulama yazılımının temel özellikleri, bilim ve teknolojiye sunmuş olduğu katkılar, sonuçlar ve değerlendirmeler Bölüm 6'da sunulmuştur.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde coğrafi bilgi sistemleri, bileşenleri ve prensipleri hakkında bilgi verilecektir. Sayısal haritalar ve önemi, Küresel yer belirleme sistemi, navigasyon sistemleri ve bu sistemlerde gerçek zamanlı trafik kullanımı hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Giriş

Teknolojik gelişmeler konum belirleme sistemlerindeki hassasiyeti artırmış ve buna paralel olarak mobil uygulamalar sayısı hızla artmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin özel bir uygulaması olarak niteleyebileceğimiz Küresel Konumlama Sistemi (GPS) destekli araç navigasyon sistemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmış ve yeni üretilen birçok araç için standart bir donanım haline gelmeye başlamıştır. Artan bu talep, navigasyon sistemi üreten firmaların sayısının da artmasına sebep olmuştur. Günümüzde seyahat sırasında sürücünün dikkatini dağıtmadan, kolay kullanabilen, sesle kumanda edilebilen ve kablosuz iletişim araçlarıyla çalışan, sürücüyü sesle ve görsel olarak yönlendiren sistemler bulunmaktadır. Takip eden alt bölümlerde bu sistemlere ilişkin temel kavramlar hakkında bilgi verilmektedir.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte tüm disiplinlerde olduğu gibi, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde de (CBS) bir yandan teknik olarak gelişmeler diğer yandan da değişik disiplinlerde kullanımının yaygınlaşması gözlemlenmektedir. CBS tanımında genel olarak iki yaklaşım vardır: Teknolojik açıdan CBS, Şekil 2.1'de gösterildiği üzere fiziksel dünyada herhangi bir konuma ait veriyi toplayan, depolayan, işleyen, dönüştüren ve gösteren oldukça güçlü araçlar bütünü olarak tanımlanmaktadır. Kuramsal açıdan ise CBS, konuma ait verilerin karşılıklı etkileşimle kullanıldığı karar destek sistemi şeklinde tanımlanmaktadır. Her iki tanımın birleştirilmesinden elde edilen CBS tanımı ise, bağlı bulunduğu kurumun ihtiyaçlarına göre konuma ait verinin toplanması, depolanması, işlenmesi ve gösterimini yapan, karar-destek işlevi

olan, sayısal bir bilgi sistemi biçiminde tanımlanabilir [25]. Başka bir ifade ile CBS, konuma dayalı işlemlerle elde edilen konuma dayalı ve konuma dayalı olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlemlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir.

İşlevlerine bağlı olarak organize edilen bir CBS'nin amacı ne olursa olsun aşağıdaki işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır:

- Veri girişi ve kodlama (sayısallaştırma, veri uygunluğu ve veri yapısı)
- Veri işleme (veri yapısı ve geometrik dönüşümler, genelleştirme ve sınıflandırma)
- Verinin yeniden işlenmesi (seçim, konuma dayalı ve istatistiksel analiz)
- Verinin sunumu (grafiksel sunum)
- Bütünleştirilmiş verinin yönetimi



Şekil 2.1. CBS verisi [26]

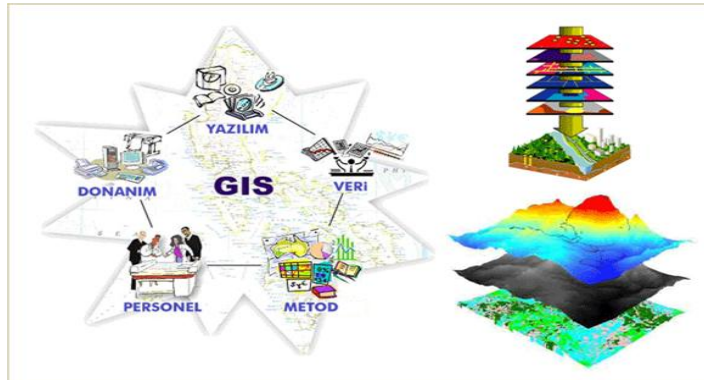
CBS, yer ve yakın çevresini ilgi alanı içine almış konuma dayalı bir bilgi sistemidir. Bu nedenle, yeryüzündeki nesnelere ve bu nesnelere olan ilişkilerini (topoloji) açıklamak üzere, temel verisi (nokta, çizgi ve alansal olarak açıklanan) geometrik karakterler olan konum verisidir. Konum verisi ulusal referans sisteminde tanımlanmış (adresler vb.) birimler ile açıklanan verilerdir. Ancak sistemin konuma dayalı olması için konum bilgisi, yanı sıra tanımlanan konuma ilişkin tanımlayıcı

bilgi ile tamamlanır. Sistem bileşenlerinin zaman içindeki değişimleri ve güncelleştirilebilmesi için tarih olarak zaman ve dönem olarak zaman bilgisinin de sistem içinde yer alması gerekir. Ayrıca sistem içinde yer alan veriler hakkında da bilgilerin tutulması gerekir. Sistem içinde yer alan tüm veri gruplarının kendi içlerinde ve birbirleriyle olan ilişkileri kartografik olarak görselleştirilebilir. Sistem organizasyonundan söz edildiğinde bu görselleştirme işleminin de sistemde sorgulanan, analiz edilen amaca ve ölçeğe bağlı olarak otomatik olarak yapılması hedeflenmektedir. Ancak, henüz tam otomatik çözümler olanaklı değildir, bu konudaki araştırmalar devam etmektedir [27].

CBS haritaları; veri toplama aşamasında var olan haritaları kullanarak, analiz ve sorgulama sırasında ekran haritaları ve son olarak oluşturduğu bilginin paylaşımı için tasarlanan haritalar olarak kullanır. CBS'nin ana çıkış biçimleri ekran haritaları veya basılı haritalardır. Grafik ve görsel olarak desteklenen bir sistem ile isteyen herkes harita yapma konusunda özgürdür. Ancak, CBS projelerinin çoğunluğu veri giriş aşamasında iyi planlanmış ve “doğru” haritalara ihtiyaç duyar ve kullanıcıyı yanıltmamak için CBS sonuçlarının sunumunda ise iyi tasarlanmış haritalar önem kazanır [25]. Sonuç olarak, harita kullanıcısı veri niteliğini kullanarak harita temelli karar verme ihtiyacını karşılayacaktır. Karar verecek kullanıcı uygun bulmadığı veriyi geri çevirecek ya da algılayamadığı veriyi kullanamayacaktır. Karar verme aşamasında veri niteliği olgusu, verinin kendisinden daha baskın olacaktır [28].

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bileşenleri

Coğrafi bilgi sistemleri Şekil 2.2’de gösterildiği gibi donanım, yazılım, veri, personel ve metotlar olmak üzere beş anahtar parçadan oluşmaktadır.



Şekil 2.2. CBS'nin bileşenleri [29]

2.3.1. Yazılım

Yazılım, diğer bir deyişle bilgisayarda koşabilen program, coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarıdır. Yazılımların pek çoğunun ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında niversite ve benzeri araştırma kurumlarınca da eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur. Dünyadaki CBS pazarının önemli bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. Bu bakımdan günümüzde CBS bu tür yazılımlarla neredeyse özdeşleşmiş durumdadır. En çok kullanılan CBS yazılımlarına örnek olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb. verilebilir. Coğrafi Bilgi Sistemine yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları şunlardır;

- Coğrafi veri/bilgi girişi ve işlemi için gerekli araçları bulundurması,
- Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmak,
- Konuma dayalı sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemeli,
- Ek donanımlar ile olan bağlantılar için arayüz desteği olmalıdır [30].

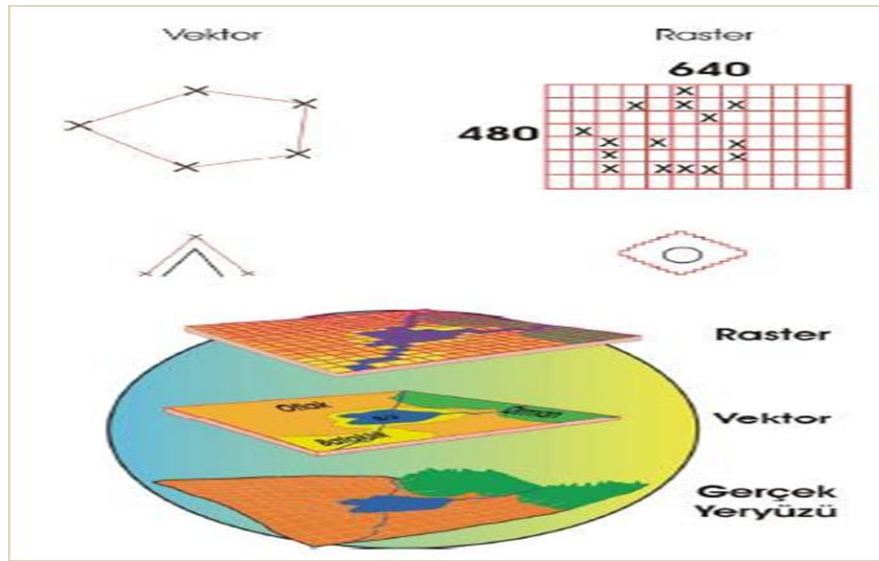
2.3.2. Veriler

CBS'nin en önemli bileşenlerinde biri de "veri"dir. Grafik yapıdaki coğrafi veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznetelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS konuma dayalı veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Böylece birçok kurum ve kuruluşa ait veriler organize edilerek konuma dayalı veriler bütünleştirilmektedir.

Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak ta görülmektedir. Veri kaynaklarının dağımlıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Nitekim CBS'ye yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık %50 den fazlası veri toplamak için gerekmektedir [31].

Coğrafi veriler, Şekil 2.3'te gösterildiği gibi raster (hüresel) veri ve vektör veri olmak üzere iki modeli şeklinde sisteme dahil edilirler. Standart koordinat sistemi üzerine kayıtlı olan konuma ait veri elemanları, harita üzerinde noktalar, çizgiler ve alanlar olarak kaydedilirler.

Vektörel veri modelinde nokta, çizgi ve poligonlar (x,y) koordinat değerleri ile kodlanarak depolanırlar. Vektörel veri modeli coğrafi varlıkların kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı bir modeldir. Hüresel veri diğer bir ifade ile raster veri modeli daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafi varlıkların ifadesinde kullanılmaktadır. Piksellerden oluşan verilere raster veri adı verilmektedir. Raster görüntü birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Hücrelerin her biri piksel olarak adlandırılır. Fotoğraf özelliği gösteren raster modeller, genellikle fotoğraf ve haritaların taranması, dijital veya uydu fotoğraflarından elde edilmektedir [32].



Şekil 2.3. Vektör ve raster veri modelleri [32]

2.3.3. İnsanlar

CBS teknolojisi insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olurdu. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Dolayısıyla Coğrafi Bilgi Sistemlerinde

insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılama gibi bir süreç yaşanır. CBS'nin gelişmesi mutlak suretle insanların yani kullanıcıların ona sahip çıkmasına ve konuma bağlı her türlü analiz için CBS'yi kullanabilme yeteneklerini artırmaya ve değişik disiplinlere yine CBS'nin avantajlarını tanıtmakla mümkün olabilecektir [31].

2.3.4. Yöntemler

Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konuma dayalı bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metodların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli standartlar yani kurallar çerçevesinde gerçekleşir. Genellikle standartların tespiti şeklinde olan bu uygulamalar bir bakıma kurumun yapısal organizasyonu ile doğrudan ilgilidir. Bu amaçla yasal düzenlemelere gidilerek gerekli yönetmelikler hazırlanarak ilkeler tespit edilir [31]. İşlevlerine bağlı olarak bir CBS aşağıdaki işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır [31]:

- Veri girişi ve kodlama (sayısallaştırma, veri uygunluğu ve veri yapısı)
- Veri işleme (veri yapısı ve geometrik dönüşümler, genelleştirme ve sınıflandırma)
- Verinin yeniden işlenmesi (seçim, konuma dayalı ve istatistiksel analiz)
- Verinin sunumu (grafiksel sunum)
- Bütünleştirilmiş verinin yönetimi

CBS, yer ve yakın çevresini ilgi alanı içine almış konuma dayalı bir bilgi sistemidir. Bu nedenle, yeryüzündeki nesnelere ve bu nesnelere birbirleriyle olan ilişkilerini (topoloji) açıklamak üzere, temel verisi (nokta, çizgi ve alansal olarak açıklanan) geometrik karakterler olan konum verisidir. Konum verisi ulusal referans sisteminde tanımlanmış (adresler vb.) birimler ile açıklanan verilerdir. Ancak sistemin konuma dayalı olması için konum bilgisi, yanı sıra tanımlanan konuma ilişkin tanımlayıcı bilgi ile tamamlanır. Sistem bileşenlerinin zaman içindeki değişimleri ve güncelleştirilebilmesi için tarih olarak zaman ve dönem olarak zaman bilgisinin de

sistem içinde yer alması gerekir. Ayrıca sistem içinde yer alan veriler hakkında da bilgilerin tutulması gerekir. Sistem içinde yer alan tüm veri gruplarının kendi içlerinde ve birbirleriyle olan ilişkileri kartografik olarak görselleştirilebilir. Sistem organizasyonundan söz edildiğinde bu görselleştirme işleminin de sistemde sorgulanan, analiz edilen amaca ve ölçüğe bağlı olarak otomatik olarak yapılması hedeflenmektedir. Ancak, henüz tam otomatik çözümler olanaklı değildir, bu konudaki araştırmalar devam etmektedir [33].

CBS haritaları; veri toplama aşamasında var olan haritaları kullanarak, analiz ve sorgulama sırasında ekran haritaları ve son olarak oluşturduğu bilginin paylaşımı için tasarlanan haritalar olarak kullanır. CBS'nin ana çıkış biçimleri ekran haritaları veya basılı haritalardır. Grafik ve görsel olarak desteklenen bir sistem ile isteyen herkes harita yapma konusunda özgürdür. Ancak, CBS projelerinin çoğunluğu veri giriş aşamasında iyi planlanmış ve “doğru” haritalara ihtiyaç duyar ve kullanıcıyı yanıltmamak için CBS sonuçlarının sunumunda ise iyi tasarlanmış haritalar önem kazanır. Sonuç olarak, harita kullanıcısı veri niteliğini kullanarak harita temelli karar verme ihtiyacını karşılayacaktır. Karar verecek kullanıcı uygun bulmadığı veriyi geri çevirecek ya da algılayamadığı veriyi kullanamayacaktır. Karar verme aşamasında veri niteliği olgusu, verinin kendisinden daha baskın olacaktır [28].

Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları kişisel bir bilgisayar sisteminde bile çalıştırılabilir. Bunun yanında yan donanımlar olan yazıcı, çizici (plotter), tarayıcı (scanner) ve sayısallaştırıcı (digitizer) gibi araçlar da CBS'nin donanım bölümünü oluşturmaktadır.

2.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Prensipleri

CBS, veriye bağımlı veri tabanlı bilgi sistemidir. CBS, diğer bilgisayar teknik ve teknolojilerinden farklı olarak, veritabanı yönetim sistemine göre, değişik kaynaklardan veri uyumunun yapılmasına ve bu verilerin analiz edilmesine olanak sağlar. CBS verileri ve haritaları güncel bilgileri içermelidir. Çünkü bu veriler kuruluşlarının ilerde yapacakları projeler ve yatırımlar için çeşitli analizler yaparak kısa sürede sonuca ulaşmaları için gereklidir. CBS içerisinde kullanılan konuma dayalı verilere ait koordinatlar uyumlu ve sürekli bir koordinat sistemi ile düzenlenirse çok daha kullanılabilir olmaktadır. CBS içerisinde bulunan haritalar

sadece kağıt haritaların bilgisayar ekranında görüntülenmesi anlamına gelmemektedir. CBS içindeki haritalar ait olduğu bölgenin koordinat sistemi ile belirlenir. Böylece haritaları gerçek dünya koordinatları ile belirleme ve komşu alana ait haritaları da ekranda bütünsel olarak görüntüleyebilme ve analiz yapma imkânı doğmaktadır [34].

CBS, otomasyonu yapılacak alanla ilgili tüm verilerin bütünselliğini ifade etmelidir. Bilgisayarın haritayı insanların gördüğü gibi görememesi nedeniyle, analizlerin daha gerçekçi yapılabilmesi için, harita ile ilgili ilave özelliklerin de (alansal, çizgisel ve noktasal) CBS otomasyonunun yapılması gereklidir. CBS'nin birçok kullanıcısı vardır ve çok değişik fonksiyonları kullanıcılar tarafından paylaşılmalıdır. CBS projeleri, otomasyonu yapılan verilerin ihtiyacı olan tüm kullanıcılar tarafından paylaşılmasını sağlayacak ve verilerin tekrar üretilmesini önleyecek şekilde planlanmalıdır.

CBS teknolojisi içerisindeki yazılım ve donanımlar, bilgisayar teknolojisindeki değişimleri takip edebilecek ve fonksiyonelliğini geliştirecek şekilde seçilmelidir. Dolayısıyla kurulacak olan yazılım ve donanımlar zaman içerisinde yenilenebilir özellikte olmalıdır. CBS, teknoloji, para ve iyi yönetim desteği ile çok büyük gelişme göstermektedir. Başarıya ulaşabilmek için uzun süreli yatırımların yapılması ve kesin kararlı olunması gereklidir. Mevcut sınırlı kaynaklarla büyük projelerin yönetilmesi için uzun süreli yatırımlara ve kararlı bir yönetime ihtiyaç duyulmaktadır. Başarılı bir CBS programı için eğitilmiş, tecrübeli, iyi motive edilmiş personele ihtiyaç vardır. CBS projelerinin başarılı olabilmesi için kullanılan teknolojinin en son ve en gelişmiş olması yanında, onu kullanan personelin eğitimi ve tecrübesi de çok önemlidir. Projenin yürütülmesi ve güncelliğini koruması için eğitimin büyük bir önemi vardır.

2.5. Sayısal Haritalar ve Önemi

Haritacılığın tarihi çok eskilere dayanır. Batı dünyasının en eski haritası Kasım 2005'te güney İtalya'da bulunmuştur. "Soletto" haritası olarak bilinen ve bir toprak vazo üzerinde çizme şeklindeki İtalya yarımadasının topuk bölümünü resmeden haritanın milattan önce 500 yıllarında çizildiği sanılmaktadır.

Tarih boyunca pusulanın, teleskopun ve sekstantın icadıyla haritaların hassasiyeti artmış, içeriği zenginleşmişse de 20. yüzyılın sonlarına kadar kağıt ortamda kalmaları kullanımlarını kısıtlamıştır. Haritaların kağıt belgelerden bugün kullandığımız etkileşimli, sayısal, cebe sığabilen, zengin içerikli araçlar haline dönüşmesinde bilgisayar ile sayısallaştırma, GIS/GPS sistemi ve kablosuz teknolojiler birlikte rol oynamışlardır [35].

CBS’de veri modeli; yeryüzü tanımlama, analiz, yorumlama ve yeryüzü döngüsünü kurarak oluşturulmaktadır. Yeryüzü, kavramsal modelden başlayarak, mantıksal model ve fiziksel model ile sanal olarak yeniden oluşturulmaktadır. Başlangıçta insan yönetimli olan bu sistem fiziksel modelde yerini bilgisayara bırakırken, yeryüzünün de özetlenmesi düzeyi artmaktadır. Kavramsal model kullanıcı, nesne ve diğer nesne ile olan ilişkileri ve bu nesnelerin coğrafi gösterimleri ile ilgilenirken, mantıksal model coğrafi veri tabanı tipleri ve yapısı ile ilgilenmektedir. Fiziksel model veri tabanı şemasını oluşturur. Coğrafi Bilgi Sistemleri diğer bilgi sistemlerinden içerdikleri veri ve bu verinin özellikleri bakımından ayrılırlar. Yeryüzündeki nesnelerin veya olayların konumlarının adres olarak gösterilebilmeleri, bu tür verilerin karakteristik özelliğidir. Bu nedenle objelerin veya olayların konumları ve birbiriyle olan ilişkileri görselleştirilebilir ve bu görselleştirme “harita” olarak adlandırılır. Topoğrafya, kara parçasının doğal engebe ve özelliklerini kâğıt üzerinde çizgilerle gösterme işidir. Gerçek dünyadaki nesnelere (ev, yol, göl vb.) belirlenen kıstaslara göre özetlenerek topoğrafik arazi modeli oluşturulur ve CBS veritabanı içerisinde nokta, çizgi, alan veya hacim olarak depolanır. Topoğrafik arazi modellerinden kartografik modeller oluşturulur ve haritalar aracılığı ile ifade edilir. Kartografik model teorisinde topoğrafik arazi modeli birincil model, kartografik model ise ikincil model olarak adlandırılır. Kartografik modelin yorumlanması sonucu kullanıcı belleğinde gerçek dünya hakkında oluşan model ise üçüncül model (ya da mental harita) olarak adlandırılır [36].

Bugün sayısal haritalar çok büyük miktarlarda coğrafi bilgiyi barındırabilmekte ve depremlerden müşteri konumlarını, hava durumundan zehirli atıkların dağılımına, trafik durumundan savaş hamlelerini görüntülemeye kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Bilgisayar programları istenen bilgileri bu haritalar üzerinde sayısız

sembol ve renklerle görüntüleyebilmekte, istendiğinde internet üzerinde sunulabilmektedir [35].

Sayısal harita kullandığımız diğer haritalarda bulunan bilgilerin bilgisayar ortamına aktarılmış ve ihtiyaca uygun duruma getirilmiş halidir. Sayısal haritalar kullanımı kolaylaştırmak amacıyla ve çözümüne yönelik uygulanması anlamında, diğer haritalardan daha farklı kolaylıklar sunabilmektedir. Sayısal harita teknolojisini diğer harita sistemlerinden ayırt eden en belirgin özelliği bilgileri hem grafik tanımlamalar, hem de kavramsal tablolar şeklinde sunabilmesidir. Sayısal haritalarda bilgiler farklı katmanlarda ifade edilebildiği gibi kavramsal tablolarla ilişki kurularak ileri düzey bilgi uyumuna da gidilebilmektedir. Örneğin, cadde, sokak, anayollar, demiryolları, sokak, cami, okul vb. detaylar ayrı ayrı katmanlarda ifade edilerek aralarında ilişki kurulabilmektedir. Sayısal harita üzerinde yer alan tüm merkezler de aynı mantıkla katmanlar halinde gösterilmektedir. Bu katmanlarda yer alan koordinat bilgilerinin sayısal haritalar üzerinde istenilen analizlerin yapılması ve elde edilen sonuçların görsel hale getirilmesi mümkün olmaktadır [37].

Sayısal haritaların belki de en heyecan verici kullanımı özel yazılımlarla birlikte çalışarak bir noktadan diğerine en uygun rotanın hesaplanabilmesini sağlamak olmuştur. Böylece sürücülere kılavuzluk edecek ve aradıkları konumları kolay ve hassas biçimde bulmalarını sağlayacak navigasyon sistemleri ortaya çıkmıştır. Sayısal haritalar bir navigasyon sisteminin kalbi gibidir. Kişisel navigasyon sistemlerinden en iyi şekilde yararlanabilmek için kullanılan haritaların mutlaka belli standartlara sahip olması gerekir. Bu standartlar; doğruluk, hassasiyet, bütünlük ve tutarlılıktır.

İyi bir navigasyon sisteminin sizi en kısa sürede ve güvenli şekilde varmak istediğiniz noktaya ulaştırması esastır. Bunun için kullanılan yol haritasının gerçek dünyadaki yol ile ilgili tüm detayları tam, hassas ve doğru biçimde içermesi şarttır. Bu detayların kullanıcıyı zor durumda bırakmayacak şekilde haritanın kapsama alanı içindeki her noktada aynı tutarlılıkta olması gerekir.

Harita sağlayıcısının üretim aşamasında en ileri teknolojileri kullanarak yolun geometrisinin santimetre hassasiyetine inecek kadar doğru tespit edebilmesi, şerit sayıları, trafik akış yönleri, trafik işaretleri, yol eğim ve yükseklikleri, hız limitleri,

zaman, ağırlık ve araç sınıfı limitleri, kavşaklar, otoyol çıkışları, köprüler, tüneller, geçitler, deniz geçişleri gibi çok sayıda detayı her noktada ve aynı doğrulukta tespit edilmesini sağlaması çok önemlidir.

Kullanılan sayısal harita bir yol haritasının ötesinde bir adresi kolay ve hızlı aramayı, bulmayı, yol boyunca bulunduğunuz konumu ve izlenecek rotayı daha iyi algılamayı, yol üzerindeki veya çevredeki hizmet noktalarından daha iyi faydalanabilmeyi, kısacası haritayı zenginleştirip kullanıcıya daha iyi bir kullanıcı deneyimi sunabilmeyi sağlayacak birçok ek detayı da içermelidir.

Haritayı zenginleştiren detayların başında kategorize edilmiş önemli nokta bilgileri (Point of Interest, POI) gelir. Bunların sayıca çokluğu, doğruluğu, görselliği haritanın kullanımını ve navigasyon sisteminden alınabilecek faydayı büyük ölçüde etkiler. Yaygın kapı numaraları ve adres noktalarının varlığı adres aramayı kolaylaştırır.

Haritaların özel radyo kanallarından yayınlanan gerçek zamanlı trafik durumu bilgisi gibi dinamik içeriklerle birlikte çalışmaya uyumlu olması, yol boyunca önemli ve bilinen yer ve yapıların gerçek görünümüne çok yakın 3 boyutlu resimlerle gösterimi, 3 boyutlu arazi modeli, yol adı, trafik işaretleri, önemli nokta ve yerleşim yeri adlarının sesli olarak okunmasını destekleyen sesli haritalar, hızlı aramayı sağlayan gelişmiş indeks mekanizmaları gibi detaylar modern navigasyon haritalarında aranması gereken unsurlardır. Şekil 2.4 bu özelliklere sahip bir haritayı göstermektedir.

Kullanılan haritanın güncel olması, gerçek hayattaki son durumu yansıtması son derece önemlidir. Haritaların yeterli derecede güncel tutulabilmesi harita sağlayıcısının güncelleme için kullandığı süreçler ve teknolojiler ile doğrudan ilişkilidir. En doğru, en zengin ve en güncel haritaları kullanmak isteyen navigasyon sistemi kullanıcılarının bir cihazda kullanılan sayısal haritaların kimin tarafından sağlandığına her zaman dikkat etmeleri önerilir [35].



Şekil 2.4. Örnek bir sayısal harita

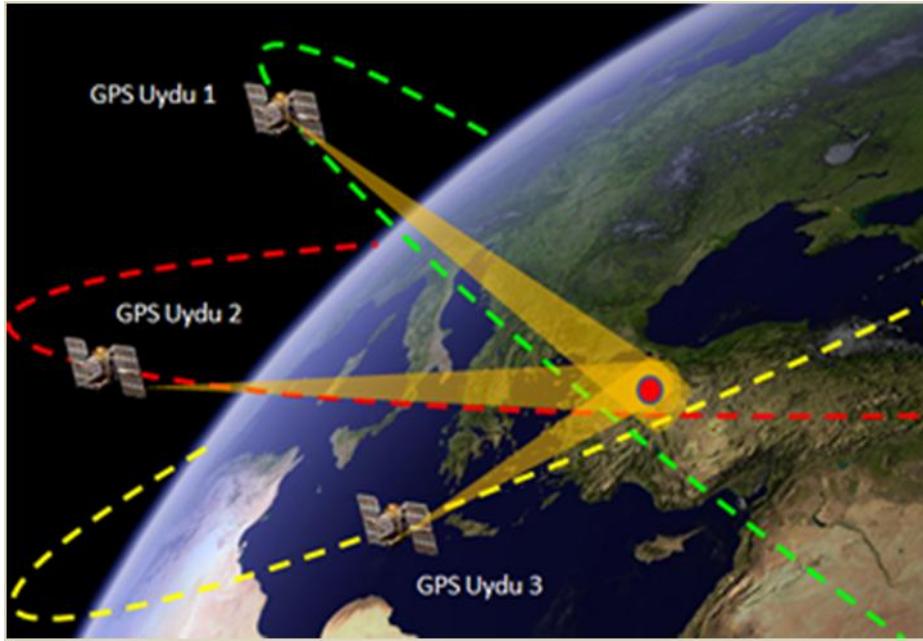
2.6. Küresel Yer Belirleme Sistemi

Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System - GPS), Amerika Birleşik Devletlerine ait uydular kullanılarak dünyanın neresinde olursa olsun, oldukça hassas bir şekilde pozisyon ve 24 saat seyrüsefer bilgisi sağlayan bir sistemdir. Bu sistemin temelinde 20.200 Km yükseklikteki yörüngede bulunan ve sürekli olarak zaman ve kendi pozisyon bilgisini gönderen 24 adet “NAVSTAR” GPS uydusu vardır. Bir GPS alıcısı ise en az 3, en çok 12 adet uyduyu izleyerek kendi pozisyonunu belirler, ayrıca alıcının hangi hızda hareket ettiği ve hangi yöne gittiği bilgisini üretir [38].

GPS alıcısı kendi yerini belirleyebilmek için uydudan aldığı işaretleri üçgenleme (triangulation) yöntemiyle çözer. GPS uyduları dünyaya göre kendi yerlerini bilirler ve alıcılar da kendilerinin bir uyduya olan mesafelerini onlardan aldıkları radyo işaretinin yolculuk süresinden hesaplarlar. Şekil 2.5’de görüldüğü gibi en az 3 uyduya olan uzaklığının hesaplanması sonucu, bir GPS alıcısı kendi koordinatını üçgenleme yöntemiyle hesaplar. 4.uydu ile yükseklik bilgisi alınmış olur. 5.uydu ile de diğer uyduların nerelerde olduğu, dolayısıyla ölçüm yapılan uydulardan biri coğrafi yapının zorluğundan veya yörüngesinden dolayı görme sınırları dışına çıktığında kullanılacak olan uydunun pozisyon bilgisini üretir. GPS uydularının üzerinde 4 adet atomik saat mevcuttur. Ayrıca her bir uyduda diğer bütün uyduların anlık ve muhtemel buldukları yerlerin pozisyon bilgilerinin bulunduğu bir veri

tabanı bulunur ve bu veri kütüğü sık sık yeryüzü istasyonlarından gelen bilgilerle güncellenirler.

GPS' in karada, havada ve denizde birçok kullanım alanı vardır. Basit bir anlatımla, GPS size bulunduğunuz yerleri işaretleme ve belirlediğiniz noktaya geri dönme imkanı sağlar. GPS, kapalı alanlar ve su altı gibi işaretlerin alınmasının güçleştiği yerler dışında dünya üzerinde her yerde çalışır.



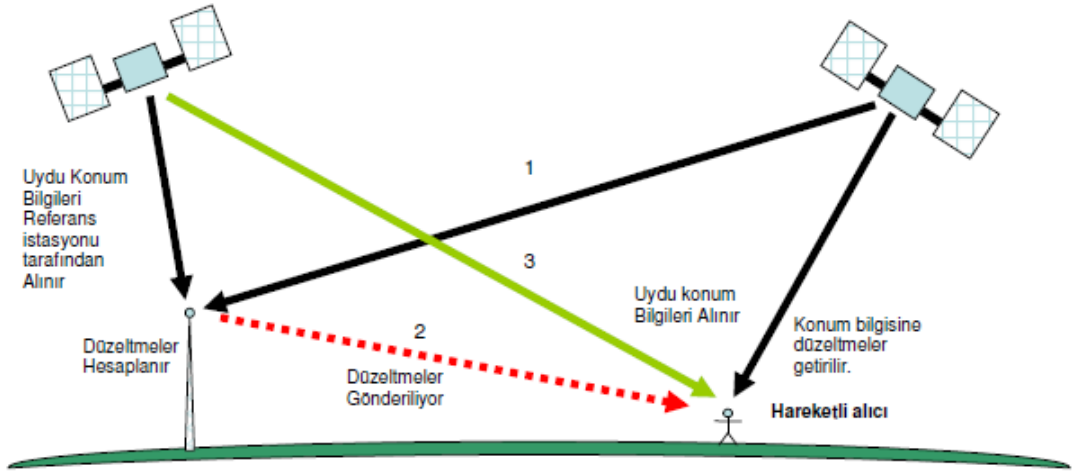
Şekil 2.5. GPS uydularından bir görünüm [39]

2.6.1. Diferansiyel yer belirleme sistemi (DGPS)

GPS ile elde edilen anlık doğruluk birçok amaç için yeterli olmakla birlikte bazı navigasyon uygulamalarında (örnek: deniz ve hava araçlarının navigasyonu) daha yüksek doğruluklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise mevcut GPS sisteminden anlık konum belirlemede yararlanabilme olanaklarını kısıtlamaktadır. Bununla birlikte, istenen navigasyon amaçlı doğruluklara DGPS gibi bazı özel teknikler kullanılarak erişilebilmektedir [40].

DGPS tekniğinde biri sabit diğeri hareketli olmak üzere en az iki alıcıya gereksinim vardır. Şekil 2.6'de gösterilen DGPS çalışma prensibin göre sabit alıcı anteni, konumu daha önceden duyarlı olarak belirlenmiş bir noktaya kurulur ve hareketli (ya da uzak) alıcının konumu belirlenir. Her iki noktada da en az dört ortak uyduya es

zamanlı GPS gözlemi yapılmalıdır. Sabit alıcı gözlem yaptığı tüm uydulara ait uydusalıcı uzaklıklarını (kod ya da faz pseudorange) hesaplayarak bu değerleri kendi duyarlı konumundan yararlanarak hesapladığı (olması gereken) pseudorange'ler ile karşılaştırır. Aradaki farklar gözlem hatası olarak yorumlanır ve bu farklar konumu belirlenecek olan noktalardaki hareketli alıcı /alıcılar tarafından kaydedilen gözlemlere düzeltme olarak getirilerek hareketli alıcının konumu doğru olarak belirlenir. Söz konusu düzeltmeler hareketli alıcılara, alıcılar arasındaki uzaklığa bağlı olarak portatif telsizler, yer istasyonları ve uydular vasıtasıyla yayınlanmaktadır [40].



Şekil 2.6. DGPS çalışma prensibi [41]

DGPS ile elde edilen konum doğrulukları yalnız GPS ile elde edilen doğruluklardan çok daha iyidir. Bu teknikte GPS sisteminin performans ve doğruluğunu düşüren bazı hata kaynaklarının belirli bir alan içerisindeki tüm kullanıcılar için ortak olduğu varsayılmaktadır. Başka bir deyişle, DGPS tekniğinde referans ve hareketli alıcı arasındaki korelasyonla (ortak) sistematik hataların giderilmesi ya da en aza indirilmesi söz konusudur [40].

Tablo 2.1'de görüldüğü gibi GPS ile konum belirlemede uydu saati hatası ana hata kaynağıdır. Bu ise seçimli doğruluk erişimi (Selective Availability-SA) etkisinin uygulanmasının kullanıcılar açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. SA etkisi artırıldıkça elde edilecek pseudorange ve konum doğrulukları da o ölçüde kötüleşecektir.

DGPS uygulaması ile elde edilen sonuçlar, SA uygulansın ya da uygulanmasın, yalın GPS'den elde edilen doğrulukların çok üzerinde olmaktadır. Tablo 2.1.'de referans bir Standart Konumlama Servisi SPS kullanıcısı için elde edilen DGPS doğrulukları verilmiştir [40].

Tablo 2.1. SPS için GPS Pseudorange ve konum doğrulukları [41]

Her Uydu İçin hassasiyet	Standart GPS (m)	DGPS (m)
Efemeris Hatası	2,1	0,0
Uydu Saati hatası	20,0	0,7
İyonosfer	4,0	0,5
Troposfer	0,7	0,5
Sinyal Yansıması (Multipath)	1,4	1,4
Alıcı Ölçü hatası	0,5	0,2
Sabit Nokta Konum Hatası	0,0	0,4
Pseudorange Hatası	20,6	1,8

2.6.2. Navigasyon amaçlı uygulamalarda GPS'in kullanımı

GPS alıcıları, günümüzde araçlarda, dağcılık, yelken gibi spor dallarından askeri ve sivil yolcu uçaklarına kadar birçok sahada navigasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır. Genel olarak alıcılar bir harita ile birlikte kullanılmakla beraber, hava araçlarında Inersiyal seyir sistemleri (INS), araç takip sistemlerinde farklı türde yön bulma aracı cayrolar, eğim, azimut sensörleri, dijital hız algılayıcıları, görüntü yazılımları ya da radyo-modem bağlantılı diğer sistemler ile bütünleşik olarak kullanılabilirler.

Kullanılan sistem ne olursa olsun, navigasyonun anlık olarak uygulanabilmesi için, alıcılardan elde edilen konum bilgisini raster ya da vektör harita gibi görsel verilerle karşılaştıracak bütünleşmiş sisteme doğrudan (araç içerisinde) ya da veri aktarım (data link) yöntemleriyle ulaştırma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu zorunluluk aynı zamanda GPS alıcılarından elde edilen konumlama bilgisinin ait olduğu datum ve koordinat türünün, karşılaştırılan görsel materyalinkiyle aynı olmasını ya da görsel materyalin ait olduğu sisteme dönüştürülmesini gerektirir. ABD'de kullanılan harita sistemi ve GPS ile elde edilen koordinatların ait olduğu sistemin aynı olması bu

sorunu söz konusu ülke için çözmekle beraber, diğer ülkelerde kullanılabilmesi için datum ve projeksiyon dönüşümünü zorunlu kılmaktadır. Modern alıcıların hemen hemen tamamı alıcı yazılımı (firmware)'nda önceden tanımlanan datum ve projeksiyonlara sahiptir. Bu şekilde kullanıcı kendi kullandığı datum ve projeksiyon sistemini alıcıya tanıtmakta ve nihai koordinatların bu sistemde elde edilmesini sağlamaktadır. Navigasyon amaçlı son-kullanıcı (end-user) GPS sistemlerini diğerlerinden ayıran en büyük özellik budur. Milli datumlarda yapılan navigasyon çalışmalarında söz konusu datum dönüşümü ancak yaklaşık dönüşüm eşitlikleriyle yapıldığından yol üzerinde takip, uçakların iniş ve kalkışı gibi hassasiyet gerektiren durumlarda kullanılması mümkün olmayıp, dönüşümlerin bilgisayar arabirimleri vasıtasıyla yardımcı yazılımlarla yapılması gerekmektedir. Diğer sistemler ise ham verilerin alıcı içerisinde bulunan hard-diske kaydedilmesini ve buradan bilgisayar ortamına aktarılan verilerin özel yazılımlar vasıtasıyla işlenerek nihai koordinat olarak kullanılmasını sağlarlar. Navigasyon amaçlı yarı-profesyonel sistemlerde ise, verilerin alıcının CDU (Control Display Unit) yanında seri bağlantı çıkışlarıyla bilgisayar ortamına aktarılmasını ve aynı zamanda radyo-modem bağlantısı ile yayınlanan DGPS düzeltmelerini alıcı çözümüne uygulanmasını sağlayan giriş-çıkış birimleri bulunmaktadır [42].

2.7. Navigasyon

Navigasyon, bir aracın ya da bir insanın bir yerden başka bir yere gitmek için çeşitli araçlardan yararlanarak gideceği noktaya ulaşması olarak tanımlanabilir. Yaşamın her anında aslında insanlar navigasyon yapmaktadır. Gözler, kulaklar, hisler ve elbette ki beyin navigasyon için kullanılan başlıca araçlardır.

Eski çağlardan günümüze kadar insanlar gitmek istedikleri hedef noktaya ulaşabilmek ve tekrar harekete başladıkları yere geri dönebilmek için çok çeşitli yöntemler kullanmışlardır. İlk zamanlarda daha çok avlanmak ve yiyecek kaynaklarına ulaşabilmek için yön bulmaya ihtiyaç duymuşlardır. Yollarını ağaçlara, kayalara yapmış oldukları çeşitli işaretlerle bulabilmişlerdir.

Zamanla bu konuda çalışmalar yapılmış ve navigasyon işlemi, harita ve pusula kullanımıyla bütünleşmiştir. Günümüzde ise navigasyon, gelişmekte olan konum belirleme ve iletişim tekniklerini, sayısal haritaları, bilgisayar ve avuç içi araç

teknolojilerini kullanan, özel olarak tasarlanmış navigasyon sistemleri aracılığı ile yapılmaktadır. Bu sistemler navigasyonu, daha ilgi çekici ve kolay bir hale getirmiştir. Aynı zamanda bu gelişmeler ile navigasyon, günlük hayatın parçası olan sıradan bir aktivite olmaktan çıkıp birçok teknolojiyi içinde bulunduran bir pazar haline gelmiştir [33, 41].

Navigasyon işlemi denizde ve havada rota, karada ise güzergah belirleme ve yön bulma gibi çok farklı uygulama alanında bir gereklilik olarak kendini göstermektedir. Bu sebeple uygulama alanlarına göre uçak, gemi, araç navigasyonu ya da kişisel navigasyon gibi çeşitli isimler almaktadır. Her ne kadar bu navigasyon yöntemleri, amaç ve uygulama ortamına bağlı olarak ortaya çıkan kısıtlamalar sebebiyle önemli farklılıklar içerse de yol bulma isteği tüm bu yöntemlerin temelini oluşturmaktadır. Navigasyon, hangi uygulama alanında kullanılırsa kullanılsın temel bazı gereksinimleri olan bir işlemdir. Bu gereksinimler genel olarak;

- İşlem başlangıç noktasının konumu,
- Kullanıcının anlık konumu,
- Varış noktasının konumu,
- İşlem sırasında kullanılacak yöntem(ler),
- Kullanılacak yönteme göre yapılacak hesaplar şeklinde belirlenmiştir.

Bu gereksinimlerden anlaşılacağı gibi konum verisi ve bu veriyi elde etmede kullanılan teknolojiler, navigasyon işleminin ve bu amaçla tasarlanmış sistemlerin temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Günümüzde bu amaçla farklı uygulamalarda Global Konum Belirleme Sistemleri (GPS) ve İnersiyal (Atalet) Seyir Sistemleri (INS), OMEGA (radyo konum belirleme sistemi), Loran C (Long Range Navigation-Uzun Menzilli Navigasyon) gibi yersel (Terrestrial Radio Navigation Systems) radyo konum belirleme teknolojileri kullanılmaktadır. Navigasyon sistemlerinin diğer bileşenleri ise haritalar, iletişim sistemleri ve tüm bileşenleri bir araya getiren bilgisayar ve elektronik teknolojileri olarak özetlenebilir [33, 41].

2.7.1. Araç navigasyon sistemleri

Teknolojinin ve teknolojik araçların gelişmesiyle birlikte konum belirleme sistemlerinde de hassasiyet artmış ve bunun paralelinde mobil uygulamaların

gelişimi hız kazanmıştır. Coğrafi bilgi sistemlerinin özel bir uygulaması olarak kabul edilen ve Şekil 2.7’de gösterilen “GPS Destekli Araç Navigasyon Sistemleri” giderek artan bir ivme ile yaygınlaşmış, yeni üretilen birçok araç için tercih edilen standart bir donanım haline gelmiştir. Navigasyon sistemlerine yönelik artan bu talepler, navigasyon sistemi ve çözümü üreten birçok firmanın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu gelişmelerin doğal bir sonucu olarak da çok çeşitli ve zengin özelliklere sahip, gelişmiş navigasyon sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu alandaki çalışmalar teknolojik gelişmelerin getirdiği yenilikler paralelinde artarak devam etmektedir. Araç navigasyon sistemleri, seyahat esnasında araç sürücüsünün dikkatini dağıtmadan, kullanımı kolay, sesle kumanda edilebilme özelliğine sahip, kablosuz iletişim araçlarıyla uyumlu, sürücüyü sesle ve görsel olarak yönlendiren sistemlerdir.



Şekil 2.7. Araç navigasyon sistemi

Araç navigasyon sistemlerinin temel amacı; sürücülere yolculukları sırasında güvenli ve rahat bir ulaşım sağlamak, sürücülerin en etkin ve en uygun güzergahı seçmesine yardımcı olmaktır. Bu sistemler genellikle GPS veya INS ya da bu ikisini birlikte konum belirlemek için kullanırlar. INS ve GPS sistemlerinin birlikte kullanımı ile herhangi bir nedenle GPS işaretlerinde bir problem çıkması durumunda konum belirleme işlemi kesintisiz devam ettirilebilmektedir. Araç navigasyon sistemleri, CD veya DVD ROM sürücülerini kullanarak CD’ye depolanmış olan harita veri tabanlarını kullanırlar ve ekranda o an bulunan konumu gösterirler. Sürücü gitmek

istediği yeri ya bu ekranda işaretleyerek ya da adres veri tabanından girerek sisteme bildirir. Sistem de sesli ve görüntülü dinamik rota yönetimi sayesinde bulunulan A noktasından, gidilmek istenen B noktasına ulaşımı sağlamaktadır. Bununla birlikte bu sistemler, sürüş sırasında sürücü için önemli olan trafik bilgilerini (hız limiti, tek yön bilgisi vs.) , alternatif seyir rotalarını ve bu bilgilere ek olarak güzergah üzerindeki turistik yerler, sosyal yaşam alanları (restoran, kafe, benzin istasyonu vb.) hakkında da sürücüyü bilgilendirmektedir [41].

Araç navigasyon sistemlerinin bir diğer temel amacı, araç kullanıcısının özellikle yabancı bir ortamda yapacağı hareketlerin, bir sistematik içinde, gerekli yönlendirmeler yapılarak desteklenmesidir [27]. Bir yol ağında navigasyon düşünüldüğü zaman öncelikle o ağın fiziksel özellikleri tanımlanmalıdır. Daha sonra bu tanımlara göre navigasyon şartları ortaya konulmalı ve ilerleme, durma, duraklama, dönme gibi navigasyon işlemleri tanımlanmalıdır. Böylelikle oluşturulacak model tamamlanmış olacaktır. Ağın fiziksel özellikleri tanımlanırken ağı oluşturan yolların türleri (otoyol, anayol, ara yol vb.), yönelimleri (doğu-batı, kuzey-güney vb.), isimleri, ara yolların ana yollarla bağlantıları, şehir içinden ya da dışından geçen yollar vb. özellikler kavramsal ve matematiksel olarak tanımlanmalıdır [33].

Araç navigasyon sistemleri, özellikle Japonya, Avrupa ve Amerika'da, son yıllarda yapılan çalışmalarla, otomobil endüstrisinin önemli bileşenlerinden biri olmuştur, Önceleri lüks otomobillere standart bileşen olarak eklenen bu sistemler, şimdilerde her sınıf otomobil için kullanılmaya başlanmıştır. Dahası, bu alanda Akıllı Ulaşım Sistemleri (ITS) kapsamında yapılan çalışmalar sürücüsüz araç (otomatik sürüş) modellerinin geliştirilmesine kadar ilerlemiştir. Günümüzde Japonya'da 10 Avrupa'da ise 2 milyon araç navigasyon sistemi kullanılmaktadır ve her yıl tüm dünyada 2 milyon sistem özellikle yeni araçlarda kullanıma sunulmaktadır [43].

Araç navigasyon sistemlerinde kullanılan yöntemler; en kısa ya da en uygun yoldan ya da amaca yönelik uğrak noktaları üzerinden ulaşım olarak üçe ayrılmaktadır. Bu yöntemlere dayalı çeşitli hesaplar yapılarak güzergâh belirlenmektedir. Günümüzde araç radyosu üreten birçok firma, bu tür hesaplamaları yapan araç navigasyon sistemlerini de üretmektedir. Bu sistemlerde, temelde, GPS ya da başka bir teknik ile

belirlenen konum bilgisi haritalar ile ilişkilendirilmekte ve sistem dahilinde kullanılan araç içi (Pocket PC, PDA vb.) bilgisayara bağlı hard disk, CD ya da DVD gibi cihazlar yardımı ile güzergah belirleme ve rehberlik hizmetleri sağlanmaktadır. Bu hizmetlerin kullanıcıya görsel olarak sunumunda ise haritalar kullanılmaktadır. Aynı zamanda sesli uyarı sistemleri de gerektiğinde yapıyı desteklemektedir [43].

2.7.2. Kişisel navigasyon

Kişisel Navigasyon Sistemi, insanların, günlük yaşamlarında o anda buldukları konumun belirlenmesini ve bu konumdan gitmek istedikleri yere ulaşmayı sağlayan sistemlerdir. Ulaşılmak istenen hedefe varmak için kullanıcıların istekleri doğrultusunda seçilen bir kafeterya, restoran, petrol istasyonu vb. gibi yerleri göstererek kullanıcıları bilgilendirmekte, turizm ve kültür alanlarına ulaşımı sağlamaktadır. İstenilen hedefin bulunamaması durumunda kullanıcıya alternatif yeni seçenekler sunabilmektedir. Bu sistemler, sahip olduğu özelliklere göre acil bir durumda o an bulunulan konuma en yakın eczaneleri, hastaneleri ve daha birçok yeri gösterebilmekte, buralara ulaşmak için en kısa yol seçeneklerini sunabilmektedir. Kısaca bu sistemler, coğrafi bilgi sistemlerinin bir mobil uygulaması diyebileceğimiz navigasyon sistemidir.

2.7.3. Navigasyonda konum belirleme sistemleri

Navigasyon, bir aracı veya insanı bir yerden başka bir yere ulaştırma olarak da tanımlanmaktadır. Her insan günlük hayatta aslında bir tür navigasyon yapmaktadır. Konumlama da yön bulmanın ayrılmaz bir parçasıdır. Yani coğrafi olarak ve yükseklikle beraber konumun üç boyutlu olarak belirlenmesidir. Radyo navigasyon (Radio Navigation Systems) araçları ile elektronik işaretler yayarak daha karmaşık türde navigasyon yapmak mümkündür. Bu işaretlerin işlenmesi ile kullanıcı, konumunu belirli doğruluk sınırları içerisinde belirleyebilmektedir [44].

2.7.4. Navigasyon koordinat sistemleri

Herhangi bir kara, deniz veya hava aracının hangi koordinat sisteminde navigasyon yapacağı sistemi tasarlayanın seçimine kalmıştır. Fakat bu seçimi sınırlayan bazı faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Bu faktörlerden biri ve en önemlisi,

navigasyonun yapılacağı mesafenin uzun veya kısa olmasıdır. Bu faktör, navigasyon koordinat sisteminin belirlenmesini etkiler. Örneğin; kısa mesafedeki navigasyonlar için tasarlanan mobil robotlarda yerel bir koordinat sistemi kullanılması iyi bir seçimdir. Uzun mesafelerde uçuş yapan uçaklar ve seyir eden gemiler, yeryüzüne bağlı olan koordinat sistemlerini kullanırlar. Gezegenler arası navigasyon yapan uzay araçları için, ataletsel olarak dönmeyen güneş merkezli bir koordinat sistemi seçilir. Bu koordinat sisteminin eksenlerini, uygun olarak seçilen yıldızların doğrultusu oluşturur [2]

2.8. Trafik Mesaj Kanalı (TMC) ve Çalışması

TMC (Traffic Message Channel) diğer ifadeyle Trafik Mesaj Kanalı (TMK); gerçek zamanlı trafik, yol durum ve hava bilgilerini yayınlamak ve sürücülere anında bilgilendirmek için bir FM Radyo Veri Sistemi (RVS) üzerinde bilgi gönderilmesini sağlayan bir sistemdir. Bir RVS/TMK alıcısı trafik bilgilerini alır, çözer ve görsel veya sesli trafik alarmlarına dönüştürür. Navigasyon cihazının ekranında görünen uyarı sembolleriyle sorunun tam olarak nerede olduğu kullanıcıya gösterilir. Bu sayede veriler doğrudan cihaza entegre edildiğinden araç navigasyonu tarafından bu bilgiler doğrultusunda sürücüye otomatik olarak bir alternatif rota önerilir.

RVS/TMK'nın çalışması şu şekilde olmaktadır; TMK trafik bilgi sistemleri veri toplayıcılar, bilgi sağlayıcılar, yayıncılar ve araç ve navigasyon üreticileri tarafından adapte edilen küresel standarda uygundur. Trafik akışı, olaylar, hava durumu, vb. konularla ilgili veriler çeşitli kaynaklardan (trafik izleme sistemleri, acil durum hizmetleri, sürücü geri bildirimleri vb.) toplanarak bir merkezi bilgi merkezinde bir araya getirilir ve TMK bilgi servisi sağlayıcısına aktarılır. TMK mesajları çok sayıda bilgi içermektedir, bu bilgileri aşağıda sıralanmıştır:

- Trafik sorununun nedeni ve ciddiyeti belirten tanımlama bilgisi
- Etkilenen alan, yol veya belirli konum belirten konum bilgisi
- Etkilenen trafik yönlerini bildiren yön bilgisi
- Sorunun her yönde ne kadar yayıldığı bildiren boyut bilgisi
- Sorunun trafik akışını ne kadar etkileyeceğini bildiren süre bilgisi
- Tıkanıklıktan kaçınmak için alternatif rotalar sapma önerisi

Tıkanıklıktan kaçınmak için alternatif rotaların seçilmesi için; servis sağlayıcı mesajı kodlar ve normal FM radyo yayınları içinde RVS olarak yayınlayan FM radyo yayıncılarına gönderir. Daha sonra navigasyon cihazındaki TMK kod çözücüsü mesajı çözer ve görsel ya da sözlü bir mesaj olarak sunar. Olayın trafik bilgi merkezine ilk rapor edilmesiyle, RVS/TMK alıcısının mesajı alması arasında genellikle sadece 30 saniye vardır [45].

O bölgedeki bir firma veya devlet kuruluşu, yollardaki durumu (trafik yoğunluğu, tamirat, kaza vb.) radyo frekansları üzerinden kullanılan GPS cihazına dijital olarak aktarmaktadır. Dolayısıyla sürücü bir A noktasından B noktasına giderken harita seyahat edilen güzergah eğer bu noktalardan geçiyorsa uyarılmakta, navigasyon cihazı sürücüye o noktada bir kaza ve trafik sıkışıklığı olduğunu bildirerek, alternatif bir rota isteyip istemediğini sormaktadır.

Dünyanın bazı ülkelerinde TMC destekli navigasyon cihazı kullanılıyor olmasına rağmen Türkiye’de trafik bilgilerini veren bir kurum ya da gerekli altyapı 2012 yılının ikinci yarısından sonra bazı şehirlerde oluşmaya başlamış olup ancak bu tarihten sonra TMC uyumlu navigasyon cihazları kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa’da bazı ülkelerde ve Amerika’da ise özellikle mesai bitiş saatlerinde büyük şehirde, hesaplanan her rota için navigasyonlar trafik yoğunluğu ile ilgili aynı uyarıyı yapmaktadır. Çünkü her yerde trafik yoğunluğunda birbirine yakın olabildiğinden TMC ister istemez kapatılmak zorunda kalılabilmektedir.

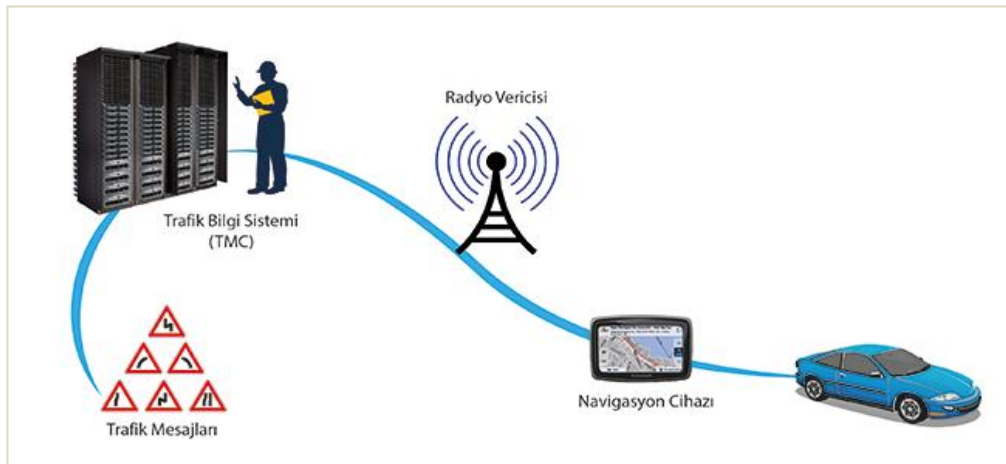
Şekil 2.8’de gösterilen Traffic Message Channel (TMC), sürücülere trafik ve seyahat gecikme bilgisini sağlayan bir teknolojidir. Tamamlayıcı Radyo Veri Sistemi (RDS) yayınlarını dijital bilgi FM radyo dalgaları üzerinden TMC güncellemelerini taşıyarak yapar.

RDS/TMC, trafik uyumlu bir araç navigasyonu ile gelebildiği gibi isteğe bağlı bir aksesuar olarak alınabilmektedir. RDS/TMC anteni genellikle arabanın ön camın alt kısmına vantuz ile yapıştırılmış olarak tasarlanmıştır. RDS ayrıca, haberler, hava durumu vb. diğer verileri sunma kapasitesine sahiptir. TMC trafik bilgileri genellikle polis raporları, trafik kameraları, sensör ve anonim hücresel ağ verilerinden elde edilmektedir. TMC uyumlu navigasyon cihazlarının sürücülere sağladığı en yararlı

ve belirgin fayda, trafik sıkışıklığıyla ilgili bilgilerin gerçek zamanlı olarak kullanılarak alternatif rota önerilmesidir.

TMC destekli navigasyon cihazları, yol durumuna erişerek trafik sıkışıklığı, yol çalışması veya kaza olan bölgelere sürücüyü sokmayarak yeni rotalar oluşturmakta ve böylece hem zamandan tasarruf ettirmekte, hem de yakıt masrafını azaltmaktadır. Avrupa ve Amerika'da bu hizmet, navigasyon cihazı kullanıcılarına sunulmuştur. Günümüzde Türkiye'de satılan navigasyon cihazlarının birçoğu TMC özelliğine sahip olmasına rağmen, TMC Türkiye'de 2012 yılının ikinci yarısından itibaren bazı şehirlerde daha yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de böyle bir altyapının oluşturulması çalışmaları hala devam etmektedir.

İstanbul başta olmak üzere diğer büyük şehirler için bu ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Özel navigasyon şirketleri ve belediyelerin ortak geliştirecekleri proje ve çalışmalarla bu sürecin daha da hızlanması beklenmektedir. Şu aşamada bu şehirlerde hızla kamera ve sensör sayısının artırılması çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmaların sonucunda elde edilen veriler kullanıcılar ile ücretsiz ya da düşük bir ücret karşılığında paylaşılması planlanmaktadır. Dünyada ise, cep telefonlarında trafik akış hızı operatörlerden alınarak sisteme entegre edilebilmekte ve abonelere çok daha hassas ve gerçek bilgiler, sensör olmayan yerler için de verilebilmektedir. Türkiye'de de bunlar gelecekte navigasyon sektörünün sürücülere sunacağı hizmetler arasında yer almaktadır. Bu açıdan düşünüldüğünde yapılan bu çalışmanın önemi daha da artmaktadır.



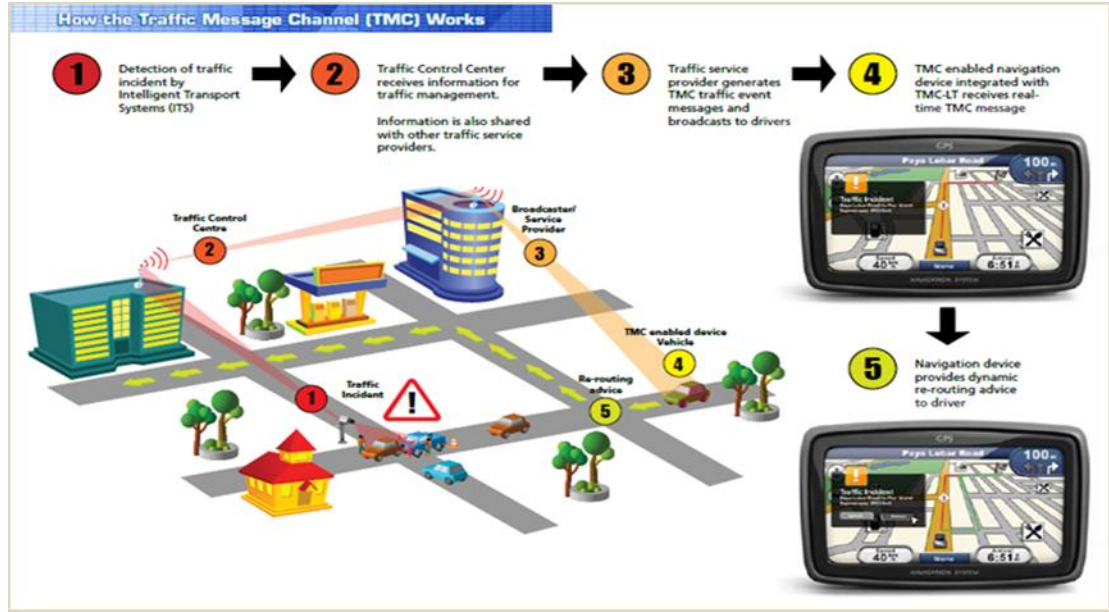
Şekil 2.8. TMC'nin navigasyon cihazına gönderilmesi

2.8.1. Trafik mesaj kanalı ile gerçek zamanlı trafik bilgisi

Araç navigasyon sistemlerinde gerçek zamanlı trafik bilgisinin kullanılmaya başlanması ile birlikte rota planlamada, karar vermeyi etkileyecek bileşenler arasında gerçek zamanlı yol trafik bilgisi de yerini almıştır. Araç navigasyon sistemlerinin sadece uydudan aldıkları GPS verileri ile bir başlangıç noktasından gidilmek istenen hedef noktaya varıncaya kadar hesapladığı ve sürücüye önerdiği rota üzerinde meydana gelen trafik olayları zorunlu rota değişikliklerini gerektirmektedir. Böyle bir durumda takip edilmekte olan rota üzerinde meydana gelen trafik olaylarının navigasyon sistemine dahil edilmemesi, olayın meydana geldiği noktaya varıncaya kadar bu durumdan haberdar olmadan alternatif bir rotayı kullanma şansımızı ortadan kaldırmaktadır. Bu durum hem zaman kaybına hem de yakıt açısından maliyetin artmasına neden olmaktadır. ABD, Avrupa'da birçok ülke ve dünyadaki bazı ülkeler araç navigasyon sistemlerinde gerçek zamanlı trafik bilgisini kullanmaktadır. [46]

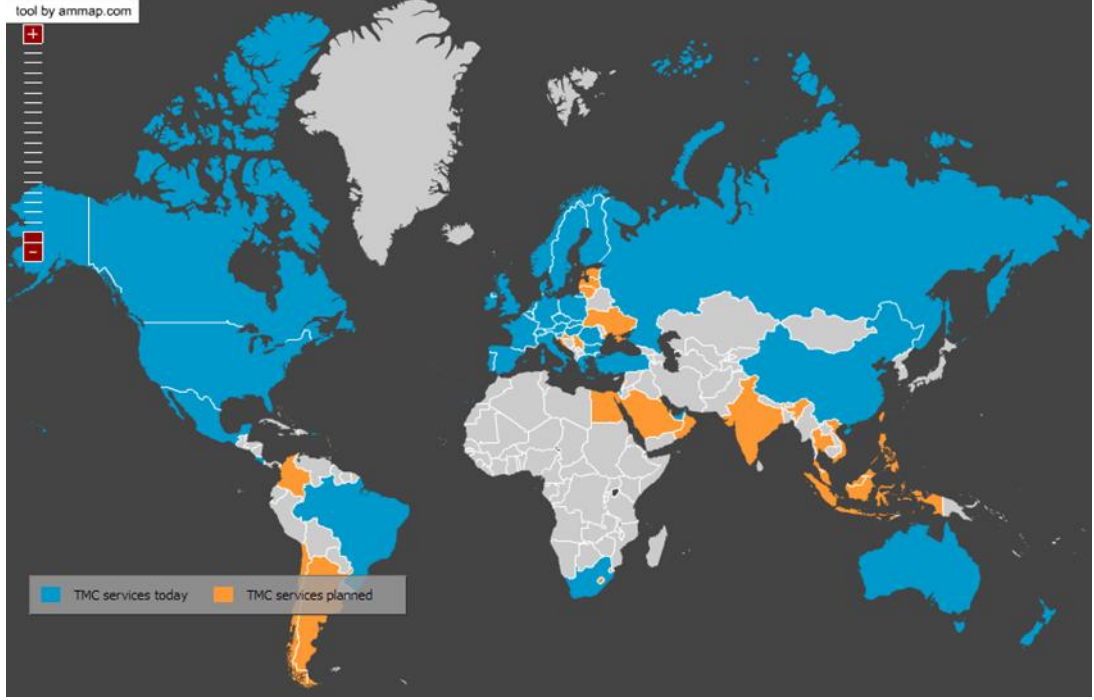
Gerçek zamanlı trafik bilgileri kullanıcılara/sürücülere Trafik Mesaj Kanalları (TMK) yoluyla sunulmaktadır. TMK, gerçek zamanlı trafik ve hava bilgilerini yayınlamak için FM Radyo frekansını kullanmaktadır. Bir TMK alıcısı anlık trafik bilgilerini görsel veya sesli trafik alarmlarına dönüştürerek navigasyon cihazının ekranında görünen uyarı sembolleriyle sorunun tam olarak nerede olduğunu sürücüye göstermektedir. Elde edilen bu veriler araç navigasyonu tarafından dikkate alınarak otomatik alternatif rota belirlenmekte ve sürücüye önerilmektedir. TMK mesajları trafik sorununun nedeni ve ciddiyeti, trafik olayından etkilenen alan, yol veya belirli konum, sorundan etkilenen yön, sorunun ne kadarlık bir yol ağını etkilediği ve bu etkinin ne kadar süreceği gibi bilgileri içerir. Bu bilgiler doğrultusunda söz konusu tıkanıklıktan kurtulmak ve alternatif rotanın seçilmesini sağlamak amacıyla bu bilginin trafik kontrol merkezine rapor edilmesi ve yolun son durum bilgisi güncellenmelidir. Şekil 2.9'da çalışma biçimi gösterilen TMC'de güncellenen bu son durum bilgisi sayesinde, rotası sorunun olduğu noktadan geçen araç sürücüleri TMK'dan aldıkları bu güncel bilgi ile rotalarını yeniden hesaplayarak alternatif rotayı kullanarak yollarına devam ederler görülmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde TMK servisleri bulunmaktadır. Türkiye'de kısıtlı da olsa yakın bir tarihte

kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 2.10'da Dünyada TMK servislerini kullanan ve kullanmayı planlayan ülkeler gösterilmiştir.



Şekil 2.9. TMC'nin çalışma biçimi

Günümüzde araç navigasyon sistemlerinin çoğunda TMK özelliği bulunmaktadır. Bu özelliğin kullanılabilmesi navigasyon sisteminin kullanıldığı ülkede TMK merkezlerinin/servislerinin olmasına bağlıdır. Başta Avrupa ve Kuzey Amerika olmak üzere birçok ülkede başarıyla uygulanan bu sistem sürücünün geçtiği yollardaki FM verici antenlerden bilgi aldığı için bir anlamda navigasyon sistemi gibi çalışmakta ve çevredeki yolların durumuyla ilgili bilgiler vermektedir. Bu bilgiler doğrultusunda sürücüler takip etmekte oldukları rotalardaki olası sorunlara karşı tedbirlerini önceden almakta ve alternatif rotalara yönlenebilmektedirler [46]. Bu merkezlerin olmadığı ülkelerde navigasyon cihazı TMK özelliğine sahip olsa da kullanımı mümkün olmamaktadır.



Şekil 2.10. Dünyada TMC kullanan ve kullanmayı planlayan ülkeler

2.9. Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi (TİYM)

Güncel yol trafik bilgilerinin toplandığı, belli bir sistematığe göre herkesin erişebileceği bir Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi, güncel canlı trafik bilgilerinin elde edilmesi ve bu bilgiler doğrultusunda rota hesaplamasının yapılması açısından son derece önemlidir. Bu tür bir merkez, TMK türü merkezlerin yerini almayacak olsa da araç navigasyonuna sahip bir sürücünün güncel trafik verilerini TMK'ya gerek duymaksızın belli aralıklarla bağlanarak alabileceği alternatif bir çözüm olacaktır. Ayrıca böyle bir sistem, TMK özelliğine sahip araç navigasyonları için destekleyici ve tamamlayıcı bir özellik olacaktır.

Merkezi bir sunucu üzerinden kullanıcılara sunulacak bu güncel trafik bilgileri, MOBESE kameralarından, değişik noktalara yerleştirilmiş trafik akış hızını ölçen algılayıcılardan, trafikten sorumlu görevlilerin verdiği bilgilerden, trafik izleme merkezlerinden gelen verilerden, sürücülerden gelen güvenilir bilgilerden, karayolları ve belediyeden gelecek bilgilerden oluşacaktır. Sürücüler araç navigasyonuna sahip internet bağlantısına sahip mobil telefonlar veya PDA'lar vasıtasıyla bu sunuculara erişmek suretiyle takip etmekte oldukları rota ile ilgili güncel trafik bilgilerini elde ederek, rotadaki herhangi bir olumsuzlukta navigasyon

sisteminin yeniden hesapladığı ve önerdiği alternatif rotayı kullanma imkanına sahip olacaklardır.

Tez kapsamında önerilen ve Şekil 2.11.'de gösterilen Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi (TİYM), sadece yolun açık veya kapalılık durumunu değil aynı zamanda belirli zaman dilimlerinde yolların yoğunluk durumunu da içerisinde barındırarak sürücülerin harekete başlama anında uygun rotayı seçmelerine imkan sağlayacak şekilde olacaktır. Harekete başlandığı andan itibaren de sadece önerilen rota üzerindeki trafik durumuyla ilgili değişiklikleri dikkate alacak ve bu durumda alternatif rota önerecektir.

TİYM'de güçlü bir sunucu altyapısı oluşturularak trafik izleme merkezine farklı kanallardan gelen verilerin yönetim merkezinde yetkilendirilmiş kişilerce girilmesi ile yol durum değişiklikleri hızlı bir şekilde güncellenecektir. Bu durum, hareket halinde olan ve bu merkezden belirli aralıklarla bağlanarak aldığı canlı trafik verilerine göre rotasını belirleyen sürücüler için son derece önemlidir. Sistem uydudan gelen GPS verileri ile bulunulan koordinatı belirleyip araç navigasyon yazılımı ile gidilecek nokta için en uygun rotayı belirlerken, TİYM'den aldığı anlık trafik verilerini de dikkate olarak işlem yapacaktır.



Şekil 2.11. Trafik izleme ve yönetim merkezi

2.10. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde coğrafi bilgi sistemleri, bu sistemlerin bileşenleri ve temel prensipleri, küresel konumlandırma sistemi olarak bilinen GPS ve sayısal haritalar hakkında bilgi verilmiştir. Navigasyon ve araç navigasyon sistemlerine değinilmiş, sayısal haritalar ve GPS'in bu sistemler için önemine vurgu yapılmıştır. TMC ve TMC'nin navigasyon sistemlerinde çalışma biçimi ile gerçek zamanlı trafik bilgisini nasıl kullandığı konusunda bilgilere yer verilerek, Türkiye için önerilen trafik izleme ve yönetim merkezinin çalışmasına değinilmiştir.

3. GÜZERGAH BELİRLEME UYGULAMALARINDA KULLANILAN YOL BULMA ALGORİTMALARI

Bu bölümde; tez çalışması ve geliştirilecek uygulama kapsamında düşünüldüğünde navigasyon cihazlarında kullanılan en kısa yolu hesaplama optimizasyon algoritmaları ile değişik mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılmakta olan sezgisel optimizasyon algoritmalarından öncelikli olanları incelenmiştir.

Greedy yaklaşımı hakkında bilgi verilmiş olup, bu yaklaşım referans alan algoritmalarından en kısa yolu hesaplayan optimizasyon algoritmalarından Dijkstra, A* algoritması, D* algoritması, Bellman ve Ford, Floyd algoritmaları hakkında kısa bilgi verilmektedir. Sezgisel optimizasyon algoritmaları olarak da bilinen genetik algoritma, karınca kolonisi algoritması, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) ve Big Bang-Big Crunch (BBBC) hakkında bilgi verilecektir.

3.1. Greedy Yaklaşımı

Noktalar üzerinde dolaşılırken bir sonraki düğümü belirlemek için kullanılan bir karar verme/seçme yaklaşımıdır. Mevcut durumdaki muhtemel seçenekler içerisinde en iyi olan düğümü seçer. Temel olarak yerel değerlendirmeler yapar. Yerel olarak yapılan değerlendirme sonucunda seçilen düğüm, daima global en iyi düğümün seçildiği anlamına gelmez. Fakat bazı durumlarda da en iyi sonuca götürme durumu söz konusu olabilir (en kısa yol algoritmaları) [47].

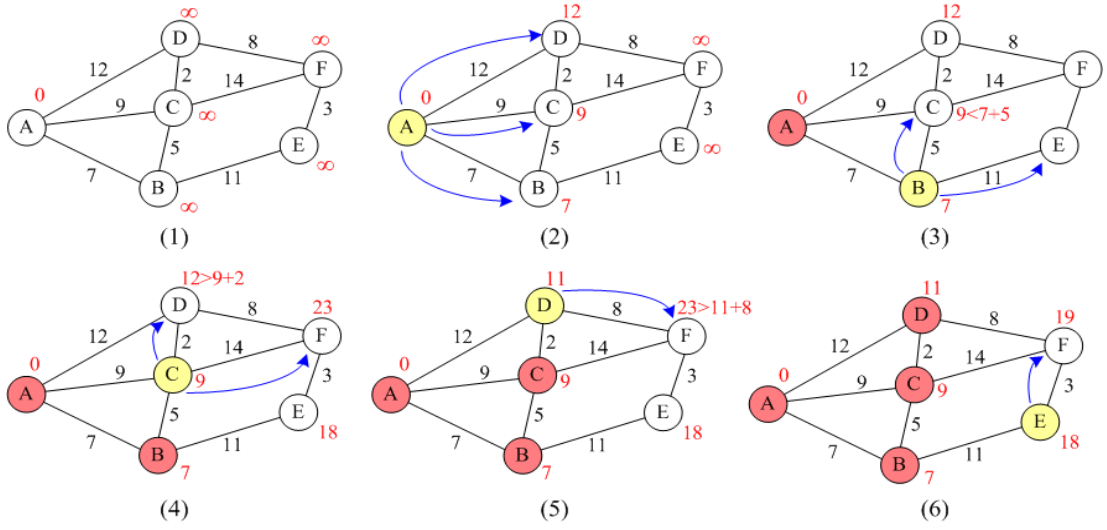
3.2. Dijkstra Algoritması

Dijkstra algoritması, yol bulma problemlerinde kullanılan algoritmalarından en çok bilinen ve kullanılanıdır. Bu tez çalışmasının uygulama yazılımlarında da bu algoritma kullanılmıştır. Algoritma 1959 yılında Edsger Dijkstra tarafından açıklanmıştır [48]. Dijkstra algoritması belirlenen bir başlangıç düğümünden, ortamdaki diğer bütün düğümlere giden en kısa yolların bulunması için kullanılmaktadır. Başlangıç düğümünden diğer tüm düğümlere giden bütün yolları sırayla kontrol eder. Bu nedenle, hedefe olan mesafe uzak olduğunda, uzun bir arama

zamanına sahiptir ve bu verimsiz arama, bir dezavantaj oluşturmaktadır [49]. Dijkstra algoritmasının işlem basamakları aşağıda verilmektedir [50];

1. Her düğüm için geçici olarak bir mesafe değeri atanır. Bu değer başlangıç düğümü için 0, diğer tüm düğümler için sonsuzdur.
2. Ziyaret edilmemiş tüm düğümler işaretlenir. İlk düğüm dışındaki tüm düğümler arasından ziyaret edilmemiş bir düğüm listesi oluşturulur.
3. Mevcut düğüm için, ziyaret edilmemiş komşu düğümlerin hepsi göz önünde bulundurulur ve bunların geçici mesafeleri hesaplanır. Örneğin; herhangi bir A düğümü için mesafe 0 olarak verilsin. A düğümüne komşu bir B düğümü için de aralarındaki mesafe 7 olarak verilsin. Bu durumda A üzerinden B'ye gitme mesafesi $0+7=7$ olacaktır. Bu mesafe, B üzerinde daha önceden kaydedilmiş geçici mesafeden daha az ise, yeni mesafe geçici mesafenin üzerine kaydedilir.
4. Mevcut düğümün tüm komşuları incelendiğinde, mevcut düğüm ziyaret edilmiş olarak işaretlenir ve ziyaret edilmemiş düğümler listesinden çıkartılır. Ziyaret edilen bir düğüm tekrar kontrol edilmez.
5. Hedef düğüm ziyaret edilmiş olarak işaretlendiyse veya ziyaret edilmemiş düğümler listesindeki düğümler arasında en küçük geçici mesafe sonsuz ise algoritma bitirilir.
6. Ziyaret edilmemiş düğümler listesindeki en küçük geçici mesafeli düğüm seçilerek mevcut düğüm olarak atanır ve 3. adıma geri dönülür.

Şekil 3.1'de, bir yol bulma probleminin Dijkstra algoritması ile aşama aşama çözümü örnek olarak gösterilmektedir. Örnekteki mesafe bilgilerine göre, A noktasından F noktasına gitmek için bulunan en kısa yol A-C-D-F düğümlerini takip etmektedir ve toplam mesafe 19 birimdir.



Şekil 3.1. Dijkstra algoritması örneği

3.3. Bellman-Ford Algoritması

Bellman ve Ford Algoritması, Dijkstra algoritmasında olduğu gibi bir başlangıç düğümünden diğer tüm düğümlere olan en kısa yolları bulur ya da bir negatif ağırlık çevrimi olduğunu saptar. Bellman-Ford algoritması maliyetli (negatif maliyetli de olabilir) yönlü graflarda tek kaynaklı en kısa yolları (single-source shortest path) bulmak için kullanılır [47]. Dijkstra algoritmasında aynı problem çok daha düşük çalışma zamanıyla gerçekleştirilmesine karşın maliyetlerin pozitif olma koşulu aranır. Bundan dolayı Bellman-Ford algoritma sadece maliyetler negatif olduğunda kullanılmaktadır. Bazı durumlarda grafın eksi maliyetli değerler alması söz konusu olabilmektedir. Bellman-Ford Algoritmasının pseudocode (kaba) kodu Şekil 3.2'deki gibidir. Şekil 3.3'de gösterildiği üzere, Dijkstra algoritması kenar maliyetleri sıfır veya artı olan graflar için doğru sonuç verirken Bellman ve Ford Algoritmasının kenar maliyetleri sadece pozitif olan değil negatif olan graflar için de sonuç vermektedir.

```

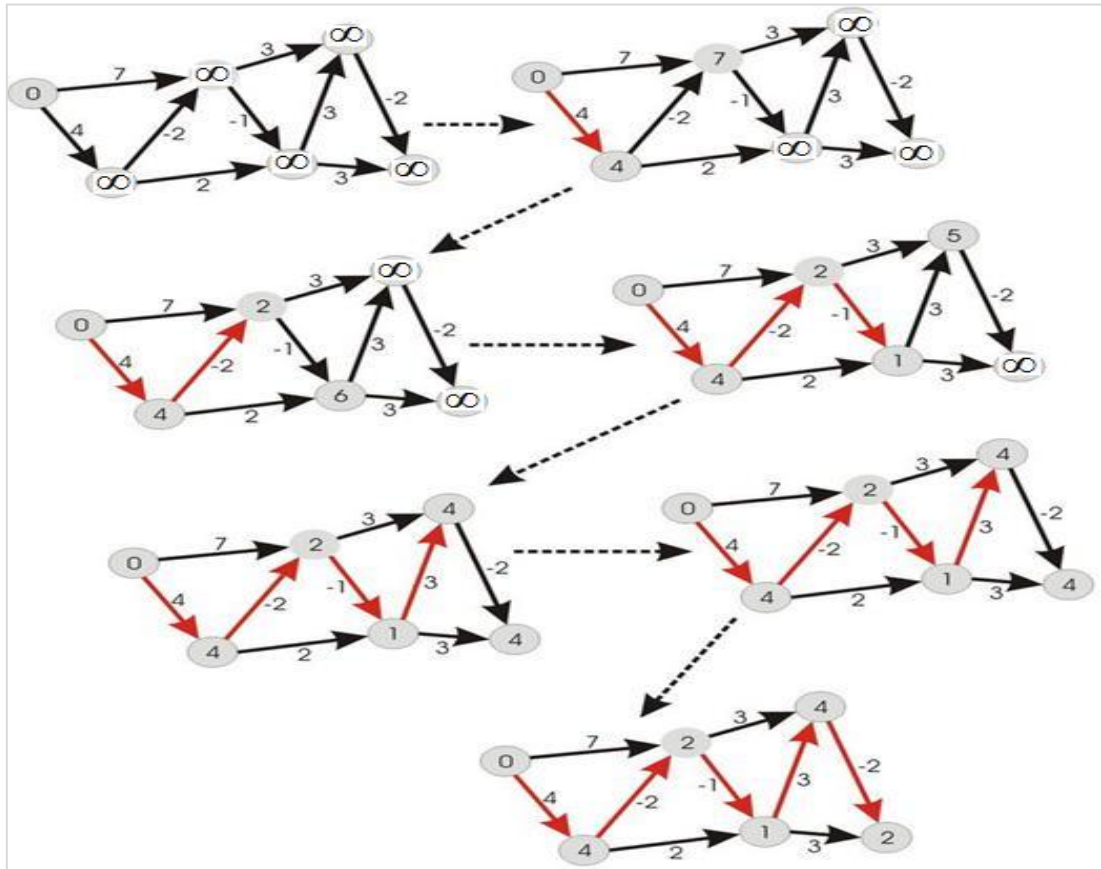
function BellmanFord(list vertices, list edges, vertex source)
//Adım 1: graf hazırlanıyor
for each Düğüm v in DüğümKümesi:
    if v is başlangıç then v.uzaklık := 0
    else v.uzaklık := sonsuz
    v.predecessor := null

// Adım 2: Tekrarlı olarak kenarları relax et.
for i from 1 to size(DüğümKümesi):
    for each kenar uv in KenarlarKümesi:
        u := uv.baslangıç
        v := uv.hedef //uv u' dan v' ye olan kenar
        if v.uzaklık > u.uzaklık+ uv.ağırlık:
            v.uzaklık := u.uzaklık+ uv.ağırlık
            v.predecessor := u

// Adım 3: negatif maliyetli çevrimler (cycles) için kontrol et
for each kenar uv in KenarlarKümesi:
    u := uv.baslangıç
    v := uv.hedef
    if v.uzaklık > u.uzaklık+ uv.ağırlık:
        error "Graf negatif ağırlıklı çevrim içermekte"

```

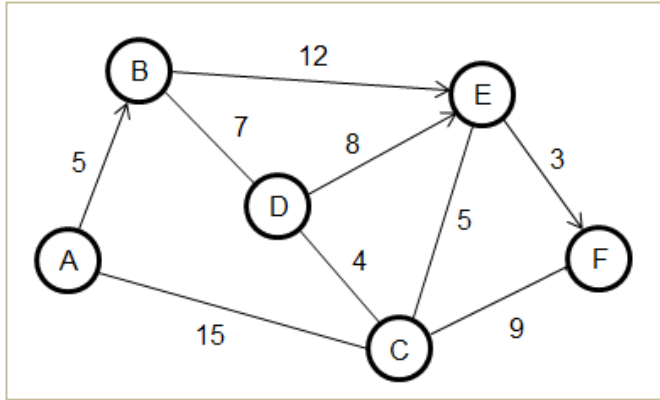
Şekil 3.2. Belman-Ford algoritmasının kaba kodu



Şekil 3.3. Bellman ve Ford algoritması çalışmasına örnek

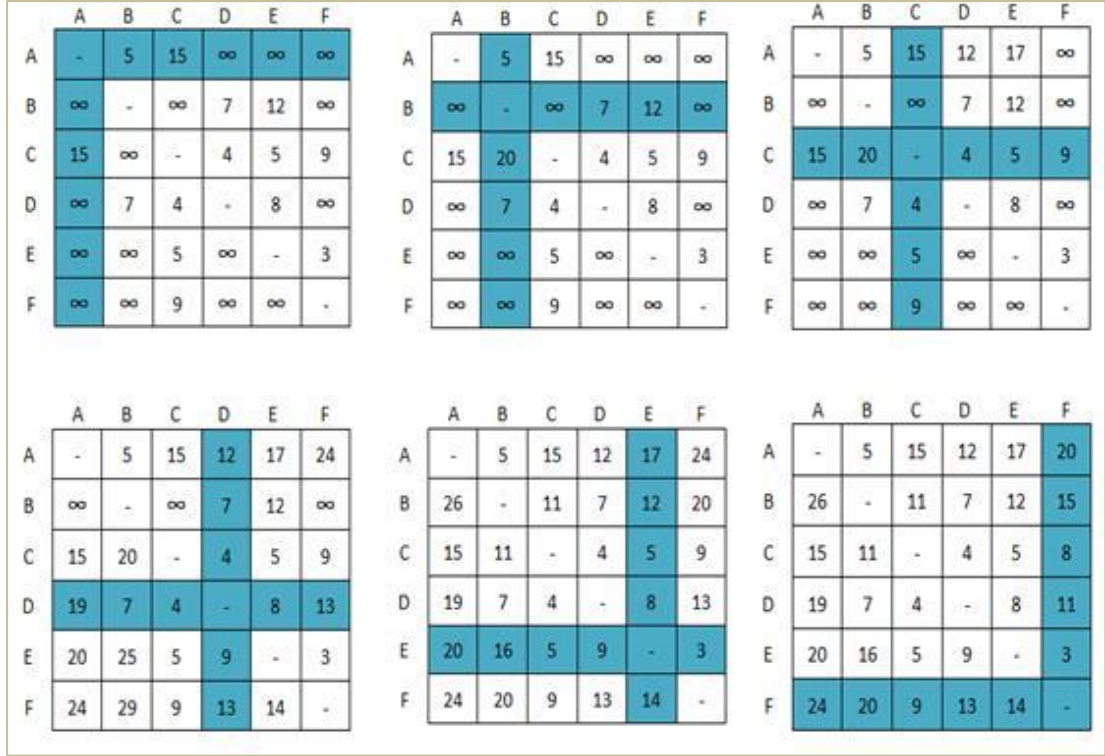
3.4. Floyd- Warshall Algoritması

Floyd Algoritması olarak da bilenen ve graf üzerinde her bir düğüm için diğer düğümlere olan en kısa yolları bulan en genel algoritmadır. Floyd Algoritmasının verdiği sonuç, Dijkstra algoritmasının graftaki düğüm sayısı kadar çalıştırılmasıyla da elde edilebilir. Floyd Algoritmasının yoğun graflarda kullanılması daha iyi bir seçimdir; çünkü çok seyrek graflarda Dijkstra algoritmasının düğüm sayısının katı kadar çalıştırılmasıyla daha iyi sonuçlar alınır. Floyd Algoritmasına göre grafın komşuluk matrisi, sonucun tutulacağı uzaklık matrisi ve en kısa yol bilgilerinin tutulacağı rota matrisi bulunmaktadır. Başlangıç düğümünün komşuluk matrisindeki maliyetler başlangıç maliyetleri olarak kabul edilmiştir. Eğer düğümler arasında doğrudan bağlantı yok ise bu düğümler arasındaki maliyetler ∞ yapılıdır [47].



Şekil 3.4. 6 düğümlü örnek bir graf

Floyd-Warshall algoritmasında N düğümlü bir yol ağı için 2 tane $N \times N$ 'lik matris kullanılır. Bir tanesi mesafeler matrisi (M) ve diğeri düğümlerin sırası (D). M matrisinde (i, j) elemanı, i noktasından j noktasına olan uzaklığı temsil eder. Matriste satır elemanları (i) kaynağı ve sütun elemanları (j) hedefi belirtir. Matriste hedef ve kaynak düğümler eğer aynı ise (i, j) noktası boş bırakılır. Çünkü kaynak ve hedef noktalar aynı olamaz. Şekil 3.4'de verilen 6 düğümlü graf Floyd-Warshall algoritmasına göre Şekil 3.5'de gösterildiği gibi 6 adımda gerçekleşmektedir.



Şekil 3.5. 6 düğümlü grafın Floyd-Warshall algoritmasına göre çözümü

Floyd-Warshall algoritmasına göre 6 düğümlü grafın 6 adımda çözülen ve her noktanın birbirine olan uzaklığını gösteren Şekil 3.5'deki çözüm, söz konusu algoritmanın Şekil 3.6'daki pseudocode (kaba) koduna göre çözülmüştür.

```

FLOYD-WARSHALL'(W)
1  n = W.rows
2  D = W
3  for k = 1 to n
4      for i = 1 to n
5          for j = 1 to n
6              dij = min(dij, dik + dkj)
7  return D

```

Şekil 3.6. Floyd-Warshall pseudocode (kaba) kodu

3.5. A* (A-yıldız) Algoritması

A* algoritması, başlangıç düğümü ile bir hedef düğüm arasındaki en az maliyetli yolu bulmak için kullanılır. Bu algoritma ilk olarak 1968 yılında Peter Hart, Nils

Nilsson, ve Bertram Raphael tarafından açıklanmıştır [51]. İlk olarak A algoritması olarak adlandırılrsa da, daha sonraları kullanmış olduğu sezgisel yaklaşımdan dolayı A* olarak adlandırılmıştır. En kısa yol hesaplanırken; toplam maliyet fonksiyonu $f(x)$, uzaklık fonksiyonu $g(x)$ ile sezgisel fonksiyon $h(x)$ toplanarak elde edilir (Denklem 3.1). Uzaklık fonksiyonu $g(x)$, başlangıç düğümü ile üzerinde bulunan mevcut düğüm arasındaki geline yol uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. $h(x)$ sezgisel fonksiyonu ise mevcut düğüm ile bitiş düğümü arasındaki düz bir çizginin uzunluğunu temsil eder. Bu, mevcut düğüm ile hedef arasındaki kuş bakışı mesafe olarak da adlandırılmaktadır. Algoritma başlangıç düğümünden başlayarak, en düşük $f(x)$ değerli düğüme doğru yayılır. Dijkstra algoritmasındaki mevcut düğümden dışarıya doğru bütün yönlerde ilerlemek yerine, hedef düğüme doğru yayılım gösterir;

$$f(x) = g(x) + h(x) \quad (3.1)$$

A* algoritmasının işlem basamakları aşağıda verilmektedir [41];

1. Başlangıç düğümü olarak A düğümü açık listeye eklenir. Açık liste kontrol edilmesi gereken düğümleri içermektedir.
2. Başlangıç düğümünün komşuları incelenir. Komşu düğümlerden, örneğin engel gibi yasak olanlar var ise bunlar göz ardı edilerek, yasak olmayanlar açık listeye eklenir. Eklenen bu düğümlerin her biri A düğümünün “çocuk düğümleri” olarak kaydedilir.
3. A düğümü açık listeden çıkartılıp kapalı listeye eklenir. Artık A düğümü tekrar incelenmeyecektir.
4. Açık listedeki en düşük değerlikli düğüm yeni mevcut düğüm olarak işaretlenir. Bir komşu düğüm önceden açık listeye eklenmiş ise, o düğümün önceki ve şimdiki $g(x)$ maliyetlerine bakılır ve maliyeti düşük olan yol bilgisi korunur.
5. Bu şekilde, hedef düğüme erişilene kadar 2-4 adımları tekrar edilir.

Şekil 3.5, A* algoritması kullanılarak, A başlangıç düğümünden B hedef düğümüne gitmek için gerekli olan adımları göstermektedir. Şekilde, gri renkli kareler yasak olan düğümleri, beyaz renkli kareler hiç kontrol edilmemiş olan düğümleri, mavi renkli kareler kapalı listedeki düğümleri, açık yeşil renkli kareler açık listede yer alan düğümleri ve sarı renkli kareler ise A noktasından B noktasına gitmek için gereken

en kısa yolu ifade etmektedir. Her bir kare üzerinde kendi ebeveynini gösteren işaretçi bulunmaktadır. Yine şekilde görüldüğü gibi, maliyet fonksiyonları kare üzerinde belirtilmektedir. $f(x)$ üst solda, $g(x)$ sol altta ve $h(x)$ değeri ise sağ alta gösterilmektedir. Karelerin kenar uzunlukları 10'ar birim ve hesap kolaylığı açısından olarak alınmaktadır. $h(x)$ sezgisel fonksiyonunun hesaplanmasında Manhattan mesafesi kullanılmaktadır.

3.6. D* (D-yıldız) Algoritması

D* algoritması, ilk olarak 1994 yılında Anthony Stentz tarafından açıklanmıştır [52]. D* ismi, Dinamik A* algoritmasından gelmektedir. D*, D*-Lite, Focused D* gibi algoritmaların hepsi sezgisel varsayıma dayanan yol bulma algoritmalarıdır. Otonom gezgin araç, kısmi olarak bilinen ya da hiç bilinmeyen bir arazi üzerinde varsayımlar yaparak, verilen hedefi bulmak zorundadır. Araç, arazinin bilinmeyen parçası hakkında varsayımda bulunur. Örneğin, başlangıçta hiçbir engel olmadığını varsayar. Bu ve benzeri varsayımlar altında, mevcut koordinattan hedef koordinata en kısa yolu bulmaya çalışır. Araç, önceden bilinmeyen engellerin artık biliniyor olması gibi yeni bir harita bilgisi keşfettiğinde, bu bilgiyi kendi haritasına ekleyerek güncelleme yapar ve gerekli ise mevcut konumundan hedef konuma en yakın yolu yeniden planlar. Hedef konuma ulaşana kadar bu işlemleri tekrarlar veya hedef konuma ulaşamayacağını belirler. Araç, bilinmeyen bir araziye gelindiğinde, sık sık yeni engellerle karşılaşabilir ve yeni planlamalar yapmak zorunda kalabilir. Bu durumda, planlamanın çok hızlı bir şekilde yapılması gerekmektedir. Sezgisel arama algoritmaları, mevcut durum için önceki problemlerden elde edilen deneyimleri kullanarak aramayı hızlandırabilirler.

3.7. Genetik Algoritmalar

GA, temel ilkeleri John Holland [53] tarafından ortaya atılmış, genetik bilimine dayanan bir optimizasyon tekniğidir. GA, iteratif çalışan ve rastlantısal olarak arama yapan bir algoritmadır. Genetik alanındaki çaprazlama, mutasyon, doğal seçim gibi biyolojik süreçlerden esinlenerek geliştirilmiş ve bu süreçleri matematiksel olarak modelleyerek fonksiyonları optimize eden bir algoritmadır. GA, doğadaki “güçlü olan birey hayatta kalır [54].” prensibine bağlı kalarak, nüfustaki iyi bireylere yaşama şansı vermekte ve nüfusu oluşturan bireylerin, yani aday çözümlerin

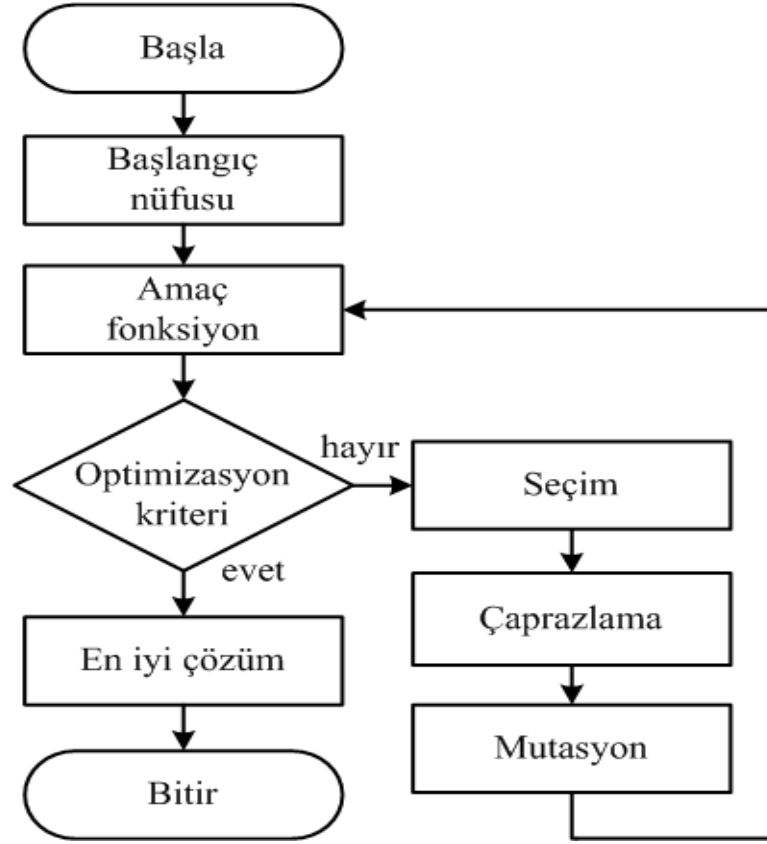
kuşaktan kuşağa iyileşmesini sağlamaktadır. Bu özelliğiyle GA, tamamen rastgele bir arama değil, geçmiş kuşaklardaki genetik verilere dayalı olarak bir arama gerçekleştirmektedir.

Şekil 3.7’de akış diyagramı gösterilen GA’nın çalışma adımları kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir;

- Çözüm uzayındaki olası tüm çözümler bir dizi olarak kodlanır. Bu kodlanmış diziler GA’nın kromozomlarını veya diğer ismiyle bireylerini ifade eder. Kromozomu oluşturan genler, çözümü oluşturan parametrelerdir.
- Kodlanmış kromozomlar içinden rastgele bir grup çözüm alınarak, başlangıç nüfusu oluşturulur. Nüfus içerisindeki kromozom sayısı nüfus büyüklüğünü gösterir. GA için en yaygın kullanılan kromozom kodlama biçimleri ikili (binary) kodlama ve gerçel (real) sayı kodlamalarıdır.
- Nüfus içerisindeki her bir bireyin amaç fonksiyon değeri hesaplanır. GA’nın amacı en iyi amaç fonksiyonuna sahip bireyi bulabilmektir.
- Amaç fonksiyon değeri, herhangi bir bireyin çözüm için uygunluğunun bir ölçüsüdür. Amaç fonksiyon değeri, problemin başında belirlenen optimizasyon kriterini sağlıyor ise algoritma sonlandırılır, aksi halde algoritma çalışmaya devam ettirilir.
- Amaç fonksiyon değerlerine göre bireylerin seçilme olasılıkları belirlenir. Bireyler, seçilme olasılıklarına göre rastgele olarak seçim işlemine tabi tutulur. Seçim işlemi ile problemin çözümü için en çok uyum sağlayan bireylerin genlerinin gelecek kuşaklara aktarılması sağlanmış olur.
- Çaprazlama ve mutasyon işlemleri uygulanarak daha iyi ve çözüm için daha uyumlu bireyler bulunur. Çaprazlama ve mutasyon işlemleri, problemin başında çözüm parametresi olarak verilen olasılıklar dahilinde gerçekleştirilir.
- Yeni bireylerin amaç fonksiyon değerleri hesaplanır

GA, paralel ve genel arama yapan algoritmalarıdır. Aynı anda arama uzayının birçok yerinde paralel olarak arama yapabilmekte ve çözüme daha hızlı bir şekilde ulaşabilmektedir. GA problemlere tek bir çözüm üretmez. Bunun yerine farklı çözümlerin olduğu bir çözüm kümesi üretir. Bu sayede, arama alanındaki birçok nokta kontrol edilebilmekte ve çözüme ulaşma olasılığı artmaktadır. GA sezgisel bir algoritma olduğu için problemlerin çözümünde her zaman en iyi çözümü

bulamayabilir, fakat geleneksel yöntemlerle çözülemeyen ya da çözüm süresi uzun olan problemler için en iyi çözüme yakın çözümler üretebilirler.



Şekil 3.7. GA'nın akış diyagramı

GA'nın en büyük avantajı, diğer sezgisel algoritmaların aksine daha karmaşık problemleri çözebilmeleridir. GA'yı diğer algoritmalarından ayıran en önemli özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir [54];

- GA tek bir çözümle değil, çözümlerden oluşan bir nüfus ile arama işlemine başlar. Bir çözüm başarısız olmuş ise, bunun yerine nüfus içerisindeki diğer başarılı çözümlerin özelliklerinden yararlanarak yeni bir çözüm üretir. Böylece, algoritmaya paralel çözüm arama yeteneği katılmış olur. Paralellik nedeniyle arama uzayını hızlı arar.
- GA'da problem değişkenleri veya parametreleri doğrudan kullanılmazlar. Bunların yerine problemin kodları kullanılır. Çözümün kendisi ile değil, çözüm grubunun kodlarıyla çalışır.

- GA türev bilgisi ve çözüm uzayı hakkında başlangıç bilgisi gerektirmeyen, rastlantısal yapısı gereği çözüm uzayının tamamında arama yapabilen bir algoritmadır. Klasik yöntemlerin aksine GA gürültülü, süreksiz ve zamanla değişen fonksiyonları da optimize edebilirler.

3.8. Karınca Kolonisi Algoritması

Karınca Kolonisi Optimizasyonu (ACO) bir çok kombinasyonel optimizasyon problemlerinde iyi sonuçlar veren bir yarı sezgisel (meta-heuristic) tekniktir. Bu tekniğin geliştirilmesinde gerçek karınca kolonilerinin gıda arama tekniklerinden faydalanılmıştır. Birçok karınca kolonisinde karıncalar yiyeceklerini ararken, öncelikle yuvalarının etrafında rastgele dolaşarak keşfe başlarlar. Yiyecek kaynaklarını bulduklarında, yiyeceğin kalitesini ve miktarını değerlendirdikten sonra bir kısmını yuvaya taşırlar. Bu dönüş sırasında diğer karıncaların da aynı kaynağı bulabilmeleri için yiyeceğin kalitesine ve miktarına bağlı olarak kimyasal feromon (pheromone) maddesini geçtikleri yolun üzerine bırakırlar. Bırakılan bu izler diğer karıncalara rehberlik ederek belli olasılıkla o yolu takip etmelerini ve kaynağı bulmalarına yardım eder. Bu şekilde feromon vasıtasıyla yapılan dolaylı iletişim (stigmergy), karıncaların gıda ile yuva arasında en kısa yolu bulmalarına olanak tanır. İşte karıncaların bu davranışları ACO algoritmalarının geliştirilmesinde ilham kaynağı olmuştur [55].

1. İkleme

$t=0$ anında {zaman sayacı}

$NC=0$ {NC tur sayısı}

Her kenar (i,j) için $\tau_{ij}(t)=c$ ve $\Delta\tau_{ij}=0$ olarak ilkle { τ_{ij} feromen yoğunluğu}

m tane karıncayı n tane düğüme rastgele yerleştir { m : toplam karınca sayısı}

2. Tur başlangıcı

$s=1$ { s : tabu listesi (ziyaret edilen düğüm listesi) indeksi}

For $k=1$ to m do

k. karıncanın tabu(s) listesine başlangıç düğümünü ekle

3. Her karıncanın turu

Tabu listesi dolana kadar tekrarla {bu basamak n-1 defa tekrarlanacak}

s=s+1

For k=1 to m do

$p_{ij}^k(t)$ olasılığına göre j düğümünü hareket ettirmek için seç {k: Karınca t zamanında
i=tabu_k(s-1) düğümünde}

k. karıncayı j düğümüne hareket ettir.

j düğümünü tabu_k(s)'ye ekle.

4. Tur sonunda tur uzunluğunu ölçme ve en iyi tur değerini yenileme

For k=1 to m do

k. karıncanın indeksini tabu_k(n)'den tabu_k(1)'ye getir.

L_k (tur uzunluğunu) her k. karınca için hesapla

En iyi tur değerini bul ve yenile

Her kenar(i, j) yolu için {Buharlaştıma ile birlikte feromen izi bırakma}

For k=1 to m do

$$\Delta\tau_{i,j}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{Eğer } (i, j) \in \text{tabu}_k \\ 0 & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

$$\Delta\tau_{ij} = \Delta\tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}^k$$

Her kenar için $\tau_{ij}(t+n) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}$ eşitliğine göre ve $\tau_{ij}(t+n)$ 'i bul

t=t+n, NC=NC+1

Her kenar (i,j) için ve $\Delta_{ij}=0$

5. Sonlandırma

Eğer ($NC < NC_{MAX}$) ise { NC_{MAX} maksimum tur sayısı}

Tüm karıncaların tabu listesini boşalt

2. basamağa git

değilse

En kısa turu yaz

6. Bitiş

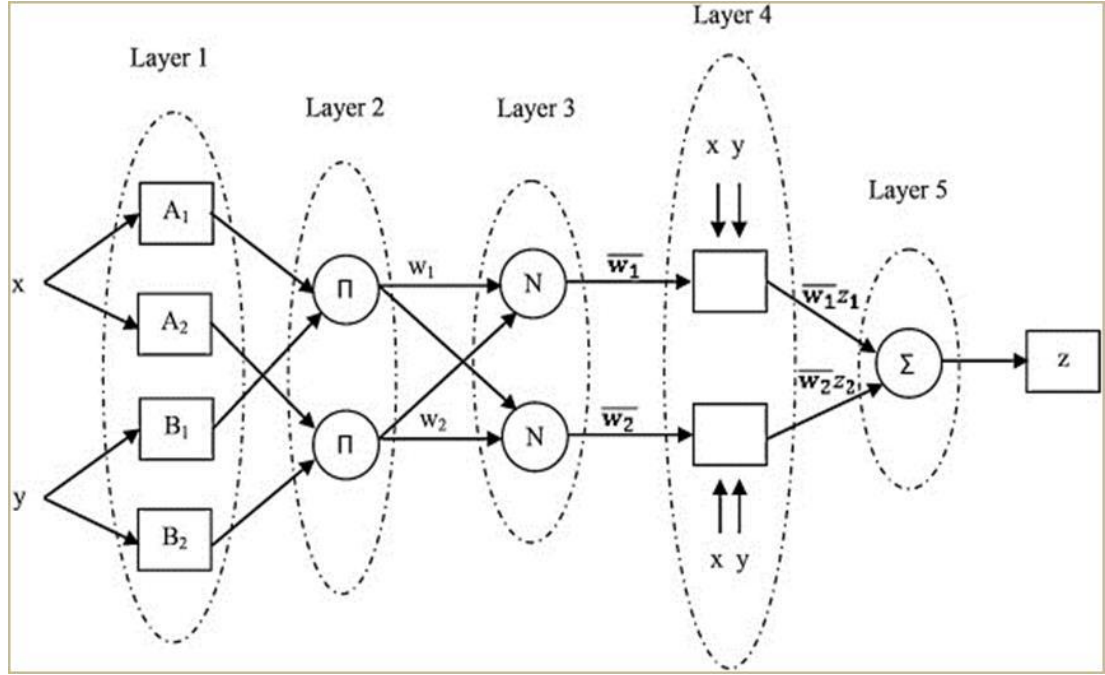
3.9. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Günümüzde geleneksel yöntemlere alternatif olarak doğrusal bir ilişkiye sahip olmayan problemlerin çözümünde, yapay sinir ağı ya da bulanık mantık tabanlı akıllı sistemler kullanılmaktadır. Bulanık mantık ve sinir ağları, akıllı sistemlerin geliştirilmesinde birlikte kullanılan tamamlayıcı araçlardır. Yapay sinir ağları, ham verilerle uğraşıldığında iyi sonuçlar veren düşük seviyeli yapılardır. Bulanık mantık ise, uzman görüşü sonucu elde edilen dilsel bilgileri kullanarak daha yüksek seviyeli sonuçlar çıkarmaktadır. Aslında bulanık sistemlerin öğrenme kabiliyeti yoktur ve kendilerini yeni çevreye adapte edemezler. Diğer yandan yapay sinir ağları öğrenme kabiliyetine sahiptir; fakat kullanıcı tarafından anlaşılabilir [56, 57].

Sinir-bulanık sistemler, yapay sinir ağlarının paralel hesaplayabilme ve öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın uzman bilgisini kullanarak sonuçlar çıkarabilme özelliklerinin birleşiminden oluşur. Sonuç olarak sinir-bulanık sistemler sayesinde her iki yöntemin en kullanışlı yönleri bir araya getirilerek daha etkin yaklaşımlar geliştirilmiştir [58]

Şekil 3.8’de gösterilen ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), ele alınan problem için oluşturulan yapıya göre olası tüm kuralları atayabilmekte veya kuralların veriler yardımıyla bir akıllı uzman tarafından atanmasına olanak vermektedir. ANFIS’in kural oluşturabilmesi veya kural oluşturulmasına olanak

sağlaması uzman görüşlerinden faydalanması anlamına gelmektedir. Bu nedenle birçok tahmin probleminde yapay sinir ağlarına uzman görüşlerinden faydalanma imkanı tanıdığı için karesel ortalama hata kriterine göre daha iyi sonuçlar elde edilmesini mümkün kılmaktadır.



Şekil 3.8. ANFIS yapısı

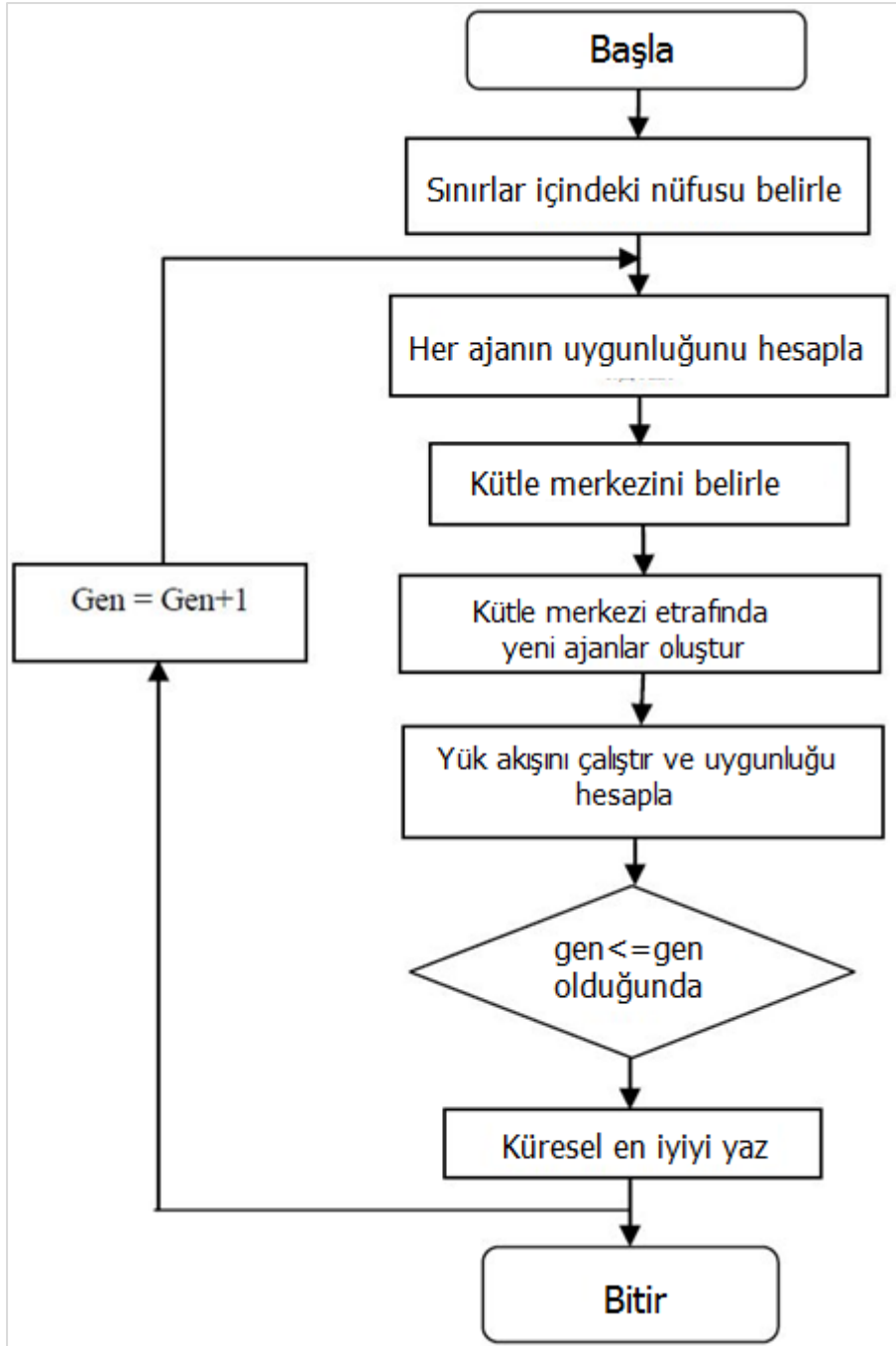
3.10. Big-Bang Big Crunch (BB-BC) Yöntemi

Oldukça yeni ve farklı alanlara uygulanmakta olan BB - BC yöntemi, esaslarını evrenin büyük patlama (BB) ile oluşumu ve büyük büzülme (BC) ile yok oluşu ile ilgili bir görüşün benzetiminden almış bir yaklaşımdır [59]. Bu yaklaşıma göre; büyük patlama aşamasında bir alana yayılan rastgele yeni aday çözümler üretilmekte, bu aday çözümler içerisinde büyük büzülme aşaması ile en iyi olacak tek bir çözüme ulaşılmaya çalışılmaktadır. Diğer bir ifade ile büyük patlama ile çözüm uzayında birden bire, sayısı uygulayıcı tarafından belirlenen ve uzayda düzgün olarak yayılmış rastgele yani aday çözümler oluşmaktadır. Bu aşama evrenin oluşumuyla ilgili büyük patlamayı canlandırmaktadır. Daha sonra en iyilenmesi istenen fonksiyonun bu aday çözüm vektörlerinde aldığı değerler bulunmakta ve daha iyilere daha büyük ağırlıklar verilerek vektörlerin ağırlıklı ortalaması bulunmaktadır. Bu aşama tüm uzayın yeniden bir noktada toplanması gibi düşünülerek varsayılan bir

büyük büzülme adımına benzetilmekte ve bulunan nokta evrenin merkezi olarak değerlendirilmektedir.

Daha sonraki aşamada en iyi olduğu kabul edilen ve evrenin merkezi olarak değerlendirilen noktadan yeni bir büyük patlama gerçekleşmektedir. Ne var ki bu ve bundan sonraki büyük patlamalarda ortaya çıkan çözüm aday vektörler (yıldızlar) uzayda düzgün yayılı olarak değil, evrenin merkezinde daha yoğun olarak oluşturulmaktadır. Bu aşama tekrar bir değerlendirme ve yeni bir büyük büzülme ile devam etmekte, bu adımlar yeteri kadar devam ettirilerek evrenin merkezinin değişmediğinin anlaşıldığı duruma kadar gidilmektedir. Bu döngülerin tamamlanmasından sonra ulaşılan evrenin merkezi aranan çözüm vektörü olarak değerlendirilmektedir.

Bu yöntem ilk olarak tarafından doğrusal olmayan deneme fonksiyonlarının köklerinin bulunması uygulamasıyla ileri sürülmüştür [59]. Daha sonra kafes giriş tasarımı en iyileştirmesi [60, 61], hedef izlenmesi [62] ve ters kontrol sistemleri [63] gibi problemlere uygulanmıştır. Uygulamanın sürekli ve ayrık değişkenler durumunda göstereceği değişiklikler de tarafından incelenmiştir [60]. Yöntem için geliştirilen formülasyonun karmaşık işlemler gerektirmemesi, yöntemin çekiciliğini artıran önemli bir unsur olmuştur. Bu yaklaşımın akış şeması Şekil 3.9'da verilmektedir.



Şekil 3.9. BB-BC yaklaşımının akış şeması

3.11. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde rota belirlemede kullanılmakta olan geleneksel algoritmalar ile sezgisel algoritmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Bu algoritmalarından özellikle en kısa yolun hesaplanmasında kullanılan Dijkstra Algoritması incelenmiş, bu algoritmayla birlikte Bellman ve Ford, Floyd Algoritmaları hakkında da bilgi verilmiştir. Sezgisel algoritmalarından da günümüzde özellikle popüler yere sahip olan Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi Algoritması, Yapay Sinir Ağları ve Adaptive Neuro-Fuzzy

Interference System (ANFIS) incelenmiştir. Ayrıca son zamanlarda değişik alanlarda uygulamaları olan BB-BC yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

BBBC yöntemin en uygun güzergah hesaplamadaki başarımı, bu çalışmadaki uygulama alanı başta olmak üzere farklı büyüklüklerdeki alanlar için değerlendirilmiş, testleri yapılmış ve geleneksel ve en çok kullanılan Dijkstra algoritmasının başarımı ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalı testler, sistemin başarımlarını değerlendirmesi bölümünde tablo halinde sunulmuştur.

4. GERÇEK ZAMANLI TRAFİK BİLGİLERİNİ KULLANARAK GÜZERGAH BELİRLENMESİNİ SAĞLAYAN YENİ NAVİGASYON SİSTEMİ

Gerçek zamanlı trafik yoğunluk bilgisi, günümüz büyükşehirlerinin trafiğinden kurtulabilmek için geliştirilebilecek çözümler için çok değerli bir bilgidir. Geleneksel en kısa yol algoritmaları uzaklığı dikkate alarak hesaplama yapabildiği gibi, trafik bilgisindeki bazı bileşenlerin de sayısal bir formata dönüştürülmesiyle trafiği dikkate alacak şekilde hesaplama yapabilirler. Araçların bir cadde veya sokağı ne kadar sürede geçtiği, bu cadde ve sokakta ortalama ne kadar hızla hareket edebildiği, bu cadde ve sokaktaki tüm araçların toplamdaki ortalama hızları bu hesaplama için birer değişken olabilir.

Günümüzde trafik yoğunluğu gibi gerçekçi kıstasları dikkate alarak yapılacak en uygun güzergâh hesaplamaları şüphesiz gerçek hayata daha uygun hesaplamalar olacaktır. Bu kapsamda değerlendirilmek üzere yapılan bu çalışma, bu alanda ileride yapılabilecek gerçekçi ve insanların hayatını kolaylaştırıcı çözümler için yol gösterici bir fikir olacaktır.

4.1. Giriş

Trafiği dikkate alan araç navigasyon sistemleri, büyükşehirlerdeki trafikte sürücüler için gerçekçi ve tercih edilen bir çözüm olabilir. Sadece TMC destekli araç navigasyonu kullanan sürücüler değil, internet bağlantısı olan başta mobil telefonlar olmak üzere, internete bağlanma özelliğine sahip aygıtlara sahip herkes bu imkandan faydalanabilmelidir. Bu başta büyükşehirler olmak üzere, tüm şehirlerdeki trafik yoğunluk bilgisinin tutulduğu merkezi bir Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Özendirici kanuni düzenlemelerle veya araç sürücüleriyle yapılacak anlaşmalarla trafiğe katılan her araç, araç kimliği saklı kalmak şartıyla bu merkeze bulunduğu konum ve ortalama hızıyla ilgili bilgiler göndererek bu sağlanabilir. Bu sayede her yolun trafik yoğunluk bilgisi daha gerçekçi olarak bilinebilir ve bunun çevrimiçi yayını yapılarak herkesin

faydalanması sağlanabilir. Bu bölümde bunun gerçekleştirilebileceğini göstermek amacıyla önerilen sistem ve geliştirilen uygulama yazılımı detaylı olarak anlatılacaktır. Günümüzde hemen hemen çoğu işlemin çevrimiçi olarak yapılabiliyor olması, yapılan bu çalışmanın bugün ve gelecekte ne kadar önemli olacağını göstermesi açısından ayrı bir öneme ve yere sahiptir.

4.2. Geliştirilen Yöntem

Bu tez çalışmasında, mobil sistemlerde gerçek zamanlı trafik bilgisi kullanarak alternatif araç güzergahlarının belirlenmesi amacıyla uygulama yazılımı geliştirilmiş ve coğrafi alan testleri yapılmıştır. Uygulama yazılımı C# platformunda geliştirilmiş olup, alternatif güzergah tespiti için Bölüm 3.3'te detayları verilmiş olan Dijkstra algoritması kullanılmıştır. Klasik mobil navigasyon sistemlerinden farklı olarak, iki nokta arasındaki en uygun güzergahın sadece uzaklık bilgisi dikkate alınarak değil, çevrimiçi olarak sağlanan gerçek zamanlı trafik yoğunluğu bilgisinin de kullanılmasıyla belirlendiği uygulamalı bir çözüm sunulmaktadır. Bu sayede, tez çalışması kapsamında oluşturulması öngörülen Trafik İzleme ve Yönetim Merkezi (TİYM) tarafından sürücülere gerçek zamanlı olarak gönderilen trafik bilgileri ile önceden belirlenmiş olan güzergahın, oluşan yeni yol koşullarına bağlı olarak yeniden belirlenmesi sağlanmaktadır.

Avrupa'nın birçok ülkesinde ve Amerika'da hemen hemen her şehirde trafik bilgileri toplanmakta ve sürücülerin faydalanması amacıyla yayınlanmaktadır. Özellikle arama motoru Google ve Yandex, ülkeler bazında bu verilerin yayını yapan ve navigasyon alanında çalışan şirketlerle anlaşarak ya da kendi alan çalışmalarını yaparak elde ettikleri bu verileri kendi navigasyon uygulamalarında ve çevrimiçi yol tariflerinde kullanmaktadır.

Google'ın navigasyon uygulamasında trafik bilgilerini kullanabilme özelliği Türkiye için aktif değildir. Çünkü şu aşamada Türkiye'de bu verilerin toplandığı bir merkez yoktur ve bu konudaki altyapı henüz kurulmamıştır. Coğrafi bilgi sistemleri üzerine çalışan ve navigasyon çözümleri alanında da çalışmakta olan bazı özel şirketler (Başarsoft gibi) bu yönde çalışmaları yapmaktadırlar. Yandex ise kendi yaptığı alan çalışması ile kısıtlı da olsa trafik bilgisi elde edebileceği çalışmalar yapmaktadır.

Her iki arama motorunun navigasyon ve çevrimiçi yol tarif uygulamaları, yoldaki anlık trafik yoğunluğundaki değişikliği, yolun herhangi bir kaza sebebiyle anlık kapalılık durumunu dikkate almamaktadır. Dolayısıyla anlık trafik değişikliklerini dikkate alıp, sürücülere alternatif güzergah önermemektedirler.

Bu tez çalışmasında önerilen ve uygulaması geliştirilen yöntemi diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik; aracın seyahat ettiği güzergâhtaki anlık trafik değişikliğini belirli aralıklarla merkezden alıp, son duruma göre gerekiyorsa sürücüye alternatif güzergâh önerisinde bulunmasıdır. Bu tez çalışmasında özellikle bu konunun seçilmesinin amacı, Türkiye için bir uygulamasının olmaması ve uygulama için kullanılabilecek herhangi bir alt yapının olmayışdır. Bunun Türkiye için gerçekleştirilebileceğini, bu önerinin ve çalışmanın Türkiye'nin özellikle büyük şehirlerdeki trafik yoğunluğunu azaltmaya katkı sağlayabileceğini göstermek için uygulama yazılımı gerçekleştirilmiştir. Bu tez kapsamında önerilen TIYM önerisi, trafik yoğunluk bilgisinin bir merkezde toplanmasını öngörmesi ve bu merkezden online olarak herkesin yararlanabileceği şekilde yayınlanmasını önermesi açısından bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen yöntem ile, belirli zaman aralıklarında önerilen merkezden alınan gerçek zamanlı trafik verilerinin sisteme dahil edilerek güzergah belirlenmesini sağlamakla birlikte, belirlenen güzergahta hareket halinde iken bazı nedenlerle yoldaki trafik yoğunluğunun değişmesi veya yolun kapanması durumunda sürücüye alternatif güzergah önerme esnekliğine sahiptir [46]. Uygulama yazılımıyla önerilen sistemin başarımı benzeri olmayan fakat seyahate başlama saatindeki trafiği dikkate alarak güzergah hesaplaması yapan sistemlere oranla daha iyi ve gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Geliştirilen tez çalışması kapsamında uygulama kodlarının yazılması aşamalarında aşağıda detayları verilen matematiksel model kullanılmıştır. Denklem (4.1)'de Yol segment¹ maliyeti:

$$\text{Yol segmentinin maliyeti (saniye): Uzunluk (metre) / Hız (metre/saniye)} \quad (4.1)$$

¹ Coğrafi alandaki iki nokta arasındaki yol kesitini ifade etmektedir.

formülü ile ifade edilmektedir. Denklem (4.2)'de Yol segmentinin maliyeti/geçiş süresi (T) ise:

$$T = L / V \quad (4.2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Bu formülde L yol segmentinin uzunluğunu belirtirken, V ise yol segmentinin hızını ifade eder. Bu formülde kullanılmakta olan V ise uygulama yazılımında aşağıdaki fonksiyon (F) yardımı ile tespit edilmektedir.

$$V = F(V_a, V_i, ID, V_s) \quad (4.3)$$

Denklem (4.3)'te kullanılan V_a anlık hızı, V_i i. segmentin hızını, ID segmentin numarasını, V_s gerçek zamanlı olarak elde edilen verilere göre segmentin son hızını ifade etmektedir. i. segmentin hızı V_i ise aşağıdaki denklemde hesaplanmıştır:

$$V_i = F(V_{ort}, V_{canlı}, V_{durum}, i) \quad (4.4)$$

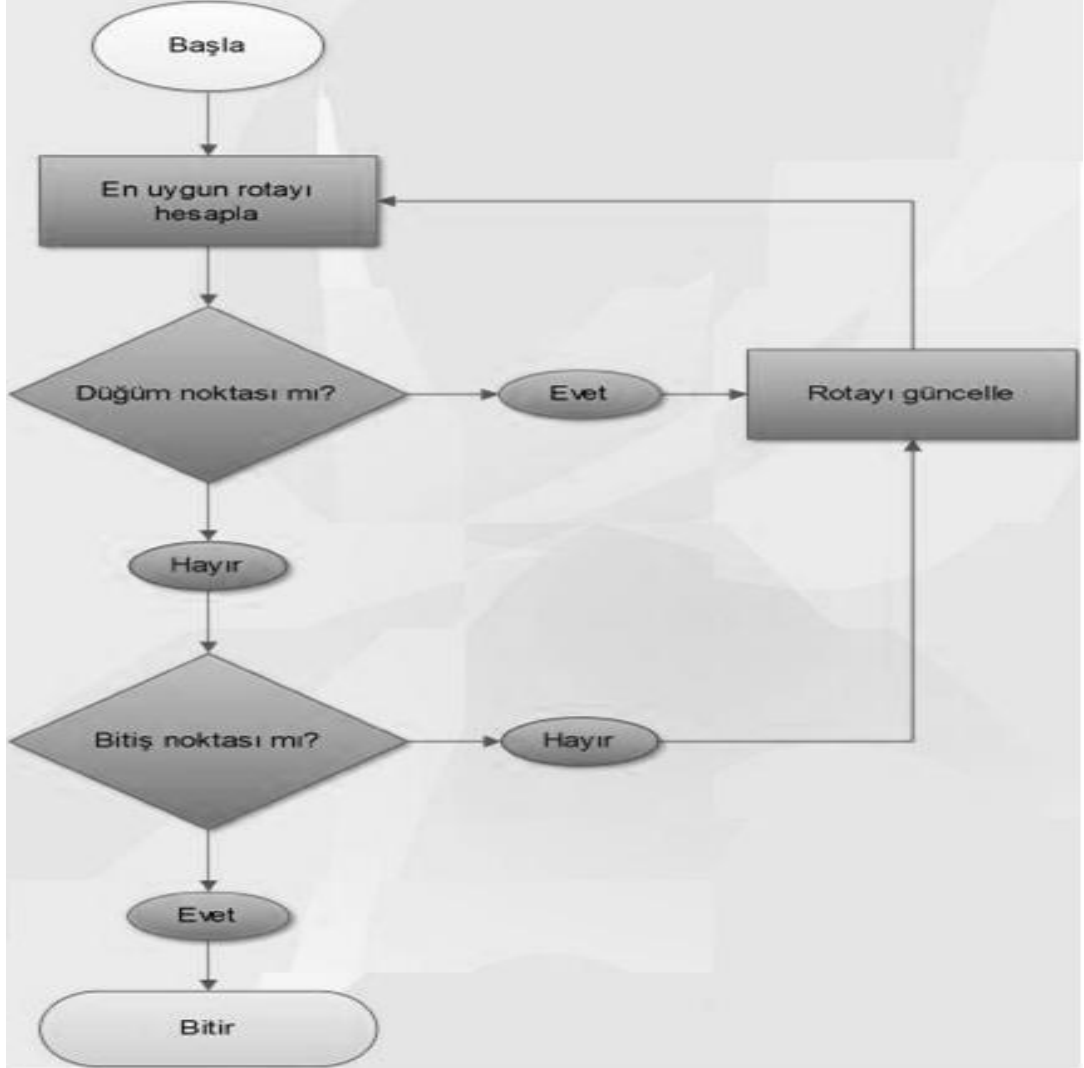
Denklem (4.4)'te V_{durum} yol segmentinin trafik bilgisini, V_{ort} yol segmentinin varsayılan ortalama hızını (yolun sınıfına göre), $V_{canlı}$ yol segmentinin gerçek zamanlı olarak elde edilen hız bilgisini (trafikten gerçek zamanlı olarak gelen) ifade etmektedir.

Yukarıda verilen formüllerden hareketle aşağıda Şekil 4.1'de verilen kaba kodu esas alan bir maliyet hesabı yapılmakta ve uygulama yazılımı bu sayede sürücüye alternatif güzergah önerisinde bulunmaktadır.

```
Fonksiyon F(Vort, Vcanli, i)
{
    /// eğer yolun durum bilgisinde yol kapalı ise
    if Vdurum(i) = Yol_Kapalı ise
        Return 0.00000000001
        break
    end if
    /// eğer yolun durum bilgisinde canlı hız bilgisi mevcut ise
    if Vdurum(i) = Canlı_Trafik_Verisi_Mevcut ise
        Return VLive (i)
        break
    end if
    /// hiç bir bilgi yoksa yolun varsayılan ortalama hız bilgisi
    Return Vort(i)
}
```

Şekil 4.1. Maliyet hesaplama kaba kodu

Tez çalışması kapsamında geliştirilen algoritmanın akış şeması ise Şekil 4.2'de görülmektedir. Yukarıda matematiksel modeli ve kaba kodu verilen işlemler akış şemasında görülen "Rotayı güncelle" ve "En uygun rotayı hesapla" işlem basamaklarında kullanılmaktadır.



Şekil 4.2. Geliştirilen uygulanması yazılımının akış şeması

Ayrıca bu yöntemde geleneksel en kısa yol algoritmaları kullanılarak uygulama yazılımıyla gerçekleştirildiği gibi, sezgisel algoritmalar ve yeni bir yaklaşım olan Big Bang-Big Crunch sezgisel algoritması kullanılarak da en uygun güzergahın bulunabileceği gösterilmiştir. Bu sezgiselin en uygun güzergahı hesaplaması zaman alsa da geleneksel algoritmalarla elde edilen sonucu elde edebilme kabiliyetine sahip olduğu da görülmüştür.

4.3. Navigasyon Sistemlerinde Gerçek Zamanlı Trafik Bilgisi Kullanarak Araç Rotalarının Belirlenmesi (NASAROB)

Literatüre bakıldığında özellikle dünyadaki bazı büyükşehirlerde trafik önemli bir problem olarak görülmekte, problemin çözümüne yönelik çalışmalar yapılmakta ve bu çözümlerle yollardaki trafik yoğunluğunun rahatlatılabileceğinin düşünülmekte olduğu görülmektedir. Bu amaçla akıllı trafik sistemleri oluşturulmaya, farklı yöntemlerle trafiği rahatlatacak modellemeler üzerinde çalışılmaktadır. Ayrıca trafik bilgisi üretmenin, üretilen bu bilgilerin trafiğin yönetilmesinde, modellenmesinde ve karar verebilecek akıllı sistemler için ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Bu trafik bilgisini üretmede trafiğe dahil olan araçların göndereceği bilgilerin, ana yollarda, ara yollarda, caddelerde ve sokaklardaki trafik yoğunluğunun belirlenmesine çok değerli olduğu net olarak anlaşılmaktadır.

İster ana yol olsun ister ara yol olsun bir trafik sistemindeki araçların meydana getirdiği hız, hacim ve yoğunluk çözüm üretilmesi aşamasında dikkate alınması gereken en önemli üç unsurdur. Hacim; bir yol şeridinden birim zamanda geçen taşıt sayısını, yoğunluk ise belirli bir zamanda veya anda belli bir bölge uzunluğunda bulunan taşıt miktarını ifade etmektedir. Hız ile hacim ve yoğunluk arasında bir ilişki bulunmaktadır. Hız eşik sınırlar çerçevesinde arttığında, hacim artarken yoğunluk azalmaktadır. Hız azaldığında ise hacim düşmekte yoğunluk artmaktadır. Bu nedenle eşik değerlerde olmak koşuluyla hızın artması trafiği rahatlatırken, eşik değerlerden daha aşağıdaki hız ise trafik işleyişini bozmaktadır [64].

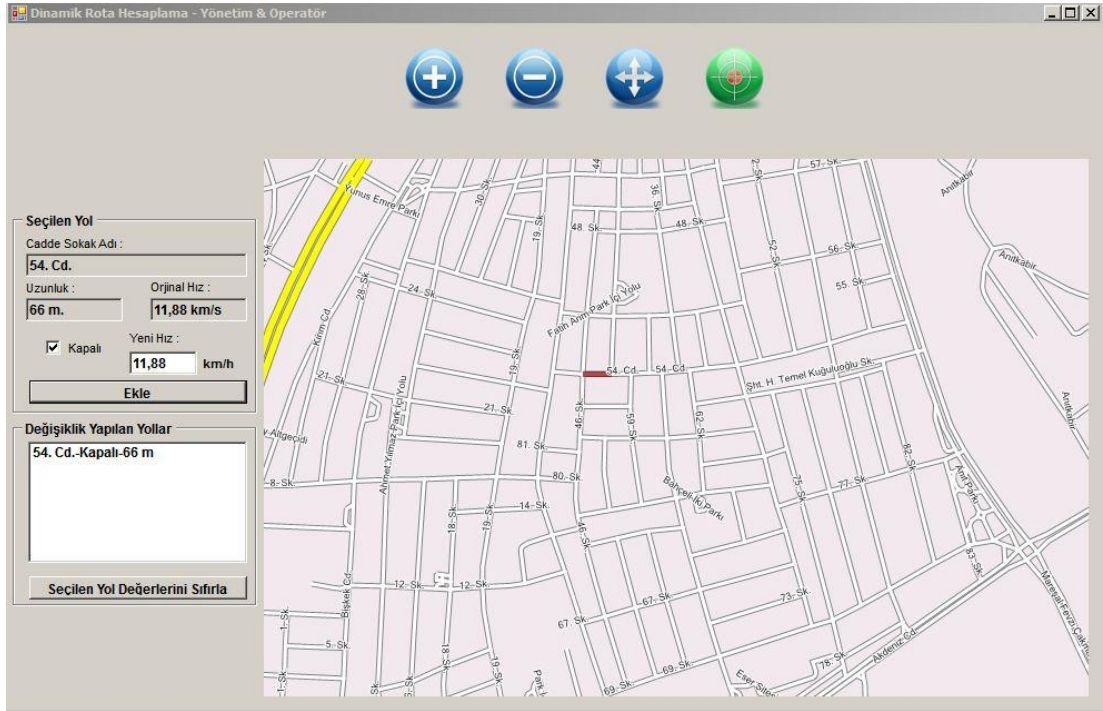
Bu tez kapsamında önerilen sistem gerçek zamanlı trafik verilerinin alındığı bir merkez ve uygulanabilirliğini göstermek amacıyla geliştirilen uygulama yazılımı bir bütün olarak düşünülmelidir. Çünkü uygulama yazılımının hem araç sürücüsüne bakan navigasyon ayağı, hem de trafik bilgisinin alındığı ve paylaşıldığı Trafik İzleme ve Yönetim Merkezine (TİYM) bakan yönetim ayağı olmak üzere iki ayağı vardır ve bu iki ayak birbirlerini tamamlayıcı özellik taşımaktadır.

4.3.1. Uygulamanın yönetim bölümü

Geliştirilen uygulamanın yönetim bölümü; uygulama alanı sayısal haritası, üzerinde trafik bilgisinin değiştirilmesine yarayan seçene yol bilgisinin güncelleneceği bölüm,

bilgilerinde değişiklik veya sıfırlama yapılacak yolların bilgisi olduğu bölümden oluşmaktadır. Şekil 4.2’de gösterilen bu arayüzde sayısal harita alanının büyütülüp küçültüleceği, başlangıç ve bitiş noktasının seçilip güzergah hesaplaması yapılabileceği düğmeler bulunmaktadır. Bu arayüz kullanılarak, herhangi bir cadde veya sokağın ortalama trafik yoğunluk hızı değiştirilebilmekte, yol ulaşımına kapatılabilmekte ve istenmesi durumunda yolun varsayılan değerlerine dönüş yapılabilmektedir.

Şekil 4.3’te gösterildiği üzere uygulama olanı olarak Ankara ili Emek Mahallesi ve Bahçelievler Mahallesi’nin bulunduğu coğrafî alan seçilmiştir. Uygulama alanında ana ve ara yollardaki trafik yoğunluk durumu çok akıcı (yeşil), akıcı (sarı), yoğun (turuncu) ve çok yoğun (kırmızı) şeklinde farklı renklerde gösterilerek ifade edilmektedir. Şekil 4.2’de gösterildiği gibi uygulama yönetim arayüzünde yapılan işlemler, yolun ortalama hızında değişiklik yapma imkanı sağlamaktadır. Bu değişiklikler ekrana benzer renk değişiklikleri şeklinde yansımaktadır.



Şekil 4.3. Uygulama yazılımının yönetim arayüzü



Şekil 4.4. Uygulama alanı sayısal haritası

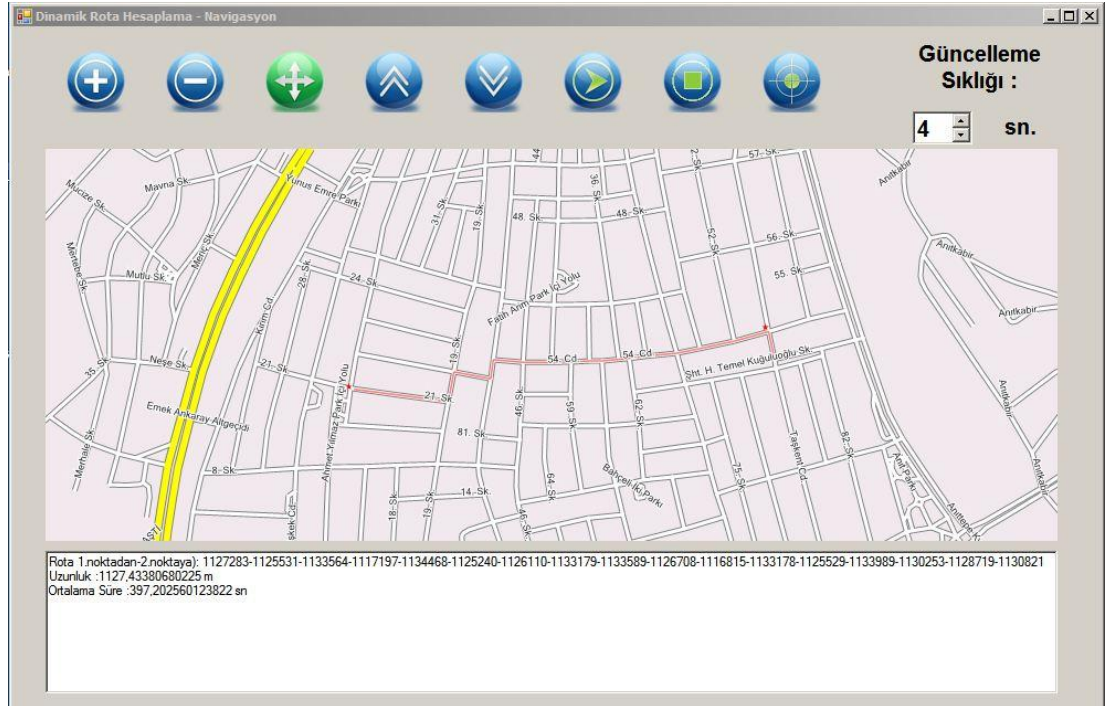
Yönetim arayüzünden kullanıcı marifetiyle (manuel) değiştirilen trafik yoğunluk bilgileri, sisteme araçlardaki vericilerden gelen bilgiler doğrultusunda, yollara yerleştirilen vericiler ve MOBESE kameralarından alınan bilgiler doğrultusunda güncellenmektedir. TİYM, bu verilerin alınmasından güncellenmesi aşamasına kadar olan işlemleri yerine getirmek amacıyla önerilen bir merkez olduğundan önemli bir işlevsel role sahiptir. Araçlardan gelen bilgilerin sisteme otomatik olarak dahil edilmesi, ilk aşamada kullanıcı marifetiyle yapılan işlemleri otomatikleştireceğinden sonraki aşamalarda akıllı bir sistem olma özelliği kazanacaktır. Bu aşamaya gelmesi trafiğe dahil olan araçların buldukları konumu ve bu konumdaki hızlarını merkeze göndermesiyle mümkün olacağından, sürücülerin bu tür cihazları kullanması yönünde özendirici kanuni düzenlemelerin yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Böylece sadece ana yollar için değil ara yolların da trafik yoğunluk haritası kolayca elde edilebilecektir.

Uygulama yönetim arayüzünde şu aşamada trafik yoğunluğu kullanıcı marifetiyle değiştirilmek yoluyla gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere yolun herhangi bir bölümü üzerindeki ortalama trafik akış hızı değiştirilebilmekte, yol ulaşımına kapatılabilmekte ve yapılan bu değişikliklerle de sürücülere, kendilerinin belirledikleri zaman aralıklarında merkeze bağlanıp bu bilgiye erişebilme imkanı verilmektedir. Böylece sürücüler yolun son durumuna göre navigasyonun kendilerine önerdiği alternatif güzergâhı seçebilmektedirler.

4.3.2. Uygulamanın navigasyon bölümü

Uygulamadaki navigasyon bölümü, sürücü taraftaki ayağı oluşturmaktadır. Bu bölüm internet bağlantısı olan mobil telefon, i-pad gibi cihazlarda çalışan navigasyon uygulaması şeklinde düşünülebilir. Sürücü uygulamayı çalıştırdıktan sonra bu arayüzden, kullanmakta olduğu cihaz, sahip olduğu GPS özelliği sayesinde kendi konumunu algılıyor olacağından gitmek istediği noktayı seçmesi yeterli olmaktadır.

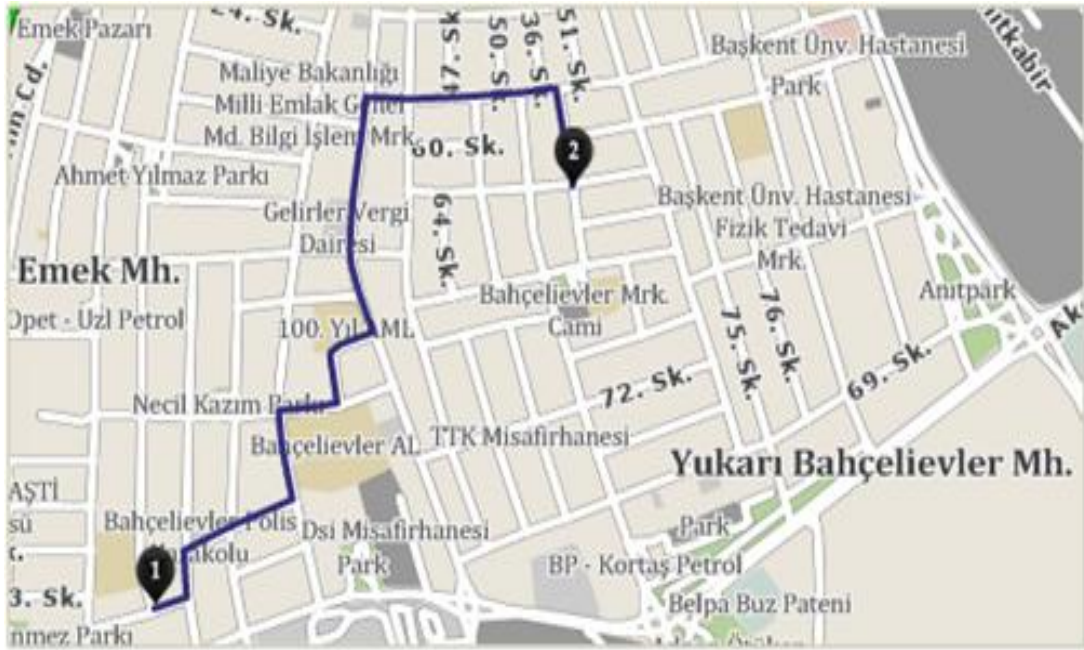
Ayrıca bu arayüzde sürücü, tez kapsamında önerilen merkeze hangi zaman aralıklarında bağlanıp güncel trafik bilgilerini alabileceğini belirleyebilmektedir. Şekil 4.4'de gösterildiği gibi veriler 4 saniye aralıklarla güncellenmektedir. Veri güncelleme sıklığı bölümü ile bu aralık istenildiği gibi değiştirilebilmektedir. Sürücü seçtiği nokta için uzaklık bilgisini ve bu uzaklığı yaklaşık olarak ne kadar zamanda kat edebileceğini görebilmektedir. Sürücü belirlediği aralıkta merkeze bağlanıp yeni verileri aldığı anda, eğer takip ettiği rotada herhangi bir değişiklik söz konusu ise navigasyonun kendisine önerdiği alternatif güzergâhı ve bu güzergâhla ilgili uzaklık ve varış süresi bilgisine de sahip olmaktadır.



Şekil 4.5. Uygulama yazılımı navigasyon arayüzü

Sürücü tarafından seçilen başlangıç ve bitiş noktası arasındaki geçilen yol bölümlerini ifade eden ve veritabanında tutulan yol kesitleri (segment) sayısal olarak

gösterilmektedir. Aslında bu, sürücünün harekete başladığı noktadan bitiş noktasına kadar geçmekte olduğu cadde veya sokak kesitlerini ifade etmektedir. Şekil 4.4'te gösterildiği gibi seyahat edilen güzergâh üzerinde herhangi bir kesit üzerinde yönetim arayüzü kullanılarak trafik yoğunluğunda herhangi bir değişikliğe gidildiğinde veya bir kaza sebebiyle herhangi bir kesit trafiğe kapatıldığında, sürücü tarafındaki navigasyon bu veriyi aldığı anda bu değişikliği dikkate alarak alternatif güzergah önerisi yapmaktadır. Geliştirilen yöntemin başarımlarının değerlendirilmesinin incelendiği 5. bölümde sistemin örnek uygulamaları, örnek görüntüleriyle birlikte verilmiştir. Şekil 4.5'te örnek olarak seçilmiş iki nokta arasında seyahat edilen güzergah görüntülenmektedir.



Şekil 4.6. Seyahat edilen güzergah

4.4. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde önerilen sistem ile bu sistemin gerçekleştirildiği uygulama yazılımının yönetim ve navigasyon arayüzleri hakkında bilgi verilmiştir. Geliştirilen yöntemde kullanılan hesaplama matematiksel olarak formüle edilmiştir. Şekil 4.3'te uygulama alanının trafik yoğunluğunun gösterildiği sayısal haritası gösterilmiş ve haritadaki renklerin neyi ifade ettiğine değinilmiştir. Şekil 4.2'de uygulama yazılımının yönetim bölümü ile uygulamanın yapıldığı coğrafi bölgedeki sayısal harita üzerinde sokak ve caddelerin herhangi bir kesitindeki ortalama trafik akış hızı değiştirilerek trafik

yoğunlukları değiştirilebilmekte ya da bu kesitler trafiğe kapatılabilmektedir. Uygulama yazılımının yönetim bölümünde yapılan değişiklikler sonrası, sürücü tarafında kullanılan ve Şekil 4.4'te gösterilen uygulama yazılımı navigasyon bölümünde bu yapılan değişikliklerin güzergâh değişikliğine ne Şekilde etki ettiği bir görselle ifade edilmiştir.

5. GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN BAŞARIM DEĞERLENDİRMESİ

Önerilen sistemin tam sonuç vermesi, sunucu tarafındaki sayısal haritadaki sokak ve cadde bilgilerinin, bunların bağlantılıklarının, kesitlerin başlangıç ve bitiş noktası arasındaki uzaklıklarının, bu uzaklığın ne kadar sürede geçildiğinin, sokak ve caddenin yönlerinin gidiş ve geliş şeklinde veri tabanında doğru bir şekilde ifade edilmesiyle mümkündür.

Tablo 5.1. Veritabanı örnek tablosu

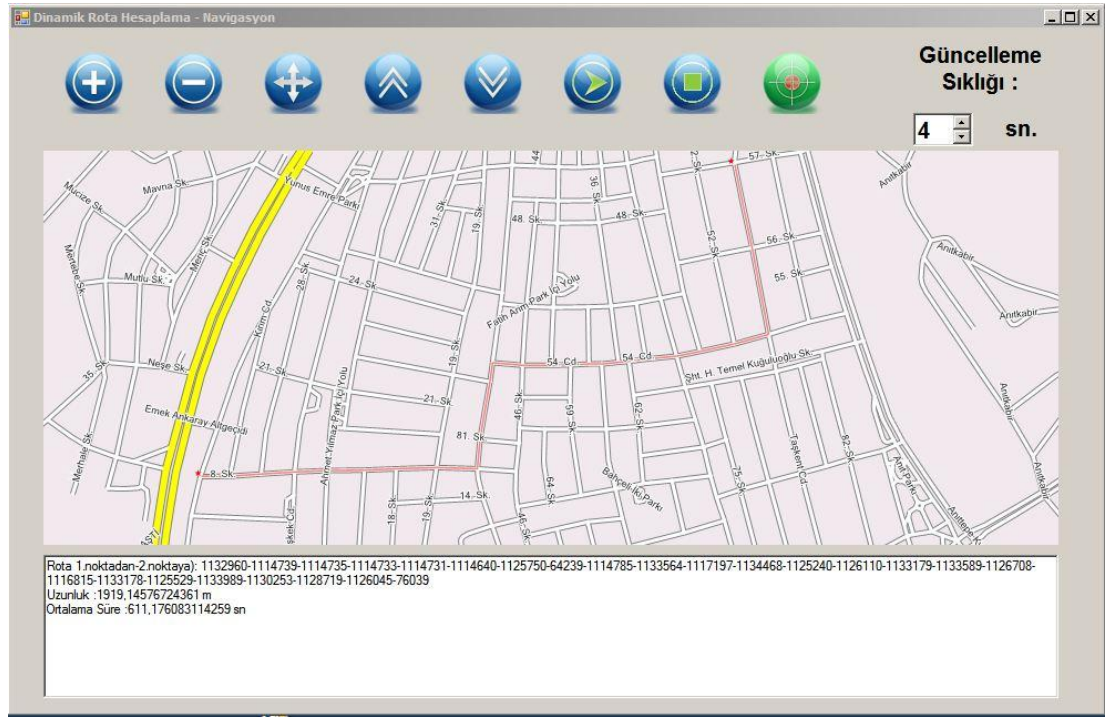
ID	ADI	HIZ	TIME	DF	TIPI	HIZLİMİT
139140	Tuna Cd.	8	34	3	Cadde	50
139377	1425. Cd.	12	44	1	Cadde	50
139378	1289. Sk.	8	94	1	Sokak	50
139379	1258. Sk.	8	20	1	Sokak	50
139458	1376. Sk.	8	21	1	Sokak	50
139546	1446. Cd.	8	47	1	Cadde	50
139547	1495. Sk.	8	58	1	Sokak	50
143166	Karanfil Sk.	8	51	3	Sokak	50
143228	Uçarlı Sk.	8	86	3	Sokak	50
143230	Tomurcuk Sk.	8	45	3	Sokak	50
143238	Tirebolu Sk.	8	94	1	Sokak	50
143240	Tomurcuk Sk.	8	39	3	Sokak	50
143242	Bilge Sk.	8	27	1	Sokak	50
143248	Selanik-2. Cd.	8	111	3	Cadde	50
143278	Tezel Sk.	8	86	3	Sokak	50
143339	Sümer-2 Sk.	8	107	3	Sokak	50
143340	Kumrular Cd.	12	25	3	Cadde	50
143422	Menekşe-2 Sk.	8	64	3	Sokak	50
143423	Kumrular Cd.	12	21	3	Cadde	50

Tablo 5.1’de ifade edilen hız ve zaman bilgileri ortalama olarak alınmıştır. Bölüm 4.2.’de matematiksel olarak formüle edilen hesaplamalar bu tablodan yararlanılarak yapılmaktadır. Gerçek zamanlı trafik verilerine göre hızda meydana gelen değişiklikler zamanı doğrudan etkilemektedir. Gerçek zamanlı trafik verilerine göre bu değerlerde belirli zaman aralıklarında devamlı bir güncelleme söz konusudur. Hesaplamalar da bu güncellemelere dikkate alınarak yapılmaktadır. Tabloda ifade

edilen DF değerleri cadde veya sokağın tek (3) ya da çift (1) yönlü olduğunu ifade etmektedir.

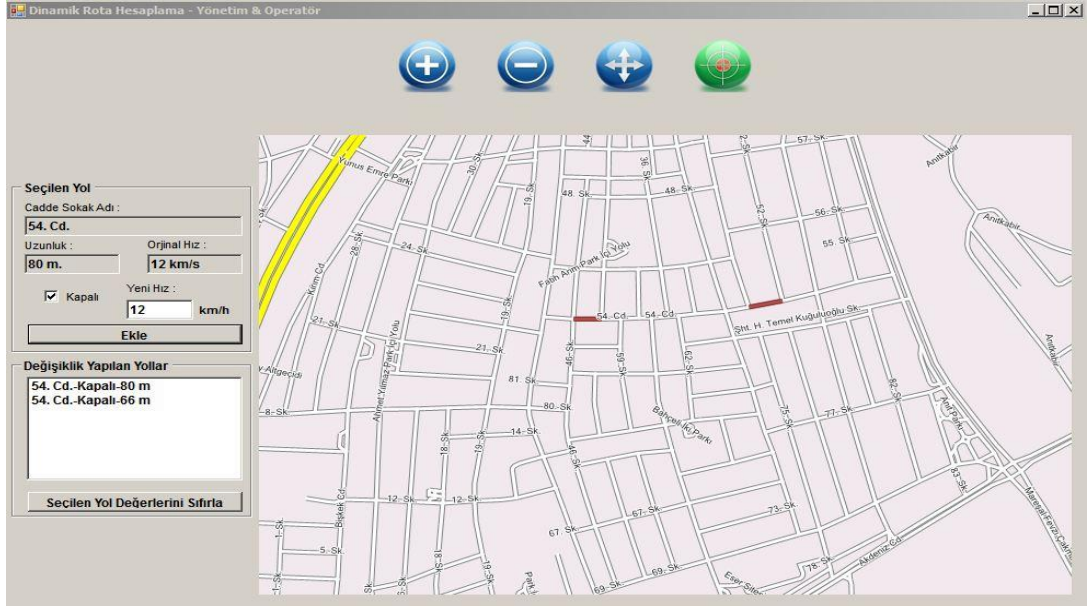
5.1. Sistemin Örnek Uygulamaları

Sistemin uygulaması için 2 örnek sunulmuştur. Uygulama yazılımını test etmek için öncelikli olarak, navigasyon tarafında seyahat edilecek başlangıç ve bitiş noktası seçilir. Bu seçimden sonra sistem, trafik yoğunluk bilgisini de dikkate alarak bir güzergâh hesaplaması yapar. Şekil 5.1’de gösterildiği gibi navigasyon uygulaması başlangıç ve bitiş noktası arasında uzaklığı 1919,14 metre, gidilecek süresi 611,17 saniye olan bir güzergah çizer.



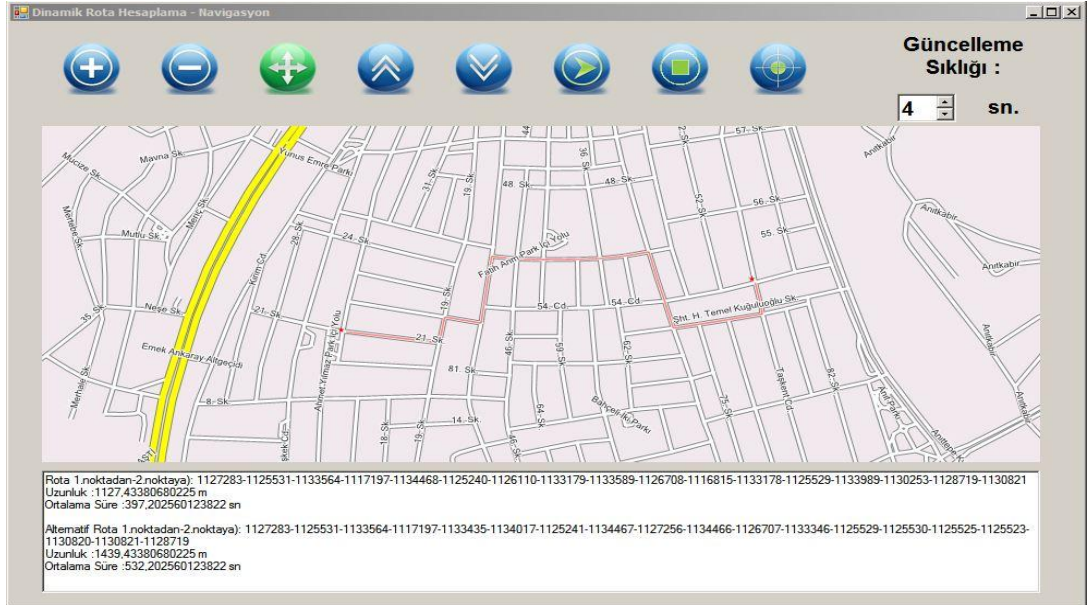
Şekil 5.1. Başlangıç-bitiş noktası seçilerek hesaplanan güzergâh (örnek-1)

Bu aşamadan sonra önerilen TIYM’e gelen, bu güzergahın herhangi bir yol kesitindeki trafik bilgisi uygulama yönetim arayüzü vasıtasıyla sayısal harita üzerinde sisteme işlenerek güncellik sağlanır. Örneğin, Şekil 5.2’de gösterildiği gibi güzergâh üzerindeki bir yol kesitinin trafiği kapatıldığı bilgisi işlenmiş olsun.



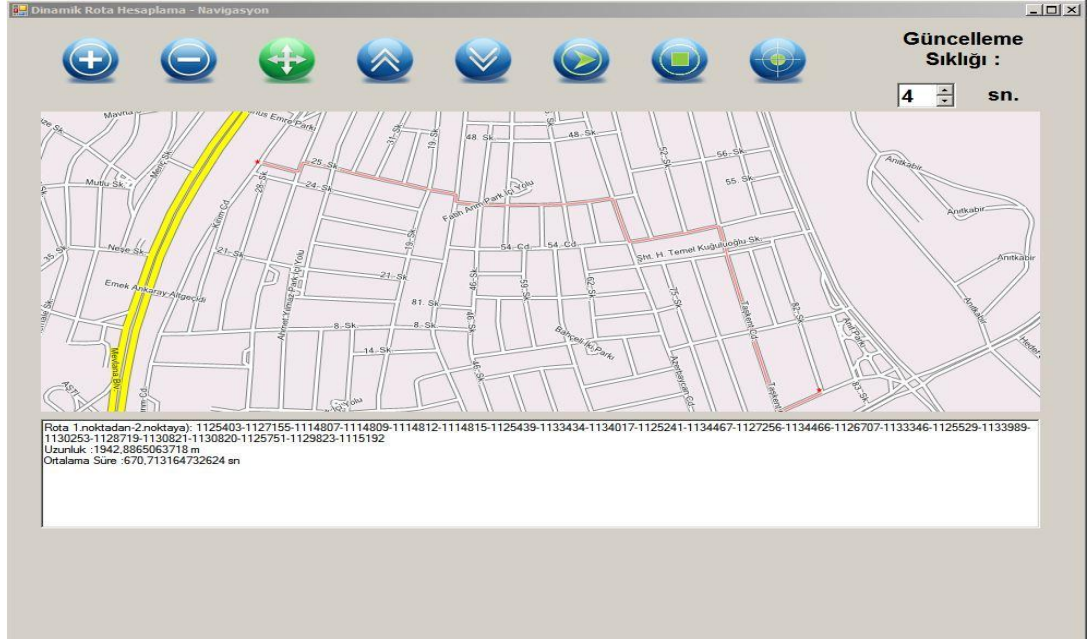
Şekil 5.2. Seyahat güzergahındaki yol kesitinin kapatılması (örnek-1)

Bu durumda sistem; veritabanındaki bilgiler doğrultusunda, sürücüye uzaklığı 1127,43 metre, seyahat süresi 397,20 saniye olan alternatif bir güzergâhı Şekil 5.3'te gösterildiği gibi önermektedir.



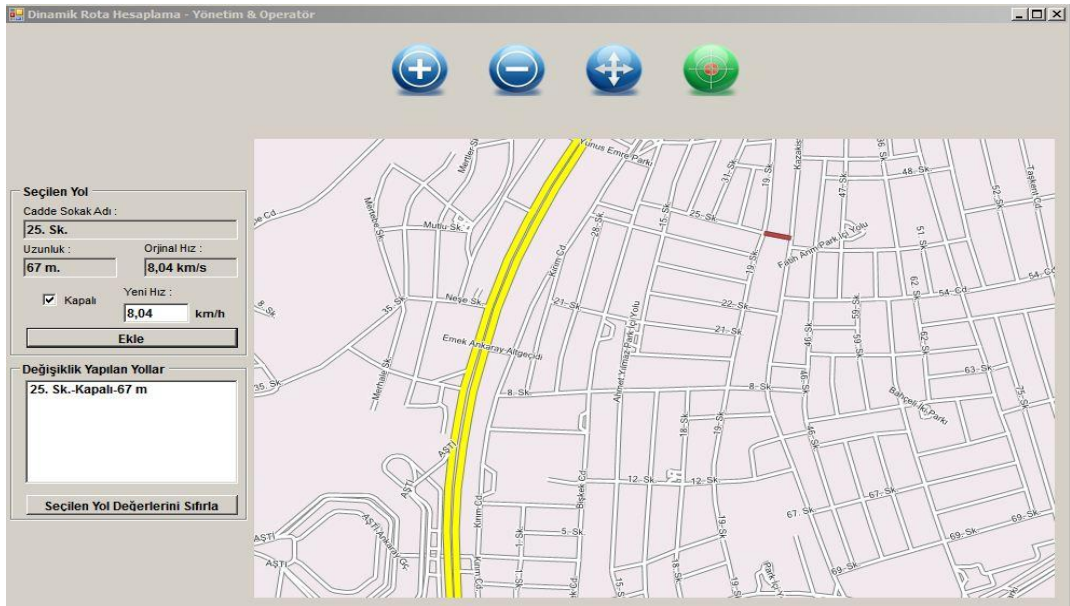
Şekil 5.3. Kapatılan yol kesiti sonrası önerilen güzergâh (örnek-1)

İkinci örnek uygulamada Şekil 5.4'te gösterildiği gibi navigasyon arayüzünde birbirine daha uzak iki nokta seçilmiştir. Hesaplanan uzaklık 1942,88 metre, varış süresi 670,71 saniyedir.



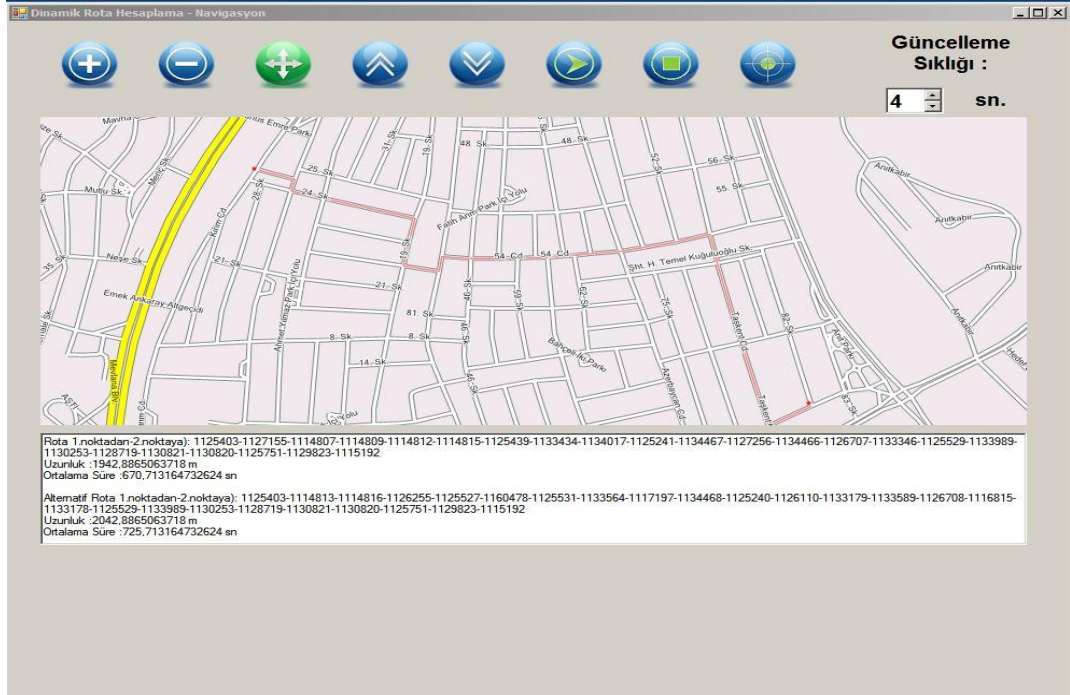
Şekil 5.4. Başlangıç-bitiş noktası seçilerek hesaplanan güzergâh (örnek-2)

TİYM'e gelen veriler doğrultusunda bu güzergah üzerindeki bir sokağın trafik yoğunluk bilgisi artırılarak veya sokak trafiğe kapatılarak alternatif güzergah önerilip önerilmediğine bakılmaktadır. Bu durum Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Seyahat güzergahındaki yol kesitinin kapatılması (örnek-2)

Bu durumda sistem veritabanındaki gerçek zamanlı trafik bilgileri doğrultusunda uzaklığı 2042,88 metre, varış süresi 725,71 saniye olan alternatif güzergahın önerildiği Şekil 5.6'da görülmektedir.



Şekil 5.6. Kapatılan yol kesiti sonrası önerilen güzergâh (örnek-2)

5.2. Sistemin Başarım Değerlendirmesi

Önerilen ve uygulaması geliştirilen sistem tezin amacı doğrultusunda, trafik bilgisine dayalı bir güzergah sunmakta, güzergah üzerinde herhangi bir değişiklik yapıp güncellik sağlandıktan sonra da sürücüyü alternatif bir güzergah önererek amaçlanan sonucu vermektedir. Elde edilen başarımlar, iyi düzenlenmiş bir veritabanı kullanıldığında daha etkin sonuçlar üreteceği düşünülmektedir.

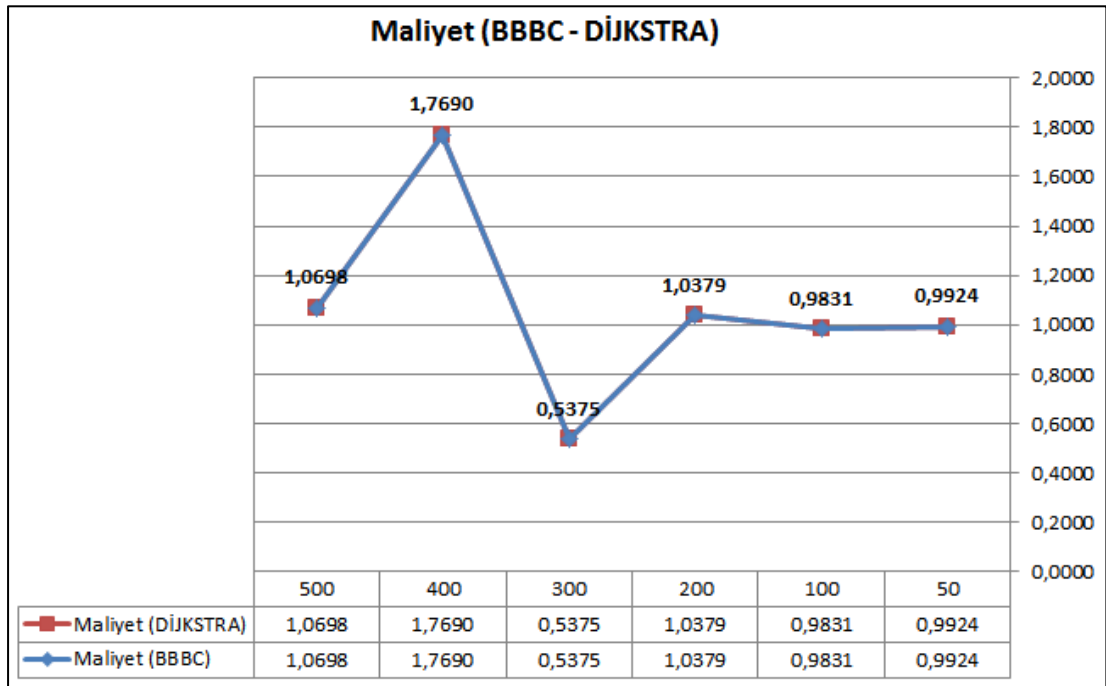
Bu sonuca ek olarak başarımların değerlendirilmesi kapsamında; daha önce literatürde çalışması yapılmayan BBBC yöntemi ile en uygun rotanın hesaplanması gerçekleştirilmiştir ve bu algoritmanın başarımının, dünyada en kısa rotayı hesaplamada kullanılan geleneksel Dijkstra algoritması ile karşılaştırılarak çok iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yapılan bazı testlerin sonuçları Tablo 5.2’de gösterilmiştir. Her iki yaklaşımı karşılaştırmak için boyutu 500, 400, 300, 200, 100 ve 50 düğüm/node (NS) olan coğrafi alan baz alınmıştır. Her boyuttaki coğrafi alan için aynı başlangıç (SP) ve bitiş (FP) noktası seçilmiştir. Elde edilen sonuçlarda her iki yaklaşımın da aynı rotaya sahip benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Başarımların her iki algoritma ile aynı olduğu dolayısıyla BBBC’nin de alternatif bir algoritma olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.2. BBBC-Dijkstra test sonuçları karşılaştırılması

BBBC Sonuçlar														
NS	SP	FP	Maliyet	Rota							NUM ofInPOP	NUM ofPOP	NUM ofGEN	
500	1	500	1,0698	1	296	405	403	232	411	435	500	10	10	40
400	1	400	1,7690	1	147	23	295	392	398	400		10	10	40
300	1	300	0,5375	1	272	296	300					10	10	40
200	1	200	1,0379	1	153	140	200					10	10	40
100	10	100	0,9831	10	61	81	52	100				10	10	40
50	10	50	0,9924	10	47	22	50					10	10	40
Dijkstra Sonuçlar														
NS	SP	FP	Maliyet	Rota										
500	1	500	1,0698	1	296	405	403	232	411	435	500			
400	1	400	1,7690	1	147	23	295	392	398	400				
300	1	300	0,5375	1	272	296	300							
200	1	200	1,0379	1	153	140	200							
100	10	100	0,9831	10	61	81	52	100						
50	10	50	0,9924	10	47	22	50							

Tablo 5.2.'de NS node sayısını, SP başlangıç nodunu, FP bitiş nodunu ve Rota da başlangıç noktasından bitiş noktasına gidilirken geçilen node numaralarını göstermektedir. Sırasıyla 500, 400, 300, 200, 100 ve 50 noddan oluşan bir coğrafi alan için BBBC yaklaşımı ve Dijkstra algoritması için en kısa yol hesaplanmıştır. Her iki yaklaşımda da aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar algoritmaların ilk çalıştırılmasında elde edilen sonuçlardır. Bazı durumlarda BBBC yaklaşımı ilk çalıştırmada Dijkstra algoritmasındaki sonucu vermiyor olsa da sonraki çalıştırmalarda aynı sonucun elde edildiği görülmüştür. BBBC'de nüfus sayısında, jenerasyon sayısında yapılan değişikliklerle en iyi sonuca daha hızlı ulaşılabilir. BBBC ve Dijkstra yaklaşımına göre yapılan testlerde elde edilen maliyetlerin aynı olduğu Şekil 5.7'de gösterilmektedir. Burada ifade edilen maliyet uzaklık (metre), zaman (saniye) cinsinden değişkenler olabilir. Bu testte iki segment

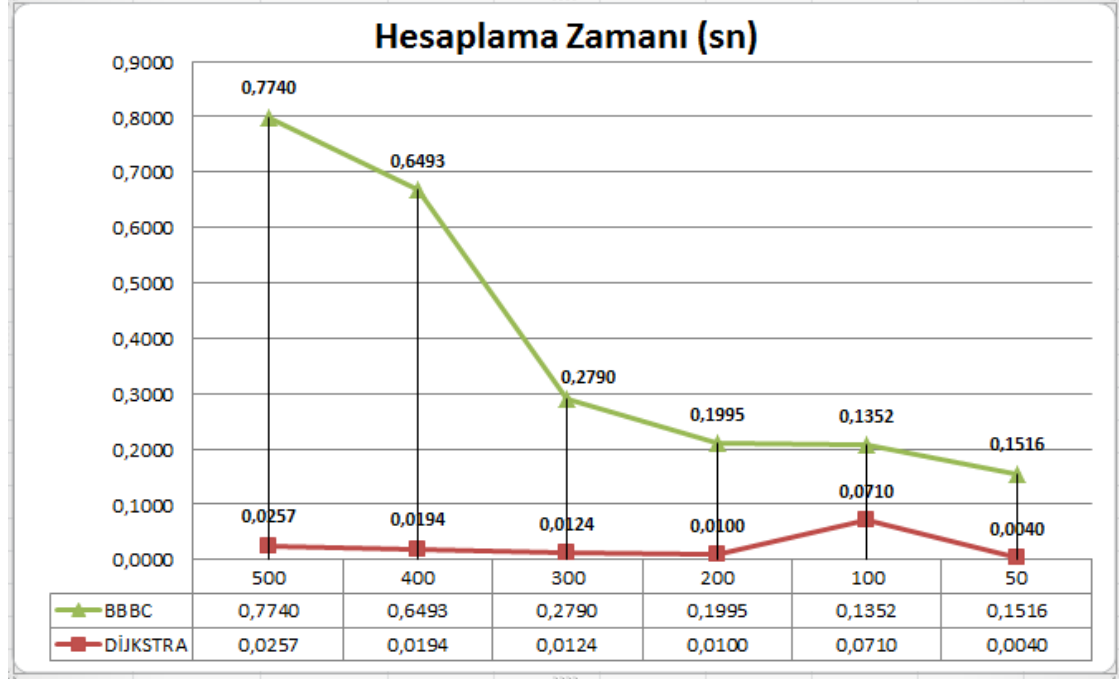
aralığı 0-1 arasında olacak şekilde rasgele değerler olarak alınmıştır. Bu değerlerin bu aralıkta olması şart değildir. İki segment aralığı metre cinsinden (Örneğin: 15 m gibi) veya iki segment arasını geçiş süresi (Örneğin: 70 sn) şeklinde alınabilir. Coğrafi alanın bitişiklik matrisi bu şekilde düzenlenebilir. Burada amaç, gidilecek iki nokta arasında trafik yoğunluk bilgisini de dikkate alacak şekilde en az maliyetle hedef noktaya ulaşmaktır. En az maliyet; metre cinsinden en kısa uzaklık olabileceği gibi, zaman cinsinden en az süre olabilir. Fakat en kısa uzaklık; her zaman en kısa sürede gidilen mesafe olmayabileceği gibi, en kısa zaman da gidilen mesafe de en kısa uzaklık olmayabilir. Bu takip edilen yoldaki trafik yoğunluğu, yolun durumu, yolun özelliği vb. gibi sebeplere bağlı olarak değişiklik gösterebilir.



Şekil 5.7. BBBC ve Dijkstra algoritmaları maliyet sonuçları

Şekil 5.7’de maliyetlerin birebir örtüştüğü görülmektedir. Her ne kadar bu maliyetlerin her iki yaklaşımdaki Şekil 5.8’de gösterilen hesaplama zamanları arasında belirgin fark olsa da maliyet noktasında verdikleri sonuçların benzer oldukları görülmüştür. Bu durum sezgisel BBBC yaklaşımının, Dijkstra algoritması için alternatif olabileceği anlamı taşımaktadır.

Şekil 5.8’de görüldüğü üzere hesaplama zamanı Dijkstra algoritmasında hızlı olmasına rağmen, BBBC gibi sezgisel algoritmalarda aynı sonucun geç elde edilmesi doğal karşılanabilir.



Şekil 5.8. BBBC ve Dijkstra algoritmaları hesaplama zamanları

Fakat burada en önemli vurgulanması gereken, BBBC algoritmasının daha gecikmeli bir hesaplama yapsa da, rota hesaplamada yoğun olarak kullanılan geleneksel Dijkstra algoritmasındaki kesin sonuca başarılı bir şekilde ulaşıyor olmasıdır. Sonuca ulaşabilme süresi açısından geleneksel Dijkstra algoritmasının belirgin bir avantajı olsa da, BBBC sezgiseli ile yapılan hesaplamanın, hesaplama zamanı açısından Dijkstra ile aynı hıza yakın hesaplama yapabilmesi için işlemin/hesaplamanın yapıldığı bilgisayarın yerine FPGA-Field Programmable Gate Array içinde gerçekleşmesi ile sağlanabilir. Dolayısıyla yapılacak yeni yaklaşım ve çalışmalarla BBBC algoritması Dijkstra için alternatif bir yöntem olabileceği değerlendirilmektedir.

5.3. Bölüm Değerlendirilmesi

Güzergah belirlemede gerçekçi bir çözüme ulaşmanın olmazsa olmazı, gerçek zamanlı trafik verilerinin hesaplama dahil edilmesidir. Hesaplama dahil edilmeyen, sadece uzaklığın dikkate alınarak yapıldığı hesaplamalar en uygun değil sadece en kısa yollu güzergâh olacaktır. Bu hesaplama kesinlikle trafik problemin çözümüne

katkı sağlamayacak, sürücüye en kısa yoldan gidilecek yollu güzergahı önermekten öteye geçmeyecektir.

Önerilen ve uygulama yazılımı ile gerçekleştirilen gerçek zamanlı trafik bilgilerinin kullanılarak en uygun güzergahın belirlenmesi, yol durumuna göre güncellenen verilerle sürücüye alternatif bir güzergah önermesi açısından bu çalışma diğer çalışmalara göre sürücüye daha çok avantaj sunmaktadır.

Bu sistemin, hemen her yerleşim biriminde uygulanabilir bir özellikte olması, benzerlerine olan diğer bir üstünlüğüdür. Verilerin çevrimiçi olarak alınabiliyor olması, bağlantı özelliğine sahip taşınabilir platformlarda kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Şüphesiz günümüz ulaşım problemlerinin en büyüğü ve en önemlisi şehir içi araç trafiğinin sıklığı ve yer yer tıkanıklığıdır. Trafikte bulunan araçlara çok sayıda yeni aracın dahil olması bu karmaşıklığı daha da artırarak bireylerin günlük yaşamını zorlaştırmaktadır. Sunulan tez çalışmasında, trafik yoğunluğu sebebiyle seyahat edenlerin yaşadığı sıkıntıları azaltmak için, sürücülere alternatif güzergahlar sunarak zaman kazancı sağlayacak bir algoritma geliştirilmiş ve reel uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Özellikle Türkiye'nin büyük şehirlerindeki yoğun trafik karmaşası dikkate alınarak güzergâh planlanmasının yapıldığı mobil ya da navigasyon cihazlarıyla uyumlu çalışacak gerçek zamanlı bir uygulama sunulmuştur. Tez çalışmaları kapsamında temel olarak üç adet ana sonuç elde edilmiş ve aşağıda sıralanmıştır;

- ◆ Gerçek zamanlı güncel trafik bilgilerinin alındığı ve saklandığı merkezi bir trafik yönetim merkezi oluşturularak, trafikle ilgili birimlere ve sürücülere trafiği dikkate alan navigasyon tabanlı bir çözüm önerisi sunulmuş,
- ◆ Sunulan çözüm önerisinin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bir kısmı gerçek, bir kısmı el ile (manual) belirlenen trafik verileri kullanarak gerçek zamanlı trafik yoğunluğunu dikkate alan ve sürücülere alternatif güzergâhlara yönlendiren navigasyon algoritması ve uygulama yazılımı geliştirilmiş,
- ◆ Her bireyin istediği zaman faydalanabileceği, Türkiye'deki bütün şehirlerin trafik yoğunluk bilgilerinin tutulabileceği bir merkezin oluşturulmasına, bu merkezi göndereceği verilerle destekleyecek sürücülere konum bilgilerini, o anki hızlarını paylaşımlarını özendirici düzenlemeler yapılmasının toplumun güncel bir ihtiyacına çare olacağı gösterilmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen çözüm, trafikteki sürücülere sadece uzaklığı dikkate alan en kısa yol seçeneğini değil, aynı zamanda gerçek zamanlı trafik yoğunluğunu veya her ikisini dikkate alan güzergâhı seçebilme imkânı sunmaktadır. Aynı zamanda bu çözüm yolun yoğunluk, kapalılık durumuna göre de alternatif

güzergâh öneren bir çözüm olma özelliğini taşımaktadır. Uygulama yazılımı, bu katkıların ortaya konulduğu gösteren uygun sonuçlar vermektedir.

Önerilen çözüm ve uygulama yazılımı ile araç güzergâhlarının belirlenmesi çalışmaları kapsamında bilime ve teknolojiye iki temel katkı sağlanmıştır;

- ◆ Özellikle Türkiye’de kullanılmakta olan klasik araç navigasyon sistemleri seyahat edilecek en uygun güzergâhın belirlenmesinde en kısa mesafeli veya en hızlı gidilebilecek yolu dikkate almakta olup gerçek zamanlı trafik yoğunluk bilgisini dikkate almamaktadırlar. Sunulan bu tez çalışmasında gerçek zamanlı trafik yoğunluk bilgisi, yolun kapalılık bilgisinin de dikkate alındığı bir çözüm sunulmaktadır. Takip edilmekte olan bir güzergâhtaki belirli aralıklarla alınan gerçek zamanlı trafik bilgisi, yolun kapalı olup olmama bilgisi sayesinde sürücü alternatif güzergâha yönlendirilebilmektedir.
- ◆ Avrupa’daki bazı ülkelerde ve Amerika’da trafiği dikkate alan araç navigasyon cihazları, ancak radyo sinyalleri üzerinden yayın yaparak trafik bilgisini alan TMC alıcısına sahipse trafik verisini dikkate alan bir güzergah hesaplaması yapmaktadırlar. Bu tez çalışmasında ise, mobil platformlar üzerinden online olarak merkezi bir birimde tutulan ve belirli aralıklarla bağlanılarak alınan gerçek zamanlı trafik bilgisine göre güzergah hesaplaması yapılmakta ve duruma göre alternatif güzergah önerilmektedir. Geliştirilen uygulama yazılımı ile de bu çözümün önümüzdeki yıllarda daha tercih edilebilir bir çözüm olacağı gösterilmektedir.

Tez çalışmasının yukarıda ifade edilen ana katkılarının yanı sıra bazı ek özellikleri de bulunmaktadır. Bu özellikler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

- ◆ Önerilen çözüm büyük şehirlerdeki en büyük problemlerden olan trafik problemine sürücülere alternatif güzergâhlar sunmak suretiyle katkı sunmaktadır. Bu sayede trafik yoğunluğu yaşayan yolların trafik yükünü kullanılmayan diğer ara sokak ve caddelere yaymakta, bu yolların da kullanılmasını sağlayarak trafiği rahatlatmaktadır.
- ◆ Trafik yoğunluğunun azalmasına paralel olarak, sürücülerin daha kısa sürede evlerine varmalarına ve yakıttan da tasarruf sağlamalarına imkân sunmaktadır.

- ◆ Sürücülerin trafikteki fazla zaman kayıplarını azaltmakla birlikte yoğun trafikteki araç sayısının azalmasına da etki ederek çevreye salınacak gaz emisyonunun azalmasını sağlamaktadır.
- ◆ Tüm internet bağlantısı olan mobil platformlarda kullanılacak bir seçenek olması sebebiyle araç navigasyon çözümlerine alternatif oluşturduğu gibi, araç navigasyon cihazlarını destekleyici ek bir seçenek olmaktadır.

Bu alanda çalışan yerli ve yabancı navigasyon çözümleri üreten şirketlerin dahil ve destek olabileceği gerçek zamanlı trafik izleme merkezi ile isteyen herkesin kullanabileceği ulusal trafik izleme merkezi fikrinin gerçekleşmesine de katkı sunmaktadır.

6.1. Öneriler

- ◆ Başta büyükşehirler olmak üzere Türkiye'nin tüm şehirleri için anayollar başta olmak üzere tüm sokak ve caddelerdeki anlık trafik bilgisini ölçebilecek alt yapı çalışmaları vakit kaybedilmeden yapılmalıdır.
- ◆ Türkiye tüm illerinde Trafik İzleme ve Yönetim Merkezleri (TİYM) kurulmalıdır. Ayrıca her ilin yol trafik durumunun takip edilebileceği merkezi Ankara'da olacak Trafik İzleme ve Yönetim Genel Merkezi kurulmalıdır.
- ◆ Kanuni bir düzenleme ile hem illerdeki trafik izleme ve yönetim merkezlerinden hem de merkezi Ankara'da olacak Trafik İzleme ve Yönetim Genel Merkezi (TİYGEM)'nin çalışmalarından ve işleyişinden sorumlu olacak Trafik İzleme Kurumu veya Başkanlığı (TİK/TİB) kurulmalıdır.
- ◆ Başta büyükşehirler olmak üzere Türkiye'nin tüm şehirlerinin adres sistemi, navigasyon uygulamalarında rahat kullanılabilir şekilde bazı Avrupa ülkelerinde uygulanmakta olan adres sistemine benzer şekilde standart hale getirilmeli, şu anki adres gözden sistemi geçirilerek revize edilmelidir.
- ◆ Türkiye'de özellikle coğrafi bilgi sistemleri alanında faaliyet gösteren, gerek alanda dolaşarak veri toplayan, gerekse de bunun uygulamasını geliştirmek için gayret gösteren yerli ve yabancı navigasyon şirketlerinin bu alanda yaptıkları projeler ve çalışmalar desteklenmelidir.
- ◆ Büyük şehirler başta olmak üzere tüm şehirlerde navigasyon sistemlerinde kullanılmak üzere gerçek zamanlı trafik bilgisi toplayan ve bu konuda altyapıyı

oluşturmak için yatırım yapan yerli ve yabancı navigasyon şirketlerinin bu alanda yaptıkları projeler ve çalışmalar desteklenmelidir.

- ◆ Gerçek zamanlı trafik bilgisinin elde edilmesi amacıyla, yakın bir zamanda Ankara Büyükşehir Belediyesi'nin başlattığı tüm toplu taşıma araçlarında uygulamaya soktuğu GPS destekli EGO Otobüs hatları bilgilendirme sistemi için kullanılan veriler trafik yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılabilir, diğer şehirler için de benzeri sistemler aktif duruma getirilebilir. Ayrıca bu sistemin aynısı şehir içi dolmuş hatlarında çalışan araçlarda ve yine şehir içinde faaliyet gösteren taksilerde aktif hale getirilebilir. Bu sayede sokak ve caddelerin trafik yoğunluk bilgisi ile ilgili veriler elde edilerek tez kapsamında önerilen Trafik izleme ve yönetim merkezinde toplanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Bonsal P., Parry T., Drivers' requirements for route guidance, *Third International Conference on Road Traffic Control*, London, United Kingdom, 1-3 May 1990.
- [2] Canan S., Yapay sinir ağı ile GPS destekli navigasyon sistemi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2006, 183208.
- [3] Civan M., Büyük Kentlerde Acil Durumlarda İtfaiye Araçları İçin Network Analiz Teknikleri Kullanılarak En Uygun Güzergah Belirlenmesi, *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 28 Mart-1 Nisan 2005.
- [4] Chong L., Huapu L., Study of Traffic Information Analysis and Decision Support System Based on Grid Computing, *International Journal of Information Technology*, 2006, **12**(6), 69-77.
- [5] Schreckenberg M., Neubert L., Wahle J., Traffic Simulation Simulation Of Traffic in Large Road Networks, *Future Generation Computer Systems*, 2001, **17**(5), 649-657.
- [6] Hernández J., Ossowski S., Garcia-Serrano A., Multiagent Architectures For Intelligent Traffic Management Systems, *Transportation Research Part C*, 2002, **10**(5-6), 473-506.
- [7] Wahle J., Annen O., Schuster C., Neubert L., Schreckenberg M., A Dynamic Route Guidance System Based On Real Traffic Data, *European Journal of Operation Research*, 2001, **131**(2), 302-308.
- [8] Peter Schäfer R., Uwe Thiessenhusen K., Wagner P., A traffic information system by means of real-time floating-car data, *9th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Illinois, 14-17 October 2002.
- [9] Karas İ., Batuk F., Emem O., A 3D mobile mapping system: data generation, network analysis, simulation and navigation, *5th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT'07)*, Padua, Italy, 28-31 May 2007.
- [10] Zang Z., Wenxue C., A dynamic shortest path algorithm based on real-time traffic information in the urban public transit network, *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (IEEE/SOLI 2008)*, Beijing, China, 12-15 October 2008.
- [11] Tuzkaya U. R., Önüt S., A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between Turkey and Germany: A case study, *Information Sciences*, 2008, **178**(15), 3133-3146.

- [12] Keshavarz E., Khorram E., A fuzzy shortest path with the highest reliability, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2009, **230**(1), 204-212.
- [13] Jakimavičius M., Mačerinskienė A., A GIS-Based Modelling Of Vehicles Rational Routes, *Journal of Civil Engineering and Management*, 2006, **12**(4), 303-309.
- [14] Chuang T.-N., Kung J.-Y., A new algorithm for the discrete fuzzy shortest path problem in a network, *Applied Mathematics and Computation*, 2006, **174**(1), 660-668.
- [15] Caixia L., Anavatti S. G., Ray T., Adaptive route guidance system with real-time traffic information, *15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Anchorage, USA, 16-19 September 2012.
- [16] Chiang K.-W., Huang Y.-W., An intelligent navigator for seamless INS/GPS integrated land vehicle navigation applications, *Applied Soft Computing*, 2008, **8**(1), 722-733.
- [17] I-Cheng Lin ve Shuo-Yan Chou, Hsin-Yin Hsu, Developing adaptive driving route guidance systems based on fuzzy neural network, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2009)*, San Antonio, USA, 2009.
- [18] Zheng P., McDonald R., McDonald M., Development and evaluation of a route guidance system with realtime traffic information, *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE)*, Nanjing, China, 24-26 June 2011.
- [19] Disange N., Development of RTTI (real time traffic information) within vehicle navigation systems, *10th International Conference on Road Transport Information and Control*, London, United Kingdom, 4-6 April 2000.
- [20] Mukherjee S., Dijkstra's Algorithm for Solving the Shortest Path Problem on Networks Under Intuitionistic Fuzzy Environment, *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 2012, **11**(4), 345-359.
- [21] Syed S., Cannon M. E., Fuzzy logic-based map matching algorithm for vehicle navigation system in urban canyons, *National Technical Meeting of The Institute of Navigation*, San Diego, USA, 26-28 January 2004.
- [22] Lin C.-H., Yu J.-L., Liu J.-C., Lai W.-S., Ho C.-H., Genetic Algorithm for Shortest Driving Time in Intelligent Transportation Systems, *International Journal of Hybrid Information Technology (IJHIT)*, 2009, **2**(1), 21-30.
- [23] Yu Y., Li B., Real-time traffic data management for Dynamic Vehicle Navigation System, *IEEE 17th International Conference on Geoinformatic*, Virginia, USA, 12-14 August 2009.

- [24] Michael A. P. T., Jeremy E W., Rocco Z., Integration Of The Global Positioning System And Geographical Information Systems For Traffic Congestion Studies, *Transportation Research Part C*, 2000, **8**, 257-285.
- [25] Uluğtekin N., Bildirici İ., Coğrafi bilgi sistemi ve harita, *6. Harita Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 3-7 Mart 1997.
- [26] URL-1: http://www.mta.gov.tr/v2.0/birimler/RSC_WEB/index.php?id=ua, (Ziyaret tarihi: 11 Ağustos 2013).
- [27] Doğru A., Uluğtekin N., Navigasyon Haritalarının Tasarımında Çoklu Gösterim Veritabanları, *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 28 Mart - 1 Nisan 2005.
- [28] Uluğtekin N., İpbüker C., Kartografya ve Coğrafi Bilgi Sistemi, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 26-28 Eylül 1996.
- [29] URL-2: <http://www.seyfullah.com/bilisim-egitimleri/cbs-egitimi/>, (Ziyaret tarihi: 11 Ağustos 2013).
- [30] Söylemezoğlu T., Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Trafik Kazalarının Analizi: Ankara Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006, 180209.
- [31] Yomralıoğlu T., *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, 5. Baskı., Akademi Kitapevi, İstanbul, 2009.
- [32] URL-3: http://www.izmir.gov.tr/default_B1.aspx?id=972, (Ziyaret tarihi: 12 Ağustos 2013).
- [33] Doğru A., Uluğtekin N., CBS Uygulaması Olarak Araç Navigasyon Sistemleri, *Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 27-29 Nisan 2005.
- [34] Uluğtekin N., Doğru A. Ö., Coğrafi Bilgi Sistemi ve Harita: Kartografya, *Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 27-29 Nisan 2005.
- [35] URL-4: <http://www.infotech.com.tr/harita-uretim-teknolojisi>, (Ziyaret tarihi: 06 Haziran 2013).
- [36] Kraak M., Ormeling F., *Cartography: Visualization of Spatial Data*, Longman Group, London, United Kingdom, 2010.
- [37] URL-5: <http://www.simpos.com.tr/harita.html>, (Ziyaret tarihi: 06 Haziran 2013).
- [38] URL-6: http://www8.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf, (Ziyaret tarihi: 02 Haziran 2013).
- [39] URL-7: <http://uyduhaberlesme.com/gps-nedir-nasil-calisir/#axzz2bhlfec8m>, (Ziyaret tarihi: 12 Ağustos 2013).

- [40] Kahraman S., DGPS Tekniği Kullanılarak Hareket Eden Bir Aracın Hassas Konumunun Seri İletişim Yöntemi İle Tespiti ve GPS Ölçümüne Göre Yapılan Hata Oranının Karşılaştırılması, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2004, 184256.
- [41] Uylu K., GPS Destekli Navigasyon Sistemleri Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 223591.
- [42] Aktuğ B., Kinematik objelerin GPS ile izlenmesi: Sayısal harita destekli bir navigasyon sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002, 126916.
- [43] Doğru A.Ö., Araç Navigasyon Haritalarının Tasarımında Kavsak Yapılarının Modellenmesi İçin Çoklu Gösterimler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004, 154633.
- [44] Çınar T., *Global Navigation Satellite Systems-GNSS*, Hava Harp Okulu Komutanlığı HUTEN, İstanbul, 2000.
- [45] URL-8:
http://gpsdergi.com/index.php?option=com_content&view=article&id=96:tmc-nedir&catid=34:genel&Itemid=53, (Ziyaret tarihi: 24 Ağustos 2013).
- [46] Bayzan Ş., İnal M., Navigasyon Sistemi için Araç Güzergahı Belirlenmesinde Gerçek Zamanlı Trafik Bilgisi Kullanımı, *NWSA e-Journal of World Sciences Academy*, 2012, 7(2), 488-496.
- [47] Bayzan Ş., Araç rotalarının en kısa yol algoritmaları kullanılarak belirlenmesi ve C#.net ortamında simulasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2005, 196999.
- [48] Dijkstra E. W., A note on Two problems in Connexion with Graphs, *Numerishche Mathematik*, 1959, 1(1), 269-271.
- [49] Noto M., Sato H., A method for the shortest path search by extended Dijkstra Algorithm, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics(SMC 2000)*, Nashville, USA, 8-11 October 2000.
- [50] URL-9: http://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra's_algorithm, (Ziyaret tarihi: 24 Ağustos 2013).
- [51] Hart P. E., Nilsson N. J., Raphael B., A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths, *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 1968, 4(2), 100-107.
- [52] Stentz A., Optimal and efficient path planning for partially-known environments, *In Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation*, San Diego, USA, 8-13 May 1994.
- [53] Holland J. H., *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Press, 1975.

- [54] Goldberg D. E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, 1st ed., Addison-Wesley Publishing Company Inc., Boston, USA, 1989.
- [55] Uğur A., Doğan A., Ant System Algoritmasının Java ile Görselleştirilmesi, *Akademik Bilişim 2006*, Denizli, Türkiye, 9-11 Şubat 2006.
- [56] Jang J., Sun C., Mizutani E., *Neuro Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, PHI Learning, Prentice Hall, 2010.
- [57] Özçalık H. R., Uygur A. F., Dinamik Sistemlerin Uyumlu Sinirsel-Bulanık Ağ Yapısına Dayalı Etkin Modellenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2003, **6**, 36-46.
- [58] Jang J., ANFIS: Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1993, **23**(3), 665-685.
- [59] Erol O. K., Eksin İ., A new optimization method: big bang–big crunch, *Advances in Engineering Software*, 2006, **37**(2), 106-111.
- [60] Camp C., Design of space trusses using Big Bang-Big Crunch optimization, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 2007, **133**(7), 999-1008.
- [61] Kaveh A., Talatahari V., Size optimization of space trusses using Big Bang-Big Crunch algorithm, *Computers and Structures*, 2009, **87**(17-18), 1129-1140.
- [62] Genç H., Hocoğlu A., Bearing-only target tracking based on BigBang - Big Crunch algorithm, *The Third International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (CCGI 2008)*, Athens, Greece, 27 July-1 August 2008.
- [63] Kumbasar T., Eksin İ., Güzelkaya M., Yeşil E., Big bang big crunch optimization method based fuzzy model inversion, *Advances in Artificial Intelligence Lecture Notes in Computer Science*, 2008, **5317**, 732-740.
- [64] Mahmutoğlu A., Çukurçayır M. A., Trafik Sorununa Bir Çözüm Önerisi: Trafik İzleme Başkanlığı, *Sayıştay Dergisi*, 2012, 79-99.

EKLER

EK-A

PROGRAM KODLARI

Tez çalışması kapsamında C# platformunda geliştirilen navigasyon uygulama ve yönetim arayüzüne ait uygulama yazılımlarına ait program uygulama dosyaları CD içerisinde verilmiştir.

Ancak uygulamaya ait C# program kodları ve Dijkstra algoritması ile BBBC yaklaşımının karşılaştırılması için kullanılan Matlab program kodları CD içerisinde bulunmamaktadır. İlgili kodların elde edilmesi ve kullanımı için yazar ile irtibata geçilmesi gerekmektedir.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

- [1] **Bayzan Ş.**, İnal, M., Navigasyon Sistemi için Araç Güzergahı Belirlenmesinde Gerçek Zamanlı Trafik Bilgisi Kullanımı, *NWSA e-Journal of World Sciences Academy*, 2012, **7**(2), 488-496.
- [2] **Bayzan Ş.**, GPRS Verileri Yardımıyla Araç Rotalarının Belirlenmesi Problemine Farklı Bir Yaklaşım, *Akademik Bilişim 2009*, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, 11-13 Şubat 2009.
- [3] **Bayzan Ş.**, Sezai Tokat, Önder Çivril, Araç Rotalama Probleminde Talep Noktasında Bekleme Süresinin Alınan Toplam Yola Etkisi, *III.Otomasyon Sempozyumu*, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 11-12 Kasım 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Şahin Bayzan, 1971 yılında Araklı/Trabzon ilinde doğdu. İlköğrenimini Karatepe Köyü/Araklı okuduktan sonra, Ortaokul ve lise eğitimini Araklı Lisesi'nde tamamladı. 1993 yılında girdiği Yakınoğu Üniversitesi Bilgisayar mühendisliği (İngilizce - Burslu) bölümünde 1 yıl İngilizce hazırlık okuduktan sonra 1998 yılında Bilgisayar Mühendisi olarak mezun oldu. 2003–2005 yılları arasında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2007 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı'ndaki doktora programına halen devam etmektedir. 2000–2008 yılları arasında Pamukkale Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde asistan olarak görev yaptı. Şubat 2008'den itibaren Bilgi Teknolojileri Kurumu Telekomünikasyon İletişim Başkanlığında Uzman olarak çalışmaya başladı. 2011 yılında İletişim Uzmanı oldu. Evli ve dört çocuk babasıdır.