T.C.
KALKINMA BAKANLIĞI

KARAYOLU ULAŞIMINDA AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ

Uzmanlık Tezi

Özhan YILMAZ

BİLGİ TOPLUMU DAİRESİ
Ağustos 2012

ISBN 978-605-4667-11-6

Bu çalışma Kalkınma Bakanlığının görüşlerini yansıtmaz. Sorumluluğu yazara aittir. Yayın ve referans olarak kullanılması Kalkınma Bakanlığının iznini gerektirmez.

Bu tez Müsteşar Yardımcısı Erhan USTA başkanlığında Timoçin SANALAN, Şevki EMİNKAHYAGİL, Mustafa DEMİREZEN, Doç. Dr. Adil TEMEL, Hayri MARAŞLIOĞLU, Bahaettin GÜLGÖR, Nihal ERCAN, Dr. Vedat ŞAHİN ve Mehmet Fatih LEBLEBİCİ'den oluşan Planlama Uzmanlığı Yeterlilik Sınav Kurulu tarafından değerlendirilmiştir.

Bu yayın 500 adet basılmıştır.

T.C. KALKINMA BAKANLIĞI
Yayın No: 2840

KARAYOLU ULAŞIMINDA AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ

Uzmanlık Tezi

Özhan YILMAZ

BİLGİ TOPLUMU DAİRESİ
Ağustos 2012

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasında benim hep yanımda olan sevgili eşim Selen'e ve anneme,

Çalışmanın her aşamasında değerli yorum ve önerileri ile bana yol gösteren danışmanım, Planlama Uzmanı Ercan BOYAR'a,

Çalışmaya verdiği destek ve katkılar nedeniyle Bilgi Toplumu Dairesi Başkanı Sayın Emin Sadık AYDIN'a,

Çalışmaya yapmış oldukları değerli katkılar ve ayırdıkları zaman nedeniyle Daire Başkanı Sayın Recep ÇAKAL ve Ulaştırma, Enerji ve Lojistik Daire Başkanı Sayın Murad GÜRMERİÇ'e,

Tez çalışmasının değerlendirilmesinde yapıcı ve yol gösterici katkılar sağlayan Planlama Uzmanları Sayın Serdinç YILMAZ, Sayın Arzu ÖNSAL ve Sayın Pınar TOPÇU'ya,

Çalışmaya yapmış oldukları değerli katkılardan dolayı, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden Sayın Murat BARUT'a, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden Sayın Kübra BAYRAKTAR'a ve EMBARQ – Sürdürülebilir Ulaşım Merkezi'nden Sayın Arzu TEKİR'e,

Anlayış ve katkıları ile destek veren Planlama Uzman Yardımcıları Bülent GÜN ve Faruk CİRİT'e,

Çalışma esnasında yapmış olduğu kıymetli yorum ve önerileri nedeniyle Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi ve yüksek lisans tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Seçil SAVAŞANERİL TÜFEKCİ'ye,

teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Planlama Uzmanlığı Tezi

KARAYOLU ULAŞIMINDA AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ

Özhan YILMAZ

Bilgi ve iletişim teknolojileri, eğitimden sağlığa kadar pek çok sektörü köklü bir şekilde değiştirmiş, e-devlet kavramı ile vatandaşların devletten aldığı hizmetlere daha kolay erişebilmelerine olanak sağlamıştır. Önümüzdeki dönemde de bilgi ve iletişim teknolojileri, sağlamış olduğu bu imkânların yanı sıra ekonomik büyüme ve istihdam artışının de temel faktörü olacaktır. İnternetin kullanım alanının giderek genişlemesi, buna bağlı olarak internet bağlantılı cihazların ve hizmetlerin artıyor olması ve toplumun temel sorun ve ihtiyaçlarının çözümünde bu teknolojilerin potansiyelinin farkına varılması, bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomi içindeki önemini giderek artırmaktadır.

İklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma konusunun ön plana çıkmasıyla beraber, çevresel sorunlarla mücadelede "akıllı çözümlere" başvurulması, bu teknolojilerin daha da yaygın olarak kullanılmasını tetikleyecek önemli bir unsur olarak ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda öne çıkan konulardan birisi de "akıllı ulaşım" konusudur.

"Akıllı ulaştırma sistemleri", ulaştırma alanında ileri teknoloji, bilgi sistemleri, iletişim araçları, sensörler ve ileri optimizasyon tekniklerinin birlikte kullanıldığı uygulamalar olarak tanımlanabilmektedir. Bu çalışmada, bu alanda yapılan akademik ve sektörel çalışmalar incelenmekte ve bu sistemlerin hangi alanlarda uygulanabileceği hakkında genel bir çerçeve çizilmektedir. Akıllı ulaştırma sistemlerini etkin bir şekilde kullanan ülkelerin politika ve uygulama yönünden incelenmesi ve ülkemizin bu alandaki durumu hakkında bilgi verilmesi tez çalışması kapsamında yer almaktadır. Akıllı ulaştırma sistemlerinin ekonomik analizi yapılırken iki farklı araştırma sorusunun cevabı aranmaktadır. Bunlar, "Akıllı ulaştırma sistemlerinin ülkemizde yaygınlaşması sonucu elde edilebilecek faydanın ekonomik değeri nedir?" ve "Akıllı ulaştırma sistemleri alanında yapılacak altyapı yatırımları mimarisi nasıl tasarlanmalıdır?" sorularıdır.

Sonuç olarak, yapılan incelemeler ve gerçekleştirilen değerlendirme çalışması sonucunda, akıllı ulaştırma sistemlerinin yaygınlaşmasıyla yılık 33 milyar TL tasarruf sağlanabildiği ve yaygınlaştırma çalışmalarının bir "ulusal program" çerçevesinde yürütülmesi gerekliliği ortaya konulmuştur. Ayrıca, akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının tasarlanmasında kullanılabilecek "doğrusal programlama" tabanlı bir karar destek modeli tanıtılmış ve geleneksel yöntemlere göre performansı test edilmiştir. Çalışmanın literatüre dolaylı katkısı ise, karayolu ulaşımı kaynaklı maliyetlerin hesaplanması olmuştur.

Anahtar Kelimeler: "Akıllı Ulaştırma Sistemleri", "Sürdürülebilir Ulaştırma", "Doğrusal Programlama", "Karayolu Ulaşımı", "Ulaştırma Maliyetleri"

ABSTRACT

Planning Expertise Thesis

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN ROAD TRANSPORT

Özhan YILMAZ

Information and communication technologies (ICTs) have caused significant changes in many sectors including education and health. They also enable citizens to reach public services easily with the help of e-Government concept. It is expected that ICTs will become the main driver of economic growth and employment generation besides their offerings on public services. Widespread usage of internet, increasing amount of devices and services that are connected to the internet and the awareness on the potential of ICTs to cope with societal challenges increase the significance of ICTs in the economy.

Increasing utilization of "smart solutions" for combating wit environmental challenges within the context of climate change and sustainable development is an important factor triggering the wider utilization of ICTs. "Smart Transport" is an emerging hot topic within this context.

Intelligent Transport Systems (ITS) can be defined as comprehensive applications using advanced technologies, information systems, communication devices, sensors and advanced optimization technics in transport. In this study, academic and practical studies are examined and the general framework regarding the utilization of these systems is provided. Evaluation of advanced countries in ITS within the framework of policies and implementations, and current situation of Turkey are involved in the thesis. Two main research questions are followed during the economic analysis of ITS. These questions are, "What is the annual economic benefits of implementing ITS in Turkey?" and "How can we design public investments in ITS?"

As the consequences of conducted evaluations and analyses, we found that Turkey can achieve 33 billion TL cost savings annually and implementing ITS policies and projects within the framework of a "national program" is critical for the success. Moreover, an investment decision support system based on "linear programming" is provided in order to design ITS investment projects and the performance of the proposed model is compared with a traditional method. Indirect contribution of the thesis to the literature is providing road transport costs in Turkey.

Keywords: "Intelligent Transport Systems", "Sustainable Transport", "Linear Programming", "Road Transport", "Transport Costs"

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR ..... **i**

ÖZET ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

İÇİNDEKİLER ..... **iv**

TABLOLAR ..... **vii**

ŞEKİLLER ..... **ix**

GRAFİKLER ..... **x**

KISALTMALAR ..... **xi**

GİRİŞ **1**

1. AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ **4**

1.1. Karayolu Ulaştırma Ağına Olan Talep 4

1.2. Akıllı Ulaştırma Sistemlerine Olan İhtiyacın Ortaya Çıkması 18

1.3. Akıllı Ulaştırma Sistemlerinden Elde Edilebilecek Faydalar 20

1.4. Akıllı Ulaştırma Sistemlerinin Uygulama Alanları 22

1.4.1. İleri trafik yönetim sistemleri 23

1.4.2. İleri yolcu bilgi sistemleri 28

1.4.3. İleri araç kontrol ve güvenlik sistemleri 33

1.4.4. Ticari araç faaliyetleri 37

1.4.5. İleri toplu taşıma sistemleri 41

1.4.6. İleri kırsal taşıma sistemleri 47

1.5. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Standartları 48

2. AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ DÜNYA ÖRNEKLERİ İNCELEMESİ **54**

2.1. Amerika Birleşik Devletleri 54

2.2. Kanada 57

2.3. Japonya 60

2.4. Güney Kore 64

2.5. Singapur 67

2.6. Avustralya 70

2.7. Avrupa Birliği 72

2.8. Bölüm Değerlendirmesi 83

3. TÜRKİYE'DE AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ UYGULAMALARI 85

3.1. Türkiye'de Akıllı Ulaştırma Sistemleri Politikaları 85

3.2 Türkiye'de Yürütülen Önemli Akıllı Ulaştırma Sistemleri Projeleri 89

3.3. Bölüm Değerlendirmesi 97

4. AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ 98

4.1. Türkiye'de Akıllı Ulaştırma Sistemleri Uygulamalarından Elde Edilebilecek Faydanın Ekonomik Analizi 98

4.1.1. Yakıt maliyetleri 99

4.1.2. Araç yıpranma maliyetleri 102

4.1.3. Kaza maliyetleri 104

4.1.4. Zaman maliyetleri 107

4.1.5. Çevresel maliyetler 110

4.2. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Alanındaki Fırsatlar ve İhtiyaçlar 115

4.3. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Projelerinin Değerlendirilmesi 116

4.3.1. Literatürde akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin değerlendirilmesi 117

4.3.2. Akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin tasarımı için yatırım karar destek modeli önerisi 122

4.3.3. Örnek uygulama 126

4.3.4. Önerilen modelin değerlendirilmesi 130

4.4. Bölüm Değerlendirmesi 133

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 134

KAYNAKLAR 141

DİZİN 150

TABLOLAR

Sayfa No

Tablo 1.1. Türlerine Göre Motorlu Kara Taşıtı Sayısı 5
Tablo 1.2. Bazı OECD Ülkeleri Karayolu Yolcu Taşımacılığı (milyar yolcu-km) 6
Tablo 1.3. Bazı OECD Ülkeleri Ulusal Karayolu Yük Taşımacılığı (milyon ton-km) 7
Tablo 1.4. Bazı OECD Ülkeleri Karayolu Trafiği (milyar araç-km) 8
Tablo 1.5. Bazı Ülkelerde Araç Sahipliği (2007 Yılı) 10
Tablo 1.6. Sektörel Sera Gazı Emisyonları Değerleri (milyon ton CO_2 eşdeğeri) 11
Tablo 1.7. Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketimi (Ktep) 12
Tablo 1.8. Trafik Kaza Sayısı ve Sonuçları 16
Tablo 1.9. Ülkelere Göre Karayolu Trafik Kazaları Sonucu Ölümler 17
Tablo 1.10. Standart Konuları ve Çalışma Grupları Eşleştirme Tablosu 52
Tablo 4.1. 2010 Yılı Türkiye Geneli Karayolları Taşıt-km Değerleri (milyon) 99
Tablo 4.2. 2010 Yılı Şehirlerarası Arası Yolculuk Yakıt Maliyetleri 100
Tablo 4.3. Üç Büyük Kentte Taşıt Türüne Göre Günlük Taşınan Yolcu Sayısı ve Trafiğe Çıkan Araç Sayısı 100
Tablo 4.4. Üç Büyük Kentte Yıllık Kent İçi Yolculuk Sayısı ve Yakıt Maliyeti 101
Tablo 4.5. Yıllık Şehirlerarası Yolculuk Süresi ve Yıpranma Maliyeti 103
Tablo 4.6. Üç Büyük Kentte Ulaşım Araçlarına Göre Yolculuk Süreleri 103
Tablo 4.7. AB ve Türkiye'deki Kazaların İnsan Üzerindeki Sonuçlarının Maliyetleri (2010 Yılı Fiyatlarıyla) (Avro) 106
Tablo 4.8. 2009 Yılında Türkiye'de Meydana Gelen Kazaların Maliyeti 107
Tablo 4.9. Türkiye İçin Yolcu ve Yük Taşımacılığında Birim Zaman Maliyetleri. 108
Tablo 4.10. 2010 Yılı Türkiye Genelinde Karayolları Üzerindeki Taşımacılık Değerleri (milyon) 108
Tablo 4.11. Şehirlerarası Yıllık Yolcu ve Yük Taşımacılığı Değerleri (Milyon).... 109
Tablo 4.12. Kentlerde Günlük Yapılan Yolculuklar ve Harcanan Zaman 109
Tablo 4.13. Kentlerde Yolculuklarda Harcanan Zaman ve Maliyeti (milyon) 110
Tablo 4.14. Türkiye'de Motorlu Araç Kaynaklı Emisyonlar (Ton) 111
Tablo 4.15. 2010 Yılı Karayolu Ulaştırmasının Yıllık Maliyetleri (Milyon TL) ... 113

Tablo 4.16. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Sonucunda Elde Edilebilecek Maliyet Tasarrufu (Milyon TL) 114
Tablo 4.17. Uygulamaların Maliyet Alanlarına Göre Tasarruf Oranları 126
Tablo 4.18. Uygulamaların İhtiyaç Duyduğu Fonksiyonlar 127
Tablo 4.19. Uygulamaların Fayda ve Maliyet Büyüklükleri 131
Tablo 4.20. Kullanılan Yönteme ve Bütçe Büyüklüğüne Göre Uygulama Paketleri İçinde Yer Alan Uygulamalar 131
Tablo 4.21. Kullanılan Yöntemlerin Performans Karşılaştırması 132

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1.1. Anayol Geçiş Kontrolü Krokisi 23
Şekil 1.2. Trafik Sıkışıklığı Ücretlendirme Sistemi (Stockholm/İsveç) 27
Şekil 1.3. Araç Kimlik Doğrulama ve Hareketli Ağırlık Ölçüm Sistemleri 38
Şekil 1.4. Lojistik Yönetiminin Temel Fonksiyonları 40
Şekil 1.5. Otomatik Araç İzleme Sistemlerinin Diğer Sistemlerle İlişkisi 45
Şekil 3.1. Trafik Yoğunluğu Haritası (İstanbul) 94
Şekil 3.2. Akıllı Durak Yolcu Bilgilendirme Sistemi (Kocaeli) 96
Şekil 4.1. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Yatırım Karar Destek Modeli 122

GRAFİKLER

Sayfa No

Grafik 1.1. Yakıt Tüketimi Kaynaklı CO_2 Emisyonlarının Ülkelere Göre..... 14
Grafik 1.2. Ulaştırma Kaynaklı Emisyonların Modlara Göre Dağılımı (2008)..... 15
Grafik 4.1. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_1 = 3, \beta_2 = 4$) 128
Grafik 4.2. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_3 = 5, \beta_4 = 6$) 129
Grafik 4.3. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_5 = 7, \beta_6 = 8$) 129
Grafik 4.4. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_7 = 9$) 130

KISALTMALAR

a.g.e.	Adı geçen eser
AB	Avrupa Birliği
ABB	Ankara Büyükşehir Belediyesi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ALPR	Otomatik Plaka Tanıma (Automatic License Plate Recognition)
APTS	İleri Toplu Taşıma Sistemleri (Advanced Public Transportation Systems)
ARTS	İleri Kırsal Taşıma Sistemleri (Advanced Rural Transportation Systems)
ATIS	İleri Yolcu Bilgi Sistemleri (Advanced Traveler Information Systems)
ATMS	İleri Trafik Yönetim Sistemleri (Advanced Traffic Management Systems)
ATT	İleri Ulaştırma Telematikleri (Advanced Transport Telematics)
AVCS	İleri Araç Kontrol ve Güvenlik Sistemleri (Advanced Vehicle Control and Safety Systems)
AVL	Otomatik Araç Konumu (Automated Vehicle Location)
AVMS	Otomatik Araç İzleme Sistemleri (Automatic Vehicle Monitoring Systems)
BİT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri
CAD	Bilgisayar Destekli Dağıtım (Computer Assisted Dispatch)
CALM	Uzun ve Orta Mesafede Sürekli Havadan Haberleşme (Continuous Air Interface Long and Medium Range)
CBA	Fayda ve Maliyet Analizi (Cost-Benefit Assessment)
CEN	Avrupa Standardizasyon Komitesi (Comité Européen de Normalisation)
CH_4	Metan
CHP	Kombine Isı ve Elektrik Üretimi (Combined Heat and Power Generation)
CIP	Rekabet Edebilirlik ve Yenilik Çerçeve Programı (Competitiveness and Innovation Framework Programme)

CO	Karbonmonoksit
CO_2	Karbondioksit
CVO	Ticari Araç Faaliyetleri (Commercial Vehicle Operations)
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DRIVE	Avrupa Araç Güvenliği için Adanmış Karayolu Altyapısı (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe)
DSRC	Kısa Mesafe Telsiz İletişim (Dedicated Short-Range Communications)
ECU	Avrupa Para Birimi (European Currency Unit)
ERTICO	Avrupa Karayolu Ulaştırma Telematikleri Uygulama Koordinasyon Örgütü (European Road Transport Implementation Coordination Organisation)
ETC	Elektronik Geçiş Ücreti Toplama (Electronic Toll Collection)
ETSI	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (European Telecommunications Standards Institute)
EUROSTAT	Avrupa İstatistik Kurumu
GINA	Yenilikçi Karayolu Uygulamaları için Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS for INnovative road Applications)
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information System)
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems)
GPRS	Paket Anahtarlamalı Radyo Hizmetleri (General Packet Radio Service)
GPS	Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
GSYH	Gayri safi yurtiçi hasıla
$GtCO_2$	Giga ton karbondioksit
HEATCO	Ulaştırma Maliyetleri ve Proje Değerlendirmesi için Uyumlaştırılmış Avrupalı Yaklaşımlar Geliştirilmesi (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment)

ICTs	Information and Communication Technologies
ICT PSP	Bilgi ve İletişim Teknolojileri Politika Destek Programı (Information and Communication Technologies Policy Support Programme)
ICTSB	Bilgi ve İletişim Teknolojileri Standartları Kurulu (Information and Communication Technology Standards Board)
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (International Organization for Standardization)
ITE	Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Transportation Engineers)
ITF	Uluslararası Ulaştırma Forumu (International Transport Forum)
ITS	Akıllı Ulaştırma Sistemleri (Intelligent Transport Systems)
ITU	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union)
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
JSAE	Japonya Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (Japanese Society of Automotive Engineers)
KDV	Katma Değer Vergisi
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
KGS	Kartlı Geçiş Sistemi
Ktep	Kilo ton petrol eşdeğeri (Kilo ton equivalent petrol)
MCA	Çoklu Ölçüt Analizi (Multi-Criteria Anaysis)
MOBESE	Mobil Elektronik Sistem Entegrasyonu
Mtep	Mega ton petrol eşdeğeri (Mega ton equivalent petrol)
N_2O	Nitrözasit
NEN	Hollanda Standardizasyon Enstitüsü (Nederlands Normalisatie Instituut)
NMVOC	Metan dışı emisyonlar

NO_x	Azotoksitler
NTOC	Ulusal Ulaştırma Operasyonları Koalisyonu (National Transportation Operations Coalition)
OCR	Optik Karakter Tanıma (Optical Character Recognition)
OECD	İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OGS	Otomatik Geçiş Sistemi
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
PCP	Ticarileşme Öncesi Kamu Alımı (Pre-Commercial Procurement)
PM	Partikül maddeler
PROMETHEUS	Avrupa Etkin ve Eşsiz Güvenlikli Trafik Programı (Program for European Traffic with Efficiency and Unprecedented Safety)
PVB	Faydaların Bugünkü Değeri (Present Value of Benefits)
PVC	Maliyetlerin Bugünkü Değeri (Present Value of Costs)
RFID	Radyo Frekans ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
RITA	Araştırma ve Yenilikçi Teknoloji Yönetimi (Research and Innovative Technology Administration)
SAE	Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (Society of Automotive Engineers)
SMARTEST	Simulation Modeling Applied to Road Transport European Scheme Tests
SSL	Katı Hal Aydınlatma (Solid State Lighting)
TAP	Telematikler Uygulamaları Programı (Telematics Applications Programme)
TEMPO	Trans-Avrupa Akıllı Ulaştırma Sistemleri Projeleri (Trans-European intelligent transport systeMs PrOjects)
TEN-T	Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (Trans-European Transportation Network)
TMC	Trafik Mesaj Kanalı (Traffic Message Channel)
TICS	Ulaştırma Bilgi ve Kontrol Sistemleri (Transport Information and Control Systems)

TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UBAK	Ulaştırma Bakanlığı
UN	Birleşmiş Milletler (United Nations)
UNESCAP	Birleşmiş Milletler Asya ve Pasifik Bölgesi Ekonomik ve Sosyal Komisyonu (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)
US DOT	ABD Ulaştırma Bakanlığı (United States Department of Transportation)
UWB	Ultra Geniş Bant (Ultra Wideband)
V2I	Araç-Altyapı Etkileşimi (Vehicle to Infrastructure Interaction)
V2V	Araç-Araç Etkileşimi (Vehicle to Vehicle Interaction)
vd.	ve diğer arkadaşları
VSL	İstatistiksel Yaşam Değeri (Value of Statistical Life)
WEEE	Atık Elektrikli ve Elektronik Cihazlar (Waste Electrical and Electronic Equipment)
YÖK	Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı

GİRİŞ

2008 yılından itibaren tüm dünyada yaşanan küresel ekonomik kriz, ülke ekonomilerini derinden etkilemiş olup, dünyanın hemen hemen her ülkesinde işsizlik oranı hızla artmış, ülkeler arası ticaret hacmi ve özellikle gelişmekte olan ülkelere giren doğrudan yabancı sermaye azalmış ve büyük ülke ekonomileri birkaç ekonomi dışında (Çin, Hindistan, Endonezya, Suudi Arabistan, Güney Kore) ciddi oranda daralmıştır.

Küresel ekonomik krizin bu etkilerinin yanı sıra işaret ettiği bir başka konu ise, ülke ekonomilerinin ne kadar kırılgan bir yapıda oldukları, tutarsız ve yetersiz bir şekilde koordine edilen makroekonomik politikalar ve yapısal reformların nasıl sürdürülebilir olmayan küresel bir ekonomiye neden olabildikleridir.[1]

Bu durum, mevcut büyüme anlayışının yetersiz olduğunu ortaya koymuş olup, çevresel ve sosyal olarak sürdürülebilir kalkınma modellerinin tasarlanması ve uygulanması gerektiğinin altını çizmiştir. Bu kapsamda, "Yeşil Büyüme" kavramı yeni bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır. Çevreye zararlı aktivitelerin azaltılmasını amaçlayan "çevre vergisi reformu", "sürdürülebilir altyapı", "yeşil iş dünyası" ve "sürdürülebilir tüketim" gibi dört temel bileşen üzerine oturtulan bu kavramla sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması amaçlanmaktadır.

OECD'nin ortaya koyduğu temel politika alanlarından biri olan "yenilik", bir taraftan yeni fikirler, iş modelleri ve girişimciler yaratırken, bir taraftan da yeni pazarların ve mesleklerin oluşmasına imkân sağlamaktadır. Yeni bir kalkınma modeli olarak ortaya çıkan yeşil büyümenin sağlanabilmesi amacıyla yenilik politikalarının desteklenmesi önemlidir. Bu kapsamda, ülke ekonomilerinin daha çevre dostu ekonomiler haline dönüştürülmesi sürecinde "akıllı" uygulamaların önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Bu kapsamda, pek çok alanda kullanılabilen akıllı bilgi ve iletişim teknolojileri çözümleri, yeşil büyümenin önemli bir bileşeni haline gelmekte ve "Yeşil Bilişim (Green ICTs)" kavramı ön plana çıkmaktadır.

[1] UN, 2009: s.4.

Yeşil bilişim kavramı, diğer bilişim çözümleriyle kıyaslandığında nispeten daha az karbondioksit emisyonları ortaya çıkaran çözümler ile imalat, ulaştırma, barınma gibi diğer sektörlerdeki emisyonların azaltılmasında kullanılan çözümlerin bütünü için kullanılmaktadır.[2] Bu tanımlamaya paralel olarak OECD, yeşil bilişim kavramını hem eski nesil bilişim çözümlerine göre çevresel etkileri düşünüldüğünde daha iyi performans sergileyen bilişim çözümlerini hem de ekonomik ve toplumsal olarak çevresel performansın artırılması amacıyla kullanılan akıllı bilgi ve iletişim teknolojileri çözümlerini kapsayan "şemsiye" bir kavram olarak açıklamaktadır.[3]

Günümüzde yeşil bilişim uygulamaları arasında sayılan, ancak ilk uygulamalarına yeşil bilişim kavramının ortaya çıkmasından yıllar önce başlanan "akıllı ulaştırma sistemleri", özellikle karayolu ulaştırmasının etkinliği ve güvenliğinin artırılmasında, ulaştırma sektörü kaynaklı küresel ve yerel emisyonların azaltılmasında ve lojistik maliyetlerinin düşürülmesinde kilit role sahiptir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, gerçek zamanlı trafik verilerinin toplanması, toplanan verilerin işlenerek bilgiye dönüştürülmesi ve bilginin araçlar, sürücüler ve altyapılarla paylaşılmasını mümkün hale getirmiştir. Bu tez çalışmasında da karayolu ulaştırmasında kullanılan akıllı ulaştırma sistemleri kapsamlı bir şekilde incelenmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde, karayolu ulaştırmasının mevcut durumu resmedildikten sonra, "sürdürülebilir ulaştırma" kapsamında ele alınması gereken öncelikler de gözetilerek, karayolu ulaştırmasına yönelik akıllı ulaştırma sistemleri alanında günümüze kadar yapılmış olan akademik çalışmalar ve uygulamalar hakkında bilgi verilmektedir.

Tezin ikinci bölümünde, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları konusunda dünyanın önde gelen ülkeleri incelenmektedir. Bu ülkelerde oluşturulan politikalar ile uygulanan akıllı ulaştırma sistemleri programları ve önemli projeler hakkında bilgi verilmektedir.

---

[2] UNESCAP, 2009: s.6.
[3] OECD, 2010: s.7.

Tezin üçüncü bölümünde, akıllı ulaştırma sistemleri alanında ülkemizdeki mevcut uygulamalar ile yakın gelecekte öne çıkabilecek konular ifade edilmektedir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, akıllı ulaştırma sistemlerinin ulusal düzeyde yaygınlaştırılması aşamasında dikkate alınması gereken maliyet bileşenleri hakkında bilgi verilmektedir. Ayrıca, ülkemizde akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının yaygınlaştırılması sonucu elde edilebilecek maliyet tasarrufu, üst düzey dokümanlardan elde edilen hedeflere paralel olarak hesaplanmaktadır. Bu bölümde, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları alanında yapılacak kamu yatırımlarının yaratacağı genişlemenin ekonomik büyüme ve istihdam artışı açısından önemli fırsatlar sunduğu belirtilmekte ve bu konuda yapılabilecek çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Bunların yanı sıra, akıllı ulaştırma sistemlerinin bilgi ve iletişim tabanlı uygulamalar olması ve ortak platformları kullanmasından dolayı, bu alanda yapılacak yatırımların tasarlanması sürecinde kullanılabilecek "doğrusal programlama" tabanlı bir karar destek modeli tanıtılmaktadır.

Tezin son bölümünde ise, akıllı ulaştırma sistemleri konusunda elde edilen sonuçlar özetlenmekte ve ülkemizde yapılması gereken çalışmalara ilişkin öneriler yer almaktadır.

1. AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ

Karayolu ulaştırma ağına olan talep ve bu talebin karşılanmasına yönelik ortaya çıkan ihtiyaçlar, akıllı ulaştırma sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması konularında belirleyici olmaktadır. Bu nedenle bu bölümde, öncelikle karayolu ulaştırmasına olan talep ve bu talebin niteliği ele alınacaktır. Ayrıca, akıllı ulaştırma sistemlerinin kullanılmasıyla elde edilebilecek faydalar ile bu sistemlerin uygulama alanları ve standartlar hakkında bilgi verilecektir.

1.1. Karayolu Ulaştırma Ağına Olan Talep

İnsanların ve eşyaların güvenli ve etkin bir şekilde taşınması bu hizmeti sunanların ve bu hizmetten yararlananların yanında politika geliştiricilerin de üzerinde yoğunlukla durduğu bir konudur. İnsanların işlerine, sağlık ve eğitim kurumları ile diğer hizmet sunan merkezlere "fiziksel erişimleri" olmadan hayat kalitesinin sürdürülebilirliğinden; kaynaklara ve pazara erişim imkânı olmadığında ise kalkınmanın ve yoksullukla mücadelenin sürdürülebilirliğinden söz etmek mümkün değildir.[4]

Bunun yanında, ekonomik faaliyetlerde yaşanan büyüme ile birlikte, güvenli, verimli, etkili, çevreye duyarlı ve adil[5] ulaştırmaya olan talep giderek artmaktadır. Ulaştırma sektöründeki bu talep artışı ülkemizde etkisini en fazla karayolu modunda göstermiş, yolcu ve yük taşımacılığında karayolunun payı yüzde 90'ın üzerine çıkmıştır.[6] 2010 yılı verilerine göre, ülkemizde şehirlerarası yolcu taşımacılığının yaklaşık yüzde 95,1'i, yük taşımacılığının ise yaklaşık yüzde 89,2'si karayolu ile gerçekleştirilmektedir.[7]

Bu talebin bir göstergesi olarak, ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı hızla artmış, 2008-2011 yılları arasında yüzde 10,7 oranında artarak 15,2 milyona ulaşmıştır. Bu dönemde en büyük artış yüzde 18,2 ile kamyonet türü araçlarda görülürken, bu araç türünü sırasıyla otomobil (yüzde 12,3) ve motosiklet

---

[4] World Bank, 1996: s.1.
[5] Ulaştırmada adalet konusu toplumun her kesiminin ulaştırma politikaları içinde gözetilmesi ve ulaştırma yatırımlarının fayda ve etkilerinin eşit bir şekilde dağıtılması konularına odaklanmaktadır.
[6] DPT, 2005: s.2.
[7] Kalkınma Bakanlığı, 2011b: s.121.

(yüzde 9,8) izlemektedir. Aynı dönemde, kamyon türü araç sayısında yaklaşık yüzde 2 oranında bir azalma olmuştur. (Tablo 1.1)

Tablo 1.1. Türlerine Göre Motorlu Kara Taşıtı Sayısı

Araç Türü	2008	2009	2010	2011[a]	Değişim[d] (Yüzde)
Otomobil[b]	6 796 629	7 093 964	7 544 871	7 634 376	12,33
Minibüs	383 548	384 053	386 973	388 203	1,21
Otobüs	199 934	201 033	208 510	210 683	5,38
Kamyonet[b]	2 066 007	2 204 951	2 399 038	2 440 940	18,15
Kamyon[c]	744 217	727 302	726 359	729 387	-1,99
Motosiklet	2 181 383	2 303 261	2 389 488	2 394 177	9,76
Özel Amaçlı Taşıtlar	35 100	34 104	35 492	35 455	1,01
Traktör	1 358 577	1 368 032	1 404 872	1 407 932	3,63
Toplam	13 765 395	14 316 700	15 095 603	15 241 153	10,72

Kaynak: TÜİK Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri (2011)
(a) Veriler Ocak ayı sonu itibarıyladır.
(b) Arazi taşıtı dâhildir.
(c) Ağır tonajlı yük taşıtlarını da kapsar.
(d) Değişim oranı 2008-2011 yılları arasını kapsamaktadır.

İnsanların ve eşyaların hareketliliği vatandaşlar ve iş çevresi için vazgeçilmez bir unsur haline gelmiş, hareketliliğin sürdürülebilirliğinin sağlanması konusu kamu ve özel kesimler ile akademik çevrelerde önemli bir öncelik haline gelmiştir. Avrupa Komisyonu da hareketliliği, sanayi ve hizmetler sektörlerinin rekabet edebilirliğini artıran bir unsur ve insanların önemli bir vatandaşlık hakkı olarak nitelendirmektedir.[8]

Hareketlilik perspektifinden bakıldığında, ülkemizde de karayolu ulaştırmasına olan talep hızla artmış, karayoluyla taşınan yolcu sayısı 1970 yılından 2009 yılına kadar yılda ortalama olarak yüzde 4,29 oranında artarak 212 milyar yolcu-km seviyesine ulaşmıştır. Türkiye, listedeki ülkeler arasında en hızlı talep artışına sahip ülke olarak göze çarpmaktadır. İspanya (yüzde 4,09) ve Japonya

[8] EC, 2006a: s.3.

(yüzde 3,1) ise ülkemizden sonra en hızlı talep artışı yaşanan ülkeler olarak öne çıkmaktadır. (Tablo 1.2)

Tablo 1.2. Bazı OECD Ülkeleri Karayolu Yolcu Taşımacılığı (milyar yolcu-km)

Ülke	1970	1990	2000	2008	2009	Yıllık Ort. Değ. (Yüzde)
ABD	2 818 [a]	3 867	4 354	4 352	-	1,15
Almanya	399	650	900	916	-	1,29
Avustralya	107	218	258	283	282	2,53
Belçika	59	92	119	131	-	2,15
Birleşik Krallık	343	634	686	728	680	1,77
Fransa	330	627	743	769	773	2,20
İspanya	85	208	330	404	408	4,09
İsveç	65	96	101	107	108	1,32
Japonya	284	853	951	906	-	3,10
Türkiye[b]	41	135	186	206	212	4,29

Kaynak: Uluslararası Ulaştırma Forumu (ITF)
(a) Yalnızca özel otomobillere ilişkin verilerdir.
(b) Şehirlerarası yolcu taşımacılığı verileridir.

Ülkemizde karayolu yolcu taşımacılığına olan talep 2010 yılında yaklaşık 227 milyar yolcu-km'ye ulaşmıştır. Talebin 2011 yılında yaklaşık 240 milyar yolcu-km'ye ulaşması tahmin edilmektedir.[9]

Yolcu taşımacılığında olduğu gibi yük taşımacılığına olan talepte de dünya genelinde önemli artışlar yaşanmıştır. Ticaret ve sanayinin küreselleşmesi (özellikle ulaştırma ve iletişim teknolojileri alanlarında yaşanan gelişmeler sonucunda tedarik zinciri yönetiminin de küreselleşmesi) bölgeler arasındaki yük taşımacılığını önemli oranda artırmıştır. Yük taşımacılığına olan talep ülkemizde de hızla artmış, ulusal karayolu yük taşımacılığı 1995-2009 yılları arasında yıllık ortalama olarak yaklaşık yüzde 3,27 oranında büyüyerek 176 milyar ton-km seviyesine gelmiştir. (Tablo 1.3)

[9] Kalkınma Bakanlığı, 2011b: Tablo IV:18, s.120.

Tablo 1.3. Bazı OECD Ülkeleri Ulusal Karayolu Yük Taşımacılığı (milyon ton-km)

Ülke	1995	2000	2007	2008	2009	Yıllık Ort. Değ. (Yüzde)
Almanya	237 515	280 699	343 439	341 550	307 575	1,86
Avustralya	107 680	135 186	182 243	190 779	-	4,50
Belçika	47 136	51 023	42 085	38 356	-	-1,57
Birleşik Krallık	146 714	153 704	175 851	166 183	147 358	0,03
Finlandiya	22 338	27 716	25 963	27 614	24 263	0,59
Fransa	157 084	184 222	207 025	195 515	166 052	0,40
İsveç	28 247	31 355	36 376	37 933	32 118	0,92
İtalya	195 327	158 562	152 398	151 823	-	-1,78
Japonya	294 648	313 118	354 800	346 420	332 961	0,88
Kanada	65 800	84 700	133 000	129 600	-	4,96
Türkiye	112 515	161 552	181 330	181 935	176 455	3,27

Kaynak: Uluslararası Ulaştırma Forumu (ITF)

Ülkemizde karayolu yük taşımacılığı hacmi 2010 yılında 190 milyar ton-km'yi geçmiştir. Yük taşımacılığının 2011 yılında yaklaşık 202 milyar ton-km'ye ulaşması tahmin edilmektedir.[10]

Yük taşımacılığının ağırlıklı olarak demiryolu altyapılarının kullanılarak yapılması ülkemizde stratejik amaç olarak belirlenmiş olmasına rağmen, gerek altyapı yetersizliği gerekse demiryolu taşımacılığında özel sektör tren işletmeciliğinin gelişmemiş olması nedeniyle, yük taşımacılığı ağırlıklı olarak karayolları üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu eğilimin önümüzdeki yıllarda da sürmesi beklenmekte olup, yük taşımacılığının karayolları üzerine oluşturacağı baskının artarak devam edeceğini söylemek mümkündür.

Trafik perspektifinden bakıldığında ise, ülkemizdeki karayolu trafiği, 1995-2009 yılları arasında yıllık ortalama olarak yaklaşık yüzde 5,37 gibi oldukça yüksek bir oranda artarak, 34,83 milyar araç-km seviyesinden 72,43 milyar araç-km

[10] Kalkınma Bakanlığı, 2011b: Tablo IV:18, s.120.

seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'den sonra en hızlı artış, yıllık ortalama olarak yaklaşık yüzde 1,69 ile İtalya'da görülmektedir. (Tablo 1.4)

Tablo 1.4. Bazı OECD Ülkeleri Karayolu Trafiği (milyar araç-km)

Ülke	1995	2000	2007	2008	2009	Yıllık Ort. Değ. (Yüzde)
ABD	-	-	4 832	4 665	4 730	-1,05
Avustralya	-	-	223	224	224	0,65
Belçika	80	90	99	98	-	1,53
Birleşik Krallık	430	467	513	509	502	1,12
Finlandiya	42	47	53	53	53	1,69
Fransa	169	198	188	186	188	0,75
İsveç	44	47	53	52	52	1,29
İtalya	60	70	84	83	73	1,44
Japonya	910	963	922	912	892[a]	-0,14
Türkiye[b]	35	56	70	70	72[c]	5,37

Kaynak: Uluslararası Ulaştırma Forumu (ITF), Temel Ulaştırma İstatistikleri, 2009
(a) Tahmini verilerdir.
(b) Şehirlerarası araç trafiği verileridir.
(c) Karayolları Genel Müdürlüğü verileridir.

Ülkemizdeki karayolu trafiğinin, ticaretin gelişmesi, araç sahipliğindeki artış ile hareketlilik ve erişebilirlik talepleri doğrultusunda önümüzdeki yıllarda daha da artması beklenmektedir. Bu durum, daha fazla altyapı yatırımlarının yapılması veya mevcut altyapıların daha etkin kullanılması konularını ön plana çıkaracaktır.

Yolcu ve yük taşımacılığı yönünde artan taleple birlikte, karayollarındaki trafik sıkışıklığı giderek artmaktadır. Artan trafik sıkışıklığı yolcu ve yük hareketliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun sonucunda, insanların yaşam kalitesi ve ekonomi bu durumdan olumsuz yönde etkilenmektedir. İnsanların çalışarak, dinlenerek ya da eğlenerek geçirecekleri zamanı trafikte geçirmeleri, yüklerin zamanında teslim edilememesi, trafikte beklenen süre boyunca harcanan akaryakıt maliyeti ve karbondioksit emisyonlarındaki artış, trafik sıkışıklığının olumsuz ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerine ilişkin önemli göstergelerdir. OECD bünyesinde faaliyet gösteren, Hindistan ve Rusya gibi OECD üyesi olmayan

ülkelerin de katılım sağladığı Uluslararası Ulaştırma Forumu (ITF – International Transport Forum), tüm modlardaki trafik sıkışıklığının ABD ekonomisine yıllık maliyetinin 200 milyar ABD doları olduğunu ve karayollarındaki trafik sıkışıklığının ise özellikle büyükşehirlerde ciddi etkileri olduğunu ifade etmektedir. ABD'nin New York şehrinde karayollarındaki trafik sıkışıklığından kaynaklanan zaman ve akaryakıt maliyetinin yıllık yaklaşık 7 milyar ABD doları olduğunu gösteren çalışmada, Los Angeles şehrindeki maliyetinin ise 10 milyar ABD dolarından fazla olduğu belirtilmektedir.[11]

AB'de yapılan bir çalışmada ise, trafik sıkışıklığının maliyetinin GSYH'ye oranının AB ortalamasının yüzde 1'i civarında olduğu, bu oranın Birleşik Krallık ve Fransa gibi ülkelerde yüzde 1,5 oranına kadar çıktığı belirtilmektedir.[12]

Karayolu trafik sıkışıklığının maliyetine ilişkin kapsamlı bir çalışma ülkemizde henüz yapılmamıştır. Bununla birlikte, Öztürk (2005) gelişmiş ülkelerde trafik sıkışıklığının başlıca nedeni olarak yüksek araç sahipliğini gösterirken, ülkemizde uygulanan hatalı ulaşım politikalarının, hızlı nüfus artışının ve kırsal bölgelerden kentlere olan göçlerin yollarda planlanandan daha fazla araç trafiği oluşmasına neden olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmada trafik sıkışıklığının neden olduğu maliyet hesaplanırken yolculuk süresi, taşıt işletme ve hava kirliliği maliyetlerinin dikkate alınabileceği belirtilmiş, İstanbul için trafik sıkışıklık maliyetinin 2010 yılında yılda yaklaşık 2,7 milyar ABD doları olarak tahmin edilmiştir.

Ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı son yıllarda hızla artmış olmasına karşılık, araç sahipliği konusunda ülkemiz gelişmiş ülkelere göre oldukça geri sıralarda yer almaktadır. Bu durumda, ülkemizde yaşanacak ekonomik büyümeyle birlikte araç sahipliği oranının gelişmiş ülkeler düzeyine yaklaşacağı varsayımıyla önümüzdeki yıllarda trafik sıkışıklığının daha da artacağını ve bunun sonucu olarak da trafik sıkışıklığının maliyetinin ciddi boyutlara ulaşacağını söylemek mümkündür. 2010 yılı itibarıyla, bin kişiye düşen otomobil sayısı ilk kez

[11] ITF, 2007: s.6.
[12] EC, 2008c: s.13.

100'ün üzerine çıkarak, 102'ye ulaşmıştır. Yük araçları düşünüldüğünde ise, 2010 yılı itibarıyla ülkemizde bin kişiye düşen araç sayısı, 42'dir. Ülkemiz, İspanya ve Fransa gibi ülkelerle kıyaslandığında yük aracı parkında gerilerde olmasına karşılık, bu alandaki fark otomobil sahipliğindeki kadar büyük değildir. Sonuç olarak, milli gelirdeki artışa bağlı olarak, önümüzdeki yıllardaki en büyük artışın otomobil parkında olacağı söylenebilmektedir. (Tablo 1.5)

Tablo 1.5. Bazı Ülkelerde Araç Sahipliği (2007 Yılı)

Ülke	Otomobil Parkı	Yük Aracı Parkı	1000 Kişiye Düşen Otomobil Sayısı	1000 Kişiye Düşen Yük Aracı Sayısı
ABD	138 354 000	110 604 000	459	367
Almanya	41 184 000	6 893 993	501	84
Avusturya	4 246 000	354 000	512	43
Birleşik Krallık	26 787 000	446 000	439	7
Finlandiya	2 570 356	394 718	486	75
Fransa	30 700 000	6 250 000	496	101
İspanya	21 760 174	5 140 586	485	115
İsveç	4 253 530	504 782	465	55
Polonya	14 589 000	2 521 000	383	66
Türkiye[a]	7 544 871	3 125 397	102[b]	42[b]

Kaynak: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Konseyi (UNECE) Temel Ulaştırma İstatistikleri 2007; TÜİK Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri

(a) 2010 yılı verileridir.

(b) 31 Aralık 2010 tarihi itibarıyla Türkiye nüfusu 73 722 988 kişidir.

Trafik sıkışıklığının ekonomik maliyetinin yanında ulaştırmaya olan talebin çevresel etkileri de pek çok platformda önemle ele alınmaktadır. OECD'ye bağlı bir başka örgüt olan Uluslararası Enerji Ajansı (IEA – International Energy Agency) tarafından yapılan bir çalışmada dünyadaki yıllık enerji kullanımından yüzde 19 oranında bir pay alan ve ağırlıklı olarak fosil yakıtların kullanıldığı ulaştırma sektörünün karbondioksit emisyonlarındaki payının yüzde 23 olduğu vurgulanmaktadır. Bunun yanında, önümüzdeki yıllarda ulaştırmanın enerji kullanımında ve karbondioksit salınımındaki paylarının daha da artacağı

belirtilmekte olup, 2030 yılında ulaştırmanın enerji kullanımındaki payının yüzde 30'a ve karbondioksit salınımındaki payının ise yüzde 35'e yaklaşacağı tahmin edilmektedir. Söz konusu çalışmada, bu iki orana ilişkin 2050 yılı tahminleri ise, sırasıyla yüzde 35 ve yüzde 41 olarak verilmektedir.[13]

IEA tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, fosil yakıtların birincil enerji kaynakları üretimindeki ağırlığının önümüzdeki yıllarda da devam edeceği ve 2030 yılında toplam enerji arzının yüzde 30'luk kısmının fosil yakıtlardan karşılanacağı belirtilmektedir. Söz konusu çalışmada, fosil yakıtlardan petrole olan talebin projeksiyon periyodu boyunca yıllık ortalama yüzde 1 oranında artacağı ifade edilmekte olup, 2008 yılında günde 85 milyon varil olan talebin 2030 yılında 105 milyon varile çıkacağı ve petrole olan talep artışının yüzde 97 oranındaki bölümünün ise ulaştırma sektörü kaynaklı olacağı vurgulanmaktadır.[14]

Tablo 1.6. Sektörel Sera Gazı Emisyonları Değerleri (milyon ton CO_2 eşdeğeri)

Sektör	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Pay (2008) (Yüzde)
Enerji	204	218	227	241	258	288	278	75,75
Endüstriyel Prosesler	23	24	26	25	28	26	30	8,18
Tarım	15	15	15	16	16	26	25	6,81
Atık	28	29	28	30	30	32	34	9,26
Toplam	270	286	296	312	332	372	367	100

Kaynak: TÜİK Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları, 2008

Ülkemizdeki sera gazı emisyonları da yıllar itibarıyla önemli oranda artmaktadır. 2002 yılında yaklaşık 271 milyon ton CO_2 eşdeğeri olan sera gazı emisyonları yaklaşık yüzde 35,43 oranında artarak 2008 yılı itibarıyla 366 milyon ton CO_2 eşdeğerinin üzerine çıkmıştır. Sera gazı emisyonları oluşturan sektörler göz önünde bulundurulduğunda ise, enerji üretim faaliyetlerinin (barınma, ısınma, ulaştırma vb.) ön plana çıktığı görülmekte olup, enerji üretiminden kaynaklanan sera

[13] IEA, 2009a: s.29.
[14] IEA, 2009b: s.4.

gazı emisyonları, toplam sera gazı emisyonlarının yüzde 75'inden fazlasını oluşturmaktadır. (Tablo 1.6)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, 2006-2010 yılları arasında toplam enerji tüketimi yüzde 7,66 oranında artarak 83,37 Mtep'e ulaşmıştır. Ulaştırma sektörü kaynaklı enerji tüketimi ise, 2006 yılında yaklaşık 15 Mtep iken bu değer yüzde 2,22 oranındaki küçük bir artışla 2010 yılında yaklaşık 15,33 Mtep'e ulaşmıştır. Ulaştırma sektörü kaynaklı enerji tüketiminde yaşanan artışın nihai enerji tüketiminde yaşanan artışa göre daha düşük bir seviyede kalmasının temel nedeni olarak, 2008 yılındaki küresel kriz sonucunda ülkemizde yaşanan ekonomik daralma gösterilebilir. 2007 yılında bir önceki yıla göre yüzde 15'in üzerinde büyüyen ulaştırma sektörü kaynaklı enerji tüketimi, krizin etkisiyle hızla gerilemiştir.[15] Karayolu ulaştırmasının ulaştırma sektörü kaynaklı enerji tüketimindeki payı ise, 2010 yılında yüzde 88'e yaklaşmıştır. (Tablo 1.7)

Tablo 1.7. Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketimi (Ktep)

SEKTÖR	2006	2007	2008	2009	2010	Pay (2010) (Yüzde)
Konut ve Hizmetler	23 678	24 623	28 323	29 466	28 868	34,63
Sanayi	30 995	32 466	25 677	25 966	30 628	36,74
Ulaştırma	14 995	17 282	16 044	15 916	15 328	18,38
- Karayolu Ulaştırması	12 603	14 368	13 453	13 309	13 421	16,10
Tarım	3 608	3 944	5 174	5 073	5 089	6,10
Enerji Dışı	4 163	4 430	4 341	4 153	3 459	4,15
Toplam	77 439	82 745	79 559	80 574	83 372	100

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Genel Enerji Dengesi İstatistikleri

Geçtiğimiz yıllarda ulaştırma sektörü kaynaklı enerji tüketiminde önemli dalgalanmalar yaşanmış olmasına rağmen, IEA'nın "IEA Üyesi Ülkelerin Enerji

[15] Sanayi sektörü enerji tüketimindeki düşüş ulaştırma sektöründen daha sert olmuştur. Ayrıca, konut ve hizmetler sektöründeki enerji tüketiminde düşüş yaşanmaması, sanayi ve ulaştırma sektörlerinin diğer sektörlere göre daha fazla ekonomik faaliyet içermesi olarak yorumlanabilmektedir.

Politikaları: Türkiye" yayınında, ulaştırma sektörü kaynaklı enerji tüketiminin 2020 yılında yaklaşık 30 Mtep'e ulaşacağı tahmin edilmektedir.[16]

Nüfus artışı ile birlikte, son yıllardaki güçlü ve istikrarlı ekonomik büyümenin bir sonucu olarak üretim faaliyetlerinde yaşanan gelişmeler ve sosyal refah artışı enerji tüketiminde büyük artışa yol açmıştır. Önümüzdeki dönemlerde, yolcu ve yük taşımacılığına olan hızlı talep artışı ile ulaştırma sektöründen kaynaklanan enerji talebinin artması beklenmekte ve bunun sonucu olarak karbondioksit emisyonları içerisinde ulaştırma sektörünün payında ciddi artışlar olacağı tahmin edilmektedir. IEA'ya göre, 2007 yılında ülkemizdeki toplam karbondioksit emisyonlarının yüzde 18,1'lik bölümünün ulaştırma sektörü kaynaklı olduğu ifade edilmektedir.

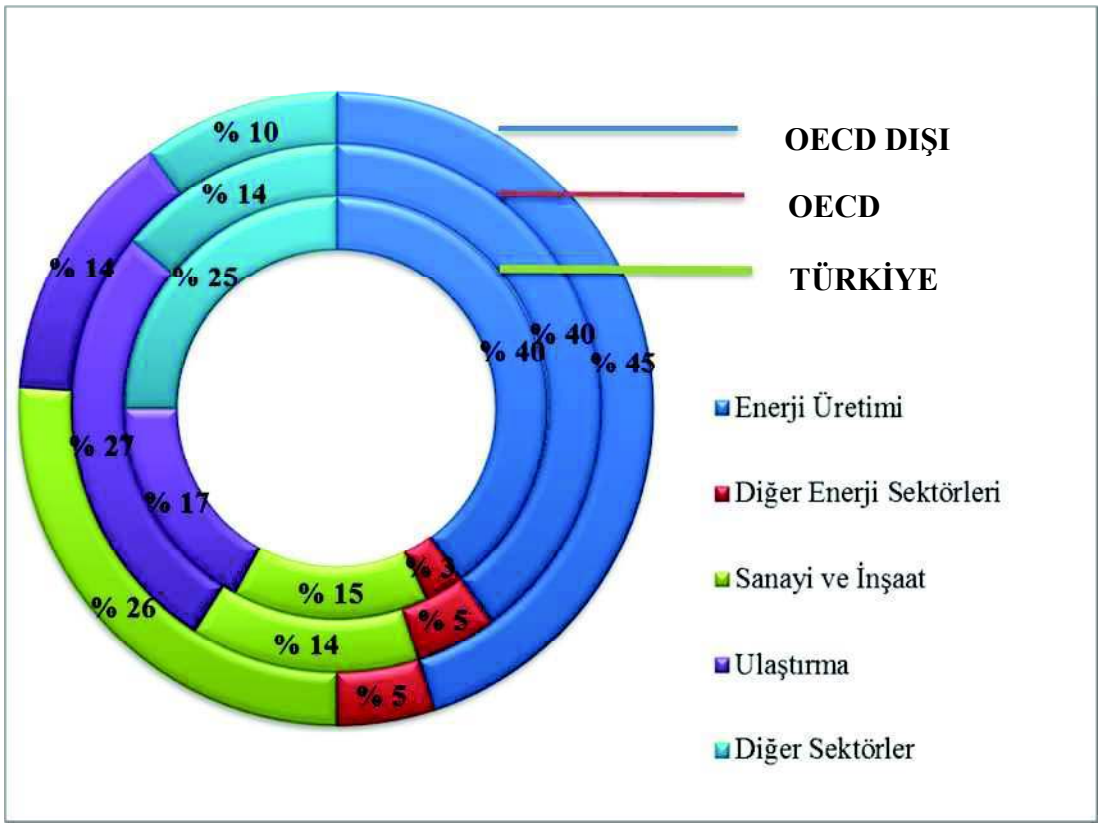
Ulaştırma sektörünün toplam karbondioksit emisyonları içerisindeki payının dünya ortalamasının (yüzde 22) altında olması, ülkemiz ulaştırma sektörünün diğer ülkelerin ulaştırma sektörlerine göre daha enerji etkin olduğunu akla getirmemelidir. IEA istatistiklerine göre, üye ülkeler içinde ülkemiz 1990-2008 yılları arasında karbondioksit emisyonlarındaki yüzde 107,6'lık artışla Güney Kore'den (yüzde 118,6) sonra en fazla karbondioksit emisyonları artışının yaşandığı ülke olarak dikkat çekmektedir. Ülkemizden sonra en fazla karbondioksit emisyonları artışının yaşandığı ülke olan İspanya'da ise bu oran yaklaşık yüzde 54 seviyesindedir.[17]

OECD'ye üye olan ve olmayan ülkelerde yakıt tüketimi sonucu oluşan karbondioksit emisyonları dağılımına bakıldığında en belirgin farklılık "Üretim ve İnşaat" ve "Ulaştırma" sektörlerinde görülmektedir. Ulaştırma sektörünün toplam karbondioksit emisyonlarındaki payı, OECD'ye üye ülkelerde ortalama olarak yüzde 27 iken, bu oran üye olmayan ülkelerde yüzde 14 seviyesindedir. Ayrıca, üretim ve inşaat sektörünün payı, OECD'ye üye ülkelerde yüzde 14 olup, bu oran OECD'ye üye olmayan ülkelerde yüzde 26'dır. Ülkemizde de ulaştırma sektörünün karbondioksit emisyonlarındaki payı yüzde 17 olup, bu oran OECD ortalamasının oldukça altındadır. (Grafik 1.1)

---

[16] IEA, 2009c: s.53.
[17] IEA, 2010: s.44.

Grafik 1.1. Yakıt Tüketimi Kaynaklı CO_2 Emisyonlarının Ülkelere Göre Sektörel Dağılımı (2008)

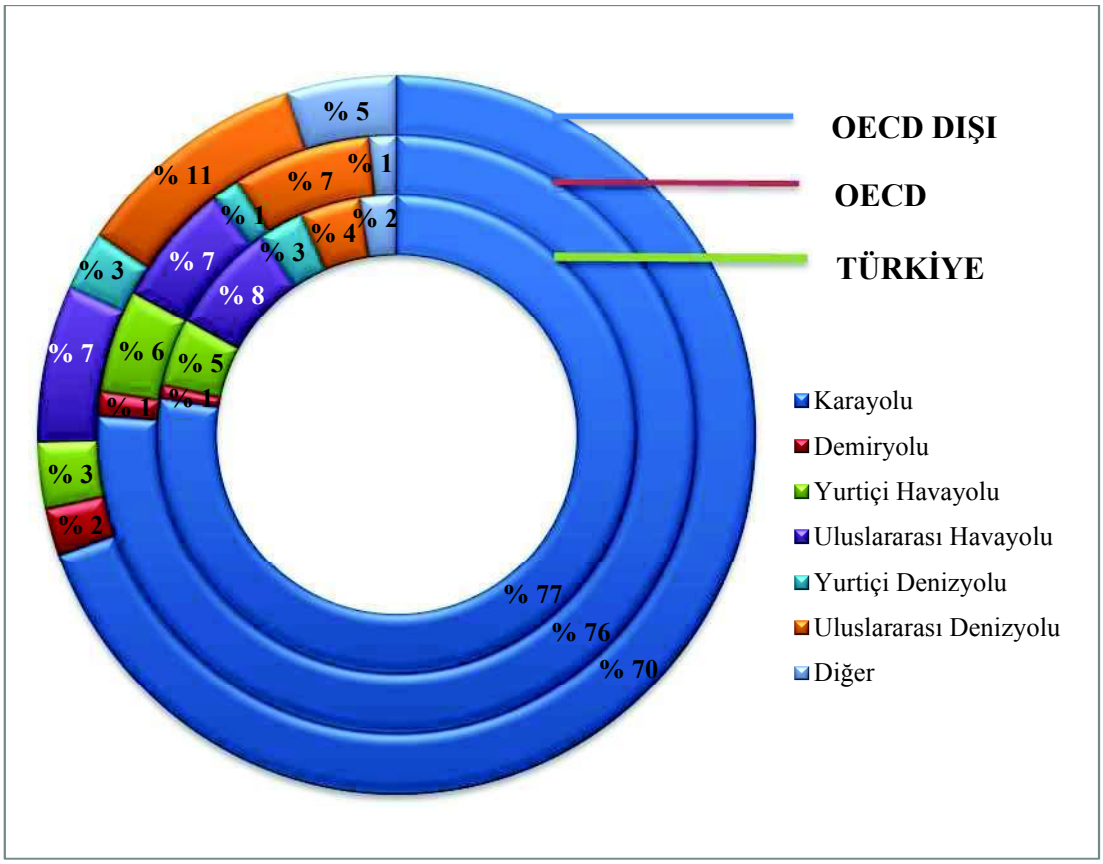


Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı verilerinden oluşturulmuştur.
(*) Diğer Enerji Sektörleri kapsamına petrol rafinesi, katı yakıt üretimi, madencilik gibi faaliyetler girmektedir.
(**) Diğer Sektörler kapsamına barınma, ticari ve kamu hizmetleri, tarım, hayvancılık, ormancılık, balıkçılık, elektrik ve ısı üretimi dışındaki enerji üretim faaliyetleri kapsamaktadır.

Önümüzdeki yıllarda, ülkemizde artan refah seviyesinin sonucu olarak araç sahipliğindeki artış ve hareketlilik ihtiyacı, ulaştırma sektörünün karbondioksit emisyonlarındaki payını gelişmiş ekonomiler seviyesine yaklaştıracaktır. Karayolu taşımacılığının ulaştırma sektörü kaynaklı karbondioksit emisyonları içindeki payı havayolu ve denizyolu taşımacılığındaki gelişmelere paralel olarak azalmasına karşılık, bu moddan kaynaklanan karbondioksit emisyonları sektörel karbondioksit emisyonlarının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Ülkemizde, 1990 yılında karayolu taşımacılığından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının ulaştırma sektörü kaynaklı karbondioksit emisyonları içerisindeki payı yüzde 87,86 olmasına rağmen,

2008 yılında bu oran yüzde 77,46 olarak gerçekleşmiştir. Bu oran, OECD ortalamasına oldukça yakındır.[18] (Grafik 1.2)

Grafik 1.2. Ulaştırma Kaynaklı Emisyonların Modlara Göre Dağılımı (2008)



Kaynak: Uluslararası Ulaştırma Forumu verilerinden oluşturulmuştur.

Karayolu ulaştırmasına olan talebin ekonomik maliyeti ve çevreye etkilerinin yanında, bu talebin bir sonucu olarak meydana gelen kazalar ve gerçekleşen can kayıpları da üzerinde durulması gereken diğer önemli bir konudur. Ülkemizde, araç sahipliğinde meydana gelen artışa paralel olarak son yıllarda trafik kaza sayısında da önemli artışlar kaydedilmiştir. Bunun yanı sıra, araç başına düşen kaza sayısında da son yıllarda önemli artışlar yaşanmaktadır. 2006 yılında karayollarında 728.755 trafik kazası meydana gelmişken, bu sayı 2009 yılında ilk kez bir milyon sınırını aşarak 1.053.346'ya ulaşmıştır. 2006-2009 yılları arasında trafik kazalarındaki artış oranı yüzde 44,54 olarak gerçekleşmiştir. İlk kez 2007 yılında, 5 binin üzerinde

[18] ITF, 2010: s.78.

vatandaşımız karayollarında meydana gelen trafik kazaları sonucu hayatını kaybetmiştir. 2009 yılında meydana gelen trafik kazaları sonucu hayatını kaybedenlerin sayısı istatistiklere 4.324 olarak geçmiş olmasına rağmen, bu sayı yalnızca olay yerinde hayatını kaybedenleri göstermekte olup, hastaneye taşınırken veya hastanede yapılan müdahalelere karşı hayatını kaybeden vatandaşlarımızı kapsamamaktadır. Ayrıca, 2006-2009 yılları arasında trafik kazaları sonucunda yaralanan insanların sayısında önemli bir artış kaydedilmiş olup, 2006 yılında 169.080 olan yaralı sayısı 2009 yılında 201.380 seviyesine ulaşmıştır. 2006-2009 yılları arasında trafik kazaları sonucu yaralananların sayısındaki artış yüzde 19,10 olmuştur. (Tablo 1.8)

Tablo 1.8. Trafik Kaza Sayısı ve Sonuçları

	2006[a]	2007	2008	2009
Taşıt Sayısı	12 227 393	13 022 945	13 765 395	14 316 700
Nüfus	72 974 000	70 586 000	71 517 100	72 561 312
Kaza Sayısı	728 755	825 561	950 120	1 053 346
Kazanın Toplam Taşıta Oranı (yüzde)	5,96	6,34	6,90	7,36
Ölü Sayısı	4 633	5 007	4 236	4 324
Ölü Sayısının Nüfusa Oranı (milyonda)	63,49	70,93	59,23	59,60
Yaralı Sayısı	169 080	189 057	184 468	201 380
Yaralı Sayısının Nüfusa Oranı (milyonda)	2 316,99	2 678,39	2 579,36	2 775,31

Kaynak: TÜİK Trafik Kaza Sayısı ve Sonuçları İstatistiği

(a) 2007 yılından itibaren ülke nüfusu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) kullanılarak hesaplanmaktadır.

Dünya genelinde trafik kazaları sonucunda meydana gelen ölümlere bakıldığında, ülkemizin durumunu daha açık bir şekilde görmek mümkün olmaktadır. Birçok gelişmiş ülkede, 2001-2007 yılları arasında, trafik kazası sonucu oluşan ölümlerde azalma meydana gelmiştir. Bu dönemde ölü sayısı, Fransa'da yaklaşık yüzde 43,4, Portekiz'de yaklaşık yüzde 41,68, Japonya'da yaklaşık yüzde 34, İspanya'da yaklaşık yüzde 30,7 ve Almanya'da yaklaşık yüzde 29,07 oranında

azalmıştır. Buna karşılık, Meksika, Polonya ve Rusya gibi gelişmekte olan ülkelerde ölü sayılarında artış gözlenmiştir. Özellikle, 2007 yılında Rusya'da meydana gelen trafik kazaları sonucu ölenlerin sayısı 2001 yılına göre yüzde 8,38 artmış olup, 33.308'e ulaşmıştır. 2001-2007 dönemine bakıldığında, ülkemizde meydana gelen trafik kazaları sonucu ölenlerin sayısında bir artış olmasına karşılık, 2001 yılında 4.386 olan ölü sayısı 2009 yılında 4.324 olarak gerçekleşmiştir. Ancak, ölü sayılarına ilişkin bu azalma oranı yüzde 1,41 seviyesinde kalmıştır. (Tablo 1.9)

Tablo 1.9. Ülkelere Göre Karayolu Trafik Kazaları Sonucu Ölümler

ÜLKE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ABD	-	-	-	42 806	43 510	42 708	41 259
Almanya	6 977	6 842	6 613	5 842	5 361	5 091	4 949
Avusturya	958	956	931	878	768	730	691
Birleşik Krallık	3 598	3 581	3 658	3 368	3 336	3 298	3 058
Fransa	8 162	7 655	6 058	5 530	5 318	4 709	4 620
İspanya	5 517	5 347	5 400	4 749	4 442	4 104	3 823
İsveç	583	560	529	480	440	445	471
İtalya	6 691	6 739	6 065	5 692	5 818	5 669	-
Japonya	10 060	9 575	8 877	8 492	7 931	7 272	6 639
Meksika	5 100	4 864	4 650	4 603	4 710	4 908	5 398
Polonya	5 534	5 827	5 640	5 712	5 444	5 243	5 583
Portekiz	1 670	1 655	1 542	1 294	1 247	969	974
Rusya	30 916	33 243	35 602	34 506	33 957	32 724	33 308
Türkiye	4 386	4 093	3 946	4 427	4 505	4 633	5 007
Yunanistan	1 880	1 634	1 605	1 670	1 658	1 657	1 580

Kaynak: EUROSTAT; Uluslararası Ulaştırma Forumu (ITF); TÜİK Ulaşım Yollarına Göre Kaza Sayısı ve Sonuçları İstatistiği

Sonuç olarak, karayolu taşımacılığına olan talep artışı ile birlikte trafik sıkışıklığı ve hava kirliği ile trafik kazaları sonucunda meydana gelen can ve mal kayıpları, politika belirleyiciler ve uygulayıcılar tarafından dikkate alınması gereken başlıca sorunlar olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak bu sorunları gidermeye yönelik

olarak taşımacılığa olan talebi daha da artıracak yeni altyapı yatırımları yapmak yerine bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı yenilikçi çözümlerden faydalanmanın gerekli olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, "Akıllı Ulaştırma Sistemleri (ITS – Intelligent Transport Systems)", söz konusu sorunların çözümüne yönelik birincil yöntem olarak ön plana çıkmakta ve gelişmiş ülkelerin yanı sıra gelişmekte olan ülkelerin de gündemlerinde yer almaktadır.

1.2. Akıllı Ulaştırma Sistemlerine Olan İhtiyacın Ortaya Çıkması

Ulaştırma ağlarına olan talebin artmasına bağlı olarak, mevcut altyapıların bu talebi karşılamakta yetersiz kalması sonucu karayollarındaki trafik sıkışıklığı giderek artmaktadır. Ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı 2005 yılında yaklaşık 11 milyon iken bu sayı 2010 yılında 15 milyonu geçmiştir. Buna karşılık, Karayolları Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2004 yılında köy yolları hariç otoyol ile devlet ve il yollarının toplam uzunluğu 63.555 km olup, aynı karayolu ağının toplam uzunluğu 2010 yılı başında 64.319 km'dir. Özetle, trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı 2005-2010 yılları arasında yaklaşık yüzde 36 oranında artmasına rağmen, köy yolları hariç karayolu ağının toplam uzunluğu hemen hemen hiç değişmemiştir.

Esasen, karayolu ağının uzunluğunu artırmaya yönelik yatırımlar, yüksek maliyetler, uzun planlama süreci ve özellikle kentlerde inşa için uygun arazinin temin edilmesindeki güçlükler nedeniyle, trafik sıkışıklığı ile erişebilirlik sorunlarını çözmek için uygun yatırım olarak nitelendirilmemektedir.[19] Karayolu uzunluğunu artırmaya yönelik yatırımların yanı sıra bir diğer kapasite artırıcı önlem olan yol genişletme çalışmaları da trafik sıkışıklığı ve erişebilirlik problemlerini geçici süreyle çözebilen kısa vadeli ve pahalı yatırımlar olarak değerlendirilmektedir.

Özellikle yoğun nüfuslu kentlerin önemli ölçüde etkilendiği bu problemlerle başa çıkabilmek için Avrupa Komisyonu, Avrupa'da kapasite artırıcı altyapı yatırımlarının yerine sürdürülebilir, etkin ve etkili bir hareketliliğin sağlanmasına yönelik yenilikçi yöntemlerin kullanılması gerektiğini belirtmiştir.[20] Bu bağlamda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer alanlarda olduğu gibi ulaştırma alanında da

[19] EC, 2006a: s.18.
[20] a.g.e.: ss.3-4.

yaygın bir şekilde kullanılabileceği görüşü kabul görmektedir. Bilindiği üzere, bilgi ve iletişim teknolojileri eğitimden sağlığa kadar pek çok sektörü köklü bir şekilde değiştirmiş, e-devlet kavramı ile vatandaşların devletten aldığı hizmetlere daha kolay erişebilmelerine olanak sağlamıştır. Günümüzde birçok kesim tarafından ulaştırma yatırımları denildiğinde, yeni yolların yapımı ve mevcut eskimiş altyapıların bakımı algılansa da, bu sektörün yatırımları beton ve çeliğin yanı sıra bilgi ve iletişim teknolojilerine de yoğunlaşmaktadır.[21]

Bu kapsamda ön plana çıkan akıllı ulaştırma sistemleri, ulaştırma alanında ileri teknoloji, bilgi sistemleri, iletişim araçları, sensörler ve ileri optimizasyon tekniklerinin birlikte kullanıldığı uygulamalar olarak tanımlanabilmektedir. "Ulaştırma Telematikleri (Transport Telematics)" ile "Ulaştırma Bilgi ve Kontrol Sistemleri (TICS – Transport Information and Control Systems)" ifadeleri de çeşitli kaynaklarda akıllı ulaştırma sistemleri ifadesi yerine kullanılabilmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları ile sürücü, araç ve yol arasında iletişim sağlanarak, yolculuğun güvenli, hızlı ve kaliteli gerçekleşmesi için gerekli bilginin paylaşımı mümkün olmaktadır. Zira akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının temelinde yatan amaç, ulaştırma sistem, altyapı ve hizmetlerinin daha etkin ve etkili kullanılması amacıyla bilginin elde edilmesi, işlenmesi ve dağıtılmasıdır.[22]

Trafik kazaları ve sıkışıklığı gibi problemlerin günlük hayattaki etkilerinin ön plana çıktığı ülkelerde bu problemlerin çözümüne yönelik bir araç olarak ortaya çıkan akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının ilk örneklerini ABD, Japonya ve AB ülkelerinde görmek mümkündür.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, özellikle son yıllarda başta ulaştırma ve otomotiv sektörü ile politika belirleyiciler olmak üzere pek çok kesimin ilgisini çekmeye başlamış olsa da, bunun ilk uygulamaları 1928 yılında kullanılmaya başlanan elektrikli trafik ışıklarıdır. İlk olarak 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanan bilgisayar kontrollü trafik ışıklarına rağmen, gerek bilgi ve iletişim teknolojilerinin

[21] Ezell, 2010: s.1.
[22] Crainic vd., 2009: s.1.

yeterince gelişmemiş olması gerekse yeni yol yapımının akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarını geliştirmekten daha cazip olması sebebiyle 1930 ve 1980 yılları arasında kalan süre, akıllı ulaştırma sistemleri için bir "hazırlık" evresi olarak nitelendirilmektedir. Hazırlık evresinde geliştirilen pek çok fikir ve temel teknolojilerin bir sonucu olarak, 1980'li yıllardan itibaren hükümet ve özel sektör destekli bir dizi akıllı ulaştırma sistemleri programı devreye alınmıştır. Pek çok akıllı ulaştırma sistemleri teknolojisinin geliştirildiği 1980-1995 yılları arasındaki zaman dilimini kapsayan bu dönem, akıllı ulaştırma sistemleri için "fizibilite çalışması" şeklinde nitelendirilmektedir. Yapılabilir ürünlerin üretimine odaklanılan 1995 yılından günümüze kadar olan süre ise, "ürün geliştirme" dönemi olarak nitelendirilmektedir.[23]

1.3. Akıllı Ulaştırma Sistemlerinden Elde Edilebilecek Faydalar

Bu uygulamaların kullanılmasıyla birlikte farklı tip kullanıcıların ve paydaşların değişik faydalar elde etmeleri mümkün olmaktadır:

1- Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, ticari araçların yolculuk süresini kısaltmakta ve araçların işletme maliyetlerini düşürmektedir. Bu uygulamaların sağlayacağı yüksek ekonomik tasarruf sayesinde, ticari kullanıcıların akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarını yaygın bir şekilde kullanmaları beklenmektedir. Ayrıca, düşen lojistik maliyetleri ile birlikte, ürünlerin yerel ve dünya pazarlarındaki rekabet edebilirliğinin sürdürülebilirliği ve artırılması da mümkün olacaktır.[24]

2- Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, "yeşil ulaştırma[25]" yaklaşımının hayata geçirilmesinde çok önemli bir role sahiptir. Bu uygulamaların yaygın bir şekilde kullanılmasıyla birlikte, yakıt tüketimi önemli oranda azaltılabilmekte ve böylece hava kirliliği azalmaktadır.[26] Bilindiği üzere, ağırlıklı olarak fosil yakıtların kullanıldığı ulaştırma sektörü

[23] Figueiredo vd., 2001: s.1207.
[24] Transport Canada, 1996: s.2.
[25] Yeşil ulaştırma ifadesi, sürdürülebilir ulaştırma ile aynı anlamda kullanılmakta olup, yürüme ve bisiklet gibi motorsuz ulaşım modları, toplu taşıma, elektrikli araçlar, özel araçların ortak kullanımı ve enerji etkin araçların yaygınlaşması gibi konuları kapsamaktadır.
[26] EC, 2008a: s.2.

karbondioksit salınımında önemli bir yer tutmaktadır. Artan araç sahipliği ile birlikte ulaştırma sektörünün artarak devam eden hava kirliğine olan etkisini azaltmak için akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının kullanılması en uygun seçeneklerden birisi olarak ön plana çıkmaktadır.

3- Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının toplumun büyük bir kesimini ilgilendiren bir diğer faydası ise, karayolları güvenliğine olan katkısıdır. Araçların güvenliğini artırmaya yönelik sürücüye yardımcı sistemler ile kaza anında sağlık ve güvenlik birimleriyle iletişime geçerek kaza yerinin koordinatlarını ileterek erken müdahaleyi sağlayan e-Çağrı (eCall) gibi sistemler ile birçok kişinin hayatını kurtarmak mümkün olmaktadır.[27] Ayrıca, altyapı üzerine entegre edilecek akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları ile kaza olma riski azaltılarak karayollarının güvenliği artırılabilmektedir.

4- Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarına olan talebin artmasıyla birlikte, bilgi ve iletişim teknolojileri ile elektronik sektörleri için yeni fırsatların ortaya çıkması beklenmektedir. Her geçen gün önemi artan bu alanda faaliyet gösterecek firmaların artmasıyla birlikte, ekonomik büyüme, istihdam artışı ve dış pazarlara açılma sağlanabilecektir. ABD'de yayımlanan bir rapora göre, 2009 yılı itibarıyla, bu ülkede bulunan araçların yaklaşık yüzde 28'inin çeşitli akıllı ulaştırma sistemleri cihazlarına sahip olduğu belirtilmekte olup, bu oranın 2012 yılında yüzde 40'a ulaşacağı tahmin edilmektedir.[28] 2010 yılı itibarıyla, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları pazar büyüklüğü 24 milyar ABD Doları'na ulaşmış olup, bu pazarın yıllık ortalama yüzde 22,2 oranında büyüyerek 2015 yılında 65 milyar ABD Doları büyüklüğe ulaşması tahmin edilmektedir. Ayrıca, 2015 yılı için tahmin edilen pazar büyüklüğünün 28 milyar ABD Doları (yüzde 43) tutarındaki bölümü, akıllı ulaştırma

[27] a.g.e.: s.5.
[28] Ezell, 2010: s.10.

sistemlerinde lider konumda bulunan Asya-Pasifik bölgesi kaynaklı olacağı öngörülmektedir.[29]

1.4. Akıllı Ulaştırma Sistemlerinin Uygulama Alanları

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları uygulandıkları fiziki ortam düşünüldüğünde genel olarak iki ana kategori altında toplanmaktadır. Bu kategoriler, karayolu altyapısında yapılacak yatırımları kapsayan "akıllı altyapı" ile araçlarda kullanılan çeşitli sistemleri ve cihazları içeren "akıllı araç" kavramlarıdır. İlk akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, trafik yönetimi ve sürücü bilgi sistemleri konularına odaklanmış olsalar da, gelinen nokta itibarıyla 7 temel uygulama alanından söz etmek mümkündür:[30]

1- Talep Yönetimi
2- Trafik ve Yolculuk Bilgisi
3- Entegre Kent İçi Trafik Yönetimi
4- Entegre Kentler Arası Trafik Yönetimi
5- Sürücü Destek Sistemleri
6- Navlun ve Filo Yönetimi
7- Toplu Taşıma Yönetimi

Yukarıda belirtilen 7 temel uygulama alanı üzerine pek çok akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalar 6 ana başlık altında toplanabilmektedir:

1- İleri Trafik Yönetim Sistemleri
2- İleri Yolcu Bilgi Sistemleri
3- İleri Araç Kontrol ve Güvenlik Sistemleri
4- Ticari Araç Faaliyetleri
5- İleri Toplu Taşıma Sistemleri
6- İleri Kırsal Taşıma Sistemleri

[29] BCC Research, 2010.
[30] Underwood vd., 1994.

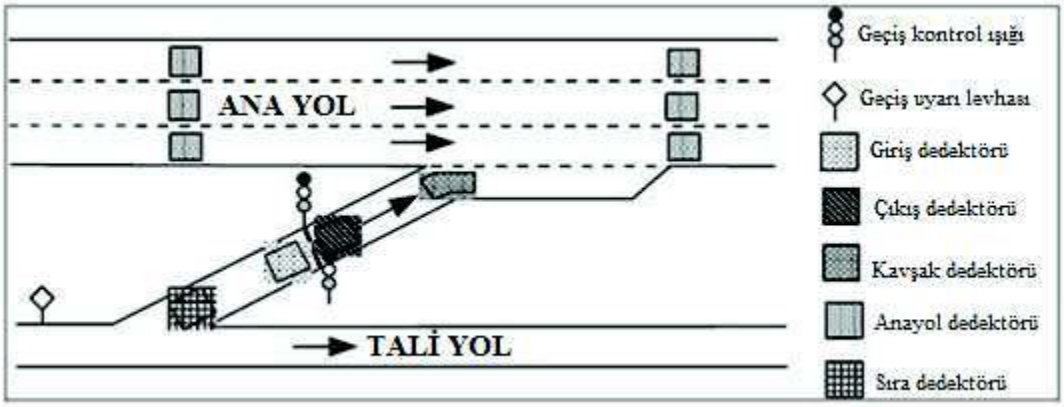
1.4.1. İleri trafik yönetim sistemleri

İleri trafik yönetim sistemleri, trafik hizmet kalitesini artırmak ve trafik sıkışıklığını azaltmak amacıyla kullanılan temel akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarıdır. Bu sistemlerle, trafik ışıklarının etkin kullanımı sağlanmakta ve tıkanıklıklara hemen cevap vererek karayolundaki araç akışı düzenlenmektedir. İleri trafik yönetim sistemleri altında 3 temel bileşen bulunmakta olup, bu bileşenler ve işlevleri aşağıda maddeler halinde yer almaktadır:

1- Veri Toplama Bileşeni, trafiğin durumunu izlemektedir.
2- Destek Sistemleri (kameralar, sensörler, semaforlar[31] ve elektronik tabelalar), gerçek zamanlı olarak trafiğin yönetilmesine ve kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır.
3- Gerçek Zamanlı Trafik Kontrol Sistemleri, sağlanan bilgileri kullanarak semaforları değiştirmekte, elektronik tabelalara mesaj göndermekte ve otoyol geçişlerini kontrol etmektedir. [32]

Uzun yıllardır kullanılan ileri trafik yönetim sistemleri uygulamalarından birisi de "anayol geçiş kontrolü (ramp metering)"dür. Yolun çeşitli bölümlerinde yer alan detektör ve trafik ışıklarından oluşan anayol geçiş kontrolü, trafiğin o andaki durumuna göre anayola geçişi düzenleyen bir sistemdir. (Şekil 1.1)

Şekil 1.1. Anayol Geçiş Kontrolü Krokisi



Kaynak: SMARTEST Projesi Sonuç Raporu'ndan uyarlanmıştır.

[31] Semafor, yol durumu hakkında bilgi veren uyarı aletidir. Genellikle demiryollarında kullanılmakla birlikte, karayollarında da uygulanabilmektedir.
[32] Figueiredo vd., 2001: s.1208.

Anayol geçiş kontrolü sistemleri, özellikle trafiğin yoğun olduğu zamanlarda, anayola geçiş sıklığını azaltarak, tali yoldan gelen araçların anayola geçişlerini kontrollü olarak sağlamaktadır. Böylece, tali yolların kapasitesinden faydalanılarak anayol sıkışıklığı azaltılmakta ve araçların kontrollü olarak anayola geçişleri sağlandığı için de birbirini yakından takip eden araçlardan oluşan gruplaşmaların önüne geçilmektedir. Sonuç olarak, karayolu ağının en uygun şekilde işletilmesi sağlanmaktadır. Anayol geçiş kontrolü sistemi uygulanırken, dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi, geçiş kontrol lambası ile oluşturulan kuyruğun tali yol trafiği ile karışmaması gerekliliğidir.[33]

Anayol geçiş kontrolü sisteminin yanında trafik akışını etkin bir şekilde düzenleyen bir diğer sistem de "akıllı trafik ışığı kontrolüdür". Bu sistem sayesinde, yolun o andaki durumuna göre maksimum etkinlik sağlanacak şekilde bilgisayar optimizasyon algoritmaları ile optimal ışık devir zamanları belirlenir. Böylece, trafikte makul hızla ilerleyen araçların hiç durmadan seyahat etmelerine olanak sağlanmış olmaktadır. Günümüzde yollarda kullanılan trafik ışıklarının çoğu eskimiş statik verilere dayalı zaman planına göre işletilmektedir. ABD'de yapılan bir çalışma sonucunda, bu ülkedeki belli başlı karayollarındaki trafik sıkışıklığının yüzde 5-10 oranındaki bölümünün (295 milyon araç-saat) trafik ışıklarındaki kötü zamanlamadan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır.[34] Bu kapsamda, trafik ışıklarına bekleyen araçların sayısını tespit edebilme ve araçlara da trafik ışıklarıyla iletişim kurabilme yetenekleri[35] kazandırmak trafik akışını ciddi oranda düzenlemektedir.[36]

Trafik sıkışıklığını azaltmak konusunda akıllı trafik ışığı kontrolü ve anayol geçiş kontrolü sistemlerine göre daha az etkili olan, ancak trafik suçlarını önleme konusunda oldukça yaygın bir uygulama olan "otomatik kırmızı ışık uygulaması" özellikle kırmızı ışık ihlallerini görüntüleyerek güvenli araç kullanmak konusunda sürücüleri zorlayıcı bir görev üstlenmektedir. Ülkemizde de son yıllarda yaygın bir

[33] Papageorgiou, 2007.
[34] Ezell, 2010: s.11
[35] Kısa mesafe telsiz iletişim (DSRC: Dedicated Short Range Communication) teknolojisi hem araçlarda hem de trafik ışıklarında kullanılabilmektedir.
[36] Ezell, 2010: s.11

şekilde kullanılmaya başlanan bu sistemler, kazaların ve kaza sonucunda oluşan maliyetlerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Bir diğer ileri trafik yönetim sistemleri uygulaması ise, "olay yönetimi" sistemleridir. Bu sistemler aracılığıyla, yollarda meydana gelen ve trafiğin akışını engelleyebilecek olağan dışı durumlar anında tespit edilerek ilgili birimlerle iletişime geçilmektedir. Böylece, olaylara anında müdahale edilerek trafik akışı kontrol altında tutulmuş olmaktadır. ABD Ulaştırma Bakanlığı tarafından 2007 yılında yapılan bir çalışma sonucunda, bu ülkedeki anayolların toplam uzunluğunun yüzde 32'sinin olay yönetimi sistemleri ile izlendiği ve yüzde 45'ine de devriyeler tarafından hizmet sunulduğu, tali yollara ilişkin bu oranların ise sırasıyla yüzde 5 ve yüzde 10 olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sistemler sayesinde, yıllık yakıt tüketimi yüzde 1,5, olaylar sonucu yolların trafiğinin etkilenme süresi yüzde 65 ve olaylara bağlı olarak oluşan ikincil kaza sayıları ise yüzde 30-50 azalmaktadır.[37]

Akıllı ulaştırma sistemleri tabanlı ücretlendirme sistemleri de, yaygın olarak kullanılan ileri trafik yönetim sistemleri uygulamaları arasında yer almaktadır. Bu sistemlerden "elektronik geçiş ücreti toplama (ETC – Electronic Toll Collection)" sistemleri, araçlardan köprü ve yol geçişlerinde ücret almak için çok yaygın bir şekilde kullanılan uygulamalardır. Ülkemizde uygulanan "Otomatik Geçiş Sistemi (OGS)" bu sisteme verilebilecek örnekler arasındadır. Araçlara yerleştirilen DSRC tabanlı cihaz ya da etiket ile köprü ya da yol geçişine yerleştirilen ücret toplama cihazıyla iletişim kurulması ve geçiş ücretinin otomatik olarak tahsil edilmesi sağlanmaktadır. Böylece, araçların ücret ödemek için durmaları, dolayısıyla, zaman kaybı, trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak oluşan fazla yakıt tüketimi önlenmiş olmaktadır.

Elektronik geçiş ücreti toplama sistemlerinin dünyanın çeşitli bölgelerinde çok yaygın olarak kullanılmasının bir sonucu olarak bu sistemlerin birlikte çalışabilirliği önemli bir konu olarak gündeme gelmektedir. ABD'de otoyol operatörlerinin kullandıkları elektronik geçiş ücreti toplama sistemlerinin birlikte çalışabilir olmamasından dolayı, ülke çapında yapılan yolculuklarda pek çok

[37] US DOT, 2007: s.4.

elektronik geçiş ücreti toplama sistemi etiketi taşımak zorunda kalınmaktadır. AB'de de bu önemli bir sorun olarak gündemdeki yerini korumakta ve tek bir standart için yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Bu sorunla baş edebilmek için, Avustralya ve Japonya gibi ülkeler tek bir sistem standardı uygulamaktadır.[38] Bu ülkelerin yanı sıra, ülkemizde de Boğaz köprüleri ve otoyollarda Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından OGS kullanılmasından dolayı, araçların birden fazla elektronik etiket taşıma zorunluluğu bulunmamaktadır.

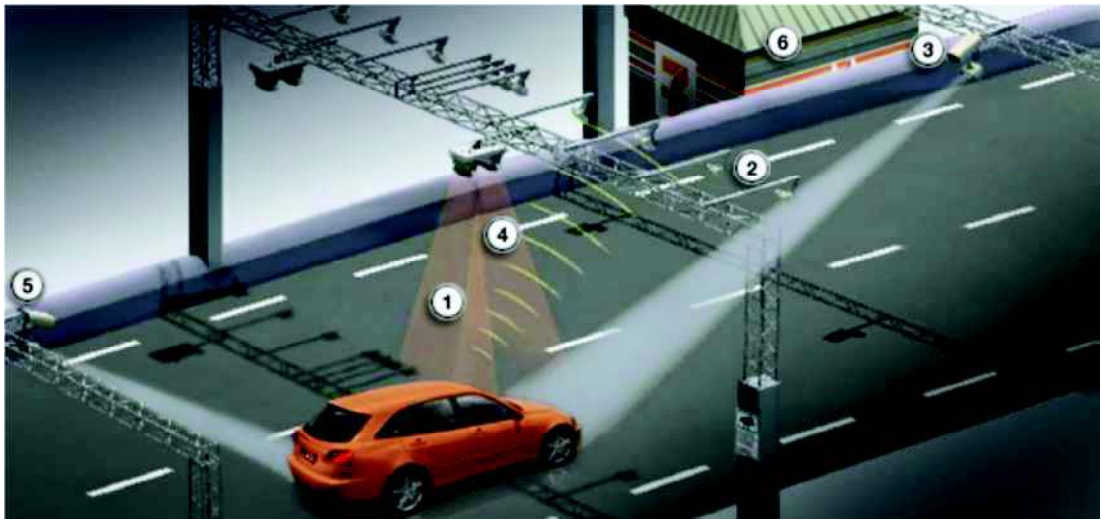
Elektronik geçiş ücreti toplama sistemlerinin yanında, özellikle kentlerde kullanılan "trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemleri" de akıllı ulaştırma sistemleri tabanlı ücretlendirme sistemleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. Kent içi trafiğin azaltılması konusunda etkin bir çözüm olan trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemleri, aynı zamanda toplu taşıma yatırımlarını finanse etmek ve araçların çevresel etkilerini azaltmak konularında önemli bir araç olarak günümüzde pek çok kent tarafından kullanılmaktadır. Singapur, Stockholm, Londra, Oslo, Milano ve Jakarta bu sistemi kullanan kentler arasında yer almaktadır. Özellikle trafiğin yoğun olduğu zamanlarda kent merkezlerine girişleri ücretlendiren bu sistemler olmadan kent içi trafiğin azaltılmasının mümkün olmadığı pek çok çevre tarafından vurgulanmaktadır.[39]

Günümüzde Avrupa'da yolcu taşımacılığının yüzde 40'ı ve ulaştırma kaynaklı emisyonların da yüzde 53'ünün kent içi kaynaklı olduğu düşünüldüğünde, trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemlerinin önemi daha da iyi anlaşılmaktadır.[40] Uygulaması Şekil 1.2'de gösterilen bu sistemle, Stockholm'de trafiğin yüzde 25 oranında azaltılması mümkün olmuştur. Toplu taşıma araçlarını kullananların sayısı yüzde 6 oranında artmış, karbondioksit emisyonları kent merkezinde yüzde 40 ve Stockholm'ün genelinde yüzde 2-3 azalmıştır.[41] Ayrıca, vergiden elde edilen yıllık 60 milyon ABD Doları tutarında kaynak, yeni akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının da içerildiği altyapı geliştirme faaliyetlerine aktarılmaktadır.[42]

---

[38] Ezell, 2010: s.11.
[39] Environmental Defense Fund, 2007.
[40] Bursaux, 2008: s.4.
[41] IBM, 2007: s.4.
[42] VINNOVA, 2009: s.9.

Şekil 1.2. Trafik Sıkışıklığı Ücretlendirme Sistemi (Stockholm/İsveç)



(1) Araç lazer dalgasını keserek alıcıyı devreye sokar.
(2) Alıcı araçta bulunan vericiyle iletişime geçerek, zaman, tarih ve vergi miktarını tespit eder.
(3) Aynı anda aracın ön plakasının fotoğrafı çekilir.
(4) Araç ikinci lazer dalgasını keser ve aracın ikinci bir fotoğrafı daha çekilir.
(5) İkinci fotoğrafta aracın arka plakasının resmi çekilir.
(6) Ücret sürücünün hesabından düşülür ya da internet, banka ve bazı alışveriş merkezlerinden ödeme yapılır.

Kaynak: IBM, 2007.

Broaddus ve Gertz (2008) tarafından yapılan daha kapsamlı bir çalışmada, Stockholm'de uygulanan sistemle, trafiğin yüzde 15, zararlı gaz ve madde emisyonlarının yüzde 2,5 ve kazaların da yüzde 10 azaltıldığı belirtilmektedir. Santos ve Bhakar (2006), Londra'da uygulanan sistem sayesinde, kent içi yolculuklarda ortalama hızın yüzde 20 (seyahat sürelerinde yüzde 17 azalma) oranında artış sağlandığını belirtmektedir.

Trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemleri konusunda Singapur'da yapılan yatırımın maliyeti 1998 yılı fiyatlarıyla 110 milyon ABD Doları olup, bu yatırımın 2010 yılı fiyatlarıyla maliyeti yaklaşık olarak 142,34 milyon ABD Doları (~214 milyon TL) olmaktadır. Londra'da uygulanan projenin yatırım maliyeti 2007 yılı

fiyatlarıyla 161,7 milyon İngiliz Sterlini olup, bu yatırımın 2010 yılı fiyatlarıyla maliyeti yaklaşık 174 milyon İngiliz Sterlini (~435 milyon TL) olarak hesaplanmaktadır.[43] Stockholm'de uygulanan projenin yatırım maliyeti ise 2006 yılı fiyatlarıyla 410 milyon ABD Doları olarak gerçekleşmiştir. Bu yatırımın 2010 yılı fiyatlarıyla maliyeti, 438,7 milyon ABD Doları[44] (~660 milyon TL) olarak hesaplanmaktadır.[45]

1.4.2. İleri yolcu bilgi sistemleri

İleri yolcu bilgi sistemleri, yolculara yapacakları/yaptıkları yolculukla ilgili çeşitli bilgiler veren sistemlerdir. Yolculuk öncesi ya da yolculuk sırasında alınabilecek bilgiler arasında yol durumu, hava durumu, yolda meydana gelmiş kazaların yeri, ulaşılmak istenen yere giden en uygun yol ve uygun park yerleri gibi gerçek zamanlı bilgiler yer almaktadır. Bu sistemlerden alınan bilgiler sayesinde yolcuların, yolculuklarını en kısa zamanda tamamlamalarına olanak verecek alternatifi seçme şansları olmaktadır. Ayrıca, yolcuların gerçek zamanlı olarak en uygun alternatifi seçmeleri, hem karayolu ağı kapasitesinin en uygun kullanımını sağlayarak sıkışıklığı en aza indirmekte hem de yapılan yolculukların kalitesini, yolcu memnuniyetini ve ticari araçlar için teslimat hizmet kalitesini artırmaktadır.

İleri yolcu bilgi sistemleri uygulamalarının üç temel alanda etkilerinin olduğu görülmektedir. Bunlar:

1- Ulaştırmaya olan talebin yönetimi,
2- Sürücü davranışlarının kontrol altında tutulması (saldırganlık, asabiyet vs.) ve
3- Sürücülerin trafikte aldıkları kararların geliştirilmesidir.

Talep yönetimi başlığı altında, bu uygulamalar ile talebin alternatif yollara, modlara ya da gün içindeki başka bir zaman dilimine kaydırılması mümkün olmaktadır. Bunun yanında, özellikle trafiğin yoğun olduğu zamanlarda, keyfi yolculukların azaltılarak trafik sıkışıklığının azaltılması sağlanabilmektedir. Ayrıca,

[43] $£_{2010}/£_{2007}$=1,075 olarak kabul edilmiştir. (Kaynak: HM Treasury)
[44] $\$_{2010}/\$_{2007}$=1,07 olarak kabul edilmiştir.
[45] US DOT FHA, Lessons Learned From International Experience in Congestion Pricing

ileri yolcu bilgi sistemleri uygulamalarının kullanılmasıyla belirli bir hedefe seçilen güzergâh kullanılarak ne kadar sürede ulaşılabileceğinin bilinmesi, sürücülerin trafikteki saldırgan davranışlarını engellemektedir. Bu uygulamaların kullanılmasıyla sürücüler hedefledikleri yere uygun şekilde gidebilecek alternatiflere gerçek zamanlı olarak erişebilmekte ve trafikte aldıkları kararları bu bilgiler ışığında vermektedir. Sonuç olarak, bu uygulamaların trafik güvenliği ile yakıt ve zaman tasarrufu üzerinde olumlu etkilerinin olduğu söylenebilmektedir.

Çeşitli yollarla elde edilen gerçek zamanlı trafik verileri, coğrafi bilgiler, uydu görüntüleri gibi veriler otomatik olarak işlenmek ve analiz edilmek üzere bir yönetim merkezine iletilmektedir. Toplu olarak iletilen verilerin işlenmesiyle elde edilen rota önerileri, yolculuk süreleri, kaza yerleri, hava ve yol durumu, hız ve şerit kısıtlamaları gibi pek çok bilgi sürücülerle televizyon, telefon, radyo, internet siteleri, ya da araçların içine monte edilen araç navigasyon sistemleri aracılığıyla paylaşılabilmektedir.

Gerçek zamanlı trafik bilgilerinin sürücülerle paylaşılması amacıyla kullanılan yollardan birisi de "Değişken Mesaj Sistemleri (VMS – Variable Message Signs)"dir. Bu sistemler sayesinde, araç içinde her hangi bir donanıma ihtiyaç duyulmadan trafik bilgilerinin sürücülere aktarımı sağlanmaktadır. Ülkemizde de oldukça fazla sayıda uygulaması bulunan bu sistemler aracılığıyla iletilebilen trafik bilgisi ve bilginin ulaştığı alan kısıtlı olsa da, uygulama kolaylığı nedeniyle tercih edilmektedir.[46]

Yolculuk bilgilerine ihtiyaç duyulan zaman dilimi, bu bilgilerin iletimi için pek çok sayıda medya kanalının kullanılmasına neden olmaktadır. Örneğin, trafik bilgilerinin yer aldığı TV kanalları vasıtasıyla kullanıcılar için yolculuk öncesi yol durumunu gösteren bilgiye ucuz bir şekilde erişim mümkün olmaktadır. Sürücüler için oldukça düşük maliyetli olmasına karşılık, trafik bilgisinin TV üzerinden aktarımı yayıncılar için oldukça maliyetli olmaktadır. Detaylı bilgiye istenildiğinde

[46] Bu sistemlerde yalnızca yol ve trafiğe ilişkin bilgiler işaretlerle ve o bölgeden geçen sürücülere iletilebilmektedir.

erişim sağlayamamak da bu iletim kanalının diğer dezavantajları arasında yer almaktadır.

Radyo üzerinden trafik bilgisinin aktarımı da TV kanalı ile benzer özelliklere sahip olmakla birlikte, bu iletim kanalı araç içinden de bilgiye erişim sağlama imkânı sunmasından dolayı, gerek yolculuk öncesinde gerekse yolculuk sırasında kullanılabilmektedir. Trafik bilgilerinin iletildiği radyo kanalları yanında, özel bir FM-RDS[47] uygulaması olan "Trafik Mesaj Kanalı (TMC – Traffic Message Channel)" teknolojisi ile gerçek zamanlı, doğru ve ilgili trafik ve hava durumu bilgisi radyodan alınan normal hizmeti kesmeden sürücünün seçmiş olduğu dilde sessiz bir şekilde iletilmektedir. Trafik izleme sistemleri, acil durum çağrıları, araçlardan iletilen sinyaller gibi trafik mesajları trafik bilgi merkezlerine iletilmekte ve bu merkezlerde birleştirilmektedir. Birleştirilen trafik bilgileri, trafik bilgisi hizmet sağlayıcılara iletilmektedir. Bu hizmet sağlayıcılar, aldıkları bilgileri "Alert-C" kodlama protokolü ile trafik mesaj kanalı mesajlarına dönüştürmektedir.

Standart bir trafik mesaj kanalı mesajı beş temel bilgiden oluşmaktadır:

1- Trafik olayı ve olayın ciddiyeti,
2- Olayın gerçekleştiği yer,
3- Olayın etkilendiği güzergâhlar,
4- Olayın etkilerinin ne kadar sürmesinin beklendiği ve
5- Güzergâh önerisidir.

Hizmet sağlayıcılar, yukarıda özellikleri sıralanan kodlanmış mesajları uygun radyo yayıncısına FM-RDS sinyali olarak iletilmek üzere göndermektedir. Çeşitli ülkelerde kamu ya da ticari hizmet olarak sunulan bu hizmet, trafik mesaj kanalı uyumlu radyolar ya da araç içi navigasyon cihazları vasıtasıyla alınarak sesli ya da görüntülü olarak sunulmaktadır.

Benzer şekilde, internet kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte trafik bilgilerini sunan internet siteleri de yolculuk öncesinde sıkça kullanılan bir iletişim kanalı haline gelmiştir. Ayrıca, özellikle üçüncü nesil mobil haberleşme

[47] FM-RDS: Küçük boyutlu sayısal bilginin taşındığı haberleşme protokol standardı.

teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla beraber gelişen kablosuz internet kapsama alanı ile yolculuk sırasında da bu hizmetlerden yararlanmak mümkün hale gelmiştir. Gerek internet bağlantısı ile mevcut internet sitelerine bağlanarak gerekse cep telefonlarına yüklenen özel uygulamalar sayesinde gerçek zamanlı ve doğru trafik bilgisine erişilebilmektedir.

Gerçek zamanlı, doğru ve güvenilir verinin ileri yolcu bilgi sistemleri uygulamaları için çok önemli olmasından dolayı, bu uygulamalar hayata geçirilmeden önce ileri trafik yönetim sistemleri uygulamalarının (özellikle trafik bilgisinin toplanması ve toplulaştırılması) devreye alınması büyük önem arz etmektedir.

Bununla birlikte, karayolu altyapısının etkin kullanılmasını sağlayan bu iki sistemin ayrıldıkları temel bir nokta bulunmaktadır. İleri yolcu bilgi sistemleri uygulamalarının yalnızca gerekli donanım ve hizmeti alan kullanıcıların faydalandığı sistemler olmasına karşılık, ileri trafik yönetim sistemleri uygulamalarından trafikte seyreden bütün araçlar yararlanabilmektedir.

İleri yolcu bilgi sistemleri uygulamaları için gerekli donanımların dışında, uygulamada bu sistemler vasıtasıyla verilen hizmetlerin kamu kesimi tarafından ücretsiz olarak verildiği örnekler (Almanya: RDS-TMC, Japonya: VICS) yer almasına karşın, bu hizmetlerin özel sektör tarafından da (ABD: XM NavTraffic, Almanya: TMCpro, Japonya: Internavi Premium Club) belirli bir ücret karşılığında ya da ücretsiz olarak sunulması da giderek daha fazla kabul görmektedir. Bundan dolayı, ileri yolcu bilgi sistemleri uygulamaları, ulaştırma politikalarında tanımlanan amaçlara ulaşmak için önemli birer araç olmalarının yanı sıra özel sektör için önemli fırsatlar sunmaktadır.[48]

Gerçek zamanlı trafik bilgisi üzerine çalışan firmalar, çeşitli "Küresel Konumlama Sistemi (GPS – Global Positioning System)" tabanlı cihazlarla donatılmış araçlardan aldıkları veriler ile karayollarının anlık hızlarını ölçebilmekte ve bu bilgiyi müşterilerine belirli bir ücret karşılığında satmaktadır. Bu firmalar,

[48] McQueen vd., 2002: s.38.

trafik bilgisini internet, cep telefonu, radyo, uydu radyosu ve televizyon gibi farklı kanallar aracılığıyla ulaştırmaktadır.

AB'de yapılan bir araştırma sonucunda, son yıllarda özellikle portatif navigasyon cihazları olmak üzere araç içi elektronik cihaz satışlarında çok ciddi bir artış olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmada, dinamik trafik bilgisi ve navigasyon hizmetlerinin Avrupa pazarına hızla nüfuz edeceği belirtilmekte olup, 2005 yılında yüzde 1,5 olan bu hizmetlerden yararlanan araç oranının 2010 yılında yüzde 9 ve 2020 yılında yüzde 43 olacağı tahmin edilmektedir.[49]

Yolculuk bilgisi uygulamalarının kullanılmasıyla, yolculuk süresinin yüzde 8,1, kaza riskinin yüzde 4,6 ve yakıt tüketiminin de yüzde 3 azaltılması mümkün olmaktadır.[50] Araç sürücülerine yolculuk bilgisi sağlanması için önemli büyüklükte altyapı yatırımı yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kapsamda yapılacak "Trafik Bilgi Merkezi" yatırımının yanı sıra, karayolu ağının "akıllı altyapı" yaklaşımı çerçevesinde akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları kullanılarak geliştirilmesi gerekmektedir. ABD'de 2008 yılında yapılan bir çalışmada, Oakland ve Fremont (California) arasında yer alan 34 mil (~55 km) uzunluğundaki I-880[51] koridorunda yapılacak akıllı altyapı çalışmalarının yıllık maliyeti 7,5 milyon ABD Doları olarak hesaplanmıştır. Söz konusu maliyetin büyük bölümü yıllık bakım-onarım ve işletme maliyetlerinden (personel gideri dâhil) oluşmakla birlikte, 1.282.000 ABD Doları tutarındaki bölümü altyapı yatırımlarının yıllık maliyetini oluşturmaktadır. Sabit altyapı yatırımının toplam tutarı ise, 9.215.000 ABD Doları olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, yolculuk bilgisine yönelik yapılacak altyapı yatırımlarının birim maliyeti 2008 yılı için yaklaşık 167 bin ABD Doları/km olarak hesaplanmaktadır. [52] Söz konusu yatırımın 2010 yılı birim maliyeti ise, yaklaşık 170 bin ABD Doları/km (~255 bin TL/km)'dir.[53]

---

[49] EC, 2009a: s.4.
[50] RITA, ITS Benefits Database
[51] I-880 koridoru 250 şerit-mil (~402,5 şerit-km) uzunluğundadır.
[52] RITA, ITS Costs Database
[53] $\$_{2010}/\$_{2008}$=1,0187 olarak kabul edilmiştir.

1.4.3. İleri araç kontrol ve güvenlik sistemleri

İleri araç kontrol ve güvenlik sistemleri, sürücü hatalarından kaynaklanan kazaları önlemeyi amaçlayan yardımcı sistemlerdir. Bu alanda yapılan araştırmalar sonucunda, gerektiğinde devreye girerek sürücü hatalarını en aza indiren pek çok sistem tasarlanmış olup, "akıllı araç" kavramının ortaya çıkmasına öncülük edilmiştir. Trafikte yolculuk yapan araçların kaza yapmaması ve trafik sıkışıklığına neden olmaması hedefleriyle ortaya çıkan bu kavramın gerçekleşmesi için bilgi ve iletişim teknolojileri temel araç olarak kullanılmaktadır.

Araç içine entegre edilen bu sistemler, çevrede olan gelişmeleri çeşitli sensörlerle sürücüden önce fark etmekte ve tehlikenin zamanlamasına ve ciddiyetine bağlı olarak sürücüyü uyarmaktadır. Bu uyarılar şu şekilde olabilmektedir:

1- Sürücüyü yaklaşan bir tehlike konusunda hemen uyarmak
2- İlk uyarının dikkate alınmaması durumunda sürücüyü tekrar uyarmak
3- Sürücünün müdahale etmemesi durumunda kazayı ya da sonuçlarını önlemek amacıyla aktif olarak araca müdahale etmek

Bu sistemlerin kullanımı sayesinde yolculuk sırasında;

1- Güvenli bir hızda ilerlenmesi
2- Güvenli takip mesafesinin korunması
3- Aracın şeridinde ilerlemesi
4- Tehlikeli bir durumla karşılaşmanın önlenmesi
5- Kavşaklardan güvenle geçilmesi
6- Kazaların önlenmesi (özellikle yayalara çarpmanın önlenmesi)
7- Kaza olması durumunda kazanın etkilerinin azaltılması

gibi pek çok fayda elde etmek mümkün olmaktadır.[54]

Bu sistemlerin iki temel kullanım amacı bulunmaktadır. Bunlardan ilki kaza yapmayı önlemektir. İkinci amaç ise, kazanın oluşması durumunda ölüm ve yaralanmaları en aza indirmektir. Ülkelerde başta politika belirleyiciler ve altyapı

[54] EC Intelligent Car Initiative

sağlayıcıların aldıkları kararlarda önemli bir belirleyici olan kaza sonucu meydana gelen ölüm ve yaralanmaların azaltılmasında bu uygulamalardan faydalanılmaktadır. Meydana gelen kazaların büyük çoğunluğunun insan hataları sonucu oluştuğu düşünüldüğünde, insanların göremediklerini gören akıllı sistemlerin önemi trafik güvenliği ile birlikte her geçen gün artmaktadır.

2007 yılı verilerine göre, ülkemizde meydana gelen trafik kazaları sonucu hayatını kaybeden vatandaşlarımızın sayısı ilk kez 5 bini geçmiş olup, ileri araç kontrol ve güvenlik sistemleri uygulamalarından faydalanmak üzere kapsamlı bir programa ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkemizin yanı sıra, AB'de 2009 yılında meydana gelen kazalar sonucu hayatını kaybedenlerin sayısı son yıllarda düşüş eğilimi gösteriyor olsa da hala 35 bin seviyelerindedir. 2000 yılından bu yana AB'de meydana gelen kazalar sonucu hayatını kaybedenlerin sayısının yüzde 36 oranında düşmesine karşılık, 2010 yılı için konulan yüzde 50 hedefinin tutturulmasının mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, 2010 ile 2020 yılları arasında trafik kazaları sonucu hayatını kaybedenlerin sayısının yarı yarıya azaltılabileceği düşünülmekte olup, bu hedefin gerçekleştirilmesi için ileri araç kontrol ve güvenlik sistemleri uygulamalarından faydalanmak bir zorunluluk haline gelmiştir.[55]

İleri araç kontrol ve güvenlik sistemleri uygulamalarından en üst düzeyde faydalanmak amacıyla AB'de 2003 yılında Komisyona öneri niteliğinde çeşitli analizler ve raporlar üretmek amacıyla "e-Güvenlik Forumu (eSafety Forum)" oluşturulmuştur. e-Güvenlik Forumu, karayolları güvenliğine ilişkin bütün ilgili paydaşların içerildiği bir forum niteliğindedir. Forumun genel amacı, aşağıda yer alan çalışma gruplarının katkılarıyla hazırlanan yirmi sekiz adet önerinin teşvik edilmesini ve uygulamasını izlemek ve akıllı entegre güvenlik sistemlerinin geliştirilmesini ve yaygınlaşmasını sağlamaktır. "Akıllı entegre güvenlik istemlerinin teşvik edilmesi", "düzenleyici ve standardizasyon hükümlerine uyum sağlama" ve "toplumsal ve iş dünyasıyla ilgili engelleri kaldırma" gibi üç temel başlık altında faaliyetlerini yürüten e-Güvenlik Forumu aşağıda bulunan çalışma gruplarından oluşmaktadır:

[55] European Voice, 2010.

1- Karayolu Haritalarının Uygulanması Çalışma Grubu
2- Araştırma ve Teknik Geliştirme Çalıştırma Grubu
3- Kıtalararası İşbirliği Çalışma Grubu
4- Temiz Hareketlilik için Bilgi ve İletişim Teknolojileri Çalışma Grubu
5- e-Güvenlik Çalışma Grubu
6- Hizmet Odaklı Mimari Çalışma Grubu
7- Göçebe Cihazlar Çalışma Grubu
8- Akıllı Altyapı Çalışma Grubu

Bu çalışma gruplarıyla birlikte e-Güvenlik Forumu altında yürüttükleri çalışmalar tamamlanan gruplar aşağıda yer almaktadır:

1- Kaza Sebebi Analiz Çalışma Grubu
2- İnsan-Makine Etkileşimi Çalışma Grubu
3- Sayısal Haritalar Çalışma Grubu
4- Ağır Vasıta Çalışma Grubu
5- e-Çağrı Çalışma Grubu
6- Kullanıcı Yardımı Çalışma Grubu
7- Gerçek Zamanlı Trafik ve Yolculuk Bilgisi Çalışma Grubu
8- İletişim Çalışma Grubu

e-Güvenlik Forumu'nun oluşturulmasının ardından 2006 yılında da "Akıllı Araç İnisiyatifi" başlatılmıştır. Bu inisiyatifle, vatandaşlar, üye ülkeler, hizmet sağlayıcılar ve otomotiv sektörüyle birlikte ortak çözümler üretilmesi amaçlanmaktadır.[56] Bütün ilgili paydaşları kesen çözümlerin geliştirilmesinde e-Güvenlik Forumundan destek alan bu inisiyatif, aynı zamanda daha akıllı, daha temiz ve daha güvenli araçlara ilişkin bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı araştırma ve geliştirme faaliyetlerini de desteklemektedir.

AB'nin yanı sıra, bu alanda ABD'de Ulaştırma Bakanlığı'nın desteğiyle 2009 yılında "IntelliDrive" inisiyatifi başlatılmıştır. 2003 yılında başlatılan "Araç-Altyapı Entegrasyonu (VII – Vehicle Infrastructure Integration)" programının devamı

[56] EC Intelligent Car Initiative

niteliğindeki bu programla, AB'nin "Akıllı Araç İnisiyatifinde" olduğu gibi, başta kamu ve özel sektör olmak üzere pek çok paydaşın bir araya gelmesi ve gerekli teknolojilerin üretilmesi amaçlanmaktadır. Program kapsamında üretilecek teknolojilerle, karayolu ulaştırmasında güvenlik, hareketlilik ve çevre gibi alanlarda karşılaşılan problemlerin giderilmesi beklenmektedir. Zira Program'ın başlatılmasından önceki istatistiklere bakıldığında;

1- Güvenlik konusunda, 2008 yılında ABD'de 5,8 milyon adet kaza olduğu ve bu kazaların sonucunda yaklaşık 37 bin kişinin hayatını kaybettiği ve 2,3 milyon kişinin yaralandığı,
2- Hareketlilik konusunda, yaklaşık 4,2 milyar saatin trafikteki beklemelerden dolayı kaybedildiği ve bunun ABD ekonomisine olan maliyetinin yaklaşık 90 milyar ABD Doları olduğu,
3- Çevre konusunda, 2007 yılında ABD'de 2,8 milyar galon (~10,6 milyar litre) yakıtın boşa harcandığı ve bunun her bir sürücünün 3 haftalık yakıtına denk geldiği görülmüştür.

5 yıl sürecek bu Program'ın sonunda araçlar, altyapı ve yolcuların kişisel iletişim cihazları arasında güvenli ve birlikte çalışabilir kablosuz iletişim sağlanacaktır.[57]

IntelliDrive uygulamalarıyla;

1- Çarpışmayı önlemek amacıyla araçlar arasında,
2- Güvenlik, hareketlilik ve çevresel faydalar amacıyla araçlarla altyapı arasında ve
3- Sürekli ve gerçek zamanlı iletişim sağlamak amacıyla da araçlar, altyapı ve kablosuz cihazlar arasında iletişim sağlanmaktadır.

Yukarıdaki IntelliDrive uygulamaları arasında üçüncü sırada yer alan ve yolcular için sürekli ve gerçek zamanlı iletişim sağlayan uygulamalar, yolculara bilgi vermek amacıyla da kullanılmaları nedeniyle akıllı yolcu bilgi sistemleri uygulamaları olarak da kabul edilmektedir.

[57] RITA, 2010a.

AB ve ABD ile birlikte akıllı ulaştırma sistemleri alanında öncü konumda olan Japonya'da da trafik kazalarını azaltmak ve bu kazaların etkilerini en aza indirmek amacıyla, altyapı odaklı "Akıllı Yol" (Smartway) ve araç odaklı "Akıllı Araç" (Smartcar) projeleri başlatılmıştır.

1.4.4. Ticari araç faaliyetleri

Ticari araç faaliyetleri, yük taşımacılığında kullanılan akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının bütünü için kullanılan çerçeve bir kavramdır. Bu uygulamaların bir kısmı için kamu kesiminin çeşitli altyapı yatırımları yapması gerekmekte olup, diğer bir kısım uygulamalar için mevcut iletişim altyapısını kullanmak yeterli olmaktadır. Özel kesimin ise, altyapıyla uyumlu özel cihazları temin etmeleri gerekmektedir.

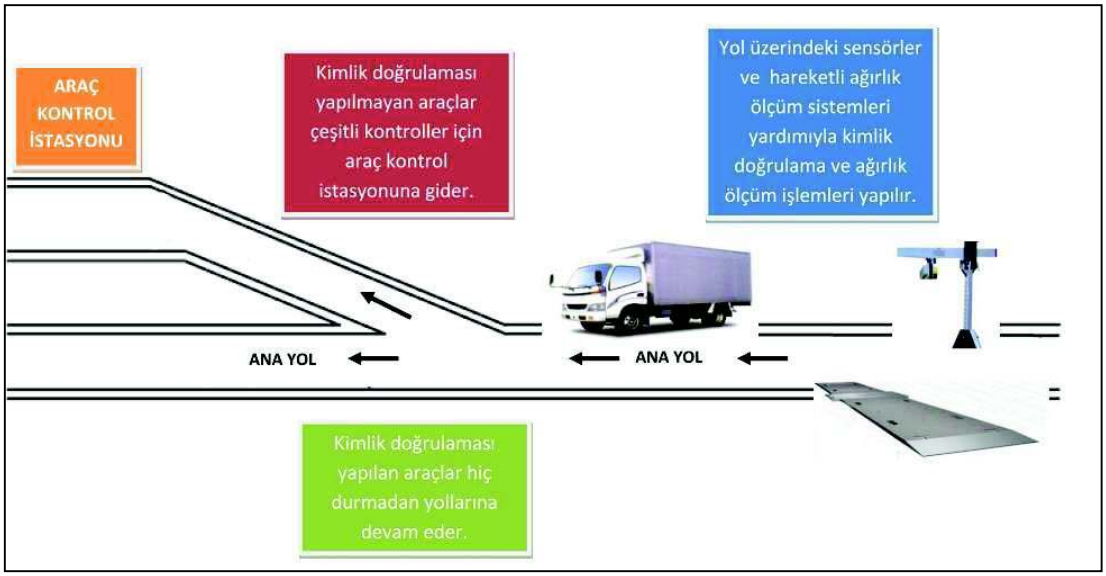
Taşımacılık firmaları tarafından kullanılan bu uygulamalar, uydu navigasyon sistemi, bilgisayar ve her araçta bulunan birer uydu radyosundan oluşmaktadır. Uydu radyosu kanalıyla araç ile ilgili veriler taşımacılık firmasının merkez ofisine iletilmekte olup, bu sayede firmaya ait filonun gerçek zamanlı olarak yönetilmesi mümkün olabilmektedir. Araçlara yüklenen konteyner ve paletlere yerleştirilen barkod ya da "Radyo Frekans ile Tanımlama (RFID – Radio Frequency Identification)" etiketleri yardımıyla, yüklerin başka bir araca yüklendiğinde bile izlenmesi mümkün olmaktadır.

Firmanın iş modeline uygun bir ticari araç faaliyetleri uygulamasıyla, yüklerin planlanan zamana uygun olarak taşınması oranı oldukça artmaktadır. Ticari araç faaliyetleri uygulamaları sayesinde rotasının dışına çıkan ya da geciken bir araca hemen müdahale edilebilmekte ve yükünü daha uygun bir zamanda taşıyabileceği bir rotaya yönlendirilebilmekte ya da araçta o anki şartlara göre gecikme ihtimali olan acil bir yük varsa, bu yükün daha hızlı olan hava taşımacılığına kaydırılması mümkün olmaktadır. Bu uygulamalardan üst seviyede faydalanan ABD merkezli uluslararası bir firma olan FedEx, ABD ve Kanada'daki siparişlerin zamanında teslim edilememesi durumunda taşıma ücretinin iadesini garanti etmektedir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu uygulamaların başında "Ticari Araç Elektronik Kontrol" uygulamaları gelmektedir. Ticari araç elektronik kontrol

uygulamasıyla, özel cihazlarla donatılmış yük taşıyan araçların güvenlik, ehliyet, ağırlık ve boyut kontrolü Şekil 1.3'te görüldüğü üzere, daha araçlar kontrol alanına ulaşmadan yapılabilmektedir. Böylece, kontrol için yalnızca yasak ya da potansiyel olarak güvenliği düşük malların taşındığı araçların kontrol için durdurulması sağlanmaktadır. Yasal ve güvenli mal taşıyan araçlar durmadan yollarına devam edebilmekte olup, kontrol işlemlerinden dolayı zaman kaybı oluşmamaktadır.

Şekil 1.3. Araç Kimlik Doğrulama ve Hareketli Ağırlık Ölçüm Sistemleri



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu uygulamalarla, zaman kaybının azaltılmasının yanı sıra, yakıt tasarrufu sağlanması, güvenliğin artmasından dolayı kazaların azalması, kontrol alanlarının genişletilme ihtiyacının ortadan kalkması (ya da daraltılması), kontrol alanlarında istihdam edilen personel sayısının azalması gibi birçok faydalar elde etmek mümkündür.

Ülkemiz gibi yük taşımacılığında ağırlıklı olarak karayolunu kullanan Kanada'da[58] yapılan bir araştırmaya göre, elektronik kontrol sistemlerinin uygulanmasında kamu ve özel işbirliği iş modeli seçilmesi durumunda devletin bu sistemlerden elde edeceği faydanın katlanacağı maliyete oranı 1,9 olurken, bu oran

[58] Kanada içinde taşınan tüketici ürünleri ve gıda malzemelerinin yaklaşık yüzde 90'ı kamyonlarla taşınmaktadır.

nakliyeciler için 7,5 olarak hesaplanmıştır.[59] Ayrıca, 1997-2007 yılları arasında bu uygulamaların kullanılmasıyla elde edilen sonuçlarda, 10 yıllık uygulamada 20 milyon saat, 120 milyon galon (454,29 milyon litre) yakıt ve 1,1 milyar Kanada Doları operasyon maliyeti tasarrufu sağlandığı ortaya konmuştur.[60]

Bu çalışmanın daha öncesinde ABD'de yapılan bir çalışmada, kamyonların kontrol alanlarında durmadan hareket etmeleri durumunda ağırlık kontrollerinden kaynaklanan maliyetin yıllık 166 milyon – 282 milyon ABD Doları ve güvenlik kontrollerinden kaynaklanan maliyetin de yıllık 8,8 milyon – 13,2 milyon ABD Doları azalacağı sonucuna ulaşılmıştır.[61]

ABD'de yayımlanmış bir başka raporda ise, Washington eyaletinde 2010 yılında özel cihazlarla donatılmış araçların 1.360.000 sefer ağırlık ölçüm alanlarında durmadan yollarına devam ettikleri ve bunun sonucunda da sektörün 113.000 saat zaman ve 8,5 milyon ABD Doları tasarruf ettiği belirtilmektedir.[62]

ABD'de yapılan bir çalışma sonucunda, "otomatik araç tanımlama (AVI – Automatic Vehicle Identification)" ve hareketli ağırlık ölçüm sistemlerinin birlikte uygulanmasının yatırım maliyeti, 2002 yılı fiyatlarıyla, 150.000-300.000 ABD Doları arasında değişmektedir.[63] Uygulamada oluşan bu maliyet farkının sebebi ise, ölçüm istasyonlarının haberleşme yeteneğinden kaynaklanmaktadır. Haberleşme yeteneği olan ve otomatik araç tanımlama ile hareketli ağırlık ölçüm sistemlerinden oluşan bir istasyonun yatırım maliyeti 2010 yılı fiyatlarıyla, 360.366 ABD Doları (~540 bin TL) olarak hesaplanmaktadır. [64]

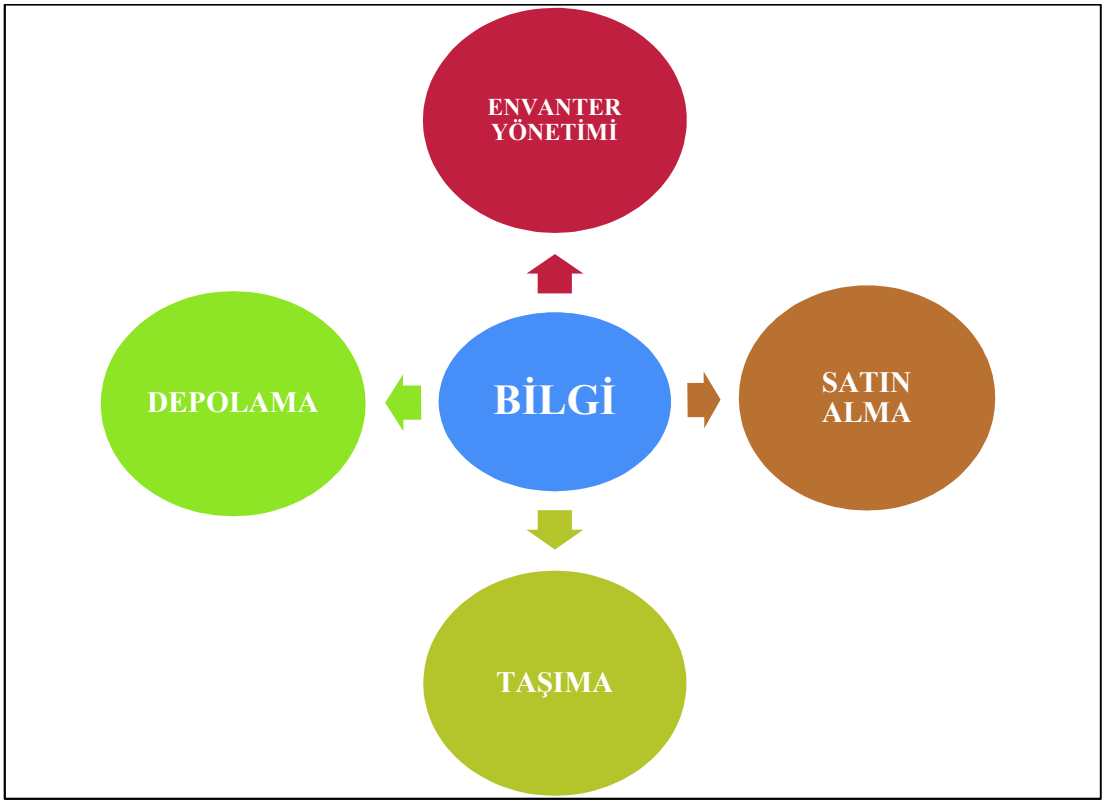
Günümüzde, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları lojistik sistemlerin etkin yönetiminde en az ulaştırma altyapıları kadar kritik bir öneme sahiptir. Özellikle, ülke ekonomilerinin geleneksel üretimden katma değeri yüksek endüstrilere kayması, müşteri odaklılığın bir gereği olarak esnek ve hızlı teslimatın önemli bir rekabet unsuru olarak ön plana çıkması yük taşımacılığında operasyonların iyileştirilmesinde

---

[59] Transport Canada, 2003: s.9.
[60] Kuhnke, 2010: s.19.
[61] Titus, 1996: s.1.
[62] Washington State DOT
[63] RITA, ITS Costs Database
[64] $\$_{2010}/\$_{2002}$=1,2012 olarak kabul edilmiştir.

bu uygulamaların kullanılmasını sektörel bir zorunluluk haline getirmektedir. Bu noktada, bilgi en önemli bileşen olmakta ve lojistik yönetiminin her aşamasında kullanılan temel girdi haline gelmektedir. (Şekil 1.4)

Şekil 1.4. Lojistik Yönetiminin Temel Fonksiyonları



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

"Navlun ve Filo Yönetimi Sistemleri", hem taşıyıcı araç hem de treyler üzerinde bulunan uzaktan algılama sistemlerini içeren bir dizi telematiklerden oluşan sistemlerdir. Genellikle GPS tabanlı olarak çalışan bu sistemler aracılığıyla, navlun operasyonları izlenmekte ve elde edilen veriler kullanılabilir bilgi haline getirilerek yük sevkiyatçısına gerçek zamanlı ya da statik olarak iletilebilmektedir.

Navlun ve filo yönetimi sistemlerinin etkili bir şekilde kullanılmasıyla, filonun daha az yol yapması ve bunun sonucunda da operasyonel maliyetlerin ve yakıt tüketiminin düşürülmesi mümkün olmaktadır. Aynı zamanda, bu sistemler aracılığıyla, filonun ve taşınan yüklerin güvenliği de sağlanabilmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda navlun ve filo yönetimi sistemlerinin kullanılmasıyla, yük taşımada kullanılan araçların özelliklerine bağlı olarak ortalama yakıt tüketimini yüzde 5 – 15 arasında (ağır ticari araçlarda yüzde 5, hafif ticari araçlarda yüzde 15) azaltmak mümkün olmaktadır.[65] Yani, ortalama olarak günde 500 km giden ağır tonajlı bir kamyonun yalnızca yakıt tasarrufu yılda 10.500 TL olmakta iken, günlük olarak aynı mesafeyi kat eden hafif ticari bir araçta yılda yaklaşık 12.000 TL yakıt tasarrufu elde etmek mümkündür.[66] Bu tasarruf miktarları, gerek lojistik sektörünün gelişimi gerekse bu sektörün ülke ekonomisi içindeki verimliliğinin sağlanması için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Navlun ve filo yönetimi sistemleri kullanım amaçlarına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılmaktadır:

1- Araç ve sürücü bilgisi
2- Araç izleme
3- Treyler izleme
4- Mesaj alma/gönderme
5- Kâğıtsız yük senedi ve teslim belgesi
6- Trafik bilgi sistemleri
7- Araç içi navigasyon

1.4.5. İleri toplu taşıma sistemleri

İleri toplu taşıma sistemleri, toplu taşımanın yolcular ve hizmet sağlayıcılar için daha güvenli, daha verimli ve daha konforlu yapılmasını sağlamak üzere kullanılan elektronik sistemlerdir.

Toplu taşıma sistemlerini iyileştirmeyi amaçlayan bu sistemler genel olarak dört alan için kullanılmaktadır:[67]

1- Yolcu bilgisi
2- Bilet kesme ve ücret toplama
3- Operasyonel yönetim

---

[65] UK DfT, 2003: s.2.
[66] Ağır ticari aracın ortalama yakıt tüketimi 40 l/100 km ve hafif ticari aracın ortalama yakıt tüketimi 15 l/100 km kabul edilmiştir. Her bir aracın yılda 300 gün çalıştığı kabul edilmiştir.
[67] Tr@nsITS, 2002: s.10.

4- Yolcuların ve personelin güvenliği

Yolcuların toplu taşımayla ilgili bilgilendirilmesini amaçlayan yolcu bilgisi sistemleri bilginin sunuluş zamanı ve yolcuyla etkileşim şekline göre farklı gruplara ayrılmaktadır:

1- Yolculuk öncesi interaktif bireysel bilgi iletim sistemleri
2- Yolculuk öncesi proaktif toplu bilgi iletim sistemleri
3- Yolculuk sırasında proaktif toplu bilgi iletim sistemleri
4- Yolculuk sırasında interaktif bireysel bilgi iletim sistemleri

Genellikle internet tabanlı olarak sunulan yolculuk öncesi interaktif bireysel bilgi iletim sistemleri aracılığıyla, yolcular yapmayı planladıkları yolculukla ilgili çeşitli bilgilere erişebilmektedir. Yolcular, kişisel bilgisayarları ya da çeşitli konumlara yerleştirilmiş özel terminaller aracılığıyla yolculuklarıyla ilgili olarak, yolculuk yapıp yapmayacakları, hangi gün ve saatte yolculuk yapacakları, hangi ulaşım modunu ya da modlarını kullanacakları ve yolculuk için ne kadarlık bir bütçe hazırlayacakları kararlarını alabilmektedir. Ayrıca, bu sistemler aracılığıyla yolculuğun başlangıç noktası, toplam maliyeti, süresi, konfor ve güvenlik seviyeleri gibi pek çok bilgiye erişmek mümkün olmaktadır. Yolculara sağlanan yolculuk öncesi bilginin farklı ulaşım modlarını içerecek şekilde sunulması gerekmektedir.[68]

Yolculuk öncesi proaktif toplu bilgi iletim sistemleri ise, genellikle radyo, televizyon, özel panolar aracılığıyla yolculara kısıtlı bilgiyi istekleri dışında sunan sistemlerdir. Bu sistemler aracılığıyla sunulan bilgiler genelde, toplu taşıma araçlarının hareket saatleri ya da gecikme durumları gibi bilgilerden oluşmaktadır. Yolculuk sırasında proaktif olarak iletilen toplu bilgiler, bilginin sunulduğu ortama bağlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu bilgilerin bir kısmı (bekleme süresi gibi) durakta beklenirken elde edilebilirken, diğer bir kısmı (sıradaki durak gibi) yolculuk sırasında sesli ya da görüntülü olarak elde edilebilmektedir. Yolculara interaktif bir şekilde yolculuk sırasında bireysel bilgi ileten sistemler aracılığıyla, yolculuk anında bulunulan konum ve yolculuğun geri kalanı ile ilgili bilgi verilebilmektedir. Bu

[68] a.g.e: s.10.

bilgiler operatör tarafından (koltuk arkası paneller vs.) sağlanabildiği gibi yolcuların sahip oldukları el terminalleri vasıtasıyla da elde edilebilmektedir.[69]

Elektronik bilet kesme ve ücret toplama konusu, birçok kesim tarafından yakından takip edilen bir konu olarak uzun yıllardır gündemde kalmaktadır. Geleneksel bilet kesme yöntemleri yerine elektronik bilet kesme ve ücret toplama ya da bir başka ifadeyle "elektronik ücret yönetimi" ile toplu taşıma operatörlerinin birçok stratejik hedeflere ulaşmaları mümkün olmaktadır. Toplu taşıma operatörlerinin en temel amacı, toplu taşımaya olan ilginin artması ve daha çok yolcunun toplu taşıma araçları ile verimli, güvenli ve konforlu olarak taşınmasının sağlanmasıdır.

Elektronik ücret yönetimi sayesinde, insanların toplu taşıma sistemlerine olan ilgisinin artırılması mümkün olmaktadır. Bu sistemin yaygınlaşmasıyla beraber, insanlar, özellikle yabancılar, toplu taşıma araçlarını kullanmadan önce bilet temin etmek için bilet gişesi ya da bilet makinası aramak zorunda kalmadan cep telefonu gibi günümüzde yaygın kullanım imkânı olan araçlarla yolculuklarını ne zaman ve ne kadar ücret ödeyerek yapacakları bilgisini alabilmekte ve yolculuklarını gerçekleştirmektedir.

Bu sistemlerin bir diğer avantajı ise, sundukları müşteri odaklı anlayışla, toplu taşıma araçlarını kullanan müşterilerin memnuniyet seviyesini artırıcı uygulamalara imkân vermesidir. Örneğin, toplu taşıma araçlarını yoğun olarak kullanan vatandaşlar için uygulanabilecek çeşitli programlar (indirim, ücretsiz aktarma vs.) ile toplu taşıma araçlarına olan ilginin artırılması mümkün olabilmektedir.

Aynı zamanda elektronik ücret yönetimi sayesinde, yaygın bir şekilde bulunan bilet gişesi ve bilet makinalarına olan ihtiyaç azalmakta ve bunun sonucunda da toplu taşıma operatörlerinin giderlerini büyük ölçüde azaltmaları mümkün olmaktadır. Azalan işletme giderleriyle birlikte, taşıma hizmetinin yolculara daha

[69] a.g.e: ss.10-11.

ucuza sunulması sağlanabilmektedir. Böylece, toplu taşıma üzerindeki fiyat baskısı azaltılarak, talep artırılabilecektir.

Günümüzde elektronik ücret yönetimine olan ilgi her geçen gün artmakta ve ülkemizde de bu uygulama birçok şehrimizde hayata geçirilmektedir. "Akıllı kart" özellikli bu kartlar sayesinde yolculuk için ödenmesi gereken ücret istasyonda veya yolculuk sırasında bu karttan ödenebilmekte olup, kartın internet veya özel makinalar vasıtasıyla doldurulması mümkün olmaktadır.

Ancak, toplu taşımada ücret yönetimi konusunda büyük kolaylık sağlayan bu akıllı kart uygulamasının yaygınlaşmasıyla birlikte, bu sistemlerin birlikte çalışabilirliği sorusu gündeme gelmektedir. Bazı ülkeler bütün bölgelerdeki tüm toplu ulaşım araçlarında geçerli olan akıllı kartları kullanmaya başlamışlardır. Örneğin, Hollanda'da kullanılan "OV-chipkaart" temassız akıllı kart ile ülke genelinde yer alan bütün tren, metro, tramvay ve otobüs gibi toplum taşıma araçlarından yararlanmak mümkün olmaktadır. OV-chipkaart uygulaması için Hollanda'nın beş büyük toplu taşıma operatörü olan NS (demiryolları), Connexxion (otobüsler), RET (Rotterdam), GVB (Amsterdam) ve HTM (Lahey) operatörleri bir araya gelerek "Trans Link Systems (TLS)" ortak girişimini oluşturmuştur.

Ülke düzeyinde elektronik ücret yönetiminin birlikte çalışabilirliğini bir üst seviyeye çeken Belçika'da ise, vatandaşlar akıllı kart niteliğindeki elektronik kimlik kartlarını toplu taşımada ödeme aracı olarak kullanabilmektedir.

Bu çalışmaların yanı sıra, AB'de 7. Çerçeve Programı kapsamında yürütülen "Birlikte Çalışabilir Ücret Yönetimi (IFM - Interoperable Fare Management)" projesiyle, 2010 yılı itibarıyla, AB vatandaşlarının topluluk içindeki toplu taşıma araçlarından rahatlıkla faydalanmalarına imkân verecek veri alışverişine yönelik arka ofis uygulamaları için kurallar ve birlikte çalışabilir ücret yönetim standardı oluşturulmuştur.

İleri toplu taşıma sistemleri uygulamalarının toplu taşımadaki kullanım alanlarından birisi de operasyonel yönetimdir. Bu uygulamalar sayesinde operatörler, filolarını takip edebilmekte ve operasyonlarını optimize edecek kararlar

alabilmektedir. Literatürde sıkça "Otomatik Araç İzleme Sistemleri (AVMS - Automatic Vehicle Monitoring Systems)" olarak adlandırılan "Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS – Geographic Information System)" ve GPS tabanlı bu sistemler aracılığıyla araçların konumlarıyla ilgili gerçek tabanlı veri sağlanmış olmaktadır.

Şekil 1.5. Otomatik Araç İzleme Sistemlerinin Diğer Sistemlerle İlişkisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Böylece, gerek yolcuların bilgilendirilmesi gerekse operasyonların yönetilmesi için gerekli gerçek zamanlı bilgi (araç pozisyonu, yolcu sayısı vb.) sağlanmış olmaktadır. Ayrıca, bu sistemlerin Şekil 1.5'te belirtilen bilgi sistemleriyle entegre edilmesiyle, sürücülerin ve araçların durumunun izlenmesi, yeni sürücü ve araç talep edilmesi, seferlerle ilgili bilginin paylaşılması, trafik durumunun

öğrenilmesi, güzergahla ilgili bilgi alınması, acil durumlarda yardım istenmesi gibi pek çok uygulamanın gerçekleştirilmesi de mümkün olmaktadır.

Araç yönetimi kapsamındaki uygulamalara örnek olarak Finlandiya'da yapılan bir simülasyon çalışmasında, "Otomatik Araç Konumu (AVL – Automated Vehicle Location)" ve "Bilgisayar Destekli Dağıtım (CAD – Computer Assissted Dispatch)" sistemleri birlikte kullanılarak toplu taşıma araçlarının yüzde 3,6 oranında daha az yakıt harcamaları sağlanmıştır. Bu simülasyon çalışmasının ardından, 2002 yılında, otomatik araç konum ve bilgisayar destekli sistemler ile transit sinyal önceliği uygulamasının seçilmiş tramvay ve otobüs hatlarına uygulanması sonucunda, toplam yolculuk süresi tramvay için 1 saniye ve otobüs için 11 saniye azalmıştır. Böylece, 9 saniye/km zaman tasarrufu elde edilmiş olup, bir yılda yaklaşık 43,5 milyon yolcu-km mesafe gidilen hatta toplam 103.300 yolcu-saat tasarruf edilmiştir.

Ayrıca, bu pilot çalışma sonucunda, toplu taşımaya yönelik talep kayması oluşmuş, tramvay yolcu sayısı oranı sıfırdan yüzde 2'ye ve otobüs yolcu sayısı oranı ise yüzde 10'dan yüzde 12'ye çıkmıştır. Bu hatları kullanan yolcularla yapılan mülakatlar sonucunda, mülakata katılanların yarısından fazlasının bu hattı her gün ya da yaklaşık her gün kullandığı ortaya çıkmış olup, bu insanların yüzde 90'ı araç içinden sunulan yolcu bilgilendirme hizmetinin farkına varmış olup ve yüzde 95'i de bu hizmeti kullanışlı bulmuştur.[70]

2008 yılında ABD'de yapılan bir anket çalışması sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, yerel yönetimlerin yaptıkları AVL yatırımları ile filo büyüklükleri arasındaki ilişkiyi gösteren aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$Yatırım\ Miktarı = 17.577\$ \times Filo\ Büyüklüğü + 2.506.759\$ \quad (R^2 = 0,677) \ (1)$$

Söz konusu çalışmada, önerilen eşitliğin 750 ve daha az sayıda aracın kapsandığı yatırımlar için daha güvenilir sonuçlar ürettiği belirtilmektedir.[71] Bu durumda, 750 araçtan oluşan bir filoya ilişkin toplu taşıma yönetimi yatırım miktarı

[70] RITA, ITS Benefits Database
[71] RITA, ITS Costs Database

2008 yılı fiyatlarıyla yaklaşık 15,7 milyon ABD Doları olarak hesaplanmaktadır. 2010 yılı fiyatlarıyla yaklaşık maliyeti 16 milyon ABD Doları olan bu yatırımın birim maliyeti ise, 21.333 ABD Doları/araç (~32.000 TL/araç) olmaktadır.

1.4.6. İleri kırsal taşıma sistemleri

İleri kırsal taşıma sistemleri, kırsal kesimde ulaştırma güvenliği ve hareketlilik problemleri için kullanılan akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarını kapsamaktadır. İleri kırsal taşıma sistemleri uygulamaları, genel olarak güvenliği artırmaya yönelik uygulamalar olup, yüksek hızdan kaynaklanan kazaların azaltılması, yol şartları ile ilgili sürücülerin bilgilendirilmesi ve yoldan geçen hayvanlar konusunda sürücülerin uyarılması gibi işlevleri yerine getirebilmektedir.

Ölümlü kazalarda meydana gelen ölümlerin önemli bir bölümü kaza anında kurtarma birimlerinin olay yerine hızlı bir şekilde gelememelerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle, kırsal alanlarda meydana gelen ciddi trafik kazalarına müdahale sürecinde geçen zamanın uzaması kazada ağır yaralanan insanların hayatta kalma olasılığını ciddi oranda azaltmaktadır. Zira hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar ve modellemeler sonucunda damarlardaki oksijenin 2-4 dakikada tamamen tükeneceği ortaya konmuştur.[72,73] Bundan dolayı, ciddi bir kaza anında solunum yollarında sorun olan yaralılara bu süre zarfında müdahale edilmesi durumunda yaralıların hayatta kalma ihtimalleri yüzde 90'ken, bu sürenin aşılması durumunda yaralıların hayatta kalma ihtimali kalmamaktadır.

Ciddi bir kaza olması durumunda yaralıya ulaşma süresini en aza indirmek amacıyla, kazanın acil durum ekiplerine anında bildirilmesini sağlayan "e-Çağrı (eCall)" uygulamasıyla, 112 acil çağrı numarası üzerinden "Hizmet Cevap Noktası (PSAP – Public Services Answering Point)" ile irtibata geçilmekte olup, kaza anı, kazanın koordinatları ve kazaya karışan aracın özellikleri gibi bilgiler otomatik olarak iletilmektedir.

---

[72] Turner vd., 2002: s.1.
[73] Dorph vd., 2004: s.1.

e-Çağrı uygulamasının Avrupa çapında yaygınlaştırılması amacıyla, Avrupa Karayolu Ulaştırma Telematikleri Uygulama Koordinasyon Örgütü (ERTICO - European Road Transport Implementation Coordination Organisation) koordinasyonunda on farklı ülkeden aralarında kamu kurumları, telekomünikasyon, otomotiv, elektronik ve yazılım gibi alanlarda faaliyet gösteren özel sektör firmaları, araştırma enstitüleri ve sivil toplum örgütlerinin de yer aldığı kırk farklı ortağın katılımıyla "HeERO (Harmonised eCall European Pilot)" adında bir uygulama projesi desteklenmektedir.

Japonya'da ise e-Çağrı uygulamasına benzer olarak HELP acil durum raporlama sistemi kullanılmaktadır. e-Çağrı uygulaması ile benzer çalışma prensiplerine sahip bu uygulama ile, ortalama olarak 10,2 dakika olan yaralıya müdahale etme süresi 2 dakikaya düşürülmektedir. Ayrıca, bu uygulama sayesinde 16,3 dakika olan yaralının hastaneye ulaştırma süresi, 7,3 dakikaya düşmektedir.[74]

1.5. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Standartları

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları pek çok teknolojiyi kullanan uygulamalar olarak ön plana çıkmaktadır. Genel olarak bu uygulamalarda iletişim amacıyla radyo servisleri kullanılıyor olsa da, kullanım alanına bağlı olarak özel teknolojiler tercih edilmektedir. Karayollarında kullanılan akıllı ulaştırma sistemlerinde kullanılan başlıca teknolojiler ve uygulamalar, aşağıda maddeler halinde yer almaktadır:

1- DSRC: Kısa mesafe telsiz iletişim teknolojisi olarak adlandırılan bu teknoloji sayesinde araç ve yol arasında iletişim sağlanabilmektedir. Bu teknolojiyle, yolun çeşitli bölümlerine yerleştirilen sensörler araçta bulunan özel verici ile iletişime geçerek gerekli veri alışverişi gerçekleştirilmektedir. Bu teknoloji en yaygın olarak, elektronik geçiş ücreti toplama sistemlerinde kullanılmaktadır.
2- Kablosuz İletişim Sistemleri: Bu teknolojiyle, araçlar birbirleriyle iletişim kurabilecek şekilde ağ bağlantısı oluşturabilmektedir.

[74] Ikeuchi, 2001: s. 28.

3- Uzun ve Orta Mesafede Sürekli Havadan Haberleşme (CALM – Continuous Air Interface Long and Medium Range) teknolojisiyle, karayolu ve araç arasında çeşitli iletişim araçları (cep telefonu gibi) kullanılarak sürekli bir iletişim sağlanmaktadır. Bu sayede, araçtakilere yol ve trafikle ilgili çeşitli bilginin sunulabildiği gibi bu kanaldan çeşitli eğlence hizmetleri de sunulabilmektedir.
4- Küresel Konumlama Sistemi (GPS): Araç içinde yer alan cihazlara yerleştirilen GPS alıcıları sayesinde, uydulardan alınan sinyallerle aracın konum bilgisi hesaplanmaktadır. GPS teknolojisi, araç içi navigasyon ve rota rehberi sistemleri için temel teknolojidir.
5- Radyo Dalgası veya Kızılötesi Sinyal Vericiler: Özellikle Japonya'da kullanılan bu teknolojiler ile gerçek zamanlı trafik bilgisi iletimi sağlanmaktadır.
6- Yol Kamera Tanıma: Kamera (ya da etiket) tabanlı tanımlama sistemleri trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemlerinde kullanılan temel teknolojilerdir. "Optik Karakter Tanıma (OCR – Optical Character Recognition)" teknolojisine dayalı olarak çalışan "Otomatik Plaka Tanıma (ALPR – Automatic License Plate Recognition)" sistemi ile sıkışık bölgeye giren aracın plakası tanımlanarak trafik merkezindeki sunuculara iletilmekte ve sürücüler o anki tarifeden ücretlendirilmektedir.
7- Verici Araçlar ve Cihazlar: Bazı ülkeler DSRC ya da diğer kablosuz teknoloji kullanan verici cihazlarını kullanan araçları gerçek zamanlı trafik bilgisi sağlayıcısı olarak kullanmaktadır. Bu araçlar, konum ve hız bilgilerini trafik operasyonları yönetim merkezine iletmektedir. Bunun yanı sıra, GPS uyumlu telefonlar ve GPS yonga taşıyan araçlar da gerçek zamanlı trafik bilgisi kaynağı olarak kullanılmaktadır. [75]

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları kapsamında pek çok iletişim teknolojisinin kullanılması, bu alanda standartların belirlenmesini zorunlu hale getirmiştir. Standartlar, bazı kesimler tarafından teknolojik yaratıcılığı ve ilerlemeyi

[75] Ezell, 2010: s.9.

yavaşlatan unsurlar olarak görülse de, ortaya konmuş iyi standartlar, karayollarında kullanılan akıllı ulaştırma sistemleri için önemlidir.

Özellikle kentler arası, bölgeler arası ya da ülkeler arası yolculuklar yapan yük taşıyıcıları, pek çok kez elektronik geçiş ücreti toplama, araç kimlik doğrulama ya da hareketli ağırlık ölçüm sistemlerinden geçmektedir. Farklı otoriteler tarafından kurulan bu sistemlerin belirlenmiş standartlara uymamaları durumunda, sürücülerin her bir sisteme kaydolmaları, farklı verici cihazları satın almaları ve birden fazla ödeme hesabı açmaları gerekecektir. Farklı bölgelerde çalışan akıllı ulaştırma sistemlerinin birlikte çalışabilirliğinin sağlanamaması durumunda, belirli konumlardaki (köprü, ölçüm istasyonu vb.) araç yoğunluğunu azaltarak, sürücülerin, özellikle yük taşıyıcılarının, yapacakları yolculuk sürelerini en aza indirmeyi amaçlayan bu sistemlerden yeterince faydalanmak mümkün olmayacaktır.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının standartlaştırılması konusunda dünyada birçok çalışma yapılmaktadır. Ancak, çeşitli sebeplerden dolayı bu çalışmaların pek azı başarıyla sonuçlanabilmektedir. Örneğin, ABD gibi birçok ücret toplama operatörünün olduğu ülkelerde farklı elektronik ücret toplama sistemleri kurulmuş olmasından dolayı, standartlaşma konusunda yapılan çalışmalar istenildiği ölçüde başarılı olamamaktadır.[76] Buna karşılık, gerek daha küçük bir coğrafyada yüksek yoğunluklu yerleşimlerden oluşan gerekse akıllı ulaştırma sistemlerini ulusal düzeyde koordine eden Japonya, Singapur ve Güney Kore gibi ülkelerde, akıllı ulaştırma sistemleri alanında kullanılan teknolojilerin standardizasyonu başarıya ulaşmaktadır.

Dünya'da akıllı ulaştırma sistemleri alanında standart oluşturan pek çok kurum bulunmaktadır. Bu kurumlar ve bünyelerinde akıllı ulaştırma sistemleri üzerine çalışan birimleri şunlardır:

1- ISO: Standart hazırlama konusunda dünyanın en büyük kuruluşu olan ISO bünyesinde faaliyet gösteren TC204 teknik komitesi akıllı ulaştırma

[76] World Bank, 2004: s.5.

sistemleri konusunda standartlar oluşturmaktadır. Bu teknik komite, CEN ile koordineli bir şekilde çalışmaktadır.

2- CEN: Avrupa genelinde uygulanacak standartların geliştirilmesi amacıyla kurulan bu kuruluş kapsamında akıllı ulaştırma sistemleri alanında TC278 teknik komitesi çalışmaktadır. CEN yürütülen çalışmalarda, ISO'nun yanı sıra ETSI ile birlikte çalışmaktadır.
3- ETSI: Avrupa'da uzun yıllar kullanılacak telekomünikasyon standartlarının oluşturulması amacıyla kurulmuş olan ve kar amacı gütmeyen kuruluş niteliğindeki ETSI de akıllı ulaştırma sistemleri alanında çalışmalar yürütmektedir. 2007 yılında, ETSI bünyesinde ETSI TC ITS teknik komitesi kurulmuştur.
4- ICTSB: Avrupa çapında etkin bir standardizasyon sisteminin hayata geçirilmesi amacıyla CEN ve diğer kuruluşlar tarafından kurulmuş olan ICTSB bünyesinde yer alan ITSSG, akıllı ulaştırma sistemleri alanında stratejik odak ve yön belirlemeyi amaçlamaktadır.
5- NEN: Bu kuruluş, Hollanda'nın ulusal standardizasyon enstitüsü olmasının yanı sıra, CEN/TC278 teknik komitesinin sekretaryası görevini de yürütmektedir.
6- ITU: ITU-R (ITU Radyo iletişim sektörü) altında yer alan Çalışma Grubu – 8A, akıllı ulaştırma sistemlerinin spektrum gereksinimleri ve Çalışma Grubu – 1'de, kaza önleme amacıyla kullanılan "Ultra Geniş Bant (UWB – Ultra Wideband)" teknolojisi üzerine çalışmalar yürütmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri alanında oluşturulan standartlar, "yardımcı araçlar", "hizmetler ve fonksiyonlar", "araç" ve "iletişim" olmak üzere, dört tema altında incelenmektedir.[77] Bu dört tema altında on beş farklı çalışma alanı belirlenmiştir.

Standardizasyon kuruluşları bünyesinde bu çalışma alanlarına yönelik standart oluşturma çalışmaları yürüten çalışma grupları ise, Tablo 1.10'da yer almaktadır.

[77] ITS UK, 2009: s.5.

Tablo 1.10. Standart Konuları ve Çalışma Grupları Eşleştirme Tablosu

Temalar/Konular	Standardizasyon Çalışma Grubu
Yardımcı Araçlar – Mimari	ISO/TC204/WG1 CEN/TC278/WG13 ETSI/TC ITS/WG2
Yardımcı Araçlar – Veri Tabanları	ISO/TC204/WG3 CEN/C278/WG8
Yardımcı Araçlar – Akıllı Kartlar	CEN/TC224/WG11
Hizmetler ve Fonksiyonlar - Karayolu ücretlendirmesi	ISO/TC204/WG5 CEN/TC278/WG1 CEN/TC224/WG11
Hizmetler ve Fonksiyonlar – Toplu taşıma	ISO/TC204/WG8 CEN/TC278/WG3
Hizmetler ve Fonksiyonlar – Navlun ve filo	ISO/TC204/WG7
Hizmetler ve Fonksiyonlar – Gerçek zamanlı trafik bilgisi ve navigasyon	Yolcu Bilgi Sistemleri: ISO/TC204/WG10 CEN/TC278/WG4 Rota rehberi ve navigasyon: ISO/TC204/WG11
Hizmetler ve Fonksiyonlar – Kent içi trafik yönetimi ve kontrolü	ISO/TC204/WG9
Hizmetler ve Fonksiyonlar – İşbirlikçi araç-yol sistemleri	ISO/TC204/WG14
Araç – İnsan makine ara yüzleri	ISO/TC22/SC13/WG8
Araç – Sürücü yardımı	ISO/TC204/WG14
Araç – Elektronik araç tanıma	ISO/TC204/WG4 CEN/TC278/WG12
İletişim – Araç-araç	ISO/TC204/WG16
İletişim – Araç-yol	DSRC: ISO/TC204/WG15 CEN/TC278/WG9 ETSI/TC ITS CALM: ISO/TC204/WG16 CEN/TC278/WG16 ETSI/TC ITS
İletişim – Yol-trafik bilgi merkezi	ISO/TC204/WG16

Kaynak: ITS UK, 2009: ss.5-7.

Bunlara ek olarak, Akıllı Araç İnisiyatifi kapsamında ortaya konan e-Çağrı uygulaması gibi güvenlik ürünlerinin yaygınlaşmasının hızlandırılmasına yönelik olarak da CEN/TC278/WG15 çalışma grubu altında standardizasyon çalışmaları yürütülmektedir.

2. AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ DÜNYA ÖRNEKLERİ İNCELEMESİ

Birçok ülke akıllı ulaştırma sistemleri alanında ilerleme kaydetmektedir. Bu alanda araştırma faaliyetleri yapılmakta ve yapılan araştırma faaliyetleri sonucunda ortaya konan sistem ve hizmetler pilot uygulamaların ardından ulusal düzeyde yaygınlaştırılmaktadır. Günümüzde akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları konusunda en ileri düzeyde olan ülkeler arasında Almanya, ABD, Avustralya, Birleşik Krallık, Fransa, Güney Kore, Hollanda, İsveç, Japonya, Kanada ve Singapur yer almaktadır. Ayrıca, Brezilya, Çin, Tayland ve Tayvan gibi ülkelerde de önemli ölçüde akıllı ulaştırma sistemleri uygulama ve yaygınlaştırma çalışmaları yürütülmektedir. Bu bölümde, akıllı ulaştırma sistemleri alanında ileride olan bazı gelişmiş ülkelerde ulusal düzeyde uygulanan programlar ve bu programlar kapsamında yürütülen önemli projeler hakkında bilgi verilmektedir.

2.1. Amerika Birleşik Devletleri

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları konusunda öncü olan ülkelerin başında gelen ABD'de, hükümet desteğinde 1960'lı yılların sonlarından 1970 yılına kadar yol ve araç arasında iletişim kurmaya olanak sağlayan "Elektronik Güzergâh Rehberliği Sistemleri (ERGS - Electronic Route Guidance Systems)" projesi yürütülmüştür. Akıllı ulaştırma sistemleri konusunda vizyon geliştirici çalışmaların ele alındığı ERGS projesinin karayolu altyapısı üzerinde yaratacağı yüksek maliyet sebebiyle sonlandırılmasından sonra uzun yıllar boyunca ABD'de bu konuda ciddi çalışmalar yürütülmemiştir.

1980'li yılların ortalarına gelindiğinde kamu ve özel sektör ile üniversitelerden gelen pek çok gönüllünün katılımıyla "Mobility 2000" çalışması başlatılmıştır. Bu çalışmanın bir sonucu olarak, 1990 yılında "gelişen teknolojileri kullanarak daha güvenli, daha ekonomik, enerji etkin ve çevreye duyarlı karayolu altyapısına yönelik araştırma, geliştirme, test ve uygulama faaliyetlerinin yürütüleceği ulusal bir program oluşturma" amacıyla kar amacı gütmeyen "Akıllı Araç Otoyol Sistemleri (IVHS - Intelligent Vehicle Highway Systems)" kamu-özel

ortaklığı kurulmuştur.[78] 1994 yılında Ulaştırma Bakanlığı tarafından IVHS ortaklığının adı ITS America (Intelligent Transportation Society of America – Amerika Akıllı Ulaştırma Topluluğu) olarak değiştirilmiştir.

ABD'de ulusal düzeydeki çalışmalar ise, akıllı ulaştırma sistemlerinin araştırılması, geliştirilmesi, test edilmesi ve yaygınlaştırılması amacıyla 1991 yılında ortaya konan "İntermodal Ulaştırma Etkinliği Yasası (ISTEA – Intermodal Surface Transportation Efficiency Act)" ile başlamıştır. Bu program, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının yaygınlaştırılması kapsamında üç temel bileşenden oluşmuştur:

1- Temel araştırma ve geliştirme
2- Uygulama ile araştırma ve geliştirme arasındaki bağı kuran operasyonel testler
3- Entegre akıllı ulaştırma sistemleri teknolojilerinin uygulamalarının gerçekleştirilmesine yönelik destekler

ISTEA kapsamında 1992-1997 yılları arasında toplam 1,2 milyar ABD Doları kaynak kullanılmıştır. 1998 yılına gelindiğinde ise, ISTEA yasasının devamı niteliğinde "21. Yüzyıl için Ulaştırma Etkinliği Kanunu (TEA-21 – The Transportation Efficiency Act for the 21st Century)" çıkarılmıştır. Bu kanunla, 1998-2003 yılları arasında akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının yaygınlaştırılmasına yönelik 1,3 milyar ABD Doları tutarında bir kaynak oluşturulmuştur.

2005 yılında Kongre tarafından "Güvenli, Hesap Verebilir, Esnek, Etkin Ulaştırma Adalet Yasası: Kullanıcılar için Vasiyet (SAFETEA-LU - Safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act: A Legacy for Users)" kabul edilmiştir. Bu yasayla, "Akıllı Ulaştırma Sistemleri Yaygınlaştırma Programı"na son verilmiş olup, bu alandaki araştırma faaliyetleri için 2009 yılına kadar yıllık 110 milyon ABD Doları bütçe sağlanmıştır. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Yaygınlaştırma Programı'nın sona erdirilmesiyle birlikte, ABD'de akıllı ulaştırma sistemleri alanında ulusal düzeydeki odak noktası, yaygınlaştırma faaliyetlerinden araştırma faaliyetlerine kaymıştır. ABD Ulaştırma Bakanlığı verilerine göre, ABD'de

[78] TRB, 1991: s.12.

eyaletlerde yürütülen ve ulusal düzeyde koordine edilmeyen akıllı ulaştırma sistemleri projeleri için yıllık 500 milyon – 1 milyar ABD Doları yatırım yapılmaktadır.[79]

Ulaştırma Bakanlığı tarafından koordine edilen akıllı ulaştırma sistemleri programı akıllı araçlara, akıllı altyapıya ve bu ikisinin entegrasyonuyla akıllı ulaştırmanın gerçekleştirilmesine odaklanmaktadır. Bu program kapsamında dokuz temel öncelik alanı bulunmaktadır:

1- IntelliDrive İnisiyatifi
2- Yeni Nesil 911
3- İşbirlikçi Kavşak Çarpışma Önleme Sistemi
4- Entegre Araç Tabanlı Güvenlik Sistemleri
5- Entegre Koridor Yönetim Sistemleri
6- Yol Hava Durumu İzleme
7- Acil Durum Ulaştırma Operasyonları
8- Bütün Amerikalılar için Hareketlilik Hizmetleri
9- Elektronik Navlun Yönetimi

ABD'de yürütülen çalışmalar, bölgelere göre farklılık arz etmekte olup, ulusal düzeyde entegre bir sistemden söz etmek mümkün değildir. Ülke genelindeki uygulamalar münferit, izole ve kademeli olup, ulusal düzeyde ortaya konmuş entegre bir sisteme bağlı olmadan gelişmektedir. Bu ayrışmanın sebebi olarak, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarına yeterince kaynak sağlanmaması ve bu uygulamaların ülke çapında koordine edilmesine yönelik doğru bir kurumsal yapının oluşturulamamış olması gösterilmektedir.[80]

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının ülke düzeyinde yaygınlaştırılmasında ve birlikte çalışabilirliğinin sağlanmasında karşılaşılan güçlüklere yönelik olarak, Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı Araştırma ve Yenilikçi Teknoloji İdaresi tarafından 8 Ocak 2010 tarihinde yeni bir stratejik plan ortaya konmuştur. Çekirdeğini IntelliDrive inisiyatifinin oluşturduğu "Akıllı Ulaştırma Sistemleri Stratejik Araştırma Planı (2010-2014): Bağlanabilirlikle Ulaştırmayı

[79] Ezell, 2010: s.30.
[80] a.g.e.: s.39.

Dönüştürmek (ITS Strategic Research Plan (2010-2014): Transforming Transportation Through Connectivity)" üç ana öncelik çerçevesinde hazırlanmıştır. Bu öncelikler güvenlik, hareketlilik ve çevredir. Plan'ın vizyonu ise, "araçlar, altyapı ve yolculara ait taşınabilir cihazların birlikte çalışabilirliğinin sağlandığı ulusal düzeyde ve çok modlu bir ulaştırma sistemi" olarak belirlenmiştir.[81]

2.2. Kanada

Kanada, akıllı ulaştırma sistemleri alanında pek çok yeniliğe öncülük eden bir ülke konumundadır. Dünya'nın ilk bilgisayar kontrollü trafik sinyal sistemi 1959 yılında Toronto'da uygulanmıştır. Yine 1999 yılında Toronto'da uygulanan tam elektronik otoyol ücret sistemi, alanındaki ilk uygulamalardan birisi olarak dikkat çekmektedir.

Kanada'da 1976-1977 yılları arasında "Otomatik Araç Konum ve Kontrol (AVLC – Automated Vehicle Location and Control)" deneyleri yapılmış ve 1980 yılında Vancouver'da otomatik hafif raylı transit operasyonları başlatılmıştır.

Kanada'nın çok geniş bir coğrafyaya yayılmış ve farklı hava koşullarına maruz kalan bir ulaştırma ağı mevcuttur. Ulusal ulaştırma ağı birbirlerinden çok farklı özellikleri ve sorunları olan kentsel ve kırsal ulaştırma ağlarını birbirine bağlamaktadır. Her ne kadar Kanada, çok geniş bir ulaştırma ağına sahip olsa da, bazı noktalarda, özellikle kentsel alanlarda, ciddi trafik sıkışıklığı sorunuyla karşı karşıyadır. Bu sorun, nüfus yoğunluğunun her geçen gün artmasıyla daha da ciddi bir hale gelmektedir. Bununla birlikte, kırsal kesimde nüfus yoğunluğu az ve yerleşim yerleri arasındaki mesafe çok fazla olup, bu durum toplu taşıma hizmetlerin verilmesini güçleştirmektedir.

Yük taşımacılığına bakıldığında, yük taşımacılığının ağırlıklı olarak kamyonlarla sağlandığı görülmektedir. Bu durum, kentler arasında yüksek trafik yoğunluğuna sebep olmaktadır. Bu yüksek trafik yoğunluğunun en önemli sebeplerinin başında ise tam zamanında teslim edilmesi gereken sınır ötesi (ABD) taşınan yükler gelmektedir. Ancak, zamanla artan trafik yoğunluğunun sabit

[81] RITA, 2010b.

ulaştırma ağı üzerindeki baskısı giderek artmakta, bunun sonucu olarak trafik sıkışıklığında artış, yolculukların uzaması ve gecikmelerin oluşması, güvenliğin azalması ve hava kirliliğin artması gibi pek çok sorun ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların tamamı Kanada'nın rekabet gücünü olumsuz yönde etkilemekte olup, bu olumsuz etkileri azaltmaya yönelik çeşitli önlemler alınmaktadır. Bu önlemlerin başında akıllı ulaştırma sistemlerinin ülke çapında yaygınlaştırılması gelmektedir.

Kanada'da ulaştırma altyapı yatırımlarının bölgelerin sorumluluğunda olmasından dolayı akıllı ulaştırma sistemlerinin yaygınlaştırılması faaliyetleri de bölgeler tarafından yapılmaktadır. Bu durum, ABD'de olduğu gibi farklı bölgelerde farklı tip akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının yapılması, bazı bölgelerde akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının öncelikli olmasına rağmen diğer bölgelerde öncelikli olmaması ve bunun sonucunda da bu alanda yeterince yatırım yapılmaması gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunun farkında olan merkezi yönetim tarafından, Kanada Ulaştırma Bakanlığı (Transport Canada) koordinasyonunda enerji verimliliği konusunda Tabii Kaynaklar Bakanlığı, hava tahmini ve kirliliği konusunda Çevre Bakanlığı, spektrum yönetimi konusunda Sanayi Bakanlığı ve AR-GE konusunda da Ulusal Araştırma Konseyi gibi ulusal düzeyde çeşitli kurumların ve yerel yönetimlerin katılımıyla 1990'lı yıllarda akıllı ulaştırma sistemleri konusunda işbirliğine yönelik kapsayıcı bir çerçeve hazırlamak üzere çalışma başlatılmıştır. Bu çalışmanın amacı, ülke düzeyinde akıllı ulaştırma sistemleri konusunda araştırma ve yaygınlaştırma çalışmalarının bütünsel bir bakış açısıyla ele alınmasını sağlamaktır. Bu çalışmanın bir sonucu olarak, Ulaştırma Bakanlığı tarafından, 1999 yılının Kasım ayında Toronto'da düzenlenen 6. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Dünya Kongresi'nde Kanada'nın ulusal düzeyde akıllı ulaştırma sistemleri strateji dokümanı olan "Kanada için Akıllı Ulaştırma Sistemleri Planı: Akıllı Hareketliliğe Doğru Giderken (An ITS Plan for Canada: En Route to Intelligent Mobility)" tanıtılmıştır. Bu planın beş temel ekseni bulunmaktadır:

1- Ortaklıklar
2- Akıllı ulaştırma sistemi mimarisi
3- Akıllı ulaştırma sistemi alanında AR-GE ve yenilikçiliğin desteklenmesi
4- Ülke çapında yaygınlaştırma ve entegrasyon

5- Kanada akıllı ulaştırma sistemleri sektörünü güçlendirmek

Ortaklıklar ekseni, planın hazırlanması ve uygulanması aşamalarında etkili olmuştur. Akıllı ulaştırma alanında çalışan özel sektör temsilcilerinden oluşan ve kar amacı gütmeyen bir örgüt niteliğindeki "ITS Canada" ile Ulaştırma Bakanlığı koordinasyonunda akıllı ulaştırma sistemleri mimarisi hazırlanmıştır. 2001 yılında tamamlanan bu mimaride, kullanıcı hizmetleri ve alt sistemleri ile bunlar arasındaki veri akışı net bir şekilde tanımlanmıştır. Mimarinin tamamlanmasıyla birlikte, 2001 yılının Nisan ayında, beş yıllık "Stratejik Karayolu Altyapı Programı (SHIP – Strategic Highway Infrastructure Program)" kapsamında 470 milyon ABD Doları tutarında bir kaynak oluşturulmuştur.[82] Günümüzde, akıllı ulaştırma sistemleri alanında yapılan çalışmalar SHIP programı altında yürütülmeye devam etmektedir.[83]

Bunun yanı sıra, Kanada sınır komşusu olan ABD ile ortaklaşa olarak "Sınır Bilgisi Akış Mimarisi (BIFA – Border Information Flow Architecture)" programını başlatmıştır. Bu programla, sınırın her iki tarafında kullanılan teknolojilerin birbirleriyle uyum sağlaması amaçlanmakta olup, program kapsamında bir dizi hizmet alanı tespit edilip önceliklendirilmiştir. Bu alanlar:

1- Trafik yönetimi,
2- Yolcu bilgisi,
3- Ticari araç operasyonları,
4- Olay yönetimi,
5- Acil durum yönetimi,
6- Arşiv veri yönetimi,
7- Bakım yönetimi,
8- Elektronik ödeme ve
9- Sınır kontrolü olarak belirlenmiştir.

BIFA programı kapsamında bu alanlarda yürütülecek projeler desteklenmekte olup, desteklenen projelerin 2011 yılında tamamlanması beklenmektedir.[84]

[82] ITS International, 2004: s.30.
[83] Transport Canada, 2011a
[84] Transport Canada, 2011b

2.3. Japonya

Demografik, sosyal, ekonomik ve coğrafi özellikleri nedeniyle diğer gelişmiş ülkeler arasında farklı bir konuma sahip olan Japonya, trafikle ilgili problemlerle diğer gelişmiş ülkelere göre daha erken bir zamanda yüzleşmek durumunda kalmıştır. Bu problemlerin çözümü için mevcut altyapının bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak etkinliğinin ve güvenliğinin artırılması hedefini benimseyen Japonya'da akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarına ilişkin ilk araştırma faaliyetleri 1960'lı yıllarda başlamıştır.

1973-1979 yılları arasında Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı tarafından otomobille yol arasındaki iletişimin sağlandığı "Kapsamlı Araç Trafik Kontrol Sistemi (CACS - Comprehensive Automobile Traffic Control System)" projesi yürütülmüş ve projenin çıktıları trafik yönetimi alanında çalışan özel sektör firmalarıyla paylaşılmıştır.

1984 yılına gelindiğinde ise, araştırma faaliyetlerinin de bir sonucu olarak, elektronik tabela tabanlı bir sürücü sefer ve iletişim sistemi olan "Yol-Araç İletişim Sistemi (RACS - Road-Automobile Communication System)" programı devreye alınmıştır. Bu programın yanı sıra, 1987 yılında Ulusal Polis Teşkilatı rehberliğinde entegre bir trafik bilgi ve sefer sistemi olan ve RACS programı gibi sürücülere trafik bilgisi vermeyi amaçlayan "İleri Mobil Trafik Bilgisi ve İletişim Sistemi (AMTICS - Advanced Mobile Traffic Information and Communication System)" programı başlatılmıştır. Her iki programın da aynı amacı taşımasından dolayı, 1990 yılında programların birlikte koordine edilmesine yönelik olarak, İmar Bakanlığı, Ulusal Polis Teşkilatı ile Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı bir araya gelerek "Araç Bilgi ve İletişim Sistemi (VICS - Vehicle Information and Communication System)" inisiyatifi başlatılmıştır.[85]

VICS çerçeve programı altında RACS ve AMTICS programlarına ilişkin çalışmalar yürütülürken, yine 1990 yılında aralarında kaza tanıma ve uyarı sistemleri

[85] Diebold, 1995: ss.165-166.

ile sürücüye yardımcı araçlar gibi pek çok konunun içerildiği "Süper Akıllı Araç Sistemi (SSVS - Super Smart Vehicle System)" inisiyatifi başlatılmıştır.[86]

Bu çalışmaların dışında, üniversiteler ve özel kesimden katılımcıların oluşturduğu "Araç Yol ve Trafik Bilgi Topluluğu (VERTIS - Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society)" Ulusal Polis Teşkilatı, Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı, Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı ile İnşaat Bakanlığı'nın desteğiyle akıllı ulaştırma sistemleri alanında araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütmek, AB ve Kuzey Amerika ile bu konuda yürütülen çalışmalara ilişkin bilgi alışverişinde bulunmak ve akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının potansiyel kullanım alanlarına yönelik tartışma ortamının yaratılması amacıyla 1994 yılında kurulmuştur. ABD'de bulunan ITS America ve AB'de faaliyet gösteren ERTICO ile benzer faaliyetler yürüten VERTIS, 2001 yılında "ITS Japan" olarak yeniden adlandırılmıştır.

ABD'den farklı olarak akıllı ulaştırma sistemleri konusunda ulusal düzeyde çalışmalar yürüten Japonya'da bu uygulamaların yaygınlaşması oldukça hızlı olmuştur. Bundan dolayı Japonya, akıllı ulaştırma sistemleri alanında dünyanın lider ülkesi konumunda yer almaktadır.

Japonya'da uygulanan akıllı ulaştırma sistemlerinin en temel amaçlarından biri yolların durumuyla ilgili gerçek zamanlı bilginin sağlanmasıdır. Gerçek zamanlı bilginin elde edilmesi için iki temel mekanizma kullanılmaktadır. Bunlar:

1- Yollara yerleştirilmiş kamera, sensör gibi sabit cihazlar,
2- Trafikte ilerleyen araçlarda bulunan cihazlar ya da cep telefonlarıdır.

İlk etapta VICS uygulaması kapsamında trafik bilgisi elde etmek amacıyla sabit cihazlar kullanılırken, 2003 yılından itibaren mobil vericilerden elde edilen verilerden de faydalanılmaktadır.

VICS uygulaması, yol durumu, kazalar, trafik sıkışıklığı, yollarda yapılan bakım ve onarım faaliyetleri gibi bilgileri "Yol Trafik Bilgi Merkezi"nden almaktadır. Yol Trafik Bilgi Merkezi'nden alınan yolla ilgili gerçek zamanlı verilerin bir kamu özel ortaklığı olan VICS Merkezi tarafından işlenmesinden sonra üç farklı

[86] Iannou, 1997: ss.7-8.

mekanizmayla aktarımı sağlanmaktadır. Yol durumuyla ilgili bilgi, araç içinde yer alan navigasyon cihazında metin, basit grafik ya da harita şeklinde görüntülenmektedir. Araçta bulunan VICS destekli navigasyon sistemi tarafından alınan bu bilgi dinamik olarak işlenmekte ve sürücülere erişmek istedikleri konuma gitmeleri için en uygun güzergâhın bilgisini anlık olarak vermektedir. Yani, Japonya'da kullanılmakta olan VICS uygulaması ile sürücüler bir yanda gerçek zamanlı trafik bilgisine erişirken bir yandan da yolculukları ile ilgili karar desteği almaktadır.

Daha önce de belirtildiği üzere, ilk başlarda VICS uygulaması tarafından alınan veriler yol kenarlarında bulunan sabit vericilerden ya da trafik raporlarından elde edilirken, 2003 yılından bu yana VICS destekli cihazlar kullanan araçlardan elde edilen veriler de kullanılmaktadır. Verici araç olarak nitelendirilebilecek bu araçlardan elde edilen verilerin oranı VICS destekli cihazların her geçen gün artmasıyla doğru orantılı olarak artmaktadır.[87]

Japonya VICS Merkezi verilerine göre, VICS uygulamasının 1996 yılında işletmeye alınmasından itibaren VICS uyumlu araç içi cihazları hızla yaygınlaşmış ve 2009 yılı itibarıyla VICS cihazı olan araç sayısı 25 milyonu geçmiştir.

VICS bilgisi sürücülere üç farklı yoldan aktarılmaktadır. Bu sayede sürücüler;

1- Çevre yollarında yer alan radyo dalga sinyali vericilerinin altından geçtikleri zaman önlerindeki 200 km'lik mesafeyle ilgili yol bilgisini,
2- Daha çok kent içi yollarda bulunan kızılötesi sinyal vericilerinin altından geçmeleri durumunda önlerindeki 30 km'lik mesafeyle ve arkalarındaki 1 km'lik mesafeyle ilgili bilgi ve
3- FM çoklu radyo yayını sayesinde Japonya'nın çeşitli bölgelerinde yol ve trafik bilgisini alabilmektedir.

Japonya'da trafik verisi kilit öneme sahip bilgi kaynaklarından birisi olarak görülmekte olup, bu konu devletin üst kademelerinin sahipliğini sağlamış durumdadır. Trafik bilgisinin işlenmesi ve dağıtılması amacıyla kurulan VICS Merkezi, Ulusal Polis Teşkilatı, İçişleri ve İletişim Bakanlığı ile Toprak, Altyapı,

[87] Ezell, 2010: s.4.

Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı tarafından desteklenmekte olup, finansal destek otomotiv ve elektronik sektöründe faaliyet gösteren 90 firma tarafından sağlanmaktadır. VICS Merkezi tarafından işlenen veriler gerek kamu tarafından gerekse yeniden değerlendirilip ticari bir ürün haline getirmek amacıyla özel sektör tarafından kullanılmaktadır.

Japonya'da yapılan araştırmalara göre, VICS uygulamasından yararlanan kullanıcıların yüzde 81'i verilen hizmetten memnun olduklarını ifade etmekte olup, VICS uygulaması Japonya'da ortalama yolculuk süresini yüzde 20 azaltarak kullanıcıların hayatını kolaylaştıran, öncü olduğu teknolojik gelişmelerle ekonomiye katkı sağlayan ve toplumun gelişmesini destekleyen bir uygulama olarak görülmektedir.[88]

Akıllı ulaştırma sistemleri alanında VICS her ne kadar bir başarı öyküsü olsa da kullanmış olduğu teknolojiler 1990'lı yılların başına kadar gitmektedir. Bu nedenle, Japonya'nın akıllı ulaştırma sistemleri üzerine edindiği tecrübelerin bir sonraki aşaması olarak kabul edilen "Akıllı Yol (Smartway)" projesi başlatılmıştır. Bu projeyle, araçlar ve karayollarının etkileşim kurabildikleri bir platform oluşturulması hedeflenmektedir. Test çalışmalarına 2007 yılında başlanan bu platform üzerinden daha önce uygulamaya başlanan VICS, ETC vb. uygulamaların sunulması amaçlanmaktadır. Açık bir platform niteliğinde olan Akıllı Yol uygulamasıyla daha önce farklı yazılımlar, araç içi üniteleri ve donanımlar gerektiren uygulamalar için ortak bir yazılımı, ortak akıllı ulaştırma sistemleri araç içi üniteleri ve ortak donanımı kullanmak mümkün olmaktadır. Bu platform aracılığıyla;

1- Yol kenarlarında yer alan sensörler, yolların görüş alanı kısıtlı bölümlerinde herhangi bir sebepten dolayı (trafik yoğunluğu, kaza vb.) duran araçları tespit etmekte ve bunun bilgisi sürücülere "görüntü (2,5 GHz)", "ses" ya da "görüntü ve ses (5,8 GHz DSRC)" formatlarında iletilmektedir.
2- Yolun ilerleyen kısımlarındaki durum sürücülere görüntülü bir şekilde aktarılmaktadır. Özellikle sıkışıklığın yoğun olarak yaşandığı köprü ve tünellerden alınan statik kamera görüntüleri sürücülere iletilmektedir.

[88] a.g.e: ss.21-22.

Böylece, sürücülerin yolculuk sırasında kullanacakları yolları seçebilmelerine olanak sağlayacak yeterli bilgi sağlanmış olmaktadır.

3- Yol trafik bilgisi, karayolu radyosu kanalıyla sesli olarak sürücülere iletilmektedir. İletilen bilgi "Şu an A noktasından B noktasına yolculuk süresi yaklaşık C dakikadır." şeklindedir.

4- Yol kenarında bulunan sensörler vasıtasıyla, birleşme noktalarına yaklaşan araçlar tespit edilmekte olup, sürücüler görüntülü ve sesli olarak uyarılmaktadır. İletilen bilgi "Sol taraftan araçlar birleşme noktasına yaklaşmaktadır. Dikkatli sürün." şeklindedir.

Otuzdan fazla otomotiv ve araç navigasyon cihazı üreticisi firmanın işbirliğinin bir ürünü olan Akıllı Yol uygulamasının 2010 yılından itibaren ulusal çapta yaygınlaştırılma çalışmalarına başlanmıştır. Japonya, akıllı ulaştırma sistemleri yatırımları için yıllık 700 milyon ABD Doları kaynak ayırmaktadır.[89]

2.4. Güney Kore

Akıllı ulaştırma sistemleri alanında dünyanın önde gelen ülkelerinden birisi de Güney Kore'dir. Güney Kore, ulusal bir program dâhilinde yapmış olduğu altyapı yatırımları sayesinde gerçek zamanlı trafik bilgisi, ileri toplu taşıma bilgi sistemleri ve elektronik ücret toplama konularında güçlü bir konuma ulaşmıştır.

Akıllı ulaştırma sistemleri, 1990'lı yılların sonlarından itibaren Güney Kore'nin ulusal önceliklerinden biri haline gelmiştir. 1997 yılında ülkenin ilk ulusal "Akıllı Ulaştırma Sistemleri Mastır Planı" hazırlanmıştır. Bu planın ardından 1999 yılında "Ulaştırma Sistemi Etkinlik Kanunu" kabul edilmiş ve beraberinde akıllı ulaştırma sistemleri konusunda standartlar ortaya konmuş, bir akıllı ulaştırma sistemleri teknik mimarisi oluşturulmuş ve bölgesel ve bölgeler üstü uygulama planları hazırlanmıştır.[90]

Bu gelişmelerin hemen ardından, İmar ve Ulaştırma Bakanlığı akıllı ulaştırma sistemlerinin ulusal koordinasyonu görevini üstlenmiş, 2000 yılında yayımlanan "21.

[89] a.g.e.:s.4.
[90] Young, 2008: s.4.

Yüzyıl için Ulusal Akıllı Ulaştırma Sistemleri Mastır Planı" ile 20 yıllık projeksiyon dahilinde akıllı ulaştırma sistemlerinin yaygınlaştırılması için yedi öncelikli alan tespit edilmiştir. Bu alanlar:

1- İleri Trafik Yönetimi,
2- İleri Araç ve Karayolu,
3- İleri Yolcu Bilgisi,
4- İleri Toplu Taşıma,
5- Ticari Araç Operasyonları,
6- İleri Trafik Bilgisi ve
7- Elektronik Ödeme olarak belirlenmiştir.

Ulusal düzeyde ortaya konan bu Plan'la, Güney Kore'nin büyük kentlerini birbirine bağlayan ileri bir trafik sisteminin kurulması amaçlanmıştır.

Mastır Plan'da akıllı ulaştırma sistemlerinin Güney Kore'deki gelişimi için üç aşama belirlenmiştir. Bu aşamalar, 2001-2005 yılları arasında temel altyapı çalışmalarının yapılacağı ilk aşama, 2006-2010 yılları arasında büyüme ve genişleme aşaması ve 2011-2020 yılları arasını kapsayan olgunlaşma ve ilerleme aşamalarıdır. Bu üç aşamanın toplam maliyeti ise 6,67 milyar ABD Doları olarak öngörülmüştür.[91] Merkezi yönetim, yerel yönetim ve özel sektör tarafından finanse edilmesi planlanan bu altyapı yatırımlarına ilişkin 2007 yılında revizyona gidilmiş ve 2007-2020 yıları arasındaki yapılacak yatırımların maliyeti 3,2 milyar ABD Doları (yıllık 230 milyon ABD Doları) olarak belirlenmiştir.[92]

Güney Kore, akıllı ulaştırma sistemleri altyapısını oluştururken kademeli bir model seçmiştir. 1998 yılında Kwa-chon kenti pilot kent seçilmiş olup, 2000-2002 yılları arasında İnşaat ve Ulaştırma Bakanlığı tarafından 75 milyon ABD Doları tutarında bir bütçeyle Daejon, Jeonju ve Jeju kentlerinin akıllı ulaştırma sistemleri altyapı çalışmaları tamamlanmıştır. Bu pilot çalışmalar kapsamında yapılan ileri sinyal kontrol, gerçek zamanlı trafik bilgisi, toplu taşıma yönetimi ve hız ihlalini önleme sistemleri sayesinde ortalama yolculuk hızında yüzde 20,3 artış ve trafikte

[91] Cho vd., 2009: s.149.
[92] Ezell, 2010: s.25.

oluşan zaman kayıplarında da yüzde 39 azalış tespit edilmiştir.[93] Pilot çalışmalardan elde edilen olumlu sonuçların ardından, 25 kentte daha akıllı ulaştırma sistemleri yaygınlaştırma çalışmaları yapılmıştır.

Güney Kore'nin "Otoyol Trafik Yönetim Sistemi" gerçek zamanlı trafik bilgisini üç temel mekanizmayı kullanarak toplamaktadır:

1- Birer km aralıklarla yol kenarına yerleştirilen ve trafik yoğunluğu ile ortalama hızı ölçen araç tespit sistemleri
2- 2-3 km aralıklarla yerleştirilen kapalı devre kameralar
3- Araçlardan alınan veriler

Toplanan veriler Ulusal Ulaştırma Bilgi Merkezi'ne anında iletilmektedir. Güney Kore'nin entegre trafik bilgi hizmeti sunan bu merkezde ülkede bulunan 79 farklı ulaştırma otoritesi tarafından iletilen veriler toplanmaktadır.[94] Toplanan ve işlenen trafik bilgisi vatandaşlara çeşitli kanallarla ücretsiz olarak sunulmaktadır. Aynı zamanda, trafik bilgisi özel bir yayın kanalı aracılığıyla 24 saat boyunca vatandaşlara aktarılmaktadır.

Ücretsiz olarak sunulan bu hizmetlerin yanında, 2008 yılında hükümet tarafından oluşturulan "Kore Otoyol İşletmesi (KEC – Korea Expressway Corporation)" tarafından otoyolların yanı sıra kentler arası ve kent içi yollardaki trafik bilgisi, cep telefonları, telematikler, uydu yayınları ve IPTV (Internet Protocol Television – İnternet Protokolü Televizyonu) kanallarından ücretli olarak sunulmaktadır.

Gerçek zamanlı trafik bilgisinin yanı sıra, toplu taşıma bilgi sistemlerinin de oldukça gelişmiş olduğu Güney Kore'de otobüsler kablosuz modem ve GPS cihazları ile donatılmıştır. Seul'da bulunan üç yüz otobüs durağı Seul trafik operasyon yönetim merkeziyle entegre olup, toplu taşıma hizmeti almak isteyen yolcular gerek otobüs duraklarında bulunan ekranlardan gerekse cep telefonları üzerinden bilgi alabilmektedir.

---

[93] ITS Korea, 2008: s.14.
[94] Ezell, 2010: s.25.

Ülke çapındaki toplu taşıma hizmetlerinde kullanılmak üzere 2004 yılından itibaren "T-money" adında bir akıllı kart oluşturulmuştur. İlk etapta sadece Seul'da kullanılan bu kartın ülke çapındaki yaygınlaştırma çalışmalarının 2011 yılı sonu itibarıyla tamamlanması hedeflenmiştir. Bu kartla otobüs, tren, metro ve taksi hizmetlerinden faydalanılmaktadır.[95]

Güney Kore'de elektronik ücret toplama sistemi olarak "Hi-pass" kullanılmakta olup, bu sistemle ülkedeki 3.200 km otoyol kapsanmaktadır. Ülkede bulunan 5 milyon araç (yüzde 30) bu ödeme sistemini kullanmaktadır.

2.5. Singapur

Singapur, akıllı ulaştırma sistemlerinin yaygın bir şekilde kullanıldığı bir ülke olarak ön plana çıkmaktadır. Akıllı ulaştırma sistemleri alanında pek çok ileri teknolojinin ilk uygulamasının yapıldığı "yaşayan laboratuvar" olarak tanımlanan Singapur'da, trafik bilgisi araçlardaki vericilerden elde edilmekte ve trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemi, ulusal düzeyde bilgisayar destekli trafik sinyalleri ile ileri trafik yönetim sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sayede, Singapur dünyanın en yoğun nüfuslu[96] ülkelerinden biri olmasına rağmen, ülkedeki sürücülerin yollardaki sıkışıklıktan haberdar olmaları ve trafiğin akıcı bir şekilde ilerlemesi sağlanmaktadır.

Singapur Ulaştırma Kurumu ülkedeki ulaştırmanın bütün modlarından ve akıllı ulaştırma sistemlerinin uygulanmasından sorumlu olup, hazırlanan Mastır Plan'da "yolcuların yolculuklarını iyileştirmek amacıyla akıllı ulaştırma sistemlerinin kullanıldığı optimal bir ulaştırma ağı" vurgusu yapılmaktadır. Bunun yanında, Plan'da üç konunun üzerinde durulmaktadır. Bunlar:

1- Akıllı ulaştırma sistemlerinin ülke çapında birlikte çalışabilir bir şekilde yaygınlaştırılması,
2- Bu alanda kamu ve özel kesim işbirliğinin oluşturulması,

---

[95] a.g.e: s.27.
[96] Statistics Singapore verilerine göre, Singapur'un 2010 yılı nüfusu 5.076.700 ve yüzölçümü 710,2 km^2 dir.

3- Akıllı ulaştırma sistemleri endüstrisinin geliştirilmesidir. [97]

Singapur'da gerçek zamanlı trafik verisi diğer ülkelerden farklı bir yöntemle toplanmaktadır. Ülke çapında faaliyet gösteren 5.000 taksi verici olarak çalışmakta olup, bu araçlardan elde edilen konum ve hız bilgileri Singapur Trafik Operasyon Yönetim Merkezi'ne iletilmektedir. Elde edilen gerçek zamanlı trafik bilgisi, "Otoyol İzleme ve Danışmanlık Sistemi (EMAS – Expressway Monitoring and Advisory System)" üzerinden otoyollarda bulunan değişken mesaj sistemleri aracılığıyla sürücülere iletilmektedir. Aynı zamanda, radyo hizmet sağlayıcılardan trafik bilgisinin verilmesine yönelik hizmet de satın alınmaktadır. Trafik bilgisinin otoyolların dışındaki tüm yollar için de sağlanmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.[98]

Singapur diğer akıllı ulaştırma sistemlerinde olduğu gibi, trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemleri konusunda da dünyada öncü bir ülke konumundadır. Temelleri 1975 yılında atılan trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemi 1998 yılında elektronik olarak tam otomatik hale getirilmiştir. DSRC tabanlı oluşturulan bu sistem sayesinde, araç içine monte edilebilen bir cihaz ve bu cihazın içine yerleştirilebilen ön ödemeli bir akıllı kart olan "Cashcard" aracılığıyla, araçlardan otomatik olarak ücret kesilebilmektedir. İlk başta Singapur şehir merkezinde uygulanan bu sistem daha sonra şehrin çeşitli yerlerinde de (otoyollar, diğer arterler vb.) kullanılmaya başlanmıştır.[99]

Singapur'da kullanılan trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemi diğer ülke uygulamalarından farklı olarak, yoldaki mevcut hızı ücretlendirme için bir gösterge olarak kullanmaktadır. Ücretler, otoyollarda 45-65 km/saat ve diğer arterlerde de 20-30 km/saat ortalama hızlarda trafiği optimize edilecek şekilde değiştirilebilmektedir. Bu gelişmiş sistemin yeterli olmadığını düşünen Singapur, GPS teknolojisi kullanan

[97] Ezell, 2010: s.28.
[98] a.g.e.: s.28.
[99] a.g.e.: s.29.

yeni nesil bir sisteme geçiş çalışmalarını sürdürmekte olup, bu yeni sistemle mesafe tabanlı bir ücretlendirme mümkün hale gelecektir.[100]

Singapur Ulaştırma Kurumu verilerine göre, uygulanan bu sistemlerin otoyollarda sağladığı zaman tasarrufunun ekonomik değerinin yıllık 40 milyon ABD Doları olduğu tahmin edilmektedir.

Singapur'da toplu taşımayı cazip hale getirmek için pek çok akıllı ulaştırma sistemi tabanlı uygulama yürütülmektedir. Bunların başında otobüs varış zamanlarının gerçek zamanlı olarak duraklardan iletilmesi gelmektedir. Ülkede bulunan bütün otobüs duraklarında o duraktan geçecek otobüslerin kaç dakika sonra geçeceği ve bir sonraki seferinin kaç dakika sonra olacağı konusunda bilgi verilmektedir.

Gerçek zamanlı otobüs varış bilgisinin yanı sıra, Singapur'da, yolcuların gitmek istedikleri yere en uygun hangi toplu taşıma güzergâhını kullanarak gidebileceklerini gösteren uygulamalar da mevcuttur. Singapur Ulaştırma Kurumu tarafından hazırlanan Ulaştırma Mastır Planı'nda ise, bu uygulamaların daha da geliştirilerek yolcuların kapıdan kapıya ulaşımlarını rahatlıkla sağlayabilecekleri bilgiyi elde edebilecekleri "Entegre Çok Modlu Yolculuk Bilgi Sistemi (IMTI – Integrated Multi-Modal Travel Information System)"nin devreye alınacağı ifade edilmektedir.[101]

Ayrıca, trafik yoğunluğunun önemli bir bölümünün park yeri arayan sürücülerden kaynaklanmasından dolayı, sürücülerin boş park yeri konusunda bilgilendirilmesi ve doğru bir şekilde yönlendirilmesi önemlidir. Singapur'da 2008 yılında başlatılan bir uygulamayla, sürücülerin boş park yerleri konusunda bilgilenmesi amacıyla yol kenarlarına değişken mesaj sistemleri kurulmuştur. "Park Yönlendirme Sistemi" olarak adlandırılan bu sistemle, sürücüler boş park yeri olan bölgeler konusunda bilgi alabilmekte, daha az zaman harcayarak ve trafiği daha az meşgul ederek araçlarını park edebilmektedir.[102]

---

[100] Singapore Land Transport Authority, 2008: s.60.
[101] a.g.e.: s.44.
[102] Kuan, 2008: s.2.

2.6. Avustralya

İlk uygulamalarına 1970'li yıllarda başlanan akıllı ulaştırma sistemlerinin Avustralya'da uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Ülkenin sahip olduğu coğrafi özellikler sonucu oluşan karayolu ağı ve taşımacılığın ağırlıklı olarak karayoluna bağlı olmasından dolayı, ülkenin karayolu ağının etkin bir şekilde kullanması gerekmektedir. Bu kapsamda, 1992 yılında da akıllı ulaştırma sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması konularına odaklanmış kar amacı gütmeyen "ITS Australia" örgütü kurulmuştur.[103]

ITS Australia'nın kurulmasından sonra bu alandaki çalışmaların hızlandığı ve ulusal düzeyde bir stratejinin ortaya konması gerekliliğinin ön plana çıktığı görülmektedir. 1998 yılına gelindiğinde Booz Allen&Hamilton firmasına akıllı ulaştırma sistemlerinin ülkedeki potansiyel faydalarının kapsamlı bir şekilde ortaya konduğu "Avustralya için Akıllı Ulaştırma Çözümleri (Intelligent Transport Solutions for Australia)" teknik raporu hazırlatılmıştır. Bu raporda, akıllı ulaştırma sistemlerinin kullanımı sonucunda 2012 yılına kadar elde edilecek ekonomik faydanın 14,5 milyar Avustralya Doları (~14,4 milyar ABD Doları) olacağı tahmin edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen rapordan elde edilen temel bulgular ışığında 1999 yılında ITS Australia ve Avustralya ile Yeni Zelanda'daki ulaştırma alanında faaliyet gösteren belli başlı otoritelerden oluşan "Austroads" birliği tarafından ülkenin ilk ulusal akıllı ulaştırma sistemleri stratejisi olan "e-Ulaştırma: Akıllı Ulaştırma Sistemleri için Ulusal Strateji (e-Transport: The National Strategy for Intelligent Transport Systems)" yayımlanmıştır. Bu stratejide on temel stratejik hedef belirlenmiştir:

1- Ulaştırma güvenliğinin iyileştirilmesi
2- İnsanların ve eşyaların taşınmasında ulaştırma etkinliğinin, performansının ve kalitesinin artırılması (bütün modları kapsayacak şekilde)
3- Trafik sıkışıklığının ve yolculuk sürelerinin azaltılması, talep yönetiminin geliştirilmesi

[103] Parliament of Australia: House of Representatives, 2002.

4- Ulaştırmanın çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması
5- Ulaştırma altyapısının kullanımının etkililiğinin artırılması
6- Avustralya'nın ekonomik büyümesine katkı sağlanması
7- Ulaştırmanın sürdürülebilir kalkınmaya olan katkısının artırılması
8- Ulaştırma alanında erişebilirliğin ve adaletin artırılması
9- Ulaştırma alanında planlama ve politika yapma süreçlerinin iyileştirilmesi
10- Akıllı ulaştırma sistemleri alanında Avustralya merkezli firmaların dünya pazarından daha fazla pay almasının sağlanması

Stratejinin başarıyla uygulanması için ulusal standartların oluşturulması ve birlikte çalışabilirliğin sağlanması, ulusal düzeyde kurumsal bir çerçevenin oluşturulması, kamuoyunda ve özel kesimde farkındalığın artırılması, Avustralya'da rekabetçi bir akıllı ulaştırma sistemleri endüstrisinin oluşturulması, uluslararası işbirliğinin artırılması ve pilot projelerin uygulanması ve izlenmesi şeklinde altı kilit faaliyet alanı belirlenmiştir.

Bu stratejinin ardından ITS Australia tarafından 2010-2015 yılları arasında uygulanacak olan "Ulusal Akıllı Ulaştırma Sistemleri Stratejisi 2010-2015 (National Intelligent Transport Systems Strategy: 2010-2015)" yayımlanmıştır. 2009 yılının Kasım ayında düzenlenen Avustralya Akıllı Ulaştırma Sistemleri Zirvesi'nden elde edilen geri bildirimlerle şekillendirilen bu stratejide yine kurumlar arası işbirliğinin ve koordinasyonun önemi vurgulanmıştır. Bu stratejide üç temel eksen belirlenmiş olup, söz konusu eksenler;

1- Güvenlik,
2- Hareketlilik ve
3- Çevredir.

Belirlenen her bir eksen için ölçülebilir hedeflerin konduğu stratejide, ulaştırma ağını kullanan kullanıcıların "sıfır zarar" görmesi, önlenebilir trafik sıkışıklığının sıfıra indirilmesi ve ulaştırma kaynaklı sera gazı emisyonlarının yüzde 50-70 arasında azaltılması hedef olarak belirlenmiştir. Bu üç eksende belirlenen hedeflere ulaşmak için ortaya konacak stratejik çerçeve altında beş farklı faaliyet alanı belirlenmiştir:

1- Mimari, standartlar ve araçlar
2- Koordineli gelişim için yol haritası
3- Projeler
4- Ülke çapında bulunan akıllı ulaştırma sistemleri cazibe merkezlerinin koordinasyonu
5- Politikalar

2.7. Avrupa Birliği

Akıllı ulaştırma sistemleri alanında Avrupa'da pek çok çalışma yürütülmüştür. Bu alanda yürütülen ilk çalışmalar Batı Almanya'da başlatılmış olup, 1970'li yıllarda gerçek zamanlı trafik verilerine dayalı olarak sürücülere dinamik rota rehberliği hizmeti sunan "Sürücü Yönlendirme ve Bilgilendirme Sistemi (ALI - Autofahrer Leit und Information System)" projesi bu konuda yürütülen ilk ciddi projedir. Uygulama zamanı düşünüldüğünde devrim niteliğinde bir uygulama olan ve Almanya'da bulunan otobanlarda kullanılmak üzere tasarlanan ALI sistemi, elektromanyetik tabanlı bir sistem olan "halka sistemi (inductive loop)" kullanılarak oluşturulmuştur. Sürücülerin gidecekleri konumu yedi haneli bir kodla belirledikleri araç içi bir cihaz ve bu cihazla halka sistemi anteni aracılığıyla haberleşebilen altyapıdan oluşan bu sistem sayesinde, sürücülere mevcut trafik durumuna göre yol öneri bilgisi verilmekteydi.[104]

Batı Almanya'da ALI sistemiyle yakın bir zamanda uygulamaya geçen bir başka uygulama olan ve Siemens tarafından hayata geçirilen AUTO-SCOUT sistemi de yine araç-altyapı etkileşimine dayalı ilk sistemlerden birisidir. Bu sistemde, araçta bulunan cihazdan yolun önceki kısımlarına ilişkin yolculuk süreleri önce yolun çeşitli kısımlarına yerleştirilen hem alıcı hem de verici niteliğindeki cihazlara, oradan da merkezdeki bilgisayara aktarılmaktaydı. Yol durumu ve önerilen yol bilgisi ise yolda bulunan aynı cihazdan araca iletilmekteydi.[105]

ALI ve AUTO-SCOUT sistemlerinin elde etmiş oldukları başarıdan hareketle, Bosch, Blaupunkt ve Siemens firmaları bir araya gelerek ALI-SCOUT

[104] IVHS America, 1993: s.4-7.
[105] TRB, 1991b: s.11.

sistemini hayata geçirmiştir. ALI ve AUTO-SCOUT sistemlerinin pek çok özelliklerinin içerildiği bu sistemin ilk uygulaması 1988 yılında "Berlin Navigasyon ve Bilgi Sistemi (LISB – Leit und Information System, Berlin)" olarak hayata geçirilmiştir. Bu uygulama Federal Alman Hükümeti, Berlin Senatosu ile Siemens ve Bosch firmaları tarafından finanse edilmiştir. ALI-SCOUT sisteminin bir başka uygulaması ise yine aynı yıl Avrupa'nın bir başka büyük şehri olan Londra'da AUTOGUIDE olarak hayata geçirilmiştir.[106]

1990'lı yılların başında Siemens firması tarafında, AUTO-SCOUT sistemi daha da geliştirilerek EURO-SCOUT sistemi devreye alınmıştır. Yolcular için gerçek zamanlı dinamik trafik bilgisi ve yönlendirme hizmeti sunan bu sistem, kamu otoriteleri için de etkin bir trafik yönetim aracı olacak şekilde tasarlanmıştır. EURO-SCOUT[107] sistemi üç temel bileşenden oluşmaktadır: [108]

1- Veri tabanı olmayan araç içi cihazlar
2- Yolda bulunan kızılötesi cihazlar
3- Yol haritaları ve trafik veri tabanının olduğu merkezi bilgisayarlar

On dokuz ülkenin hükümetleri, firmaları ve üniversitelerinin katılımıyla EUREKA programının bir parçası olarak 1987 yılında "Avrupa Etkin ve Eşsiz Güvenlikli Trafik Programı (PROMETHEUS - Program for European Traffic with Efficiency and Unprecedented Safety)" oluşturulmuştur. 8 yıl için yaklaşık 800 milyon ABD Doları tutarında bir bütçeye sahip bu program kapsamında, aralarında elektronik sürücü yardımları, araçtan araca iletişim ve araçtan yola iletişimin olduğu pek çok akıllı ulaştırma sistemleri teknolojisi geliştirilmiştir. Karayollarının etkinliğinin ve güvenliğinin artırılmasının yanı sıra bu programın bir diğer amacı da otomotiv elektroniği pazarında AB'nin rekabet gücünün artırılması olarak belirlenmiş ve ABD'nin bu program kapsamındaki projelerde yer alması yasaklanmıştır.[109]

---

[106] McCallum, 1991: s.22.
[107] EURO-SCOUT sistemi, Fransa'da ULIISE adı altında uygulanmıştır.
[108] Sodeikat, 1994:ss.551-556.
[109] OTA, 1989: ss.17-18.

PROMETHEUS programının yanında, 1989 yılında "2. Çerçeve Programı" kapsamında, karayolu güvenliği ile ulaştırmanın etkinliğini artırıcı ve trafik akışını düzenleyici telematiklerin araştırılmasını ve geliştirilmesini hedefleyen "Avrupa Araç Güvenliği için Adanmış Karayolu Altyapısı (DRIVE I - Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe)" programı başlatılmıştır. Program kapsamında, taşımacılık hizmetinin minimum maliyet ve gecikmeyle sunulması, karayolu ulaştırmasının gerek etkinliğinin ve güvenliğinin artırılması gerekse olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması gibi amaçlarla AB'deki bu alanda faaliyet gösteren işletmelerin, operatörlerin ve hizmet sağlayıcıların rekabet güçlerinin artırılmasına yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Çalışmalar aşağıda yer alan dört farklı konu başlığı altında yürütülmüştür. Bu alanlar;

1- Genel yaklaşım ve modelleme,
2- İnsan davranışları ve trafik güvenliği,
3- Trafik kontrol ve
4- Hizmetler, telekomünikasyon ve veri tabanlarıdır.

Üç yıl süren bu program kapsamında Avrupa Komisyonu'na toplam 220 adet proje teklifi sunulmuştur. En az iki farklı AB ülkesinden ortakların yer aldığı konsorsiyumlar tarafından yürütülmesi gereken bu projelerden 72 tanesi desteklenmiştir. Desteklenen projelerin toplam proje tutarı 120 Milyon ECU olup, bu projelerin bütçelerinin yüzde 50'si Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilmiştir.[110]

DRIVE I programı kapsamında desteklenen en büyük proje British Telecom, Philips, Daimler Benz ve Volvo gibi Avrupa'nın çeşitli ülkelerinden ortakların yer aldığı "Trafik Güvenliği için Hücresel Radyo Sistemi (SOCRATES - System Of Cellular RAdio for Traffic Efficiency and Safety)" projesi olmuştur.[111] Trafik bilgi merkezi ve araçlar arasındaki trafik bilgisi iletiminin "Mobil İletişim için Küresel Sistem (GSM – Global System for Mobile Communications)" teknolojisi aracılığıyla gerçekleştirildiği bu sistem, akıllı ulaştırma sistemleri alanında bu teknolojinin ilk

[110] EC, 1994.
[111] Barcelo, 1995:s.45.

kez kullanıldığı bir uygulama olması sebebiyle de devrim niteliğindeki gelişmelerden biri olarak nitelendirilmektedir.

Bu çalışmalara ek olarak, 1991 yılında akıllı ulaştırma sistemleri konusundaki araştırma çalışmalarını desteklemek ve bu konudaki standartları tanımlamak üzere AB üye ülkeleri ulaştırma bakanlıkları ve sektör önderliğinde ERTICO kurulmuştur.

DRIVE I programının devamı niteliğinde olan ve "3. Çerçeve Programı" kapsamında yer alan DRIVE II/ATT (Advanced Transport Telematics – İleri Ulaştırma Telematikleri) programı da 1992-1994 yılları arasında uygulanmıştır. DRIVE II/ATT programı kapsamında projeler altı temel alan altında yürütülmüştür. Bu alanlar;

1- Yolculuk ve trafik bilgisi,
2- Trafik yönetimi, operasyonlar ve kontrol,
3- Toplu taşıma,
4- Otomatik ücretlendirme ve talep yönetimi,
5- Navlun ve filo yönetimi ve
6- Sürücü yardımı ve işbirlikçi sürüştür.

Program kapsamında yürütülen projeler için toplam 140 milyon ECU destek sağlanmıştır. [112]

DRIVE II/ATT programının 1994 yılında sona ermesinden sonra, "4. Çerçeve Programı" kapsamında, 1994-1998 yılları arasında "Telematikler Uygulamaları Programı (TAP – Telematics Applications Programme)" başlatılmıştır. 4. Çerçeve Programı kapsamındaki on dokuz özellikli AR-GE programından biri olan TAP programı için toplam 898 milyon ECU bütçe ayrılmış olup, bu bütçe 4. Çerçeve Programının toplam bütçesinin yüzde 7'sini oluşturmuştur[113]. TAP programıyla, akıllı ulaştırma sistemlerinin karayolu uygulamalarının yanı sıra diğer modlarda da kullanımına ilişkin çalışmalar yürütülmüştür. Program kapsamında on iki farklı alan

[112] EC, 1997.
[113] EC, The Telematics Applications Programme

kapsamında çalışmalar yürütülmüş olup, söz konusu alanlar aşağıda maddeler halinde yer almaktadır:

1- İntermodalite ve toplu taşıma
2- Navlun operasyonları
3- Sürücü bilgisi
4- Elektronik ücret toplama
5- Ağ ve trafik yönetimi
6- Araç kontrolü
7- Hava taşımacılığı
8- Demiryolu taşımacılığı
9- Deniz ve iç su taşımacılığı
10- Ortak aktiviteler
11- Telematikler altyapısı ve ortak hizmetler
12- AB politikalarına katkı

Program kapsamında açılan iki farklı çağrı ile toplam 118 adet proje desteklenmiştir. Desteklenen bu projelerde yirmi farklı Avrupa ülkesinden 700'den fazla ortak yer almıştır.[114]

Avrupa Komisyonu, 1997 yılında "Avrupa'da Karayolu Telematiklerinin Yaygınlaştırılması için Topluluk Stratejisi ve Çerçevesi (Community Strategy and Framework for the Deployment of Road Transport Telematics in Europe)" belgesini yayımlamıştır. Bu belgede karayolu telematiklerinin yolculukları daha güvenli hale getirmesi, trafiğin verimli bir şekilde yönetilebilmesini sağlaması, politika belirleyiciler için yeni yol yapımı yerine alternatifler sunması, olumsuz çevresel etkileri azaltması ve ekonomik değeri yüksek yeni ürünleri ve hizmetleri ortaya çıkarması konuları vurgulanmıştır. Ayrıca, karayolu telematiklerinin sağlayabileceği bu faydalardan Topluluğun en üst düzeyde faydalanması amacıyla beş adet birinci derecede öncelikli ve altı adet ikinci derecede öncelikli alan tespit edilerek bu alanlara ilişkin yapılacak çalışmalar belirlenmiştir. Söz konusu öncelikli alanlar şunlardır:

[114] EC, 2000.

Birinci derecede öncelikli alanlar:

1- RDS-TMC[115] tabanlı trafik bilgi hizmetleri
2- Elektronik ücret toplama
3- Ulaştırma veri paylaşımı ve bilgi yönetimi
4- İnsan-makine ara yüzü
5- Sistem mimarisi

İkinci derecede öncelikli alanlar:

1- Yolculuk öncesi ve yolculuk sırası bilgi ve yönlendirme hizmeti
2- Kentler arası trafik yönetimi, operasyon ve kontrol
3- Diğer kent içi ulaştırma telematikleri hizmetleri
4- Kolektif ulaştırma
5- İleri araç güvenlik ve kontrol sistemleri
6- Ticari araç operasyonları (lojistik zincirler)

Akıllı ulaştırma sistemleri konusu, 1998-2002 yılları arasında uygulanan "5. Çerçeve Programı"nın da kapsamına alınmış, "Ulaştırma ve Turizm" alanında pek çok akıllı ulaştırma sistemleri projesi desteklenmiştir. Bu kapsamda üç öncelikli kümelenme alanı tespit edilmiş olup, bu alanlar;

1- Hareketlilik ve Ulaştırmada Akıllı Altyapı,
2- Akıllı Araçlar ve
3- Turizmde Akıllı Sistemlerdir.

Hareketlilik ve ulaştırmada akıllı altyapı alanında trafik sıkışıklığı, kazalar ve kirlenme gibi sorunların çözümünde akıllı ulaştırma altyapılarının potansiyelinden daha fazla faydalanılması amaçlanmıştır. Bu alanda 373 farklı organizasyonun yer aldığı kırk ayrı proje desteklenmiş olup, 54,2 milyon Avro Avrupa Komisyonu desteği verilmiştir.

Akıllı araçlar alanında ulaştırmanın her modunda güvenlik, etkinlik ve konforun sağlanmasına yönelik çalışmalar desteklenmiştir. Burada yapılan

[115] RDS-TMC: Radio Data System – Traffic Message Channel

çalışmaların amacı, aktif ve pasif güvenlik elemanlarıyla araçların daha akıllı ve daha güvenli hale getirilmesini sağlamaktır. Bu alanda desteklenen otuz beş projede 133 farklı organizasyon yer almış olup, toplam 29,9 milyon Avro Avrupa Komisyonu desteği sağlanmıştır.

Turizmde akıllı sistemler alanında AB'nin turizm alanındaki rekabet gücünü korumasını sağlamak amacıyla, turizm değer zincirinin geliştirilmesine yönelik yenilikçi ve birlikte çalışabilir bilgi ve iletişim teknolojileri çözümlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. 100 farklı organizasyonun yer aldığı on üç projenin desteklendiği bu alan için toplam 18,4 milyon Avro Avrupa Komisyonu desteği sağlanmıştır.[116]

Akıllı ulaştırma sistemleri alanında birbirinden bağımsız olarak yürütülen uygulama projelerinin sayısının artmasıyla birlikte, 2001 yılında başlatılan ve 2001-2006 yılları arasında ulaştırma alanında uygulanan TEMPO Programı kapsamında akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının Avrupa çapında koordine edilerek yaygınlaştırılması amaçlanmış olup, uygulama projeleri için 192 milyon Avro kaynak ayrılmıştır.

5. Çerçeve Programı'ndan sonra devreye alınan ve 2002-2006 yılları arasındaki araştırma faaliyetlerinin desteklendiği "6. Çerçeve Programı"nın altı numaralı tematik öncelik alanı olan "Sürdürülebilir Kalkınma, Küresel Değişim ve Ekosistemler" önceliği kapsamındaki "Sürdürülebilir Kara ve Deniz Yoluyla Ulaşım" (Sustainable Surface Transport) programı, akıllı ulaştırma sistemleri alanında pek çok faaliyetin desteklendiği bir alt program niteliğindedir. Bu program için dört temel stratejik hedef belirlenmiştir. Bu hedefler;

1- Ulaştırma modları için yeni teknolojiler ve yaklaşımların ortaya konması,
2- İleri tasarım ve üretim tekniklerinin geliştirilmesi,
3- Farklı ulaştırma modları arasındaki dengenin ve entegrasyonun sağlanması ile

[116] EC, The Fifth Framework Programme

4- Karayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığının güvenliğinin artırılması ve trafik sıkışıklığının ortadan kaldırılmasıdır.

Sürdürülebilir Kara ve Deniz Yoluyla Ulaşım programı için toplam 670 milyon Avro bütçe belirlenmiş olup, bu program kapsamında doksan iki adet proje desteklenmiştir.[117]

2003 yılında kurulan e-Güvenlik Forumu kapsamında yapılan çalışmaların sonucunda araçların daha güvenli, enerji verimli ve çevre duyarlı olması yönünde uzlaşma sağlanmış ve 2006 yılında yayımlanan "Akıllı Araç İnisiyatifi: Daha Akıllı, Güvenli ve Temiz Araçlar için Bilgi ve İletişim Teknolojileri Farkındalığının Artırılması (Intelligent Car Initiative: Raising Awareness of ICT for Smarter, Safer and Cleaner Vehicles)" Direktifiyle Akıllı Araç İnisiyatifi başlatılmıştır. Bu Direktifte, bilgi ve iletişim teknolojilerinin araç yapımında kullanımının karayollarının güvenliğini artıracağı, ulaştırma sistemlerini daha verimli hale getireceği, yakıt tasarrufu sağlanacağı, kazaların önlenebileceği, gerçek zamanlı verilerle sürücülerin bilgilendirileceği ve bu sayede trafik sıkışıklığının azaltılacağı ve sürücülerin yolculuklarını optimize edebileceği ifade edilmiş olup, bu alanda yapılacak AR-GE çalışmalarının "7. Çerçeve Programı" kapsamında destekleneceği belirtilmiştir.

Yaklaşık 20 milyar Avro toplam bütçeli 6. Çerçeve Programı'ndan sonra devreye alınan ve 2007-2013 yılları arasında toplam 53,2 milyar Avro bütçesiyle uygulanacak olan 7. Çerçeve Programı'nda akıllı ulaştırma sistemleri konusu iki farklı tematik program altında desteklenmekte olup, bu programlar uygulama takvimi boyunca toplam bütçesi 9,05 milyar Avro olan Bilgi ve İletişim Teknolojileri Programı (FP7-ICT) ile toplam bütçesi 4,16 milyar Avro olan "Ulaştırma Programı (FP7-TPT)"dır.

Akıllı ulaştırma sistemlerine ilişkin FP7-ICT Programı kapsamında yürütülen araştırma çalışmaları, 2007-2008 ve 2009-2010 iş programlarında altı numaralı "Hareketlilik, Çevresel Sürdürülebilirlik ve Enerji Verimliliği için Bilgi ve İletişim

[117] EC, The Sixth Framework Programme

Teknolojileri" başlığı altında desteklenirken, 2011-2012 yılı iş programında bu başlık "Düşük Karbon Ekonomisi için Bilgi ve İletişim Teknolojileri" olarak değiştirilmiştir. Bu başlık altında genel olarak altı stratejik hedef belirlenmiş olup, söz konusu hedefler;

1- Akıllı araç sistemleri konusunda bilgi ve iletişim teknolojileri,
2- İnsanların ve eşyaların hareketliliği için bilgi ve iletişim teknolojileri,
3- Enerji verimli ve sürdürülebilir hareketlilik için işbirlikçi sistemler,
4- Temiz ve verimli hareketlilik için bilgi ve iletişim teknolojileri,
5- Düşük karbonlu çok modlu hareketlilik ve yük taşımacılığı ve
6- Elektrikli araçlar için bilgi ve iletişim teknolojileridir. [118,119,120]

Akıllı ulaştırma sistemlerinin desteklendiği bir başka 7. Çerçeve Programı bileşeni olan FP7-TPT Programı altında yer alan "Sürdürülebilir Kara ve Deniz Yoluyla Ulaşım" alt programı kapsamında başta karayolu olmak üzere kara ve deniz yolu taşımacılığı alanında telematiklerin içerildiği pek çok araştırma projesi desteklenmektedir.[121]

Avrupa'nın ulaştırma ağını geliştirmeyi amaçlayan TEN-T Programının 2007-2013 yılları iş programında akıllı ulaştırma sistemleri önemli bir yer tutmaktadır. Bu alanda yürütülecek uygulama projeleri için yaklaşık 300 milyon Avro kaynak ayrılmış durumdadır. Bu kaynağın üç farklı çağrı ile paylaştırılması planlanmaktadır. Bu çağrıların ilki 2007 yılında yapılmış ve "EasyWay" projesi desteklenmiştir. 2007-2009 yılları arasında uygulanan 500 milyon Avro bütçeli bu proje için Avrupa Komisyonu 100 milyon Avro destek sağlamıştır. Yirmi bir farklı üye ülkenin ulusal karayolu otoriteleri, otomotiv endüstrisi, telekomünikasyon operatörleri ve toplu taşıma hizmet sağlayıcılarının paydaş olarak yer aldığı proje kapsamında, trafik yönetimi, yolculuk bilgisi ve yük taşımacılığı alanlarında ortak ve kesintisiz hizmetlerin tanımlanması amaçlanmıştır. EasyWay projesiyle, 2020 yılına

[118] EC, 2007.
[119] EC, 2009b.
[120] EC, 2011.
[121] EC, 2008b.

kadar trafik sıkışıklığının ve trafik kazaları sonucu meydana gelen ölümlerin yüzde 25, karbondioksit emisyonlarının ise yüzde 10 azaltılması hedeflenmiştir.[122]

7. Çerçeve Programı'nın tamamlayıcısı niteliğinde olan ve yine 2007-2013 yılları arasında uygulanacak CIP programı altında bilgi ve iletişim teknolojileri alanındaki uygulama projelerinin desteklendiği ICT PSP programı, akıllı ulaştırma sistemlerinin desteklendiği bir başka programdır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin vatandaşlar, kamu kurumları ve işletmeler tarafından kullanımının yaygınlaştırılması yoluyla yenilikçiliği ve rekabet edebilirliği artırmayı amaçlayan ICT PSP programı, AB'nin 2000-2010 yılları arasında Lizbon Stratejisi kapsamında uyguladığı eAvrupa ve i2010 girişimleri ile 2010-2020 yılları arasında uygulayacağı Avrupa için Sayısal Gündem (Digital Agenda for Europe) stratejilerinde yer alan önceliklere ilişkin hedeflere ulaşmak için tasarlanmış bir politika destek programı niteliğindedir.[123]

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları ICT PSP programı kapsamında desteklenen öncelikli alanlardan biridir. Program kapsamında yer alan "Düşük Karbon Ekonomisi ve Akıllı Hareketlilik için Bilgi ve İletişim Teknolojileri" teması kapsamında günümüze kadar akıllı araçlar, kent içi ulaştırma altyapı ve hizmetleri için bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamaları, enerji verimli işbirlikçi ulaştırma yönetim sistemleri ve e-Çağrı uygulamaları desteklenmiştir. Program kapsamında desteklenen projeler, başta Çerçeve programları kapsamında geliştirilmiş teknolojiler olmak üzere, hâlihazırda AR-GE çalışmaları tamamlanmış teknoloji ve ürünlerin pek çok Avrupa ülkesi tarafından uygulamasının yapıldığı projeler olması sebebiyle, hem akıllı ulaştırma sistemleri alanında AB ülkeleri arasındaki birlikte çalışabilirliği hem de ortaya konan teknoloji, ürün ya da hizmetlerin ticarileştirilmesi için önemli projelerdir.

Ayrıca, 21 Ağustos 2009 tarihinde yayımlanan "e-Çağrı: Yaygınlaştırma Zamanı (eCall: Time for Deployment)" Direktifiyle e-Çağrı uygulamasının yaygınlaştırma çalışmalarının yavaş olduğu ve hızlandırılması gerektiği ifade edilmiş olup, buna paralel olarak ICT PSP programının 2010 yılı çağrısında e-Çağrı

[122] TEN-T Executive Agency
[123] EC, Information and Communication Technologies Policy Support Programme

uygulamasının Avrupa çapında uygulanabilirliğini sağlamaya yönelik hazırlanmış olan HeERO projesi desteklenmiştir.

AB'de 16 Aralık 2008 tarihinde yayımlanan "Avrupa'da Akıllı Ulaştırma Sistemlerinin Yaygınlaştırılması Eylem Planı (Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe)"nın ardından 7 Temmuz 2010 tarihinde akıllı ulaştırma sistemlerinin Avrupa çapında yaygınlaştırma çalışmalarını hızlandırmaya yönelik olarak yeni bir çerçevenin ortaya konduğu "Karayolu Ulaştırması ve Ulaştırmanın Diğer Modlarıyla Kesişim Noktalarında Akıllı Ulaştırma Sistemlerinin Yaygınlaştırılması Çerçevesi (EC 2010/40/EU - Framework for the Deployment of Intelligent Transport Systems in the Field of Road Transport and for Interfaces With Other Modes of Transport)" Direktifi yayımlanmıştır. Bu Direktifle, dört öncelikli alan belirlenmiş olup, bu alanlar şunlardır:

1- Karayolları, trafik ve yolculuk verilerinin optimal kullanımı
2- Yolcu ve yük taşımacılığının yönetiminde akıllı ulaştırma sistemleri hizmetlerinin devamlılığı
3- Akıllı ulaştırma sistemleri alanında karayolu güvenliği uygulamaları
4- Araçlarla altyapının birbirleriyle bağlanması

Bu dört öncelikli alan kapsamında da altı öncelikli eylem belirlenmiştir. Söz konusu eylemler şu şekildedir:

1- AB düzeyinde çok modlu trafik bilgi hizmetlerinin sağlanması
2- AB düzeyinde gerçek zamanlı trafik bilgi hizmetlerinin sağlanması
3- Karayolu güvenliğiyle ilgili asgari evrensel trafik bilgisi hizmetinin yolculara ücretsiz sunulmasına ilişkin veri ve prosedürler
4- e-Çağrı uygulamasının AB düzeyinde birlikte çalışabilir ve uyumlu bir şekilde sunulması
5- Kamyonlar ve ticari araçların güvenli bir şekilde park edilebilmesi için bilgi hizmetlerinin sunulması
6- Kamyonlar ve ticari araçların güvenli bir şekilde park edilebilmesi için rezervasyon hizmetlerinin sunulması

Akıllı ulaştırma sistemleri konusu, AB'nin 2000-2010 yılları arasında uyguladığı Lizbon Stratejisi'nden sonra devreye aldığı ve 2010-2020 yılları arasında uygulanacak bilgi toplumu önceliklerinin yer aldığı Avrupa için Sayısal Gündem (Digital Agenda for Europe) stratejisinde öncelikli alanlardan birisi olarak "Sosyal Sorunlar için Bilgi ve İletişim Teknolojileri" başlığı altında yer almıştır. Strateji kapsamında tanımlanan 101 eylemden birisi olan 92 numaralı "Birlikte çalışabilirliğin ve hızlı standardizasyonun sağlanmasına yönelik Akıllı Ulaştırma Sistemi Direktifinin uygulanması" eylemiyle akıllı ulaştırma sistemlerinden başta çevre alanında olmak üzere pek çok alanda yararlanılmasına ilişkin Topluluk düzeyinde çalışmalar yürütüleceği kararlaştırılmıştır.

AB'ye yeni üye olan ülkelerin akıllı ulaştırma sistemleri alanındaki durumlarına bakılacak olursa, Polonya'nın nüfus büyüklüğü açısından Türkiye için iyi bir örnek olabileceği düşünülmektedir. Polonya'da son yıllarda akıllı ulaştırma sistemleri alanında önemli hareketlenmeler gözlenmektedir. Bu alanda yapılacak çalışmaların ulusal düzeyde ele alınacağı bir platform olarak "ITS Polska" 2006 yılında kurulmuştur. Bu platformun kuruluşunda kamu ve özel kesim temsilcilerinin yanı sıra üniversitelerden bilim insanları da yer almıştır. Akıllı ulaştırma sistemleri alanında birçok uluslararası kongreye ev sahipliği yapan Polonya'da bu alanda yürütülen çalışmaların çerçevesini AB Direktifleri belirlemektedir. Bu kapsamda, 2011 yılında Polonya Yollar ve Otoyollar Genel Müdürlüğü ve ITS Polska arasında imzalanan anlaşmayla, EC 2010/40/EU Direktifine uygun olarak dokuz farklı alanda teknik özelliklerin belirlenmesi kararlaştırılmıştır.

2.8. Bölüm Değerlendirmesi

Ülkelerin akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının uygulama düzeyindeki farklılıkların da etkisiyle, bu uygulamaların ulusal düzeyde yaygınlaştırılması ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, farklı eyaletlerden oluşan ABD'de önemli bir akıllı ulaştırma sistemleri bilgi birikimi ve pazarı oluşmuş olmasına rağmen, eyaletlerin birbirinden bağımsız ve farklı uygulamaları hayata geçirmeleri sonucu yaygınlaşma faaliyetleri yavaş ve bölünmüş bir şekilde ilerlemektedir.

Diğer taraftan, akıllı ulaştırma sistemleri uygulama çalışmalarını ulusal düzeyde bir programla yürüten Japonya'da, ABD'deki gibi bir bölünmüşlükten söz etmek mümkün değildir. Japonya, akıllı ulaştırma sistemleri konusunu uzun yıllardır stratejik bir alan olarak gündeminin üst sıralarında tutmakta olup, ulusal düzeyde yürütülen programlarla birlikte çalışabilirliği ve ülke çapında uygulanabilirliği sağlamaktadır.

AB'de akıllı ulaştırma sistemleri alanında yürütülen çalışmaların genel olarak araştırma ve geliştirme faaliyetleri olduğu ve buna ilişkin milyarlarca Avro kaynak aktarıldığı görülmektedir. Ancak, son on yılda araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucu ortaya çıkan pek çok uygulamanın Avrupa düzeyinde yaygınlaştırılmasına yönelik yoğun bir çaba harcandığı görülmektedir. Özellikle, 2001 yılında başlatılan ve 2001-2006 yılları arasında uygulanan "Trans-Avrupa Akıllı Ulaştırma Sistemleri Projeleri (TEMPO - Trans-European intelligent transport systeMs PrOjects)" programı ile akıllı ulaştırma sistemlerini uygulama ve yaygınlaştırma çalışmaları kapsamında Avrupa'nın ulaştırma ağını geliştirmeyi amaçlayan TEN-T Programı'ndan 192 milyon Avro yatırım bütçesi ayrılmıştır. Ayrılan bu kaynak, altı yıl içinde 1,2 milyar Avro tutarında akıllı ulaştırma sistemleri yatırımını tetiklemiştir. TEN-T Programı'nın 2007-2013 iş programı kapsamında akıllı ulaştırma sistemlerinin yaygınlaştırılması için yaklaşık 300 milyon Avro ayrılmıştır. Ulaştırma alanındaki TEN-T Programı'nın yanı sıra, AB Çerçeve Programları'nın tamamlayıcı programı olarak tanımlanan CIP programının bilgi ve iletişim teknolojileri bileşeni olan ICT PSP programı, AB'nin akıllı ulaştırma sistemleri alanında geliştirdiği teknoloji, ürün ve politikaları uygulama imkânı sunmaktadır.

3. TÜRKİYE'DE AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ UYGULAMALARI

Bu bölümde, akıllı ulaştırma sistemleri alanında, ülkemizde ulusal düzeyde yürütülen politikalar ile ulusal ve yerel düzeyde gerçekleştirilen uygulamalar hakkında bilgi verilmektedir.

3.1. Türkiye'de Akıllı Ulaştırma Sistemleri Politikaları

Akıllı ulaştırma sistemleri konusu ülkemizde ilk kez 2002 yılında, "eAvrupa+" girişimine taraf olunduktan sonra başlatılan ve aynı öncelikler çerçevesinde bir taslak Eylem Planı hazırlanan e-Türkiye Girişimi'nde ele alınmıştır. Söz konusu çalışmada akıllı ulaştırma sistemlerinin ulaşım sistemlerinde performansın ve kaynak kullanımında etkinliğin artırılması amacıyla kullanılabileceği ifade edilmiştir. E-Türkiye Girişimi Taslak Eylem Planı'nda da bu uygulamalara ilişkin bazı eylemler belirlenmiştir. Bu eylemler arasında;

1- Akıllı ulaştırma sistemleri gelişim planı hazırlanması,
2- Türkiye akıllı ulaştırma sistemleri mimarisinin oluşturulması ve
3- Özellikle belediyelerde akıllı ulaştırma sistemleri için ölçütler oluşturulması

gibi geçerliliğini günümüzde de koruyan önemli eylemler yer almaktadır.[124]

Akıllı ulaştırma sistemleri, e-Türkiye Girişimi'nden sonra devreye alınan e-Dönüşüm Türkiye Projesi Kısa Dönem Eylem Planı (2003-2004) ve 2005 Eylem Planı'nda kapsama alınmamış olmakla birlikte, 2006 yılında başlatılan Bilgi Toplumu Stratejisi'nde uygulama projeleri olarak yer almıştır.[125]

Bilgi Toplumu Stratejisi Ek'i Eylem Planı'nda yer alan üç adet akıllı ulaştırma sistemleri eyleminden birisi olan 59 numaralı "Ulusal Ulaştırma Portalı" eylemiyle ülke çapında alternatif ulaşım yollarının tahmini varış süresi ve yolculuk maliyeti bilgilerinin, gidilmek istenen yerin haritasının, ulaşımla ilgili acil durum ve önemli uyarıların ve bilet satış hizmetlerinin sunulduğu ulusal düzeyde bir portal

[124] Başbakanlık, 2002.
[125] DPT, 2006.

oluşturulması hedeflenmiştir. Eylemin kapsamına bakıldığında, ülke çapındaki bütün yolların durumuyla ilgili gerçek zamanlı bilginin elektronik ortamdan sunulması ve bütün kentler için özel araçla ulaşım ve toplu taşıma entegrasyonunu sağlayacak mekanizmaların oluşturulması gibi gerek ulusal düzeyde gerekse yerel düzeyde yapılması gereken önemli yatırımların içerildiği görülmektedir. Örneğin, ülke çapındaki bütün karayollarının durumuna ilişkin gerçek zamanlı bilginin sunulması için akıllı altyapı uygulamalarının ulusal düzeyde yaygınlaştırılması, karayollarında meydana gelen ve trafik güvenliğini etkileyen olay yönetim sistemlerinin oluşturulması ve ülke çapında faaliyet gösteren ulusal "trafik bilgi merkezi"nin kurulması gerekmektedir.

Ayrıca, söz konusu eylemin bir diğer amacı olan özel araçla yolculuk ve toplu taşıma seçeneklerinin birlikte değerlendirilerek yolculara güzergah yönlendirme hizmeti sunulması için de ülke çapında toplu taşıma hizmeti veren bütün yerel yönetimlerin trafik bilgi merkeziyle veri alışverişi yapabilecek bir "toplu taşıma yönetim sistemi"nin olması gerekmektedir.

Gelinen nokta itibarıyla, Ulusal Ulaştırma Portalı eylemine ilişkin çalışmalar devam etmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemlerine ilişkin Bilgi Toplumu Stratejisi Ek'i Eylem Planı'nda yer alan bir diğer eylem olan 61 numaralı "Ulaştırma Talep Yönetimi Sistemi" eylemi kapsamında aşağıdaki çalışmaların yapılması amaçlanmıştır:

1- Ulaşımda yoğunluğun engellenmesi ve mevcut altyapının etkin kullanılabilmesi için yeni teknolojilerden faydalanarak ulaşım talebinin yönetilmesine ilişkin uygulamalar gerçekleştirilecektir.
2- Gerek şehirlerarası gerek şehir içi farklı ulaşım modlarına yönelik ihtiyaçlar, alışkanlıklar ve eğilimler ile çevresel faktörlerin belirlenmesinde ve buna bağlı politikalar geliştirilmesinde faydalanılacak veriye dayalı karar destek sistemleri oluşturulacaktır.
3- Ulaştırma talebinin yönlendirilmesine ilişkin farklı kanallar üzerinden (internet, mobil, elektronik levhalar) yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri kurulacaktır.

4- Özel sektörle yapılacak işbirlikleri çerçevesinde ulaştırma ihtiyaçlarına yönelik veri ve bilgi paylaşımı sağlanacaktır.

Ulusal Ulaştırma Portalı eyleminde olduğu gibi her biri ayrı büyük birer proje olabilecek çok kapsamlı çalışmaların içerildiği bu eylemde, özellikle trafik problemi olan kentlerdeki kent içi ulaştırmada çok önemli bir konu olan talep yönetimi işlenmiştir. Ancak, bu eyleme ilişkin çalışmalar henüz başlangıç aşamasındadır.

Bilgi Toplumu Stratejisi Ek'i Eylem Planı'nda yer alan 62 numaralı "Ulaştırma Sistemlerinde e-Ödeme Standartları" eylemiyle, ülke çapında toplu taşımada elektronik ödeme sistemleri, akıllı kart, mobil ve e-bilet uygulamalarının standartlaştırılması, yaygınlaştırılması ve entegrasyonuna yönelik bir fizibilite raporu hazırlanması amaçlanmıştır.

Ülkemizde pek çok yerel yönetimin kendine has ve yalnızca kendi bölgesinde kullanılabilen elektronik kart çözümleri bulunmaktadır. Ülkemizde, farklı şehirlerde kullanılan ödeme sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamaya yönelik standartların ortaya konmamış ve entegrasyonuna yönelik mekanizmaların oluşturulmamış olması sebebiyle, farklı bir şehirden gelen bir yolcunun toplu taşıma hizmetlerinden kendi toplu taşıma kartını kullanarak yararlanması mümkün olmamaktadır. Bu durum, bir şehre gelen yabancıların toplu taşıma araçlarını kullanmaları yönünde bir engel oluşturmakta ve bu kişilerin taleplerinin sürdürülebilir olmayan ulaştırma araçlarına doğru kaymasına neden olmaktadır.

Ulaştırma sistemlerinin birlikte çalışabilirliğini sağlamaya yönelik önemli bir adım niteliğindeki söz konusu eyleme ilişkin çalışmalar da henüz başlangıç aşamasındadır.

Akıllı ulaştırma sistemleri konusu, Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)'nda "Ulaştırma" başlığı altında incelenmektedir. Akıllı ulaştırma sistemleri terimi Plan'da yer almasa da, ulaştırma alanında bilgi ve iletişim teknolojilerinden en üst düzeyde yararlanılması konusu stratejik hedef olarak belirlenmiştir. Bu konu Plan'da şu şekilde ifade edilmektedir:

"Başta karayolu olmak üzere ulaştırmanın tüm modlarında trafik güvenliğinin artırılmasına, mevcut altyapının korunmasına, verimli kullanımının sağlanmasına ve bilgi ve iletişim teknolojilerinden en üst düzeyde yararlanılmasına önem ve öncelik verilecektir."

Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)'yla uyumlu olarak, 2007 Yılı Programı'nda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin karayolu altyapısı ve trafik denetiminde kullanılmasına ilişkin bir tedbir yer almış olup, akıllı ulaştırma sistemleri terim olarak yer almamıştır.

Orta Vadeli Program (2012-2014)'da Ulaşım bölümü altında akıllı ulaştırma sistemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik olarak "karayolları ağı ile kentiçi ulaşımda akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılacaktır." ifadesi yer almaktadır.[126] Bu kapsamda, 2012 Yılı Programı'nda, "akıllı ulaşım sistemleri kapsamında otomatik geçiş sistemleri yaygınlaştırılacak, sürücü bilgilendirme ve trafik yönetim sistemleri tesis edilecektir." ifadesine yer verilmiş olup, "Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi hazırlanacaktır." Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı sorumluluğunda tedbir olarak yer almaktadır.[127]

Akıllı ulaştırma sistemlerinin öneminin vurgulandığı ulusal düzeyde olan bir başka doküman ise, 2010 yılında mülga Çevre ve Orman Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanan "Ulusal İklim Değikliği Strateji Belgesi (2010-2020)"dir. Bu belgenin "ulaştırma" başlığı altında, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının geliştirilmesi orta vadeli amaç olarak ortaya konmuştur.[128]

Söz konusu belgenin ardından, "Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi" kapsamında üretilen "Ulaştırma Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu"nda da akıllı ulaştırma sistemlerinin öneminden bahsedilmiştir.[129]

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanan ve 2011 yılının Mart ayında ortaya konan "Türkiye Ulaşım ve İletişim Strateji Belgesi" dokümanında da, akıllı ulaştırma sistemleri konusu kapsamlı bir şekilde ele

[126] Kalkınma Bakanlığı, 2011a: s.37.
[127] Kalkınma Bakanlığı, 2011b: s.127
[128] ÇOB, 2010a: s.8.
[129] ÇOB, 2010b: s.18.

alınmıştır. Bu belgede, akıllı ulaştırma sistemlerinin kullanılmasıyla mevcut karayolu ağının etkinliğinin artırılacağı vurgulanmaktadır. Karayollarının etkinliğini artırmak amacıyla, yollara fiber optik kablo döşeneceği ve "akıllı yol" uygulamalarının geliştirileceği belirtilmektedir. Ayrıca, AB'de uygulanan e-Çağrı uygulamasının bir benzeri olan "Araç Acil Çağrı Sistemi"nin devreye alınacağı, akıllı araç uygulamasına başlanacağı ve bu alanlarda AR-GE çalışmalarının destekleneceği gibi eylemler de söz konusu dokümanda yer alan önemli eylemler arasındadır.[130]

3.2. Türkiye'de Yürütülen Önemli Akıllı Ulaştırma Sistemleri Projeleri

Ülkemizde akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları kullanımının ücretli yollarda ve köprülerde daha etkin ücret toplama ihtiyacının ortaya çıkmasıyla başlandığı söylenebilmektedir. Bu uygulamalardan ilki, 1992 yılında devreye alınan "Otoyol Nakit Ücret Toplama Sistemi"dir. Otoyolda seyahat eden araçların sınıflarına ve otoyol boyunca kat ettikleri mesafeye bağlı olarak ücretlendirilmesi esasına dayalı olarak çalışan bu sistemde, ücret tahsilatı operatörler vasıtasıyla yapılmaktadır.

Ancak, özellikle İstanbul ilindeki trafik yoğunluğunun artmasıyla birlikte, köprü geçişlerinde operatörlü sistemlerin etkin bir çözüm olmadığının farkına varılmış olup, geçiş ücretini daha hızlı tahsil ederek köprü trafiğini hızlandırmayı amaçlayan "Otomatik Geçiş Sistemi (OGS)" 1999 yılında ilk kez Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nde uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde otoyol, köprü ve tünellerde ücret toplamak amacıyla kullanılan OGS sistemi, araç ve gişe arasında 5,8 GHz frekansında mikrodalga iletişim esasına dayalı olarak araçların durmadan geçebilmelerine olanak sağlamaktadır. OGS sistemini kullanabilmesi için bir aracın ön camında OGS elektronik etiketin bulunması gerekmektedir. Gişelerden gelen geçiş bilgileri Ana Kontrol Merkezi olarak adlandırılan merkezde toplanıp, bu bilgiler ücret tahsil edilmek üzere Hesap Merkezi'ne iletilmektedir. OGS ile donatılmış bir geçiş alanında saatte 1.800 aracın geçiş yapabildiği bu sistemin abone

[130] UBAK, 2011.

sayısı 600 bin civarında olup, yılda 100 milyonun üzerinde geçiş gerçekleşmektedir.[131]

Ülkemizde, OGS sisteminin kullanımını teşvik etmek amacıyla geçişlerde yüzde 20 indirim oranı uygulanmaktadır.

OGS sistemi ile birlikte, bir başka elektronik ödeme sistemi olan Kartlı Geçiş Sistemi (KGS) devreye alınmıştır. Tıpkı OGS sisteminde olduğu gibi Ana Kontrol Merkezi ve Hesap Merkezi kanallarıyla ödeme işleminin gerçekleştiği bu sistemde araç içine yerleştirilen elektronik etiket yerine ISO 14443 standardına uygun temassız akıllı kartlar kullanılmaktadır. KGS sistemi ile ödeme işleminin yapılabilmesi için aracın durması gerekmektedir.[132]

Karayolları Genel Müdürlüğü verilerine göre, ülkemizdeki KGS ve OGS abone sayısı 7 milyonun üzerine çıkmıştır. Günümüzde, OGS ve KGS sistemlerinin yerine Hızlı Geçiş Sistemi (HGS) adlı yeni bir sistemin kurulması gündemde yer almaktadır. OGS sistemine entegre edilecek bu yeni sistemle KGS sisteminin kaldırılması planlanmaktadır. İlk pilot uygulamasının İzmir-Çeşme Otoyolu'nda yapılması planlanan bu sistemle, araçların tamamının durmadan geçecek olmaları sebebiyle elektronik geçiş ücret toplama sistemlerinin imkânlarından azami ölçüde fayda sağlanacaktır.

Akıllı ulaştırma sistemlerinin yük taşımacılığındaki uygulamalarından birisi olan "Hareketli Ağırlık Ölçüm" sistemleri, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 1999 yılından itibaren kurulmaya başlanmıştır. Bölünmüş Yol Programı ve üstyapı bozulmaları nedeniyle, 19 noktada kurulan bu sistemlerden bir adedi otoyollarda olmak üzere toplam beş tanesi çalışmaktadır.[133]

1999 yılında yürütülen "Bolu Dağı Bilgi Sistemi Projesi" kapsamında değişken mesaj sistemleri ülkemizde ilk kez uygulanmıştır. Elektronik mesaj panolarından yazı ve grafik türü mesajlar iletilmekte olup, bu mesajların kontrolü Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından merkezi olarak yapılmaktadır. Hava

[131] ASELSAN, 2011b.
[132] ASELSAN, 2011c.
[133] KGM, 2009: s.6.

sıcaklığı, yol yüzeyi, yağış tipi ve miktarı, görüş mesafesi, sis miktarı, rüzgâr yönü ve şiddeti gibi sürücüler için önemli olan pek çok önemli bilgi sürücülere değişken mesajlar olarak iletilebilmektedir. Buna benzer bir proje, 2002 yılında Kayseri Erciyes Dağı'nda uygulanmıştır.

2000 yılında İzmir-Aydın Otoyolu üzerinde açılan 75. Yıl Selatin Tüneli'nde, sabit ve değişken mesaj sistemleri ile şerit kontrol işaretleri kullanılmaktadır.

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 2001 yılında, "Mobil Değişken Mesaj İşaretleri" kullanılmaya başlanmıştır. GSM haberleşme altyapısı bulunan sistemler bölge müdürlüklerinden kontrol edilebilmektedir.[134]

2005 yılından itibaren, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından, şehirlerarası yollarda seyahat eden araçların uzunluk ve şasi yüksekliklerine göre sınıflandırılıp sayılmasını sağlayan "Sabit Otomatik Trafik Sayım ve Sınıflandırma" sistemi kurulmaktadır. 2010 yılı itibarıyla, 144 sayım istasyonu kurulmuş olup, bu istasyonlar tarafından toplanan veriler GPRS iletişim sistemiyle Karayolları Genel Müdürlüğü'ne iletilmektedir.[135]

2007 yılında trafiğe açılan Karadeniz Sahil Yolu'nun Piraziz-Sarp kesimi arasındaki tünellerde pek çok akıllı ulaştırma sistemleri kullanılmaktadır. Fiber optik altyapısı ile Trabzon'da bulunan Tüneller Kontrol Merkezi'ne bağlı durumda bulunan bu tünellerde kapalı devre TV sistemi, yol güvenliğini tehlikeye sokan olayların tespitine yönelik olay algılama sistemi, gerektiğinde sürücülerin bilgilendirilmesi amacıyla kamu anons sistemi, tünel girişlerine yerleştirilen elektronik yükseklik kontrolü, otomatik plaka kontrolü ve değişken mesaj sistemleri kullanılmaktadır.

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen projelerin yanı sıra Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından Dünya Bankası finansmanıyla yürütülen "Trafik Bilgi Sistemi" projesi de ülkemizde yürütülmüş önemli akıllı ulaştırma sistemleri projelerinden birisidir. Bu proje, her ne kadar akıllı altyapıya ilişkin bir

[134] ORTANA, 2011.
[135] KGM, 2009: s.7.

proje olmasa da otoyollarda trafik denetimi yapan ekiplerle merkez arasındaki sürekli bilgi iletişiminin sağlanması, kaza istatistiklerinin daha sağlıklı ve hızlı biçimde oluşturulması ve sürücü, araç ve trafik cezası sorgulamasının tablet bilgisayarlar aracılığı ile anında mobil ortamda GPRS teknolojisiyle gerçekleştirilmesinden dolayı, karayollarında kullanılan akıllı uygulamalardan birisi olarak öne çıkmaktadır.

Ayrıca, MOBESE olarak da bilinen "Kent Güvenlik Yönetim Sistemi" kapsamında trafiğe ilişkin akıllı uygulamalar da sunulmakta olup, belirli güzergâhlara yerleştirilen "Hız İhlal Sistemleri" ile "Kırmızı Işık İhlal Sistemleri" plaka tanıma sistemleri ve kameraların birlikte kullanıldığı uygulamalar olarak dikkat çekmektedir.

Ulusal düzeyde yürütülen akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin yanı sıra, yerel yönetimler tarafından da önemli projeler yürütülmektedir. Ülkemizde trafik sıkışıklığının etkilerinin en fazla hissedildiği kent olan İstanbul'da akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının ilk örnekleri 2000'li yılların başlarında görülmüştür. Değişken mesaj sistemleri, İstanbul'da ilk kez 2001 yılında uygulanmaya başlanmış olup, 2002 ve 2003 yıllarında bu uygulamalar yaygınlaştırılmıştır. Günümüzde, İstanbul genelinde kullanılan 10 adet değişken mesaj panosu bulunmaktadır. İstanbul'un yanı sıra, Ankara ve İzmir illeri kent merkezlerinde de değişken mesaj sistemleri kullanılmaktadır.

Değişken mesaj sistemleri, kurulumları ve yönetimleri kolay olmaları sebebiyle tercih edilen bir akıllı ulaştırma sistemleri uygulaması olmasına karşılık, tek başına büyükşehirlerin trafik problemini çözebilmekten uzaktır. Bundan dolayı son yıllarda, yol ağının daha etkin kullanılmasına yönelik akıllı çözümler kullanılmaya başlanmıştır. İstanbul, akıllı ulaştırma sistemlerinin uygulanmasında ülkemizde öncü bir rol üstlenmiştir. İstanbul'un bu uygulamalardan elde ettiği tecrübelerin ve bilgi birikiminin, trafik sorunu yaşanan başta Ankara ve İzmir gibi büyükşehirlere aktarılması önem arz etmektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Trafik Kontrol Merkezi tarafından kent genelindeki 175 kritik noktaya yerleştirilen ve 360 derece dönüş açısına sahip trafik kameralarıyla ana yollardaki trafik durumu hakkında gerçek zamanlı bilgiler

derlenmektedir. Bu kameralardan alınan gerçek zamanlı trafik bilgileri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından sunulan pek çok akıllı ulaştırma sistemleri hizmetinde girdi olarak kullanılmaktadır.

Trafik bilgisinin elde edilmesinde trafik kameralarının yanı sıra kullanılan bir başka kaynak ise, belirli güzergâhlara yerleştirilen yol sensörleridir. Bu sensörlerle, trafikte seyreden araçların hızları, sayısı, sınıfları gibi araçlara ilişkin bilgiler ile trafik yoğunluğu ve kuyruk uzunluğu gibi yoğunluğa ilişkin veriler elde edilmektedir. Sensörlerden elde edilen bu veriler, trafik ışıklarını gerçek zamanlı yoğunluk verileriyle dinamik bir şekilde yönetmek ve ana yollar ile çevre yollarındaki trafik bilgilerini tespit amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, "Akıllı Kavşaklar" bu veriler ile sinyal sürelerini otomatik olarak optimize edebilmektedir. Gerçek zamanlı trafik verileri, Trafik Kontrol Merkezi'ne "GPRS (General Packet Radio Service – Paket Anahtarlamalı Radyo Hizmetleri)" teknolojisi kullanılarak iletilmektedir.

Trafik Kontrol Merkezi'nde toplanan bu verilerin bir başka kullanım alanı ise, olay yönetimidir. Söz konusu trafik verileri sayesinde, İstanbul trafiğinin veri sağlanabilen kısımları sürekli olarak izlenmekte ve özel yazılımlar ile olağandışı durumlar tespit edilip gerekli önlemlerin alınması sağlanmaktadır.[136]

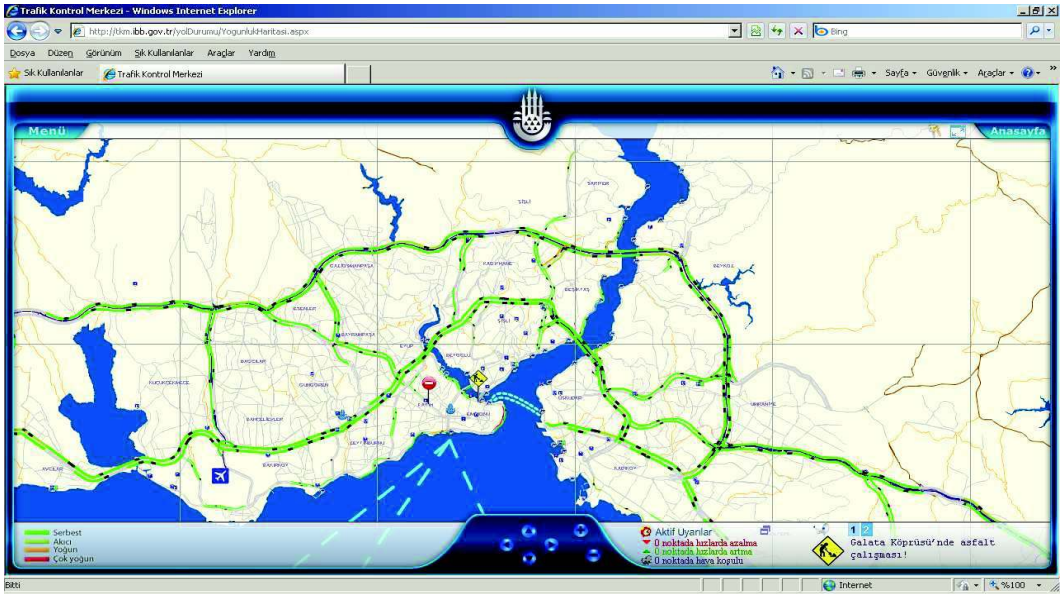
Trafik kameraları ve sensörleri aracılığıyla elde edilen trafik bilgisinin yolcularla paylaşılması için oluşturulan çok sayıda iletim kanalından birisi de İBB Trafik Kanalıdır. Bu interaktif kanal ile trafikle ilgili önemli duyurular, köprü girişlerindeki ortalama hızlar, İstanbul yoğunluk haritası, yolların yoğunluk bilgisi ve kamera görüntülerine ulaşılabilmektedir.[137]

Ayrıca, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi tarafından internet üzerinden "trafik yoğunluğu haritası" hizmeti sunulmaktadır. Bu uygulama ile yolculara, ek bir yazılım ve programa ihtiyaç duymadan internete bağlı bir bilgisayar kanalıyla trafik yoğunluğu bilgisi, trafik kameraları ile kaydedilen anlık trafik görüntüleri, yol ağındaki trafik hızlarının son bir saatteki değişimi,

[136] İBB Trafik Kontrol Merkezi, Akıllı Ulaşım Sistemleri
[137] İBB Trafik Kontrol Merkezi, Akıllı Ulaşım Sistemleri

sensörlerden elde edilen detaylı ve anlık hava durumu ve uydu görüntüsü aracılığı ile önemli arterler ve çevre yollarını kapsayan ulaşım ağı haritası gibi bilgiler sunulmaktadır. [138] (Şekil 3.1)

Şekil 3.1. Trafik Yoğunluğu Haritası (İstanbul)



Kaynak: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yolculuk öncesi anlık trafik bilgisinin sunulduğu bir başka hizmet ise, "İBBCep Trafik" hizmetidir. Bu hizmet kullanılarak, sürücü ve yolcular tarafından anlık trafik durum bilgisine ulaşılabilmektedir. İstanbul'da, Trafik Kontrol Merkezi'nin portalından erişilebilen bir başka hizmet ise, "yolculuk rehberi"dir. Bu hizmet kullanılarak, gidilmek istenen yere en hızlı şekilde ya da en kısa yoldan nasıl gidildiğine ilişkin önerilere erişilebilmektedir.

Bu uygulamaların yanı sıra, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi tarafından, kavşakların kontrol edilmesi amacıyla, sinyal sürelerini optimize ederek kavşakların verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayan "Sinyalize Kavşak Kontrol Sistemi", kavşaklara ilişkin bilgilerin kaydedildiği "Kavşak Veri Tabanı", kavşak kontrol cihazları tarafından kavşaklardan toplanan bilgilerin merkeze

[138] İBB Trafik Kontrol Merkezi, Akıllı Ulaşım Sistemleri

aktarılması ile kontrol komutlarının merkezden kavşaklara gönderilmesini sağlayan "Kavşak Servis Sağlayıcısı" ve kavşaklarda meydana gelen anlık arıza durumlarını kaydederek veri tabanına aktaran "Kavşak Arıza Tarayıcı" gibi pek çok uygulama kullanılmaktadır.

Ayrıca, İstanbul'da kavşakların optimize edilmesine yönelik kullanılmaya başlanan yeni bir sistem olarak "Kameralı Trafik Analiz Sistemi" ön plana çıkmaktadır. Hâlihazırda, Çağlayan ve Bostancı'da uygulanmakta olan bu sistemde, gelişmiş sayısal işaret işleme teknikleri ve kameralar aracılığıyla kavşaklardaki trafik bilgileri elde edilebilmektedir. Bu sistemle, araç yoğunluğu, kuyruk uzunluğu, ortalama hız ve bekleme süreleri sayısal olarak hesaplanmakta olup, elde edilen sonuçlar ışığında trafiğin optimize edilmesi amacıyla sinyalizasyon süreleri otomatik olarak ayarlanmaktadır. Pilot uygulamalar sonucunda kavşakta bekleme sürelerinin yaklaşık yüzde 30 oranında azaldığı görülmüştür.[139]

Ankara'da da bazı bölgelerde özel algılamalı kameralarla desteklenen sinyalizasyon sistemleri kullanılmaktadır. Ancak, bu sistemler trafik akışının rahat olduğu kavşaklarda konumlandırılmakta olup, trafiğin yoğun olduğu saatlerde normal olarak çalışırken trafik akışının rahat olduğu zamanlarda aracın geldiği yöne öncelik tanıyacak şekilde tasarlanmaktadır.[140]

İstanbul'da, trafik uygulamalarının yanı sıra, toplu taşımaya yönelik akıllı ulaştırma sistemleri çözümleri de bulunmaktadır. "AkYolbil (İETT Araç Takip ve Yolcu Bilgilendirme Sistemi)" projesiyle, İETT'nin hizmet verdiği toplu ulaşım araçlarının coğrafi koordinatları kayıt altına alınmaktadır. Böylece, araç içindeki ve duraklardaki yolcuların aracın konumu hakkında bilgilendirilmesi yapılabilmekte, sefer planını aksatabilecek durumlarda, filonun merkezden anında yönetimi sağlanabilmekte, sefer görevlendirmelerinde yapılacak değişiklikler yolculara anlık olarak aktarılabilmekte, geçmişte oluşan trafik verisi sayesinde yolculara bekledikleri aracın tahmini geliş süresi bildirilebilmekte ve "akıllı durak"larda gösterilen otobüs geliş süreleri, aynı duraktan geçen diğer otobüslerin geliş süreleri ve geç kalıp

[139] İBB Trafik Kontrol Merkezi, Akıllı Ulaşım Sistemleri
[140] ABB, 2009.

kalmama durumları göz önünde bulundurularak sürekli olarak güncellenmektedir. Aynı zamanda, bu proje kapsamında kullanılan akıllı duraklarda engelli bir yolcunun bekliyor olması durumunda, engelli yolcunun "engelli kartı"nı duraklarda bulunan kart okuyucuya okutmasıyla o duraktan 30 dakika içerisinde geçecek otobüslere engelli yolcu bildirimi yapılmaktadır. Ayrıca, duraklardaki ekranlarda gösterilen bilgiler, FM radyo frekansı üzerinden görme engelli yolcuya sesli olarak iletilebilmektedir.[141]

Kocaeli'de toplu taşıma alanında birçok akıllı ulaştırma sistemleri uygulaması mevcuttur. Bu uygulamalar arasında, toplu taşıma aracında seyahat eden yolculara yolculukla ilgili bilgi aktarıldığı "Araç İçi Yolcu Bilgilendirme Sistemi", durakta bekleyen yolculara otobüslere ilişkin bilgilerin gerçek zamanlı olarak sunulduğu Şekil 3.2'de görülen "Akıllı Durak Yolcu Bilgilendirme Sistemi" ile yolcuların gittikleri mesafe kadar ücretlendirildikleri "Mesafeye Göre Ücretlendirme Sistemi" yer almaktadır.

Şekil 3.2. Akıllı Durak Yolcu Bilgilendirme Sistemi (Kocaeli)

Kaynak: Demirel, 2011

[141] BELBİM, AkYolbil Projesi

3.3. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde, ülkemizde akıllı ulaştırma sistemleri alanında ortaya konmuş politikalar ve yürütülen önemli projeler hakkında bilgi verilmiştir. Çeşitli dokümanlarda bu alanda ortaya konulmuş politika ve bunlara ilişkin eylem önerileri yer alıyor olsa da, bu çalışmanın üçüncü bölümünde incelenen ülkelerde olduğu gibi akıllı ulaştırma sistemleri konusunda hazırlanmış strateji niteliğinde çerçeve bir doküman bulunmamaktadır. Bu durum, özellikle yerel yönetimlerde sayısı her geçen yıl artan akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının koordinasyonunu imkânsız hale getirmektedir. Ancak, akıllı ulaştırma sistemleri strateji belgesinin hazırlanmasına yönelik ilk adım atılmış olup, bu konu bir tedbir olarak 2012 Yılı Programı'na alınmıştır. Ayrıca, ulusal düzeyde oluşturulmuş bir trafik bilgi merkezinin olmaması, toplu taşıma alanında ödeme standartlarının oluşturulmamış olması, yerel yönetimlerce toplanan trafik bilgilerinin farklı yerlerde tutulması ve paylaşılamıyor olması gibi birçok sorun, akıllı ulaştırma sistemlerinin gelişmesi önündeki engeller olarak ön planda yer almaktadır.

4. AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Akıllı ulaştırma sistemleri, karayolu ulaştırmasında yaşanan trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve kazalar gibi sorunların çözümünde uygun birer araç olarak kullanılmakta olup, bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmelere bağlı olarak önümüzdeki dönemlerde çok daha yaygın bir şekilde kullanılacaktır.

Bu sistemlerin kullanılmasıyla elde edilebilecek faydanın ekonomik olarak tespit edilebilmesi amacıyla tasarruf sağlanabilecek alanlara ilişkin gösterge maliyetlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Ülkemizde gösterge maliyetlerin belirlenmesine ilişkin detaylı ve kapsamlı bir çalışma olmamasından dolayı, bu bölümün ilk alt bölümünde karayolu ulaştırmasının maliyetleri üzerine bir çalışma sunulmaktadır. Akıllı ulaştırma sistemlerinin ülkemizde yaygınlaşması sonucunda elde edilebilecek ekonomik fayda, belirlenen gösterge maliyetler üzerinden hesaplanmakta olup, bu bölümün ilk somut çıktısını oluşturmaktadır. Ayrıca, bu bölümün ikinci alt bölümünde, akıllı ulaştırma sistemleri alanında yaşanacak gelişmelerin ülkemizdeki ekonomik büyüme ve istihdam açısından ne tür fırsatlar yaratabileceği ve bu fırsatları değerlendirmek için nelere ihtiyaç duyulacağı konuları üzerine bilgi verilmektedir. Bu bölümün üçüncü alt bölümünde, farklı hizmetlerin ortak platformlar üzerinden maliyet etkin bir şekilde sunulabileceği gerçeğinden yola çıkarak, geleneksel fayda ve maliyet analizi yöntemlerinin yerine akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesi sürecinde kullanılabilecek "doğrusal programlama" tabanlı bir yatırım karar destek modeli sunulmaktadır. Bu alt bölümde, önerilen modelin performansı, fayda-maliyet oranlarına göre uygulama seçimi yöntemiyle kıyaslanmaktadır.

4.1. Türkiye'de Akıllı Ulaştırma Sistemleri Uygulamalarından Elde Edilebilecek Faydanın Ekonomik Analizi

Akıllı ulaştırma sistemlerinin kullanılmasıyla pek çok fayda elde etmek mümkündür. Bu faydalar arasında araçların trafikte daha az yol almalarından ve daha az zaman geçirmelerinden dolayı sağlanan yakıt, araç yıpranma ve zaman maliyetlerinden tasarruf ile trafikte meydana gelen kazaların ve olumsuz çevresel etkilerin azaltılması gibi faydaları saymak mümkündür. Bu faydalara ilişkin gösterge

maliyetler yakıt, araç yıpranma, kaza, zaman ve çevresel maliyetlerdir. Bu maliyetlerin dışında, karayollarında araçlar tarafından yapılan yolculuklar sonucu oluşacak altyapıya ilişkin bakım-onarım ve yeni yol yapımı gibi maliyetler dikkate alınmamaktadır.

4.1.1. Yakıt maliyetleri

Bu gösterge maliyet, karayolunda seyreden araçlar tarafından kullanılan yakıt maliyetini belirtmektedir. Maliyet hesaplanırken, devlete ödenen vergiler dikkate alınmamaktadır. 2010 yılı için KDV ve ÖTV vergileri ile EPDK payından arındırılmış benzin, motorin ve otogaz fiyatları sırasıyla 1,33 TL, 1,38 TL ve 1 TL kabul edilmektedir.[142] Karayolları Genel Müdürlüğü'nün "2010 Yılı Trafik ve Ulaşım Bilgileri" raporuna göre, otoyol, devlet yolu ve il yollarına ilişkin yıllık taşıt kilometre değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 4.1. 2010 Yılı Türkiye Geneli Karayolları Taşıt-km Değerleri (milyon)

	OTOYOL	DEVLET YOLU	İL YOLU	TOPLAM
Otomobil-km	9 948	39 548	5 620	55 116
Orta yüklü ticari taşıt-km	0	3 934	371	4 305
Otobüs-km	850	1 497	102	2 449
Kamyon-km	2 501	8 821	838	12 160
Diğer kamyon-km	1 650	4 359	85	6 094

Kaynak: KGM, 2011b: s.200.

Tablo 4.1'de yer alan taşıt-km değerleri, 2010 yılında kentler arasında yapılan yolculuklara ilişkin değerler olup, bu yolculuklar sonucunda oluşan toplam yakıt maliyeti yıllık yaklaşık 16 milyar TL olmaktadır[143]. (Tablo 4.2)

[142] 2010 yılı için, 1 litre benzin, motorin ve otogazın gümrüksüz rafineri fiyatları sırasıyla 0,9 TL, 0,92 TL ve 0,84 TL kabul edilmektedir. 1 litre benzin için ÖTV 1,8915 TL, 1 litre motorin için 1,3045 TL ve 1 litre otogaz için 0,7157'dir. EPDK payı m^3 başına 1,74 TL'dir. Akaryakıt KDV oranı yüzde 18'dir. Pompa satış fiyatı, depolama, taşıma maliyeti, dağıtıcı ve bayi karları eklenerek hesaplanmaktadır. Varsayımlar sonucu elde edilen tüketim verilerinin güvenilirliği, akaryakıt dağıtıcısı verileri ile kıyaslanarak test edilecek olup, LPG verileri bu kapsamda dikkate alınacaktır.

[143] Formül 1: Yolculuk (km)*Ortalama Tüketim(litre/km) = Maliyet (TL)

Tablo 4.2. 2010 Yılı Şehirlerarası Arası Yolculuk Yakıt Maliyetleri

	Yolculuk (milyon)	Ortalama Tüketim (litre/100 km)	Maliyet (milyon TL)
Otomobil-km	55 116	8 (Benzin)	5 864
Orta yüklü ticari taşıt-km	4 305	15 (Motorin)	891
Otobüs-km	2 449	40 (Motorin)	1 352
Kamyon-km	12 160	30 (Motorin)	5 034
Diğer kamyon-km	6 094	30 (Motorin)	2 523

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kent içinde yapılan yolculuklarda harcanan yakıt miktarı önemli boyutlardadır. Özellikle büyükşehirlerimizde önemli bir sorun haline gelen trafik sıkışıklığı nedeniyle, trafikte geçirilen zamanın yanı sıra yakıt tüketimi de ciddi oranda artmaktadır. Bununla birlikte, ülkemizde kent içi trafik ölçümleri yeterli seviyede yapılmamaktadır. Çalışmanın bu bölümünde, Tablo 4.3'te yer alan İstanbul, Ankara ve İzmir illerinin büyükşehir belediyeleri sınırları içinde yapılan ölçüm ve anket sonuçları kullanılarak Türkiye geneline ilişkin varsayımlarda bulunulmaktadır.

Tablo 4.3. Üç Büyük Kentte Taşıt Türüne Göre Günlük Taşınan Yolcu Sayısı ve Trafiğe Çıkan Araç Sayısı

	İSTANBUL		ANKARA		İZMİR	
	Araç	Yolcu	Araç	Yolcu	Araç	Yolcu
Otomobil	1 636 501	2 650 000	752 946	1 200 000	296 182*	385 037
Taksi	17 393	1 400 000	7 700	290 000	2 821	50 000
B.Otobüs	2 781	2 200 000	1 687	1 100 000	1 518	957 000
H.Otobüs	2 075	1 016 000	200	190 000	-	-
Servis	43 000	2 000 000	6 183	600 000	4 553	120 000
Dolmuş	6 360	1 800 000	2 230	1 050 000	1 117	225 000

Kaynak: (1) Balcıoğlu, 2010, s.10
(2) Ankara Kalkınma Ajansı, 2011: Tablo 4.7, s.110.
(3) İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2010.
(*) Özel araçlarda yolcu taşıma oranı 1,3 kabul edilmiştir.

İstanbul, Ankara ve İzmir kent merkezlerinde yapılan her bir yolculuğun süresi ise ortalama olarak sırasıyla 49 dakika, 30 dakika ve 27 dakika olarak gerçekleşmektedir. [144, 145, 146]

Bu veriler ışığında, İstanbul'da kent içi yolcu taşımacılığı sonucu harcanan akaryakıt maliyeti yıllık yaklaşık 7,05 milyar TL olarak hesaplanmaktadır. Ankara ve İzmir için bu maliyet sırasıyla yaklaşık 1,58 milyar TL ve 484 milyon TL olarak gerçekleşmektedir.[147] (Tablo 4.4)

Tablo 4.4. Üç Büyük Kentte Yıllık Kent İçi Yolculuk Sayısı ve Yakıt Maliyeti

	İSTANBUL		ANKARA		İZMİR	
	Yolculuk (milyon)	Maliyet (bin TL)	Yolculuk (milyon)	Maliyet (bin TL)	Yolculuk (milyon)	Maliyet (bin TL)
Otomobil	967	3 232 599	438	896 215	141	258 807
Taksi	511	2 220 124	106	281 561	18	43 690
B.Otobüs	803	610 862	402	186 998	349	146 420
H.Otobüs	371	282 107	69	32 300	-	-
Servis	730	370 219	219	68 000	44	12 240
Dolmuş	657	333 197	383	118 999	82	22 950

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Diğer kent merkezlerinde karayolları ulaşım araçlarıyla günlük yaklaşık 18 milyon yolculuk yapıldığı tahmin edilmiş olup, bu yolculukların yakıt maliyeti de yıllık 2,83 milyar TL olarak hesaplanmaktadır.[148] Bu hesaplamalar sonucunda kent merkezlerinde yolcu taşımacılığı amacıyla yapılan yolculuklar sonucunda yıllık yaklaşık olarak 12 milyar TL yakıt maliyeti oluşmaktadır. Ancak, AB tarafından

[144] Balcıoğlu, 2010.
[145] Ulu, 2010.
[146] İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2010.
[147] Kent içi trafikte otomobillerin 10 lt/100 km benzin, otobüslerin 45 lt/100 km motorin ve minibüslerin 15 lt/100 km motorin tükettikleri kabul edilmiştir. Kent içi trafikte ortalama hız otomobiller için 40 km/saat, toplu taşıma araçları için 30 km/saat olarak kabul edilmiştir. Yolculuk başına ortalama yolcu sayısı özel otomobiller için 1,3, taksiler için 1, otobüsler için 20 ve minibüsler için 10 olarak kabul edilmiştir. Formül 2: Yolcu Sayısı*Ortalama Yolculuk Süresi (saat)*Ortalama Hız (km/saat)*Kent içi Ortalama Tüketim (lt/km)/Yolculuk Başına Ortalama Yolcu=Maliyet (TL)
[148] Diğer kent merkezlerindeki yolculuk sayıları hesaplanırken Türkiye'nin 31 Aralık 2010 tarihli kent nüfusu (56.222.356) dikkate alınmıştır. Bu kentlerdeki yolculuk ve ulaşım mod tercihleri olarak İzmir kenti model alınmış olup, ortalama yolculuk süresi 15 dakika olarak kabul edilmiştir.

2006 yılında yapılan bir çalışmada, kent içi yük taşımacılığının kent trafiğinin yüzde 10-18'lik bölümünü oluşturduğu kabul edilmektedir.[149] Bu durumda, kent içinde yolculuk yapan araçların yıllık toplam yakıt tüketimi yaklaşık 14 milyar TL olarak hesaplanabilmektedir.[150]

Bütün bu hesaplamalar sonucunda karayollarında yolculuk yapan araçların yıllık yakıt maliyeti 30 milyar TL olarak bulunmuştur. Petrol Sanayi Derneği (PETDER) verilerine göre, 2010 yılı benzin tüketimi 2.716.241 m^3, motorin tüketimi 16.302.597 m^3 ve oto gaz tüketimi de 2,5 milyon ton (~4,5 milyon m^3) olarak gerçekleşmiştir. Bu veriler ve dolaylı vergilerden arındırılmış akar yakıt fiyatları kullanıldığında yıllık yakıt maliyeti yaklaşık 30,5 milyar TL olarak hesaplanmaktadır.[151] Böylece, kentler arasında ve kent merkezlerinde yapılan yolculuklara ilişkin yapılan varsayımların tutarlı olduğu test edilmiş olmaktadır.

4.1.2. Araç yıpranma maliyetleri

Bu gösterge maliyet, yapılan yolculuklar sonucunda araçlarda ortaya çıkan yıpranma ve buna bağlı periyodik ve mekanik bakım maliyetlerini kapsamaktadır. Bu maliyet hesaplanırken, araçların kullanımda oldukları süre ve birim sürede yıpranma maliyeti göstergesi kullanılacaktır. OECD'nin "Bölgesel İncelemeler - İstanbul" raporunda trafik sıkışıklığının maliyet hesabında araç yıpranma birim maliyeti olarak 5 ABD Doları/saat kullanılmaktadır.[152] Çalışmanın bu bölümünde 2010 yılı yıpranma birim maliyeti olarak 7,5 TL/saat kullanılacaktır.[153] Şehirlerarası yollarda yolcu ve yük taşımacılığı amacıyla yapılan yolculuklar için harcanan süre hesaplanırken, Tablo 4.1'de yer alan taşıt-km değerleri kullanılmaktadır.[154] Buna göre, 2010 yılında şehirlerarası yollarda yolculuk yapan araçlar, toplam 1,03 milyar

[149] EC, 2006b: s.2.
[150] Kent içi yük taşımacılığın kent içi trafikteki oranı yüzde 14 olarak kabul edilmiştir.
[151] PETDER, 2011: Özet Tablo, s.6.
[152] OECD, 2008: s.111.
[153] 2010 yılı için ortalama dolar kuru 1,5 TL olarak gerçekleşmiştir.
[154] Şehirlerarası yollarda yolcu taşımacılığında ortalama hız 80 km/saat olarak kabul edilmiştir. Şehirlerarası yollarda yapılan yük taşımacılığında ortalama hız kamyonlar için 73 km/saat ve diğer taşıtlar için 74 km/saat kabul edilmiştir. (Kaynak: KGM, 2011: s.147)

saat hareket halinde kalmıştır. Böylece, şehirlerarası yolculuklar sonucu oluşan yıpranma maliyeti yaklaşık 7,7 milyar TL olarak hesaplanmaktadır[155]. (Tablo 4.5)

Tablo 4.5. Yıllık Şehirlerarası Yolculuk Süresi ve Yıpranma Maliyeti

	Yolculuk (milyon)	Yolculuk Süresi (milyon saat)	Yıpranma (milyon TL)
Otomobil-km	55 116	689	5 168
Orta yüklü ticari taşıt-km	4 305	59	442
Otobüs-km	2 449	31	232
Kamyon-km	12 160	167	1 252
Diğer kamyon-km	6 094	83	622

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kent merkezlerinde yapılan yolculuklar sonucu oluşan yıpranma maliyetleri hesaplanırken, üç büyük kent için Tablo 4.3'te yer alan yolculuk bilgileri, her bir kent için yolculuk süreleri ve yolculuk başına ortalama yolcu sayısı varsayımları kullanılmaktadır. Kent merkezlerinde yolcu taşımacılığı amacıyla araçların 2010 yılında trafikte kaldığı süre, İstanbul için 1,2 milyar saat, Ankara için 263 milyon saat ve İzmir için 70 milyon saattir[156]. (Tablo 4.6)

Tablo 4.6. Üç Büyük Kentte Ulaşım Araçlarına Göre Yolculuk Süreleri

	İSTANBUL		ANKARA		İZMİR	
	Yolculuk (milyon)	Süre (bin saat)	Yolculuk (milyon)	Süre (bin saat)	Yolculuk (milyon)	Süre (bin saat)
Otomobil	967	607 631	438	168 462	141	48 648
Taksi	511	417 317	106	52 925	18	8 212
B.Otobüs	803	32 789	402	10 038	349	7 859
H.Otobüs	371	15 143	69	1 734	-	-
Servis	730	59 617	219	10 950	44	1 971
Dolmuş	657	53 655	383	19 162	82	3 696

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

[155] Formül 3: Yolculuk (km)/Ortalama Hız(km/saat)=Yolculuk Süresi (saat)
Formül 4: Yolculuk Süresi (saat)*Birim Yıpranma Maliyeti (TL/saat)=Yıpranma Maliyeti (TL)
[156] Formül 5: Yolcu Sayısı*Ortalama Yolculuk Süresi (saat)/ Yolculuk Başına Ortalama Yolcu=Araç Yolculuk Süresi (saat)

Diğer kent merkezlerinde günlük olarak yapılan 18 milyon adet yolculuk sonucunda araçlar, toplam 412 milyon saat trafikte kalmıştır. Sonuç olarak, ülkemizde 2010 yılında kent merkezlerinde yapılan yolculuklarda araçlar yaklaşık olarak 1,95 milyar saat trafikte kalmıştır. Bu sürenin sonucunda araçlarda oluşan yıpranmanın ekonomik değeri 14,6 milyar TL olarak hesaplanmaktadır.

Sonuç olarak, karayollarında yapılan yolculuklar sonucunda yıllık 22,3 milyar TL araç yıpranma maliyeti oluşmaktadır.

4.1.3. Kaza maliyetleri

Ülkemizde karayollarında meydana gelen kazalar sonucunda her yıl binlerce insanımız hayatını kaybetmekte veya yaralanmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, 2009 yılında meydana gelen 1.053.346 trafik kazası sonucunda 4.324[157] vatandaşımız hayatını kaybederken, 201.380 vatandaşımız da yaralanmıştır.[158]

Trafik kazaları sonucu oluşan kaza maliyetlerinin hesaplanmasında oluşan maddi hasarların yanı sıra meydana gelen ölümler, ağır ve hafif yaralanmaların da maliyet hesabına katılması gerekmektedir. Literatürde "İstatistiksel Yaşam Değeri (VSL – Value of Statistical Life)" olarak yer alan inceleme alanında insan yaşam maliyetinin hesaplanmasına ilişkin çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. İstatistiksel yaşam değeri, insanların bir kişinin hayatını kurtarmak amacıyla riskleri ortadan kaldırmak için ödemeye hazır oldukları miktarı ifade etmektedir. Ülkemizde bu konuda yapılmış ciddi bir çalışma olmamakla birlikte, literatürde gelişmiş ülkelerin istatistiksel yaşam değerlerini kullanarak gelişmekte olan ülkelerin yaşam değerlerinin tahmin edilmesine yönelik bazı yöntemler önerilmektedir. Cropper ve Şahin (2008), yaşam döngüsü modeline göre, istatiksel yaşam değerinin insanların harcamalarına ve dolayısıyla gelirlerine bağlı olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada, risk tercihleri, yaşam süreleri ve indirgeme oranları gibi değişkenlerin ülkeler için değişmediği varsayıldığında istatistiksel yaşam değerinin kişi başı GSYH'ye bağlı

[157] TÜİK tarafından hesaplanan ölüm istatistikleri kapsamında hastaneye taşınırken meydana gelen ölüm olguları ile trafik kazasına bağlı olarak hastanede meydana gelen ölüm olguları bulunmamaktadır.
[158] TÜİK, 2011.

olacağının altı çizilmekte olup, gelişmekte olan ülkelerin istatistiksel yaşam değerlerinin hesaplanması için bir formül verilmektedir. ABD istatiksel yaşam değerinin 5.400.000 ABD Doları olarak alındığı bu çalışmada, Eşitlik (2)'de yer alan formül kullanılmış ve ülkemiz için istatiksel yaşam değeri 960.000 ABD Doları (~1.440.000 TL) olarak hesaplanmıştır.[159]

$$VSL_{Türkiye} = VSL_{ABD} \times (Y_{Türkiye} / Y_{ABD}) \qquad (2)$$

Hochrainer-Stigler vd. (2010) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, Cropper ve Şahin (2008) tarafından önerilen ve Eşitlik (2)'de yer alan formül kullanılarak, ABD istatiksel yaşam değeri olarak da ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından kullanılan 6.000.000 ABD Doları alınmış ve ülkemiz için istatistiksel yaşam değeri 750.000 ABD Doları (~1.125.000 TL) olarak hesaplanmıştır. Ancak, Türkiye için istatistiksel yaşam değeri, 2010 yılı GSYH değerleri esas alınarak ve Eşitlik (2)'de yer alan formül kullanılarak hesaplandığında, yaklaşık 1.275.000 ABD Doları (~1.912.500 TL) olarak bulunmaktadır.[160]

ABD'de yapılan bu çalışmaların yanı sıra, 2004 yılında AB 6. Çerçeve Programı kapsamında bahsi geçen yöntemler kullanılarak sürdürülebilir ulaştırma ve enerji sistemlerinin değerlendirilmesinde kullanılacak göstergelerin belirlenmesini amaçlayan "Ulaştırma Maliyetleri ve Proje Değerlendirmesi için Uyumlaştırılmış Avrupalı Yaklaşımlar Geliştirilmesi (HEATCO - Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment)" adında bir proje başlatılmıştır. Proje kapsamında, zaman, trafik sıkışıklığı, kaza, hava kirliliği ve ses gibi çevresel faktörler, altyapı yatırımlarında ve araçlarda meydana gelen yıpranmalar maliyetlendirilmiştir. AB'ye üye ülkelerin yanı sıra Norveç ve İsviçre'nin de değerlendirildiği bu çalışmada, trafik kazaları sonucu meydana gelen ölümler ile ağır ve hafif yaralanmalar için çeşitli maliyetler tespit edilmiştir. Bu çalışmada, AB'ye üye ülkeler için istatiksel yaşam değeri ortalama olarak 1.187.560 Avro, ağır yaralanmaların maliyeti ortalama olarak 160.852 Avro ve hafif

[159] Eşitlik (2)'de yer alan "Y" değerleri ülkemiz ve ABD için kişi başına düşen GSYH'yi ifade etmektedir.

[160] Kişi başı GSYH (2010), ABD için 47.483 ABD Doları ve Türkiye için 10.079 ABD Doları kabul edilmiştir. (Kaynak: TÜİK ve US Census Bureau 2010 GSYH verileri) ABD istatiksel yaşam değeri 6.000.000 ABD Doları olarak alınmıştır.

yaralanmaların maliyeti de 11.892 Avro olarak bulunmuştur.[161] Bu değerler, Eşitlik (2)'de önerilen formül kullanılarak ülkemiz için hesaplandığında, Tablo 4.7'deki değerlere ulaşmak mümkün olmaktadır.

Tablo 4.7. AB ve Türkiye'deki Kazaların İnsan Üzerindeki Sonuçlarının Maliyetleri (2010 Yılı Fiyatları) (Avro)

	İstatiksel Yaşam Değeri	Ağır Yaralanma Maliyeti	Hafif Yaralanma Maliyeti	Kişi Başı GSYH
AB	1 374 504	186 173	13 764	24 514
Türkiye	400 804	54 288	4 014	7 148

Kaynak: TÜİK, EUROSTAT, HEATCO Projesi (2006).

ABD istatiksel yaşam değerine göre 2 milyon TL olarak hesaplanan Türkiye istatiksel yaşam değeri, AB değerleri kullanıldığında 400.804 Avro (~866 bin TL) olarak hesaplanmaktadır. Aynı yöntemle hesaplanan değerlerdeki bu farkın sebebi, ABD istatiksel yaşam değeri 6 milyon ABD Doları olarak varsayılırken, AB istatiksel yaşam değerinin yaklaşık 2 milyon ABD Doları olarak kabul edilmesidir.[162] Bu çalışmada, sürekliliği sağlamak amacıyla, Türkiye istatiksel yaşam değeri olarak, AB istatiksel yaşam değerini esas alarak hesaplanan 866 bin TL değeri kullanılacaktır.

Ülkemizde 2009 yılında meydana gelen kazalar sonucunda, toplam olarak 201.380 vatandaşımız yaralanmış olup, ağır ve hafif yaralılara ilişkin ayrı toplu bir istatistik bulunmamaktadır. Ancak, 2005 yılında ülkemizde yapılan ve trafik kazaları sonucu yaralanan yaklaşık 95.000 kişinin kapsandığı bir çalışmada, yaralıların yüzde 13'ünde kalıcı engeller oluştuğu ortaya konmuştur.[163] Bu çalışmadan, ülkemizde meydana gelen trafik kazaları sonucu yaralanan vatandaşlarımızın en az yüzde 13'ünün ciddi bir şekilde yaralandığı sonucuna ulaşılabilmektedir. Böylece, trafik kazaları sonucu meydana gelen ölüm ve yaralanmaların toplam maliyeti yaklaşık 8,3 milyar TL olarak tahmin edilmektedir. (Tablo 4.8)

[161] HEATCO, 2006: Tablo 5.2, s.88. Bu değerler 2002 fiyatlarına göre hesaplanmış olup, 2010 fiyatlarına göre istatiksel yaşam değeri 1.374.504 Avro, ağır yaralanma maliyeti 186.173 Avro ve hafif yaralanma maliyeti 13.764 Avro'dur. ($€_{2010}/€_{2002}$=1,15742)
[162] Parite (€/$) yaklaşık olarak 1,44 kabul edilmiştir.
[163] Eşiyok vd., 2005: ss.1333-1338.

Tablo 4.8. 2009 Yılında Türkiye'de Meydana Gelen Kazaların Maliyeti

	Sayı	Birim Maliyet (TL)	Toplam (milyon TL)
Ölüm	4 324	866 000	3 744
Ağır Yaralanma	26 180	117 262	3 070
Hafif Yaralanma	175 200	8 670	1 519

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 2010 yılında hazırlanan "2009 Trafik Kazaları Özeti" raporunda, 2009 yılında meydana gelen kazalardan 299.569'unun sonucunda 980.209.298 TL maddi hasar oluştuğu tespit edilmiştir. Geriye kalan kazalarda ise taraflar kendi aralarında anlaşarak tutanak tanzim ettikleri için maddi hasar tutarı raporlanmamıştır.[164] Önceki yıllardaki veriler ışığında, 2009 yılında meydana gelen trafik kazaları sonucu yaklaşık 2 milyar TL tutarında maddi hasar olduğu tahmin edilmektedir.

Sonuç olarak, karayollarında meydana gelen kazaların toplam maliyeti yıllık olarak yaklaşık 10,3 milyar TL'dir.

4.1.4. Zaman maliyetleri

Sürücü ve yolcuların yolculuk sırasında geçirdikleri zamanın da bir alternatif maliyeti bulunmaktadır. Zaman maliyetinin hesaplanması için literatürde çeşitli yöntemler bulunmaktadır. İşgücünün marjinal üretkenliği üzerine dayalı "Maliyet Tasarrufu (Cost Saving)" gibi basit yöntemlerin yanı sıra "Hensher" ve "Ödemeye Gönüllü Olma (Willingness to Pay)" gibi daha kompleks yöntemler de kullanılmaktadır. Maliyet tasarrufu yaklaşımında tasarruf edilen zamanın çıktı üretimine aktarılabileceği varsayımı yapılırken, Hensher ve ödemeye gönüllü olma yaklaşımlarında tasarruf edilen zamanın tamamının üretime aktarılamayacağı kabul edilmektedir.

HEATCO projesi sonunda, iş için otomobille yolculuk yapan bir yolcunun bir saatlik zaman maliyetinin AB ortalaması 23,82 Avro iken otobüste yolculuk yapılması durumunda 19,11 Avro olmaktadır. İş dışında yapılan yolculuklarda ise,

[164] KGM, 2010: Tablo 1.

otomobille yapılan yolculukların bir saatlik zaman maliyeti 7,11-10,89 Avro iken, otobüsle yapılan yolculuklarda bu maliyet 5,11-7,83 Avro olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada yük taşımacılığında geçen bir saatlik zamanın maliyeti ise ton başına 2,98 Avro olarak belirtilmektedir.[165] Ülkemizde bu konuda bir çalışma yapılmamış olmakla birlikte, "Kaza Maliyetleri" için önerilen Eşitlik (2)'den yararlanarak zaman maliyetlerine ulaşmak mümkündür. 2010 yılı için, AB'de kişi başına düşen GSYH 24.514 Avro olup, ülkemiz için bu değer yaklaşık 7.148 Avro seviyesindedir. Bu durumda, yolculuk sırasında harcanan zaman maliyetinin ülkemiz için hesaplanmış değerleri Tablo 4.9'da yer almaktadır.

Tablo 4.9. Türkiye İçin Yolcu ve Yük Taşımacılığında Birim Zaman Maliyetleri

	Otomobil	Otobüs	Yük Aracı
Yolculuk Zaman Maliyeti (İş) (TL/yolcu-saat)	15,21	12,20	-
Yolculuk Zaman Maliyeti (İş Dışı) (TL/yolcu-saat)	5,74	4,13	-
Yük Taşımacılığı Zaman Maliyeti (TL/ton-saat)	-	-	1,90

Kaynak: Yazar tarafından HEATCO Projesi sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır.

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2010 Yılı Trafik ve Ulaşım Bilgileri raporunda ülkemizdeki otoyol, devlet yolu ve il yollarında yapılan yolculuklara ilişkin taşıt-km, yolcu-km ve ton-km değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.10. 2010 Yılı Türkiye Genelinde Karayolları Üzerindeki Taşımacılık Değerleri (Milyon)

	OTOYOL	DEVLET YOLU	İL YOLU	TOPLAM
Taşıt-km	14 949	58 159	7 016	80 124
Yolcu-km	50 378	158 072	18 463	226 913
Ton-km	42 941	138 921	8 503	190 365

Kaynak: KGM, 2011b: s.200.

Tablo 4.1 ve Tablo 4.9'da yer alan verilerden yararlanılarak, 2010 yılı için karayollarında otomobille yapılan yolculuklar sonucunda oluşan zaman maliyeti 9,89 milyar TL olarak hesaplanmaktadır. Bu değer, otobüslerde yapılan yolculuklar için

[165] HEATCO, 2006: Tablo 0.3, Tablo 0.4 ve Tablo 0.5, ss.9-11.

4,55 milyar TL'dir.[166] Şehirlerarası yollarda yapılan yük taşımacılığı kaynaklı zaman maliyeti ise 4,96 milyar TL olarak hesaplanmaktadır.[167] Sonuç olarak, yapılan yolculukların zaman maliyeti 20 milyar TL olmaktadır.

Tablo 4.11. Şehirlerarası Yıllık Yolcu ve Yük Taşımacılığı Değerleri (Milyon)

	Taşıt-km	Yolcu-km	Ton-km	Yolcu/Ton-saat	Maliyet (TL)
Otomobil	55 116	137 790	-	1 722	9 886
Otobüs	2 449	88 164	-	1 102	4 551
Yük Aracı	-	-	190 365	2 608	4 955

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ülkemizde kent içi yolculuklarda harcanan zamanın maliyeti hesaplanırken, otomobil ve taksi ulaşım araçlarıyla yapılan yolculuklar ile otobüs (belediye veya halk otobüsü), minibüs-dolmuş ve servis araçları ayrı olarak düşünülmektedir. (Tablo 4.12)

Tablo 4.12. Kentlerde Günlük Yapılan Yolculuklar ve Harcanan Zaman

	YOLCULUK (adet)		ZAMAN (saat)	
	Otomobil	Toplu Taşıma Araçları	Otomobil	Toplu Taşıma Araçları
İstanbul	4 050 000	7 016 000	3 307 500	5 729 733
Ankara	1 490 000	2 940 000	745 000	1 470 000
İzmir	435 037	1 302 000	195 767	585 900
Diğer	4 579 338	13 705 268	1 144 835	3 426 317
TOPLAM	10 554 375	24 963 268	5 393 101	11 211 950

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.12'de görüldüğü üzere, kent merkezlerinde özel araç ve taksilerle yapılan seyahatlerde bir günde yaklaşık 5,4 milyon saat, kara yolunda seyreden toplu taşıma araçlarıyla yapılan seyahatlerde yaklaşık 11,2 milyon saat harcanmaktadır.

[166] Şehirlerarası yollarda otomobillerde ortalama 2,5 kişi, otobüslerde ortalama 36 kişi taşındığı kabul edilmiştir. Şehirlerarası yollarda ortalama hız 80 km/saat olarak kabul edilmiştir. İş-dışı yolculuk zaman maliyetleri kullanılmıştır. Formül 6: 2,5*Otomobil-km+36*Otobüs-km=Yolcu-km

[167] Şehirlerarası yollarda yapılan yük taşımacılığında ortalama hız 73 km/saat kabul edilmiştir. (Kaynak: KGM, 2011: s.147)

Bu değerler yıllık olarak hesaplandığında ise, otomobiller için 1,97 milyar saat ve toplu taşıma araçları için de 4,09 milyar saat değerleri bulunmaktadır. Ülkemizde yapılan bir çalışmada, kent merkezlerinde yapılan yolculukların yüzde 23'ünün iş amacıyla yapıldığı ortaya konulmuştur.[168] Kent içi yolculukların zaman maliyetlerinin hesaplanmasında bu oranlar ve Tablo 4.9'daki birim maliyetler dikkate alındığında, kent merkezlerinde bir yılda yapılan yolculukların toplam zaman maliyeti 40 milyar TL olarak hesaplanmaktadır. (Tablo 4.13)

Tablo 4.13. Kentlerde Yolculuklarda Harcanan Zaman ve Maliyeti (milyon)

	ZAMAN (saat)		MALİYET (TL)	
	Otomobil	**Toplu Taşıma Araçları**	**Otomobil**	**Toplu Taşıma Araçları**
Yolculuk (İş)	453	941	6 886	11 483
Yolculuk (İş Dışı)	1 516	3 151	8 700	13 014

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, ülkemizde karayollarında yapılan yolculukların bir yıllık zaman maliyeti yaklaşık olarak 60 milyar TL'dir.

4.1.5. Çevresel maliyetler

Üretim, konutlar ve ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi ile enerji üretimi, atık yönetimi ve tarımsal üretim gibi bir dizi faaliyetler sonucunda atmosfere sera gazları salınmaktadır. Ulaştırma sektörü de dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji tüketiminde ön sıralarda yer alan bir sektördür. Taşıt teknolojisindeki gelişmeler sonucunda birim araç başına daha az yakıt tüketen araçlar üretilmesine rağmen, ekonomik ve sosyal alandaki gelişmeler sonucunda araç sayısı her geçen yıl hızla artmakta ve bunun sonucunda da ulaştırma sektörü (özellikle karayolu) kaynaklı sera gazı emisyonları hem büyüklük olarak hem de diğer sektörlere göre oransal olarak hızla artmaktadır.[169]

Fosil yakıt tüketimine bağlı olarak, atmosfere en fazla salınan gaz karbondioksit (CO_2) olmaktadır. Karbondioksit emisyonlarının yanı sıra, metan

[168] Öztürk, 2005: Tablo 8, s.7.
[169] Soruşbay vd., 2008: s.2.

(CH_4), nitrözasit (N_2O), karbonmonoksit (CO), azotoksitler (NO_x) ve metan dışı emisyonlar (NMVOC) da hava kirliliğine sebep olmakta ve insan yaşamını tehdit etmektedir. Ülkemizde karayolu ulaştırması kaynaklı emisyonların tespit edilmesine yönelik oldukça fazla sayıda çalışma yapılmıştır.

Gerçek (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, 2005-2020 yılları arasında karayolu taşımacılığından kaynaklanan emisyonları tahmin etmek için iki farklı yöntem kullanılmıştır. İlk yöntemde, OECD ortalamasının (390 otomobil/1000 kişi) çok altında olan otomobil ve motorlu araç sahipliğinin 2020 yılında sırasıyla bin kişi başına 332 ve 535 olacağı öngörülmüş olup, buna bağlı olarak "filo bazında" emisyonlar tahmin edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan bir diğer yöntemde ise, karayolundan demir yoluna doğru olabilecek talep kayması göz önünde bulundurularak emisyonlar tahmin edilmiştir. (Tablo 4.14)

Tablo 4.14. Türkiye'de Motorlu Araç Kaynaklı Emisyonlar (Ton)

	Yıl	CO_2 (milyon)	NO_x (Bin)	CH_4	NMVOC (Bin)	CO (Bin)	N_2O
Filo Bazlı Tahmin	2005	49,82	501,84	4 790,34	361,48	2 245,41	2 350,26
	2010	82,47	811,01	7 970, 18	582,84	3 596,77	4 328,50
	2015	123,60	1 149,91	11 200,04	722,20	4 232,31	8 317,68
	2020	184,55	1 608,30	15 505,68	830,52	4 424,12	15 441,73
Talep Bazlı Tahmin	2005	44,89	463,73	7 021,93	458,47	3 018,32	1 688,56
	2010	57,87	606,56	9 096,53	596,03	3 980,05	2 111,15
	2015	76,05	804,64	11 592,35	743,24	4 772,85	2 956,28
	2020	104,72	1 120,17	15 631,85	986,95	6 173,60	4 211,78

Kaynak: Gerçek, 2007: Tablo 5 ve Tablo 12.

Bunun yanı sıra, özellikle dizel motorlu araçlar tarafından havaya karıştırılan "Partikül Maddeler (PM)" kent merkezlerinde insan sağlığını ciddi şekilde etkileyen yerel emisyonlardandır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından, İstanbul'daki üç ana kirlilik kaynağı olan endüstriyel, evsel ve trafik kaynaklı kirlilik emisyonları envanterini çıkarmak amacıyla, "İstanbul'da Şehir Hava Kalitesi Yönetimi Sistemi için GIS Tabanlı Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi" projesi başlatılmış olup,

ortaya çıkan envanter sonucunda İstanbul kent merkezinde karayolu trafiği kaynaklı PM emisyonları 2007 yılı için 5.200 ton olarak ölçülmüştür. Kent merkezlerinde yapılan yolculuklar sonucunda oluşan yakıt maliyetlerini hesaplamak için kullandığımız verilerden faydalanarak, Türkiye geneli kent merkezleri için PM emisyonları yıllık olarak yaklaşık 9.200 ton olarak hesaplanabilmektedir.[170]

HEATCO projesiyle, havaya karışan zararlı gazların maliyetlerini hesaplamak için iki farklı etki alanı ortaya konmuştur. Bunlardan ilki, zararlı gazların havaya karışması sonucu ortaya çıkan ekonomik maliyetken, ikincisi kaybolan yaşam yılı beklentisine ilişkin maliyettir. Havaya karışan bir ton zararlı maddenin maliyeti ortalama olarak, NO_x emisyonları için 2.963 Avro, NMVOC emisyonları için 779 Avro ve PM emisyonları için 328.750 Avro olarak hesaplanmıştır.[171] Söz konusu emisyonların ülkemiz için 2010 yılı maliyetleri, Eşitlik (2)'de yer alan yöntem kullanılarak sırasıyla, yaklaşık 2.100 TL, 550 TL ve 240.000 TL olarak hesaplanabilmektedir.

Ülkemizdeki karayolu ulaştırması kaynaklı emisyonların maliyetlerini hesaplamak için Tablo 4.14'te yer alan NO_x emisyonları ve NMVOC emisyonları değerleri ile PM emisyonları için hesaplanan değer kullanılacaktır. Karayolu ve demiryolu modları arasında önemli bir talep kayması olmadığı varsayımından hareketle, NO_x emisyonlarının ülkemize yıllık maliyeti yaklaşık 1,7 milyar TL, NMVOC emisyonlarının maliyeti yaklaşık 300 milyon TL ve PM emisyonlarının maliyeti ise yaklaşık 2,2 milyar TL olarak hesaplanmaktadır.

Sonuç olarak, karayolu ulaştırması kaynaklı yerel emisyonların ülkemize olan yıllık maliyeti yaklaşık olarak 4,2 milyar TL'dir. Ses kirliliğine ilişkin maliyetler de çevresel maliyetler kapsamına alınabilecek olmakla birlikte, bu çalışmanın kapsamına alınmamıştır.

Çalışmanın bu bölümünde, karayolu ulaştırması kaynaklı yıllık maliyetler beş ana başlık altında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin sonucunda, oluşan maliyetler, Tablo 4.15'te gösterilmektedir.

---

[170] 2007 yılı için hesaplanan PM değerleri, 2010 yılı için de baz değer olarak kabul edilmektedir.
[171] HEATCO, 2006: Tablo 0.11, s.19.

Tablo 4.15. 2010 Yılı Karayolu Ulaştırmasının Yıllık Maliyetleri (Milyon TL)

Yakıt (M1)	Araç Yıpranma (M2)	Kaza (M3)	Zaman (M4)	Çevre (M5)	Toplam
30 000	22 300	10 300	60 000	4 200	126 800

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

2010 yılında ülkemizde karayollarında yapılan yolcu ve yük taşımacılığının toplam maliyeti yaklaşık 127 milyar TL olarak hesaplanmaktadır. Oldukça yüksek olan bu maliyetin azaltılmasında akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları önemli fırsatlar sunmaktadır. Altyapıya yönelik yatırımlar sonucunda oluşturulan "olay yönetimi", "trafik sıkışıklığı ücretlendirme" gibi ileri trafik yönetim sistemleri gerek karayolu ağına ilişkin gerçek zamanlı trafik bilgisinin oluşturulması gerekse karayolu ağının etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Gerçek zamanlı trafik bilgileri üzerine konumlandırılan birçok hizmet sayesinde vatandaşların yolculuklarının daha rahat ve daha kısa olması sağlanabilmektedir. Akıllı ulaştırma sistemleri, geniş karayolu ağında hareket eden filoların yönetilebilmesini sağlayarak gerek toplu taşıma hizmeti sunan yerel yönetimlerin gerekse taşımacılık firmalarının maliyetlerini azaltırken hizmet kalitesini artırmaktadır. Ayrıca, bu sistemler, bir yandan sürücü hatalarından kaynaklanan trafik kazalarının önemli ölçüde azaltılmasını sağlarken bir yandan da e-Çağrı gibi sistemler sayesinde meydana gelen kazaların sonucunda yolcuların hayatta kalma şanslarını önemli ölçüde artırmaktadır.

AB'de akıllı ulaştırma sistemlerinin etkilerinin tespit edilmesine yönelik hazırlanan "Etki Değerlendirmesi" raporunda, akıllı ulaştırma sistemlerinin karayolu ulaştırmasında kullanılmasıyla yolculuk sürelerinin yüzde 25 oranında azaltılabileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca bu raporda, karayolunda meydana gelen trafik kazalarının yüzde 80'den fazlasının sürücü hatalarından kaynaklanmasından dolayı, trafik kazalarının önemli oranda azaltılabileceği ifade edilmektedir.[172]

Bunun yanı sıra, meydana gelen kazaların etkisini azaltmaya yönelik olarak AB'de yapılan bir araştırma sonucunda, e-Çağrı uygulamasının, 2010 yılında meydana gelmesi beklenen kazalar sonucu ölümlerin ve ağır yaralanmaların,

[172] EC, 2008c: s.14 ve s.54.

sırasıyla yüzde 5,76 ve yüzde 7,47 oranında azalacağı ve bu azalmalara karşılık hafif yaralanmaların oranının da yüzde 1,28 oranında artacağı bulunmuştur.[173]

Akıllı ulaştırma sistemlerinin ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılmasıyla elde edilebilecek diğer faydalar, yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonlarındaki azalmalardır. Bu sistemlerin yaygın bir şekilde kullanılmasıyla, araçların yakıt tüketiminin yüzde 12 oranında ve sera gazı emisyonlarının da yüzde 10 oranında azaltılması mümkündür.[174]

Akıllı ulaştırma sistemlerinin ülkemizde uygulanmasıyla elde edilebilecek faydanın ekonomik değeri aşağıdaki tabloda maliyet göstergeleri bazında gösterilmektedir. Sonuç olarak, ülkemizdeki mevcut karayolu ağının tamamını kapsayacak şekilde yapılacak yıllık 16,4 milyar TL[175] yatırım yapılması sonucunda, karayolu ulaştırması kaynaklı maliyetlerin yıllık olarak yaklaşık 33 milyar TL azaltılması mümkün olmaktadır. (Tablo 4.16)

Tablo 4.16. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Sonucunda Elde Edilebilecek Maliyet Tasarrufu (Milyon TL)

Yakıt (M1)	Araç Yıpranma (M2)	Kaza (M3)	Zaman (M4)	Çevre (M5)	Toplam
3 600	5 575	8 325	15 000	436	**32 936**

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Akıllı ulaştırma sistemlerinin kullanımıyla sağlanabilecek bu faydaların yanı sıra, bu sistemlere ilişkin teknoloji ve uygulamaların ülkemizde üretilmesi de ayrıca ele alınması gereken bir konudur. Bu sayede, hem dışa bağımlılığın azaltılması hem de yerli ürünlerin dış pazarlara açılması sağlanabilecektir. Ülkemiz için kronik bir sorun haline gelmiş olan dış ticaret açığı kaynaklı cari açığın azaltılmasında bu tarz yenilikçi ürünlerin önemi göz ardı edilmemelidir. Uluslararası ticarette artan rekabet

[173] eIMPACT Projesi, 2008: Tablo 5, s.35.
[174] Diebold, 1995: s.45.
[175] Akıllı ulaştırma sistemlerine ilişkin altyapı maliyeti 2010 yılı fiyatlarıyla yıllık 255.000 TL/km olarak hesaplanmaktadır. Ülkemizdeki karayolu ağının toplam uzunluğu 2010 yılı itibarıyla 64.319 km olup, bu kapsamda bir altyapı yatırımı yapılmadan önce, yatırım yapılacak altyapıların belirli bir önceliklendirme kapsamında belirlenmesi ve bu tip sabit yatırımları asgari düzeyde tutacak "yenilikçi çözümlerin" öncelikli olarak uygulanması tavsiye edilmektedir.

göz önünde bulundurulduğunda, emek-yoğun ürünler yerine ileri teknoloji ürünleri alanında rekabet gücünün artırılması stratejik bir hedef olarak ele alınmalıdır.

Çalışmanın bu bölümünde, ülkemizin akıllı ulaştırma sistemleri alanında yapacağı altyapı yatırımları ve bu yatırımlar tarafından tetiklenecek olan AR-GE ve ürün geliştirme faaliyetlerinin kalkınma sürecindeki olası etkileri üzerine değerlendirme yapılmaktadır. Bu alanda yapılan değerlendirmeler, fırsatların ortaya konulması ve bu doğrultuda ihtiyaç duyulabilecek konuların belirlenmesi amacını taşımaktadır. Bu konunun ülkemizin kalkınma hedefleri çerçevesinde etki analizinin ayrı bir çalışma kapsamında yapılması tavsiye edilmektedir.

4.2. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Alanındaki Fırsatlar ve İhtiyaçlar

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi, akıllı ulaştırma sistemleri alanındaki uygulamaların pazar büyüklüğünün 2010 yılı itibarıyla 24 milyar ABD Doları'na ulaştığı tahmin edilmektedir. Pazarın 2015 yılındaki büyüklüğünün ise 65 milyar ABD Doları'na ulaşacağı öngörülmektedir. Ülkemizin oldukça hızlı büyüyen bu pazar içinde yer almasının kaçınılmaz olduğu değerlendirilmektedir. Ancak, bu ürünlerin ülkemiz iç piyasasına nüfuzunun doğurabileceği olumsuz makroekonomik etkilerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Bununla birlikte, akıllı ulaştırma sistemleri, ülkemiz bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu kapsamda, kamu kesimi tarafından yürütülecek projeler ve sağlanacak desteklerin çok önemli olduğu düşünülmektedir. Kamu kesimi tarafından yürütülecek uygulama projeleri, özel sektör ya da araştırma kuruluşları tarafından ortaya konan yenilikçi uygulamaların "ticarileşme" aşamasında ihtiyaç duyacağı üretim ölçeğini ve finansal kaynağı sağlaması açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla, kamu kesiminin yeni ürün ve hizmetlerin ilk alıcısı olduğu "Ticarileşme Öncesi Kamu Alımı (PCP - Pre-Commercial Procurement)" gibi yöntemler ve vergi teşvikleriyle bu alanda ürün geliştiren kesimlerin desteklenebileceği düşünülmektedir. Böylece, bir yandan ulaştırma sektöründe insan ve yük taşımacılığına ilişkin maliyetler düşürülürken bir yandan da yapılacak yenilik faaliyetleriyle ekonomik büyüme ve istihdam sağlanabilecektir.

ITS America tarafından 2 Aralık 2009 tarihinde dönemin ABD Temsilciler Meclisi'ne gönderilen mektupta, 2030'a kadar akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarıyla ilgili olarak 600 bin yeni iş yaratılacağının tahmin edildiği belirtilmektedir. Bu mektupta, akıllı ulaştırma sistemleri alanında yapılacak yatırımlar sayesinde, birçok sektörde istihdam artışı ve ekonomik büyüme sağlanacağı vurgulanmaktadır. Bu sektörler arasında otomotiv, bilgi teknolojileri ve tüketici elektroniği gibi sektörler yer almaktadır. Aynı mektupta, gerçek zamanlı trafik bilgisi sistemleri alanında yapılacak 1,2 milyar ABD Doları tutarında bir yatırımla çevre, hareketlilik ve güvenlik konularında toplam 30,2 milyar ABD Doları fayda elde edilebileceği ifade edilmektedir.[176]

Ülkemiz için de geçerli olan bu fırsatların başarıya dönüştürülebilmesinde yeterli ve nitelikli insan kaynağının sağlanması gerekmektedir. Birçok ülkede, gerek yeni ürünlerin ve hizmetlerin geliştirilmesi için gerekli olan teknik becerilerin gerekse bu sistemlerinin planlanması uygulanması ve yönetilmesi için gerekli olan uygulama becerilerinin geliştirildiği ve yalnızca akıllı ulaştırma sistemleri odaklı yüksek lisans düzeyinde programlar bulunmaktadır. Ancak, ülkemizdeki üniversitelerde akıllı ulaştırma sistemleri alanında herhangi bir yüksek lisans programı olmamakla birlikte, bu konu inşaat mühendisliği bölümü altında yer alan ulaştırma mühendisliği gibi yüksek lisans programları altında ders olarak okutulmaktadır. Elektronik, haberleşme, bilgi teknolojileri, yöneylem araştırması, şehir planlama, ulaştırma mühendisliği ve ulaştırma iktisadı gibi birçok disiplinle doğrudan ilişkili olan bu konunun ülkemizde en az yüksek lisans düzeyinde eğitiminin verilmesi gerekmektedir.

4.3. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Projelerinin Değerlendirilmesi

Günümüze kadar, akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin tasarlanmasına ve değerlendirilmesine yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Çalışmaların bir kısmı, diğer ulaştırma yatırım projeleri için de uygun bir analiz yöntemi olan "Fayda ve Maliyet Analizi" yöntemine odaklanmaktadır. Ancak, akıllı ulaştırma sistemlerinin bilgi tabanlı yatırımlar olmaları sebebiyle, yakın zamanda literatüre girmiş olan pek

[176] ITS America, 2009.

çok kaynakta bu sistemlerin değerlendirilmesinde geleneksel ulaştırma sistemleri için kullanılan yöntemler yanında "Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)", "Çoklu Ölçüt Analizi (MCA – Multi-Criteria Anaysis)" ve "Doğrusal Programlama (LP – Linear Programming)" gibi başka yöntemler önerilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde, öncelikli olarak, akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin tasarımında ve değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlere ilişkin literatür bilgisi verilecektir. Daha sonra, doğrusal programlama prensiplerine dayalı "jenerik" bir yatırım karar destek modeli sunulacak olup, bu modelin performansı test edilecektir.

4.3.1. Literatürde akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin değerlendirilmesi

2001 yılında Michigan'da bulunan I-496 karayolunun yeniden yapılması aşamasında trafik akışının kontrol edilmesi amacıyla kurulan akıllı ulaştırma sistemleri uygulaması için fayda maliyet analizi yapılmıştır. ABD'nin çeşitli bölgelerinde gerçekleştirilen akıllı ulaştırma sistemleri projelerinden elde edilen verilerin kullanıldığı bu çalışmada, toplam 2,5 milyon ABD Dolarına mal olacak yatırımın 6,5 milyon ABD Doları net fayda sağlayacağı bulunmuştur. Elde edilecek faydalar arasında kaza sayısı, yakıt tüketimi, yolculuk süresi ve olumsuz çevresel etkilerde azalma ile vatandaş memnuniyeti ve verimlilik artışı sayılmaktadır.[177]

Birnerova ve Kral (2006: s.22), akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının faydaları uzun vadede ortaya çıkacak yüksek maliyetli yatırımlar olmaları sebebiyle, bu yatırımların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve belirlenen şartlara göre en uygun akıllı ulaştırma sistemlerinin seçilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu nedenle, söz konusu çalışmada, akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin değerlendirilmesinde fayda maliyet analizi yönteminin uygun bir değerlendirme aracı olduğu ifade edilmekte olup, bu yöntemin aynı zamanda karar vericiler için bir karar destek sistemi niteliğinde olduğu belirtilmektedir.

Haynes ve Li (2004: ss.139-144) tarafından yapılan çalışmada, akıllı ulaştırma sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırma süreçlerinin doğal birer parçası olan teknolojik, kurumsal, sosyal, ekonomik ve finansal belirsizlikler, akıllı

[177] Kratofil, 2001: Tablo 6, s.54.

ulaştırma sistemleri projelerinin değerlendirilmesinde fayda ve maliyet analizi gibi geleneksel yöntemlerin yetersiz kalmasına neden olduğu belirtilmektedir. Söz konusu çalışmada, fayda ve maliyet analizi yöntemine iki konunun eklenmesi gerektiği ifade edilmektedir. Bu konulardan ilkinin akıllı ulaştırma sistemlerinin bölgesel ekonomiye olan pozitif dışsallıkların bölgenin verimlilik artışı ve ekonomik büyümesine katkısına çevrilmesi ve ikincisinin ise fayda ve maliyet analizi yöntemine sistemsel yaklaşımın eklenmesi olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, bu çalışmada akıllı ulaştırma sistemlerinin değerlendirilmesi sürecindeki belirsizliği azaltmak amacıyla, yeni bir bilişsel yaklaşım tanıtılmaktadır.

New York Eyaleti Ulaştırma Departmanı tarafından kullanılan bir bilgisayar tabanlı karar destek sistemi hakkında bilgi verilen çalışmada Thill vd. (2004: s.577), söz konusu sistemin akıllı ulaştırma sistemlerinin faydalarını hesaplayan ITSOAM (ITS Options Analysis Model – Akıllı Ulaştırma Sistemleri Opsiyon Analiz Modeli) modülü ile her bir akıllı ulaştırma sistemleri uygulamasının tesis edilmesi sürecinde ortaya çıkacak maliyetleri belirleyen CEIT (Cost Estimates of Intelligent Transportation Technologies – Akıllı Ulaştırma Teknolojilerinin Maliyet Hesaplaması) modülü olmak üzere iki farklı modülden oluştuğunu belirtmektedir. Önceki yıllarda yapılmış olan çalışmalardan derlenen verilerin içerildiği bu sistemin, zamanla sisteme daha fazla veri aktarılmasıyla planlamacılar için daha etkili bir yönetim aracı haline geleceği vurgulanmaktadır.

Nokkala (2004: s.120), akıllı ulaştırma sistemleri alanında yapılan yatırımlar sonucunda mevcut fayda ve maliyet analizi çerçevesine ilişkin iki temel alanda değişiklik yapılması ihtiyacının ortaya çıktığını ifade etmektedir. Bu alanlardan ilki, teknolojide yaşanan hızlı değişime bağlı olarak akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının geleneksel ulaştırma yatırımlarına göre daha sık bakım yapılma ihtiyacının olması ve yatırım ortamından daha az etkilenmesi sebebiyle, bu yatırımlar için farklı bir indirgeme oranının kullanılması gerektiği, ikincisi ise uygulanacak pilot projelerden elde edilecek fayda değerlerinin yatırımlara ilişkin fayda ve maliyet analizlerinin daha etkili olmasını sağlaması olarak belirtilmektedir. Finlandiya'da yapılan çalışmalar sonucunda, akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarında ulaştırma

yatırımlarına göre daha düşük bir indirgeme oranı kullanılabileceğinin ortaya konduğu vurgulanmaktadır.

Stevens (2004: ss.92-93), akıllı ulaştırma sistemlerinin değerlendirilmesinde fayda ve maliyet analizi yönteminin kullanılabileceğini, ancak bu yatırımların sosyal etkilerinin göz ardı edilmemesi gerektiğini belirtmektedir. Kamu sektörü tarafından yapılan akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarında, bütün topluma ilişkin faydaların ve maliyetlerin parasal değerlerinin belirlenmesi gerektiğinin altı çizilen bu çalışmada, fayda ve maliyet analizi yönteminin çoğu zaman tek başına yeterli olamayacağı vurgulanmaktadır. Özellikle "gayri maddi" maliyetleri oluşturan hava kirliliği, sosyal meseleler, yolculuk konforu gibi konuların fayda ve maliyet analizi kapsamında değerlendirilmesi gerektiği ifade edilen bu çalışmada, yakın bir zamanda olmasa da çoklu ölçüt analizi yönteminin akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesinde alternatif bir yöntem olarak öne çıkacağı öngörüsünde bulunulmaktadır.

Akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesinde çoklu kriter analizi uygulamasına ilişkin De Brucker vd. (2004: ss.152-155) tarafından yapılan çalışmada, çoklu kriter analizi yönteminin teorik temelleri hakkında bilgi verilmekte olup, bu yöntemin teorik uygulamada kullanımına ilişkin takip edilmesi gereken adımlar sıralanmaktadır. Bu çalışmada, refah ekonomisine dayalı bir yöntem olan fayda ve maliyet analizinin aksine, çoklu kriter analizi yönteminin yöneylem araştırmasına dayandığı belirtilmektedir. Akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesinde, çoklu kriter analizinin, fayda ve maliyet analizi, maliyet etkililiği analizi ve finansal analiz gibi yöntemlere göre daha etkili bir araç olduğunun altının çizildiği bu çalışmada, bu yöntemin çok farklı paydaş gruplarının ihtiyaçlarına cevap vererek toplumsal çelişkileri çözmede oldukça başarılı olduğu ifade edilmektedir.

Fayda ve maliyet analizi ve çoklu ölçüt analizi yöntemlerinden ayrı olarak, akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesinde kullanılabilen bir başka yöntem ise veri zarflama analizidir. Nakanishi ve Falcocchio (2004: s.182), veri zarflama yönteminin, kamu kesimi tarafından yapılan akıllı ulaştırma sistemleri

yatırımlarının değerlendirilmesinde önemli katkı sağlayacak bir araç olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada, çok sayıda girdi ve çıktının dikkate alınmasının gerektiği ve bunların parasal olarak ifade edilmesinin zor olduğu durumlarda etkili bir değerlendirme aracı olarak kullanılabilen veri zarflama analizi yöntemiyle, kamu kesimi tarafından yürütülen farklı akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin performanslarının etkili bir şekilde değerlendirilebileceği belirtilmektedir.

Zhicai vd. (2006: s.344) tarafından yapılan çalışmada, akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesinde fayda ve maliyet analizi yönteminin hala en etkin yöntemlerden biri olduğu vurgulanmakta olup, pek çok analizde sosyoekonomik etkilerin göz ardı edildiği belirtilmektedir. Sosyoekonomik etkilerin politika belirleme sürecindeki önemine değinilen bu çalışmada, konvoy sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesinde fayda ve maliyet analizi ile veri zarflama analizi yöntemleri kullanılmaktadır. Fayda ve maliyet analizi sonucunda, üç şeritli bir yol için konvoy trafiğinin yüzde 30'un üzerinde ve trafik talebinin de 5.500 araç/saat 'ten daha fazla olması durumunda konvoy sistemlerinin yapılabilir oldukları ortaya konmaktadır. Ayrıca, veri zarflama analizi değerlendirme sonuçlarına göre, talepte yaşanan artış, veri zarflama analizinin bağıl etkinliğini de artırmaktadır.

Akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının muhtemel etkilerinin hesaplanmasının öneminin üzerinde durulduğu çalışmada, Özbay ve Bartın (2004: s.221) tarafından, tam marjinal maliyet yaklaşımıyla mikroskobik simülasyon tekniğinin birleştirildiği yeni bir değerlendirme metodolojisi tanıtılmaktadır. Tam marjinal maliyet yaklaşımının kullanılmasıyla, akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarının, yolculuk zamanının yanı sıra kaza, altyapı ve çevresel maliyetler üzerine etkisinin ölçülebildiği ifade edilen bu çalışmada, önerilen yeni metodolojinin mikroskobik simülasyon tekniğini kullanarak, değişken mesaj sistemlerinin sıkışık bölgelerdeki etkilerinin hassas bir şekilde hesaplanmasını sağladığı belirtilmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri alanında kamu veya özel kesim tarafından yapılan AR-GE ve yenilik çalışmaları sonucunda birçok farklı uygulama ortaya çıkmaktadır. Bu durum, farklı hizmetlerden yararlanmak için farklı platformları kullanmaya neden olabilmektedir. Şöyle ki, yapılan yatırımlar sonucunda, yollarda meydana gelen

kazaların bilgisini sunan bir hizmet ve sürücü hatalarından meydana gelen kazaları azaltmayı amaçlayan bir başka hizmet için iki farklı cihaz alınması gerekebilmektedir.

Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda, akıllı ulaştırma sistemlerinin "bilgi tabanlı" sistemler olmaları nedeniyle, farklı uygulamaların ortak bir platformdan maliyet etkin bir şekilde sunulabileceği vurgulanmaktadır. GINA (GNSS for INnovative road Applications – Yenilikçi Karayolu Uygulamaları için Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) projesi kapsamında ortaya konan "Avrupa Elektronik Ücret Toplama (European Electronic Tolling)" sistemi ile yine Topluluk kapsamında geliştirilen ve meydana gelen kazalara müdahale süresini azaltmayı amaçlayan e-Çağrı uygulaması birçok hizmeti taşıyabilecek platformları sunmaktadır. [178, 179]

Ayrıca, "telematikler hizmet sağlayıcıları" tarafından sunulan farklı hizmetler, karayolu ulaştırmasındaki sorunlu alanlarda benzer iyileştirme sağlayabilmektedir. Örneğin, trafik kazalarının e-Çağrı uygulamasıyla yüzde 2 oranında azaltılabileceği ve "akıllı hız uyumu" sistemiyle de yüzde 3 oranında azaltılabileceği düşünüldüğünde, her iki uygulamanın birlikte devreye alınması durumunda elde edilecek iyileşmenin yüzde 3 ve yüzde 5 arasında olması beklenmektedir.[180]

Böylece, bu alanda yapılacak projelerin değerlendirilmesinde, uygulamaların ortak platformlar üzerinde geliştirilmesi sonucu proje maliyetlerinde elde edilecek tasarruf miktarı ile uygulamaların birlikte projelendirilmesi sonucunda sağlanacak faydanın analiz çalışmalarında dikkate alınması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bundan dolayı, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarına ilişkin yatırım kararının verilmesi ve yatırıma ilişkin projelerin değerlendirilmesi sürecinde geleneksel fayda ve maliyet analizleri yeterli olmayacaktır. Bu doğrultuda, akıllı ulaştırma sistemleri alanında yürütülecek projelerin değerlendirilmesinde bir matematiksel modelleme yöntemi olan doğrusal programlamadan faydalanılabilmektedir.

---

[178] Ditz, 2007.
[179] Leinberger, 2008.
[180] Mbiydzenyuy vd., 2009.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının değerlendirilmesinde doğrusal programlama yönteminin kullanılmasına ilişkin literatürde fazla çalışma bulunmamaktadır. Mbiydzenyuy vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, yük taşımacılığı alanında kullanılan telematikler hizmetleri değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada, farklı telematiklerden oluşan bir akıllı ulaştırma sistemleri mimarisi oluşturmak için bu yöntemden faydalanılmıştır.

4.3.2. Akıllı ulaştırma sistemleri projelerinin tasarımı için yatırım karar destek modeli önerisi

Çalışmanın bu bölümünde, Mbiydzenyuy vd. (2009) tarafından önerilen model, Karayolları Genel Müdürlüğü veya yerel yönetimler tarafından yapılacak akıllı ulaştırma sistemleri yatırımlarında kullanılabilecek "jenerik" bir karar destek modeli olarak uyarlanmaktadır. Bu modelde, Şekil 4.1'de görüldüğü üzere, alternatif uygulamalara ilişkin fonksiyonlar[181], fonksiyon maliyetleri ve uygulama faydaları gibi değerler kullanılarak, belirli bir bütçe kısıtı içinde geliştirilebilecek en uygun uygulama paketleri[182] oluşturulmaktadır.

Şekil 4.1. Akıllı Ulaştırma Sistemleri Yatırım Karar Destek Modeli

Kaynak: Mbiydzenyuy vd. (2009) Şekil 5.2 (s. 94) kullanılarak yazar tarafından uyarlanmıştır.

Önerilen model, farklı akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının kullandığı ortak fonksiyonlar için mükerrer yatırımlar yapılmaması sonucu maliyet tasarrufu

[181] Fonksiyon ifadesi, bir uygulamanın hayata geçirilmesi için gerekli teknoloji yatırımları anlamında kullanılmaktadır. Örnek: yol kamerası, elektronik pano, sensörler, uzaktan okuma sistemleri vs.
[182] Uygulama paketi ifadesi, farklı akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının birlikte sunulduğu çözümler için kullanılmaktadır.

sağlayarak, belirli bir bütçe içinde "en uygun" uygulama paketini oluşturmayı amaçlamaktadır.

Varsayımlar:

A 1. Farklı uygulamalar tarafından ortak fonksiyon kullanılması durumunda, paket için yalnızca bir kez fonksiyon yatırımı yapmak yeterli olacaktır.

A 2. Paket içinde yer alan farklı uygulamalar sonucu elde edilecek belirli bir alandaki toplam fayda[183], en az pakette yer alan uygulamalardan en fazla faydayı sağlayan uygulamanın o alanda sağlayacağı fayda kadar, en fazla ise paketteki bütün uygulamaların o alanda sağlayacağı toplam fayda kadar olmaktadır.

Kümeler:

B: Fayda sağlanacak maliyet alanları kümesi (zaman, yakıt, kaza vb.)

S: Uygulama kümesi (olay yönetimi, trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemi vb.)

F: Fonksiyon kümesi (trafik kamerası, sensör, kablolama, akıllı trafik lambası vb.)

Parametreler:

$PT_i, i \in B$	Paket içinde yer alan uygulamalar sayesinde, her bir maliyet alanında elde edilebilecek toplam tasarruf oranı
$UT_{ij}, i \in B, j \in S$	Her bir uygulamanın maliyet tasarruf oranları
$M_i, i \in B$	Her bir maliyet alanına ilişkin gösterge maliyet büyüklüğü
$C_k, k \in F$	Her bir fonksiyonun maliyeti
$x_{jk}, j \in S, k \in F$	Eğer uygulama j fonksiyon k gerektiriyorsa, 1 Diğer durumda, 0
$\beta > 0$	Yatırım bütçesi

[183] Modelde kullanılan fayda, uygulamalar sonucu maliyetlerde sağlanan tasarruf olarak belirlenmektedir. Fayda sağlanacak alanlar olarak, önceki bölümde belirlenen gösterge maliyet alanları kullanılacağı gibi, yatırım yapılacak bölgenin özelliklerine uygun farklı alanlar da kullanılabilir.

$\alpha \in [0,1]$ Belirsizlik katsayısı

$\alpha = 0$ Karamsar senaryo

$\alpha = 1$ İyimser senaryo

Değişkenler:

$u_j, j \in S$ Eğer uygulama j seçilirse, 1

Diğer durumda, 0

$f_k, k \in F$ Eğer fonksiyon k seçilirse, 1

Diğer durumda, 0

Belirtilen varsayımlar çerçevesinde, akıllı ulaştırma sistemleri alanında yapılacak projelere ilişkin olarak belirli bütçe içerisinde yapılabilecek en uygun uygulama paketinin oluşturulması için önerilen yatırım karar destek modeli aşağıda yer almaktadır. Modelde yer alan eşitliklerin açıklaması ayrıca sunulmaktadır.

$$Max \sum_{i \in B} PT_i \times M_i$$

$$s.t.$$

$$PT_i = \alpha \times \sum_{j \in S} u_j \times UT_{ij} + (1-\alpha) \times \underset{j \in S}{Max}\{u_j \times UT_{ij}\} \quad \forall i \in B$$

$$\underset{j \in S}{Max}\{u_j \times UT_{ij}\} \le PT_i \le \sum_{j \in S} u_j \times UT_{ij} \quad \forall i \in B, \quad \forall j \in S$$

$$0 \le PT_i \le 1 \quad \forall i \in B$$

$$u_j \times x_{jk} \le f_k, \quad \forall j \in S, \quad \forall k \in F$$

$$\sum_{k \in F} f_k \times C_k \le \beta$$

Amaç fonksiyonu:

Amaç fonksiyonu, aşağıda belirtilen kısıtlara uygun olarak elde edilebilecek "maliyet tasarrufunu" maksimize etmeye çalışmaktadır.

$$Max \sum_{i \in B} PT_i \times M_i \tag{3}$$

Kısıtlar:

C 1. Bir uygulama seçildiğinde, bu uygulamayla birlikte bütün fonksiyonlar da birlikte gelmektedir.

$$u_j \times x_{jk} \leq f_k, \quad \forall j \in S, \quad \forall k \in F \tag{4}$$

C 2. Paket içinde yer alan uygulamalar sonucu her bir maliyet alanında elde edilecek toplam maliyet tasarruf oranı, en az pakette en fazla tasarrufu sağlayan uygulamanın tasarruf oranı kadar, en fazla ise uygulamaların toplam tasarruf oranı kadar olmaktadır.[184]

$$\underset{j \in S}{Max} \left\{ u_j \times UT_{ij} \right\} \leq PT_i \leq \sum_{j \in S} u_j \times UT_{ij} \quad \forall i \in B, \quad \forall j \in S \tag{5}$$

C 3. Paket içinde yer alan uygulamalar sonucu her bir maliyet alanında elde edilebilecek toplam fayda oranı 0 ve 1 arasında bir değer alabilmektedir.

$$0 \leq PT_i \leq 1 \quad \forall i \in B \tag{6}$$

C 4. Paket içinde yer alan uygulamalar için gerekli olan fonksiyonlara ilişkin maliyet yatırım bütçesini aşamamaktadır.

$$\sum_{k \in F} f_k \times C_k \leq \beta \tag{7}$$

Önerilen model, farklı belirsizlik değişkeni α değerlerini kullanarak paket içerisinde yer alan uygulamalardan elde edilebilecek farklı fayda miktarları için

[184] Eşitlik (5)'te yer alan "maksimum fonksiyonunun" sürekli olmayan bir fonksiyon olmasından dolayı, maksimum fonksiyonu yerine $Max\{\Gamma, \Phi\} = \frac{\sqrt{(\Gamma - \Phi)^2} + (\Gamma - \Phi)}{2} + y \quad \forall \Gamma, \Phi \in R$ fonksiyonu kullanılabilir.

analiz yapma imkânı vermektedir. Eşitlik (8)'de görüldüğü üzere, karamsar senaryoda ($\alpha = 0$) paketteki uygulamalar sonucu her bir maliyet alanında elde edilecek tasarruf oranı $\underset{j \in S}{Max}\{u_j \times UT_{ij}\}$ değerine eşit olurken, iyimser senaryoda ($\alpha = 1$) elde edilebilecek tasarruf oranı $\sum_{j \in S} u_j \times UT_{ij}$ değerine eşit olmaktadır.[185]

$$PT_i = \alpha \times \sum_{j \in S} u_j \times UT_{ij} + (1-\alpha) \times \underset{j \in S}{Max}\{u_j \times UT_{ij}\} \quad \forall i \in B \tag{8}$$

4.3.3. Örnek uygulama

Çalışmanın bu bölümünde, örnek bir uygulama olarak, 5 farklı gösterge maliyet alanında değişik oranlarda fayda sağlayan 8 farklı akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarını kapsayan bir analiz çalışması yapılmıştır (Tablo 4.17). Çalışmanın amacı, önerilen yatırım karar destek modelinin fayda-maliyet oranı dikkate alınarak yapılan analizlere göre performansının test edilmesidir. Bu çalışmada, veri seti olarak "rastgele türetilmiş" olduğu varsayılan verilerden oluşan veri seti, modelleme aracı olarak GAMS programı ve çözüm aracı olarak da CPLEX kullanılmıştır.

Tablo 4.17. Uygulamaların Maliyet Alanlarına Göre Tasarruf Oranları

Uygulama	T1	T2	T3	T4	T5
S1	0,15	0,05	0,03	0,10	0,15
S2	0,15	0,05	0,03	0,05	0,20
S3	0,05	0,10	0,06	0,06	0,10
S4	0,00	0,03	0,01	0,09	0,16
S5	0,00	0,15	0,05	0,07	0,02
S6	0,13	0,14	0,08	0,05	0,08
S7	0,10	0,10	0,10	0,00	0,09
S8	0,05	0,14	0,00	0,10	0,09

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

[185] Bu eşitlik, uygulamaların paketler içinde beraber kullanılmalarına yönelik herhangi bir bilgi olmadığı varsayımına dayanmaktadır. Bundan dolayı, eşitliğin bu varsayım dikkate alınarak kullanılması gerekmektedir. Eğer, uygulamaların beraber kullanılmaları durumunda elde edilebilecek tasarruf oranları, daha önce yapılmış projeler sonucu elde edilmişse, bu oranlar kullanılmalıdır.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları aralarında araçtan araç iletişim, uydu konumlama, yol merkez iletişimi, araç merkez iletişimi gibi teknolojilerin olduğu 10 farklı fonksiyona ihtiyaç duymaktadır (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Uygulamaların İhtiyaç Duyduğu Fonksiyonlar

Uygulama	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
S1	X		X		X	X	X			
S2	X	X			X	X		X		
S3				X		X	X		X	
S4								X	X	X
S5		X		X			X			
S6	X	X	X					X		X
S7		X	X				X		X	
S8	X		X		X			X		

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

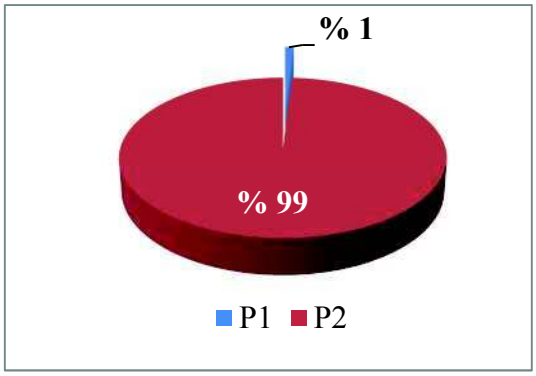
Örnek uygulamada her bir fonksiyonun birim maliyeti eşit ve 1 olarak kabul edilmektedir ($C_k = 1, k \in K$). Ayrıca, her bir maliyet alanına ilişkin maliyet büyüklükleri eşit ve 100 olarak kabul edilmektedir ($M_i = 100, i \in B$).[186] Belirsizlik katsayısı α değeri de yüzde 1'lik değer artışlarıyla 0 ile 1 arasında değişmekte olup, 101 farklı belirsizlik senaryosu oluşturulmuştur. Yatırım bütçesi olarak da 7 farklı bütçe senaryosu oluşturulmuştur.[187]

Önerilen model yukarıda verilen maliyet parametrelerine ve yatırım bütçesi kısıtına göre her bir senaryo için çözülmüştür. Yatırım bütçesi $\beta_1 = 3$ olduğu durumda, 100 farklı senaryo için en uygun paket içinde S5 uygulaması bulunurken, yalnızca 1 senaryoda S4 uygulaması bulunmaktadır. Yatırım bütçesi $\beta_2 = 4$ olduğu

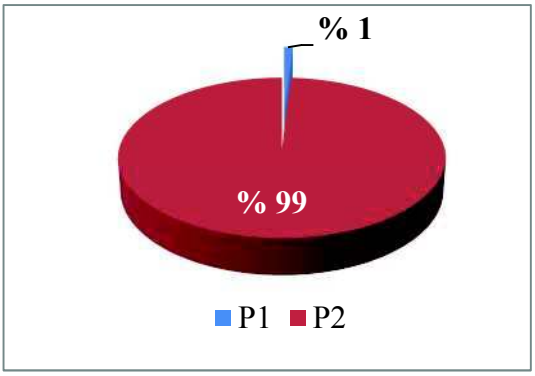
[186] Uygulamalar sonucu elde edilebilecek toplam fayda (maliyet tasarrufları) ve uygulama maliyetlerinin bugünkü değerlerinin hesaplandığı, çalışmaya konu her bir uygulamanın net karının pozitif olduğu ve fayda-maliyet oranlarının net bugünkü değerler üzerinden hesaplandığı varsayılmaktadır.
[187] Bütçe ve maliyet kalemleri birim maliyetlerle ifade edilmektedir.

durumda ise, S5 uygulaması yalnızca 1 senaryoda paket içinde yer alırken, bu kez S7 uygulaması 100 farklı senaryoda en uygun paket içinde yer almaktadır (Grafik 4.1).

Grafik 4.1. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_1 = 3, \beta_2 = 4$)



$P1 = \{S4\}\ ve\ P2 = \{S5\}$

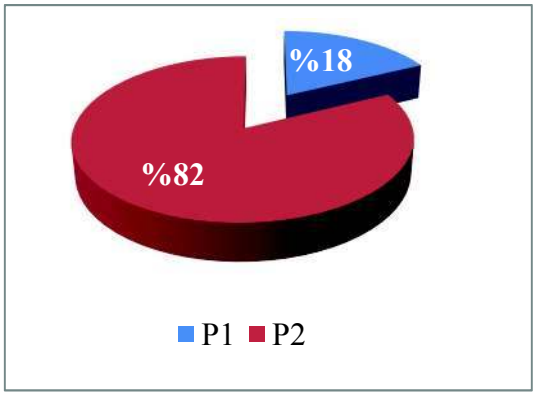


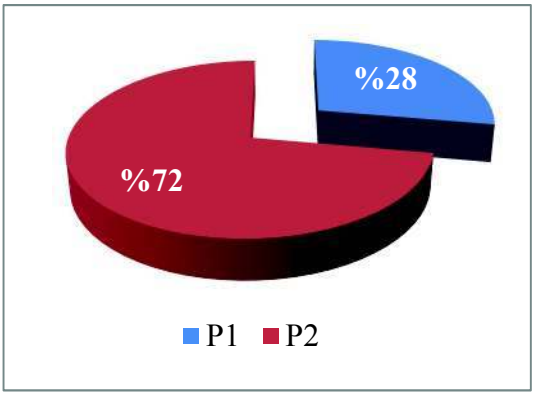
$P1 = \{S5\}\ ve\ P2 = \{S7\}$

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yatırım bütçesi $\beta_3 = 5$ olduğu durumda, 18 farklı senaryo için en uygun paket içinde yalnızca S2 uygulaması bulunurken, 83 farklı senaryoda S5 ve S7 uygulamaları birlikte bulunmaktadır. S5 uygulaması 3 farklı fonksiyon ve S7 uygulaması da 4 farklı fonksiyona ihtiyaç duyan uygulamalar olmaları sebebiyle, ayrı ayrı yatırım yapılması durumunda yatırım bütçesi $\beta_3 = 5$ yeterli olmamaktadır. Ancak, bu iki uygulama ortak fonksiyonlar içermelerinden dolayı, birlikte projelendirilip tasarruf elde edilebilmektedir. Yatırım bütçesi $\beta_4 = 6$ olduğu durumda ise, 28 farklı senaryoda S2 ve S8 uygulamaları en uygun paket içinde yer alırken, 73 farklı senaryoda S3, S5 ve S7 uygulamaları birlikte bulunmaktadır. (Grafik 4.2)

Grafik 4.2. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_3 = 5, \beta_4 = 6$)



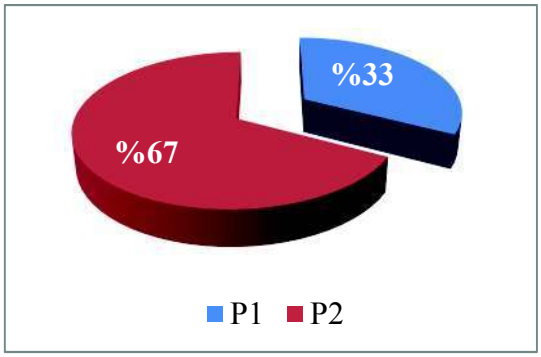


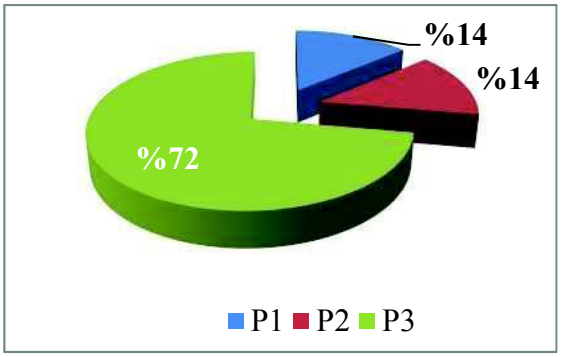
$P1 = \{S2\}$ *ve* $P2 = \{S5, S7\}$ $\qquad$ $P1 = \{S2, S8\}$ *ve* $P2 = \{S3, S5, S7\}$

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yatırım bütçesi $\beta_5 = 7$ olduğu durumda, 33 farklı senaryo için en uygun paket içinde S1, S2 ve S8 uygulamaları birlikte bulunurken, 68 farklı senaryoda S2, S6 ve S8 uygulamaları birlikte bulunmaktadır. Yatırım bütçesi $\beta_6 = 8$ olduğu durumda ise, 14 farklı senaryoda S1, S2, S5 ve S8 uygulamaları ve 14 farklı senaryoda S1, S2, S7 ve S8 uygulamaları en uygun paket içinde yer alırken, 73 farklı senaryoda ise S1, S2, S6 ve S8 uygulamaları birlikte bulunmaktadır (Grafik 4.3).

Grafik 4.3. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_5 = 7, \beta_6 = 8$)



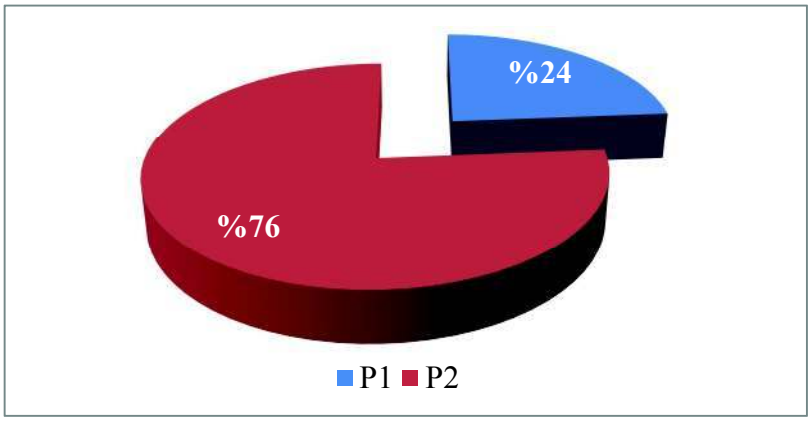


$P1 = \{S1, S2, S8\}$ *ve* $P2 = \{S2, S6, S8\}$ $\qquad$ $P1 = \{S1, S2, S5, S8\}$ $P2 = \{S1, S2, S7, S8\}$ $P3 = \{S1, S2, S6, S8\}$

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yatırım bütçesi $\beta_7 = 9$ olduğu durumda ise, 24 farklı senaryoda en uygun paket içinde S1, S2, S3, S5, S7 ve S8 uygulamaları bulunurken, 77 farklı senaryoda S1, S2, S4, S6, S7 ve S8 uygulamaları birlikte bulunmaktadır (Grafik 4.4). Yatırım bütçesinin bütün fonksiyonların devreye alınması için ihtiyaç duyulan miktar olan 10'a çıkarılması durumunda ise, bütün uygulamaların tek bir paket içinde projelendirildiği söylenebilmektedir.

Grafik 4.4. En Uygun Paket Dağılımı ($\beta_7 = 9$)



$$P1 = \{S1, S2, S3, S5, S7, S8\}$$
$$P2 = \{S1, S2, S4, S6, S7, S8\}$$

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.3.4. Önerilen modelin değerlendirilmesi

Her bir uygulamaya ilişkin toplam maliyet ve elde edilebilecek toplam tasarruf miktarları, Tablo 4.17 ve 4.18'de yer alan bilgiler kullanılarak Tablo 4.19'da hesaplanmaktadır.[188] Geleneksel yöntemler kullanıldığında, uygulamalar arasında önceliklendirme yapılmak istendiği zaman fayda-maliyet oranlarına göre sıralama yapılmaktadır. Bundan dolayı, yatırım kararı verilirken fayda-maliyet oranı en yüksek olan S7 uygulamasının öncelikli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, örnek uygulama için öncelik sırası, S7, S4, S5, S1, S2, S6, S8 ve S3 şeklindedir.

[188] Her bir uygulama için hesaplanan toplam maliyet ve tasarruf miktarının (fayda) net bugünkü değerler üzerinden hesaplandığı varsayılmaktadır.

Tablo 4.19. Uygulamaların Fayda ve Maliyet Büyüklükleri

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Maliyet (PVC)	5	5	4	3	3	5	4	4
Fayda (PVB)	48	48	37	29	29	48	39	38
PVB/PVC	9,60	9,60	9,25	9,67	9,67	9,60	9,75	9,50

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yukarıda verilen önceliklendirme sırasına göre uygulama paketi oluşturulması durumunda, farklı bütçe büyüklükleri için Tablo 4.20'de yer alan uygulamaların yatırım kapsamına alınacak uygulama paketi içinde yer alması beklenmektedir[189].

Tablo 4.20. Kullanılan Yönteme ve Bütçe Büyüklüğüne Göre Uygulama Paketleri İçinde Yer Alan Uygulamalar

	$\beta_1 = 3$	$\beta_2 = 4$	$\beta_3 = 5$	$\beta_4 = 6$	$\beta_5 = 7$	$\beta_6 = 8$	$\beta_7 = 9$
Model	S5	S7	S5	S3	S2	S1	S1
			S7	S5	S6	S2	S2
				S7	S8	S6	S4
						S8	S6
							S7
							S8
PVB/PVC	S4/S5	S7	S5	S4	S4	S4	S4
			S7	S7	S5	S5	S5
					S7	S6	S6
						S7	S7
							S8

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.20'de görüldüğü üzere, bütçe büyüklüğünün 3, 4 ve 5 birim olduğu durumlarda, önerilen model ile fayda-maliyet oranlarına göre oluşturulan paketlerde

[189] Fayda-maliyet oranlarından elde edilen önceliklendirme sırası kullanılarak oluşturulan paketlerde, uygulamalar, ayrılmış olan bütün bütçeyi kullanacak şekilde önceliklendirme sırası kullanılarak pakete dâhil edilmektedir.

aynı uygulamalar yer almaktadır. Ancak, bütçe büyüklüğünün artırıldığı senaryolarda, bu iki yöntem aynı bütçeler için farklı uygulama paketlerini önermektedir. Her iki yöntem sonucunda elde edilen faydanın net bugünkü değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmaktadır.[190]

Tablo 4.21. Kullanılan Yöntemlerin Performans Karşılaştırması

	$\beta_1 = 3$	$\beta_2 = 4$	$\beta_3 = 5$	$\beta_4 = 6$	$\beta_5 = 7$	$\beta_6 = 8$	$\beta_7 = 9$
Model	29	39	68	105	134	182	250
PVB/PVC	29	39	68	68	97	145	183

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu bölümde önerilen yatırım karar destek modeli, uygulamaların birlikte projelendirilmesi durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarını maksimize etmektedir. Ancak, fayda-maliyet oranlarına göre yapılan uygulama seçiminde uygulamalar sonucunda elde edilebilecek tasarruf miktarının net bugünkü değeri ile uygulamalara ilişkin maliyetlerin (yatırım + işletme) net bugünkü değerlerinin oranlarına göre oluşturulan önceliklendirme sırası dikkate alınmaktadır. Bundan dolayı, fayda-maliyet oranlarına göre oluşturulan uygulama paketleri "optimal" değildir. (Tablo 4.21)

Sonuç olarak, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarına ilişkin yatırım yapılırken, bu uygulamaların bilgi ve iletişim tabanlı sistemler oldukları ve birlikte projelendirilebilecekleri unutulmamalıdır. Bu uygulamaların birlikte projelendirilmesi durumunda, ciddi oranda maliyet tasarrufu elde etmek mümkün olmaktadır. Bunun yanı sıra, uygulamaların birlikte projelendirilmesi, elde edilecek faydanın ölçülmesinde belirsizlik ortaya çıkaracaktır. Akıllı ulaştırma sistemlerinin birlikte uygulandığı projeler veya bu projelere ilişkin sağlıklı veriler olmadığı durumlarda, belirsizliği mümkün olduğu kadar daraltıp, bu bölümde yapıldığı gibi farklı senaryolar üzerinden analizler yapılmalıdır. Yapılan analizler sonucunda, en

[190] Uygulamaların birlikte kullanılması durumunda elde edilecek tasarruf miktarı, yalnızca kıyaslama yapmak amacıyla, her bir uygulama sonucunda elde edilebilecek tasarruf miktarının aritmetik toplamı olarak alınmaktadır. Birden fazla uygulama içeren paketlerin kullanılması durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarı, her iki yöntem için de belirtilen tasarruf miktarından daha az olacaktır.

fazla sayıda senaryoda optimal paketi oluşturan uygulama paketi yatırım kararı olarak verilmelidir.

4.4. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının kullanılmasıyla elde edilebilecek faydaların tespit edilmesi amacıyla maliyet göstergeleri tanımlanmıştır. Her bir gösterge için 2010 yılı verileri baz olarak alınmıştır. Her bir maliyet göstergesi için kullanılacak birim maliyetler konusunda ülkemizde yeterli ölçüde çalışma olmamasından dolayı, 2010 yılı birim maliyetleri literatürde bulunan çeşitli çalışmalar ve yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir gösterge için 2010 yılı fiyatlarıyla, yıllık maliyetler hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, toplam maliyet yaklaşık 127 milyar TL olarak hesaplanırken, en büyük maliyet kalemini 60 milyar TL ile "zaman maliyeti" oluşturmaktadır. Ayrıca bu bölümde, akıllı ulaştırma sistemlerinin ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılmasıyla, bu maliyetten ciddi oranda tasarruf edilebileceği ortaya konulmuştur. Bu sistemlere yıllık olarak yapılacak en fazla 16,4 milyar TL yatırımla, karayolu ulaştırması kaynaklı maliyetlerin yıllık yaklaşık 33 milyar TL azaltılması mümkün olmaktadır. Böylece, karayolu ulaştırma maliyetlerinin yüzde 26 oranında azaltılması sağlanabilmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının bilgi ve iletişim tabanlı yatırımlar olmaları nedeniyle, bu projelerin geleneksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi yeterince sağlıklı olmamaktadır. Farklı akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının birçok ortak fonksiyonu kullanıyor olması nedeniyle, bu uygulamaların birlikte projelendirilmesi durumunda proje bütçesinde ciddi oranda tasarruf sağlamaktadır. Bu bölümde, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının birlikte projelendirilmesi durumunda sağlanacak maliyet tasarrufunu dikkate alarak, en uygun yatırım kararının alınmasını sağlayan doğrusal programlama tabanlı bir yatırım karar destek modeli tanıtılmış olup, modelin fayda-maliyet oranına göre yatırım kararının alındığı geleneksel yöntemlere göre performansı rastgele üretilmiş verilerle test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda önerilen modelin daha iyi sonuç ürettiği tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde akıllı ulaştırma sistemleri, kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve bu uygulamaların ülkemizde uygulanabilirliği üzerine detaylı bir analiz çalışması yapılmıştır. Bu uygulamaların hayata geçirilmesinde kamu yatırımlarının merkezi bir rolünün olması nedeniyle, akıllı ulaştırma sistemleri yatırım projelerinin tasarlanmasında kullanılmak üzere bir karar destek modeli önerilmiştir. Bu çalışmalarla aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Sonuç 1: Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarında başarılı olan ülkeler, bu uygulamaları ulusal düzeydeki programlarla yürütmektedir.

Sonuç 2: Başarılı örneklerde, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının kent-içi ya da kentler arası yol ayrımına gidilmeden bütünleşik bir şekilde ele alındığı görülmektedir.

Sonuç 3: Akıllı ulaştırma sistemlerinin ülkemizde yaygın bir şekilde kullanımıyla karayolu ulaşımı kaynaklı yakıt, araç yıpranma, zaman, kaza ve çevre maliyetlerinin toplam olarak yıllık yaklaşık 33 milyar TL azaltılması mümkündür.

Sonuç 4: Küresel akıllı ulaştırma sistemleri pazarı, hızla genişleyen bir pazar niteliğindedir. Ülkemizin bu pazar içindeki esas rolünü üretici+kullanıcı olarak konumlandırabilmesi amacıyla, bu uygulamaların ülkemizde yerli sanayi ve teknoloji ile üretilmesini sağlayacak teşvik mekanizmaları ile yeterli ve nitelikli insan kaynağına ihtiyaç duyulacaktır.

Sonuç 5: Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının yaygınlaşmasında kamu sektörü merkezi bir konumdadır. Gerek hizmet sunumu gerekse yerli üreticiyi destekleme işlevleri olan kamu yatırımlarının dikkatli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu kapsamda, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının "birlikte çalışabilir" uygulamalar olduğu göz ardı edilmeden yatırım kararlarının verilmesi tavsiye edilmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri alanında ülkemizin ihtiyaçlarının ortaya konması, ülkemiz için akıllı ulaştırma sistemleri mimarisinin tasarlanması, bu mimariye uygun

olarak ulusal düzeyde ve yerel düzeyde yapılacak çalışmaların belirlenmesi ve önceliklendirilmesi, yerel düzeyde yapılacak yatırımların ulusal düzeyde ortaya konacak standartlara uygun olarak ve birlikte çalışabilirliği sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı, Türkiye'de öncelikli olarak "Ulusal Akıllı Ulaştırma Sistemleri Stratejisi" ve eylem planının hazırlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu kapsamda, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, iki ana başlık altında incelenebilecek olup, Karayolları Genel Müdürlüğü koordinasyonunda ve yerel yönetimlerin katılımıyla "akıllı altyapı" yatırımları için mevcut durum analizinin yapılması, ihtiyaçların ortaya konulması ve yapılacak yatırımlar için teknik gereksinimlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Ayrıca, pek çok akıllı ulaştırma sistemleri uygulaması için gerekli olan "trafik bilgisi"nin ulusal düzeyde ve tüm karayolu ağını kapsayacak şekilde toplanmasına ilişkin yatırımların öncelikli olarak ele alınması, ülkenin farklı bölgelerinden trafik kameraları ve sensörleri, seyir halindeki araçlarda bulunan GPS cihazları, cep telefonları, DSRC (kısa mesafe telsiz iletişim teknolojisi) vericiler gibi çeşitli yollarla toplanan verilerin Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesinde oluşturulacak olan "Trafik Bilgi Merkezi"nde toplanması ve bu merkezde toplanan trafik bilgilerinin akıllı ulaştırma sistemleri hizmeti sunan yerel yönetimler ve özel kesimle "kamu kesimi bilgisinin paylaşımı" konusunda AB müktesebatı ile uyumlu olacak şekilde belirlenecek esaslara göre paylaşılması gerekmektedir.

Ancak ülkemizde, trafik bilgisi çok sınırlı sayıdaki bölgede toplanmakta olup, bu bölgelerde toplanan veriler de yalnızca anayolları kapsamaktadır. Bazı yerel yönetimler, öncelikli olarak trafik yoğunluğunu tespit etmek amacıyla, anayollara yerleştirilen yol kamerası ve sensörler aracılığıyla trafik verisi toplamaktadır. Ancak, karayolu ağını etkin bir şekilde kullanmak için yalnızca bazı şehirlerin anayolları için toplanan trafik verileri yeterli değildir. Bundan dolayı, yerel yönetimlerin yapmış oldukları ya da yapacakları yatırımlar sonucu elde edilen trafik verilerinin yanı sıra, şehirlerarası yollarda da yatırımlar (özellikle yol güvenliğini tehlikeye sokan

olayların tespit edilmesine yönelik olay algılama sistemleri) yapılması gerekmektedir.

Ülkemizde bulunan bütün karayolu ağından gerçek zamanlı trafik verisinin toplanması için yapılacak yatırımların maliyeti çok yüksek olacaktır. Bundan dolayı, trafik verisi toplamak amacıyla ortaya konmuş olan yeni yaklaşımlardan faydalanmak önem arz etmektedir. Hareket eden araçlardaki yolcuların cep telefonları sinyallerinden trafik verisinin üretildiği "Yolda Giden Araç Verisi (FCD – Floating Car Data)" gibi yollarda yatırım gerektirmeyen yenilikçi yöntemlerin öncelikli olarak değerlendirilmesi, trafik kameraları ve sensörler gibi pahalı yatırımların da karayolu ağının belirli bölümleri için sınırlandırılması gerekmektedir. Bu kapsamda, cep telefonu operatörlerinin Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesinde faaliyet gösterecek olan Trafik Bilgi Merkezi'ne veri aktarımına ilişkin hukuki ve teknik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Trafik Bilgi Merkezi'nde trafik bilgisinin oluşturulması için gerekli olan verinin yalnızca trafikte hareket eden araçlardan gelen sinyaller olması sebebiyle, cep telefonu operatörleri tarafından iletilecek verilerde kimlik bilgilerinin olmaması gerekmektedir.

Başlarda, akıllı ulaştırma sistemleri yatırımları, geleneksel altyapı yatırımları olarak algılanmış ve belirli güzergâhlarda uygulanması gereken yerel yatırımlar olarak değerlendirilmiş olsalar da bu yatırımlar bilgi tabanlı yatırımlar olup, ortaya konan sistemlerin ulusal düzeyde birlikte çalışabilirliğinin sağlanması önem arz etmektedir. Aynı zamanda, yeni sistem teknolojilerinin ortaya konduğu akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları için küçük çaplı pilot projeler, "yaparak ve kullanarak öğrenme" ve yenilikçiliği sağlamak amacıyla önemli roller üstlenmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarından en üst düzeyde faydalanmak amacıyla, gerek ulaştırma konusunda ulusal seviyede ortaya konan ihtiyaçlara yönelik gerekse yenilikçiliği harekete geçirerek büyüme ve istihdama katkı sağlayacak araştırma ve geliştirme programlarının oluşturulması, bu programlar sonucu ortaya çıkan veya "rafta hazır" bulunan teknolojilerin kullanıldığı pilot projeler uygulanması ve pilot projeler sonucunda elde edilen sonuçlara göre de

yaygınlaştırma çalışmalarına geçilmesi gerekmektedir. Böylece, hem ulaştırma sektöründe etkinlik artırılacak, lojistik maliyetleri düşürülecek ve bu alanda yapılacak yenilik faaliyetleriyle ekonomik büyüme sağlanacaktır.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının bilgi ve iletişim tabanlı yatırımlar olmaları sebebiyle, farklı uygulamaların birlikte projelendirilmesi durumunda yatırım bütçesinde ciddi oranda tasarruf sağlamak mümkün olmaktadır. Bundan dolayı, ülkemizin bu alandaki ihtiyaçları belirlendikten sonra yapılacak çalışmalarda, bu çalışmada önerilen yatırım karar destek modeli gibi yöntemler kullanılarak proje paketlerinin oluşturulması tavsiye edilmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları kapsamında incelenebilecek bir diğer başlık da "akıllı araç" kavramıdır. Akıllı araç alanında gelişmiş ülkelerde pek çok çalışma yürütülmektedir. Bu çalışmalarda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin araç yapımında kullanımıyla, karayolları güvenliğinin artırılacağı, ulaştırma sistemlerinin daha verimli hale geleceği, kazaların önlenebileceği ve gerçek zamanlı verilerle sürücülerin bilgilendirileceği gibi pek çok fayda ortaya konmuştur. Özellikle, AB'de oluşturulan "e-Güvenlik Forumu" ve "Akıllı Araç İnisiyatifi", kamu kesimi ve özel kesimi ortak amaç doğrultusunda bir araya getiren başarılı platformlardır. Bu platformların bir ürünü olan "e-Çağrı Uygulaması" da AB'de başarıyla uygulanmaktadır. Ülkemizin de yürütülen bu çalışmalara (özellikle e-Güvenlik Forumu) etkin bir şekilde katılım sağlaması, 7. Çerçeve Programı ve ICT PSP gibi Topluluk programları kapsamında yürütülen çok uluslu projeler içinde ortak olarak yer alması büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde bu alanda yapılacak çalışmalarda kamu ve özel kesim temsilcilerinin ortak paydada buluşturulabilmesi için çeşitli mekanizmaların oluşturulması ve AB'de olduğu gibi ortak projeler yürütülmesi gerekmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemlerinin ulusal düzeyde birlikte çalışabilirliğini sağlamak amacıyla, yerel düzeyde yürütülen çalışmaların belirli bir çerçevede ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Örneğin, yerel yönetimler, sunmuş oldukları toplu taşıma hizmetleri ödemeleri için farklı akıllı kart çözümleri sunmakta olup, bu kartlar yalnızca ilgili yerel yönetimlerin kent sınırları dâhilinde

kullanılabilmektedir. Bilgi Toplumu Stratejisi Ek'i Eylem Planı'nda yer alan 62 numaralı "Ulaştırma Sistemlerinde e-Ödeme Standartları" eyleminin bir an önce hayata geçirilmesi gerekmektedir. Böylece, farklı bir şehirden gelen bir yolcunun toplu taşıma hizmetlerinden kendi toplu taşıma kartını kullanarak yararlanması mümkün olacaktır. Bu alanda yapılacak çalışmalarda, "TC Kimlik Kartı" projesinden elde edilen tecrübelerden faydalanılması büyük önem arz etmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılması, vizyon niteliğindeki birçok uzun vadeli hedefe ulaşmada anahtar bir rol üstlenecektir. Bu uygulamalar sayesinde ulaşılabilecek uzun vadeli hedefler aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır:

- Karayolu ulaştırması kaynaklı yakıt tüketimi ve emisyonlarının azaltılması
- Karayollarında meydana gelen "önlenebilir" kazaların "sıfır"a indirilmesi
- Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörümüzün küresel akıllı ulaştırma sistemleri pazarından on yıl içinde 10 milyar ABD Doları (~yüzde 6) pay alması, yirmi yıl içinde payını yüzde 10'a çıkarması[191]
- Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü içinde akıllı ulaştırma sistemlerinin en büyük bileşen olması

Yukarıda tanımlanan uzun vadeli hedeflere ulaşmak amacıyla, kısa ve orta vadede yapılması gereken çalışmalar aşağıda maddeler halinde yer almaktadır:

1- Kısa Vadede Yapılacak Çalışmalar:

- Ulusal Akıllı Ulaştırma Sistemleri Stratejisi'nin hazırlanması, mimarinin ve standartların oluşturulması
- Akıllı ulaştırma sistemleri alanında yürütülecek strateji belirleme, mimari ve standart oluşturma gibi üst düzey çalışmalar ile bu alanda yürütülecek AR-GE ve uygulama projelerini koordine etmek üzere,

[191] 2020 için küresel akıllı ulaştırma sistemleri pazar büyüklüğü 175 milyar ABD Doları olarak tahmin edilmiştir.

ITS America, ITS Japan ve ERTICO benzeri bir yapının oluşturulması ve gerekli kurumsal düzenlemelerin yapılması

- e-Güvenlik Forumu'na ilgili paydaşlarla birlikte ulusal düzeyde katılım sağlanması
- AB'de uygulanan Akıllı Araç İnisiyatifi kapsamında yapılan çalışmaların takip edilmesi
- İlgili paydaşlarla birlikte ulusal düzeyde elektrikli araçları da kapsayacak şekilde bir akıllı araç inisiyatifi başlatılması ve uzun vadeli hedeflere uygun olarak araç standartlarının oluşturulması
- Karayolları Genel Müdürlüğü'nde ülke çapındaki bütün karayolu ağının (şehirlerarası ve şehir içi) trafik verisinin toplanacağı ve bu verilerden anlamlı trafik bilgilerinin oluşturulacağı Trafik Bilgi Merkezi'nin geliştirilmesi
- Trafik bilgisi üretilmesine ilişkin altyapı yatırımı yapılmaksızın kullanılabilecek yenilikçi yöntemlerin (GPS tabanlı araç içi cihazlar, cep telefonları, DSRC vericiler vs.) kullanımına ilişkin hukuki ve teknik düzenlemelerin yapılması
- Trafik sıkışıklığı ücretlendirme sisteminin uygulanmasına ilişkin hazırlık çalışmalarının yapılması
- Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının araştırma ve geliştirme çalışmalarının yürütülmesine ilişkin başta üniversiteler olmak üzere belirli sayıda araştırma kuruluşunda enstitüler oluşturulması
- Akıllı ulaştırma sistemleri alanında ihtiyaç duyulacak insan kaynağının sağlanması için yükseköğretim kurumlarında yüksek lisans düzeyinde programların oluşturulması için YÖK koordinasyonunda çalışma başlatılması

2- Orta Vadede Yapılacak Çalışmalar:

- Trafik bilgisi üretmeye yönelik kısa vadede ele alınacak yenilikçi yöntemlerin yanı sıra ulusal ve yerel düzeyde yapılacak altyapı

çalışmalarının önceliklendirilmesi ve ulusal düzeyde koordine edilmesi

- Özellikle trafik bilgisinin özel kesimle paylaşılması gibi akıllı ulaştırma sistemleri hizmetleri pazarının geliştirilmesine yönelik önlemler alınması
- e-Çağrı uygulamasının yaygınlaştırılması
- Trafik sıkışıklığı ücretlendirme sisteminin trafik sıkışıklığı sorunu olan büyük kentlerde uygulanması ve elde edilen vergi gelirinin ülkemizin ihtiyaçlarına uygun akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının geliştirileceği araştırma projeleri ile geliştirilen sistemlerin uygulamalarının yapılacağı pilot projelerin destekleneceği ulusal düzeyde koordine edilen programlar için kullanılması
- Toplu taşıma hizmetlerinde ulusal düzeyde tek kart uygulamasına geçilmesi
- Başta akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları olmak üzere diğer alanlarda da geliştirilen ticarileştirilebilir akıllı uygulamaların kamu tarafından alımını düzenleyen PCP uygulamasına ilişkin hukuki çalışmaların tamamlanması
- Ülkemizde geliştirilen ticarileştirilebilir ve ortak platform üzerinden sunulabilen akıllı ulaştırma sistemleri hizmetlerinin yaygınlaştırılması amacıyla, vatandaşların bu hizmetleri kullanmaya özendirilmesine yönelik çeşitli mekanizmaların (vergi indirimi, kampanyalar, “yeşil” vergiler vb.) oluşturulması
- Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün akıllı ulaştırma sistemleri alanında dış pazara açılmasına ilişkin yol haritasının oluşturulması

KAYNAKLAR

Ankara Büyükşehir Belediyesi (ABB), "Kavşaklara Son Teknoloji Sinyal Sistemi", basın bildirisi, 22 Kasım 2009, (çevrimiçi) http://www.ankara.bel.tr/Haberler/sinyalizasyo_221109.aspx, erişim tarihi: 20 Şubat 2011.

Ankara Kalkınma Ajansı (AKA), Ankara Bölge Planı (2010-2013) Mevcut Durum Taslak Raporu, Şubat 2011.

ASELSAN, Otoyol Kartlı Geçiş Sistemi, (çevrimiçi) http://www.aselsan.com.tr/urun.asp?urun_id=122&lang=tr, erişim tarihi: 20 Şubat 2011. (2011c)

ASELSAN, Otoyol Nakit Ücret Toplama Sistemi, (çevrimiçi) http://www.aselsan.com.tr/urun.asp?urun_id=146&lang=tr, erişim tarihi: 20 Şubat 2011. (2011a)

ASELSAN, Otoyol Otomatik Geçiş Sistemi, (çevrimiçi) http://www.aselsan.com.tr/urun.asp?urun_id=121&lang=tr, erişim tarihi: 20 Şubat 2011. (2011b)

BALCIOĞLU, D., "Kent içi Toplu Ulaşım Planlaması", TransİST 2010 – Ulusal Toplu Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul, 2-3 Aralık 2010.

BARCELO, Jaime, "The Application of New Technologies to Road Traffic", Catalonia, Vol. 41, 1995.

Başbakanlık, *e-Türkiye Girişimi Taslak Eylem Planı*, Ağustos 2002.

BCC Research, *Intelligent Transportation Systems Review*, 2010.

BIRNEROVA, E., P. KRAL, "Possibilities of Comparison of Benefits and Costs of Intelligent Transportation System Projects", Vadyba/Management, No. 1(10), 2006.

BROADDUS, A., C. GERTZ, "Tolling Heavy Goods Vehicles: An Overview of European Practice & Lessons from German Experience", Journal of the Transportation Research Board Vol. 2066, 2008.

BURSAUX, D., "Transport Policy in France", 15th ITS World Congress, New York, 17 Kasım 2008.

CHO, Y. S., S. A. A. SHAH, J. D. LEE, "A retrospective precise of planning intelligent transport systems in Korea," World Review of 96. Intermodal Transportation Research, Vol. 2, No. 2/3, 2009.

CRAINIC, T. G., M. GENDREAU, J. POTVIN, "Intelligent Freight Transportation Systems: Assessment and the Contribution of Operations Research",

Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 17, No. 6, 2009.

CROPPER, M., S. ŞAHİN, *Valuing Mortality and Morbidity in the Context of Disaster Risks*, Dünya Bankası – BM ortaklığında yürütülen felaket riski azaltımının değerlendirilmesi çalışmasına ilişkin referans belgesi. Washington, D.C: World Bank, 2008.

Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), *Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2020)*, Nisan 2010. (2010a)

Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), *Ulaştırma Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu (2. Taslak)*, Eylül 2010. (2010b)

DE BRUCKER, K., A. VERBEKE, C. MACHARIS, "The Applicability of Multicriteria-Analysis to the Evaluation of Intelligent Transport Systems (ITS)", Research in Transportation Economics, Vol. 8, 2004.

DEMİREL, Abdulmuttalip, "Kocaeli Toplu Taşıma Sistemlerinin Yeniden Yapılandırılması", Uluslararası Sürdürülebilir Ulaşım Sempozyumu, Kocaeli, 6-8 Nisan 2011.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *9. Kalkınma Planı Karayolu Ulaşımı Özel İhtisas Komisyonu Raporu,* 2005.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *9. Kalkınma Planı (2007-2013)*, Ankara, 2006.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *2007 Yılı Programı,* Ankara, 2016.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *2011 Yılı Programı,* Ankara, 2010.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Bilgi Toplumu Stratejisi Ek'i Eylem Planı*, 2006.

DIEBOLD, J., "Transportation Infostructures: The Development of Intelligent Transportation Systems", Praeger Publishers, Westport, 1995.

DITZ, U., "eCall, a Suitable Basis for Future Telematic Services", 6th European Congress on Exhibition and ITS and Services Aalborg Denmark, 2007.

DORPH, E., L WIK, T.A. STROMME, M. ERIKSEN, P.A. STEEN, "Oxygen delivery and return of spontaneous circulation with ventilation:compression ratio 2:30 versus chest compressions only CPR in pigs", Resuscitation 2004;60:309–18. (2004)

eIMPACT Projesi, "eIMPACT Final Report and Integration of Results and Perspectives for Market Introduction of IVSS", AB 6. Çerçeve Programı kapsamında desteklenmiştir., 2008.

Environmental Defense Fund (EDF), "City Aprroves Marine-Based Trash Plan That Will Cut Truck Congestion", basın bildirisi, 14 Şubat 2007, (çevrimiçi) http://www.edf.org/pressrelease.cfm?contentID=7265, erişim tarihi: 27 Temmuz 2010.

EŞİYOK, B., I. KORKUSUZ, G. CANTÜRK, H. A. ALKAN, A. G. KARAMAN, I. H. HANCI, "Road traffic accidents and disability: A cross-section study from Turkey", Disability & Rehabilitation , Vol. 27, No. 21, 2005.

European Commission, *Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe Final Report on Performance and Results*, 1994.

European Commission, *Socio-Economic Impacts of Telematics Applications in Transport: Assessment of Results from the 1992-1994 Transport Telematics Projects*, 1997.

European Commission, *Telematics Applications RTD&D Programme of the European Union 1994-1998, Telematics Applications for Transport Project Final Reports*, 2000.

European Commission, *Communication from the commission to the council and the European Parliament Keep Europe Moving - Sustainable Mobility for our Continent Mid-term Review of the European Commission's 2001 Transport White Paper*, 2006. (2006a)

European Commission, *Urban Freight Transport and Logistics: An Overview of the European Research and Policy*, 2006. (2006b)

European Commission, *The Seventh Framework Programme, ICT Workprogramme 2007-2008*, 2007.

European Commission, *Communication from the commission - Action plan for the deployment of Intelligent Transport Systems in Europe*, 2008. (2008a)

European Commission, *The Seventh Framework Programme, TPT Workprogramme 2008*, 2008. (2008b)

European Commission, *Impact Assessment,* "Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe" dokümanına yardımcı doküman, 2008. (2008c)

European Commission, *Intelligent Transport Systems: A Smart Move for Europe*, 2009. (2009a)

European Commission, *The Seventh Framework Programme, ICT Workprogramme 2009-2010*, 2009. (2009b)

European Commission, *The Seventh Framework Programme, ICT Workprogramme 2011-2012*, 2011.

European Commission, Intelligent Car Initiative, (çevrimiçi) http://ec.europa.eu/information_society/activities/intelligentcar, erişim tarihi: 4 Eylül 2010.

European Commission, The Telematics Applications Programme, (çevrimiçi) http://cordis.europa.eu/telematics/tap_transport/research/12.html, erişim tarihi: 19 Ocak 2011.

European Commission, The Fifth Framework Programme Transport&Tourism Calls,

(çevrimiçi)
http://cordis.europa.eu/ist/ka1/trans_tourism/programmes/calls.htm, erişim tarihi: 19 Ocak 2011.

European Commission, The Sixth Framework Programme,
(çevrimiçi)
http://ec.europa.eu/research/fp6/index_en.cfm, erişim tarihi: 19 Ocak 2011.

European Commission, Trans-European Transport Network (TEN-T) Executive Agency,
(çevrimiçi)
http://tentea.ec.europa.eu/en/, erişim tarihi: 19 Ocak 2011.

European Commission, CIP Information and Communication Technologies Policy Support Programme,
(çevrimiçi)
http://ec.europa.eu/information_society/activities/ict_psp/index_en.htm, erişim tarihi: 19 Ocak 2011.

European Voice, "Commission Renews Bid to Halve EU Road Deaths", basın bildirisi, 15 Temmuz 2010,
(çevrimiçi)
http://www.europeanvoice.com/article/imported/commission-renews-bid-to-halve-eu-road-deaths/68501.aspx, erişim tarihi: 4 Eylül 2010.

EZELL, Stephen, *Intelligent Transportation Systems*, çalışma raporu, Information Technology and Innovation Foundation (ITIF), Ocak 2010.

FIGUEIREDO, L., I. JESUS, J.A.T. MACHADO, J.R. FERREIRA, J.L. MARTINS DE CARVALHO, "Towards the Development of Intelligent Transportation Systems", 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings, Oakland (ABD), 25-29 Ağustos 2001.

GERÇEK, Haluk, "Türkiye'de Ulusal Ulaştırma Rehabilitasyonu", İklim Değişikliği ve Türkiye, Etkiler, Sektörel Analizler, Sosyo-Ekonomik Boyutlar, BM Kalkınma Programı (UNDP), Nisan 2007.

HAYNES, K. E., M. LI, "Analytical Alternatives in Intelligent Transportation System (ITS) Evaluation", Research in Transportation Economics, Vol. 8, 2004.

HEATCO Projesi, "Proposal for Harmonised Guidelines" AB 6. Çerçeve Programı kapsamında desteklenmiştir., Şubat 2006.

HOCHRAINER-STIGLER, S., H. KUNREUTHER, J. LINNEROOTH-BAYER, R. MECHLER, E. MICHEL-KERJAN, R. MUIR-WOOD, N. RANGER, P. VAZIRI, M. YOUNG, "The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries", çalışma raporu, The Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, ABD, Aralık 2010.

IANNOU, P. A., "Automated Highway Systems", Plenum Press, New York, 1997.

IBM, "Delivering Intelligent Transport Systems: Driving Integration and Innovation", çalışma raporu, 2007.

IKEUCHI, K., "ITS and Telematics in Japan", WITTS 2001, 19 Ekim 2001.

International Energy Agency (IEA), *CO_2 Emissions from Fuel Combustions Highlights 2010*, 2010.

International Energy Agency (IEA), *Transport, Energy CO_2: Moving toward Sustainability*, 2009. (2009a)

International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2009*, 2009. (2009b)

International Energy Agency (IEA), *Energy Policies of IEA Countries – Turkey 2009 Review*, 2009. (2009c)

International Transport Forum (ITF), *Congestion: A Global Challenge – The Extent of and Outlook for Congestion in Inland, Maritime and Air Transport,* Ministerial Meeting on Mitigating Congestion, 30-31 Mayıs 2007, Sofya.

International Transport Forum (ITF), *Transport Greenhouse Gas Emissions Country Data 2010*, 2010.

ITS International, "Canada Commits to ITS", Ocak-Şubat 2004.

ITS Korea, *Intelligent Transportation Systems in Korea*, 2008.

ITS United Kingdom, *Introduction to Standards and Standardization*, 2009.

IVHS America, *A Comparison of IVHS Progress in the United States, Europe and Japan*, 1993.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi (İBB TKM), Akıllı Ulaşım Sistemleri,
(çevrimiçi)
http://tkm.ibb.gov.tr/its/its.aspx, erişim tarihi: 20 Şubat 2011.

İzmir Büyükşehir Belediyesi, *İzmir Ulaşım Ana Planı 2. Aşama Sonuç Raporu,* 2010.

Kalkınma Bakanlığı, *Orta Vadeli Program (2012-2014),* Ankara, 2011. (2011a)

Kalkınma Bakanlığı, *2012 Yılı Programı,* Ankara, 2011. (2011b)

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), *Trafik Akım Özellikleri ve Trafik Parametreleri*, Aralık 2009.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), *Trafik Kazaları Özeti 2009*, Haziran 2010.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), *Karayollarında Ağır Taşıt Trafiğinin ve Yük Taşımacılığının Özellikleri ve Eğilimleri*, Şubat 2011. (2011a)

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), *2010 Trafik ve Ulaşım Bilgileri*, Mayıs 2011. (2011b)

KRATOFIL, J. A., "A Benefit-Cost Analysis for the Use of Intelligent Transportation Systems Technology for Temporary Construction Zone Traffic Management on the I-496 Reconstruction in Lansing, Michigan", çalışma raporu, Central Michigan University, Michigan, 2001.

KUAN, S. H., "Implementing a Parking Guidance System in Singapore", çalışma raporu, Singapore Land Transport Authority Intelligent Transport Systems Development, Singapore, 2008.

KUHNKE, C., "The Role of Intelligent Transportation Systems", Future of Trucking Symposium, 17-19 Şubat 2010.

LEINBERGER, U., "Analysis of technological alternatives in electronic tolling systems", Eurovignette Conference Barcelona, 2008.

MBIYDZENYUY, G., J. A. PERSSON, P. DAVIDSSON, "Optimization based modeling of multi-service architecture concepts in road transport telematics", 12th IEEE Conference on Intelligent Transport Systems, St. Louis, ABD, 2009.

McCALLUM, D. G., "Secrets of PANDORA's Box – Creation of Digital Road Networks for Vehicle Navigation in Europe", Journal of Navigation, Vol. 44, 1991.

McQUEEN, B., R. SCHUMAN, K. CHEN, "Advanced Traveler Information Systems", Artech House Inc., 2002.

NAKANISHI, Y. J., J. C. FALCOCCHIO, "Performance Assessment of Intelligent Transportation Systems Using Data Envelopment Analysis", Research in Transportation Economics, Vol. 8, 2004.

NOKKALA, M., "Role of Discount Rates and Pilot Projects in ITS – Project CBA", Research in Transportation Economics, Vol. 8, 2004.

OECD, *Greener and Smarter: ICTs, The Environment and Climate Change*, 2010.

OECD, *Territorial Reviews Istanbul-Turkey*, 2008.

Office of Technology Assessment (OTA), Advanced Vehicle/Highway Systems and Urban Traffic Problems, Çalışma Raporu, Eylül 1989.

ORTANA, Akıllı Trafik Çözümleri, (çevrimiçi) http://www.ortana.com/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=28&Itemid=66, erişim tarihi: 20 Şubat 2011.

ÖZBAY, K., B. BARTIN, "Estimation of Economic Impact of VMS Route Guidance Using Microsimulation", Research in Transportation Economics, Vol. 8, 2004.

ÖZTÜRK, Z., (2005) "Karayolu Şehir İçi Trafikte Tıkanıklık Maliyeti", Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, 22-24 Eylül 2005, Antalya.

PAPAGEORGIOU, M., "Ramp Metering: What it can do and cannot do", EURAMP Workshop, Paris, 2007.

Parliament of Australia: House of Representatives, *Moving on Intelligent Transport Systems*, Aralık 2002.

Petrol Sanayi Derneği (PETDER), 2010 Yılı Sektör Raporu, 2011.

SANTOS G., J. BHAKAR, "The impact of the London congestion charging scheme on the generalised cost of car commuters to the city of London from a value of travel time savings perspective", Transport Policy, Vol. 13, Issue 1, Ocak 2006.

Singapore Land Transport Authority, *Land Transport Master Plan*, Mart 2008.

SMARTEST Projesi, "SMARTEST Final Report For Publication", AB 4. Çerçeve Programı kapsamında desteklenmiştir., 2000.

SODEIKAT, H., "EURO-SCOUT is facing the German 1994 market", Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1994.

SORUŞBAY, C., M. ERGENEMAN, M.A. PEKİN, A. KUTLAR, H. ARSLAN, "Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları : Türkiye'deki Durumun Değerlendirilmesi", Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Hatay, 22 -25 Ekim, 2008.

STEVENS, Alan, "The Application and Limitations of Cost-Benefit Assessment (CBA) for Intelligent Transport Systems", Research in Transportation Economics, Vol. 8, 2004.

THILL, J-C., G. ROGOVA, J. YAN, "Evaluating Benefits and Costs of Intelligent Transportation Systems Elements from a Planning Perspective", Research in Transportation Economics, Vol. 8, 2004.

TITUS, M., "Benefits of Electronic Clearance for Enforcement of Motor Carrier Regulations", Transportation Research Record, No. 1522, Eylül 1996.

Tr@nsITS Projesi, "Tr@nsITS Thematic Network Initial Report", AB 5. Çerçeve Programı kapsamında desteklenmiştir., 2002.

Transport Canada, *Benefit Cost Assessment of Intelligent Transportation Systems (ITS) Implementation in Canada,* 1996.

Transport Canada, *Cost-Benefit Study of Electronic Clearance and Roadside Inspection for Canada*, 2003.

Transport Canada, Intelligent Transportation Systems, (çevrimiçi) http://tc.gc.ca/eng/innovation/its-menu.htm, erişim tarihi: 14 Ocak 2011. (2011a)

Transport Canada, Border Information Flow Architecture, (çevrimiçi) http://tc.gc.ca/eng/innovation/its-border_information_flow_architec-270.htm, erişim tarihi: 14 Ocak 2011. (2011b)

Transportation Research Board (TRB), *Advanced Vehicle and Highway Technologies*, 1991. (1991a)

Transportation Research Board (TRB), *Assessment of Advanced Technologies for Relieving Urban Traffic Congestion,* 1991. (1991b)

TURNER, I., S. TURNER, V. ARMSTRONG, "Does the compression to ventilation ratio affect the quality of CPR: a simulation study", Resuscitation 2002, 52:55–62. (2002)

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), *Trafik Kaza İstatistikleri*, Mart 2011.

Ulaştırma Bakanlığı (UBAK), *Türkiye Ulaşım ve İletişim Strateji Belgesi*, Mart 2011.

ULU, Ömer, "Ulusal Toplu Taşımacılar Birliği ve Gelecek Vizyonu –Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü", TransİST 2010 – Ulusal Toplu Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul, 2-3 Aralık 2010.

UNDERWOOD, G., SOMMERVİLLE, F., UNDERWOOD, J.D.M., HENGEVELD, W., "Information Technology on the Move: Technical and Behavioural Evaluations of Mobile Telecommunications", John Wiley & Sons, West Sussex, İngiltere, 1994.

United Kingdom Department for Transport (UK DfT), *Telematics Guide*, 2003.

United Kingdom Department for Transport (UK DfT), *eCall – The Case for Deployment in the UK*, Ekim 2006.

United Nations (UN), Conference on the World Financial and Economic Crisis and Its Impact on Development, 2009.

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP), *Greening Growth in Asia and the Pacific*, 2008.

US Department of Transportation (US DOT), *Intelligent Transportation Systems for Traffic Incident Management*, Ocak 2007.

US Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHA), Lessons Learned From International Experience in Congestion Pricing, (çevrimiçi) http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08047/02summ.htm, erişim tarihi: 14 Mart 2011.

US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration (RITA), *Intelligent Transportation Systems: Applications Overview, 2006.*

US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration (RITA), *Achieving the Vision: From VII to IntelliDrive , 2010. (2010a)*

US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration (RITA), "ITS Strategic Research Plan, 2010-2014: Transforming Transportation Through Connectivity", 8 Ocak 2010. (2010b)

US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration (RITA), ITS Benefits Database, (çevrimiçi) http://www.itsbenefits.its.dot.gov/, erişim tarihi: 20 Şubat – 4 Nisan 2011.

VINNOVA, "The Future in Clean Transport", 16th ITS World Congress, Stockholm 2009.

Washington State Department of Transportation (DOT), "Commercial Vehicle Information Systems and Networks", (çevrimiçi) http://www.wsdot.wa.gov/CommercialVehicle/CVISN/default.htm, erişim tarihi: 19 Mart 2011.

World Bank, *ITS Standards for Developing Countries*, teknik rapor, 2004.

World Bank, *Sustainable Transport: Priorities for Policy Reform*, 1996.

YOUNG, K-W., "Overcoming Barriers to ITS Deployment in Korea", ITS Dünya Kongresi'nde sunulmuştur., 18 Kasım 2008.

ZHICAI, J., J. WU, M. McDONALD, "Socio-economic Impact Assessment of Intelligent Transport Systems", Tsinghua Science Technology, Vol. 11, No. 3, 2006.

DİZİN

A

Akıllı altyapı, 22, 32, 35, 56, 77, 86, 91, 135
Akıllı araç, 22, 33, 35, 37, 56, 77, 80, 81, 89, 137
Akıllı Araç İnisiyatifi, 35, 36, 53, 79, 137, 139
Almanya, 6, 7, 10, 16, 17, 31, 54, 72
Amerika Birleşik Devletleri, 6, 8, 9, 10, 17, 19, 21, 26, 31, 36, 37, 39, 50, 54, 55, 56, 57, 59, 65, 69, 70, 73, 105, 106, 117, 138, 148, 149
Avrupa Birliği, 35, 72, 73, 76, 81, 101, 106, 108
Avustralya, 6, 7, 8, 26, 54, 70, 71

B

Bilgi Toplumu Stratejisi, 85, 86, 87, 138, 145
Bilgi ve iletişim teknolojileri, 35, 79, 80, 81, 83
Birleşik Krallık, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 54

C

CACS, 60
CEN, 51, 52, 53

Ç

Çerçeve Programı, 44, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 105, 146, 148, 151, 152
Çevre ve Orman Bakanlığı, 88, 145
Çin, 1, 54
Çoklu ölçüt analizi, 117, 119

D

Değişken mesaj sistemleri, 29
Devlet Planlama Teşkilatı, 4, 85, 145
Doğrusal programlama, 3, 98, 117, 122, 133
Dokuzuncu Kalkınma Planı, 88
DSRC, 24, 25, 48, 49, 52, 63, 68, 135, 139

E

e-Çağrı, 21, 35, 47, 48, 53, 81, 82, 89, 121, 137, 140
e-Güvenlik Forumu, 34, 35, 79, 137, 139
ERTICO, 48, 61, 75, 139
ETSI, 51, 52

F

Fransa, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 54

G

GIS, 45, 112
GPRS, 91, 92, 93
Güney Kore, 1, 13, 50, 54, 64, 65, 66, 67

H

Hareketli ağırlık ölçüm sistemleri, 38
Hensher, 107

I

ICT PSP, 81, 84
IntelliDrive, 35, 36, 56, 152
ITS America, 55, 61, 139
ITS Australia, 70, 71
ITS Japan, 61, 139

İ

İleri araç kontrol ve güvenlik sistemleri, 22, 33
İleri kırsal taşıma sistemleri, 22, 47
İleri toplu taşıma sistemleri, 22, 41
İleri trafik yönetim sistemleri, 22, 23
İleri yolcu bilgi sistemleri, 22, 28
İspanya, 6, 10, 13, 16, 17
İstatistiksel yaşam değeri, 104
İsveç, 6, 7, 8, 10, 17, 54
İtalya, 7, 8, 17

J

Japonya, 6, 7, 8, 16, 17, 19, 26, 31, 37, 48, 49, 50, 54, 60, 61, 62, 63, 84

K

Kanada, 7, 37, 38, 54, 57, 58, 59
Karayolları Genel Müdürlüğü, 8, 18, 26, 90, 91, 99, 107, 108, 135, 136, 139, 149

L

Lojistik, 20, 39, 41, 77

N

NEN, 51

O

OECD, 1, 2, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 111, 148
Orta Vadeli Program, 88
Otomatik araç izleme sistemleri, xi, 45
Otoyol nakit ücret toplama sistemi, 89, 144

P

Park yönlendirme sistemi, 69
PCP, 140
PROMETHEUS, 73, 74

R

RACS, 60
RFID, 37
RITA, 22, 32, 36, 46, 57, 152, 153

S

Singapur, 26, 50, 54, 67, 68, 69
Stockholm, 26, 27, 150, 153
Sürdürülebilir ulaştırma, ii, 2, 105

T

Talep yönetimi, 22, 86

Telematikler, 66, 75, 76, 121
Trafik mesaj kanalı, xiv, 30
Trafik sıkışıklığı ücretlendirme sistemleri, 26, 27, 49, 67, 68, 113, 123, 139, 140
Türkiye, 5, 7, 8, 10, 13, 17, 85, 88, 89, 99, 100, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 144, 148, 151, 152

U

Ulaşım ve İletişim Strateji Belgesi, 88
Ulusal İklim Değikliği Strateji Belgesi, 88
Ulusal Ulaştırma Portalı, 85, 86, 87
Uluslararası Enerji Ajansı, 10, 14
Uluslararası Ulaştırma Forumu, 6, 7, 8, 9, 15, 17

V

Veri zarflama analizi, 117, 119, 120
VICS, 31, 60, 61, 62, 63

Y

Yeşil bilişim, 2
Yolda giden araç verisi, 136

www.kalkinma.gov.tr

T.C.
KALKINMA BAKANLIĞI
KÜTÜPHANE, YAYIN VE ARŞİV DAİRESİ BAŞKANLIĞI
Ağustos 2012
Necatibey Cad. No: 110/A 06100 Yücetepe - ANKARA
Tel: +90 (312) 294 50 00 • Faks: +90 (312) 294 69 77
ISBN NO: 978-605-4667-11-6

KALKINMA BAKANLIĞI YAYINLARI BEDELSİZDİR, SATILAMAZ.