

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TRAFİKTE OLAY YÖNETİMİ VE SÜREÇ TAHMİNİ:
İSTANBUL TEM OTOYOLU ÖRNEĞİ**

ABDULSAMET SARAÇOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. HALİT ÖZEN**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAFİKTE OLAY YÖNETİMİ VE SÜREÇ TAHMİNİ:
İSTANBUL TEM OTOYOLU ÖRNEĞİ

Abdulsamet SARAÇOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 11.11.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Halit ÖZEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Halit ÖZEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL

Bahçeşehir Üniversitesi

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle ile bana yardımcı olan ve eğitimim süresince değerli fikirleriyle beni yönlendiren, tez danışmanım ve kıymetli hocam Doç. Dr. Halit ÖZEN'e en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmanın altlığının oluşmasında gerekli veri desteğini sağlayan KGM 1. Bölge Müdürlüğü'ne ve yüksek lisans eğitimim boyunca 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı kapsamında desteğini esirgemeyen TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, eğitimim ve tez çalışmam boyunca bana destek olan bütün hocalarıma, mesai arkadaşlarıma, ders döneminde ve tez döneminde bana yardımcı olan arkadaşım F. Kerem BOZ ile birlikte tüm yüksek lisans arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkür ederim.

Kasım, 2015

Abdulsamet SARAÇOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	9
1.3 Hipotez.....	10
BÖLÜM 2	
AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE TRAFİKTE OLAY YÖNETİMİ	11
2.1 Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS).....	11
2.2 AUS Mimarisi.....	12
2.3 AUS'un Kullanım Amaçları	16
2.3.1 Karayolu Güvenliğinin İyileştirilmesi	17
2.3.2 Ulaşım Tıkanıklıklarının Giderilmesi veya Azaltılması.....	17
2.3.3 Çevre Koruma ve Zararlı Etkilerin Ortadan Kaldırılması	18
2.3.4 Ulaşım Sisteminde Konforun Artırılması	18
2.4 AUS Uygulamaları	19
2.4.1 Kullanıcı Bilgi Sistemleri	19
2.4.2 Trafik Yönetim Sistemleri	21
2.4.3 Toplu Taşıma Sistemleri.....	23
2.4.4 Elektronik Ödeme Sistemleri	25
2.4.5 Yük ve Filo Yönetim Sistemleri	26

2.4.6	Sürücü Destek ve Güvenlik Sistemleri	28
2.4.7	Olay ve Acil Durum Yönetim Sistemleri.....	30
2.5	Trafik Olayı Yönetimi.....	31
2.5.1	Trafikte Olayın Tanımı	31
2.5.1.1	Ulaştırma Kurumları Açısından Trafik Olayı Tanımı	32
2.5.1.2	Acil Müdahale Kurumları Açısından Trafik Olayı Tanımı.....	33
2.5.2	Trafik Olaylarının Sınıflandırılması.....	33
2.5.3	Trafik Olay Yönetimi Paydaşları ve Görevleri	34
2.5.3.1	Geleneksel Paydaşlar	34
2.5.3.2	Özel Durum Paydaşları.....	36
2.5.4	Ülkemizde Trafik Kazalarına Müdahale İşlemleri	37
2.5.5	Trafik Olay Yönetiminin Amaçları ve Faydaları.....	37

BÖLÜM 3

TRAFİK OLAY YÖNETİMİ AŞAMALARI	40
3.1 Tespit.....	41
3.1.1 Vatandaşların Çağrılarını	42
3.1.2 Elektronik Teknikler	42
3.1.3 Uzman Raporları	42
3.2 Doğrulama.....	42
3.2.1 Kapalı Devre TV (CCTV) Kameraları	43
3.2.2 Olay Yerine Sevk Edilen Müdahale Ekipleri	44
3.2.3 Hava Araçları.....	44
3.2.4 Telefon Çağrılarından Gelen Bilgilerin Birleştirilmesi	44
3.3 Olayın Duyurulması.....	44
3.3.1 Ticari Radyo Yayınları.....	45
3.3.2 Karayolu Danışma Radyosu	46
3.3.3 Değişken Mesaj Levhaları	46
3.3.4 Telefon Bilgi Sistemleri	46
3.3.5 Araç İçi Yol Bilgilendirme Cihazları	46
3.3.6 Ticari ve Kamu Televizyonu Trafik Raporları	47
3.3.7 Online Hizmetler ve Akıllı Telefon Uygulamaları.....	47
3.4 Müdahale	47
3.4.1 Kurum İçi ve Kurumlararası İletişim.....	48
3.4.2 Müdahale İçin Personel ve Ekipman Desteği	48
3.4.3 Ekipman Konumlandırma Alanları	49
3.4.4 Kurumlar Arası Anlaşmalar	49
3.4.5 Gelişmiş Müdahale Araçları.....	49
3.5 Olay Yeri Yönetimi.....	49
3.5.1 Gerekli Ekipmanlar	50
3.5.2 Müdahale Kurumu Sayısı	51
3.5.3 Müdahale Araçlarının Olay Yerindeki Yerleşimi	51
3.5.4 Olay Komuta Sistemi.....	52
3.5.5 Birleşik Komuta Yapısı.....	52
3.6 Trafik Yönetimi	52
3.6.1 Planlama ve Hazırlık.....	53

3.6.2	Olay Gerisindeki Trafik Akımının İyileştirilmesi	53
3.6.3	Alternatif Güzergahlardaki Trafik Akımının İyileştirilmesi	54
3.7	Olayın Ortadan Kaldırılması	54
3.7.1	Olayın Ortadan Kaldırılmasının Planlanması	55
3.7.2	Olay Tiplerine Göre Kullanılan Teknikler	55
3.7.3	Olay Yeri Soruşturmaları	56
BÖLÜM 4		
OLAY SÜRESİ TAHMİNLERİNDE KULLANILAN VERİ MADENCİLİĞİ METODLARI		57
4.1	Birliktelik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler	58
4.2	Kümeleme Analizi	58
4.2.1	Hiyerarşik Yöntemler	58
4.2.2	Hiyerarşik Olmayan Yöntemler	59
4.2.3	K-Ortalamalar Yöntemi	60
4.3	Regresyon Analizi	60
4.3.1	Doğrusal Regresyon	61
4.3.2	Lojistik Regresyon	61
4.4	Sınıflandırma	61
4.4.1	Karar Ağaçları (Decision Trees)	62
4.4.2	Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)	66
4.4.3	Bayes Sınıflandırması	67
4.4.4	Zaman Serisi Analizi	68
4.4.5	K- En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbor)	68
4.4.6	Bellek Temelli Nedenleme (Memory Based Reasoning)	69
BÖLÜM 5		
TRAFİK OLAYI SÜREÇ TAHMİNİ: İSTANBUL TEM UYGULAMASI		70
5.1	Verilerin Toplanması ve Görüntülerin Analiz Edilmesi	71
5.2	Verilerin Değerlendirilmesi	73
5.3	Verilerin Kümelere Ayrılması	85
5.4	Karar Ağacı Tahmin Modellerinin Oluşturulması ve Değerlendirilmesi ...	87
BÖLÜM 6		
SONUÇ VE ÖNERİLER		99
KAYNAKLAR		101
ÖZGEÇMİŞ		104

SİMGE LİSTESİ

α	Doğrusal regresyon modeli parametresi
β	Doğrusal regresyon modeli parametresi
ϵ	Doğrusal regresyon modeli hata terimi
k	K-ortalama kümeleme analizinde küme sayısı
P	Koşullu olasılık ifadesi
X	Doğrusal regresyon bağımsız değişken
Y	Doğrusal regresyon bağımlı değişken

KISALTMA LİSTESİ

AASTHO American Association of State Highway and Transportation Officials

AB Avrupa Birliği

ABD Amerika Birleşik Devletleri

ABS Anti-lock Braking System

AUS Akıllı Ulaşım Sistemleri

C&RT Classification And Regression Tree

CAD Computer Aided Dispatch

CAN Controller Area Network

CCTV Closed-Circuit Television

CHAID Chi-squared Automatic Interaction Detection

DMİ Değişken Mesaj İşaretleri

DSRC Dedicated Short Range Communications

EBA Emergency Brake Assist

EBD Emergency Brake-Force Distribution

EDS Elektronik Denetleme Sistemleri

ESC Electronic Stability Control

FHWA Federal Highway Administration

FSM Fatih Sultan Mehmet

GPS Global Positioning System

GSM Global System for Mobile Communications

HCM Highway Capacity Manual

HeERO Harmonised eCall European Pilot

HGS Hızlı Geçiş Sistemi

ISO International Organization for Standardization

ITE Institute of Transportation Engineers

İBB İstanbul Büyükşehir Belediyesi

İETT İstanbul Elektrik, Tramvay ve Tünel

İSBAK İstanbul Ulaşım Haberleşme ve Güvenlik Teknolojileri

KGM Karayolları Genel Müdürlüğü

KGS Kartlı Geçiş Sistemi

M2M Machine To Machine

MAPE Mean Absolute Percentage Error

MUTCD Manual on Uniform Traffic Control Devices

OGS Otomatik Geçiş Sistemi

PIARC	Permanent International Association of Road Congresses
QUEST	Quick, Unbiased, Efficient Statistical Tree
RFID	Radio Frequency Identification
SIM	Subscriber Identity Module
SLIQ	Supervised Learning In Quest
SPRINT	Scalable Parallelizable Induction of Decision Trees
TDK	Türk Dil Kurumu
TEM	Trans European Motorway
TIMH	Traffic Incident Management Handbook
TKM	Trafik Kontrol Merkezi
TMDD	Traffic Management Data Dictionary
V2V	Vehicle To Vehicle

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. 1 Trafik olayı süreci	2
Şekil 2. 1 AUS mimarisi tasarım aşamaları	12
Şekil 2. 2 Ulusal Ulaştırma Portalı (www.ulasim.gov.tr)	20
Şekil 2. 3 İBB trafik yoğunluk haritası web ve mobil uygulaması	21
Şekil 2. 4 İBB Trafik Kontrol Merkezi	22
Şekil 2. 5 MobİETT Akıllı Durak uygulaması.....	24
Şekil 2. 6 OGS ve HGS geçişleri	26
Şekil 2. 7 eCall projesi kapsamında olay tespit süreci	31
Şekil 3. 1 Trafik olayı yönetimi aşamaları	40
Şekil 4. 1 Veri madenciliği metodları.....	57
Şekil 5. 1 Çalışmada izlenen yöntem	71
Şekil 5. 2 Modellerde kullanılan kazaların olay sürelerine göre gerçekleşme sayıları	85
Şekil 5. 3 CHAID analizi ağaç diyagramı.....	89
Şekil 5. 4 C&RT analizi sonucunda elde edilen ağaç diyagramı.....	94

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1. 1 K- ortalama kümeleme sonucu oluşturulan kümeler [1]	6
Çizelge 1. 2 Ağaç sınıflandırma analiz sonuçları [1]	7
Çizelge 1. 3 Çeşitli çalışmalara ait bilgiler	8
Çizelge 1. 4 Çeşitli olay sınıflandırma türleri [20]	9
Çizelge 2. 1 ISO AUS mimarisi hizmet alanları ve hizmet sınıflandırması	13
Çizelge 5. 1 Kaza oluş tipi ve şiddetine göre kaza sayıları	73
Çizelge 5. 2 Kazaya karışan araç sayısına göre kaza sayıları	74
Çizelge 5. 3 Meydana geldikleri gün dilimine göre kaza sayıları	74
Çizelge 5. 4 Kazaya karışan ağır taşıt sayısına göre kaza sayıları	75
Çizelge 5. 5 Meydana geldikleri mevsime göre kaza sayıları	76
Çizelge 5. 6 Meydana geldikleri haftanın gününe göre kaza sayıları	76
Çizelge 5. 7 Meydana geldikleri konuma göre kaza sayıları	77
Çizelge 5. 8 Meydana geldikleri şeride göre kaza sayıları	77
Çizelge 5. 9 Meydana geldikleri yol kesimindeki şerit sayısına göre kaza sayıları	78
Çizelge 5. 10 Kaza oluş tipine göre ortalama süreler	78
Çizelge 5. 11 Kazaya karışan araç sayısına göre ortalama süreler	79
Çizelge 5. 12 Meydana geldikleri gün dilimine göre ortalama süreler	79
Çizelge 5. 13 Meydana geldikleri mevsime göre ortalama süreler	80
Çizelge 5. 14 Meydana geldikleri haftanın dilimine göre ortalama süreler	80
Çizelge 5. 15 Meydana geldikleri konuma göre ortalama süreler	81
Çizelge 5. 16 Meydana geldikleri yol kesimindeki şerit sayısına göre ortalama süreler	82
Çizelge 5. 17 Meydana geldikleri şeride göre ortalama süreler	82
Çizelge 5. 18 Şeritlerin kapanma oranına göre ortalama süreler	83
Çizelge 5. 19 Kazaya karışan ağır taşıt sayısına göre ortalama süreler	83
Çizelge 5. 20 Kaza türüne göre ortalama süreler	83
Çizelge 5. 21 Çeşitli kaza bilgilerine göre ortalama süreler	84
Çizelge 5. 22 Olay sürelerinin kümelere dağılımı	86
Çizelge 5. 23 Tahmin modelinde kullanılan küme bilgileri	86
Çizelge 5. 24 CHAID analizi risk matrisi	91
Çizelge 5. 25 CHAID analizi sınıflandırma sonuçları	92
Çizelge 5. 26 C&RT analizi sonucunda oluşan risk matrisi	97
Çizelge 5. 27 C&RT analizi sonucunda elde edilen sınıflandırma tahmin yüzdeleri	97
Çizelge 5. 28 Analiz sonuçları karşılaştırması	98

**TRAFİKTE OLAY YÖNETİMİ VE SÜREÇ TAHMİNİ:
İSTANBUL TEM OTOYOLU ÖRNEĞİ**

Abdulsamet SARAÇOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Halit ÖZEN

Karayolları üzerinde meydana gelen trafik kazası, araç arızaları, tekerlek patlaması, yük dökülmesi, yakıt bitmesi gibi olaylardan dolayı öngörülemeyen trafik tıkanıklıkları ortaya çıkmakta veya mevcut olan tıkanıklığın düzeyini artırmaktadır. Bu sorunun çözümü veya etkisinin azaltılması planlı, sistematik ve iyi koordine olmuş insan, kurum ve teknik kaynakların verimli kullanılmasını sağlayan bir olay yönetimi ile mümkün olabilecektir. Trafikte olay yönetimi, uygulanacak olan stratejinin belirlenmesi açısından olay sürecinin başlangıçtan son aşamasına kadar önceden tahmin edilmesini gerektirmektedir. Buna uygun olarak da, olayın meydana geldiği andan trafiğin normal haline dönünceye kadar geçecek süreç verimli bir şekilde yönetilerek olayın olumsuz etkileri en az seviyeye indirilebilmektedir. Bu amaca yönelik olarak tez çalışması kapsamında, İstanbul TEM Otoyolu üzerinde meydana gelen trafik kazası verileri elde edilmiştir. Bu kaza verileri, K-ortalama kümeleme yardımıyla olay sürelerine göre kısa, orta ve uzun olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Kaza verileri ve grup özelliklerinden faydalanarak, CHAID ve C&RT Karar Ağacı metodları ile olay süresi tahmin modelleri oluşturulmuş ve test edilmiştir. Test sonuçlarında, her iki model için tahmin doğruluğu %76'nın üzerinde bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, oluşturulan her iki modelin kullanılabilir oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İstanbul TEM Otoyolu, trafik olayı, olay süresi tahmini, CHAID analizi, C&RT analizi, K-ortalama kümeleme.

ABSTRACT

TRAFFIC INCIDENT MANAGEMENT AND ESTIMATION OF DURATION: CASE OF ISTANBUL TRANS EUROPEAN MOTORWAY (TEM)

Abdulsamet SARAÇOĞLU

Department of Civil Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Halit ÖZEN

Unexpected events such as traffic crashes, disabled vehicles, flat tires, spilled loads, empty fuel etc. works cause the traffic congestion or increase the level of the existing traffic congestion on the roadway. Solution or reduce the effects of this problem would be possible with incident management that delivers planned, systematic and a well-coordinated human being, institutional, and technical resource within. Traffic incident management requires estimation incident duration from the start to the final stage of the incident for the identification of the strategies. Hence, the negative effects of the incidents have been minimized with managing the process that between the incidents occurred and the traffic returned to normal in an efficient manner. For this purpose the scope of the thesis, traffic accidents data was obtained that occurred on the Istanbul TEM. This accident data are divided into three groups according to duration with the K-means clustering. With using the accident data and the group's properties, CHAID and C&RT decision tree time estimation models have been created and have been tested. Test results show that the prediction accuracy was above of 76% for both models. According to these results, it was seen that both models generated are usable.

Keywords: Istanbul Trans European Motorway (TEM), traffic incident, estimation of incident duration, CHAID analysis, C&RT analysis, K-means clustering.

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

BÖLÜM 1

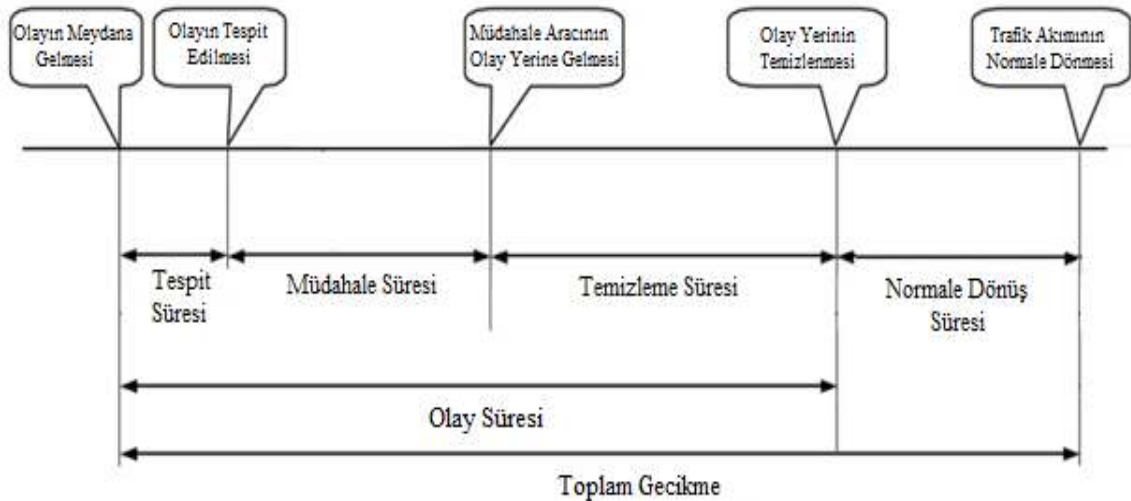
GİRİŞ

Büyük kentlerde bulunan karayollarının işletiminde karşılaşılan en önemli sorunlardan biri trafik sıkışıklıklarıdır. Trafik sıkışıklıkları genellikle talebin kapasiteden fazla olduğu kesimlerde ortaya çıkmaktadır. Talebin kapasiteden fazla olduğu kesimler, sabit (gündelik) veya değişken kesimler olmak üzere iki farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Yol kesitinin geometrik olarak yetersiz olduğu yani yol genişliğinin, kurba yarıçapının, şerit sayısı ve genişliği gibi geometrik özelliklerin yetersiz olduğu kesimler, gündelik kapasitenin yetersiz olduğu kesimler olarak tanımlanmaktadır. Bu kesimlerde belirli saatlerde (zirve saatlerde) günlük tekrar eden sıkışıklıklar yaşanmaktadır. Bu tür tekrarlı sıkışıklıklar yol kullanıcıları tarafından önceden bilindiğinden seyahat türlerini, saatlerini veya güzergâhlarını bu sıkışıklıklara göre planlayabilmektedirler. Ancak, bazı durumlarda, karayolu kapasitesinde anormal bir azalma ya da talepte anormal bir artışa sebep olan tekrarsız durumlar olarak tanımlanan trafik olayları meydana gelmektedir (trafik kazası, araç arızası, trafik akımını engelleyecek şekilde yol üzerinde engel bulunması gibi). Bu olaylar, kapasiteyi direkt (şerit kapanması gibi) veya dolaylı olarak (sürücülerin olayı izlemek için yavaşlaması gibi) düşürdüğünden, zirve dışı saatlerde beklenmedik sıkışıklıklara neden olmaktadır. Zirve saatlerde meydana gelen trafik olayları ise tekrarlı sıkışıklıkların çok daha fazla artmasına sebebiyet vermektedir. Trafikte meydana gelen ve beklenmedik sıkışıklıklara neden olan trafik olaylarının, süreçlerinin analiz edilmesi ve etkilerinin en aza indirilmesi, akıllı ulaşım sistemlerinde olay yönetimi başlığı altında değerlendirilmektedir.

1.1 Literatür Özeti

Olay süresi tahmini ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, bir trafik olayının süreci, genel olarak 5 zaman noktası ile bölümlenmiş 4 zaman aralığında incelendiği görülmektedir. Bu noktalar sırasıyla; kazanın meydana gelişi, kazanın tespit edilmesi, müdahale aracının kaza yerine ulaşması, kaza yerinin temizlenip yolun trafiğe açılması ve yolun normal işletme kapasitesinde çalışmaya dönmesi şeklindedir. Bu noktalar arasında kalan ilk 3 zaman aralığı toplam olay süresi, 4 zaman aralığı ise olayın neden olduğu toplam gecikme süresi olarak ifade edilmektedir. Ayrıca;

- Olayın meydana gelmesi ve tespiti arasındaki süreye tespit süresi,
- Olayın tespiti ve olay yerine ilk müdahale ekibinin varışı arasındaki süreye müdahale süresi,
- Müdahale ekibinin olay yerini temizleyebilmesi için gereken süreye temizleme veya ortadan kaldırma süresi,
- Olay yerinin temizlenmesi ve yolun normal çalışma kapasitesine ulaşması arasındaki süreye iyileşme veya normale dönüş süresi denilmektedir (Şekil 1. 1) [1], [2], [3], [4], [5].



Şekil 1. 1 Trafik olayı süreci

Olayın meydana geliş zamanının tam olarak belirlenmesi zor olduğundan bazı çalışmalarda olayın tespiti ile olay yerinin temizlenmesi arasındaki zaman aralığı, değiştirilmiş olay süresi olarak adlandırılmaktadır [6], [7].

Trafikte meydana gelen bir olayın ve oluşturduğu gecikmenin süresi, olay özellikleri ve çevre koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörlerin neler olduğu belirlenerek istatistiksel tahmin yöntemleri ile olay süresi tahmin edilebilmektedir. Olay süresi tahminlerinde tahmin doğruluğu, toplanan verinin kalitesine, değerlendirmeye alınan olay karakteristiklerine ve kullanılan tahmin metoduna göre değişmektedir. Müdahale birimlerinin topladığı verilerde hata olması, veri sayısının az olması, verilerin bir veya iki kaynaktan elde edilmesi gibi nedenler veri kalitesini düşürmektedir. Yapılan çalışmalarda olay süresinin tahmin edilebilmesi için müdahale birimleri tarafından toplanan; olayın tipi (çarpma, araç arızası, devrilme gibi), saati, konumu, olaya karışan taşıt sayısı ve tipi, olaydan etkilenen şerit sayısı, yaralı ve ölü sayısı, olaya karışan ağır taşıt sayısı, yük dökülmesi, hava durumu, yol ekipmanına zarar gibi birçok farklı olay ve çevre bileşeninin bulunduğu veri grupları kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, olay yerinin temizlenip trafiğe açılması ile trafiğin normal akım koşullarına dönmesi arasındaki iyileşme süresini de içeren toplam gecikmenin tahmin edilebilmesi için olaydan önceki trafik talebi göz önünde bulundurulmaktadır [8], [9], [10].

Veri sayısı, kalitesi ve değerlendirmeye alınan olay bileşenleri dışında kullanılan tahmin metodu da tahmin doğruluğunu önemli derecede etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda çeşitli istatistiksel yöntemler ve veri madenciliği teknikleri kullanılmıştır. Örneğin; ağaç sınıflandırma metodu [1], yapay sinir ağları [4], [6], lineer regresyon [5], [8], risk bazlı analiz modeli [2], [10], [11], döngüsel alt uzay regresyon [12], destek vektör regresyon [13], kısmi en küçük kareler regresyonu [7], [14], zaman serisi metodu [15], bulanık mantık modeli [16] ve Bayes yaklaşımları [17], [18], [19] gibi.

Nam ve Mannering 1998 yılında yaptıkları çalışma kapsamında, 1994-1995 yıllarında Washington'da meydana gelen toplam 681 olayı incelemişlerdir. Toplanan verilerde bu olayların bildirme, müdahale ve temizleme süresi ortalamaları sırasıyla 12.2, 26.2 ve 136.8 dakika olduğu görülmüştür. Bildirme, müdahale ve temizleme aşamaları için risk tabanlı süreç modeli kullanılarak ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda

her aşamanın süresini etkileyen bileşenlerin (gün dilimi, haftanın günü, ay, hava durumu, konum, araç sayısı, ölü-yaralı, ağır taşıt katılımı, yük dökülmesi gibi) önem dereceleri belirlenmiştir. Risk tabanlı analiz modellerinin olay sürecini etkileyen değişkenlerin etkilerini belirlemek için uygun olduğu sonucuna varmışlardır [2].

Trafikte meydana gelen bir olay sürecinde, olayla ilgili bazı bilgiler gerçek zamanlı olarak ilk anda elde edilememektedir. Bu nedenle gerçek zamanlı tahmin modellerinde girdilerin aşama aşama ilave edilmesi gerekmektedir. Olayın bildirilmesiyle birlikte elde edilen ilk veriler (olay saati ve yeri, olayın tipi, bildirilme süresi, hava durumu gibi) tahmin modeline girilerek ilk olay süresi tahmini yapılmaktadır. Müdahale ekiplerinin olay yerine ulaşmasının ardından elde edilen ikincil veriler (yaralı ve ölü sayısı, müdahale süresi, etkilenen şerit sayısı gibi) modele girilerek süre tahmini yenilenmektedir. Bu şekilde gerçek zamanlı olarak yapılan olay süresi tahminleri 3 veya 4 aşamalı yapılmakta ve her aşamada tahminler güncellenmektedir [4], [6].

Garib ve arkadaşları (1997) yaptıkları çalışmada, otoyollarda meydana gelen olayların sebep olduğu toplam gecikme süresinin tahmini için iki ayrı regresyon modeli, toplam olay süresinin tahmini için de ayrı bir regresyon modeli sunmuşlardır. Çalışma kapsamında, Kaliforniya-Alameda Bölgesi'nde bulunan 880 nolu otoyolun 7.3 kilometrelik diliminde meydana gelen olaylarla ilgili bilgiler toplamışlardır. Bu bilgiler; olayın tipi (kaza, arıza gibi), şiddeti (etkilenen şerit sayısı), kazaya karışan taşıt bilgileri (tip, renk gibi), mevki (şerit, yön bilgisi gibi), ilk görülme zamanı, güncelleme (polis aracının varış zamanı, temizleme süresi gibi), son görülme zamanı ve iklim koşulları verileridir. Ayrıca gecikme süresi tahmininde kullanmak amacıyla dedektörlerden, olay yerinin akım aşağısı ve akım yukarısındaki trafik akımı bilgileri elde edilmiştir (akım, işgal oranı, hız) [8].

Garib ve arkadaşları (1997) tarafından yapılan çalışmada, gecikme süresinin tahmin edilmesi amacıyla 254 adet olay incelenerek (1.1) ve (1.2)'de verilen regresyon modeli kurulmuştur [8]:

Model 1

$$\text{Gecikme} = - 4.26 + 9.71 * X_1 X_2 + 0.5 * X_1 X_3 + 0.003 * X_2 X_4 + 0.0006 * X_3^2 \quad (1.1)$$

Model 2

$$\text{Gecikme} = -0.288 + 3.8 \cdot X_1 X_2 + 0.51 \cdot X_1 X_3 + 0.06 \cdot X_3 + 0.356 \cdot X_3^2 \quad (1.2)$$

Bu modellerde; X_1 = olaydan etkilenen şerit sayısını, X_2 = olaya karışan taşıt sayısını, X_3 = olayın süresini (ilk görülme ve son görülme arasındaki zaman farkı) ve X_4 = olaydan 15 dk önce olay yerinin akım yukarısındaki trafik talebini ifade etmektedir [8].

Regresyon analizi sonucunda Model 1’de dört bağımsız değişken kullanılarak olay gecikmesi %74 oranında; Model 2’de ise, 3 bağımsız değişken kullanılarak olay gecikmesi %85 oranında tahmin edilebilmiştir. Model 2’de, olay gecikmesi üzerinde önemli etkisi olması beklenen trafik talebi ihmal edilmesine rağmen daha doğru tahmin oranına sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bu iki model de ihtiyaca göre kullanılabilir düzeyde tahminler ortaya koymuştur [8].

Toplam olay süresini tahmin etmek için ise, yine aynı güzergahta meydana gelen 277 adet trafik olayı değerlendirilmiştir. Lognormal dağılım kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Bunun sonucunda (1.3)’teki model elde edilmiştir [8]:

$$\text{Log(olay süresi)} = 0.87 + 0.027 \cdot X_1 X_2 + 0.2 \cdot X_5 - 0.17 \cdot X_6 + 0.68 \cdot X_7 - 0.24 \cdot X_8 \quad (1.3)$$

Bu modelde; X_1 = olaydan etilenen şerit sayısını, X_2 = olaya karışan taşıt sayısını, X_5 = olaya karışan ağır taşıt durumunu (olaya ağır taşıt karışmamışsa 0, karışmışsa 1), X_6 = olayın yaşandığı zaman dilimini (sabah pik aralığı için 0, öğleden sonra pik aralığı için 1), X_7 = polis tepki süresinin doğal logaritmasını (olayın meydana gelmesinden polisin gelmesine kadar geçen zaman) ve X_8 = iklim koşullarını (yağış yoksa 0, varsa 1) ifade etmektedir. Altı bağımsız değişkenin kullanıldığı modelde, olay süresi tahmin oranı %81 çıkmıştır [8].

Chang ve Chang’ın (2013) yapmış olduğu çalışmada 2008 yılında Tayvan Ulusal Karayolu Bürosu tarafından kaydedilen 4908 olay ele alınmıştır. Bunlar içinde güvenilir olmayanlar ve çok kısa olanlar (5 dk.nın altında) ayıklanmış, geri kalan 4697 olay incelenmiştir. Bu olayların ortalama süreleri 36.9 dakika ve %90’ı 60 dakikanın altındadır. Standart sapması 29.9 dakika ve en uzun olay süresi 391 dakikadır [1].

Verilerin dağılımı düzgün olmadığından kümeleme yöntemiyle benzer veriler aynı küme içerisinde değerlendirilmiştir. İlk olarak 270 adet veri, hiyerarşik kümeleme yöntemi

olan Ward metoduna göre sınıflandırılmıştır. Bunun sonucunda, 2 kümeli çözümden 5 kümeli çözüme kadarki çözümlerde veriler arasındaki Öklid uzaklıklarında büyük değişiklikler olduğu, 5 kümeli çözümden daha büyük sayıda kümeli çözümlerde ise bu değişimin azaldığı görülmüştür. Daha sonra, 4697 verinin tamamında küme sayıları 2, 3, 4 ve 5 alınarak K-ortalama kümeleme yöntemiyle sınıflandırma yapılmıştır. 2 kümeli çözümün ilk kümesi verilerin %97 sini içerdiğinden dengesiz bir dağılım olmuştur. 4 ve 5 kümeli çözümlerde ise son kümeler yeterli veriye sahip değildir. Bu yüzden, en uygun 3 kümeli çözüm seçilmiştir (Çizelge 1. 1). Kümeler kısa (5-41 dk), orta (42-118 dk) ve uzun (119-391 dk) süreli olaylar olarak isimlendirilmiştir [1].

Çizelge 1. 1 K- ortalama kümeleme sonucu oluşturulan kümeler [1]

Küme Sayısı	İstatistikler	Kümeler					Toplam
		1	2	3	4	5	
2	Min. (dakika)	5	96	-	-	-	5
	Max. (dakika)	95	391	-	-	-	391
	Veri Sayısı	4.542	155	-	-	-	4.697
3	Min. (dakika)	5	42	119	-	-	5
	Max. (dakika)	41	118	391	-	-	391
	Veri Sayısı	3.371	1.218	108	-	-	4.697
4	Min. (dakika)	5	39	92	200	-	5
	Max. (dakika)	38	91	199	391	-	391
	Veri Sayısı	3.138	1.387	146	26	-	4.697
5	Min. (dakika)	5	32	59	113	217	5
	Max. (dakika)	31	58	112	216	391	391
	Veri Sayısı	2.433	1.755	388	101	20	4.697

Sınıflandırma sonucunda, orta ve uzun süreli olayların gece saatlerinde daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedeni gece görüşün zayıf olmasından dolayı temizleme

süresinin uzun sürmesi olabilir. Diğer taraftan, 1 veya 3'ten fazla aracın karıştığı olayların süresi 2 veya 3 araçlı olaylara göre daha uzun olmuştur. Bunların dışında, ağır taşıt katılımı, yük dökülmesi, ölü ve yaralı sayısı olay süresini artırmıştır [1].

Bütün olay verileri test grubu (her mevsimden bir aylık veri; şubat, mayıs, ağustos ve kasım verileri) ve uygulama grubu (kalan diğer ayların verileri) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Buna göre; uygulama grubunda 3245 (%69.1), test grubunda ise 1452 (%30.9) olay verisi olmuştur. Ki-kare testi yapılarak grupların istatistik özellik olarak benzer olduğu görülmüştür [1].

Ağaç sınıflandırma analizi sonucunda olay süresi tahmini için, 13 adet belirleyici faktöre göre (olaya karışan taşıt sayısı, olaydan etkilenen şerit sayısı, olaya karışan ağır taşıt bulunup bulunmadığı vb.) 27 adet karar düğüm noktası elde edilmiştir. Bunların 14 tanesi kısa süreli, 11 tanesi orta süreli, 2 tane uzun süreli olay içermektedir [1].

Analiz sonucuna göre, ağaç sınıflandırma metoduyla olay sürelerinin %75'inin doğru tahmin edilebildiği görülmüştür. Ancak tahmin oranı, kısa süreli olaylar için %96 gibi yüksek bir değer çıkarken orta ve uzun süreli olaylarda %20-%30 gibi düşük değerler çıkmıştır (Çizelge 1. 2) [1].

Çizelge 1. 2 Ağaç sınıflandırma analiz sonuçları [1]

Olay Sınıfı	Eğitim Verisi				Test Verisi			
	Gözlem	Tahmin	Doğru Tahmin		Gözlem	Tahmin	Doğru Tahmin	
Kısa (5-41 dk)	2.338	2.947	2.257	(%96.5)	1.033	1.326	999	(%96.7)
Orta (41-118 dk)	834	261	156	(%18.7)	384	117	66	(%17.2)
Uzun (119-391 dk)	73	37	23	(%31.5)	35	9	4	(%11.4)
Toplam	3.245	3.245	2.436	(%75.1)	1.452	1.452	1.069	(%73.6)

Yukarıda anlatılan çalışmaların dışında, olay süresi ve temizleme süresi tahminine yönelik farklı tahmin modelleri kullanılarak yapılmış çeşitli çalışmalara ait bilgiler Çizelge 1. 3'te özetlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, bu çalışmaların tamamında ortak olarak kullanılan değişkenler olay tipi ve araç sayısı olmuştur.

Çizelge 1. 3 Çeşitli çalışmalara ait bilgiler

Çalışma		Özbay ve Noyan (2006) [17]	Chung (2010) [3]	Lopes ve diğ. (2012) [6]	Wang ve diğ. (2013) [7]
Veri Özellikleri	Ülke	ABD	Güney Kore	Portekiz	Hollanda
	Yılı	1994	2006-2007	2008-2011	2005
	Boyutu (adet)	650	4.869	10.762	1.853
Kullanılan Tahmin Modeli		Bayes Ağları Yaklaşımı	Risk Bazlı Analiz Modeli	Yapay Sinir Ağları	Regresyon Analizi (4 tip)
Tahmin Edilen Süreç		Temizleme Süresi	Olay Süresi	Temizleme Süresi	Olay Süresi
Model Girdileri	Mevsim		✓		
	Haftanın Günü		✓		✓
	Gün Dilimi		✓		✓
	Olay Tipi	✓	✓	✓	✓
	Olay Konumu		✓	✓	
	Araç Tipi		✓	✓	✓
	Ağır Taşıt Karışımı	✓			
	Araç Sayısı	✓	✓	✓	✓
	Ölü-Yaralı	✓	✓	✓	
	Yol Durumu		✓		
	Yol Tipi	✓			
	Yol Ekipmanına Zarar				✓
	Şerit Sayısı	✓		✓	
	Emniyet Şeridi Geometrisi			✓	
	Emniyet Şeridi Doluluğu		✓		
	Kapanan Şeritler			✓	
	Yol Çalışması Bulunması		✓		
	Tespit Kaynağı		✓	✓	
	Bildiri Süresi			✓	
	Müdahale Süresi			✓	
	Trafik Yönetimi Türü				✓
	Müdahale Ekibi Türleri	✓			✓
Sonuç		Verilerin parçalara bölünmesi ile oluşturulan 10 test verisi kullanılarak, 10 iterasyonla modelin kontrolü sonucunda doğruluk oranı %81 çıkmıştır.	Ortalama süre tahmini hatası 18 dakika olmuştur. Hesaplanan Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE) ise (%47) olarak bulunmuştur.	Modelin 2011 yılına ait 244 olay ile sınanması sonucunda, olayların %72'si maksimum 10 dakikalık sapma, %92'si ise maksimum 20 dakikalık sapma ile bulunmuştur.	Analiz sonucunda; maksimum 20 dakikalık sapma ile arıza, dökülme ve kaza tipindeki olaylar için sırasıyla %83.6, %92.7 ve %88.2 doğru tahmin sağlanmıştır.

Trafik olaylarının sınıflandırılmasına yönelik bazı çalışmalarda ve elkitaplarında, olay süresi, temizleme süresi, olayın neden olduğu gecikme süresi, şeritlerin kapanma oranı gibi farklı faktörlere göre olaylar çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Çizelge 1. 4’de farklı çalışmalarda kullanılan sınıflandırma türleri gösterilmiştir [20].

Çizelge 1. 4 Çeşitli olay sınıflandırma türleri [20]

Çalışma	Ana Parametre	Sınıflandırma
Smith ve Smith (2001)	Temizleme Süresi	• ≤ 15 dakika ise; kısa • $> 15 - \leq 30$ dakika ise; orta • > 30 dakika ise; uzun
Lin ve diğerleri (2004)	Olay Süresi	• ≤ 60 dakika ise; diğer • > 60 dakika ise; şiddetli
Teksas Ulaştırma Departmanı (2006)	Olay Süresi	• ≤ 60 dakika ise; küçük • $> 60 - \leq 240$ dakika ise; orta • > 240 dakika ise; büyük
Genel Trafik Kontrol Cihazları Elkitabı (MUTCD-2009)	Olay Süresi	• ≤ 30 dakika ise; küçük • $> 30 - \leq 120$ dakika ise; orta • > 120 dakika ise; büyük
Chattanooga Bölgesi Otoyol Olay Yönetim Planı (2010)	Olay Geciktirmesi	• ≤ 30 dakika ise; düşük öncelikli • $> 30 - \leq 60$ dakika ise; orta öncelikli • $> 60 - \leq 120$ dakika ise; yüksek öncelikli • > 120 dakika ise; afet
Zhang ve diğerleri (2012)	Olay Süresi	• ≤ 120 dakika ise; diğer • > 120 dakika ise; büyük ölçekli

1.2 Tezin Amacı

Olay yönetiminde, olay tespit süresi, müdahale süresi ve temizleme süresi en aza indirilerek olayın neden olduğu gecikmenin minimum seviyeye çekilmesi hedeflenmektedir. Olayın doğru tespiti, olay türüne göre doğru birimlerin olay yerine

hızlı bir şekilde yönlendirilmesinin sağlanması, olay yerinin temizlenmesi süresince trafiğin verimli şekilde yönetilmesi gibi aşamaların etkili bir olay yönetiminde bulunması gerekmektedir. Bu noktada, olay sürecinin iyi analiz edilmesi ve bu analizler doğrultusunda önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Bu nedenle, trafikte meydana gelen olayların etkisinin belirlenmesi ve gecikme süresinin saptanması için modeller geliştirilmektedir. Bu modeller yardımı ile çeşitli faktörlere göre değişen olay süreçleri önceden tahmin edilebilmektedir. Olayın ne kadar süreceğinin diğer yol kullanıcılarına duyurulmasında ve olaydan etkilenecek kesimlerin belirlenerek gerekli yönlendirilmelerin yapılmasında bu tahminler faydalı olmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı, İstanbul TEM otoyolu üzerinde meydana gelen trafik kazaları verilerinden faydalanarak, Karar Ağacı metodu ile bir olay süresi tahmin modeli oluşturulmasıdır.

1.3 Hipotez

Etkili bir olay yönetiminde, özellikle trafik yönetimi ve olayın duyurulması aşamalarında olay sürecinin başlangıçtan son aşamasına kadar önceden tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Süreç tahmini sayesinde, olayın meydana geldiği noktadan itibaren olaydan etkilenecek alan tespit edilebilmektedir. Bu sayede de, olayın meydana geldiği andan trafiğin normal haline dönünceye kadar geçecek süreç yönetilerek, olayın olumsuz etkilerinin en az seviyede hissedilmesi sağlanmaktadır. Bu tez çalışması sonucunda elde edilecek model kullanılarak, İstanbul TEM Otoyolu üzerinde meydana gelecek kazalara yönelik daha etkin müdahalelerin yapılması ve dolayısıyla bu kazaların olumsuz etkilerinin azaltılması sağlanacaktır.

AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE TRAFİKTE OLAY YÖNETİMİ

Bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ulaştırma sektörünü de etkilemiş ve Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) adı altında teknolojiye dayalı sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler, çok geniş kullanım alanları ve uygulamalara sahiptir. Bunlardan bir tanesi de trafikte meydana gelen olaylara yönelik uygulanan olay yönetimi sistemleridir.

2.1 Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS); elektronik, haberleşme ve bilgi işlem teknolojilerini kullanarak ulaşım sistemlerinin güvenliğini ve verimini artırırken çevreye olan etkilerini azaltan sistemlerdir [21]. AUS'un genel işlevi, özellikle gerçek zamanlı olarak ulaşım sistemi yöneticileri tarafından, kullanıcıların karar mekanizmasını iyileştirerek sistemin en fazla faydayı sağlayacak şekilde yönetilmesi ve işletilmesini sağlamaktır. Bu sistemlerin kullanılması ile zaman, para, enerji kazanımları, çevre ve trafik güvenliğinde artış gibi faydalar elde edilmektedir. AUS, tüm ulaşım sistemi türleri ve taşıt, sürücü, yolcu, altyapı gibi birbiriyle etkileşimli olan diğer tüm elemanları kapsamaktadır. Bu elemanlardan ulaşım sistemini kullanan sürücü, yolcu, yaya ile ulaşım sisteminin işletmesinden sorumlu olan kişiler, AUS'un hizmet kapsamına giren kullanıcıları oluşturmaktadır.

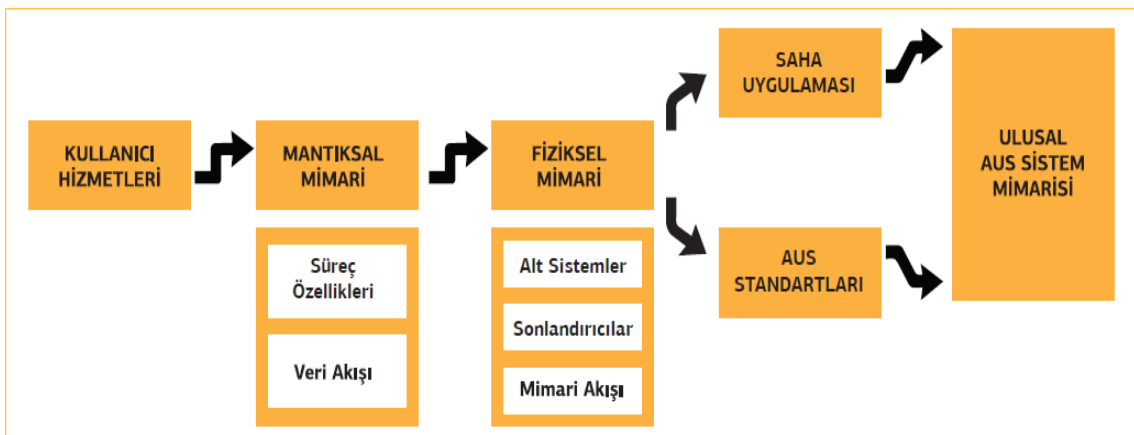
AUS kapsamında, gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak ulaşım ile ilgili önemli sorunlara çözümler üretilebilmektedir. AUS uygulamaları vasıtasıyla farklı ulaşım türleri arasında koordinasyon sağlanarak ideal trafik şartları oluşturulabilmekte, yolcu ve yük hareketleri ile ilgili hizmetlerin etkinliği ve hızı arttırılabilmektedir. Bu sistemlerinden

beklenen çok sayıda doğrudan ve dolaylı fayda bulunmakla beraber, temel beklentiler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1) Trafik kazalarının azaltılması, yolların, sürücülerin ve yayaaların güvenlik ve emniyetinin artırılması,
- 2) Ulaşım sisteminin performansının iyileştirilmesi ve trafik sıkışıklığının azaltılması,
- 3) Trafiğin izlenmesi, yönlendirilmesi ve gerçek zamanlı yönetiminin sağlanması,
- 4) Ulaşım sürelerinin optimizasyonu ve ulaşım maliyetlerinin azaltılarak ekonomiye katkıda bulunulması,
- 5) Hizmet kalitesinin ve verimliliğin artırılması,
- 6) Kişisel mobilité ve rahatlığın artırılması,
- 7) Çevreye verilen zararın asgariye indirilmesi ve enerji tasarrufunun sağlanması.

2.2 AUS Mimarisi

Dünyada birçok ülke, AUS programlarını ulusal düzeyde bir AUS mimarisi oluşturarak hazırlamaktadır. AUS mimarisi, AUS uygulamalarının ülke çapında nasıl yaygınlaştırılacağı ile tanımlanmaktadır. Bu mimari ile AUS'nin planlanması, tanımlanması, entegrasyonu ve uygulaması için bir çatı kurulmaktadır. AUS mimarisinin etkin bir şekilde oluşturulabilmesi için politika yapıcılarının süreci sahiplenmesi, uygulamanın hayata geçirilmesi ve başarıya ulaşmasındaki en önemli faktör olarak görülmektedir. AUS mimarisi tasarım aşamaları Şekil 2. 1'de gösterilmiştir [22].



Şekil 2. 1 AUS mimarisi tasarım aşamaları

AUS mimarisinin tasarımında öncelikle mimari oluşturulacak bölgenin AUS ihtiyaçları yani kullanıcı hizmetleri belirlenmektedir. Bu kullanıcı hizmetleri, ülkelerin ihtiyaçları doğrultusunda değişmektedir. Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi’nde geçen gelişmekte olan ülkelere dair ISO tarafından geliştirilen AUS mimarisi hizmet alanları ve hizmet sınıflandırılması Çizelge 2. 1’de gösterilmiştir [22].

Çizelge 2. 1 ISO AUS mimarisi hizmet alanları ve hizmet sınıflandırması

Hizmet Alanları	Hizmet Grupları
1.Yolcu Bilgisi	•Yolculuk öncesi bilgi •Yolculuk sırasındaki bilgi •Yolculuk hizmetleri bilgisi •Yolculuk öncesi güzergah rehberi ve navigasyon •Yolculuk sırasında güzergah rehberi ve navigasyon •Yolculuk planlama desteği
2.Trafik yönetimi ve işlemleri	•Trafik kontrolü •Ulaştırma ile ilgili olay yönetimi •Talep yönetimi •Ulaştırma altyapısının bakım yönetimi
3.Araç içi sistemler	•Ulaştırma ile ilgili görüş iyileştirme •Otonom araç işlemi •Çarpışma önleme •Emniyet hazırlığı •Çarpışma öncesi kısıtlamaların tertibi
4.Yük taşımacılığı	•Ticari araç ön izin •Ticari araç idari işlemleri •Otomatik yol kenarı emniyet denetimi •Ticari araç içinde emniyet takibi •Yük taşımacılığı filo yönetimi

Çizelge 2. 1 ISO AUS mimarisi hizmet alanları ve hizmet sınıflandırması (devamı)

	•İntermodal bilgi yönetimi •İntermodal merkezlerin yönetimi ve kontrolü •Tehlikeli yüklerin yönetimi
5.Toplu Taşıma	•Toplu taşıma yönetimi •Talebe duyarlı ve paylaşımlı toplu taşıma
6.Acil Durum	•Ulaştırmayla ilgili acil durum duyurusu ve kişisel güvenlik •Acil durum araçlarının yönetimi •Tehlikeli madde ve olay duyurusu
7.Ulaştırmayla ilgili elektronik ödeme	•Ulaştırmayla ilgili elektronik mali işlemler •Ulaştırmayla ilgili elektronik ödeme hizmetlerinin entegrasyonu
8.Karayolu ulaştırması ile ilgili kişisel emniyet	•Toplu taşıma güvenliği •Savunmasız karayolu kullanıcılarının emniyetinin artırılması •Engelli karayolu kullanıcılarının emniyetinin artırılması •Akıllı kavşaklar ve bağlantı yolları
9.Hava ve çevre koşullarının izlenmesi	•Hava durumunun izlenmesi •Çevre koşullarının izlenmesi
10.Afet müdahalesi yönetimi ve koordinasyonu	•Afet veri yönetimi •Afet müdahale yönetimi •Acil durum merkezleri ile koordinasyon
11.Ulusal güvenlik	•Şüpheli araçların izlenmesi ve kontrolü •Enerji tesisleri veya boru hatlarının izlenmesi

Mantıksal mimari süreci, kullanıcı hizmet ihtiyaçlarının tümünü kapsamakta ve kullanılacak teknolojiler düşünülmezsizin tanımlanmaktadır. Bu süreçte, mimari yapının sınırları, yerine getirilecek fonksiyonlar ve fonksiyonlar arası ilişkiler süreç özelliklerini

oluşturmaktadır. Mantıksal mimaride veri akışı, fonksiyonlar arası veya bir fonksiyon ve sonlandırıcı (varlık) arasında iletilen bilgiyi ifade etmektedir.

Mantıksal mimariden sonraki aşama fiziksel mimarinin oluşturulmasıdır. Mantıksal mimari sisteme fonksiyonel bir bakış sağlarken fiziksel mimari AUS'nin gerekli fonksiyonları nasıl sağlaması gerektiğini göstermektedir. Fiziksel mimari mantıksal mimaride oluşturulan çıktıları almakta ve alt sistemler ile sonlandırıcılar gibi fiziksel varlıklara dönüştürmektedir. Alt sistemler ulusal AUS mimarisi tarafından tanımlanan AUS'nin bireysel parçalarıdır. Bunlar merkezler, alan, araçlar ve yolcular olarak dört grupta sınıflandırılmaktadır. Mimari akış, fiziksel mimaride alt sistemler ve sonlandırıcılar arasında iletilen bilgiyi göstermektedir. Bu mimari akışlar ve onların iletişim ihtiyaçları AUS standartlarına göre çalışan arayüzleri tanımlamaktadır.

Ülkemizde, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan ve KGM sorumluluk alanındaki AUS uygulamalarının birbirini destekler ve birlikte çalışabilir bir niteliğe kavuşturulmasını amaçlayan Ulusal AUS Sistem Mimarisi geliştirme çalışması devam etmektedir. Bu çalışma aynı zamanda Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından yayımlanan AUS Strateji Belgesinde öngörülen Ulusal AUS Sistem Mimarisi'nin genel çerçevesini de belirleyecek şekilde yürütülmektedir. Bu kapsamda bugüne kadar yapılan çeşitli paydaş toplantılarında Ulusal AUS Sistem Mimarisinin mantıksal çerçevesini belirlemeyi amaçlayan tartışma ve değerlendirmeler yapılmış; sonuçta, fiziksel mimari çerçevenin belirlenmesinde esas alınması gereken temel fonksiyonel alanlar aşağıda verilen 8 ana başlık halinde tespit edilmiştir [21]:

- Trafik Yönetimi
- Yolcu Bilgilendirme ve Rehberlik
- Toplu Taşıma Yönetimi
- Taşıt Güvenlik ve Kontrol
- Yük ve Filo Yönetimi
- Acil Durum ve Afet Yönetimi
- Yol Bakım ve Yapım Yönetimi

- Veri Arşiv Yönetimi

Bu tespitin ardından, fiziksel çerçeve geliştirme süreci başlatılmıştır. Bu süreçte temel fonksiyonlarla ilgili uygulamaların gerçekleştirilmesinde rol alacak fiziksel bileşenlere ilişkin atamaların yapılması için, belirli bir mimari çerçevenin referans alınması prensibine dayanan çerçeve mimari geliştirme yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Bu amaçla; ABD, Kanada ve Malezya'nın AUS Sistem Mimari çerçeveleri dikkate alınarak, paydaşlar nezdinde tartışmaya açılacak bir fiziksel çerçeve önerisi oluşturulmuştur.

Bu çerçeve önerisi, KGM uzmanları ile yapılan ilk değerlendirmelerden sonra; 4 grup altında toplanan (merkez, saha, yolcu, taşıt) toplam 22 adet Alt Sistem, 4 grup altında toplanan (çevre, kişi, harici sistem, dahili sistem) toplam 76 adet Sonlandırıcı ve 8 temel fonksiyonel alanla ilgili toplam 97 adet Uygulama Paketini içerecek şekilde güncellenmiştir. Bunlara ilave olarak, her Alt Sisteme ilişkin atanan fonksiyonların gerçekleştirilmesinde rol alacak olan yaklaşık 230 adet Ekipman Paketi ile; alt sistemler ve sonlandırıcılar arasında karşılıklı etkileşimlerin çerçevesini belirleyen toplamda 535 adet fiziksel akış da sistemde belirlenen atama kodları ve tanımlarıyla birlikte öneri listelerine dahil edilmiştir. Böylece, paydaşların fiziksel çerçevenin belirlenmesi sürecinde yapacakları katkısı daha etkin kılacak bir tartışma zemini için gerekli veri tabanı oluşturulmuştur. Bütün fiziksel bileşenler, uygulama paketlerinin listeleri ve bunların açıklamalarını içeren dosyalar, *ausmimari.org* web sitesinde yayınlanmaktadır [21].

2.3 AUS'un Kullanım Amaçları

Ulaşım problemlerinin çözülmesi ve iyileştirmesine yönelik olarak AUS uygulama alanları ve kullanımları PIARC tarafından aşağıda belirtilen başlıklar halinde düzenlenmiştir [23]. Bunlar;

- Karayolu güvenliğinin iyileştirilmesi,
- Ulaşım tıkanıklıklarının giderilmesi veya azaltılması,
- Çevre koruma ve zararlı etkilerin ortadan kaldırılması,

- Ulaşım sisteminde konforun artırılmasıdır.

2.3.1 Karayolu Güvenliğinin İyileştirilmesi

AUS, ulaştırma sistemlerinin daha güvenli ve emniyetli olması için önemli katkılar sağlamaktadır. AUS uygulanması ile birlikte acil durum yolları öncelikli ve güvenli yollar haline gelmekte, acil durumlarda müdahale süresi azaltılmakta ve böylece doğal ve insan kaynaklı afetlerin etkisi en aza indirilmektedir. Sürücülerin tehlikeli durum ve şartlara karşı önceden uyarılması, gerekirse doğrudan sürücüye müdahale edilerek güvenlik ile alakalı kuralların denetlenmesi gibi uygulamalar ile trafik kazaları gerek rakamsal gerekse şiddet olarak azaltılmaktadır. Yaya ve bisiklet kullanıcılarına yaklaşan taşıtların hızının otomatik olarak düşürülmesi, taşıt sürücülerine görüş desteği sağlanması ve uyarı yapılması ile trafik güvenliği artırılmaktadır.

Karayolu güvenliğinin artırılması ve karayolunun bütün kullanıcılar açısından daha emniyetli hale getirilmesine yönelik çeşitli AUS uygulamaları mevcuttur. Bunlar:

- Akıllı hız kontrolü,
- Korumasız yol kullanıcı desteği,
- Yol ve hava koşulları izleme ve uyarı,
- Olumsuz durumların, olayların tespiti ve duyurulması,
- Çarpışma önleme sistemleri gibi.
- Acil araç öncelik hakkı,
- Sürücü izleme ve görüş mesafesi iyileştirme,
- Elektronik denetleme,
- Tehlikeli madde ve kargo takibi,
- Acil durum yol işaretleri ve öncelikleri,

2.3.2 Ulaşım Tıkanıklıklarının Giderilmesi veya Azaltılması

Dünya üzerinde yer alan birçok büyük metropolde olduğu gibi, ülkemiz büyükşehirlerinde de karayolu üzerinde oluşan tıkanıklıklar öncelikli ulaşım sorunu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle AUS'un uygulanmasındaki ana amaçlardan birisi bu trafik tıkanıklıklarını en aza indirmektir. Tıkanıklıkların azaltılması için uygulanması muhtemel AUS sistemleri aşağıda verilmiştir.

- Ulaşım ağı verimliliği ile bağlantılı olanlar;
- Talep yönetimi ile bağlantılı olanlar;

- Trafik kontrol yönetimi
- Güzergah yardımı
- Değişken hız kontrolü
- Otoyol katılım kontrolü
- Olay tespit ve yönetimi
- Sürücü bilgilendirme
- Erişim kontrolü
- Ücretli yol
- Tıkanıklık fiyatlandırması
- Türel dağılım ile bağlantılı olanlar;
- Seyahat planlama
- Eş zamanlı trafik bilgilendirme
- Toplu taşıma öncelikli geçiş hakkı

2.3.3 Çevre Koruma ve Zararlı Etkilerin Ortadan Kaldırılması

Son yıllarda ulaşım sistemlerinin çevreye olan etkileri toplum tarafından endişe edici boyutlara ulaşmış olmasına rağmen motorlu taşıtların kullanımı artmaya devam etmekte ve buna paralel olarak trafik problemi de büyümektedir. Bunun sonucunda ise, trafik kaynaklı gürültü ve taşıt emisyonları ciddi boyutta problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, karbondioksit ve nitrojen oksit salınımlarının azaltılmasına yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir. AUS, trafik tıkanıklığının azaltılması ve özel taşıt kullanıcılarının toplu taşımaya kaymasını sağlaması gibi faydaları nedeniyle taşıt emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

2.3.4 Ulaşım Sisteminde Konforun Artırılması

Ulaşım sistemini sürücü, yolcu veya yaya olarak kullananlar, sistemin zamanlama ve emniyet açısından güvenli olmasını arzu etmektedirler. Elektronik Denetleme Sistemleri (EDS) kullanılarak hız ve kırmızı ışık ihlallerinin kontrol edilmesi, otoyol katılımlarının ana aks üzerindeki yoğunluk veya kapasite kullanımı dikkate alınarak kontrollü hale getirilmesi gibi sistemler ulaşım sisteminin daha konforlu ve güvenilir hale getirilmesine yardımcı olmaktadır. Ulaşım sistemi rahat ve konforunun artırılmasına yönelik uygulamaların bazıları:

- Güncel trafik ve toplu taşıma bilgileri,
- Değişken güzergah bildirimi,
- Otomatik taşıt konumu,

- Otoyol ve toplu taşıma sistemlerinde elektronik ücret ödeme sistemleri, şeklinde sıralanabilir.

2.4 AUS Uygulamaları

Gelişmiş ülkelerin tümünde ve gelişmekte olan ülkelerin birçoğunda, çeşitli AUS uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalara dair genel kabul görmüş bir sınıflandırma olmamakla birlikte kullanım alanlarına göre aşağıda belirtilen başlıklar altında sınıflandırılabilir [22]:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Kullanıcı Bilgi Sistemleri | 5.Yük ve Filo Yönetim Sistemleri |
| 2. Trafik Yönetim Sistemleri | 6. Sürücü Destek ve Güvenlik Sistemleri |
| 3. Toplu Taşıma Sistemleri | 7. Kaza ve Acil Durum Sistemleri |
| 4. Elektronik Ödeme Sistemleri | |

2.4.1 Kullanıcı Bilgi Sistemleri

Kullanıcı bilgi sistemleri yol kullanıcılarına; mevcut ve ileriye dönük trafik durumları, tahmini seyahat süreleri, yolda meydana gelen olay bilgileri, en uygun güzergah ve alternatifleri, uygun ulaşım türü seçimi, kapalı ve çalışma yapılan yollar ve yol üzerindeki önemli yerler gibi konularda bilgi sağlayan sistemlerdir. Çeşitli ülkelerde metropol alanlarda bu hizmetlere yönelik web ve mobil uygulamaları mevcuttur. Ayrıca, ülkemizde ve dünya genelinde hizmet veren Google Maps, Yandex, Tomtom, Başarsoft gibi büyük çaplı kuruluşların web ve mobil uygulamaları da bulunmaktadır.

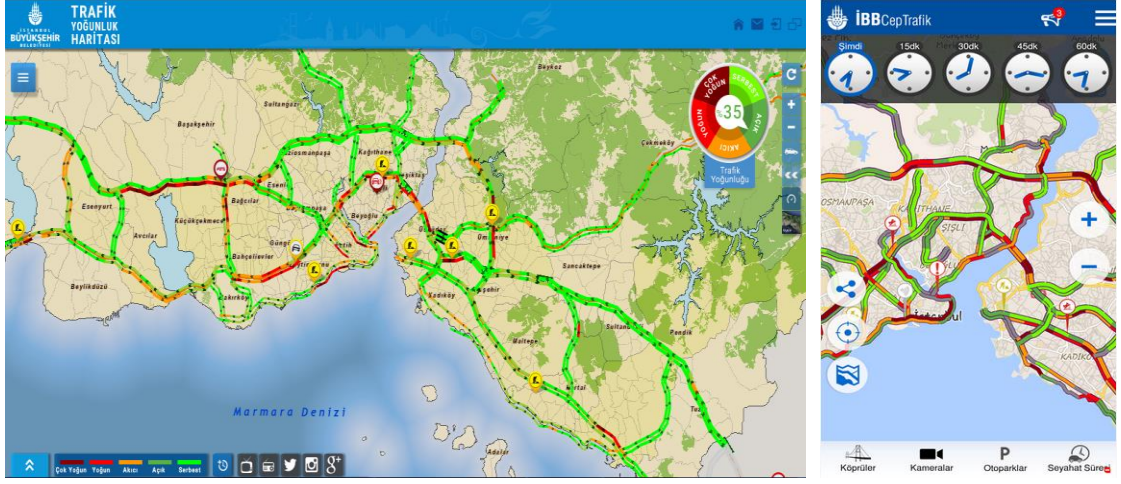
Ülkemizde Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı bünyesinde bulunan Ulusal Ulaştırma Portalı ile iki nokta arasında ulaşım türüne göre, bireysel veya toplu taşıma seçeneklerine göre seyahat planlaması yapılabilmektedir. Portal üzerinden biletlendirme de dahil olmak üzere çeşitli işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, yol durumu, kaza bilgileri, hava durumu, radyo gibi bileşenleri içeren portal, 4 dil seçeneği ile mobil uygulama, 3 boyutlu sokak görüntüleri, birden fazla ulaşım türü ile yolculuk, çocuklar için trafik eğitimi gibi içeriklere sahiptir (Şekil 2. 2).



Şekil 2. 2 Ulusal Ulaştırma Portalı (www.ulasim.gov.tr)

KGM'nin www.kgm.gov.tr web sayfası da şehirlerarası yol kullanıcılarının en uygun güzergahı ve alternatiflerini, kapalı ve çalışma yapılan yolları, yol yapısını, önemli yerleri, hava durumunu internetten uydu ve vektör harita altlığı üzerinden sorgulayabilmesine imkan sağlamakta ve görüntülü olarak bilgi sunmaktadır. Yine KGM'nin Güzergah Analizi, Yol Durumu, Haritalar, OGS/KGS Geçiş İhlali Sorgulama, Uzaklıklar ve ihale ilanları içeriklerinin yer aldığı mobil uygulamaları da yol kullanıcılarına hizmet vermektedir.

Ayrıca, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) bünyesinde geliştirilen tkm.ibb.gov.tr sitesi ve İBB Cep Trafik uygulaması da bulunmaktadır (Şekil 2. 3). Bu uygulamalar, İstanbul'da trafik durumunu yoğunluk haritası ve canlı kamera görüntüleriyle kullanıcılarına anlık olarak göstermektedir. İstanbul kent genelindeki yolculuklara rehberlik eden ve trafik yoğunluğuna göre alternatif güzergah sunulan uygulamalarda, kullanıcılar cep telefonlarından veya bilgisayarlarından 530 noktadaki trafik görüntülerine bakabilmekte; 600'ün üzerindeki trafik ölçüm dedektörü ve milyonlarca araç takip verisi kullanılarak hazırlanan Trafik Yoğunluk Haritası'ndan yoğunluk bilgilerini alabilmektedirler. 2014 Kasım ayı itibarı ile İBB Cep Trafik uygulaması kayıtlı kullanıcı sayısı 5 milyonu geçmiştir.



Şekil 2. 3 İBB trafik yoğunluk haritası web ve mobil uygulaması

2.4.2 Trafik Yönetim Sistemleri

Trafik yönetimi, işletimi ve denetimi; trafikte verimliliği sağlamak, hizmet kalitesini artırmak, trafik sıkışıklığını azaltmak amacıyla kullanılan AUS uygulamalarıdır. Bu sistemlerle trafik ışıklarının etkin kullanımı, sürücülerin tehlikeli durumlar karşısında, engelleyici önlemleri zamanında alabileceği şekilde uyarılması, dinamik trafik bilgi sistemlerinden gelen veriler ile gidilen güzergah hakkında bilgiler verilmesi ve trafik akışında süreklilik sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu sistemlerin veri toplanması, işlenmesi, depolanması ve dağıtımı gibi temel işlevleri bulunmaktadır. Verilerin toplanmasında sensörler ve kameralar kullanılmaktadır. Elde edilen bu veriler trafiğin izlendiği ve yönetildiği trafik yönetim merkezlerine iletilerek işlenmekte ve Değişken Mesaj İşaretleri (DMI), bilgi radyosu, mobil uygulamalar gibi trafik bilgisinin dağıtılmasına yarayan araçlar vasıtasıyla sürücülere anlık trafik bilgisi olarak aktarılmaktadır. Böylece sürücüler trafik kazaları, yoğunluk, hava ve yol durumu gibi trafiği etkileyen olaylardan haberdar edilmekte, trafiğin alternatif güzergahlara yönelmesi ve yol ağı kapasitesinin etkin olarak kullanılması sağlanmaktadır. Ayrıca, bu yönetim merkezlerinin sorumlu olduğu alanlarda kaza ve acil durumlar olması halinde müdahale edecek ilgili kurumlar haberdar edilmektedir.

AUS'nin ortaya çıkmasının başlıca amacının trafik yönetimi olduğu söylenebilir. En geniş anlamıyla akıllı ulaşım sistemlerinin ilk örneği trafik ışıklarıdır. Bugün kullanıldığı anlamıyla akıllı ulaşım sistemlerinin gelişimine hız kazandıran icatların en önemlisi

sayılan manyetik loop dedektörü (magnetic/inductive loop detector) gibi onunla aynı zamanlarda kullanıma geçen kırmızı ışık kameraları, değişken mesaj işaretleri ve değişken hız sınırı levhaları trafik yönetimi, işletimi ve denetimine yöneliktir. Bunlar arasında özellikle değişken mesaj işaretleri, kullanışlılığıyla öne çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, kameralar, tünel yönetim sistemleri, yoğunluk saatlerinde ücretlendirme, aktif trafik yönetim sistemleri gibi trafik yönetimi ve denetimine yönelik çeşitli uygulamalar mevcuttur.

Ülkemizde trafiğin yönetimi, işletimi ve denetiminden sorumlu olan Karayolları Genel Müdürlüğü, Emniyet Genel Müdürlüğü ve yerel idareler tarafından bu sistemler kurulmakta ve işletilmektedir. Bu kapsamda Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluk alanında İzmir, Mersin, İstanbul ve Ankara Bölge Müdürlükleri'nde Trafik Yönetim Merkezleri kurulmuştur. Bu merkezlere bağlı meteoroloji sensörleri, değişken mesaj işaretleri ve kameralar bulunmaktadır.

Başta İstanbul olmak üzere birçok büyükşehir belediyemizde de trafiğin yönetimi ve işletimi amacıyla trafik yönetim merkezleri oluşturulmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından trafik akışının sürekliliğinin sağlanması, yol ağı kapasitesinin etkin olarak kullanılması, trafiğin gerçek zamanlı olarak izlenmesi, tek merkezden kontrol edilmesi ve yönetilmesi amacıyla trafik kontrol merkezi oluşturulmuştur (Şekil 2. 4). Bu kapsamda kentin değişik noktalarına kurulumu yapılan sinyalizasyon sistemi, trafik ölçüm sistemi, trafik izleme kamera sistemi vb. akıllı ulaşım sistemlerinden trafik verileri elde edilmektedir. Elde edilen bu verilerden ileri yazılım algoritmaları vasıtası ile trafik bilgisi oluşturularak, Cep Trafik, değişken mesaj sistemleri, Web uygulamaları gibi çeşitli platformlara aktarılmaktadır.



Şekil 2. 4 İBB Trafik Kontrol Merkezi

Trafikte anlık yoğunluğu algılayarak, sinyal sürelerini buna göre düzenleyen trafik kontrol sistemleri de trafik yönetimi kapsamında İBB ve diğer bazı belediyeler tarafından kullanılmakta olup bu sistem ile, sinyalizasyon sürelerinin ve yol kapasitelerinin optimizasyonu, hava kirliliği seviyesinin ve yakıt, yedek parça gibi harcamaların azaltılması, seyahat ve bekleme sürelerinin kısaltılması gibi birçok fayda elde edilebilmektedir.

Trafiğin denetimi kapsamında İBB tarafından trafik akışının kontrolü trafik kural ihlallerinin önüne geçilmesi, kazaların engellenmesi, can ve mal emniyetinin sağlanması ve tüm şehir içi trafikte optimizasyonun sağlanması için trafik düzenini bozan araçların tespiti amacıyla geliştirilmiş Elektronik Denetleme Sistemleri (EDS) örnek gösterilebilir. EDS; kırmızı ışık ihlal tespit sistemi, emniyet şeridi ihlal tespit sistemi, hız koridor ihlal tespit sistemi, park ihlali tespit sistemi, tramvay yolu ihlal tespit sistemi, yaya yolu ihlal tespit sistemi, ters yön ihlal tespit sistemi, tercihli yol ihlal tespit sistemi, mobil EDS ihlal tespit sistemi ve gabari tespit sistemi gibi alt bileşenlerden oluşmaktadır. Dijital kameralarla ihlal anını tespit eden elektronik denetim sistemleri aynı zamanda gerçek zamanlı trafik verilerinin toplanmasına ve araç sayım bilgilerinin elde edilmesine de elverişli bir sistemdir. Mevcut durumda İstanbul'da kırmızı ışık, hız tespiti, ters yön ve park EDS uygulamalarından oluşan toplam 260 EDS sistemi bulunmaktadır.

2.4.3 Toplu Taşıma Sistemleri

AUS'nin başlıca amaçlarından biri zamanın ve enerjinin verimsiz kullanımını engellemektir. Bu da toplu taşımacılığın özendirilmesini ve geliştirilmesini önemli bir öncelik haline getirmektedir. İleri yolcu bilgilendirme sistemleri de bu amaca hizmet etmektedir. Bu sistemlerin etkin kullanımı için kullanıcıların farkındalığının yüksek olması gerekmektedir.

İleri yolcu bilgilendirme sistemleri içerisinde öne çıkan uygulamalar bir sonraki toplu taşıma aracının ne zaman geleceğini yolculara bildiren sistemlerdir. Bu sistemler, toplu taşıma araçlarındaki GPS cihazlarından edinilen konum verilerini işleyerek aracın belirli bir durağa ulaşmasına ne kadar süre kaldığını hesaplayan ve bunu potansiyel yolcularla paylaşmaktadır. Hesaplanan süreler akıllı duraklardaki ekranlarda paylaşmakta, ayrıca internet ve telefon uygulamaları gibi kanallar üzerinden erişime sunulmaktadır. Bu

uygulamalara, İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nün bir hizmeti olan MobiETT uygulaması örnek olarak gösterilebilir (Şekil 2. 5). MobiETT ile, anlık toplu ulaşım bilgisi, otobüs konumu, durak bilgileri ve otobüs-hat-durak analizi gibi bilgilere, internet ve telefon uygulamaları ile anlık olarak ulaşabilmektedir. Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından hizmete sunulan toplu taşıma hatları ile ilgili olarak "Otobüs Nerede?", "Hat Ara", "Adres Ara", "Önemli Yerler", "Nasıl Giderim?", "Duyurular" ve "Sorun Bildirme İşlemleri" bölümleri ile Ankara'da toplu taşımayı kullanan vatandaşların bilgilendirilmesini amaçlayan EGOCepte uygulaması da bulunmaktadır.



Şekil 2. 5 MobiETT Akıllı Durak uygulaması

Yolculara bilgilerin ulaşmasını sağlayan akıllı duraklar, kaç numaralı otobüsün kaç dakika sonra geleceğini gösteren, otobüs saatleri ve güzergahları ile ilgili bilgi alınabilen ekranlara sahip, güneş enerjisi ile çalışabilen otobüs duraklarıdır. Ülkemizde İstanbul başta olmak üzere bazı büyükşehirlerimizdeki otobüs duraklarında seferler hakkında bilgilerin verildiği ekranlar bulunmaktadır.

Toplu taşıma sistemlerinde ulaşım ücretlerinin ödenmesinde kullanılan ve ödeme kolaylığı, aktarmalarda indirim, binişlerin veri tabanına kaydedilmesi gibi imkanlar sağlayan akıllı kart sistemleri bulunmaktadır. Londra'da bütün ulaşım sistemlerinde geçerli olan Oyster Kart, Hong Kong'da ulaşımın yanı sıra alışverişte de geçerli olan Octopus Kart ve Japonya yüz ölçümünün yaklaşık 2/3'ünde toplu taşıma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan Suica Kart gibi geniş kullanım alanına sahip çeşitli örnekleri bulunmaktadır.

Ülkemizde büyükşehirlerin çoğunda, toplu taşımada akıllı kartlar kullanılmaktadır. İstanbul’da da toplu ulaşım türlerinin çoğunda geçerli olan İstanbul Kart kullanılmaktadır. Bazı kullanıcılara yönelik (65 yaş üstü, öğretmen, öğrenci, engelli, şehit yakını gibi) ücretsiz veya indirimli seyahat sağlayan 4 farklı türü bulunmaktadır. Ayrıca, bu kart ile ulaşım türleri arasındaki aktarmalarda indirim sağlanmaktadır.

2.4.4 Elektronik Ödeme Sistemleri

Elektronik Ödeme Sistemleri, otoyol ve köprü gibi yol kesimlerinin girişlerinde bulunan ücret toplama noktalarındaki gecikmeleri, yolcular ve kamu kurumlarının nakit para ihtiyacını ve kurumsal maliyetleri azaltmaktadır. Bu sistem ile taşıtlar yol kenarındaki özel donanım ve yazılım içeren kimlik tespit veya etiket cihazı vasıtasıyla belirlenmektedir. Sistemin işletim süreci, taşıt kimlik bilgilerinin okunması, doğrulanması ve geçiş onayının verilmesinden oluşmaktadır. Bu süreçte kablolu veya kablosuz haberleşme teknolojilerinden yararlanılmaktadır. İhlalleri belirlemek ve yaptırımları uygulayabilmek için ise işlem sırasında aracın resimleri veya plakası gibi ilave bilgiler toplanabilmektedir.

Elektronik ücretlendirme sistemleri arasında, yakın geleceğin sistemi olarak gösterebileceğimiz, 1980’lerin ortalarından itibaren başını Norveç’in çektiği gelişmiş ülkelerde yaygın uygulamalarına başlanmış olan “gişesiz sistem” veya “hızlı geçiş sistemi”dir (open road tolling). Taşıtların yavaşlamasına ihtiyaç bırakmayan, normal seyir hızında algılama ve işlem yapabilen bu sistemde ücret belirleme iki yöntemle yapılmaktadır. Aracın üzerindeki bir verici ile RFID/DSRC üzerinden haberleşme, çoğunlukla esas ücret toplama yöntemidir. Verici bulunmayan araçlar için kameralı plaka tanıma sistemi devreye girmektedir.

Ülkemizde mevcut durumda, otoyol ve köprü gişelerinde kullanılan iki farklı elektronik ödeme sistemi bulunmaktadır. İlk olarak 1999 yılında DSRC teknolojisine sahip olan OGS (Otomatik Geçiş Sistemi) uygulanmaya başlamış, daha sonra ise sürücülerin yanlarında taşıyabilecekleri elektronik kartlar ile ödeme yapılması sağlanan KGS (Kartlı Geçiş Sistemi) devreye alınmıştır. Ancak, 1 Şubat 2013 tarihinden itibaren KGS tamamen kaldırılarak HGS (Hızlı Geçiş Sistemi) uygulaması başlatılmıştır (Şekil 2. 6).

Mevcut durumda kullanılan sistemlerden OGS, otoyol üzerinde seyreden araçların katettikleri mesafe ve araç sınıfına göre ücretlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş, operatörlü bir sistemdir. Diğer elektronik ödeme sistemi olan Hızlı Geçiş Sistemi (HGS) ise, otoyollar veya köprülerde seyreden taşıtların ödeme noktalarında durmadan geçmelerini ve geçiş ücretlerini de kart veya pasif RFID etiket üzerinden ödemelerini sağlayan yüksek teknoloji ürünü bir sistemdir. Sistem dahilinde kısa mesaj ile sürücülere kredilerinin azaldığı konusunda uyarı yapılmaktadır. Sistem kontör yükleme kolaylığı ile de kullanıcılar için avantajlı bir uygulama olarak değerlendirilebilir.

Otoyollarda ücretlendirme kıstası olarak iki gişe arasındaki mesafe esas alındığı için, muhtemel çıkış gişelerinde mesafeye özgü tarife bilgileri hazırda tutulmakta, araç belirli bir çıkış şeridinden gişeye yaklaşırken manyetik döngü ile araç sınıflandırması yapılmakta ve araca ait kayıt bilgilerinin çapraz kontrolü yapılarak doğrulama işlemi gerçekleştirilmektedir. Araç gişeden çıkarken, giriş ve çıkış verileri eşleştirilerek araç sınıfına göre ücret tahsilatı yapılarak çıkış şeridindeki ekran üzerinden sürücüye bu işleme dair bilgilendirme yapılmaktadır.



Şekil 2. 6 OGS ve HGS geçişleri

2.4.5 Yük ve Filo Yönetim Sistemleri

Yük ve Filo Yönetim Sistemi, bir filonun yük optimizasyonu ve planlamasından başlayan bir kalite programı ile yükün müşteriye teslimine kadar izlenmesi, yönetilmesi ve diğer tüm yardımcı süreçlerin sırasını, birbirleri ile ilişkisini, ölçümlerini ve tüm süreçlerin

iyileştirilmesini amaçlayan bir yönetim sistemidir. Bu sistem, ticari taşıt sürücülerine, yük ve filo yöneticilerine gerçek zamanlı güzergah bilgisi iletme ve taşıyıcı, taşıt, yük, ekipman ve sürücüsü bilgisini içeren veri tabanına ulaşım kapasiteleri sunar. Ek olarak, mesafe ve yakıt kullanımı raporlaması da dahil olmak üzere finansal kurum ve kanuni düzenleme kurumlarıyla kurulan etkili bağlantılarla birlikte ilgili bilgilerin elektronik olarak iletimi kapasitesi sağlar. Yük ve Filo Yönetimi aynı zamanda, filo yöneticilerinin kendi ticari taşıt sürücülerinin ve filolarının güvenlik ve emniyetini izleme kapasitesini içerir. Bu sistem, tehlikeli madde tanımlama bilgisi uygulamalarını destekler ve gerekli olması durumunda yüklenecek tehlikeli madde hakkındaki bilgiyi üretir.

Yük ve Filo Yönetim Sistemleri, AUS içerisinde özellikle mobil veri üretimi için çok büyük önem arz etmektedir. Elde edilen bu veriler daha sonradan trafik yoğunluk bilgisi ve kapasite kullanımı bilgisi elde etmek için de değerlendirilebilmektedir. Aynı zamanda, geçmiş zamanlı veri olarak kayıt altına alınarak, trafik tahmin algoritmalarında da kullanılabilir.

Bu alanda ilk uygulama, 1980’li yıllarda ortaya çıkan ve uydu üzerinden kamyonların takibini sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerin getirdiği yükün zamanında teslimatının yapılması, rekabetin artması, bakım yönetiminin daha iyi yapılması gibi faydalar ile birlikte bu alana ilgi artmaya başlamıştır. Devletin 1990’lu yılların sonunda uygulamaya başladığı ticari araç işlemleri programında ise yük hareketleri, araç ve şirket işlemleri ile birlikte daha çok emniyetin sağlanması, sürücü yeterliliği ve aracın elektronik olarak denetlenmesi üzerine odaklanılmıştır.

Türkiye’de son yıllarda kullanımı artan mobil telefon haberleşme sistemleri ile ortaya çıkan M2M (machine to machine) makineler arası iletişim çözümlerini kullanan araç takip ve filo yönetim sistemlerinde artış yaşandığı ve özellikle özel sektör tarafından bu alanda uygulamalar geliştirildiği görülmektedir. 2013 sonu itibarıyla Türkiye’de toplam M2M abone sayısı 2,1 milyon olmuştur. Bu alanda Türkiye’de geliştirilen bazı uygulamalar arasında başlıca olarak; firmaların araç havuzunda yer alan araçlarına merkezden görev ataması yapabilmesini ya da sürücülerin araçtan görev başlatabilmesi için geliştirilen filo yönetim ve görev atama sistemleri, öğrenci ve personel servis araçları planlama ve kontrol sistemleri, firmaların web tabanlı olarak haritada önceden

belirlenen güzergah boyunca yüklerini takip edebildikleri yük takip sistemleri, iş makinelerinin ve kamyonların belirlenen çalışma bölgelerinde kaç kez tur yaptığını raporlayan sistemler bulunmaktadır. Türkiye’de ticari amaçla yük ve yolcu taşıyan araçların ağırlık, yük, belge ve boyut kontrollerinin yapıldığı ve Karayolu Düzenleme Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 2013 yılı itibariyle toplam 75 adet olan yol kenarı denetim istasyonlarının yenilenmesi sürecinde otomatik ölçüm sistemleri, plaka okuma ve ağırlık tespit sistemi, sürücülere plaka, boyut ve ağırlık bilgisini göstererek bilgilendiren değişken mesaj işaretleri gibi AUS teknolojilerinden faydalanılmaktadır.

İBB bünyesindeki İSBAK (İstanbul Ulaşım Haberleşme ve Güvenlik Teknolojileri) A.Ş. tarafından gerçekleştirilen TAKİBB projesi, ağır tonajlı araçların ağırlıklarının denetlenmesini araçlara herhangi bir mekanik sensör takılmasını gerektirmeyecek şekilde yapmaktadır. Bu sistem, 2004 model ve üstü araçlarda mevcut olan ve fren, süspansiyon gibi sistemleri kontrol etmek için kullanılan ve elektronik kontrol birimleri arasında araç içinde haberleşmeyi sağlayan CAN (Controller Area Network – Denetleyici Alan Ağı) veri yolu üzerinden matematiksel bir algoritma yardımıyla araç ağırlığını % 95 doğruluk oranı ile tahmin edebilmektedir.

2.4.6 Sürücü Destek ve Güvenlik Sistemleri

Genel olarak, sürücünün verdiği basit bir emri araç beyninin son derece karmaşık bir emre dönüştürdüğü ileri sürücü destek ve güvenlik sistemleri kapsamında ele alınabilecek uygulamalar, akıllı ulaşım sistemlerinin diğer kategorilerinde olduğu gibi çok eski uygulamalara dayandırılmamakta, çoğunlukla 1970’lerde standart bir opsiyon olarak sunulmaya başlayan hız sabitleyici (cruise control) sistemler ve aynı yıllarda kullanıma giren anti-lock fren sistemlerinden (ABS) başlatılmaktadır. Birbiri ardına geliştirilen akıllı uygulamaların yanında artık ABS ve standart hız sabitleyiciler de ilkel kalmıştır. Sürücünün frene basma hızından niyetini okuyan acil fren desteği (EBA - emergency brake assist) ve acil fren gücü dağıtımı (EBD-emergency brake-force distribution), bununla yetinmeyip çekiş gücünü tekerlere farklı farklı dağıtan elektronik stabilite kontrolü (ESC-electronic stability control), öndeki araç ile aradaki mesafeyi ölçerek buna göre hız değişikliği yapabilen ileri hız kontrol sistemleri gibi yeni nesil fren

ve gaz kontrol sistemleri geliştirilmiş ve bunlar yavaş yavaş zorunlu standartlar haline gelmeye başlamıştır.

İleri sürücü destek sistemleri, gaz ve fren kontrol sistemlerinden de ibaret değildir. Park sensörleri ve çeşitli çarpma uyarı sistemleri, seyir halinde çarpışma önleyici sistemler, şerit ihlali uyarı sistemleri, kör nokta izleme sistemleri, ileri far sistemleri, gece görüşü yardımı gibi çeşitli uygulamalar bugün prototip olmaktan çıkıp ya standart olmuş ya da son kullanıcıya seçenek olarak sunulur hale gelmiştir.

Avrupa Komisyonu, i2010 Akıllı Araç Girişimi'nde özellikle üç sistemin yeni araçlarda standart hale getirilmesi gerekliliğinin altını çizmiştir. Bunlar otonom hız kontrol sistemi, şerit ihlali uyarı sistemi ve uykulu sürücüler uyarma sistemidir. Uykulu sürücüler uyarma sistemi, sürücünün yüzünü, el-ayak hareketlerini ve nabzını izleyip, başının duruşunu ve gözlerinin kapanıp açılışını tahlil ederek, kendinde olup olmadığını değerlendirmekte; sürüşü etkileyecek kadar uykulu olduğuna veya dikkatinin dağıldığına karar verdiğinde sürücüyü uyarmaktadır.

İleri Sürücü Destek ve Güvenlik Sistemleri kapsamında değerlendirilebilecek bu uygulamalardan ülkemizde kullanılmakta olanlar; navigasyon cihazı ve haritasından oluşan navigasyon uygulaması, GSM tabanlı sistemlerden oluşan filo takip sistemleri, araç içi yolcu bilgi ve eğlence sistemi, araçlar arası haberleşme teknolojilerini mümkün kılan V2V elektronik kontrol ünitesi, otomatik park sistemleri, otomatik vites sistemleri, akıllı seyir sistemleri (cruise kontrol), hız sabitleme sisteminin aracın güzergahındaki araçlara/nesnelere göre otomatik olarak ayarlanması (adaptive cruise control), şerit değişim uyarı sistemi, araç takip tempomatı (öndeki araç ile mesafeyi koruyan sistem), kör nokta uyarı sistemi, acil servislere kaza bildirimi (e-Call), hız uyarısı, düşük hızda çarpışma durumunu hafifletici sistem, sürücü yorgunluk algılama sistemi, araç verilerinin kaza anına kadar olan son saatlerinin yetkili kişilerin kullanımı için kayıt altına alınması, devrilme önleme sistemi (roll stability control, electronic stability programme), yolcu konforu için süspansiyon sisteminin otomatik olarak ayarlanması (comfort drive suspension), lastik basınç kontrol sistemi, otomatik lastik şişirme sistemi gibi uygulamalardır.

2.4.7 Olay ve Acil Durum Yönetim Sistemleri

Olay ve Acil Durum Yönetim Sistemleri, akıllı ulaşım sistemlerinin en önemli kullanım alanlarından birini oluşturur. Trafikte meydana gelen trafik kazaları başta olmak üzere her türlü acil müdahale gerektiren olayların olumsuz etkilerinin en aza indirilmesini hedefler. Olayın tespiti, ilgililerin bilgilendirilmesi, olaya müdahale, olayın ortadan kaldırılması, olay yeri ve trafik yönetimi için gerekli faaliyetleri yapar. Bir taraftan ilgili kuruluşların ihtiyaç ve sorumlulukları karşılanırken bir yandan da seyahat edenlerin gecikmeleri asgariye indirilir. Gerek can kaybının engellenmesi gerekse maddi zararın asgariye indirilmesi, bu sürecin etkin yönetimine bağlıdır.

AB’de olay ve acil durum yönetimi uygulamalarının en önemlisi eCall olarak adlandırılan otomatik olay tespit sistemidir. Bu sistem, araç içinde bulunan ve kaza sırasında otomatik olarak acil durum numarasını arayan, maliyeti uygun bir arama sistemidir. Bu sistem ile araçlara yerleştirilen eCall cihazı kaza anında ciddi bir darbe ikazı alır almaz, aracın içinde seyahat edenler bilinçlerini kaybetse bile, en yakın Acil Çağrı Merkezini arayarak kaza yerinin coğrafi koordinatlarını, araç bilgilerini ve ilgili diğer bilgileri çağrı merkezine otomatik olarak iletmektedir.

2015 yılından itibaren Avrupa Birliği ülkeleri ile birlikte Norveç, İsviçre ve İzlanda’daki tüm araçların uyumlu halde üretilmesi ve acil çağrı numarası tabanlı eCall çağrılarını karşılayacak şekilde yeniden tasarımları amacıyla başlatılan HeERO (Harmonised eCall European Pilot – Uyumlandırılmış e-Çağrı Avrupa Pilot Projesi) projesine 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren Türkiye’de dahil olmuştur. İçişleri Bakanlığı koordinasyonunda yürütülen bu proje kapsamında sistem içerisinde yer alan araçların kaza yaptığı anda otomatik olarak 112 acil çağrı merkezini arayarak polis, jandarma, sağlık ve itfaiye görevlilerinin müdahalesini hızlandırması hedeflenmektedir. Ülkemizde, mobil operatör şirketi Turkcell tarafından eCall projesinin tüm mobil iletişim alt yapısı sisteme entegre hale getirilmiştir. Proje kapsamında Turkcell M2M alt yapısı kullanılarak araç içindeki özel cihaza yerleştirilecek M2M SIM kartlar, kaza sonrası araçla 112 acil merkezinin haberleşmesi sağlanacaktır. Uygulamayla, GPS sistemi sayesinde 112 acil merkezi aracın konumunu belirlerken, araçtaki sensörler de hasarın büyüklüğünü merkeze iletecektir. eCall çağrısını alarak durum tespiti yapacak 112 merkezi; polis,

jandarma, ambulans ve itfaiye birimlerine bilgi vererek olay yerine yönlendirebilecektir. Sistem sayesinde kaza anında araç içerisinde bulunan kişilerin 112 görevlileriyle konuşabilmesi de sağlanacaktır (Şekil 2. 7) [24].



Şekil 2. 7 eCall projesi kapsamında olay tespiti süreci

2.5 Trafik Olayı Yönetimi

Trafikteki tıkanıklıkların önemli bir kısmı karayollarında meydana gelen olaylardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, bu olaylar belirli stratejilerle yönetilerek trafik üzerindeki etkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Trafik olaylarının süresini ve etkisini azaltmak, sürücülerin, kazazedelerin ve müdahale ekiplerinin güvenliğini artırmak için, insan, kurum, mekanik ve teknik kaynakların, sistematik, planlı ve koordineli bir şekilde kullanılması trafik olayı yönetimi olarak adlandırılmaktadır [25].

2.5.1 Trafikte Olayın Tanımı

Türk Dil Kurumu (TDK) olay kelimesini; ortaya çıkan, oluşan durum, ilgi çeken veya çekebilecek nitelikte olan her türlü iş, hadise, vaka olarak tanımlamaktadır [26]. Trafik olayı tabiri ise, Trafik Olay Yönetimi Elkitabı'nda (Traffic Incident Management Handbook-TIMH), karayolu kapasitesinde bir azalma veya talepte anormal bir artışa neden olan süreksiz durumlar olarak ifade edilmektedir. Bu olaylar; trafik kazaları, araç

arızaları, yük dökülmeleri, karayolu onarımları ve rekonstrüksiyon projeleri gibi durumları içermektedir [25]. Benzer şekilde Karayolu Kapasite Kılavuzu'nda (Highway Capacity Manual-HCM) trafik olayı; karayolu kapasitesini düşüren ve karayolu boyunca günlük seyahat sürelerinde çeşitliliğe yol açan kaza, arıza, döküntü gibi oluşumlar olarak tanımlanmaktadır [27].

Trafik olaylarıyla doğrudan veya dolaylı şekilde ilgilenmekte olan ulaştırma ve acil müdahale kurumları, hangi durumların olayı oluşturacağı konusunda farklı tanımlamalara sahiptirler. Bunun başlıca nedeni ulaştırma ve acil müdahale kurumlarının birçok alanda farklı misyonlarının olmasıdır [28].

2.5.1.1 Ulaştırma Kurumları Açısından Trafik Olayı Tanımı

Ulaştırma literatüründe, ulaştırma kuruluşları ve yetkililer olayı farklı tanımlayabilmektedir. TIMH'de, karayolu kapasitesinde bir azalma veya talepte anormal bir artışa neden olan süreksiz durumlar, *trafik olayı* olarak ifade edilmiştir. Bu olaylar; trafik kazaları, araç arızaları, yük dökülmeleri, karayolu onarımları, yeniden inşa projeleri ve acil olmayan özel faaliyetler (spor müsabakaları, konserler, karayolu işletimini önemli ölçüde etkileyen eylemler vb.) gibi durumları içermektedir. Devlet Karayolu ve Ulaşım Görevlileri Amerikan Derneği (American Association of State Highway and Transportation Officials-AASTHO) ve Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Transportation Engineers-ITE) tarafından yayınlanan Trafik Yönetimi Veri Sözlüğü (Traffic Management Data Dictionary-TMDD) ise trafik olayını "normal trafik koşullarını olumsuz yönde etkileyen, plansız ve rastgele gelişen durumlar" olarak ifade etmiştir. TMDD geliştiricileri olay koşullarını yol çalışmaları ve onarımları gibi planlı işlerden ayırmaktadırlar. HCM'de trafik olayı; karayolu kapasitesini düşüren ve karayolu boyunca günlük seyahat sürelerinde çeşitliliğe yol açan kaza, arıza, döküntü gibi oluşumlar olarak tanımlanmıştır. Bu ifadeler benzer olmakla birlikte, farklı kuruluş ve yetkililerin olay tanımını biraz daha farklı şekilde yapma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Bu da yetki alanı sınırlarında, raporlamada ve olay yönetimi performans ölçütlerini yorumlamada karışıklığa yol açabilir [28].

2.5.1.2 Acil Müdahale Kurumları Açısından Trafik Olayı Tanımı

Olayın kesin ve net bir tanımı olmamakla birlikte, çoğu emniyet teşkilatı ve acil müdahale kurumu olayı, sevk edildikleri veya müdahale etmeleri gereken herhangi bir durum olarak ifade etmektedirler. Genellikle, emniyet teşkilatları ve acil müdahale kurumları görevlerini, "kamu güvenliği" ve "can ve mal kaybının önlenmesi" olarak görmektedirler. Bu nedenle, bu kurumlar, kamu güvenliği ya da can ve mal kaybının önlenmesi üzerinde bir etkiye sahip oldukları olaylara müdahale etmek için çalışmaktadır. Araç yangınları, devrilmeleri veya çarpışmaları gibi önemli olayların tümü, emniyet teşkilatları ve acil müdahale kurumları tarafından müdahale gerektirdiğinden bir olay olarak sınıflandırılmaktadır. Banketlerde durmuş araçlar, karayolundaki döküntüler gibi daha önemsiz olaylar ise genellikle bu kurumların müdahalesini gerektirmediğinden olay olarak sınıflandırılmaz. Örneğin, bu tarz olaylar itfaiyenin müdahalesini gerektirmediğinden itfaiye teşkilatı tarafından olay olarak adlandırılmaz. Yine de bu bölgeden bölgeye değişebilir [28].

2.5.2 Trafik Olaylarının Sınıflandırılması

Ulaştırma kurumları olayları genellikle, trafik akımı üzerinde oluşturdukları etkilere göre sınıflandırmaktadır. Birçok ulaştırma kurumu, uygun müdahale seviyelerinin belirlenmesine yardımcı olması amacıyla olayları sınıflandırmak için sıralama sistemleri geliştirmiştir. Örneğin, Chattanooga Kentsel Alan Metropolitan Planlama Teşkilatı ve Chattanooga-Hamilton İlçesi Bölgesel Planlama Kurumu; trafik akımı, gecikme, olay özellikleri ve müdahale ekiplerinin türüne dayalı bir sınıflandırma sistemi oluşturmuştur. Trafiğin çok az etkilendiği ve kolaylıkla yönlendirilebildiği, 30 dakikadan kısa süreli gecikmelere neden olan olaylar Seviye-4 olarak sınıflandırılmıştır. 30 dakikadan fazla bir saatten az süren gecikmelere neden olan ve trafik akımı üzerinde orta derecede etkisi bulunan olaylar ise Seviye-3 olarak sınıflandırılmıştır. Seviye-3'deki olaylar maddi hasarlı veya küçük yaralanmaların bulunduğu kazaları içerir. Seviye-2'de ise, 30 dakikadan fazla iki saatten az süren gecikmelere neden olan olaylar bulunmaktadır. Bu seviyedeki olaylar trafik akımını önemli derecede etkiler ve muhtemelen sürücü yaralanmaları bulunur. Seviye-2'de trafik ve mahal yönetimi oldukça önemli yer tutmakta ve kurumlar arası işbirliğinin sağlanmasını

gerektirmektedir. Karayolunun kapanmasına neden olan ve uzun süreli gecikmelere sebebiyet veren büyük çaptaki olaylar ise Seviye-1 sınıfına girmektedir. Diğer birçok alanda benzer sınıflandırma sistemlerini kullanmak, uygun müdahalelerin belirlenmesinde kurumlara yardımcı olur [28].

Ulaştırma kurumları olayları, trafik akımı üzerindeki etkilerine göre sınıflandırma eğiliminde iken, emniyet teşkilatları ve acil müdahale kurumları, muhtemel yaralanmaların sayısı, şiddeti ve uygun müdahale için gerekli ekipman sayısına göre sınıflandırma yapmaktadır. Olayların sınıfları hakkında fikir edinmek amacıyla telsizlerle kurumlar arası yapılan yönlendirmelerde belirli yönlendirme kodları kullanılmaktadır. Genellikle, emniyet teşkilatlarının sorumluluk alanları kamu düzenini korumaktan potansiyel suç faaliyetlerini araştırmaya kadar birçok farklı konuyu kapsadığından, itfaiye ve sağlık kurumlarına göre daha fazla kategoride sınıflandırma yapma eğilimindedirler [28].

2.5.3 Trafik Olay Yönetimi Paydaşları ve Görevleri

Trafikte meydana gelen olaylara müdahale etme görevi, ulaştırma ve acil müdahale kurumları ile birlikte bazı özel birimlerin sorumluluğundadır. Bu sorumluluğa sahip kurum ve birimlerin herbiri trafik olayı yönetiminin paydaşlarını oluşturmaktadır. Bu paydaşlar TIMH'un 2010 yılındaki güncellemesinde, geleneksel ve özel durum paydaşları olarak iki grupta tanımlanmaktadır [29].

2.5.3.1 Geleneksel Paydaşlar

Genellikle trafik olaylarının birçoğuna müdahale etmekte olan geleneksel paydaşlar aşağıda sıralanmıştır.

Acil Sevk Merkezi: Acil sevk birimi genellikle bir olayın meydana geldiği bilgisini ilk alan birimdir. Çalışanların misyonu, olay hakkındaki bilgiyi hızlı ve doğru şekilde uygun kurumlara aktarmak ve olay yerine doğru personel ve ekipmanları kısa sürede sevk etmektir. Acil sevk birimleri Bilgisayar Destekli Sevk (CAD) sisteminde tutulan olay kayıtları ile gerekli verileri toplamaktadırlar. Ülkemizde 112 çağrı numarasıyla hizmet vermektedir.

Emniyet Teşkilatı: Birçok durumda, emniyet teşkilatı ekipleri olay yerine ilk gelen ilk ekiptir. Olay yerine ilk ulaşan memur, durumu değerlendirir ve gerekli birimlere (itfaiye, acil servis, kurtarıcı gibi) bilgi verir. İlgili memur, kazazedelerin güvenliği için olay yerini korur ve gerekli trafik kontrolünü yapar. Olay mahallinde soruşturma ve delil toplama işlemlerini yürütür. Ülkemizde, bu görev kentsel alanlarda polise (155 polis imdat), kırsal bölgelerde jandarmaya (156 jandarma imdat) düşmektedir.

İtfaiye: Bazı durumlarda da, itfaiye olay yerine ilk gelen müdahale ekibi olabilir. İtfaiye personeli olay yerinde bulunan kurtarma ekiplerinin ve kazazedelerin güvenliğini sağlamakla görevlidir. Olay yeri güvenliğinin sağlanmasının ardından, mağdur olan kazazedeleri belirler ve ihtiyaç olması durumunda acil servis desteği ister. Gerekli ise acil servis ekipleri gelene kadar ilk yardım müdahalesinde bulunur. Yangın veya yangın tehlikesi varsa müdahale eder ve olay yerinin eski haline getirilmesine yardımcı olur. Ayrıca, olay yerinde varsa tehlike maddeleri belirler ve temizlenmesi için gerekli birimleri haber verir. Ülkemizde 110 çağrı numarasıyla hizmet vermektedir.

Acil Sağlık Hizmetleri: Acil sağlık hizmetlerinin sorumlulukları, acil müdahale amacıyla yaralıları belirlemek, olay yerinde gerektiğinde triyaj (yaralı öncelik/sonralık saptaması) yapmak ve yaralıları hızlı bir şekilde sağlık tesislerine kaldırmaktır. Bazı ülkelerde acil sağlık hizmeti itfaiye tarafından sağlanmaktadır.

Çekme ve Kurtarma Araçları: Çekme ve kurtarma ekipleri öncelikle çalışamaz haldeki araçları, enkazları ve dökülen yükleri kaldırmak ve temizlemekle görevlidir.

Ulaştırma Kurumları: Ulaştırma kurumları içinde, operasyonel bölümler - trafik yönetim merkezleri, saha bakım personelleri ve servis devriyeleri - olay yönetiminde kritik bir rol oynarlar. Trafik yönetim merkezleri olay bilgilerinin toplanması ve duyurulmasında bir merkez işlevi görmektedir. Ayrıca, olayın tespiti ve doğrulanmasında büyük öneme sahiptir. Olay yerinde ulaştırma kurumu personelleri, geçici trafik kontrolünü, olay yerinin hızlı temizlenmesini ve trafik akımının eski haline dönmesini sağlamaya çalışır. Ulaştırma kurumu müdahale ekibi, bakım personelini ve uzman personelleri (bakım ve servis devriye personeli gibi) içerir. Ülkemizde KGM bünyesindeki Alo Karayolları, 159 çağrı numarası ile yollardaki sorunlar hakkında bilgi ve yardım sağlamaktadır.

2.5.3.2 Özel Durum Paydaşları

Meydana gelen olayın şiddetinin fazla olması durumunda (ölümlü kazalar, büyük çaplı yük dökülmeleri, tehlikeli madde salınımı, doğal afetlerden kaynaklanan olaylar gibi) çeşitli özel müdahale ekipleri gerekmektedir.

Tehlikeli Madde Temizleme Ekipleri: Olay yerinde itfaiye ve kurtarma ekiplerinin müdahale kabiliyeti dışında kalan, tehlikeli madde salınımı bulunması durumunda tehlikeli madde temizleme uzmanları olay yerine sevk edilir. Birincil sorumlulukları, olay yerindeki tehlikeli maddeleri temizlemek ve devam eden salınımları durdurarak çevreye verilen zararı azaltmaktır.

Savcılar ve Adli Tabipler: Ölümlü olaylarda, olay yerine ölüm nedenini araştıran savcılar ve adli tabipler çağırılır. Savcılar ve adli tabipler olay yerine gelene kadar, cesedi kayıp ve tahribattan (ileriye yönelik organ bağışı için) koruma ve olay yerinin temizlenebilmesi için cesedi başka bir yere taşıma gibi yetkiler, önceden belirlenmiş bazı personellere verilebilir.

Acil Durum Yönetimi Merkezleri: Acil durum yönetimi merkezleri, bir olayın kapsamı ve şiddeti belirlendikten sonra, büyük çaplı olaylarda yönlendirme ve acil müdahalelerde bulunur. Hava olayları, yangın, deprem, sel gibi afet durumlarında bu tür müdahaleler söz konusu olmaktadır.

Çevresel Birimler: Bu birimler, tehlikeli veya tehlikeli olmayan yük dökülmeleriyle ilgili teknik yardım sağlamak, etkileri değerlendirmek ve azaltma stratejilerini belirlemek ile görevlidir.

Halk Sağlık Birimleri: Meydana gelen olay tıbbi atık içeriyorsa, bu atıkların bulaşıcı olup olmadığını belirlemek için halk sağlık birimleri olay yerine çağırılır. Ayrıca, gıda, ilaç ve kozmetik malzeme dökülmelerinin bulunduğu olaylarda, bunların imha edilip edilmemesi konusunda karar verirler. Varsa olay yerindeki radyolojik materyalleri belirleyip imha edilmelerine yardımcı olurlar.

2.5.4 Ülkemizde Trafik Kazalarına Müdahale İşlemleri

Ülkemizdeki meydana gelen trafik kazaları, müdahale sırasında yapılan işlemler dikkate alınarak, maddi hasarlı, yaralanmalı ve ölümlü olmak üzere üç ana başlıkta değerlendirilmiştir:

- Maddi hasarlı trafik kazalarında, taraflar kendi arasında anlaşıp araçlarında bulundurdıkları matbu trafik kaza raporunu doldurarak işlem yapabilirler. Eğer kaza tek taraflı ise veya tarafların anlaşamadıkları bir durum mevcut ise, şahıslardan biri 155 polis imdat veya 156 jandarma imdat numarasını arayarak kaza yerinin adresini ve mevcut durumu bildirir. Bundan sonra kaza yerine bakan bölge amirine haber verilir ve amir en yakın trafik ekibini yönlendirir. Gelen trafik ekibi kaza raporunu düzenler. Trafik polisi, tarafları, kazadan bir sonraki gün kaza raporunun onaylı nüshasını ilgili emniyet biriminden almaları konusunda bilgilendirdikten sonra işlem tamamlanır.
- Yaralanmalı trafik kazalarında yine şahıslar 155 numaralı polis imdat numarasını arayarak kaza adresini ve durumu haber verir. Haber merkezi farklı bir frekansla ortak kullandıkları telsizle sağlık kanalından ambulansı yönlendirir (bu frekansa sadece haber merkezi ulaşabilir). Eğer olayda yangın varsa, yine 155 tarafından telsiz aracılığıyla, itfaiye kaza yerine yönlendirilir. Yaralanmalı kazalar aynı zamanda adli olay olduğu için kaza yerine trafik ekiplerinin yanı sıra karakol ekipleri de yönlendirilir, bu ekipler tarafların ifadelerini alır ve işlem tamamlanır. Eğer şahıs kazadan sonra olay yerinden kaza raporu istemeden ayrılmış ise gittiği hastanenin çalışanları, durumu en yakın polis karakoluna ya da varsa hastane polisine bildirir. Böylelikle işlemler tamamlanmış olur.
- Ölümlü trafik kazalarında olay yerinde meydana gelen bir ölüm var ise, yukarıdaki işlemlere ek olarak bölge savcısının olay yerine gelip inceleme yapması beklenir. Savcının incelemeleri bittikten sonra olay ortadan kaldırılır. Ancak, ölüm ambulans içerisinde veya hastanede meydana geldiyse olay yerine savcının gelmesi beklenmez, süreç 2 numaradaki gibi işler.

2.5.5 Trafik Olay Yönetiminin Amaçları ve Faydaları

Trafikte olay yönetiminin temel amaçları aşağıda belirtilen maddeler altında toplanabilir:

- Olay bildirim süresini azaltmak,
- Karayolu temizleme süresini (ilgili kurumlar tarafından olayın farkedilmesi ile tüm şeritlerin trafiğe açılması arasında geçen süre) azaltmak,
- Olay temizleme süresini (ilgili kurumlar tarafından olayın farkedilmesi ile son müdahale aracının olay yerinden ayrılması arasında geçen süre) azaltmak,
- Normale dönüş süresini azaltmak,
- Müdahale ekiplerinin olay yerine varış süresini azaltmak,
- Birincil olayların şiddetini, ikincil olayların (karayolunda bir olayın meydana gelmesinin ardından olay mahalli içinde veya olayın oluşturduğu kuyruk bölgesinde karşı yön de dahil olmak üzere meydana gelen plansız olaylar) sayısını ve şiddetini azaltmak,
- Bütün paydaşlar tarafından desteklenen multi-disipliner olay yönetimi amaç ve hedeflerini sağlamak ve geliştirmek,
- Olay süresince, olay durumu ile ilgili müdahale ekipleri ve yöneticiler arasındaki iletişimi geliştirmek,
- Olay sırasında diğer kullanıcılara güncel, doğru ve yararlı seyahat bilgilerini düzenli olarak sağlamak,
- Olay yönetimi programı uygulamalarını geliştirmek için kullanıcıların geri bildirimlerini kullanmak ve düzenli olarak değerlendirmek.

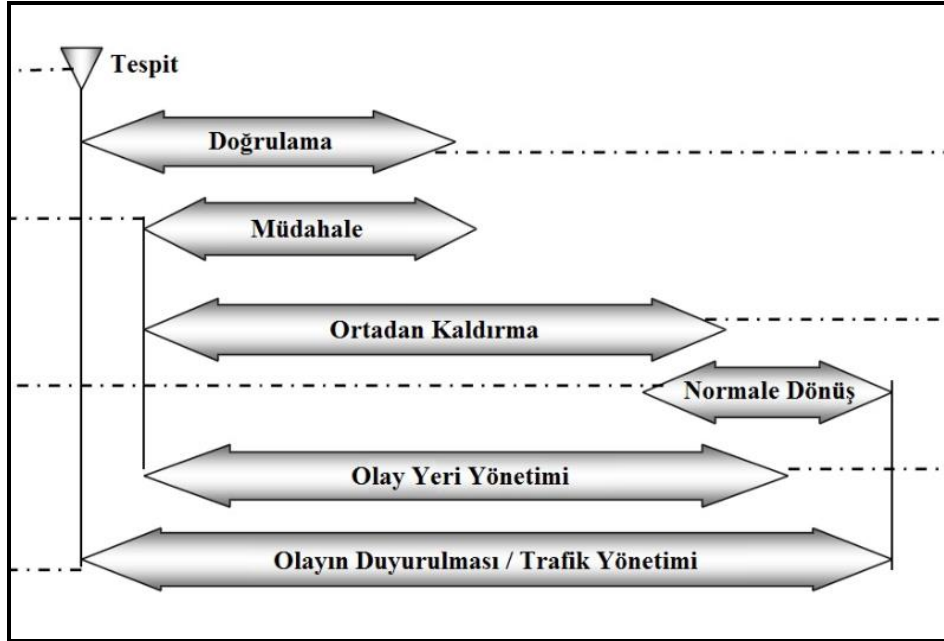
Bu amaçların mümkün olduğunca yerine getirilmesiyle etkili bir olay yönetimin sağlanmasının birçok faydası bulunmaktadır. Bu faydalar çeşitli performans ölçütlerindeki değişimlerle gözlemlenebilir:

- Olaylardan etkilenen insanların hayatta kalma oranlarında artış,
- Olaylardan kaynaklanan gecikmelerin azalması,
- Müdahale sürelerinin azalması,
- Olaylardan kaynaklanan hava kirliliklerinde azalmalar,
- İkincil olayların sayısında azalmalar,

- Olay yeri güvenliğinde artış,
- Trafiğin normale dönüş sürelerinin azalması,
- Yolcu bilgi hizmetlerinin gelişmesi,
- Seyahat süresi güvenilirliğinin artması,
- Müdahale kurumlarının koordinasyonlarının gelişmesi gibi.

TRAFİK OLAY YÖNETİMİ AŞAMALARI

Amerika Federal Karayolu İdaresi (Federal Highway Administration-FHWA) tarafından yayınlanan “Otoyol Yönetimi ve İşlemleri El Kitabı (Freeway Management and Operations Handbook)” isimli el kitabında trafik olay yönetimi; tespit, doğrulama, olayın duyurulması, müdahale, olay yeri yönetimi, trafik yönetimi ve olayın ortadan kaldırılması aşamalarından oluşmaktadır. Trafik yönetimi ve olayın duyurulması aşamaları, olayın tespitinden normal trafik şartlarına dönüşe kadar sürmektedir (Şekil 3. 1) [30].



Şekil 3. 1 Trafik olayı yönetimi aşamaları

3.1 Tespit

Olay yönetiminin ilk aşaması olayın tespittir. Olaydan etkilenen kazazedeler ilk müdahale gelene kadar savunmasız haldedirler. Aynı şekilde trafik de kötü durumdadır. Olayın kısa sürede tespiti ile uygun müdahalenin de hızlı bir şekilde yapılmasını sağlanmaktadır. Hızlı müdahale; olaya karışan kişilerin, olumsuz etkilere maruz kalma süresini en aza indirmekte, trafik kontrolü uygulamasını hızlandırmakta, trafik akımının süresini azaltmakta ve dolayısıyla genel etkiyi minimize etmektedir.

Olayın hızlı ve doğru bir şekilde tespiti çok önemlidir. Olay tespiti ile ilgili çalışmalar, olay tespiti süresini azaltmayı ve doğru bir şekilde tespit yapmayı amaç edinmektedir. Olay tespitinde kullanılan bazı teknikler aşağıda sıralanmıştır:

- Sürücülerden gelen telefon çağrıları,
- Kapalı devre TV kameraları (işleticilerden tarafından),
- Otomatik araç tanımlama - algılama yazılımı,
- Elektronik trafik ölçüm cihazları (loop dedektör, radar dedektör) ve trafik anormalliklerini tespit eden yazılımlar,
- Polis devriyeleri,
- Ulaştırma kurumları ekip telsizleri,
- Trafik raporlama hizmetleri,
- Filo araçları (transit, kamyon),
- Gezici servis devriyeleri.

Bu teknikler 3 kategoride toplanabilir:

- Vatandaşların Çağrıları (Sürücülerin telefon çağrıları vb.)
- Elektronik Teknikler (Trafik ölçümleri vb.)
- Uzman Raporları (Polis devriyeleri vb.)

3.1.1 Vatandaşların Çağrıları

Olayların tespitinde vatandaşların çağrılarının kullanılması kamu kurumlarına çok az ekipman maliyeti gerektirmektedir. Aslında, işletmecilerin kullanacağı telefon ve sevkiyat maliyetinden ibarettir. Aramalar tek sevk merkezine yönlendirilmiş ise (911 gibi) marjinal maliyetleri düşük olmaktadır. Ancak, bir olay için birçok aramanın yapılabilir olması olası bir sorundur. Bu nedenle, personel sayısı gelen aramaların hacmini yansıtmalıdır.

3.1.2 Elektronik Teknikler

Bu teknikler, kapalı devre televizyon kameraları ve trafik akımını veya taşıt hareketlerini tespit eden sistemlerden oluşmaktadır. Bu sistemler, olayları kendiliğinden tespit edememektedir. Tespit için, bir personel tarafından çıktılarının görüntülenmesi veya normal trafik koşulları ile olay sırasındaki trafik koşulları arasındaki farkı tespit eden yazılımlar gerekmektedir.

3.1.3 Uzman Raporları

Karayollarında seyahat eden çeşitli müdahale kurumu görevlileri de olayın tespitinde etkili olabilmektedir (Polis devriyeleri, ulaştırma kurumu araçları, kamu işlerinde çalışan çeşitli ekipler gibi). Bu çağrılar, vatandaşlardan gelen çağrılara göre daha yüksek önceliğe sahiptir. Bu görevliler sayesinde, olayın doğrulanması ve hatta ilk müdahalenin yapılması sağlanabilmektedir.

3.2 Doğrulama

Olay doğrulama aşaması, bir olayın meydana geldiğinin onaylanması, olay yerinin ve seyahat yönünün tam olarak belirlenmesi ve olayla ilgili mümkün olduğunca çok bilginin elde edilmesi ve değerlendirilmesi eylemlerini kapsamaktadır.

Olay doğrulama aşaması genellikle, olayı monitörlerden izleyen ve olayla ilgili müdahale ekipleriyle iletişim kuran trafik kontrol merkezi personeli tarafından tamamlanmaktadır. Ancak, tehlikeli madde salınımı bulunan olaylar için doğrulama işlemi çok uzun olabilmektedir. Olayların doğrulanması için kullanılabilecek yöntemler:

- TKM operatörü tarafından takip edilen kapalı devre TV kameraları,
 - Olay yerine sevk edilen müdahale ekipleri (polis veya ambulans devriyeleri),
 - Polis, medya veya bilgi hizmeti sağlayıcıları tarafından işletilen hava araçları,
 - Olayla ilgili alınan birden fazla telefon çağrısından gelen bilgilerin birleştirilmesi,
- şeklinde sıralanmıştır.

Olayın doğrulanması ne şekilde yapılırsa yapılsın, hedef, hızlı ve doğru bir şekilde olay yerini onaylamak ve olay yerine hangi kaynakların gönderilmesi gerektiğini belirlemek için mümkün olduğunca fazla bilgi toplamaktır. Doğrulama yapılır yapılmaz, olayla ilgili bilgiler mümkün olduğunca çabuk müdahaleden sorumlu kurumlara ve personellere iletilmektedir. Kısa sürede ve doğru olarak sağlanan daha fazla bilgi ile uygun kaynaklar daha hızlı şekilde olay yerine sevk edilebilmektedir. Kurumlar arasındaki etkin iletişim, doğrulama sürecinin önemli bir unsurudur.

3.2.1 Kapalı Devre TV (CCTV) Kameraları

CCTV sistemleri operatörlerin bir olayı uzaktan görüntülerini ve görsel olarak olayı doğrulamalarını sağlamaktadır. Bu sistemler, olayların doğrulanması, müdahale ve temizlik faaliyetlerinin izlenmesi ve olaydan sonraki genel trafik koşullarının gözlemlenmesinde etkilidir. CCTV sistemleri, müdahalenin hızlı bir şekilde yapılabilmesi için hayati derecede öneme sahip bilgiler sağlayabilmektedir. Diğer taraftan, kurumlar gerekli müdahalenin belirlenmesi için sadece CCTV sistemlerine bağlı kalmamalıdır. CCTV bir olayın var olduğunu doğrulayabilir, ancak olayın tam değerlendirilmesi ve gereken müdahale birimlerinin türü ve sayısının tam olarak belirlenebilmesi için devriye ekiplerine ihtiyaç duyulabilmektedir. CCTV sistemleri sürekli bir görüş alanı sağlayacak şekilde birbirlerine yeterli yakınlıkta tasarlanmalıdır. Karayolunun kurplu kesimlerinde de kurp boyunca görüntü elde edilebilecek şekilde yerleştirilmelidir. Ayrıca, kameralar, görüş alanları çevrede bulunabilecek yapılardan engellenmeyecek şekilde yüksekte bulunmalıdır.

3.2.2 Olay Yerine Sevk Edilen Müdahale Ekipleri

Olay yerine ulaşan ilk müdahale ekibi, bir olayın meydana geldiğini doğrulamakta ve yerini teyit etmektedir. Ardından, olaya müdahale ve temizleme aşamalarında hangi birimlere ihtiyaç duyulduğunu belirlemek için olayı değerlendirmeye başlamaktadır. Olay yerindeki personel, olayın doğrulanması ve bilgi toplanmasında en güvenilir ve en eksiksiz bilgileri sağlamaktadır.

3.2.3 Hava Araçları

Polis, medya, ulaştırma kurumları veya bilgi hizmeti sağlayıcıları tarafından işletilen hava araçları (dronelar gibi), bazı metropol alanlarda ve zirve saatlerde, genellikle halka trafik raporlarını sunmak ya da varsa iyileştirme uygulamalarını desteklemek amacıyla devriye gezmektedirler. Havadan gözetleme, olayların tespitinde ve doğrulanmasında çok değerli bir araç olabilmektedir. Hava aracı olayın yerini tam olarak doğrulayabilmekte ve durumun ilk değerlendirmesini sağlayabilmektedir. Hava araçlarını sadece olay yönetimi için işletmek yüksek maliyetli olabilmektedir. Ancak, bu araçlar asıl kullanım alanları ile birlikte olay algılama ve doğrulama hizmetinde de kullanılabilir.

3.2.4 Telefon Çağrılarından Gelen Bilgilerin Birleştirilmesi

Telefon çağrıları, olayların tespitinde kullanılan en önemli yollardan birisidir. Çoğu zaman, meydana gelen tek bir olayla ilgili çok sayıda telefon çağrısı alınmaktadır. Sadece tek bir telefon çağrısı ile olayı tam olarak doğrulamak ve olayla ilgili tüm fiziksel ayrıntıları almak zordur. Bu nedenle çağrıları karşılayan personellerin, sonraki arayanlardan olay hakkında daha fazla bilgi edinmeleri gerekmektedir. Bu da, olayları bildirmek için çağrı yapan vatandaşları teşvik etmektedir. Bu şekilde toplanan detaylı bilgilerle de doğrulama yapılmaktadır.

3.3 Olayın Duyurulması

Olayla ilgili bilgilerin yol kullanıcılarına düzenli olarak duyurulması, birçok trafik kontrol merkezi tarafından sağlanan temel hizmetlerden biridir. Ulaştırma kurumları, gerçek zamanlı video görüntülerinin, trafik akım değerlerinin ve olay, yol çalışması gibi durum

bilgilerinin medya kuruluşları tarafından kullanılmasına izin vermektedir. Gerçek zamanlı video görüntüleri televizyon kanallarındaki trafik raporları için düzenli olarak kullanılabilir. Olay bilgilerinin duyurulması için genellikle aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- Ticari radyo yayınları,
- Karayolu danışma radyosu,
- Değişken mesaj levhaları,
- Telefon bilgi sistemleri,
- Araç içi yol bilgilendirme cihazları,
- Ticari ve kamu televizyonu trafik raporları,
- Online hizmetler ve akıllı telefon uygulamaları.

Olayın duyurulması aşaması, olay yeri temizlendikten sonra trafik akımı normal koşullara dönene kadar devam etmelidir. Eğer olay zirve saatlerde meydana gelmişse olayla ilgili bilgilerin duyurulması saatlerce sürebilmektedir.

3.3.1 Ticari Radyo Yayınları

Ticari radyolarda sunulan trafik raporları, sürücülerin trafik durumu ve varsa olay ile ilgili bilgileri alabilmelerini sağlayan geleneksel bir araçtır. Trafik bilgilerinin duyurulmasında en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Birçok çeşitli kaynaktan trafik bilgilerini alıp kullanmaktadırlar. Bu radyoların, karayollarının çeşitli kesimlerinde veya hava araçlarından gözetim yapan trafik gazetecileri veya gözcüleri de bulunabilmektedir. Bununla birlikte, ulaştırma kurumlarından direkt olarak veya bu kurumların sağladığı tıkanıklık haritaları, anlık video görüntüleri, olay raporları gibi hizmetlerden dolayı olarak trafik bilgilerini alabilmekte ve kamu kurumlarının (özellikle polis) telsizlerini takip edebilmektedirler. Genellikle birçok radyo istasyonu, bu kaynakların tamamını kullanan bir trafik raporlama servisine abone olmaktadır.

3.3.2 Karayolu Danışma Radyosu

Karayolu danışma radyoları, karayolu üzerinde bazı sabit noktalara kurulmakta veya bir araç üzerine monte edilerek çeşitli noktalar arasında hareket ettirilebilmektedir. Bu radyolar genellikle trafik kontrol merkezleri tarafından uzaktan kontrol edilmektedir. En önemli avantajı meydana gelen bir olay hakkında kesintisiz bilgi iletişimi sağlamasıdır.

3.3.3 Değişken Mesaj Levhaları

Ulaştırma kurumları, akım aşağı yönde meydana gelen olaylarla ilgili kritik bilgileri ve alternatif yolları akım yukarı yönde bulunan kullanıcılara aktarmak amacıyla bu işaretleri kullanmaktadırlar. Değişken mesaj levhaları sabit noktalara veya bir araç üzerine monte edilebilmektedir. Trafik kontrol merkezleri değişken mesaj levhalarını uzaktan yönetebilirken, önceden belirlenmiş bazı durumlar için otomatik mesaj üretecek şekilde de programlayabilmektedir. Değişken mesaj levhalarının en önemli avantajı, bir yöne doğru seyahat eden tüm sürücülerin görebileceği şekilde bilgi sağlamasıdır.

3.3.4 Telefon Bilgi Sistemleri

Telefon bilgi sistemleri, yol kullanıcılarının sabit bir numarayı arayarak trafik ile ilgili güncel bilgileri almalarına olanak sağlamaktadır. Bu sistemler sık sık güncellenen trafik bilgilerini bir operatör ile arayanlara aktarabilmekte veya dedektör verilerini kullanarak sayısallaştırılmış ses kayıtları ile otomatik trafik durumu bilgisini sağlayabilmektedir. Karayolu danışma hattı olarak da adlandırılan telefon bilgi sistemlerinde, ezberleme kolaylığı sağlaması için genellikle kısa numaralı hatlar kullanılmaktadır. Bazı kesimlerde ücretsiz arama imkanı sunulmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde karayolu danışma hattı olarak 511 numaralı hat kullanılmaktadır.

3.3.5 Araç İçi Yol Bilgilendirme Cihazları

Araç içi yol bilgilendirme cihazları sürücülere, kendi araçları içerisinde istedikleri zaman, seyahatleri ile ilgili bilgileri gösteren ve seyahatlerini etkileyebilecek koşullar hakkında bu bilgilere mobil olarak erişim sağlayan aktif bir sistemdir. Bu sistemler,

mobil telefon frekansları, FM veya AM frekansları ve çağrı frekansları dahil olmak üzere çeşitli kablosuz iletişim teknolojilerini kullanmaktadır.

3.3.6 Ticari ve Kamu Televizyonu Trafik Raporları

Ticari veya kamuya ait televizyon kanallarında genellikle sabah ve akşam zirve saatlerde haber programları içerisinde trafik durumu hakkında güncel bilgiler verilmektedir. Bunlar da, radyo kanalları ile aynı kaynaklardan bilgi toplamaktadırlar. Radyo kanallarından farklı olarak anlık video görüntüleri görsel olarak aktarılabilir. Bu raporlar, özellikle sabah saatlerinde yola çıkacak olanların seyahat planı yapmalarına yardımcı olmaktadır. Ancak, zaman sınırı bulunduğundan trafik ile ilgili bilgiler çok detaylı şekilde verilemeyebilmektedir. Genel trafik durumu ve varsa meydana gelen olay bilgileri kısaca aktarılmaktadır.

3.3.7 Online Hizmetler ve Akıllı Telefon Uygulamaları

İnternetin gelişmesi, trafik bilgilerinin kamuya aktarılmasına yeni fırsatlar sunmaktadır. Anlık video görüntüleri, trafik tıkanıklık haritaları, meydana gelen olaylar hakkında bilgiler gibi hizmetlere genellikle trafik kontrol merkezlerinin web sitelerinde ulaşılabilir. Bunun dışında bazı büyük şirketler dünya çapında bu hizmeti sağlamaktadır. Akıllı telefonların gelişmesiyle de bu hizmetler, telefon uygulamaları haline getirilerek kamunun kullanımına sunulmaktadır. Web sitelerinde ve telefon uygulamalarında tıkanıklık haritaları üzerinde meydana gelen olayların yerleri aktif simgeler ile gösterilmektedir. Bazı uygulamalarda olay durumu hakkında açıklayıcı bilgiler, önerilen alternatif rotalar verilmektedir. Bazılarında ise olay hakkında bilgilerin olay yerinden geçmekte olan kullanıcılar tarafından elle girilmesine izin verilmektedir.

3.4 Müdahale

Olay müdahale aşaması, bir olayın meydana geldiği kesin olarak tespit edildikten sonra en kısa süre içerisinde uygun personel ve ekipmanın olay yerine sevk edilmesi, ilgili kurumlarla haberleşme bağlantılarının kurulması ve olay bilgilerinin yol kullanıcılarına duyurulmasını içermektedir. Uygun müdahale, olay türünün ve kapsamının saptanması ile olay yerinin temizlenmesi ve trafiğin normal işletim koşullarına dönmesinin

sağlanması için atılacak adımların belirlenmesini gerektirmektedir. Olaylara müdahalenin etkili şekilde yapılabilmesi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerden bazıları başlıklar halinde detaylı olarak verilmiştir.

3.4.1 Kurum İçi ve Kurumlararası İletişim

Etkili bir olay müdahalesinde, kurum içi ve kurumlar arası verimli bir iletişim ağının kurulması gerekmektedir. Bu iletişim bağlantıları aşağıda belirtilen şekildedir:

- İşletme merkezinden işletme merkezine,
- İşletme merkezinden müdahale aracına,
- Müdahale aracından müdahale aracına.

Birlikte çalışan müdahale kuruluşları arasındaki haberleşmeler, ortak kullanıma uygun telsiz sistemleri ile desteklenmelidir. Ayrıca kurumlar arası kabul görmüş ortak bir dilin kullanılması da önemlidir.

3.4.2 Müdahale İçin Personel ve Ekipman Desteği

Bazı müdahale programlarında, olaylara müdahaleden sorumlu kurumların mevcut kaynakları, personellerin listesi ve iletişim numaraları birleştirilerek katalog haline getirilebilmektedir. Bu kataloglarda, temel irtibat bilgilerinin yanı sıra, hangi bölgelerde hangi ekiplerin olaylara müdahale edeceğini gösteren kapsamlı bilgiler bulunmaktadır. Müdahale ekiplerine hazır bilgilerin sağlanması, olaylara müdahaleyi hızlandırmakta ve olayın etkili olduğu süreyi kısaltmaktadır.

Karayolunda meydana gelen olaylara müdahalede gerekebilecek bazı donanımlar aşağıda sıralanmıştır:

- Polis, jandarma, ambulans ve itfaiye ekipleri,
- Trafik kontrol donanımları ve bariyerler,
- Karayolu bakımında kullanılabilecek donanımlar,
- Kum, soda, kireç ve emiciler,
- Yol temizleme araçları,
- Geçici olarak insan gücü,
- Çekiciler,

3.4.3 Ekipman Konumlandırma Alanları

Ekipmanlar ve malzemeler, yeni bir olayın meydana gelme olasılığı yüksek olan alanlarda konumlandırılabilir. Bunların olay bölgelerine yakın yerlerde konumlandırılması müdahale süresini kısaltmaktadır. Dolayısıyla, bu ekipmanların konumlandırılması için özel alanlar ayrılmalı ve bu alanlarda bulundurulması gereken kaynakların öncelikleri belirlenmelidir. Olay yerinde görev alan müdahale ekipleri sık kullanacakları kaynakların bu alanlara konumlandırılmasını sağlamalıdır. Ayrıca, müdahale kurumları arasında ekipmanların ve alanların kullanımıyla ilgili gerekli anlaşmalar önceden yapılmalıdır.

3.4.4 Kurumlar Arası Anlaşmalar

Kurumlar arası anlaşmalar, olaylara müdahale etmekle sorumlu kurumların ortak amaç ve hedeflerini oluşturmalarını sağlamaktadır. Alanlarda bulundurulması gerekli ekipmanlar ve öncelikleri bu anlaşmalarla büyük ölçüde belirlenmektedir. Ayrıca, bu anlaşmalar yetki alanlarına göre sorumlulukları ve prosedürleri belirlemek için kullanılmaktadırlar.

3.4.5 Gelişmiş Müdahale Araçları

Gelişmiş müdahale araçları olay yönetimini geliştirmek için çeşitli sistemler içermektedirler. Bu araçlar, ekipler ve işletme merkezleriyle görüntü, ses ve veri bağlantıları kurabilecek şekilde donatılmışlardır. Bu araçlarda bulunan, konumlandırma sistemleri (GPS) destekli otomatik araç konumu belirten sistemler olay müdahalesini hızlandırılmaktadır.

3.5 Olay Yeri Yönetimi

Olay yeri yönetimi, olay yerindeki personel ve ekipmanları etkin bir şekilde koordine etme ve yönetme sürecidir. Müdahale personellerinin, kazazedelerin ve diğer sürücülerin güvenliğini sağlamak, olay yeri yönetimindeki en önemli hedeftir. Etkili olay yeri yönetimi bir olay komuta merkezi tarafından sağlanabilmekte ve aşağıdaki faaliyetleri kapsamaktadır:

- Olayların doğru şekilde değerlendirilmesi,
- Önceliklerin uygun şekilde belirlenmesi,
- Uygun kurum ve kuruluşlar ile koordinasyonun sağlanması,
- Bütün birimlerle sağlıklı iletişim kurulması.

Etkili bir olay yeri yönetimi, ortaklaşa çalışan müdahale ekiplerinin birbirlerinin önceliklerine karşı anlayışlı olmalarını gerektirmektedir. Müdahale kurumları arasında düzenli eğitim, planlama ve haberleşmelerin yapılması müdahale verimini artırmaktadır. Ayrıca, kurumlar arasında sürekli değerlendirmeler yapılmalıdır.

Olay yeri yönetiminin temel amaçları aşağıda verilmiştir:

- Olay mağdurlarının, diğer sürücülerin ve müdahale personelinin güvenliğini artırmak,
- Müdahale ekiplerinin faaliyetlerini düzenlemek,
- Olayın trafik akımı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak,
- Kurumlar arası haberleşmeleri ve işbirliğini arttırmak,
- Personel ve ekipmanların kullanım verimini maksimize etmek.

Bu amaçlar doğrultusunda olay yeri yönetiminde uygulanabilecek faaliyetleri temel olarak beş başlık altında incelemek mümkündür:

- Gerekli ekipmanlar,
- Olay komuta sistemi,
- Müdahale kurumu sayısı,
- Birleşik komuta yapısı,
- Müdahale araçlarının olay yerindeki yerleşimi.

3.5.1 Gerekli Ekipmanlar

Olay yeri yönetiminde yetkililerin, insanları ve kaynakları yönetirken kullanması gereken bazı ekipmanlar bulunmaktadır. Bu ekipmanlardan en önemlileri ise müdahale ekipleri arasında haberleşmeyi sağlamak için kullanılanlardır. Genellikle farklı kurumlar arasında bilgi aktarımı haberleşme merkezleri aracılığıyla sağlanmaktadır. Kurumlar

arası anlaşmaların yapılması, alternatif irtibat numaralarının belirlenmesi, müdahale kurumlarının farklı bölgelere ayrılması gibi faktörler haberleşme sistemlerinin etkinliği artırmaktadır.

Olay yeri yönetiminde ihtiyaç duyulabilecek bazı ekipmanlar:

- Yelekler veya kol bantları,
- Bayraklar veya komutları simgeleyen diğer bazı malzemeler,
- Olay yerindeki kronolojik bilgileri kaydetmek için dizüstü bilgisayarlar,
- Kamera,
- Işıklandırma,
- Kullanılacak elektronik cihazlar için ekstra bataryalar,

şeklinde sıralanabilir.

3.5.2 Müdahale Kurumu Sayısı

Çok sayıda müdahale kurumunun bulunması, gerekli olmakla birlikte olay yeri yönetimini zorlaştıran bir unsurdur. Kurulan iletişim bağlantıları zayıflamakta ve güncel bilgilerin akışı gecikebilmektedir. Pek çok durumda haberleşme merkezine iletilen isteklerin geç aktarıldığı görülebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı olay yeri yönetiminde kurumlar önceliklerine göre gruplandırılmalı ve diğer müdahale ekipleriyle olan ilişkileri önceden belirlenmelidir. Mümkün olduğunca kısa sürede gerekli koordinasyon sağlanmalıdır.

3.5.3 Müdahale Araçlarının Olay Yerindeki Yerleşimi

Olay yerine gönderilen müdahale araçları, olay alanını ve müdahale ekiplerini korumak, olay yerine ekipman sağlamak ve olay yerini temizlemek gibi farklı görevleri yerine getirmek için kullanılmaktadırlar. Müdahale araçlarının olay yerindeki yerleşimi, bölgedeki trafik akışının olumsuz yönde etkilenmemesi açısından oldukça kritik olabilmektedir. Bu nedenle, müdahale araçları yerleştirilirken olay yerini koruma altına alınmasına, gerekli ekipmanların etkili şekilde kullanabilmesine ve işgal edilen şerit sayısının en aza indirilmesine özen gösterilmektedir. Bazı büyük ölçekli olaylarda,

müdahale araçlarının istenilen bu şartları sağlayabilecek şekilde yerleştirilmesi oldukça zor olabilmektedir. Bu nedenle, meydana gelebilecek olaylar için tüm senaryolara göre planlamaların yapılması gerekmektedir.

3.5.4 Olay Komuta Sistemi

Olay komuta sisteminin kullanılması, etkili olay yeri yönetiminin sağlanmasını kolaylaştırmaktadır. Olay komuta sistemleri, acil bir durum karşısında yetkili kurumların ve hizmet sağlayıcılarının uyum içerisinde olmalarına katkıda bulunan ve gerekli ihtiyaçlar arasında en uygunlarını seçerek etkili müdahale planlarının ortaya konulmasını sağlayan sistemlerdir.

Olay komuta sistemi temel olarak çeşitli komutlara ve kuruluşların personel yapılarına dayanmaktadır. Bu sistemlerde olayın boyutuna, karmaşıklığına ve süresine bağlı olarak gereksinim duyulan farklı yetkililerin rolleri ve görevleri tanımlanmaktadır. Olay komuta sistemleri trafik olaylarının ve acil durumların yönetimi için planlanmış bir yönetim sağlamaktadır. Bu sayede, her müdahale personeli görev ve sorumluluklarını görebilmektedir.

3.5.5 Birleşik Komuta Yapısı

Birleşik komuta yapısı, başlıca kurumların ve yetkililerin birleştirilmiş bir komut çatısı altında toplayarak, birlikte çalışmalarını kolaylaştıracak bir yönetim yapısı sağlamaktadır.

3.6 Trafik Yönetimi

Trafik yönetimi, olay yerinde ve olayın etki alanına giren kesimlerde trafik akımı üzerinde kontrol tedbirlerinin uygulanmasını sağlamaktadır. Temel amacı, müdahale ekiplerinin güvenli bir şekilde çalışmalarına engel olmadan trafikteki kesintileri en aza indirmektir. Bu da olayın meydana geldiği güzergahtaki ve alternatif yollar üzerindeki trafik akımının iyileştirilmesiyle sağlanabilmektedir. Trafik yönetimi aşağıdaki faaliyetleri kapsamaktadır:

- Olay yerinde trafik kontrol noktası oluşturulması,

- Karayolundaki alanların yönetilmesi (şerit açma-kapama, müdahale araçlarına güvenli park yerleri belirleme gibi),
- Aktif olarak etkilenen kısımlara gerekli trafik işaret ve levhalarının yerleştirilmesi,
- Alternatif güzergahlara yönlendirilmelerin yapılması.

Olay yönetiminin bütün aşamalarında olduğu gibi trafik yönetiminin de etkili olabilmesi için yapılması gerekenlerin planlanması gerekmektedir. Olaya müdahale edilmeden önce ilk olarak uygun bir trafik kontrolü ile olay yerinin güvenliği sağlanmalıdır. Daha sonra olay yeri civarında etkin yönlendirmeler ve trafik yönetimi ile olayın trafik akımı üzerindeki etkileri minimize edilmelidir.

3.6.1 Planlama ve Hazırlık

Etkin trafik yönetimi, bir olay meydana geldiğinde planlama ve hazırlanmayı gerektirmektedir. Olay yerindeki trafiğin kontrolünü sağlamakla sorumlu olan müdahale ekipleri, bazı ekipmanlara ve malzemelere ihtiyaç duymaktadırlar. Sorumlu bu ekiplerin, olaydan etkilenen kesimlerdeki trafik akımını iyileştirmek için bu ekipmanları nerede, nasıl kullanacaklarını önceden bilmeleri gerekmektedir. Farklı güzergahlara yönlendirmeler yapılacaksa, bu güzergahlar deneyimli personeller tarafından belirlenmelidir.

3.6.2 Olay Gerisindeki Trafik Akımının İyileştirilmesi

Bir trafik olayı meydana geldikten sonra mümkün olduğunca kısa sürede güvenli bir çalışma alanı oluşturmak oldukça önemlidir. Daha önce de belirtildiği gibi müdahale araçları ilk olarak olay yerindeki güvenliği sağlamak amacıyla kullanılmalıdır. Müdahale esnasında da düzgün bir trafik kontrolü sağlanmalıdır. Bu kapsamda, trafik yönetimi sorumlularının odaklanması gereken iki temel kavram vardır.

- Olay yerinde trafik kontrol noktasının oluşturulması
- Karayolundaki boş alanların yönetilmesi

3.6.3 Alternatif Güzergahlardaki Trafik Akımının İyileştirilmesi

Trafiğin farklı güzergahlara yönlendirilmesini gerektirecek bir olay meydana gelmesi durumunda, olayın duyurulmasında kullanılan teknikler, trafiği uygun güzergahlara yönlendirmek için kullanılabilir. Yönlendirmelerin ardından, alternatif olarak sunulan güzergahlarda artan trafiği yönetebilmek için de gerekli önlemler alınmalıdır. Olay yönetimi personellerinin, bu kesimlerdeki trafik akımını daha iyi yönetebilmesi için mevcut trafik kontrol ekipmanlarını da kullanması gerekmektedir.

Eğer olay süreci uzun sürecekse veya yolun tamamının kapanması söz konusu ise bir an önce trafiğin tamamının güzergah değiştirmeleri sağlanmalıdır. Bu tür durumlar karşısında uygulanan bazı işletim işlemleri bulunmaktadır. Alternatif güzergah seçeneklerinin oluşturulması sürecinde aşağıda belirtilen aşamalar izlenmelidir:

- Geçki seçeneklerinin oluşturulmasının gerekliliğinin belirlenmesi
- Önceden planlanmış en uygun geçki seçeneğinin belirlenmesi
- Kaza-arıza kuruluşları haricinde geçki seçeneklerinden etkilenebilecek diğer kuruluşlara durumun bildirilmesi
- Seçenek olarak sunulan geçkilerdeki trafik ışıklarının zamanlamalarının değiştirilmesi
- Trafik kontrol donanımlarının ve sürücü bilgilendirme kaynaklarının etkinleştirilmesi
- Sunulan geçkileri gözlemlemek
- Sunulan geçkilerin kullanımının sonlandırılması

Alternatif güzergah seçeneklerinin belirlenmesi ve uygulanması halinde, bu güzergahların işletim performanslarının takip edilmesi oldukça önemlidir. Bu sayede, elde edilen sonuçlar değerlendirilerek daha sonraki çalışmalarda daha sağlıklı sonuçlar alınması sağlanabilmektedir.

3.7 Olayın Ortadan Kaldırılması

Olay yerinde bulunan araçların çekilmesi, enkazların kaldırılması, döküntülerin temizlenmesi ve karayolu kapasitesinin normale dönmesi amacıyla olay yerinin trafiğe

açılması süreçleri, olayın ortadan kaldırılma aşamasını oluşturmaktadır. Genellikle olay yerinin temizlenmesi için gereken zamanın uzun olması nedeniyle, bu aşama olay yönetiminin en kritik adımıdır. Etkili bir olay yeri temizliğinin başlıca hedefleri aşağıda sıralanmıştır:

- Mümkün olduğunca hızlı ve güvenli bir şekilde karayolu kapasitesini eski haline getirmek,
- Yol kullanıcılarının gecikmelerini en aza indirmek,
- Tüm temizlik ekipmanlarının etkili şekilde kullanılmasını sağlamak,
- Müdahale personelinin ve yol kullanıcılarının güvenliğini artırmak,
- Kaldırma işlemi sırasında karayolunu ve araçları gereksiz hasarlardan korumak.

Bu hedefler doğrultusunda yapılması gerekenler 3 başlık altında toplanmaktadır.

3.7.1 Olayın Ortadan Kaldırılmasının Planlanması

Olayın verimli bir biçimde kaldırılması için yapılacak planlamalarda, sorumlu personellerin çalışma alanları belirlenmeli ve görevlendirilmeleri yapılmalıdır. Meydana gelebilecek farklı türdeki olayların kaldırılmasını içeren yöntemlerin belirlenmesi; olay yerlerinin, oluşacak maliyetlerin, kullanılacak kaynakların ve bunları kullanabilmek için gereken kurumlar arası anlaşmaların önceden yapılması gerekmektedir. Müdahale ekiplerinin kendi aralarında ve diğer kurumlarla birlikte olay tatbikatları yapması da planlama sürecinin önemli bir parçasıdır. Ayrıca yapılan planlamaların, güncelliklerinin ve uygulanabilirliklerinin sürekli sağlanabilmesi için düzenli olarak yenilenmesi gerekmektedir. Meydana gelen olaylara yönelik yapılmış olan geçmiş çalışmalardan elde edilen deneyimler, yeni bir planlama sürecinde mutlaka değerlendirilmelidir.

3.7.2 Olay Tiplerine Göre Kullanılan Teknikler

Olaya karışan araçların kaldırılması için en çok kullanılan kaynak kurtarma araçlarıdır. Bu araçlar, emniyet teşkilatları veya özel kurumlar tarafından işletilebilmektedir. Köprülerde, tünellerde ve yüksek hacimli diğer yerlerde meydana gelen olaylar için emniyet ekipleri kendi kurtarma araçlarıyla hızlı bir şekilde müdahalede bulunmaktadır.

Ancak ufak çaplı araç arızası gibi olaylarda sürücüler, özel kurumların veya sigorta şirketlerinin sağladığı kurtarma hizmetinden yararlanabilmektedir.

Ağır taşıtların karıştığı ve yük dökülmelerinin meydana geldiği büyük ölçekli olaylarda ortadan kaldırma işlemleri daha farklı olmaktadır. Bu tür az görünen fakat etkisi büyük olan olaylarda, uzun gecikmelere yol açsa bile genellikle ağır taşıtların devrilen yükleriyle birlikte kurtarılması ve mümkün olan bütün yüklerin kurtarılması hedef alınmaktadır. Ancak tıkanıklıktan ötürü oluşan maliyet genelde taşınan yükün değerinden çok daha fazla olmaktadır. Bu yüzden de ortadan kaldırma işlemine başlanmadan önce araç-yük sahiplerine veya sigorta şirketlerine danışılmaktadır. Yetkililer bu süreçte en hızlı ve en iyi yöntemi kullanırken, sigorta şirketlerinden veya araç-yük sahiplerinden gelen talebi de mutlaka göz önünde bulundurmaktadır.

Meydana gelen olayların farklılıklarına göre olayın ortadan kaldırılmasında çok farklı ekipmanlar kullanılabilir. Araç yağı, benzin gibi sıvı dökülmeleri olması durumunda kumlama, yıkama çalışmaları yapılarak olay yeri temizlenmektedir. Kimyasal madde salınımları varsa geniş çaplı önlemler alınarak, özel personeller ile kimyasal madde temizleme araçları kullanılmaktadır. Yol yüzeyinde veya bariyerlerde trafiğin akışına zarar veren hasarlar bulunması halinde, bu kısımların onarımını yapacak personeller ve gerekli onarım malzemeleri olay yerine sevk edilmelidir.

3.7.3 Olay Yeri Soruşturmaları

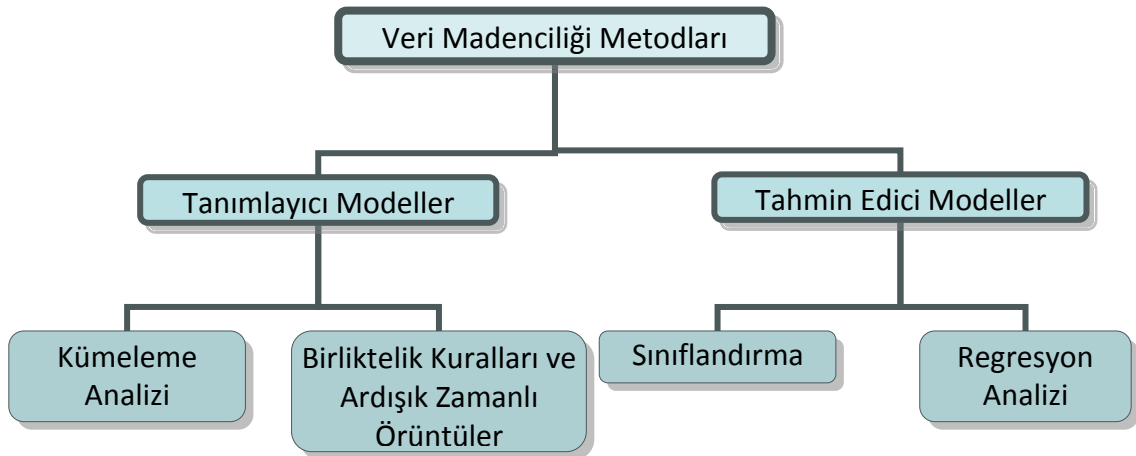
Trafik olayının ortadan kaldırılması sırasında emniyet ekipleri tarafından olayla ilgili gerekli soruşturmalar yapılmalıdır. Olayın ölümlü olması durumunda, olay adli bir vaka olmakta ve olay yerine savcılarının gelmesi beklenmektedir. Bu durumlarda olay soruşturmaları genellikle yolların birkaç saat boyunca olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Özellikle de kazayı yapan kişilerin çarptıktan sonra kaçması durumunda polise ve savcıya adeta bir cinayeti çözme sorumluluğu yüklenmektedir. Bu tür olayların davaları senelerce sürebilmekte ve yasal süreçte verilecek kararların büyük çoğunluğunda olay yeri soruşturması ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle de olay yerinde yapılan bu soruşturmaların mümkün olduğunca titiz bir biçimde yürütülmesi sağlanmalıdır.

OLAY SÜRESİ TAHMİNLERİNDE KULLANILAN VERİ MADENCİLİĞİ METODLARI

Veri madenciliği; büyük hacimli veri yığınlarından, uygulanabilir ve anlamlı bilgilerin çıkarılmasını hedefleyen veri analiz yöntemlerinin bütünüdür. Bu yöntemler;

- Birliktelik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler
- Kümeleme Analizi
- Sınıflandırma
- Regresyon Analizi

olmak üzere 4 alt başlıkta incelenebilir. “Birliktelik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler” ile “Kümeleme Analizi” tanımlayıcı model; “Sınıflandırma” ile “Regresyon Analizi” ise tahmin edici model olarak gruplandırılmaktadır (Şekil 4. 1) [31].



Şekil 4. 1 Veri madenciliği metodları

4.1 Birliktelik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler

Birliktelik kuralları, büyük veri kümeleri içinde bulunan farklı veriler arasındaki birliktelik ilişkilerinin bulunması işlemidir. Bu kurallar ile bir ilişkide yer alan özelliklerin değerleri arasındaki bağımlılıklar, anahtarda yer almayan diğer özelliklerin gruplandırılması ile bulunabilmektedir. En klasik örneği market sepeti analizidir.

Birliktelik kurallarından farklı olarak ardışık zamanlı örüntülerde, işlem özelliklerindeki zaman faktörü de dikkate alınmaktadır. Ardışık zamanlı örüntüler, birbirleri ile ilişkisi olan ancak birbirini izleyen dönemlerde gerçekleşen ilişkilerin tanımlanmasını sağlamaktadır.

4.2 Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, veri grubu içerisindeki benzer özelliklere sahip olan verilerin kümelere ayrılarak, heterojen bir veri grubundan, homojen alt veri grupları elde edilmesi işlemidir. Küme analizi sayesinde, geniş veri grupları için tanımlayıcı veriler belirlenmekte ve böylece veri hacminin daraltılması sağlanmaktadır. Ayrıca, belirlenmiş kümelerin dışında kalan ve herhangi bir kümeye dahil olmayan istisnai verilerin tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Kümeleme analizinin hedefi; küme içi benzerliklerin maksimize (küme içi uzaklıklar minimum) ve kümeler arası benzerliğin minimize (kümeler arası uzaklıklar maksimum) edilmesidir. Kümeleme analizi, bir denetimsiz öğrenme (unsupervised learning) yöntemidir.

Kümeleme analizi genel olarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

4.2.1 Hiyerarşik Yöntemler

Hiyerarşik kümelemede, veri setindeki veriler benzerlik ve mesafe ölçülerine göre kümelere ayrılarak en uygun küme sayısı belirlenmektedir. Kümeleme analizinin başlangıcında her veri bir küme olarak alınır ve daha sonra birbirine benzeyen en yakın iki küme birleştirilir. Bu işlem bütün veriler tek bir küme olana kadar devam eder. Bütün veriler tek bir küme haline gelmeden önce uygun bir yerde durdurularak küme

sayısı belirlenir. Kümeler içi uzaklıkların minimum, kümeler arası uzakların maksimum olduğu kümeleme düzeyinde ideal küme sayısı elde edilmektedir.

Başlıca hiyerarşik kümeleme yöntemleri iki başlık altında toplanabilir:

- Toplaşım (Agglomerative) Kümeleme Algoritmaları
 - Merkezi (Centroid) Kümeleme Yöntemi
 - Tek Bağlantı (En Yakın Komşu-Single Linkage) Yöntemi
 - Tam Bağlantı (En Uzak Komşu-Complete Linkage) Yöntemi
 - Ortalama Bağlantı (Average Linkage) Yöntemi
 - Ward Yöntemi
- Bölünür (Divisive) Kümeleme Algoritmaları
 - Bölünmüş Ortalamalar (Splinter-Average Distance) Yöntemi
 - Otomatik Etkileşim Dedektörü (Automatic Interaction Detection) Yöntemi

4.2.2 Hiyerarşik Olmayan Yöntemler

Hiyerarşik olmayan kümeleme yönteminde, hiyerarşik kümeleme yönteminden farklı olarak küme sayısının önceden bilindiği kabul edilmektedir. Bu yöntemde, kümeleme analizinin başlangıcında, bilinen küme sayısı kadar küme ortalaması (merkezi) keyfi olarak belirlenir. Gözlem verileri hangi küme ortalamasına daha yakınsa o kümeye dahil edilir. Elde edilen yeni kümelerin ortalamaları hesaplanır. Yeni küme ortalamalarına göre, gözlem verileri en yakın kümeye atanır. Bu işlem, verilerin ait oldukları kümeler sabitlenene kadar devam eder.

Başlıca hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

- K-Ortalamalar (K-Means) Yöntemi
- Metoid Parçalama Yöntemi
- Yığma (Hill Climbing) Kümeleme Yöntemi
- Bulanık (Fuzzy) Kümeleme Yöntemi

Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan ve bu tez çalışmasında yararlanılan K-Ortamalar yöntemi hakkında daha detaylı bilgi verilmiştir.

4.2.3 K-Ortamalar Yöntemi

K-ortalamalar yöntemi, Mac Queen tarafından 1967 yılında ortaya konulmuştur. Mac Queen “k-ortalama” ifadesini, her bir verinin kendisine en yakın ortalama (merkez) sahip kümeye atanması anlamında kullanmıştır. Pek çok alanda yoğun olarak kullanılan bir algoritmadır. K-ortalamalar yönteminde ilk olarak verinin kaç kümeye ayrılacağını belirlemek gerekir. Küme sayısı “k” harfiyle ifade edilir. K-ortalama yöntemi üç adımdan oluşmaktadır:

1. Adım: Veriler içerisinde rastgele k adet veri seçilir ve bu verilerin her biri bir küme olacak şekilde k adet küme oluşturulur. Her kümenin küme merkezi (ortalaması) belirlenir.
2. Adım: Geriye kalan verilerin her bir küme merkezine olan uzaklıkları hesaplanır ve bu veriler kendilerine en yakın küme ortalamasına sahip kümeye dahil edilir.
3. Adım: Son durumda kümelerin ortalamaları tekrar hesaplanır. Yeni ortalamalara göre veriler tekrar kendilerine en yakın kümelere atanır. Bu işlem verilerin ait oldukları kümeler sabitlenene kadar devam eder.

4.3 Regresyon Analizi

Regresyon analizi, herhangi bir değişkenin (bağımlı değişken), bir veya birden fazla değişkenle (bağımsız-açıklayıcı değişken) arasındaki ilişkinin matematik bir fonksiyon şeklinde yazılması ve bu fonksiyon yardımıyla bağımlı değişkenin ulaşacağı değerin tahmin edilmesidir. Bağımsız değişkenlerin alacağı çeşitli değerlere karşılık bağımlı değişken hesaplanır. Bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini gösteren korelasyon katsayısı değerine göre tahminlerin güvenilir olup olmadığı belirlenir. Genel olarak, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon veya basit ve çoklu regresyon başlıkları altında toplanabilecek çok sayıda farklı regresyon analizi yöntemi bulunmaktadır. Aşağıda veri madenciliğinde yaygın olarak kullanılan regresyon analizi yöntemlerinden doğrusal ve lojistik regresyon hakkında bilgiler verilmiştir [32].

4.3.1 Doğrusal Regresyon

Basit doğrusal regresyon analizinde bir bağımlı ve bir bağımsız değişken söz konusu iken, çoklu doğrusal regresyon analizinde ise bir bağımlı değişken ve iki ya da daha fazla bağımsız değişken vardır. Her iki analizde de değişkenler arasında doğrusal bir ilişki vardır. Amacı; açıklayıcı değişkenlerin bilinen ya da değişmeyen değerlerine dayanarak bağımlı değişkenin ortalama değerini tahmin etmektir.

Değişkenler arasında bulunduğu varsayılan gerçek doğrusal ilişki, Y bağımlı değişken, X bağımsız değişken olmak üzere (4.1)'deki doğrusal regresyon modeli elde edilir. Bu modelde ε ile gösterilen değer hata (error) terimidir.

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon \quad (4.1)$$

4.3.2 Lojistik Regresyon

Doğrusal regresyonda bağımlı değişken, iki değer alan (0 veya 1) gösterge değişkeni olarak tanımlandığında bunlara ilişkin hata terimlerinin beklenen değeri sıfır olmayacaktır. Bunun bir sonucu olarak varsayımlardan sapma durumunda elde edilen tahminler en iyi doğrusal ve sapmasız tahmin ediciler olmayacaktır. Bu yetersizlik sınıflandırma analizlerinde doğrusal regresyonun kullanılmasını engellemektedir. Bu nedenle lojistik regresyon, sınıflandırma analizlerinde sık kullanılmaktadır. Lojistik regresyon, çok değişkenli normal dağılım varsayımına ihtiyaç duymadığından bu tür uygulamalarda üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca sınıf üyeliğine ilişkin olasılıkları belirleme özelliği de vardır.

4.4 Sınıflandırma

Sınıflandırma, veri setindeki verilerin sahip olduğu ortak özelliklere göre ayrıştırılması işlemidir. Veri setinde bulunan sınıfı tanımlanmış mevcut verilerden yararlanarak sınıfı belli olmayan verilerin sınıfını tahmin etmek için kullanılır. Öncelikle tahmin için kullanılacak bir model oluşturulur. Ardından oluşturulan bu model, sınıfı belli olmayan veriler üzerinde uygulanarak sınıflar tahmin edilir. Genellikle verilen veri kümesi öğrenme (eğitim) ve deneme (test) kümesi olarak ikiye ayrılır. Öğrenme kümesi modelin oluşturulmasında, deneme kümesi modelin doğrulanmasında kullanılır.

Sınıflandırma modellerinde başlıca kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir [32].

- Karar Ağaçları (Decision Trees)
- Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)
- Bayes Sınıflandırması
- Zaman Serisi Analizi
- K- En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbor)
- Bellek Temelli Nedenleme (Memory Based Reasoning)

4.4.1 Karar Ağaçları (Decision Trees)

Karar ağaçları, kurgulanmasının, yorumlanmasının ve veri tabanları ile entegrasyonun kolaylığı nedeniyle en yaygın kullanılan öngörü yöntemlerinden/sınıflandırma tekniklerinden biridir. Güvenilirliklerinin iyi olması da bir başka tercih edilme nedenidir. Karar ağaçlarının hedefi bağımlı değişkendeki farklılıkları maksimize edecek şekilde veriyi sıralı bir biçimde parçalarına (farklı gruplara) ayırmaktır. Sınıflandırma ağacı olarak da adlandırılabilir.

İstatistiksel yöntemlerde veya yapay sinir ağlarında veriden bir fonksiyon öğrenildikten sonra bu fonksiyonun insanlar tarafından anlaşılabilir bir kural olarak yorumlanması zordur. Karar ağaçları ise ağaç oluşturulduktan sonra, kökten yaprağa doğru inilerek kurallar yazılabilir. Bu kurallar uygulama konusunda uzman bir karar vericiye gösterilerek sonucun anlamlı olup olmadığı denetlenebilir. Sonradan başka bir teknik kullanılacak bile olsa karar ağacı ile önce bir kısa çalışma yapmak, önemli değişkenler ve yaklaşık kurallar konusunda karar vericiye bilgi verir.

Karar ağacı, adında belirtildiği şekilde ağaç görünümünde bir tekniktir. Karar düğümleri, dallar ve yapraklardan oluşur [33].

- Karar düğümü: Veriye uygulanacak test tanımlanır. Her düğüm bir özellikteki testi gösterir. Test sonucunda ağacın dalları oluşur. Dalları oluştururken veri kaybı yaşanmaması için verilerin tümünü kapsayacak sayıda farklı dal oluşturulmalıdır.

- Dal: testin sonucunu gösterir. Elde edilen her dal ile tanımlanacak sınıfın belirlenmesi amaçlanır. Ancak dalın sonucunda sınıflandırma tamamlanamıyorsa tekrar bir karar düğümü oluşur. Karar düğümünden elde edilen dalların sonucunda sınıflandırmanın tamamlanıp tamamlanmadığı tekrar kontrol edilerek devam edilir.
- Yaprak: Dalın sonucunda bir sınıflandırma elde edilebiliyorsa yaprak elde edilmiş olur. Yaprak, verileri kullanarak elde edilmek istenen sınıflandırmanın sınıflarından birini tanımlar.

Başlangıçta bütün öğrenme örnekleri kök düğümüdür, örnekler seçilmiş özelliklere göre bölündükten sonra ağacı temizlemek için (Tree pruning) gürültü ve istisna kararları içeren dallar belirlenir ve kaldırılır. Karar ağacı tekniğini kullanarak verinin sınıflanması üç aşamadan oluşur.

- Öğrenme: Önceden sonuçları bilinen verilerden (eğitim verisi) model oluşturulur.
- Sınıflama: Yeni bir veri seti (test verisi) modele uygulanır, bu şekilde karar ağacının doğruluğu belirlenir. Test verisine uygulanan bir modelin doğruluğu, yaptığı doğru sınıflamanın test verisindeki tüm sınıflara oranıdır. Her test örneğinde bilinen sınıf, model tarafından tahmin edilen sınıf ile karşılaştırılır.
- Uygulama: Eğer doğruluk kabul edilebilir oranda ise, karar ağacı yeni verilerin sınıflanması amacıyla kullanılır.

Başlıca Karar Ağacı algoritmaları; CHAID, C4.5, CART, ID3, SLIQ, SPRINT ve QUEST şeklindedir [32].

CHAID: CHAID (Otomatik Ki-Kare Etkileşim Belirleme) analizinde amaç veriyi daha homojen alt gruplara bölmektir. Araştırmacı oldukça homojen bir veri kümesi ile çalışmak ister. Büyük çapta bir veri kümesinin homojen bir alt gruba indirgenmesi problemi demek; bağımlı değişkeni mümkün olduğunca tutumlu bir şekilde açıklayan diğer değişkenleri ve bunlarla ilgili verileri ortaya koymak demektir. İşte CHAID analizi, kategorik değişkenlere ilişkin veri kümesini, bağımlı değişkeni en iyi açıklayacak şekilde detaylı homojen alt gruplara böler. Bu alt gruplar küçük tahmin edici gruplardan oluşur. Seçilen tahmin ediciler daha sonraki ileri analizlerde bağımlı değişkenin tahmininde kullanılacaktır. CHAID, regresyon problemlerinde kullanılabileceği gibi karar ağaçlarının

oluşturulmasında etkilidir. Değişkenler arasındaki ilişki lineer yapıdan daha karmaşık ise veride gizli olan bu ilişkiyi bulmak için verinin belli kısımlarını eleme yöntemi olan CHAID kullanılır. “Ki-kare” ismini almasının nedeni algoritmasında birçok çapraz tablonun kullanılması ve istatistiksel önem oranları ile çalışmasıdır.

CHAID analizi;

- Sınıflama ölçme düzeyinde ölçülmüş bir bağımlı değişkeni en iyi şekilde açıklamak için kullanılır,
- Açıklayıcı değişkenler sınıflayıcı, sıralayıcı ve aralıklı ölçek ile ölçülmüş olabilir,
- Kayıp verileri yeni bir kategori gibi davranır ve bu kategoriyi p-değeri hesaplamalarına dahil eder,
- Kategorileri sıralanabilen ya da sıralanmayan, açıklayıcı değişkenlerin yer aldığı veri kümesini, bağımlı değişkene göre detaylı alt kümelere böler,
- Bu bölünme işlemini gerçekleştirirken, açıklayıcı değişkenlere ait kategorileri, bağımsız olarak yeniden düzenler, yani kategorileştirir.
- Daha sonraki her bölünmeyi yeniden bağımsız olarak gerçekleştirir.

CHAID analizi, değişkenlerdeki varyasyonu gruplar arası maksimum ve gruplar içi minimum olacak şekilde farklı alt bölümlere tekrarlı olarak ayırarak işlem yapar. Bu işlemler gerçekleşirken CHAID analizi bazı varsayımları dikkate almadan da işlem yapabilir. Buna CHAID analizinin avantajları olarak bakılabilir.

Diğer karar ağacı algoritmalarından farklı olarak, CHAID’in avantajı sonuçları okuması ve yorumlamasının kolay olmasıdır. Ağaç tabanlı segmentasyon tekniği olarak, nominal (yazılı), sıralı ve sürekli değişkenler arasındaki etkileşimi tespit edebilir ve sonuçları hiyerarşik ağaç yapısında gösterebilir. Varsayılan olarak çok yönlü bölünmeyi kullandığı için ve küçük boyutlu örnekler hızla küçülebileceği ve anlamlı sonuçlar vermeyeceği için etkin çalışması için büyük örnekler gereklidir.

C&RT (Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı): C&RT (CART) algoritmaları, ele alınan bağımlı değişken (hedef değişken, target variable) kategorik yapıda ise sınıflandırma ağaçları (Classification Tree), sürekli ise regresyon ağaçları (Regression Tree) olarak

adlandırılmaktadır. C&RT algoritmaları için birincil amaç, mümkün olan en iyi doğruluğu olan modeli kurabilmektir. En iyi doğruluk ise minimum maliyetli tahminler yapılmasını içerir. C&RT her bir adımda tahminin doğruluğuna en fazla katkısı olan ayrımı yaparak ilerler. Ayrım ölçütü olarak Gini indeksi veya Ki-kare gibi ölçütler kullanır.

C&RT, dallanması sürecinde, tekrarlanan ikili bölümlemeye göre tahminleme yapar. C&RT'nin klasik doğrusal ve lojistik regresyon algoritmalarına göre potansiyel avantajı, parametrik istatistik varsayımlarına bağlı olmayan yani parametrik olmayan ve doğrusal olmayan bir metot olmasıdır. Bundan dolayı, C&RT, belirli bir çıktıyı tahmin etmek için en önemli tahmin edici değişkenler arasındaki ilişkiyi göz önüne almadan çok sayıda değişken arasından, tahmin edici değişkeni seçebilir.

C&RT algoritmasının adımları altı adımda incelenebilir:

- İlk düğümden başlayarak bölünmeyi sağlayacak tüm mümkün adayların içinden bir tane ayıraç seçilir,
- Hedef değişkenin tipine göre safsızlık ölçütü hesaplanır,
- Açıklayıcı değişkenler safsızlık ölçütlerine göre karşılaştırılır,
- Safsızlık ölçütünü maksimum olan değişkene göre ayırıştırma yapılır,
- Ayıraç belirleme sürecine diğer açıklayıcı değişkenler içinde devam edilir,
- Herhangi bir durdurma kuralına rastlayana kadar ağaç büyütülür.

Bu algoritma ile elde edilen maksimum ağaçtan optimum ağacı oluşturmak için budama yapılmalıdır. C&RT ile oluşan ağaçların budanmasında ayrı bir değerlendirme veri setine gerek vardır. Optimum ağaç hem hatalı ayırma riskini hem de ağacın karmaşıklığını ölçen bir indeks (maliyet-karmaşıklık ölçüsü) kullanarak bu indeks değerini minimum yapan ağaçtır.

ID3: ID3, sayısal olmayan değerlere sahip veri kümelerini sınıflandırmak için etkili bir ayırıştırma ağacına sahip olan sentez bir prosedürü olan karar ağacı algoritmasıdır. ID3 yaklaşımı, etiketli verinin kullanımını sağlar ve tüm etiketli örneklerin düzenli bir şekilde sınıflandırılmasına kadar, özelliklerin nasıl incelenebileceğine karar verir. ID3, kesin

şartlar altında geçerlidir ve kapsamı dışındaki alanlarda geçersizdir. ID3 yaklaşımı için gerekli olan 2 kesin sınır şöyledir:

- Sadece kategorik veri kullanır.
- Kısmi bilgi ile baş edemez.

C4.5: C4.5 algoritması, ID3 algoritmasının bir uzantısıdır ve budama metodolojisi ile sayısal nitelikleri, kayıp değerleri ve gürültülü verileri işlemeyi kapsayan “böl ve yönet” yaklaşımını içermektedir. Bölme düğüm stratejisi, bilgi kazanım oranını hesaplamaya dayanmaktadır. Temel fikir, kök düğümünden bu düğüme olan yolda henüz dikkate alınmamış nitelikler arasında, her bir düğümün en bilgilendirici ilgili nitelik ile ilgili bir soruyu tutmasıdır.

SLIQ: SLIQ algoritması hem sayısal hem de kategorik verilerin sınıflandırılmasında kullanılabilir. Sayısal verilerin değerlendirilmesindeki maliyeti azaltmak için ağacın oluşturulması sırasında önceden-sıralama tekniği kullanılır. Sayısal verilerle işlem yapılırken en iyi dallara ayırma kriterini bulmak için verileri sıraya dizme önemli bir faktördür. SLIQ algoritmasında kullanılan teknik ise, verileri sıralama işlemini her düğümde yapmak yerine öğrenme verileri sadece bir kere ve o da ağacın büyüme aşamasının başlangıcında yapılarak gerçekleştirilir.

QUEST: Hesapladığı sınıflandırma ağacının güvenilirliği ve etkinliğini arttırmak için, bir dizi inovatif özellikler ve kuadratik diskriminant analizi kullanan bir sınıflandırma algoritmasıdır. En önemli özelliği hızlı ve tarafsız olmasıdır. Yani, tahmin edici değişkenler onlarca farklı seviyede olduğu zaman özellikle aynıymış gibi yaklaşır.

SPRINT: SPRINT algoritması, her bir değişken için ayrı bir liste kullanarak sıraya dizme işlemini sadece bir kez yapar. Bu yönüyle SLIQ algoritmasına benzer ve sözü edilen diğer algoritmalarından ayrılır. Ancak farklı veri yapıları kullanarak SLIQ algoritmasından ayrılır.

4.4.2 Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)

İnsan beyninin işleme mantığını temel alarak, nöronların matematiksel olarak modellenmesidir. Bu yöntem, kurulan modeli kontrol etmekte ve öğrenme faaliyeti ile

modeli geliştirmektedir. Süreç davranış biçimlerini anlamak ve hatayı en aza indirmek üzerine kuruludur. Bilgiyi almak ve daha sonra her uygulamadan bir ders çıkarmak gibi düşünülebilir. İstatistiksel yöntemler gibi veri hakkında parametrik bir model öngörmez.

Doğru sınıflandırma sağlayan, doğru sonuçlar veren bir yöntem olmakla birlikte en önemli zafiyetleri öğrenme süresinin uzun olması ve çıkan sonucun tanımlanmasının g olmasıdır.

Yapı, nöronlar arasındaki bağlantılar ve bağlantıların ağırlıkları (ğrenme mekanizması ile geliştirilen) zerine kurulur. Modelin karmaşıklığı bu bağlantı yapısına bağlıdır. Nöronların bir araya geldiği alanlara katman denir. (Giriş katmanı, çıkış katmanı ve bu iki katman arasında yer alan gizli katman). Model kurulduktan sonra eğitim verileri sürekli olarak modele girilir ve elde edilen sonuçlar gerçek sonuçlar ile karşılaştırılarak modelde iyileştirmeler (ağırlıklarda değişiklikler) yapılır. Minimum kabul edilebilir hata seviyesine ulaşıldığında model tamamlanmış olur.

4.4.3 Bayes Sınıflandırması

İstatistiksel bir sınıflandırıcıdır. Eldeki verilerin belirlenmiş olan sınıflara ait olma olasılıklarını öngörür. İstatistikteki Bayes teoremine dayanır. Bu teorem; belirsizlik taşıyan herhangi bir durumun modelinin oluşturularak, bu durumla ilgili evrensel doğrular ve gerçekçi gözlemler doğrultusunda belli sonuçlar elde edilmesine olanak sağlar. Belirsizlik taşıyan durumlarda karar verme konusunda çok kullanışlıdır. En önemli zafiyeti değişkenler arası ilişkinin modellenmiyor olması ve değişkenlerin birbirinden tamamen bağımsız olduğu varsayımdır.

Bayes yöntemi koşullu olasılık durumları ile ilgilidir. Her hangi bir koşullu olasılık durumu $P(X=x \mid Y=y) = R$ şeklinde tanımlanır. Bu ifade; "Eğer $Y = y$ doğru ise, $X = x$ olma olasılığı R 'dir" anlamına gelmektedir. X ve Y 'nin alabileceği değerlerin her kombinasyonu için koşullu olasılıkları belirleyen tabloya koşullu olasılık dağılımı adı verilir ve $P(X|Y)$ ile ifade edilir.

Bayes Kuralı (4.1)'de tanımlanmıştır.

$$P(X|Y) = P(Y|X) \times P(X) / P(Y) \quad (4.1)$$

Bu ifade; Y'nin gerçekleşmesi halinde X'in gerçekleşme ihtimalinin ne olduğunu belirtmektedir. Bu değeri bulabilmek için "X'in gerçekleştiği durumlarda Y'nin gerçekleşme ihtimali" ile X'in gerçekleşme ihtimalini çarpmak ve bunu Y'nin gerçekleşme ihtimaline bölmek gereklidir.

4.4.4 Zaman Serisi Analizi

Zaman değişkeniyle ilişkili bir değişken hakkında, elde edilen gözlem değerlerini zamana göre sıralanmış olarak gösteren serilere "zaman serileri" denir. Zaman serisi analizlerinde değişkenler tek tek ele alınır. Değişkenlerin zaman içerisinde oluşan değerlerinin ki buna veri üretme süreci (data generating process) denir, belirli bir kalıba (modele) göre meydana geldiği varsayılır ve uygun kalıbın (modelin) belirlenmesi amaçlanır. Böylece değişkenin gelecekte alacağı değerlerin sağlıklı bir biçimde öngörülebileceği varsayılır.

Veri tabanı üzerinden elde edilen verilerle zaman serileri oluşturulur. Oluşturulan zaman serileri ile gerekli çözümler yapılır ve öngörü işlemi ile geleceğe yönelik tahminlerde bulunulur. Bu noktada veri madenciliğinden yararlanılması, istenilen verilere daha kolay bir şekilde ulaşılmasını sağlar. Bu, aynı zamanda maliyet ve zamandan da tasarruf sağlanacağı anlamına gelmektedir.

4.4.5 K- En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbor)

K- En Yakın Komşu algoritması, parametrik olmayan ve denetimli öğrenmeye dayalı en eski ve en basit sınıflandırma metotlarından birisidir. Amaç, yeni bir örnek görüntülendiğinde, mevcut eğitim veri setindeki en yakın "k" örneğini bulmak ve en benzer sınıfa göre ortadaki numuneyi sınıflandırmaktır. Genellikle yakınlık, Öklid uzaklığı ile tanımlanır.

Sınıflandırma yapılırken veri tabanındaki her bir kaydın diğer kayıtlarla olan uzaklığı hesaplanır. Ancak, bir kayıt için diğer kayıtlardan sadece k adedi göz önüne alınır. Algoritmanın isminden de anlaşılacağı gibi, bu k adet kayıt, başka bir deyişle veri tabanındaki nokta; mesafesi hesaplanan noktaya diğer kayıtlara nazaran en yakın olan kayıtlardır.

4.4.6 Bellek Temelli Nedenleme (Memory Based Reasoning)

Bellek Temelli Nedenleme, insan davranışını otomatik olarak taklit etmeye çalışır. Belirli olayların geçmişini, kuralları oluşturmak için tecrübeden yararlanan bir sistemde dolaylı değil doğrudan karar vermek için kullanır. Bu algoritma, 2 adımlı bir prosedüre sahiptir: İlk olarak, tecrübelerdeki benzer durumları tanımlama; ikinci olarak, bu durumlardaki bilgiyi yeni durumlara uygulayabilme.

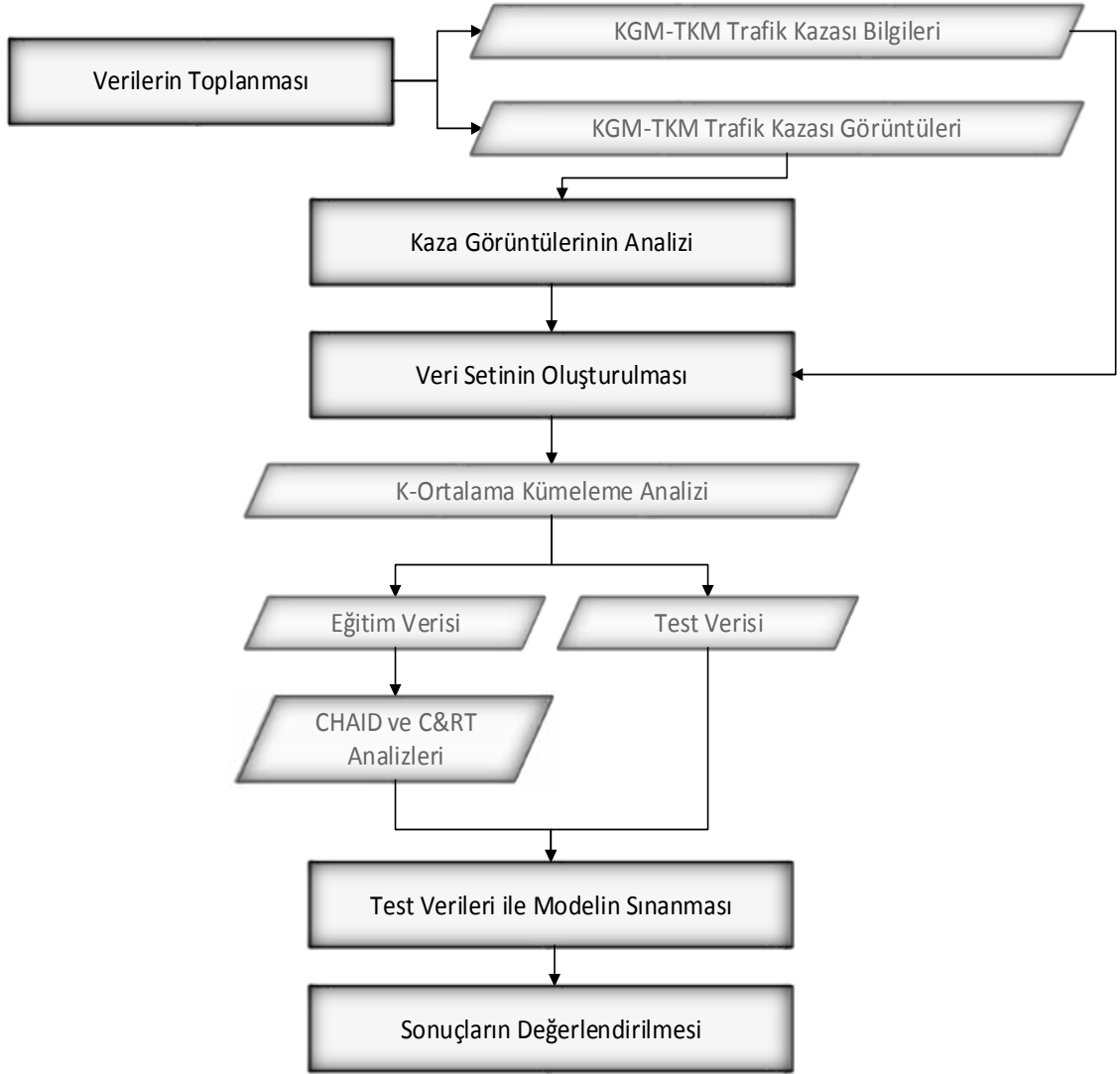
Bellek Temelli Nedenleme, genellikle sayısal olmayan verilere daha uygundur. İki gözlemin farklılığını tayin etmek için uzaklık ölçüsü ve cevaba ulaşmak için komşu noktalardaki sonuçları birleştiren bir kombinasyon fonksiyonu gereklidir.

TRAFİK OLAYI SÜREÇ TAHMİNİ: İSTANBUL TEM UYGULAMASI

Karayolu trafiği; sürüş kalitesi, kurallara uyma alışkanlığı gibi insana (sürücü, yaya, yolcu) bağlı davranışlardan, karayolunun yönetim ve işletim özelliklerinden önemli derecede etkilenmektedir. Bu özellikler ise bölgeden bölgeye farklılıklar göstermektedir. Bununla birlikte, karayolunda meydana gelen olayların özellikleri, olay sırasında bireylerin davranışları, işletimsel müdahaleler gibi faktörler ve dolayısıyla da olay süreçlerinde de bölgedene bölgeye farklılıklar olmaktadır. Bu ise, olay süreci tahminine yönelik yapılan çalışmalarda kurulan modellerin girdi ve çıktıları etkilemektedir. Literatürde yurtdışında bu konuda yapılmış birçok çalışma olmasına rağmen, ülkemizde henüz olay süreci tahminine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, İstanbul TEM otoyolu üzerinde meydana gelen trafik kazaları olayın meydana geldiği gün, saat, konum gibi birçok olay özelliğine göre incelenmiştir. Bu amaçla, Ekim 2013- Eylül 2014 tarihleri arasındaki bir yıllık zaman diliminde İstanbul TEM otoyolu üzerinde meydana gelen ve KGM 1. Bölge Müdürlüğü Trafik Kontrol Merkezi tarafından kaydedilen trafik kazaları elde edilmiştir. Bu kazaların süreçleri analiz edilerek çeşitli olay etkenlerine göre olay sürelerinin tahmininde yardımcı olacak şekilde sınıflandırmalar yapılmıştır. Bu sınıflandırmalar sonucunda oluşturulan model yardımıyla, İstanbul'da bu yollar üzerinde meydana gelecek yeni kazaların olay yerinde ne kadar süre kalacağı önceden tahmin edilebilecektir.

Çalışmada izlenen yöntem Şekil 5. 1'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 1 Çalışmada izlenen yöntem

5.1 Verilerin Toplanması ve Görüntülerin Analiz Edilmesi

Tez çalışması kapsamında ilk olarak, KGM 1. Bölge Müdürlüğü TKM ile görüşülmüş ve trafik kazalarına ilişkin toplamış oldukları veri ve görüntüler talep edilmiştir. Bunun sonucunda 1 Ekim 2013- 30 Eylül 2014 tarihleri arasındaki 12 aylık zaman diliminde İstanbul TEM otoyolu üzerinde meydana gelen trafik kazası veri ve görüntüleri elde edilmiştir.

Toplanan verilerde, 2394 maddi hasarlı, 403 ölümlü-yaralanmalı olmak üzere 2797 adet kaza verisi bulunmaktadır. Bu verilerin yanında 2517 tane kazanın fotoğraf veya video görüntüsü de mevcuttur. Veriler, kazalara ait aşağıdaki bilgileri içermektedir:

- Tarih
- Saat
- Araç Cinsi
- Araç Sayısı
- Konum
- Kaza Şiddeti (maddi veya ölümlü-yaralanmalı)
- Bildirilme Saati
- Müdahale Saati
- Kaldırılma Saati
- Müdahale Eden Birim(ler)

Literatürde yapılan çalışmalarda olay süresi tahminlerinde kullanılan olay özelliklerine bakıldığında bu verilerdeki olay özelliklerinin tahmin için yeterli olmayacağı görülmüştür. Bu nedenle bu olaylarla ilgili yeni olay karakteristiklerinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda elimizde fotoğraf veya video görüntüleri bulunan kazalar incelenmiş ve olaylara ilişkin yeni özellikler toplanmıştır. Görüntülerin analiz edilmesiyle toplanan özellikler aşağıda sıralanmıştır:

- Kazanın oluş biçimi, tipi
- Kazanın meydana geldiği kesimdeki toplam şerit sayısı
- Kazanın meydana geldiği şerit
- Kazadan etkilenen şerit
- Kazaya karışan ağır taşıt sayısı
- Yol yüzeyinin durumu (kuru veya ıslak)
- Yük dökülmesi olup olmadığı
- Sıvı dökülmesi olup olmadığı
- Yol ekipmanlarına zarar verilip verilmediği

Verilerin güvenilir olması açısından, net olmayan fotoğraf ve video görüntülerine sahip kaza verileri ayıklanmıştır. Ayrıca trafiğe etkisi olmayan ve herhangi bir müdahale gerektirmeyen kısa süreli kazalar (5 dakikadan kısa) yapılan analizlere dahil edilmemiştir.

5.2 Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında incelenen 1340 kazanın, 168 tanesi ölümlü-yaralanmalı, 1172 tanesi ise maddi hasarlı kazalar oluşturmuştur. Çizelge 5. 1’de kaza oluş tipi ve şiddetine göre kaza sayıları verilmiştir.

Çizelge 5. 1 Kaza oluş tipi ve şiddetine göre kaza sayıları

Kaza Oluş Tipi	Kaza Şiddeti		
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	Toplam
Arkadan çarpma	665 (%92)	60 (%8)	725 (%54.1)
Yandan çarpma	350 (%91)	35 (%9)	385 (%28.7)
Bariyerlere çarpma	36 (%69)	16 (%31)	52 (%3.9)
Yoldan çıkma	22 (%49)	23 (%51)	45 (%3.4)
Devrilme	5 (%42)	7 (%58)	12 (%0.9)
Yayaya çarpma	0 (%0)	5 (%100)	5 (%0.4)
Karşılıklı çarpışma	1 (%50)	1 (%50)	2 (%0.1)
Belirsiz	93 (%82)	21 (%18)	114 (%8.5)
Toplam	1172 (%87.5)	168 (%12.5)	1340 (%100.0)

Kaza görüntülerinin analizi sonucunda kazalar, 7 farklı oluş tipi altında sınıflandırılmıştır. Bu kaza tipleri; arkadan çarpma, yandan çarpma, bariyerlere çarpma, yoldan çıkma, devrilme, yayaya çarpma ve karşılıklı çarpışma şeklindedir. Buna göre veri setinde bulunan kazaların büyük bir çoğunluğunu (%54) arkadan çarpma tipindeki kazalar oluşturmaktadır. Yandan çarpma tipindeki kazalar ise yaklaşık %29’luk oranla en çok meydana gelen ikinci tip kazadır. Bununla beraber; devrilme, yayaya çarpma ve karşılıklı çarpışma tiplerinde ise kaza sayıları %1’in altındadır. Kaza türü açısından değerlendirildiğinde, yoldan çıkma, devrilme, karşılıklı çarpışma ve yayaya çarpma tipindeki kazalarda ölüm veya yaralanma olma olasılığı %50’in üstünde olduğu görülmektedir. Arkadan ve yandan çarpma tiplerindeki kazalarda ise bu rakam

%9'larda kalmaktadır. Diğer taraftan, kaza görüntülerinin analizleri sırasında 114 kazanın oluş tipi belirlenememiştir (Çizelge 5. 1).

Çizelge 5. 2 Kazaya karışan araç sayısına göre kaza sayıları

Kazaya Karışan Araç Sayısı	Kaza Şiddeti		
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	Toplam
1	58 (%54)	49 (%46)	107 (%8.0)
2	862 (%94)	54 (%6)	916 (%68.4)
3	163 (%80)	40 (%20)	203 (%15.1)
4	54 (%82)	12 (%18)	66 (%4.9)
5+	35 (%73)	13 (%27)	48 (%3.6)

Kazaya karışan araç sayılarına bakıldığında, kazaların %68'inden fazlasının 2 aracın karışmasıyla meydana geldiği ve bunun %94'ünün de maddi hasarlı kaza olduğu görülmektedir. İki den fazla aracın karıştığı kazalarda ölümlü-yaralanmalı kaza oranı %20-25 seviyelerinde olurken, araç sayısına göre bu oranın arttığı kısmen söylenebilir. Öte yandan, en yüksek ölümlü-yaralanmalı kaza oranı (%46) tek araçların karıştığı kazalarda görülmektedir (Çizelge 5. 2).

Çizelge 5. 3 Meydana geldikleri gün dilimine göre kaza sayıları

Gün Dilimi	Kaza Şiddeti		
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	Toplam
Sabah (06:00-10:00)	100 (%70)	43 (%30)	143 (%10.7)
Güniçi (10:00-16:00)	586 (%92)	51 (%8)	637 (%47.5)
Akşam (16:00-22:00)	290 (%88)	38 (%12)	328 (%24.5)
Gece (22:00-06:00)	196 (%84)	36 (%16)	232 (%17.3)

Çalışmada değerlendirilen kazaların meydana geldiği TEM otoyolunda, günün belirli saatlerinde ağır taşıt yasağı uygulanmaktadır. Bu yasağın uygulanmadığı saatlerde, ağır taşıtların, trafik ve trafik kazaları üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır [34]. Bu nedenle verilerin değerlendirilmesi aşamasında kazalar, meydana geldikleri saatlere göre farklı gün dilimlerine ayrılmıştır. Buna göre; ağır taşıt yasağının olduğu 06:00-10:00 saatleri ‘sabah’ ve 16:00-22:00 saatleri ‘akşam’ dilimini; ağır taşıt geçişinin serbest olduğu 10:00-16:00 saatleri ‘günüçi’ ve 22:00-06:00 saatleri ise ‘gece’ dilimini oluşturmuştur. Günün farklı dilimlerine göre değerlendirildiğinde, kazaların büyük çoğunluğunun günüçi diliminde meydana geldiği ancak yine bu dilimde ölümlü-yaralanmalı kaza oranının en az olduğu görülmektedir. En az kazanın meydana geldiği sabah diliminde ise ölümlü-yaralanmalı kaza oranı en fazla olmuştur (Çizelge 5. 3). Diğer taraftan kazalara karışan ağır taşıt sayılarına göre, kazaların yaklaşık %42’sinde ağır taşıt katılımı olmamıştır. Yaklaşık %51’lik bir diliminde ise kazalara tek ağır taşıt karışmıştır (Çizelge 5. 4).

Çizelge 5. 4 Kazaya karışan ağır taşıt sayısına göre kaza sayıları

Kazaya Karışan Ağır Taşıt Sayısı	Kaza Şiddeti		
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	Toplam
0	463 (%82)	102 (%18)	565 (%42.2)
1	637 (%92)	52 (%8)	689 (%51.4)
2	70 (%88)	10 (%12)	80 (%6.0)
3+	2 (%33)	4 (%67)	6 (%0.4)

Eldeki verilerin mevsimsel dağılımına bakıldığında, kaza sayılarında çok farklılık olmamakla birlikte en az kazanın kış mevsiminde olduğu görülmektedir. Benzer şekilde ölümlü-yaralanmalı kaza oranları da birbirine yakın dağılımlara sahiptir (Çizelge 5. 5). Haftanın günlerine göre ise; kaza sayısı en fazla Cuma, en az Pazar ve Pazartesi günü olurken, ölümlü-yaralanmalı kaza oranı en fazla Pazar (%21), en az Çarşamba (%7) günü olmuştur (

Çizelge 5. 6).

Çizelge 5. 5 Meydana geldikleri mevsime göre kaza sayıları

Mevsim	Kaza Şiddeti		Toplam
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	
İlkbahar	292 (%86)	47 (%14)	339 (%25.3)
Yaz	317 (%86)	51 (%14)	368 (%27.5)
Sonbahar	329 (%90)	37 (%10)	366 (%27.3)
Kış	234 (%88)	33 (%12)	267 (%19.9)

Çizelge 5. 6 Meydana geldikleri haftanın gününe göre kaza sayıları

Haftanın Günü	Kaza Şiddeti		Toplam
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	
Pazartesi	116 (%83)	23 (%17)	139 (%10.4)
Salı	169 (%85)	31 (%15)	200 (%14.9)
Çarşamba	177 (%93)	14 (%7)	191 (%14.2)
Perşembe	183 (%89)	22 (%11)	205 (%15.3)
Cuma	224 (%90)	24 (%10)	248 (%18.5)
Cumartesi	193 (%89)	25 (%11)	218 (%16.3)
Pazar	110 (%79)	29 (%21)	139 (%10.4)

Kazalar, meydana geldikleri konum açısından dört kısma ayrılmışlardır. FSM Köprüsü ve gişelerden oluşan kısım 'FSM'; TEM otoyolunun geri kalan kısımları 'TEM' olarak gruplandırılmıştır. Ancak köprü, viyadük ve gişelerde meydana gelecek kazalarda müdahale sürelerinin daha farklı olabileceği düşünüldüğünden, TEM otoyolu üzerinde bulunan 'köprü ve viyadükler' ile 'gişeler' ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Bu

sınıflandırmalara göre kazaların %43'ünün FSM konumunda meydana gelen kazalardan oluşmuştur (Çizelge 5. 7).

Çizelge 5. 7 Meydana geldikleri konuma göre kaza sayıları

Konum	Kaza Şiddeti		Toplam
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	
TEM	400 (%81)	91 (%19)	491 (%36.6)
FSM	548 (%95)	31 (%5)	579 (%43.2)
Köprü-Viyadükler	206 (%84)	40 (%16)	246 (%18.4)
Gişeler	18 (%75)	6 (%25)	24 (%1.8)

Kazaların hangi şeritte meydana geldiği incelendiğinde, en çok kazanın orta şeritte olduğu görülmektedir. Ancak 3 şeritten fazla olan yollarda, orta şerit sayısı 2'den fazla olduğundan sağ ve soldaki birer şeride göre fazla kaza olması normal olarak kabul edilebilir. Diğer taraftan, kaza sayısının en az ancak ölümlü-yaralanmalı kaza oranının en yüksek olduğu şerit, sağ şerit olmuştur (Çizelge 5. 8).

Çizelge 5. 8 Meydana geldikleri şeride göre kaza sayıları

Şerit	Kaza Şiddeti		Toplam
	Maddi	Ölümlü-Yaralanmalı	
Sağ	252 (%79)	66 (%21)	318 (%23.7)
Orta	546 (%92)	50 (%8)	596 (%44.5)
Sol	374 (%88)	52 (%12)	426 (%31.8)

Veri setindeki kazaların yarısından fazlası 4 şeritli yollarda meydana gelmiştir. Yaklaşık %17'lik bir kısmı da 5 veya daha fazla şeritli gişe bölgesinde meydana gelmiştir. TEM otoyolu üzerindeki ayırım, katılım ve yanyolların oluşturduğu 2 şeritli yollarda meydana gelen kazaların oranı ise %2.5'ta kalmıştır (Çizelge 5. 9).

Çizelge 5. 9 Meydana geldikleri yol kesimindeki şerit sayısına göre kaza sayıları

Şerit Sayısı	Kaza Şiddeti		
	Maddi	Ölümlü- Yaralanmalı	Toplam
2	23 (%68)	11 (%32)	34 (%2.5)
3	256 (%86)	41 (%14)	297 (%22.2)
4	580 (%85)	101 (%15)	681 (%50.8)
5	93 (%91)	9 (%9)	102 (%7.6)
5+ (gişe bölgesi)	220 (%97)	6 (%3)	226 (%16.9)

Kazaların tespit, müdahale, temizleme ve toplam olay süreleri bakımından değerlendirilmesi için öncelikle bazı verilerin ayıklanması gerekmiştir. Tespit, müdahale veya temizleme süresi belirsiz olan bazı veriler ve belirsiz özelliklere sahip kaza verileri ayıklanmıştır. Ayrıca istatistiki açıdan veri sayısı az olan ‘yayaya çarpma’ ve ‘karşılıklı çarpışma’ tipinde kaza verileri de çıkarılmıştır. Kaza sürelerini etkilemesi muhtemel olan kazalara ait 15 faktör ele alınmıştır. Çizelge 5. 10’da kazaların tespit, müdahale, temizleme ve toplam sürelerinin kaza oluş tipine göre değişimi görülmektedir.

Çizelge 5. 10 Kaza oluş tipine göre ortalama süreler

Kaza Oluş Tipi	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
Arkadan çarpma	2,09	10,22	16,09	28,40	692
Yandan çarpma	2,02	11,11	14,57	27,69	369
Bariyerlere çarpma	3,36	17,57	34,02	54,95	44
Yoldan çıkma	3,46	9,97	35,41	48,84	37
Devrilme	2,67	5,22	83,22	91,11	9
Genel Ortalama	2,17	10,74	17,43	30,34	1151

Kaza tiplerine göre olay aşamaları incelendiğinde, devrilme şeklinde meydana gelen kazaların ortadan kaldırılması için gereken sürenin en fazla olduğu görülmektedir. Diğer taraftan bariyerlere çarpma ve yoldan çıkma tipindeki kazaların temizlenme süreleri yaklaşık 35 dakika olurken, arkadan çarpma ve yandan çarpma tipindeki kazalarda bu süre 15 dakika civarında kalmıştır (Çizelge 5. 10).

Çizelge 5. 11 Kazaya karışan araç sayısına göre ortalama süreler

Kazaya Karışan Araç Sayısı	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
1	3,43	11,91	39,88	55,23	69
2	1,90	10,17	14,80	26,87	820
3	2,77	11,54	18,74	33,05	170
4	2,19	13,79	17,40	33,38	53
5+	2,72	13,00	27,49	43,21	39

Birden fazla taşıtın karıştığı kazalarda, kazalara karışan araç sayıları arttıkça olay süresi artmıştır. Ancak maksimum olay süresi, sadece 1 aracın karışmasıyla meydana gelen kazalarda görülmüştür. Yine tespit süresi de tek araçlı kazalar için en yüksek olmuştur (Çizelge 5. 11).

Çizelge 5. 12 Meydana geldikleri gün dilimine göre ortalama süreler

Gün Dilimi	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
Sabah (06:00-10:00)	2,36	11,85	21,19	35,40	118
Güniçi (10:00-16:00)	1,88	9,83	15,32	27,04	577
Akşam (16:00-22:00)	2,07	11,24	16,65	29,96	271
Gece (22:00-06:00)	3,06	12,12	22,77	37,95	185

Gece saatlerinde meydana gelen olaylar en uzun olay süresine sahiptir. Bu da gece saatlerinde görüşün az olması ve dolayısıyla olayın tespitinin ve ortadan kaldırılmasının

zor olmasından kaynaklanmaktadır. Sabah saatlerinde trafiğin yoğun olması olay yerine erişim süresini artırırken, gece saatlerinde ise muhtemelen müdahale ekibi sayısının az olması müdahale süresini artırmıştır. Güniçinde meydana gelen kazalarda ise hem trafik yoğunluğunun az olması hem de olayların daha kolay tespit edilebilmesi nedeniyle tespit, müdahale, temizleme ve dolayısıyla olay süresi en az olmuştur (Çizelge 5. 12Çizelge 5. 13). Diğer taraftan olay sürelerinin, mevsimlere bağlı olarak çok fazla değişmediği görülmektedir. İlkbaharda meydana gelen kazaların ortalama olay süresi yaklaşık 32 dakika iken, kış mevsimi için bu süre yaklaşık 28 dakikada kalmıştır (Çizelge 5. 13).

Çizelge 5. 13 Meydana geldikleri mevsime göre ortalama süreler

Mevsim	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
İlkbahar	2,09	10,85	19,19	32,12	293
Yaz	2,29	10,64	16,23	29,17	304
Sonbahar	2,05	11,06	18,11	31,22	325
Kış	2,27	10,26	15,82	28,34	229

Çizelge 5. 14 Meydana geldikleri haftanın dilimine göre ortalama süreler

Haftanın Dilimi	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
Haftaiçi-1	1,78	11,45	16,41	29,65	327
Haftaiçi-2	2,24	10,22	17,76	30,22	521
Haftasonu	2,45	10,86	17,97	31,28	303

Olay verileri haftanın günlerine göre 3 dilimde incelenmiştir. Bu dilimler; Haftaiçi-1 (Pazartesi ve Cuma), Haftaiçi-2 (Salı, Çarşamba ve Perşembe) ve Haftasonu (Cumartesi ve Pazar) şeklindedir. Olayların tespit, temizleme ve toplam süreleri Haftaiçi-1

diliminde en az olurken, Haftasonu diliminde en fazla olmuştur. Ayrıca, Trafik yoğunluğunun fazla olduğu Haftaiçi-1 diliminde maksimum müdahale süresi gözlenmiştir (Çizelge 5. 14).

Kazaların meydana geldikleri konumlara göre süreleri değerlendirildiğinde, FSM Köprüsü'nde meydana gelen kazaların tespit, müdahale, temizleme ve dolayısıyla olay sürelerinin en az olduğu görülmektedir. Bu kesim için kaza meydana geldikten yaklaşık 24 dakika sonra olay yeri trafiğe açılmıştır. Yine TEM otoyolu üzerinde bulunan diğer köprü ve viyadüklerde meydana gelen kazalarda da olay süreleri yarım saatin altında kalmıştır. Bu olayların kısa süreli olmasında, köprü ve viyadüklerin kritik noktalar olması ve bu kesimlerde yapılan denetimlerin fazla olmasının etkili olduğu söylenebilir (Çizelge 5. 15).

Çizelge 5. 15 Meydana geldikleri konuma göre ortalama süreler

Konum	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
TEM	2,69	13,09	22,26	38,05	399
FSM	1,71	9,14	13,10	23,95	521
Köprü-Viyadükler	2,16	9,65	17,95	29,75	212
Gişeler	3,47	17,32	29,16	49,95	19

Kazaların meydana geldikleri kesimlerdeki şerit sayılarına bakıldığında, 5 şeritli kısımlarda ve 5 veya daha fazla şerite sahip gişe bölgelerinde ortalama olay süresi 25 dakika civarında olduğu görülmektedir. 2 şeritli yanyol, katılım veya ayrımlarda meydana gelen kazalar ise yaklaşık 43 dakika ile en uzun olay süresine sahiptir (Çizelge 5. 16). Öte yandan, yolların sağ şeritinde meydana gelen kazalar, sol şeritte veya orta şeritlerde meydana gelen kazalara göre daha uzun süre olay yerini işgal etmiştir (Çizelge 5. 17).

Çizelge 5. 16 Meydana geldikleri yol kesimindeki şerit sayısına göre ortalama süreler

Şerit Sayısı	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
2	4,18	18,86	19,82	42,86	28
3	2,41	11,52	19,94	33,87	250
4	2,25	10,56	18,19	31,00	572
5	1,74	10,07	11,64	23,45	92
5+ (gişe bölgesi)	1,57	9,48	14,60	25,66	209

Çizelge 5. 17 Meydana geldikleri şeride göre ortalama süreler

Şerit	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
Sağ	2,73	12,58	21,69	37,00	248
Orta	1,84	9,74	15,61	27,19	532
Sol	2,26	10,93	17,20	30,39	371

Kaza verilerinin değerlendirilmesi aşamasında kazadan etkilenen şerit sayıları da elde edilmiştir. Kazadan etkilenen şerit sayılarının, kazanın olduğu kısımdaki toplam şerit sayısına bölünmesiyle şeritlerin etkilenme yüzdeleri belirlenmiştir. Bu yüzdelerle göre, veriler aşağıda verilen beş farklı sınıfa ayrılmıştır:

- Hiç (%0)
- Az (%0-%33)
- Orta (%33-%67)
- Çok (%67-%100)
- Tam (%100)

Şeritlerin etkilenme oranlarına göre, etkilenmenin sıfır olduğu yani muhtemelen yoldan çıkma türündeki kazaları içeren sınıfın ortalama olay süresi maksimum çıkmıştır. Belli oranda etkilenmenin olduğu diğer kazalarda ise, etkilenme oranı arttıkça olay süreleri düzenli bir şekilde artmıştır (Çizelge 5. 18).

Çizelge 5. 18 Şeritlerin kapanma oranına göre ortalama süreler

Etkilenen Şeritlerin Oranı	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
Hiç	3,32	11,45	37,23	52,00	22
Az	1,87	10,04	15,80	27,71	636
Orta	2,56	11,60	17,20	31,35	375
Çok	1,99	11,31	21,64	34,94	83
Tam	3,00	12,40	27,23	42,63	35

Çizelge 5. 19 Kazaya karışan ağır taşıt sayısına göre ortalama süreler

Kazaya Karışan Ağır Taşıt Sayısı	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
0	2,44	11,16	17,52	31,12	473
1	1,94	9,90	16,30	28,14	609
2	2,27	15,14	23,92	41,33	63
3+	2,17	15,67	58,17	76,00	6

Çizelge 5. 20 Kaza türüne göre ortalama süreler

Kaza Türü	Ortalama Süreler				Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme	Olay	
Maddi	2,03	10,76	15,29	28,08	1025
Ölümlü-Yaralanmalı	3,28	10,56	34,85	48,68	126

Değerlendirilen kazalarda tek ağır taşıtın kazaya karışmış olması olay sürelerini çok fazla etkilememiştir. Ancak, kazalara 2, 3 veya daha fazla sayıda ağır taşıt karışması, olay sürelerinde artışa neden olmuştur (Çizelge 5. 19). Diğer taraftan, kaza sırasında

ölüm veya yaralanmanın meydana gelmesi de olay süresini direkt olarak arttırmıştır (Çizelge 5. 20).

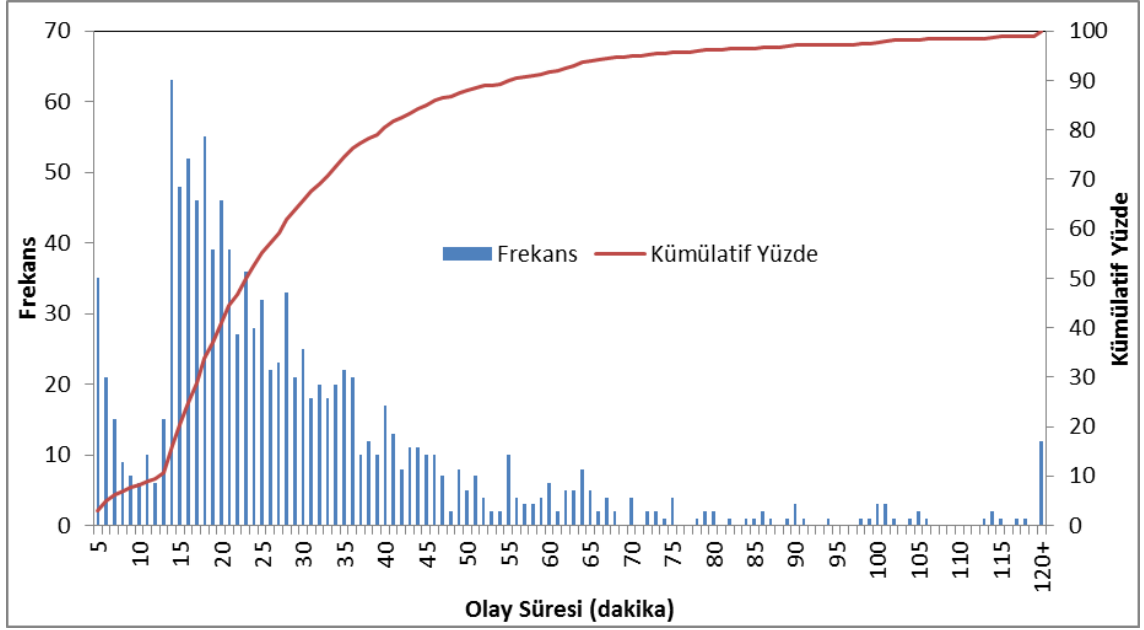
Kaza verileri, havanın yağışlı olup olmaması (yol yüzeyinin ıslaklığı), kaza sırasında yük dökülmesi, benzin, yağ gibi sıvı dökülmesi ve yol ekipmanlarına zarar olup olmaması gibi faktörlere göre de değerlendirilmiştir. Buna göre, yolun kuru ya da ıslak olması olay süresini çok fazla etkilememiş iken yük dökülmesi, sıvı dökülmesi ve yol ekipmanlarına zararın bulunması olay sürelerinin büyük oranda artmasına neden olmuştur (Çizelge 5. 21).

Çizelge 5. 21 Çeşitli kaza bilgilerine göre ortalama süreler

Olay Bilgileri	Ortalama Süreler			Olay	Veri Sayısı
	Tespit	Müdahale	Temizleme		
Yol Durumu					
Kuru	2,21	10,43	17,32	29,96	1006
Islak	1,84	12,88	18,20	32,92	145
Yük Dökülmesi					
Yok	2,17	10,73	16,57	29,47	1134
Var	2,12	10,94	74,88	87,94	17
Sıvı Dökülmesi					
Yok	2,06	9,87	15,30	27,23	1043
Var	3,14	19,15	38,06	60,35	108
Yol Ekipmanına Zarar					
Yok	2,01	10,24	15,48	27,73	1018
Var	3,35	14,52	32,38	50,25	133

Modellerde kullanılan kaza verilerinin olay sürelerine göre ne sıklıkla meydana geldikleri Şekil 5. 2’de gösterilmiştir. Verilerde sağa çarpık bir dağılım gözlenmiştir. Yaklaşık %92’sini, 60 dakikanın altında olay süresine sahip kazalar oluşturmuştur. 120

dakikanın üzerinde de 12 adet kaza meydana gelmiştir. 60'dan fazla sayıda tekrar eden 14 dakikalık kazalar maksimum frekansa sahip kazalar olmuştur.



Şekil 5. 2 Modellerde kullanılan kazaların olay sürelerine göre gerçekleşme sayıları

5.3 Verilerin Kümelere Ayrılması

Çalışma kapsamında, tahmin modeli oluşturma aşamasına geçmeden önce kaza verileri K-ortalama yöntemi kullanılarak olay sürelerine göre kümelere ayrılmıştır. Bu yöntemde, önceden belirlenmesi gereken küme sayısı için 4 farklı değer verilmiş ve buna göre, küme sayısı 2, 3, 4 ve 5 seçilerek kümeleme analizi yapılmıştır. Çizelge 5. 22’te bu kümelere ait özellikler görülmektedir.

Kümeleme analizi sonucunda, 2 kümeli çözümde olayların %90’ından fazlasının tek sınıfta toplanması ve 3, 4 ve 5 kümeli çözümlerin son kümelerinde istatistiki bakımdan yeterli sayıda veri bulunmaması nedeniyle, tahmin modelinde bu kümelerin kullanılması model kalitesini olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle, tahmin modelinde kullanılabilmesi için 5 kümeli çözümde, 3, 4 ve 5 numaralı kümeler birleştirilerek tek küme haline getirilmiştir. Buna göre oluşan yeni kümeler

Çizelge 5. 23’ te gösterilmiştir. Kümeler olay sürelerinin uzunluklarına göre, kısa, orta ve uzun olarak isimlendirilmiştir.

Çizelge 5. 22 Olay sürelerinin kümelere dağılımı

Küme Sayısı	İstatistikler	Kümeler					Toplam
		1.	2.	3.	4.	5.	
2	Min. (dakika)	5	56	-	-	-	5
	Max. (dakika)	55	260	-	-	-	260
	Veri Sayısı	1037	114	-	-	-	1151
3	Min. (dakika)	5	43	151	-	-	5
	Max. (dakika)	42	128	260	-	-	260
	Veri Sayısı	948	194	9	-	-	1151
4	Min. (dakika)	5	33	72	176	-	5
	Max. (dakika)	32	70	157	260	-	260
	Veri Sayısı	797	297	51	6	-	1151
5	Min. (dakika)	5	32	68	151	245	5
	Max. (dakika)	31	67	128	204	260	260
	Veri Sayısı	777	311	54	6	3	1151

Çizelge 5. 23 Tahmin modelinde kullanılan küme bilgileri

Küme Sayısı	İstatistikler	Kümeler		
		1 (Kısa)	2 (Orta)	3 (Uzun)
3	Min. (dakika)	5	32	68
	Max. (dakika)	31	67	260
	Veri Sayısı	777	311	63

5.4 Karar Ağacı Tahmin Modellerinin Oluşturulması ve Değerlendirilmesi

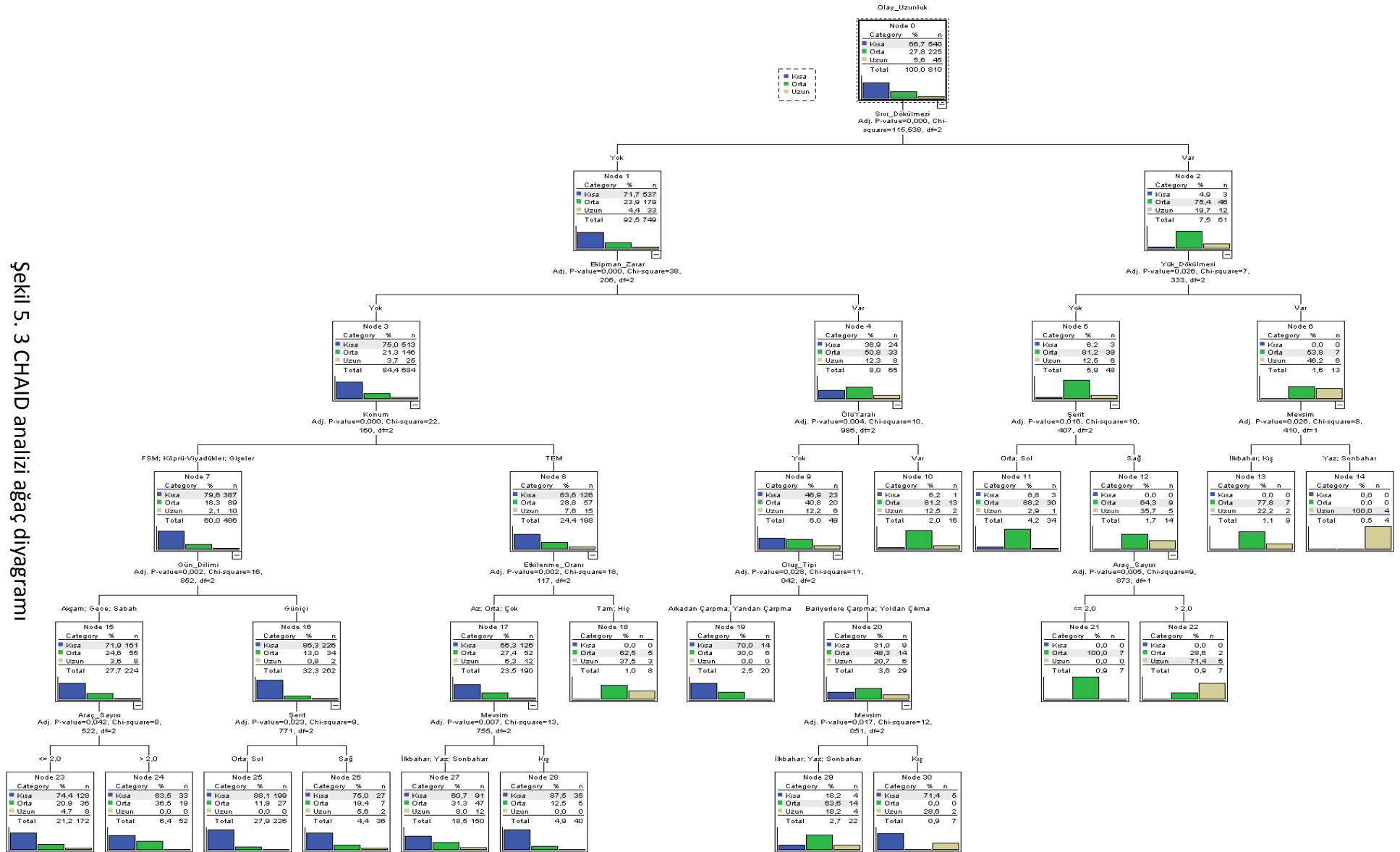
Kümeleme analizi sonucu oluşan küme grubu için, CHAID ve C&RT karar ağacı algoritmaları kullanılarak, SPSS programı yardımı ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. Tahmin modellerinde kullanılan veriler, eğitim ve test verisi olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Her mevsimden bir aylık veri olacak şekilde; aralık, mart, haziran ve eylül aylarında meydana gelen ve toplam verinin yaklaşık %30'unu oluşturan 341 adet kaza verisi test verisi olarak seçilmiştir. Geriye kalan 8 aya ait 810 adet kaza verisi ise eğitim verisi olarak belirlenmiştir. Seçilen eğitim verisi için tahmin modelleri oluşturulmuş ve bu modellerin doğruluğu test verisi kullanılarak sınanmıştır.

Kategorik türdeki olay uzunluk (kısa, orta ve uzun) bileşeni, bağımlı değişken yani hedef olarak; geriye kalan bileşenler ise bağımsız değişken yani girdi olarak seçilmiştir. Bu değişkenler aşağıda verilmiştir.

- Olay_Uzunluk (hedef)
- Oluş_Tipi
- AT_Sayısı
- Mevsim
- Şerit_Sayısı
- Yol_Durumu
- Hafta_Dilimi
- Şerit
- Yük_Dökülmesi
- Gün_Dilimi
- Etkilenme_Oranı
- Sıvı_Dökülmesi
- Konum
- Araç_Sayısı
- Ekipman_Zarar
- ÖlüYaralı

Oluşturulacak modellerin karmaşıklığının azaltılması ve kullanılabilirliklerinin kolay olması açısından maksimum ağaç derinliği 5 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, anakütle büyüklüğünün küçük olmasından dolayı mümkün olduğu kadar fazla sayıda değişkenin değerlendirilebilmesi için çocuk düğümlerdeki minimum veri sayısı 3, ana düğümlerdeki minimum veri sayısı ise 10 olarak seçilmiştir.

CHAID analizi sonucu oluşan ağaç diyagramı Şekil 5. 3'de gösterilmiştir. Bu analiz sonucunda oluşan ağacın derinliği 5 iken, 16 tanesi yaprak düğüm olmak üzere toplam 31 düğüm noktasına sahiptir.



CHAID analizi ağaç diyagramı incelendiğinde modelde en etkili değişkenin sıvı dökülmesi değişkeni olduğu görülmektedir. Buna göre, sıvı dökülmesinin olmadığı ve %71,7'sinin kısa süreli kazaların oluşturduğu 749 adet veri 1. düğüm noktasını oluşturmuştur. 2. düğüm noktasında ise sıvı dökülmesi meydana gelen ve %75'i orta süreli olan 61 kaza verisi bulunmaktadır. Yani, sıvı dökülmesinin olması olay uzunluğunu artırmıştır.

Karar ağacı, sıvı dökülmesi olup olmadığına göre 2 temel parçada incelenmiştir. Sıvı dökülmesi olmayan kazalardan oluşan ilk kısımda, ikinci olarak yol ekipmanlarına zarar değişkeni ele alınmıştır. Sıvı dökülmesi ve ekipman zararı olmayan, %75'i kısa süreli kazadan oluşan 684 kaza 3. düğümü oluşturmuştur. Sıvı dökülmesi olmayıp ve ekipman zararı olan, çoğunluğu orta süreli kazadan oluşan 65 kaza da 4. düğümde toplanmıştır. Bu da, yol ekipmanlarına zarar olması durumunda olay uzunluğunun arttığını göstermektedir.

3. düğümden sonra kazalar meydana geldikleri konuma göre iki sınıfa ayrılmıştır. FSM, köprü-viyadükler ve gişeler konumlarında meydana gelen kazalar 7. düğümü oluştururken, sadece TEM konumunda meydana gelen kazalar 8. düğümde toplanmıştır. 7. düğümde bulunan kısa olayların oranı, 8. düğümdekinden daha fazladır. Bunun nedeni de, bu konumlarda polis kontrol noktalarının bulunması veya denetimlerin fazla olmasının olay süresini azaltması olabilir.

7. düğüm noktasında bulunan kazalar gün dilimlerine göre; sabah, akşam ve gece meydana gelenler 15. düğümü, sadece gündüzünde meydana gelenler 16. düğümü oluşturacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Sadece gündüzünde meydana gelen kazalar, diğer gün dilimlerinde meydana gelenlere göre daha kısa sürmüştür. 15. düğümdeki kazalar kendi içinde kazaya karışan araç sayısına göre; 2 ve 2'den az olanlar 23. düğümü, 2'den fazla olanlar 24. düğümü oluşturacak şekilde iki sınıfa ayrılmıştır. Ağacın maksimum derinliği 5 olduğundan bölünme bu düğümlerde sona ermiş ve bu düğümler yaprak düğümlerini oluşturmuştur. Buna göre, içerdiği olayların çoğunluğu kısa olan 23. düğüm (%74,4'ü kısa) ile 24. düğüm (%63,5'ü kısa), kısa olaylar olarak sınıflandırılmıştır. Diğer taraftan 16. düğüm ise kendi içinde, olayların meydana geldikleri şeride göre iki sınıfa bölünmüştür. Orta ve sol şeritte meydana gelen kazalar 25. düğümü, sağ şeritte

meydana gelen kazalar da 26. düğümü oluşturmuştur. Bu iki yaprak düğüm noktası da kısa olaylar olarak sınıflandırılmışlardır.

8. düğüm noktasına bakıldığında, bu noktadaki olayların şeritlerin etkilenme oranına göre iki sınıfa ayrıldığı görülmektedir. Buna göre, etkileme oranı az, orta ve çok olan olaylar 17. düğümde, hiç ve tam olan olaylar da 18. düğümde toplanmıştır. 18. düğüm %62,5 orta olay oranına sahip bir yaprak düğümü oluşturmuştur. 17. düğüm ise mevsim değişkenine göre; ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsim verileri 27 nolu yaprak düğümü, kış mevsimi verileri de 28 nolu yaprak düğümü oluşturacak şekilde iki gruba ayrılmıştır. Bu iki yaprak düğüm noktası da kısa süreli olarak sınıflandırılmıştır.

Sıvı dökülmesi olmayıp yol ekipmanlarına zararın bulunduğu kazalar (4. düğüm) ölüm veya yaralanma olup olmamasına göre iki kısma ayrılmıştır. Ölüm veya yaralanma bulunan kazalar 10. düğümü oluştururken, bu düğüm orta süreli olay etiketine sahip bir yaprak düğüm olmuştur. Ölüm veya yaralanma bulunmayan kazalar ise, oluş tipine göre ikiye ayrılmıştır. Buna göre, arkadan ve yandan çarpma türündeki kazalar 19 nolu yaprak düğümde toplanmış ve kısa süreli olarak sınıflandırılmıştır. 20. düğümü oluşturan bariyerlere çarpma ve yoldan çıkma türündeki kazalar ise daha uzun süreli olaylar olurken, mevsim değişkenine göre iki yaprak düğüme bölünmüştür. Bu yaprak düğümlerden 29 nolu düğüm orta süreli, 30 nolu düğüm kısa süreli olarak etiketlenmiştir. Devrilme türünde kazaların olmamasının nedeni, veri setinde sıvı dökülmesi ve ölüm veya yaralanma bulunan, ancak ekipmana zarar olmayan devrilme türünde bir kazanın olmamasıdır.

Karar ağacının sıvı dökülmesi olan kazalardan oluşan ikinci kısmında ise, dallara ayırmada ikinci etkili değişken olarak yük dökülmesi değişkeni çıkmıştır. Sıvı dökülmesi olup yük dökülmesi olmayan, %81,2'i orta süreli kazadan oluşan 48 kaza 5. düğümü oluşturmuştur. Sıvı ve yük dökülmesi olan, yarısından fazlası orta süreli kazadan oluşan 13 kaza da 6. düğümde toplanmıştır.

5. düğümde bulunan kazalar, meydana geldikleri şeride göre iki gruba ayrılmıştır. Orta ve sol şeritte meydana gelen kazalar, %88,2'si orta süreli olaydan oluşan 11 nolu yaprak düğümde toplanmıştır. Sağ şeritte meydana gelen kazalar ise kazaya karışan araç sayısına göre iki yaprak düğüm noktasına bölünmüştür. Buna göre, 2 ve 2'den az

aracın karıştığı kazalar, %100'ü orta süreli olaylardan oluşan 21 nolu yaprak düğümünü oluşturmuştur. 2'den fazla aracın karıştığı kazalar ise uzun süreli olay etiketine sahip 22 nolu yaprak düğümde bir araya gelmiştir.

Sıvı ve yük dökülmesinin olduğu 6. düğüm noktasında bulunan kazalar, mevsim değişkenine göre iki yaprak düğüme ayrılmıştır. İlkbahar ve kış aylarında meydana gelen kazalar çoğunluğu orta süreli olaylardan oluşan 13 nolu düğümü, yaz ve sonbaharda meydana gelen kazalar da %100'ü uzun süreli olaylardan oluşan 14 nolu yaprak düğümü oluşturmuştur.

CHAID karar ağacında bulunan toplam 31 düğüm noktasından 16 tanesi yaprak düğümleri oluştururken, bu 16 yaprak düğümden; 8 tanesi kısa süreli, 6 tanesi orta süreli ve 2 tanesi de uzun süreli olay etiketine sahiptir. Kısa süreli olaylar çoğunlukla ağacın sol tarafındaki alt ağaçlarda toplanmışken, orta ve uzun süreli olaylar sağ taraftaki alt ağaçlarda bulunmaktadır.

CHAID analizi sonucu oluşan modelde, ağır taşıt sayısı, şerit sayısı, hafta dilimi ve yol durumu değişkenleri etkili değişkenler arasına girememiştir. Model, toplam 15 değişkenden 11 tanesini içermiştir. Bunlar; sıvı dökülmesi, yol ekipmanına zarar, konum, gün dilimi, araç sayısı, meydana geldiği şerit, etkilenme oranı, mevsim, ölü-yaralı, oluş tipi, yük dökülmesidir.

CHAID analizi sonucunda eğitim verisi kullanılarak elde edilen modelin tahmin doğruluğu %76,2 olmuştur. Yani %23,8 oranında yanlış tahmin riskine sahiptir. Test verilerinde ise bu oran %24,0' dır (Çizelge 5. 24).

Çizelge 5. 24 CHAID analizi risk matrisi

Veri Seti	Tahmin	Std. Hata
Eğitim	0,238	0,015
Test	0,240	0,023

Çizelge 5. 25'de kısa, orta ve uzun süreli olarak tahmin edilen olayların doğru tahmin edilme yüzdeleri görülmektedir. Buna göre, gözlenen 540 adet kısa olayın 532 tanesi (%98,5) kısa yani doğru olarak tahmin edilmiştir. Yine 225 adet gözlenen orta süreli

olayın %33,8'i doğru tahmin edilirken, uzun süreli olaylarda (45 adet) ise bu oran %20,0 olmuştur. Diğer taraftan, kısa olarak tahmin edilen 703 olayın gerçekte de kısa olma ihtimali %75,7 olmuştur. Orta olarak tahmin edilen 96 olayda bu oran %79,2 iken, uzun tahmin edilen 11 adet olayda %81,8 çıkmıştır.

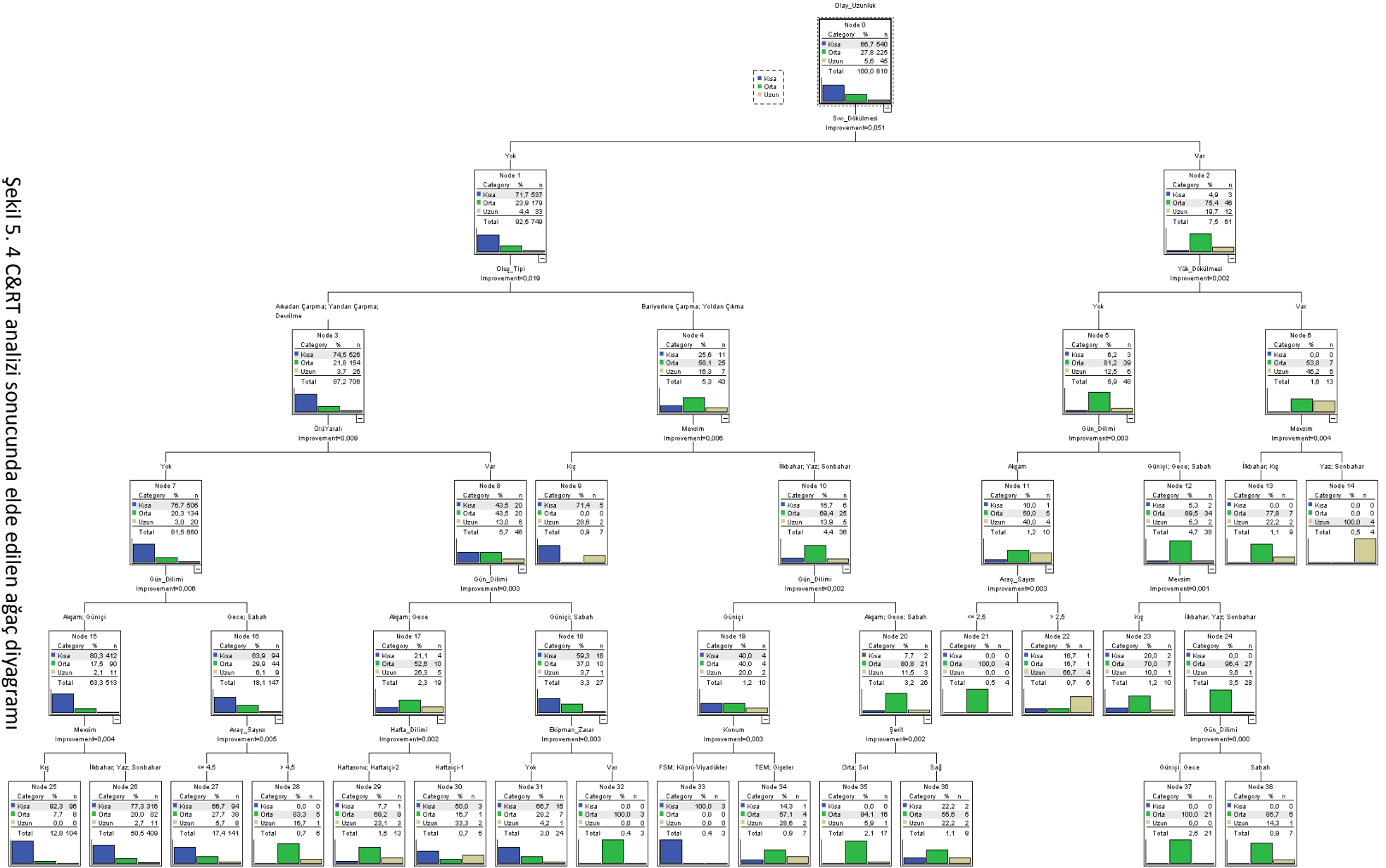
Test verileri ile modelin test edilmesi sonucunda doğru tahmin oranı %76 çıkmıştır. Modelin doğruluk değeri çok az miktar düşmüştür. Yani modelin genel doğruluğu açısından eğitim verisiyle test verisi sonuçları tutarlı çıkmıştır. Ancak sınıfların tahmin doğruluklarına ayrı ayrı bakıldığında, kısa ve uzun süreli olayların tahmininde bu düşüşün fazla olduğu, orta süreli olaylarda ise tam tersine bir artış yaşandığı görülmüştür.

Çizelge 5. 25 CHAID analizi sınıflandırma sonuçları

Veri Seti	Gözlenen	Tahmin			
		Kısa	Orta	Uzun	Doğruluk Yüzdesi
Eğitim	Kısa	532	8	0	98,5%
	Orta	147	76	2	33,8%
	Uzun	24	12	9	20,0%
	Veri Yüzdesi	86,8%	11,9%	1,4%	76,2%
Test	Kısa	224	13	0	94,5%
	Orta	50	34	2	39,5%
	Uzun	7	10	1	5,6%
	Veri Yüzdesi	82,4%	16,7%	,9%	76,0%

C&RT analizi sonucu oluşan ağaç diyagramı Şekil 5. 4'de gösterilmiştir. Ağaç, 20 tanesi yaprak düğüm olmak üzere toplam 39 düğüm noktasına sahiptir.

Şekil 5. 4 C&RT analizi sonucunda elde edilen ağaç diyagramı



C&RT analizi ağaç diyagramı incelendiğinde bu modelde de en etkili değişkenin sıvı dökülmesi değişkeni olduğu görülmektedir. CHAID analizinde olduğu gibi bu analizde de, sıvı dökülmesinin olmadığı ve %71,7'sinin kısa süreli kazaların oluşturduğu 749 adet veri 1. düğüm noktasını oluşturmuştur. Aynı şekilde, 2. düğüm noktasında da sıvı dökülmesi meydana gelen ve %75'i orta süreli olan 61 kaza verisi bulunmaktadır.

Karar ağacı, sıvı dökülmesi olup olmadığına göre 2 temel alt ağaca ayrılmıştır. Sıvı dökülmesi olmayan kazalardan oluşan ilk kısımda, ikinci etkili değişken kazanın oluş tipi olarak bulunmuştur. Arkadan çarpma, yandan çarpma ve devrilme tipindeki kazalar, %74,5'i kısa süreli 706 kazadan oluşan 3. düğümü oluşturmuştur. Bariyerlere çarpma ve yoldan çıkma tipindeki kazalar ise, çoğunluğu orta süreli 43 kazadan oluşan 4. düğümde toplanmıştır. Bu da, bu türdeki kazaların daha uzun sürdüğünü göstermektedir.

3. düğümünden sonra, kazalarda ölüm veya yaralanma olup olmamasına göre veriler iki sınıfa ayrılmıştır. Ölüm veya yaralanma olmayan kazalar 7. düğümü oluştururken, olan kazalar 8. düğümde toplanmıştır. Ölüm veya yaralanma bulunması olay sürelerinin daha uzun olmasına neden olmuştur.

7. düğüm noktasında bulunan kazalar gün dilimlerine göre; gündüzi ve akşam meydana gelenler 15. düğümü, sabah ve gece meydana gelenler 16. düğümü oluşturacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Gündüzi ve akşam meydana gelen kazalar, diğer gün dilimlerinde meydana gelenlere göre daha kısa sürmüştür. 15. düğümdeki kazalar kendi içinde mevsim değişkenine göre; kışın meydana gelenler 25. düğümü, ilkbahar, yaz ve sonbaharda meydana gelenler 26. düğümü oluşturacak şekilde iki sınıfa ayrılmıştır. Ağaç maksimum derinliğe ulaştığından bölünme bu düğümlerde sona ermiş ve bu düğümler yaprak düğümlerini oluşturmuştur. Buna göre, içerdiği olayların çoğunluğu kısa olan 25. düğüm (%92,3'ü kısa) ile 26. düğüm (%77,3'ü kısa), kısa olaylar olarak sınıflandırılmıştır. Diğer taraftan 16. düğüm ise kendi içinde, kazaya karışan araç sayısına göre iki sınıfa bölünmüştür. 4 ve 4'ten az sayıda araç karıştığı kazalar 27. düğümü, 4'ten fazla sayıda kazanın karıştığı kazalar da 28. düğümü oluşturmuştur. 27 nolu yaprak düğüm kısa süreli, 28 nolu yaprak düğüm ise orta süreli olarak sınıflandırılmıştır.

8. düğüm noktasında ölüm veya yaralanma olan kazalar meydana geldikleri gün dilimine göre iki sınıfa ayrılmıştır. Buna göre, akşam ve gece meydana gelenler 17. düğümde, sabah ve günüçinde meydana gelenler de 18. düğümde toplanmıştır. 17. düğüm haftanın dilimine göre; haftaıçi-2 ve haftasonu dilimindeki olaylardan oluşan 29 nolu ve sadece haftaıçi-1 dilimindeki olaylardan oluşan 30 nolu yaprak düğümlere bölünmüştür. 29. düğüm orta süreli iken, 30. düğüm kısa süreli olarak sınıflandırılmıştır. 18. düğüm ise yol ekipmanına zarar olup olmamasına göre; zarar yoksa kısa süreli olay etiketine sahip 31 nolu yaprak düğümü, zarar varsa orta süreli olay etiketine 32 nolu yaprak düğümü oluşturacak şekilde ikiye ayrılmıştır.

Sıvı dökülmesi olmayıp bariyerlere çarpma ve yoldan çıkma türündeki kazalardan oluşan 4. düğüm, mevsim değişkenine göre iki kısma ayrılmıştır. Sadece kış mevsiminde meydana gelen kazalar kısa süreli olay etiketine sahip 9 nolu yaprak düğümü oluşturmuştur. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde meydana gelen kazalar ise, meydana geldikleri gün dilimine göre ikiye ayrılmıştır. Buna göre, günüçi dilimindeki kazalar 19. düğümü; sabah, akşam ve gece dilimindeki kazalar ise 20. düğümü oluşturmuştur. 19. düğümdeki kazalar meydana geldikleri konuma göre; FSM ve köprü-viyadüklerde meydana gelenler kısa süreli olay etiketine sahip 33 nolu yaprak düğümü, TEM ve gişelerde meydana gelenler orta süreli olay etiketine sahip 34 nolu yaprak düğümü oluşturacak şekilde bölünmüştür. 20. düğümdeki kazalardan, orta ve sol şeritte meydana gelen kazalar 35 nolu yaprak düğümde, sağ şeritte meydana gelenler ise 36 nolu yaprak düğümde toplanmıştır. Bu iki yaprak düğüm de orta süreli olarak sınıflandırılmıştır.

C&RT karar ağacının, sıvı dökülmesi olan kazalardan oluşan ikinci alt ağacında ise, dallara ayırmada ikinci etkili değişken olarak CHAID analizinde olduğu gibi yük dökülmesi değişkeni çıkmıştır. Aynı şekilde, sıvı dökülmesi olup yük dökülmesi olmayan, %81,2'i orta süreli kazadan oluşan 48 kaza 5. düğümü oluştururken, sıvı ve yük dökülmesi olan, yarısından fazlası orta süreli kazadan oluşan 13 kaza da 6. düğümde toplanmıştır.

5. düğümde bulunan kazalar, kazanın meydana geldiği gün dilimine göre iki gruba ayrılmıştır. Sadece akşam meydana gelen kazalar, %50'si orta süreli olaydan oluşan 11

nolu düğümde; sabah, günüçi ve gece meydana gelen kazalar ise 12 nolu düğümde toplanmıştır. 11. düğüm kendi içinde kazaya karışan araç sayısına göre iki yaprak düğüm noktasına bölünmüştür. Buna göre, 2 ve 2'den az aracın karıştığı kazalar, %100'ü orta süreli olaylardan oluşan 21 nolu yaprak düğümünü oluşturmuştur. 2'den fazla aracın karıştığı kazalar ise uzun süreli olay etiketine sahip 22 nolu yaprak düğümde bir araya gelmiştir. 12. düğümde bulunan kazalara bakıldığında, mevsim değişkenine göre, sadece kış mevsiminde meydana gelen kazalardan oluşan orta süreli olay etiketine sahip 23 nolu yaprak düğüm ile ilkbahar, yaz ve sonbaharda meydana gelen kazalardan oluşan 24 nolu düğüme bölündüğü görülmektedir. 24. nolu düğüm de, sadece sabah meydana gelen kazalar ile günüçi ve gece meydana gelen kazalar olarak orta süreli iki yaprak düğüme ayrılmıştır.

Yine CHAID analizinde olduğu gibi, sıvı ve yük dökülmesinin olduğu 6. düğüm noktasında bulunan kazalar, mevsim değişkenine göre iki yaprak düğüme ayrılmıştır. İlkbahar ve kış aylarında meydana gelen kazalar çoğunluğu orta süreli olaylardan oluşan 13 nolu düğümü, yaz ve sonbaharda meydana gelen kazalar da %100'ü uzun süreli olaylardan oluşan 14 nolu yaprak düğümü oluşturmuştur.

C&RT karar ağacında toplam 39 adet düğüm noktası oluşmuştur. Bunlardan 20 tanesi yaprak düğümleri oluştururken, 7 tanesi kısa süreli, 11 tanesi orta süreli ve 2 tanesi de uzun süreli olay etiketine sahiptir. Orta süreli düğüm noktası sayısı, CHAID analizine göre çok daha fazla olmuştur. Kısa süreli düğüm noktası sayısı azalmışken, uzun süreli aynı kalmıştır. Benzer şekilde, kısa süreli olaylar çoğunlukla ağacın sol tarafında, orta ve uzun süreli olaylar sağ tarafta toplanmıştır.

CHAID analizinden farklı olarak, C&RT analizinde şeritlerin etkilenme oranı değişkeni modelde kullanılan girdiler arasına girememiş iken haftanın dilimi değişkeni girmiştir. Geriye kalan değişkenler ise değişmemiştir. Ancak, değişkenlerin kullanım yeri ve sayıları farklıdır.

C&RT analizi sonucunda eğitim verisi kullanılarak oluşturulan modelin tahmin doğruluğu %77,5 ile CHAID analizi sonucundan daha iyi çıkmıştır. Modelin yanlış tahmin yapma riski eğitim verisi için %22,5 iken, test verisi için %23,2 olmuştur (Çizelge 5. 26).

Çizelge 5. 26 C&RT analizi sonucunda oluşan risk matrisi

Veri Seti	Tahmin	Std. Hata
Eğitim	,225	,015
Test	,232	,023

Çizelge 5. 27 C&RT analizi sonucunda elde edilen sınıflandırma tahmin yüzdeleri

Veri Seti	Gözlenen	Tahmin			
		Kısa	Orta	Uzun	Doğruluk Yüzdesi
Eğitim	Kısa	533	6	1	98,7%
	Orta	137	87	1	38,7%
	Uzun	24	13	8	17,8%
	Veri Yüzdesi	85,7%	13,1%	1,2%	77,5%
Test	Kısa	226	11	0	95,4%
	Orta	48	34	4	39,5%
	Uzun	7	9	2	11,1%
	Veri Yüzdesi	82,4%	15,8%	1,8%	76,8%

Çizelge 5. 27’da C&RT analizi sonucunda, kısa, orta ve uzun süreli olarak tahmin edilen olayların doğru tahmin edilme yüzdeleri görülmektedir. Buna göre, gözlenen 540 adet kısa olayın 533 tanesi (%98,7) yine kısa olarak tahmin edilmiştir. Gözlenen 225 adet orta süreli olayın %38,7’si doğru tahmin edilirken, 45 adet uzun süreli olayda ise bu oran %17,8 olmuştur. Diğer taraftan bakıldığında, kısa olarak tahmin edilen 694 olayın gerçekte de kısa olma ihtimalinin %76.8 olduğu görülmüştür. Yine orta olarak tahmin edilen 106 olayın 87 tanesi (%82,1) orta olurken, uzun tahmin edilen 10 adet olayın ise %80’i uzun olarak bulunmuştur.

Test verileri ile modelin test edilmesi sonucunda doğru tahmin oranı %76,8 çıkmıştır. Bu model için de, modelin ortalama doğruluk değeri bir miktar düşmüştür. Sınıfların tahmin doğruluklarına ayrı ayrı bakıldığında ise kısa ve uzun süreli olayların tahmininde bir düşüşün yaşandığı, orta süreli olaylarda ise bu değerin hemen hemen aynı kaldığı görülmüştür. Modelin genel doğruluğu açısından eğitim verisiyle test verisi sonuçları uyumlu çıkarken, kısa ve uzun süreli verilerde farklı olmuştur.

CHAID ve C&RT analizi sonucunda elde edilen sonuçlar birbirine yakın çıkarken, genel tahmin doğruluğunda C&RT analizinin biraz daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Kısa süreli olaylarda da tahmin doğruluğu hemen hemen aynı çıkmıştır. C&RT analizi, orta süreli olaylarda daha iyi, uzun süreli olaylarda ise daha kötü sonuç vermiştir. Ancak her iki analizin de, Chang ve Chang'ın (2013) yapmış olduğu benzer çalışmadan daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Çizelge 5. 28).

Çizelge 5. 28 Analiz sonuçları karşılaştırması

Veri Seti	Sınıf	Doğruluk Yüzdesi		
		CHAID	C&RT	Chang ve Chang (2013)
Eğitim	Kısa	98,5%	98,7%	%96.5
	Orta	33,8%	38,7%	%18.7
	Uzun	20,0%	17,8%	%31.5
	Toplam	76,2%	77,5%	%75.1
Test	Kısa	94,5%	95,4%	%96.7
	Orta	39,5%	39,5%	%17.2
	Uzun	5,6%	11,1%	%11.4
	Toplam	76,0%	76,8%	%73.6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında, İstanbul TEM Otoyolu üzerinde meydana gelen trafik kazası verileri elde edilmiştir. Bu kaza verileri, K-ortalama kümeleme yardımıyla sürelerine göre üç gruba ayrılmıştır. Kaza verileri ve grup özelliklerinden faydalanarak, CHAID ve C&RT Karar Ağacı metodları ile olay süresi tahmin modelleri oluşturulmuş ve test edilmiştir. Analizler neticesinde kurulan her iki model için tahmin doğruluğu %76'nın üzerinde bulunmuştur. Ancak olay süresi uzadıkça tahmin doğruluğu azalmıştır. Kısa süreli olaylarda bu oran %95'in üzerinde iken, orta süreli olaylarda yaklaşık %40, uzun süreli olaylarda ise %15 seviyelerindedir. Olay verilerinin oransal olarak dengesiz dağılıma sahip olması (yani kısa süreli olay sayısının fazla, uzun süreli olay sayısının ise az olması) muhtemelen tahmin doğruluğunu etkilemiştir. Diğer taraftan, orta veya uzun süreli olarak tahmin edilen olayların, gerçekte de orta veya uzun süreli olma olasılığı %80'ler civarındadır.

Maksimum ağaç derinliğinin ve yapraklardaki minimum veri sayısının kısıtlı olması, ağacın karmaşıklığının az olmasını sağlamıştır. Bu da, olay özelliklerinin tamamının modellerde etkili değişkenler arasında yer almamasına neden olmuştur. Ağacın derinliğinin ve yapraklardaki minimum veri sayısının artırılması; ağacın karmaşıklığını ve eğitim verisinde doğru tahmin oranını artırırken, modelin test sonuçlarında doğru tahmin oranının düşmesine neden olmaktadır. Elde edilen modeller ile Chang ve Chang'ın (2013) yapmış olduğu çalışmada elde ettiği model karşılaştırıldığında, çalışmamızda elde edilen modellerde hem ağaç karmaşıklığı daha az olmuş hem de doğru tahmin yüzdesi daha yüksek çıkmıştır.

Karar ağacı analizi ile olay süresi direkt olarak tahmin edilememekte, sürelerine göre sınıflandırılan olaylar için sınıf tahmini yapılabilmektedir. Diğer taraftan, olay süresinin direkt olarak tahmin edilebildiği istatistiksel metodlarda ise tahminlerde 10, 20 dakikalık veya daha fazla sapmalar meydana gelmektedir. Bu sapmalara rağmen, orta ve özellikle uzun süreli olaylar için diğer çalışmalarda kullanılan istatistiksel metodların karar ağacı metoduna göre daha iyi sonuç verdikleri söylenebilir.

Çalışmada elde edilen modellerin geliştirilmesine yönelik olarak, olay süresine etkisi olmayan değişkenlerin yerine farklı değişkenler eklenerek tahmin doğrulukları artırılabilir. Modellerde orta ve uzun süreli olayların sürelerini etkileyen yeni değişkenlerin kullanılması veya mevcut değişkenlerin detaylandırılması faydalı olacaktır. Örneğin; ölümlü-yaralanmalı kazaların ölümlü veya yaralanmalı olarak iki ayrı türde incelenmesi, yaralanma ve ölüm sayılarının eklenmesi, kaza tiplerinin detaylandırılması (ağır taşıtın devrilmesi veya yoldan çıkması gibi), kazanın meydana geldiği konuma en yakın müdahale ekiplerinin belirlenmesi, hava durumu değişkeninin detaylandırılması (karlı, yağmurlu, güneşli, sisli gibi) ve yük dökülmesi, sıvı dökülmesi, yol ekipmanlarına zarar gibi değişkenlerin şiddet derecelerine göre ayrılması, modelin tahmin doğruluğunu artıracak değişikliklerdir. Bununla birlikte, karar ağacı metodu ile olay sürelerini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerin farklı metodlara girdi olarak kullanılması ile kurulacak ikili modellerle de tahmin doğrulukları artırılabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma, İstanbul için olay süresi tahminine yönelik yapılan ilk çalışma olmasına rağmen, sunulan modelin kullanılabilir olduğu söylenebilir. Ancak, ülkemizde etkili bir olay yönetiminin sağlanabilmesi için olay süresi tahminine yönelik çalışmaların geliştirilmesi gereklidir. Yapılacak çalışmalarla, olaylardan etkilenecek kesimlerin önceden belirlenmesi ile olayların olumsuz etkilerini azaltacak yeni olay yönetimi stratejileri geliştirilebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Chang, H. L. ve Chang, T. P., (2013). "Prediction of Freeway Incident Duration based on Classification Tree Analysis", 10th EASTS Conference, 9-12 September 2013, Taipei.
- [2] Nam, D. ve Mannering, F., (2000). "An Exploratory Hazard-Based Analysis of Highway Incident Duration", Transportation Research Part A, 34:85-102.
- [3] Chung, Y., (2010). "Development of An Accident Duration Prediction Model On The Korean Freeway Systems", Accident Analysis and Prevention, 42:282-289.
- [4] Wei, C. H. ve Lee, Y., (2007). "Sequential Forecast of Incident Duration Using Artificial Neural Network Models", Accident Analysis and Prevention, 39:944-954.
- [5] Shin, C. H., (2003). "Development of Freeway Incident Duration Prediction Models", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5:1734-1744.
- [6] Lopes, J., Bento, J., Pereira, F. C. ve M. B., Akiva, (2012). "Dynamic Forecast of Incident Clearance Time Using Adaptive Artificial Neural Network Models", TRB 2013 Annual Meeting, 13-17 January 2013, Washington.
- [7] Wang, X., Chen, S. ve Zheng, W., (2013). "Analysis of Regression Method On Traffic Incident Duration", ASCE 2013 International Conference on Transportation Information and Safety, 29 June-2 July 2013, Wuhan.
- [8] Garib, A., Radwan, A. E. ve Al-Deek, H., (1997). "Estimating Magnitude and Duration of Incident Delays", Journal Of Transportation Engineering, 123:459-466.
- [9] Sullivan, E. C., (1997). "New Model for Predicting Freeway Incidents and Incident Delays", Journal Of Transportation Engineering, 123:267-275.

- [10] Hojati, A. T., Ferreira, L., Washington, S., Charles, P. ve Shobeirinejad, A., (2014). "Modelling Total Duration of Traffic Incidents Including Incident Detection and Recovery Time", *Accident Analysis and Prevention*, 71:296-305.
- [11] Chimba, D., Kutela, B., Ogletree, G., Horne, F. ve Tugwell, M., (2014). "Impact of Abandoned and Disabled Vehicles on Freeway Incident Duration", *Journal of Transportation Engineering*, 140(3): 04013013(8).
- [12] Xuanqiang, W., Shuyan, C., Jian, G. U. ve Wenchang, Z., (2013). "Traffic Incident Duration Analysis Based on Cyclic Subspace Regression", *ASCE 2013 Fourth International Conference on Transportation Engineering*, 19-20 October 2013, Chengdu.
- [13] Wu, W., Chen, S. ve Zheng, C., (2011). "Traffic Incident Duration Prediction Based on Support Vector Regression", *ASCE 2011 Eleventh International Conference of Chinese Transportation Professionals*, 14-17 August 2011, Nanjing.
- [14] Wang, X., Chen, S. ve Zheng, W., (2013). "Traffic Incident Duration Prediction Based on Partial Least Squares Regression", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96:425-432.
- [15] Khattak, A. J., Schofer, J. L. ve Wang, M. H., (1995). "A Simple Time Sequential Procedure for Predicting Freeway Incident Duration", *IVHS Journal*, 2(2):113-138.
- [16] Wang, W., Chen, H. ve Bell, M., (2002). "A Study of the Characteristics of Traffic Incident Duration on Motorways", *Traffic and Transportation Studies*, 1101-1108.
- [17] Ozbay, K. ve Noyan, N., (2006). "Estimation of Incident Clearance Times Using Bayesian Networks Approach", *Accident Analysis and Prevention*, 38:542-555.
- [18] Park, H., Author, C. ve Haghani, A., (2013). "ATIS : Interpretation of Bayesian Neural Network for Predicting The Duration of Detected Incidents", *TRB 2013 Annual Meeting*, 13-17 January 2013, Washington.
- [19] Yang, B. J., Zhang, X. ve Sun, L., (2008). "Traffic Incident Duration Prediction Based on the Bayesian Decision Tree Method", *First International Symposium on Transportation and Development Innovative Best Practices*, 24-26 April 2008, Beijing.
- [20] Zhang, H., Zhang, Y. ve Khattak, A. J., (2012). "Analysis of Large-Scale Incidents on Urban Freeways", *TRB 2012 Annual Meeting*, 22-26 January 2012, Washington.

- [21] Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) Mimarisi, Ulusal AUS Sistem Mimarisi, ausmimari.org, 10 Ağustos 2015.
- [22] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, (2014). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve Eki Eylem Planı, Ankara.
- [23] PIARC Technical Committee 16 Network Operations, (2006). ITS Manual, Second Edition.
- [24] Turkcell Blog, Hayat Kurtaran Teknoloji E-Call'un Altyapısı Turkcell'den, <http://blog.turkcell.com.tr/hayat-kurtaran-teknoloji-e-callun-altyapisi-turkcellden>, 25 Ağustos 2015.
- [25] Federal Highway Administration Office of Travel Management, (2000). Traffic Incident Management Handbook, Washington.
- [26] Türk Dil Kurumu, Güncel Türkçe Sözlük, <http://www.tdk.gov.tr>, 5 Temmuz 2015.
- [27] Transportation Research Board of the National Academies, (2010). Highway Capacity Manual, Fifth Edition, Washington.
- [28] Balke, K. N., Fenno, D. W. ve Ullman, B., (2002). "Incident Management Performance Measures", Texas Transportation Institute, Texas.
- [29] Federal Highway Administration Office of Travel Management, (2000). Traffic Incident Management Handbook Update, Washington.
- [30] Federal Highway Administration Office of Travel Management, (2006). Freeway Management and Operations Handbook Final Report, Washington.
- [31] Şimşek Gürsoy, U. T., (2009). Veri Madenciliği ve Bilgi Keşfi, Birinci Baskı, Pegem Akademi, Ankara.
- [32] Yılmaz, E., (2012). İstatiksel Analiz Yöntemi Olarak Veri Madenciliğinde CHAID Algoritması ve Türkiye'de İşgücü Piyasasının Durumunun ve Bunun Nedenlerinin Belirlenmesine İlişkin Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [33] Argüden, Y. ve Erşahin, B., (2008). Veri Madenciliği: Veriden Bilgiye, Masraftan Değere, ARGE Danışmanlık Yayınları, İstanbul.
- [34] Özen, H., Saraçoğlu, A. ve Boz, F. K., (2014). "Ağır Taşıt Kısıtlamasının Trafik Kazaları Üzerine Etkisinin İncelenmesi: İstanbul Örneği", Karayolu 3. Ulusal Kongresi, 25-27 Kasım 2014, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Abdulsamet SARAÇOĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.07.1990 / Kahta
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : samet.saracoglu@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Ulaştırma Programı	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Sayısal	Antalya Metin Nuran Çakallıklı A.L.	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014- Halen	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2013- 2014	Adıyaman Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Yardım, M. S., Saraçoğlu, A. ve Boz, F. K., (2014). "YTÜ Davutpaşa Metro Kavşağında Trafik Kurallarına Riayet Etütleriyle Yaya Hareketlerinin İncelenmesi", 5. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyum ve Sergisi, 21-23 Mayıs 2014, Ankara.
2. Özen, H., Saraçoğlu, A. ve Boz, F. K., (2014). "Ağır Taşıt Kısıtlamasının Trafik Kazaları Üzerine Etkisinin İncelenmesi : İstanbul Örneği", Karayolu 3. Ulusal Kongresi, 25-27 Kasım 2014, Ankara.