



**DEÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**Cilt: 12 Sayı: 1 sh. 33-45 Ocak 2010**



**KAZA-OLAY TESPİT ALGORİTMALARINA GENEL BAKIŞ**

**(OVERVIEW OF INCIDENT DETECTION ALGORITHMS)**

**İlgin YAŞAR\***

**ÖZET/ABSTRACT**

Kentsel trafik sıkışıklığı, ulaşımı olumsuz etkileyen ve giderek ciddileşen ulusal bir sorundur. Türkiye’de yolcuların maruz kaldığı gecikme, hem aşırı yoğun trafik gibi tekrarlayan hem de kaza, hava şartları, özel durumlar, yol yapım ve onarım çalışmaları gibi tekrarlanmayan olaylardan kaynaklanmaktadır. A.B.D.’de, yolcuların harcadığı toplam bekleme süresine yaklaşık yarısı tekrarlanmayan sıkışıklıklar neden olmaktadır (Bertini, 2004; Lindley, 1986; Bertini, 2001). Dolayısıyla, birçok kentsel bölgede sıkışıklık yönetim stratejileri, özellikle de tekrarlanmayan sıkışıklıklarla alakalı olanlar aktif olarak kullanılmaktadır. Sıkışıklık yönetimi için en geçerli yöntemlerden biri kaza-olay yönetimidir. Kaza-olay tespiti, kaza-olay yönetiminin güvenilirliğini ve etkinliğini belirlediği için önemi büyüktür. Bu çalışma, şehir yollarında güvenliği iyileştirmek ve mobilitayı arttırmak için kaza-olaylara hızlı bir şekilde karşılık verilmesini amaçlayan mevcut kaza-olay tespit algoritmaları hakkında bilgi sağlayacaktır.

*Urban congestion is a growing national problem that affects our mobility. Delay experienced by travelers in Turkey is due to both recurring congestion caused by high traffic volume and non-recurring congestion results from incidents such as crashes, vehicle breakdowns, weather, special events, construction and maintenance activities. In the United States, approximately one-half of the delay is caused by nonrecurring congestion (Bertini, 2004; Lindley, 1986; Bertini, 2001). Therefore many urban areas are actively pursuing congestion management strategies, especially those associated with non-recurrent congestion. Incident detection is a crucial as it determines the reliability and efficiency of the whole incident management system. This study focuses on available incident detection algorithms that are designed to improve mobility and enhance safety by rapidly responding to incidents.*

**ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS**

Kaza-olay tespit algoritmaları, tekrarlanmayan trafik sıkışıklıkları, kaza-olay yönetimi.  
*Incident detection algorithms, non-recurring congestion, incident management.*

---

\* Boğaziçi Üniversitesi, Bebek İstanbul-Türkiye

## 1. GİRİŞ

Metropolitan bölgelerde artan nüfusla beraber ulaşım ihtiyacı da kademeli bir artış göstermektedir. Türkiye’de 2000 yılında 8 milyon 151 bin 202 olan motorlu kara taşıt araç sayısı %59.8 oranında artarak 2007 Aralık ayı sonu itibariyle 13 milyon 22 bin 945’e ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu Model Yıllarına Göre Motorlu Kara Taşıtlar Sayısı Raporu). 2009 yılının ilk 6 ayında trafiğe çıkan yeni araç sayısı 87 bin 278 adet olup bu araçların dağılım oranlarındaki ilk üç sırada İstanbul, Ankara ve İzmir yer almaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri Haziran 2009 Raporu). Oluşan trafik tıkanıklıkları, İstanbulda köprü ve köprüye bağlı ana yollarda yılda yaklaşık 300 milyon dolar gereksiz benzin tüketimine sebep olmaktadır (Vecdi Diker Çalışma Grubu).

Tüm bunların ışığında, sıkışıklıkların sebeplerinin daha iyi anlaşılması ve yeni yolların inşa edilmesi yerine sıkışıklığın azaltılmasını hedefleyen titiz çalışmaların sürdürülmesi kaçınılmaz olmuştur. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) de bu çalışmaların bir ürünüdür. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin amacı, karayolu projelerinde yol güvenliğini arttırmak, kara ulaştırmasının kapasitesini arttırmak, karayolu ulaştırmasında kişisel hareket kabiliyetini, uyum ve konforu arttırmak, kara ulaştırmasının çevre ve enerji kaynakları üzerindeki negatif etkilerini azaltmak, bireylerin ve kurumların mevcut ve gelecekteki verimliliğini arttırmak, bu sistemin geliştireceği ve yaygınlaştıracığı bir ortam geliştirmektir.

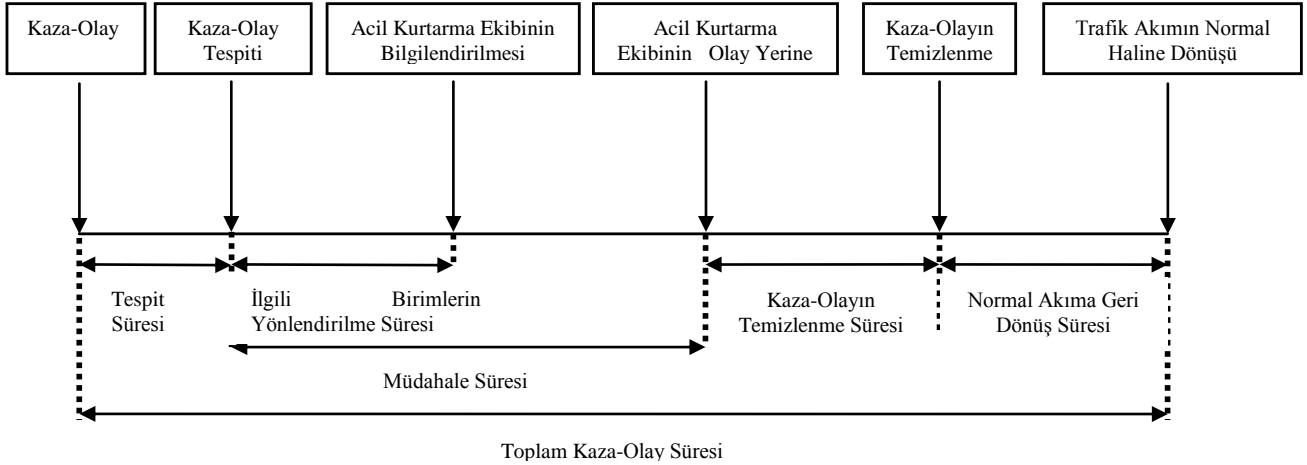
Ülkemizdeki trafik kazaları ve sıkışıklıklar yüzünden meydana gelen maddi ve manevi kayıplar dikkate alınacak olursa, AUS’ye belki de en çok ve acil ihtiyaç duyulan bir ülkede yaşamaktayız. Buna rağmen ülkemizde konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalar yetersizdir. Diğer ülkelerde neredeyse 1960’larda başlanan çalışmalara karşılık, ülkemizde somut olarak ancak 1992 yılında bazı otoyollarda otomatik ücret ödeme sistemi uygulamalarıyla bir adım atılmıştır. Günümüzde gelişmekte olan ülkeler için, ilgili tüm kullanıcı hizmetlerini bir arada sunan ve her yönden tatmin edici bir AUS yapısını kurmak, pahalı ve çok emek isteyen bir süreci beraberinde getirmektedir (Yokoto vd.). Diğer taraftan, ülkemiz ulaştırma sisteminde uzun yıllardan beri var olan veri probleminin arzu edilen düzeyde bir türlü çözüme kavuşturulamadığı gerçektir (Yardım vd., 2003). AUS’nin kullanımı ister istemez sağlıklı, güvenilir ve sürekli bir ulaştırma veri tabanı ihtiyacını da ön plana çıkaracaktır. Dolayısıyla bu sistemlerin yaygın bir şekilde kullanımının gündeme gelmesi; ulaştırma verisi konusundaki çalışmalar için de itici bir kuvvet oluşturacağı beklentisini arttırmaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü’ndeki eğilim teknolojinin ve AUS’nin daha yoğun uygulanmasıdır ve bunun bir göstergesi olarak stratejik planların arasında 5 yıl içerisinde AUS’nin uygulanmasını yaygınlaştırılmasını amaçlamıştır (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Stratejik Plan 2006-2010).

Trafik sıkışıklıkları, tekrarlayan ve tekrarlamayan olmak üzere sınıflandırılabilirler. Tekrarlayan sıkışıklıklar, yoğun trafiğin olduğu saatlerde yetersiz kapasite sebebiyle ortaya çıkan zaman kayıplarını içerir. Buna karşın tekrarlamayan sıkışıklıklar, genel olarak, araçların kullanılmaz hale gelmeleri ve kazalar gibi trafik kaza-olaylarından ortaya çıkmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri’nde bunun gibi trafik kaza-olayları, trafikte sıkışıklıktan ötürü kaybedilen zamanın %60’ına sebep olmaktadır. Dolayısıyla, sıkışıklıkların sorumluluğu yalnızca yetersiz altyapı kapasitesine yüklenmemelidir. Bunun yanında trafik kaza-olaylarında kaybedilen zaman, mevcut kaynakların iyi yönetildiği bir kaza-olay idaresi altında kullanılabilir en aza indirilebilir. Kısacası sıkışıklığın yönetilmesinde kullanılan mevcut araçlardan birisi, bir Akıllı Ulaşım Sistemi teknolojisi olan kaza-olay yönetimidir.

Kaza-olay yönetim sistemleri: kaza-olayı tespit edip, yardım araçlarının olay yerine varışını organize eder ve trafiğin normale dönmesi süresini azaltarak kaza-olayın trafiğe

etkisini azaltır. Trafik kazalarını, hasarlı araçları, enkazları, otoyol ve belli başlı anayollardaki diğer tekrarlanmayan akış engellerini hızlı bir şekilde belirleyip, kaldırmak için organizasyon ve faaliyetlerin yapılmasını sağlar. Bu sistem ile yollar hızlı bir şekilde temizlenip normal akış seviyesine getirilir (Şekil 1). Böylece, bir yandan ilgili kuruluşların ihtiyaç ve sorumlulukları karşılanırken bir yandan da seyahat edenlerin moral bozuklukları ve gecikmeleri asgariye indirilir. Kaza-olay yönetimi sistemi, diğer bir AUS teknolojisi olan otoyol yönetimi sisteminin teknik altyapısındaki tüm bileşenlerden yararlanır.



Şekil 1. Kaza-olay sürecinin zaman çizelgesi (Zografos vd., 1993)

Kaza-olay tespit/doğrulama zamanı, kaza-olayın oluş zamanı ile tepkiyi veren kurum ya da kişiler tarafından kaza-olayın doğrulanması arasında ölçülen zamandır. California Berkeley Üniversitesi tarafından, California'da mevcut bir kaza-olay yönetim programının etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir araştırmada, elde edilen verilerin incelenmesiyle ortalama kaza-olay tespit ve doğrulama süresinin, araştırma boyunca incelenen tüm kazalar için yaklaşık 14.1 dakika olduğu sonucuna varılmıştır (Skabordanis vd., 1998). Washington eyaletinde ise tespit ve doğrulama süresi 1994-1995 yılları arasında 21.2 dakika olarak ölçülmüştür (Nam vd., 2000). Stamatiadis ve çalışma arkadaşları tarafından yapılan bir başka araştırmada (Stamatiadis vd., 1998) ise araştırmacılar, Massachusetts Motorist Assistance Program (MAP) adlı varolan bir kaza-olay yönetim programını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre MAP'nin aktif olduğu durumlarda kaza-olay tespit ve tepki süresi ortalama 10 dakika olarak ölçülürken, MAP'nin devre dışı olduğu durumlarda bu süre 25 dakika olarak tespit edilmiştir.

Bu gibi çalışmalar kaza-olayın zamanında tespiti ve doğrulanmasının kaza-olay süresini azaltabilecek en önemli faktörler arasında olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, kaza-olay tespit algoritmaları hakkında genel bilgileri içermektedir. Buna ek olarak, bazı mevcut algoritmaların incelendiği bu ön çalışma İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlere uygulanabilir kaza-olay tespit algoritmasının seçimine de yön gösterebilir.

## 2. KAZA-OLAY TESPİT ALGORİTMALARI

Belirli mantık ve analitik prosedürlerden oluşan kaza-olay tespit algoritmaları, dedektörlerden gelen trafik datusını kullanarak kapasite azaltan olayların varlığını algılar. Kaza-olay tespit algoritmaları, otomatik olanlar ve otomatik olmayanlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Otomatik kaza-olay tespit algoritmaları (AIDA) sensörlerden alınan trafik durum

bilgilerinin belirli ön koşulları karşılması durumunda otomatik olarak bir kaza-olay alarmı verir. Bunun yanında otomatik olmayan kaza-olay tespit algoritmalarının işleyişi sürücü bazlı raporlara veya Trafik Yönetim Merkezi'ndeki gözlem kameralarından alınan bilgilere bağlı olarak çalışırlar. Bunun haricinde, kaza-olay tespit algoritmalarını fonksiyonel açıdan kıyaslamak gerekirse, bu algoritmalar, otoyol algoritmaları ve arterlerde uygulanabilir algoritmalar olarak iki gruba ayrılabilirler. Tarihsel olarak, otomatik algoritmaların çoğu otoyol kaza-olaylarının algılanmasında kullanılırken çok az bir kısmı arterlerde kullanılmaktadır. Dolayısıyla da arterlerdeki kaza-olayların algılanması adına çok fazla çaba sarfedilmemiştir.

Otomatik kaza-olay tespit algoritmaları da kendi içinde, tek istasyon ve çift istasyon olmak üzere ikiye ayrılırlar (Weil vd., 1998). Tek istasyon algoritmaları adından da anlaşılacağı gibi sadece bir istasyondan elde edilen bilgilere dayalı olarak çalışır. Bu sayede iki farklı istasyon arasında sürekli bir iletişime gerek kalmaz ve bu durum tek istasyon algoritmalarına ekonomik bir avantaj sağlamaktadır. Tek istasyon algoritmalarının en bilinen olanlarından bir tanesi McMaster algoritmasıdır. McMaster algoritmasının mantığı katastrofi teorisine dayanmaktadır (Persaud vd., 1989). McMaster algoritması, normal akış ile kaza-olay bazlı trafiği ayırt ederken, algoritma, geçmiş bilgileri kullanarak akıcılık-doluluk ilişkisini kurar ve bunu hız çeşitliliği ile kıyaslar. Ancak, McMaster algoritması, tekrarlayan ve tekrarlanmayan olayları ayırt etme konusunda başarılı değildir (Weil vd., 1998). Bunun yanında algoritma, olayların algılanması için iki test uygulanmasıyla geliştirilmiştir. Bunların ilki tıkanıklığı tespit için kullanılırken, diğeri tıkanıklığın sebebini algılamada kullanılır. Tıkanıklığın sebebini algılamak için sistem, akışın aşağısındaki bir dedektör istasyon aracılığıyla trafik durumunun değerlendirir (Black vd., 2001).

Standart Normal Sapma (SND) algoritması, tek istasyon algoritmalarının başka bir yaygın örneğidir. Bu algoritma kontrol değişkenlerindeki (meşguliyet, hacimden hesaplanan enerji ve hız ölçümleri) trendleri inceler. Böylece belirli aralıklarla ölçülen ortalama trendlerin ani olarak aşılması durumunu algoritma algılayabilmektedir. SND algoritmaları, Amerika'nın Houston kentinde yer alan Körfez Otoyolu'nda denenmiştir. Bu deneme esnasında otuzbeş kaza-olay içerisinde yalnızca üç tanesi algoritma tarafından farkedilmemiştir. Bu üç kaza-olayın farkedilememesinin sebebi, kaza-olay süresinin kısa olması ve kaza-olay yeri ve akışın yukarısındaki dedektör arasında fazla mesafe olmasıdır (Dudek vd., 1974).

Çift Üslü Düzleştirici (DES) algoritması, geçmiş ve mevcut doluluğun kıyaslamasını yapıp, hız gözlemlerini kullanarak tek istasyonda oluşacak kısa vadeli trafik durumlarının tahmin edilmesini sağlar. Kazalar-olaylar, kümülatif trafik gözlem hatalarının, mevcut standart sapmalarına bölünmesiyle elde edilen bir izleme sinyali sayesinde algılanır. Bu izleme sinyalinin, önceden belirlenmiş eşik değerlerini belirgin bir biçimde aşması söz konusu olduğunda algoritma kaza-olayı algılar (Masters vd., 1991). DES ve SND algoritmaları, Avustralya'nın Melbourne kentinde ve Singapur'da denenmiştir. DES algoritmasının performansı, Melbourne'de tatmin ediciyken, algoritma Singapur'da başarılı olmamıştır. Bunun sebebi DES'in geniş alan trafik ölçümlerine uygun olmaması olarak açıklanmıştır (Mak vd., 2005).

Çift istasyon algoritmalarının çalışması, otoyol üzerinde birbirine uzak iki noktada konumlandırılmış iki istasyondan alınan veri okumalarının kıyaslanması hususuna dayanır. Fakat, dedektörlerden elde edilen işlenmemiş veriler, trafik data gürültüsünün elenememesi sebebiyle kaza-olay algılanması için genellikle yararlı olmamaktadır (Stepanedes vd., 1992). Bu sonuç, ilk geliştirilen algoritmalar için sorun teşkil etmiş, bu sebepten ötürü yeni teknikler geliştirilmiştir. Otomatik kaza-olay tespit algoritmalarının gelişimi için ortaya atılan bu teknikler altı tanedir: Yol bazlı algoritmalar, prob bazlı algoritmalar, sürücü bazlı

algoritmalar, sensör füzyon (sentez) bazlı algoritmalar, arterlerde uygulanabilir algoritmalar, gözlemeleme metodları.

## 2.1. Yol Bazlı Algoritmalar

Bu algoritmalar yol boyunca toplanan sensör datasını kullanırlar ve otoyollar üzerinde uygulanırlar. Bu bölümde anlatılanların tamamı yol bazlı algoritmaların kapsamındadır.

### 2.1.1. Kıyaslamalı Algoritmalar

Kıyaslamalı algoritmalar, sensörlerden elde edilen trafik ölçümlerinin önceden belirlenmiş eşik değerlerle kıyaslanması için dizayn edilmiştir. Toplanan trafik verilerinin eşik değerleri aşması durumunda bir kaza-olay bildirilir. Bu gruptaki algoritmalar, California (Payne vd., 1976), patern algılama (PATREG) algoritması (Collins vd., 1979), ve APID algoritmasını (Masters vd., 1991) içerir.

### 2.1.2. İstatistiksel Algoritmalar

İstatistiksel algoritmalar, standart istatistiksel teknikleri kullanarak gözlenen sensör verilerinin, tahmini ya da beklenen trafik karakteristik özelliklerinden istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirler. Standart normal sapma (SND) algoritması (Dudek vd., 1974) ve Bayesian algoritması (Levin vd., 1978), istatistiksel kaza-olay tespit algoritmalarının iki tipik örneğidir.

### 2.1.3. Zaman Dizisi Algoritması

Zaman dizisi algoritmaları, trafiğin belirli bir zaman içerisinde tahmin edilebilir bir düzen izlediğini varsayarlar. Zaman dizisi modelleri kullanan bu algoritmalar, sensör ölçümlerinin, model değerlerini önemli ölçüde geçmesiyle kaza-olayları farkedirler. Zamana bağlı trafik durumlarının tahminine bağlı çalışan bu algoritmalar, otomatik gerileme entegreli hareket ortalaması (ARIMA) modeli (Ahmed vd., 1977) ve yüksek meşgulliyet (HIOCC) algoritmaları, kullanılan çeşitli tekniklerin bazılarıdır.

### 2.1.4. Düzleştirici/Filtreleyici Algoritmalar

Düzleştirme ve filtreleme teknikleri, kısa süreli düzensizlikleri ya da homojen olmayan durumları trafik verilerinden ayıklayarak, yanlış kaza-olay alarmlarını engellemek, doğru trafik paternlerini daha gözlenebilir hale getirmek ve gerçek kaza-olayların algılanmasını daha kolay kılmak için dizayn edilmiştir (Balke vd., 1993). Çift üslü düzleştirici (DES) algoritması (Cook vd., 1974), düşük geçiş filtresi (LPF) algoritması (Stephanedes vd., 1992) ve aralıklı küçük dalga dönüştürme ve lineer diskriminant analiz (DWT-LDA) algoritması, düzleştirici/filtreleyici algoritmalarının tipik örneklerindedir.

### 2.1.5. Trafik Modelleme Algoritmaları

Kaza-olay tespitinde, trafik modelleme yaklaşımı, trafik akış teorisini kullanarak kaza-olay durumunda trafik hareketlerini tanımlamaya ve tahmin etmeye çalışır. Bu sistemler, kaza-olay

içeren ve içermeyen trafik durumlarını ayırt ederken gözlemlenen trafik parametreleri ve modeller tarafından öngörülen değerler arasında kıyaslama yapar. Trafik modelleme algoritmaları, dinamik model (Willsky vd., 1980), katastrofi teorisi modeli ve modifikasyonları (Gall vd., 1989) ve düşük hacim (LV) kaza-olay tespit algoritması (Fambro vd., 1979) gibi sistemler içerir.

### 2.1.6. Yapay Zeka Algoritmaları

Yapay zeka, kesin olmayan yada “kara kutu” mantık yürütme, kompleks karar verme ve veri analiz süreçleri gibi bir takım procedürlere başvurur. Otomatik kaza-olay tespitinde kullanılan yapay zeka teknikleri sinirsel ağlar (Ritchie vd., 1993), belirsiz mantık (Chang vd., 1994), ve her iki tekniğin kombinasyonunu (Hsiao vd., 1994) içerir.

### 2.1.7. Görüntü İşleme Algoritmaları

Görüntü işleme tekniği, bilgisayar programı destekli gözetleme kameralarının kullanılmasını kapsar. Dolayısıyla, görüntü işleme programları, hacim, meşguliyet, hız, ve/veya kuyruk uzunluğu gibi verilerin toplanmasını mümkün kılmaktadır ve bu veriler video görüntülerinden elde edilir. Görüntü işleme programı, tüm video görüntülerini yorumlayarak, duran yada ağır ilerleyen araçları bulur ve kaza-olayları belirler. Bu algoritmaların tipik örnekleri autoscope kaza-olay tespit algoritması (AIDA) (Michalopoulos vd., 1991) ve video bazlı teknolojileri (Mak vd., 2007) içerir.

## 2.2. Prob Bazlı Algoritmalar

Araçlara yerleştirilen gişe vericileri ve GPS alıcıları gibi problemler, elektronik ücret toplama, sıkışıklık fiyatlandırma ve filo yönetimi uygulamalarında gittikçe yaygın hale gelmektedir. Problemler tarafından toplanan seyahat süreleri ve diğer trafik ölçümleri kullanılarak, trafik durumu ile ilgili daha sağlıklı ve daha kapsamlı bir bilgi aktarımı sağlanabilmektedir. Bu gruptaki algoritmalar, MIT (şerit değiştirme ve şerit gözleme algoritmaları) (Parkany vd., 1993), ADVANCE (seyahat süresi, ve dinamik ölçüm algoritmaları) (Sethi vd., 1995), TTI (Teksas Ulaşım Enstitüsü) algoritması (Balke vd., 1996), UCB (Petty vd., 1997), TRANSMIT (Mouskos vd., 1999), Waterloo (güvenilirlik sınırı, sürat ve güvenilirlik sınırı ve çift güvenilirlik sınırı algoritmaları) (Hellinga vd., 2000) algoritmalarını içerir.

## 2.3. Sürücü Bazlı Algoritmalar

Sürücü bazlı algoritmalar, sürücülerin telefon görüşmelerinin veya kaza-olaylarının tanık raporlarının takip ve teşhis edilmesi için dizayn edilmiştir. Kişisel anlatılara dayalı kaza-olay tespit algoritma konfigürasyonuna bir örnek Bhandari et al. (Bhandari vd., 1995) tarafından uygulanmıştır. 1999’da yapılan bir TxDOT çalışmasına göre (Walters vd., 1999), bir cep telefonu bazlı kaza-olay tespit sisteminin işletimi için yapılan harcama, bir sensör sisteminin işletimi için yapılanın %10’unu oluşturmaktadır. Bunun sebebi, her iki sistem de trafik yönetim merkezinde bir operatör bulunmasını gerektirmekte olsa, cep telefonu bazlı sistemde sahada herhangi bir teknik donanım gereksiniminin olmayışıdır.

## 2.4. Sensör Füzyon (Sentez) Bazlı Algoritmalar

Kaza-olay tespit algoritmalarının performansı, toplanan trafik verilerinin kalitesine önemli ölçüde bağlıdır. Sabit sensörler (noktasal veri toplayan kaynaklar) ve prob taşıtları (bölgesel veri toplayan kaynaklar) gibi birden fazla veri kaynağının kullanılması, girdi verilerinin güvenilirliğini ve eksiksizliğini şüphesiz geliştirmektedir. Bununla birlikte, kaza-olay tespit algoritmalarının performansını da artırır. Birçok araştırmacı (Westman vd., 1996; Ivan vd., 1995; Bhandari vd., 1995) kaza-olay tespitinde birden fazla veri kaynağının entegrasyonunu sağlamak için veri füzyon konseptini kullanmıştır.

## 2.5. Arterlerde Uygulanabilir Algoritmalar

Otoyol ve arter ortamlarında birbirinden farklı olgular oluşması sebebiyle, otoyollara uygulanabilen birçok kaza-olay tespit prensibi ve algoritması arterlerde uygulanamamaktadır. Bu yüzden, arterlerde uygulamak amacıyla birçok kaza-olay tespit algoritması geliştirilmiştir. Bunların bazıları, patern eşleme algoritması (Thancanamootoo vd., 1998), Kalman filtreleme algoritması (Bell vd., 1986), diskriminant analiz algoritması (Sethi vd., 1995), modüler sinirsel algoritma (Khan vd., 1998), belirsiz mantık algoritması (Lee vd., 1998), MSRPT algoritması (Sheu vd., 1998), CUSUM algoritması (Sattayhatewa vd., 1999) ve Lgoit algoritmasıdır (Lee vd., 2001).

## 2.6. Gözetleme Metodları

Trafik kontrol merkezinde, operatörler, trafik olaylarını CCTV ya da pan-tilt-zoom gibi başka tip gözetleme kameraları aracılığıyla takip ederler. Sürücüler, kaza-olay esnasında, VMS aracılığıyla ya da başka yöntemlerle haberdar edilirler. Bunun yanı sıra, kaza-olaya dair bilgiler ilgili birimlere (polis merkezi, acil kurtarma ekipleri, vb.) iletilir. Gözetleme kameralarının avantajı, kullanılmalrı durumunda, operatörler kaza-olayları görsel olarak belirledikleri için yanlış alarm oranının azaltılabilmesidir. Buna ek olarak, operatörler banketlerde gerçekleşen kaza-olayları da gözlemleyebilirken, otomatik algoritmalar bu durumları farkedememektedir çünkü sensörler, maliyeti düşürmek amacı ile banketlere yerleştirilmemektedir. Ancak, kameraların görüntüyü yaklaştırma özelliği olmasına rağmen her yeri görmeleri mümkün değildir. Bu yüzden, bu gibi durumlarda operatör oluşan kuyruktan bir kaza-olayın gerçekleştiğini tahmin etmek durumundadır. Bu da otomatik algoritmaların benzer standart bir durumu tespit süresinden daha fazla zaman almaktadır. Bu gibi durumlarda, kaza-olayın farkedilme süresi, yüksek ortalama tespit süresi değerlerine sebep olmakta, dolayısıyla da trafik kontrol merkezlerinin gelişmiş kaza-olay tespit algoritmaları kullanmalarını mecbur kılmaktadır.

## 3. KAZA-OLAY TESPİT ALGORİTMALARI PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

Kaza-olay tespit algoritmalarının performans ölçümü, üç parametre aracılığı ile yapılmaktadır. Bunlar, tespit oranı (DR), yanlış alarm oranı (FAR) ve ortalama tespit süresidir (MTTD). Tespit oranı, DR, belirli bir zaman içerisinde algılanan kaza-olay sayısının, aynı sürede meydana gelen toplam kaza-olay sayısına yüzde olarak oranlanmasıyla bulunur. Bu parametre sözkonusu algoritmanın tanımına göre değişiklik göstermektedir. Bazı çalışmalar, kaza-olayları, şeridi bloke eden durumlar olarak ele alır ve banketlerde meydana gelen kaza-olayları kapsamazlar. Fakat, banket kaza-olayları, trafik akışını şerit kaza-olaylarından daha az

etkilese dahi, diğer çalışmalar iki durumu aynı olarak ele almaktadır. DR değeri, aşağıda belirtilen formül (1) kullanılarak bulunur:

$$DR = \frac{\text{algılanan kaza - olay sayısı}}{\text{veri setindeki toplam karar sayısı}} \times 100 \quad (1)$$

FAR değeri (2), hatalı tespit sayısının, algoritmanın verdiği toplam karar sayısına yüzde olarak oranlanmasıyla, aşağıda gösterildiği gibi elde edilir:

$$FAR = \frac{\text{hatalı algılama sayısı}}{\text{algoritmanın verdiği toplam karar sayısı}} \times 100 \quad (2)$$

MTTD değeri (3), bir kaza-olayın meydana gelmesiyle algoritmanın bu durumu farketmesi arasında geçen ortalama süreyi vermektedir. MTTD aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$MTTD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{tespit}^i - t_{kaza-olay}^i). \quad (3)$$

MTTD değeri, algoritmanın verim seviyesini belirtirken, DR ve FAR değerleri algoritmanın etkililiğini ölçmektedir (Zhang vd., 2006).

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İzmir'deki hızlı kentleşme, sanayileşme ve nüfus artışının beraberinde getirdiği sorunlar kentiçi ulaşımını büyük ölçüde etkilemiştir. İzmir Ana Ulaşım Planı, 2030 yılında İzmir'de günlük toplam otomobil sayısını 1.375.340 olarak hesaplamıştır. Bu sayının %75'inin çevre, transit ve ana arter yollarına dağılacağı öngörülmüştür. Yine aynı planda, İzmir Merkez Kent'te 2007 yılında toplam 50.000 kaza sayısı tespit edilmiş ve tüm karayolu ağının yüksek kaza riski altında olduğu vurgulanmıştır. Çevre yollarında öngörülen taşıt sayısı artışı, trafik kaza sayısının bu verilere paralel olarak bu yollarda benzer oranlarda artacağını göstermektedir.

Meydana gelen kaza-olaylar darboğaz ve ikincil kazalara sebep olabilmektedir. Daha önce yapılan bir çalışmada, erken kaza-olay tespitinin ikincil kaza riskini önemli ölçüde azalttığı sonucuna varılmıştır (Lindley, 1987). Ayrıca, erken kaza-olay tespiti şehir yollarında güvenliği iyileştirmek ve mobilitayı arttırmak için kaza-olaylara hızlı bir şekilde müdahale edilmesini ve yolların temizlenip normal akış seviyesine getirilmesini sağlar. Bu da seyahat edenlerin moral bozukluklarını ve gecikmelerini asgariye indirerek tüm kaza-olay etkilerini azaltır. Bu çalışmayla çeşitli kaza-olay tespit algoritmaları incelenerek uygulamalara yol göstermek amaçlanmıştır. Daha kapsamlı bir değerlendirme sonucunda İzmir'de çevre yollarındaki mevcut sayım sensörleri kullanılarak kaza-olay tespit algoritmaları başarılı bir şekilde uygulanabilir. Böylece, bu uygulama gelecek yıllardaki kaza artışları ile ilgili yaşanabilecek problemlerin çözümüne önemli bir fayda sağlayabilir.



## TEŞEKKÜR

Bu çalışma **Boğaziçi Üniversitesi BAP Komisyonu 09A401P kodlu** proje kapsamında yapılmış ve desteklenmiştir. Ayrıca, yardımlarından dolayı Pelin Boyacıoğlu'na teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

Ahmed, M.S., Cook, A.R. (1977): "Analysis of freeway traffic time-series data using Box-Jenkins techniques", Transportation Research Record, No. 722, TRB, National Research Council, pp. 1-9.

Balke, K.N. (1993): "An evaluation of existing incident detection algorithms", Research Report, FHWA/TX-93/1232-20, Texas Transportation Institute, the Texas A&M University System, College Station, TX.

Balke, K., Dudek, C.L., Mountain, C.E. (1996): "Using probe-measured travel time to detect major freeway incidents in Houston, Texas", Transportation Research Record, No. 1554, TRB, National Research Council, pp. 213-220.

Bell, M.G.H., Thancanamootoo, S. (1986): "Automatic incident detection in urban road networks", Proceedings of Planning and Transport Research and Computation (PTRC) Summer Annual Meeting, University of Sussex, UK, pp. 175-185.

Bertini, R., Rose, M., El-Geneidy, A. (2004): "Using Archived Data to Measure Operational Benefits of ITS Investments: Region 1 Incident Response Program", Research Report sponsored by Oregon Department of Transportation.

Bertini, R., Tantiyanugulchai, S., Anderson, E., Lindgren, R., Leal, M. (2001): "Evaluation of Region 2 Incident Response Program Using Archived Data", Portland State University, Transportation Research Group, Research Report.

Bhandari, N., Koppelman, F.S., Schofer, J.L., Sethi, V., Ivan, J.N. (1995): "Arterial incident detection integrating data from multiple sources", Transportation Research Record, No. 1510, TRB, National Research Council, pp. 60-69.

Black, J., Sreedevi, I. (2001): "Automatic incident detection algorithms", ITS Decision Database in PATH, <[http://www.path.berkeley.edu/~leap/TTM/Incident\\_Manage/Detection/aida.html](http://www.path.berkeley.edu/~leap/TTM/Incident_Manage/Detection/aida.html)>, February.

Chang, E.C.-P., Wang, S.-H. (1994): "Improved freeway incident detection using fuzzy set theory", Transportation Research Record, No. 1453, TRB, National Research Council, pp.75-82.

Collins, J.F., Hopkins, C.M., Martin, J.A. (1979): "Automatic incident detection—TRRL algorithms HIOCC and PATREG", TRRL Supplementary Report, No. 526, Crowthorne, Berkshire, U.K.

- Cook, A.R., Cleveland, D.E. (1974): "Detection of freeway capacity-reducing incidents by trafficstream measurements", Transportation Research Record, No. 495, TRB, National Research Council, pp. 1-11.
- Dudek, C.L., Messer, C.J., Nuckles, N.B. (1974): "Incident detection on urban freeway", Transportation Research Record, No. 495, TRB, National Research Council, pp. 12-24.
- Fambro, D.B., Ritch, G.P. (1979): "Automatic detection of freeway incidents during low volume conditions", Report No. FHWA/TX-79/23-210-1, Texas Transportation Institute, Texas A&M University System, College Station, TX.
- Gall, A.I., Hall, F.L. (1989): "Distinguishing between incident congestion and recurrent congestion:a proposed logic", Transportation Research Record, No. 1232, TRB, National Research Council, pp. 1-8.
- Hellinga, B., Knapp, G. (2000): "Automatic vehicle identification technology-based freeway incident detection", Transportation Research Record, No. 1727, TRB, National Research Council, pp. 142-153.
- Hsiao, C.-H., Lin, C.-T., Cassidy, M. (1994): "Application of fuzzy logic and neural Networks to automatically detect freeway traffic incidents", Journal of Transportation Engineering, Vol. 120, No. 5, ASCE, pp. 753-772.
- Ivan, J.N., Schofer, J.L., Koppelman, F.S., Massone, L.L.E. (1995): "Real-time data fusion for arterial street incident detection using neural networks", Transportation Research Record, No. 1497, TRB, National Research Council, pp. 27-35.
- Khan, S.I., Ritchie, S.G. (1998): "Statistical and neural classifiers to detect traffic operational problems on urban arterials", Transportation Research Part C, Vol. 6, No. 3, pp. 291-314.
- Lee, S., Krammes, R.A., Yen, J. (1998): "Fuzzy-logic-based incident detection for signalized diamond interchanges", Transportation Research Part C, Vol. 6, No. 3, pp. 359-377.
- Lee, Y.-I., Hwang, J.-H. (2001): "Development of a logit-based incident detection algorithm for urban streets", Preprint CD-ROM, the 80th TRB Annual Meeting, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., January.
- Levin, M., Krause, G.M. (1978): "Incident detection:a Bayesian approach", Transportation Research Record, No. 682, TRB, National Research Council, pp. 52-58.
- Lindley, J.A. (1987): "Urban Freeway Congestion: Quantification of the Problem and Effectiveness of Potential Solutions", ITE Journal, Jan., pp. 27-32
- Lindley, J. A. (1986): "Qualification of Urban Freeway Congestion and Analysis of Remedial Measures", Report RD/87-052. FHWA, U.S. Department of Transportation.
- Mak, C.L., Fan, H.S.L. (2007): "Development of Dual-Station Automated Expressway Incident Detection Algorithms", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 8(3), pp. 480-490

Mak, C.L., Fan, H.S.L. (2005): "Transferability of expressway incident detection algorithms to Singapore and Melbourne", *J. Transp. Eng.*, vol. 131, no. 2, pp. 101–111.

Masters, P.H., Lam, J.K., Wong, K. (1991): "Incident detection algorithms of COMPASS—an advanced traffic management system", *Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference, Part 1*, SAE, Warrendale, PA, October, pp. 295-310.

Michalopoulos, P.G. (1991): "Vehicle detection video through image processing: the Autoscope system", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 40, No. 1, IEEE, pp. 21-29.

Mouskos, K.C., Niver, E., Lee, S., Batz, T., Dwyer, P. (1999): "Transportation operations coordinating committee system for managing incidents and traffic: evaluation of the incident detection system", *Transportation Research Record*, No. 1679, TRB, National Research Council, pp. 50-57.

Nam, D., Mannering, F. (2000): "An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration", *Transportation Research Part A* 34, pp.84-102.

Parkany, A. E., Bernstein, D. (1993): "Using VRC data for incident detection", *Proceedings of the Pacific Rim Trans Tech Conference, The 3rd International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering*, Seattle, Washington, 25-28.

Payne, H.J., Helfenbein, E.D., Knobel, H.C. (1976): "Development and testing of incident detection algorithms, Volume 2: research methodology and detailed results", Report No. FHWA-RD- 76-20, FHWA, Washington D.C.

Persaud, B.N., Hall, F.L. (1989): "Catastrophe theory and patterns in 30-second freeway traffic data—implications for incident detection", *Transportation Research Part A*, Vol. 23, No.2, pp. 103-113.

Petty, K.F., A. Skabardonis, Varaiya, P.P. (1997): "Incident detection with probe vehicles: performance, infrastructure requirements and feasibility", *Transportation Systems 1997: A Proceedings Volume from the 8th IFAC/IFIP/IFORS Symposium*, Chania, Greece, June 16-18, 1997, Vol. 1, pp. 125-130.

Ritchie, S.G., Cheu, R.L. (1993): "Simulation of freeway incident detection using artificial neural networks", *Transportation Research Part C*, Vol. 1, No. 3, pp. 203-217.

Samant, A., Adeli, H. (2000): "Feature extraction for traffic incident detection using wavelet transform and linear discriminant analysis", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 15, No. 4, pp. 241-250.

Sattayhatewa, P., Ran, B. (1999): "Arterial incident detection: applying CUSUM chart method", *Traffic Engineering and Control*, Vol. 40, No. 12, pp. 582-585.

Sheu, J.-B., Ritchie, S.G. (1998): “A new methodology for incident detection and characterization on surface streets”, *Transportation Research Part C*, Vol. 6, No. 3, pp. 315-335.

Sethi, V., Bhandari, N., Koppelman, F.S., Schofer, J.L. (1995): “Arterial incident detection using fixed detector and probe vehicle data”, *Transportation Research Part C*, Vol. 3, No. 2, pp.99-112.

Skabordanis, A., Petty, K., Varaiya, P., Bertini, R. (1998): “Evaluation of the freeway service patrol (FSP) in Los Angeles”, *California PATH Research Report*, UCB\_ITS-PRR-98-31, University of California at Berkeley.

Stamatiadis, C., Gartner, N. H., Winn, J., Bond, R. (1998): “Evaluation of the Massachusetts motorist assistance program[CD-ROM]”, *Proceedings of the 77th Annual Meeting of Transportation Research Board*, January, Washington, DC.

Stephanedes, Y.J., Chassiakos, A.P., Michalopoulos, P.G. (1992): “Comparative performance evaluation of incident detection algorithms”, *Transportation Research Record*, No. 1360, TRB, National Research Council, pp. 50-57.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Stratejik Plan 2006-2010, Ağustos 2005, Ankara.

Thancanamootoo, S., Bell, M.G.H. (1998): “Automatic detection of traffic incidents on a signal-controlled road network”, *Research Report No. 76*, Transport Operations Research Group, University of Newcastle upon Tyne, UK.

Türkiye İstatistik Kurumu Model Yıllarına Göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı Raporu

Türkiye İstatistik Kurumu Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri Haziran 2009 Raporu

Vecdi Diker Çalışma Grubu, İstanbul'un ulaşım ve trafik sorunu - Üçüncü çevre yolu ve boğaz geçişi bildirisi

Walters, C.H., Wiles, P.B., Cooner, S.A. (1999): “Incident detection primarily by cellular phones—an evaluation of a system for Dallas, Texas”, *Preprint CD-ROM*, the 78th TRB Annual Meeting, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., January.

Weil, R., Wootton, J., Garcia-Ortiz, A. (1998): “Traffic Incident Detection: Sensors and Algorithms”, *Mathematical Computer Modelling* Vol 27, No. 9-11, pp. 257-291.

Westman, M., Litjens, R., Linnartz, J.-P. (1996): “Integration of probe vehicle and induction loop data—estimation of travel times and automatic incident detection”, *PATH Research Report UCB-ITS-PRR-96-13*, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, CA.

Willsky, A.S., Chow, E.Y., Gershwin, S.B., Greene, C.S., Houpt, P., Kurkjian, A.L. (1980): “Dynamic model-based techniques for the detection of incidents on freeways”, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 25, No. 3, pp. 347-360.

Yardıı, M.S., Erel, A. (2003): “Türkiye Ulaştırma Sistemi İçin Veri Gereksinimi”, TMMOB Ulaştırma Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı, 171-181, Ankara, 16-17 Ekim.

Yokota, T., Weiland, R.J.: “ITS System Architectures for Developing Countries”, ITS Technical Note-5, <http://www.worldbank.org/html/fbd/transport/roads/its.htm>.

Zhang, K., Taylor, M.A.P. (2006): “Towards universal freeway incident detection algorithms”, Transportation Research Part C, Vol. 14 No.2, pp. 68-80.

Zografos, K. G., Nathanail, T., Michalopoulos, P. (1993): “Analytical framework for minimizing freeway-incident response time”, Journal of Transportation Engineering 119, pp. 535-49.