



ORTALAMA HIZ TESPİT SİSTEMİ VE YOL GÜVENLİĞİ ETKİLERİ ÜZERİNE BİR LİTERATÜR TARAMASI

Arzu ILGAZ*, Mehmet SALTAN²

¹ Akdeniz Üniversitesi, Yapı İşleri Daire Başkanlığı, Antalya, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Ortalama hız tespit sistemi,
Ortalama hız,
Hız kamerası,
Ceza.*

Özet

Ortalama hız tespit sistemi, başta Avrupa ve Avustralya olmak üzere dünya çapında popülerlik kazanan yeni bir akıllı ulaştırma sistemi uygulamasıdır, son yıllarda Türkiye’de de uygulanmaktadır. Sistemin temel görevi, hız kontrolü ve trafik yaptırımını amacıyla motorlu araçların ortalama hızlarını ölçmektir. Bu makalede ortalama hız tespit sistemi ile ilgili uluslararası ölçekte bir literatür taraması yapılmıştır. Sistemin kapsamlı bir özeti sunulmakla birlikte kullanım kapsamı; teknik, işletimsel ve yasal özellikler farklı yetki alanlarıyla bağlantılı hız yönetimi sorunlarına göre açıklanmaktadır. Ayrıca bu teknolojinin etkililiğini ve verimliliğini ölçen çalışmalar “araç hızları, kaza oranları, ekonomik ve pratik uygulanabilirlik, trafik akışı, araç emisyonları, anlık hız kameraları ile etki karşılaştırması ve ceza uygulamaları” kapsamında değerlendirilmiştir. Bulgular, hız sınırlarına yüksek uygunluk oranları, ortalama ve 85 yüzdeleri hızlarda düşüş ve araçlar arasındaki hız değişkenliğinde düşüş ve trafik akışını iyileştirmeyi içeren yol emniyeti yararı sağlayan sonuçlar ortaya koymaktadır. Araştırma sonuçlarına göre özellikle ölümcül ve ağır yaralanmalı kaza oranlarında düşüşler bildirilmiştir. Ayrıca, bu uygulamanın yakıt tüketimi ve araç emisyonunu azaltması konusunda yan faydalar sağladığı da ortaya konmuştur. Bir dizi sürücü anketi çalışması, uygulama hakkında yüksek seviyede sürücü kabulünün olduğunu ortaya koymaktadır.

AN OVERVIEW ON AVERAGE SPEED ENFORCEMENT SYSTEM AND ROAD SAFETY EFFECTS

Keywords

*Average speed enforcement,
Average speed,
Speed camera,
Punishment.*

Abstract

Average speed enforcement system is a new intelligent transportation system application that has gained popularity all over the world following Europe and Australia which is recently being applied in Turkey as well. The main task of the system is measuring the average speeds of motorized vehicles for the purpose of traffic sanctions. A literature survey related with average speed enforcement system was carried out in this study at an international scale. In addition to providing a comprehensive summary of the system, its scope of use was explained with regard to speed enforcement issues in connection with technical, operational and legal attributes. In addition, studies measuring the effectiveness and efficiency of this technology were evaluated within the scope of “vehicle speeds, accident ratios, economic and practical applicability, traffic flow, vehicle emissions, effect comparison with spot speed cameras and enforcement sanctions”. The results put forth high ratios for obeying speed limits, decrease in average and 85 percentile speeds along with decrease in speed variance between the vehicles in addition to various other results that are beneficial for road safety benefits. Study results indicate decreases especially in mortal and severe injury accident ratios. In addition, it was also reported that this application provides auxiliary benefits with

* ilgili yazar \ Corr. author: arzuilgaz@akdeniz.edu.tr, +90-242-310-1596

regard to fuel consumption and vehicle emissions. A series of surveys carried out on drivers sets forth a high driver acceptance regarding the application.

Alıntı / Cite

Ilgaz, A., Saltan, M., (2017), Ortalama Hız Tespit Sistemi ve Yol Güvenliği Etkileri Üzerine Bir Literatür Taraması, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(2), 457-472

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

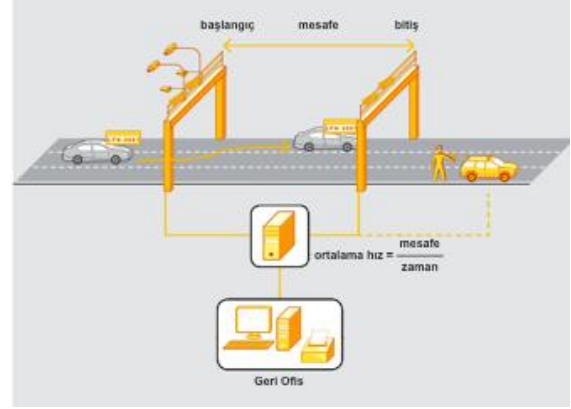
Arzu ILGAZ, 0000-0003-4266-7519

Mehmet SALTAN, 0000-0001-6221-4918

| | |
|---|------------|
| Başvuru Tarihi / Submission Date | 12.05.2017 |
| Kabul Tarihi / Accepted Date | 19.09.2017 |
| Yayın Tarihi / Published Date (Online) | 16.10.2017 |

1. Giriş

Karayolu ulaştırmasına hız konusunda araştırmacılık perspektifinden bakıldığında, net ölçüm sağlayan hız tanımları gereklidir. Tipik olarak iki tür hız verisi toplanır: 'Anlık (spot) hız' ve 'ortalama hız'. Bir aracın anlık hızı, o aracın yol üstündeki belirli bir noktadan geçerken ölçülen bağımsız araç hızıdır. Ortalama hız ise, bir aracın belirli bir mesafeyle birbirinden ayrılmış iki nokta arasındaki koridor hızıdır (Taylor vd., 2000). Ortalama hız tespit sistemi (OHTS) uygulaması, bir yol ağı kesiti boyunca çok sayıda konuma iki veya daha çok kameranın yerleştirilmesini içerir (Şekil 1). Sisteme ilk kamera konumundan giren her aracın plaka ve/veya araç ve araç kayıt verilerinin bir görüntüsü alınır ve buna sistem içindeki sonraki kamera konumlarında alınan ilave görüntüler ve veriler eklenir ve ilk verilerle eşleştirilir. Ardından, Otomatik Plaka Tanıma (ANPR) ve Optik Karakter Tanıma (OCR) teknolojisi araç ruhsat bilgilerini eşleştirmek için kullanılır (Roberts ve Brown-Esplain, 2005; Gil ve Malenstein, 2007; Speed Check Services, 2007; 2009a; 2009b; Young ve Regan, 2007; Cameron, 2008; Koy ve Benz, 2009; Simcic, 2009; Soole vd., 2012; 2013a; Montella vd., 2015). Bir aracın "ortalama hızı", sistem içindeki en az iki noktadan alınan veriler kullanılarak hesaplanır. İki nokta arasındaki ortalama hızı ölçebilmeleri için kameraların birbirlerine bağlı olması ve her iki makine üzerindeki saatin de senkronize edilmiş olması gerekir. Bundan sonra, ortalama hız iki kamera konumu arasındaki onaylanmış ve bilinen mesafenin, aracın iki konum arasında seyahat etmekle geçirdiği süreye bölünmesiyle hesaplanır (bu işlem, Şekil 1 içinde gösterilmiştir). (Cameron vd., 2003; 2011; Cameron, 2008; Høye, 2014; Montella vd., 2015) Bulunan ortalama araç hızı, o yol kesiti için yasal olarak verilen hız sınırını aşıyorsa, görüntüler ve suç verileri (örn.; zaman, tarih, hız vs.) bir iletişim ağı kullanılarak yerel işlemciden merkezi bir işlem birimine aktarılır. Ardından, doğrulanan suçlar için bir ihlal bildirimini çıkarılır ve suç işlemeyen araçlarla ilgili veriler ise belirli bir süre içinde silinir (Gil ve Malenstein, 2007; Young ve Regan, 2007; Soole vd., 2012; 2013a).



Şekil 1. Ortalama hız uygulaması (Kapsch, 2010)

Bugüne kadar, hız yönetiminde bu yenilikçi yaklaşımın verimliliğini değerlendiren araştırmalar konusunda bir yetersizlik söz konusudur ve dolayısıyla, mevcut bulguların gözden geçirilmesi için bir girişimin yapılması gereklidir. Bu makalede, OHTS ile ilgili uluslararası literatür taranmış, teknolojinin dünya çapında kullanım kapsamı incelenmiş, yaklaşımın etkililiğini ölçen çalışmalar değerlendirilmiş, bu sistemin özel bileşenlerinin teknolojik özellikleri ve işletimsel özellikleri ele alınmıştır. Bu çalışma, uluslararası bir ölçekte, ortalama hız uygulamasının verimliliğini, kaza oranları, hız ihlali oranları, araç hız profilleri, trafik akışı ve tıkanıklığı ve araç emisyonları ve gürültüleri üzerindeki etkisini de içeren bir dizi yol güvenliği ve trafik ile ilişkili sonuçlarla bağlantılı biçimde değerlendirmek için mevcut bulguları gözden geçirmek suretiyle, bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, sürücülerin uygulama konusundaki algıları ve fayda-maliyet analizleri de gözden geçirilmiştir. Çalışmanın amacı, uygulama stratejileri ve gelecekte yapılacak çalışmalar için öneriler ortaya koymak amacıyla, ortalama hız uygulamasının etkinliğiyle bağlantılı mevcut bulgu durumunu değerlendirmektir.

2. Dünya Çapında Ortalama Hız Uygulaması

Hollanda'da hız uygulaması, otoyol polisinin en önemli görevidir. Ortalama hız kameralarını da dünya çapında ilk deneyen ve tümüyle uygulayan ülke de zaten Hollanda olmuştur. Taşınabilir bilgisayarlar ve gerçek polislerle yapılan bir takım ilk denemelerden sonra, uygulama ilk olarak Hollanda'da 1997 yılında,

Maarsen ve Breukelen arasındaki A2 otobanı boyunca, toplam üç kilometre uzunluğunda bir kesit üzerinde üç sahada pilot uygulama (deneme) şeklinde gerçekleştirilmiştir (Malenstein, 1997; Grunnan vd., 2008; Simcic, 2009; Soole vd., 2012). Sistem üç amaca hizmet etmiştir; (1) yoldaki emniyeti arttırmak, (2) trafik akışını iyileştirmek (Malenstein, 1997; Collins, 2007a, 2007b; Speed Check Services, 2008), (3) uygulama işlem sürecini otomasyonlu hale dönüştürmek. Böylece, yalnızca polisin iş yükü büyük ölçüde azalmakla kalmayacak, aynı zamanda para cezasının postayla 7 ila 10 gün içinde alınmasını sağlayan toplam işlem süresiyle de ilgili olumlu bir sonuç alınacaktır (Malenstein, 1997).

OHTS'nin, trafik uygulaması olarak dünya çapında uygulaması bugüne kadar büyük ölçüde Birleşik Krallık, Avrupa, Avustralya ve Yeni Zelanda'yla sınırlı kalmıştır. Bu sistemin uygulandığı Avustralya ve Yeni Zelanda'da şu bölgeler dâhildir: Victoria, New South Wales, Queensland, Güney Avustralya, Avustralya Capital Territory, Tazmania, Batı Avustralya ve Kuzey Bölgesi. Birleşik Krallık'ta şu bölgeler dâhildir: İngiltere, İskoçya ve Kuzey İrlanda. Avrupa'da şu bölgeler dahildir: Hollanda, Avusturya, İtalya, İsviçre, Belçika, Finlandiya, Fransa, Norveç, Çek Cumhuriyeti, İspanya ve İsveç (Kallberg vd., 2008; Koy ve Benz, 2009; Ragnøy, 2013; Soole vd., 2012; 2013b; De Pauw vd. 2014;). Türkiye'de bu sistem 2007 yılında kurulmaya başlanmıştır ve sistemin uygulandığı şehirler ise şunlardır: İstanbul, İzmir, Konya, Ordu, Gaziantep, Tekirdağ, Uşak, , Edirne, Çorum.

3. Ortalama Hız Uygulama Teknolojisi/Bileşenleri

OHTS'nin bir dizi ortak bileşeni vardır. Bu ortak bileşenler şunları içerir:

- Kameralar/Aydınlatma
- Altyapı (örn.; kamera yuvası montajı; kablo tesisatı; saatler; güç kaynağı)
- İşlemciler
- ANPR/OCR motoru ve yazılımı
- Bağlantı ağı
- Merkezi işlem ünitesi/geri ofis (Soole vd., 2012).

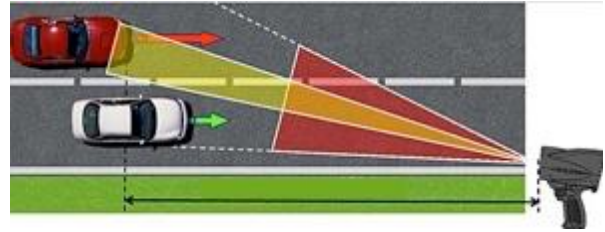
Ancak çoğu sistem teknik, işletimsel ve altyapısal özellikler açısından küçük farklılıklar gösterir ve bu küçük farklılıklar sistem işletimini ve maliyetlerini büyük ölçüde etkileyebilir. Aşağıdaki bölümlerde OHTS'nin uygulanmasıyla ilgili çeşitli yaklaşımların genel hatları verilmiş ve bu yaklaşımlara bağlı olarak değişen bileşenlerle ilgili avantajlar ve dezavantajlar vurgulanmıştır.

3.1. Kameralar/Aydınlatma

Kamera ve kamera sahaları sayısı

Kameralar uygulama koridorunun giriş ve çıkış noktalarında minimum sayıda kurulmalıdır. Ancak,

bitişik uygulama koridorları da uygulanabilir (Gil ve Malenstein, 2007; Soole vd., 2012). Çok sayıda giriş ve çıkış kamera sahasının her bir giriş ve çıkış kamera sahasına bağlı olduğu çok noktalı sistemler de kurulabilir (Soole vd., 2012). Her bir kamera sahasında bulunan kamera sayısı sistemden sisteme göre değişir. Genel olarak bir kamera sahasında çok sayıda şerit ve/veya trafik yönünü izlemek için çok sayıda kamera bulunacaktır. Sistemler tipik olarak uygulamaya sahip yol üzerinde her bir trafik şeridini izlemek için atanan bir kamera içerir. Ancak, çok sayıda şeritte yapılan bir uygulama için tek bir kamera kullanımı da bir seçenektir (Şekil 2.) (Lynch, 2010; Soole vd., 2012).



Şekil 2. İki şeritli yolda tek ortalama hız kamerası kullanımı (Antiradar-shome.ru, 2016)

Geriye bakan kameralar veya ileriye bakan kameralar

Kameralar, bir aracın önünü (ileri bakan kameralar), arkasını (geriye bakan kameralar) veya her ikisini de yakalayacak şekilde konumlandırılır. Özel olarak, ileri bakan kameralar yeterli yüksek çözünürlüğe sahip olduğunda sürücü tanımlamasına izin verirken, bu sistemler plakaları aracın arkasında bulunan ihlali motosikletleri yakalama yeteneğine sahip değildir (Lynch, 2010; Soole vd., 2012). Diğer yandan, geriye bakan kameralar hız yapan motosikletleri algılama yeteneğine sahipken, sürücüleri tanımlayamazlar. Dolayısıyla, geriye bakan kameraların kullanımı, sorumluluğun sürücülerden ziyade araç sahibinde olmasını gerektirir. Diğer sorunlar arasında şunlar vardır: plaka tanınması karmaşık olabilir (römorklar veya karavanlar tarafından engellenebilir) ve tipik olarak arka plakaların yerleşiminde daha büyük bir heterojenlik söz konusudur ve tampon etiketleri ve başka metin formları ANPR/OCR motorlarının kafasını karıştırabilir (Lynch, 2010; Wiggins, 2006; Soole vd., 2012).

Kamera donanımının çözünürlüğü, rengi ve tipi

Yüksek çözünürlüklü kameralar, gereken plaka tanınmasını gerçekleştirmeye yetecek kadar büyük olan bir çözünürlükte geniş açılı çekimler sağlama avantajına sahiptir ancak yakalanan görüntülerin daha geniş dosya boyutları sebebiyle daha büyük veri işleme sistemleri gerektirir (Lynch, 2010; Soole vd., 2012). Sonuç olarak çoğu sistem, özellikle uygulama trafiğinin her bir şeridi için tasarlanmış düşük çözünürlüklü kameralar kullanmaktadır (Soole vd., 2012). Kameralar dijital veya analog olabilir. Dijital

kameralar daha yüksek bir çözünürlük sunsa da, analog kameralar tipik olarak daha yüksek yakalama oranlarına sahiptir ve eşit bir süre içinde daha fazla fotoğraf çekilebilir (Wiggins, 2006; Soole vd., 2012).

Kameralar tek renkli veya renkli olabilir. Tek renkli kameralar, kızılötesi aydınlatmayla kullanılabilme yeteneği, daha hassas olmaları ve daha düşük seviyede ortam aydınlatması gerektirmeleri gibi bir dizi avantaja sahiptir. Bu nedenle, OHTS'de en yaygın olarak kullanılan kameralar bu tek renkli kameralardır (Wiggins, 2006; Grunnan vd., 2008; Soole vd., 2012).

Aydınlatma

OHTS'nin kesintisiz olarak işletildiği göz önüne alındığında (örn.; günde 24 saat), sistemlerin düşük ışıklı ve gece koşullarında ilave aydınlatma sağlama kapasitesine sahip olması önemlidir. Kameraların kesintisiz aydınlatma, tetiklenen aydınlatma ve kızılötesi aydınlatma gibi bir dizi seçenekleri mevcuttur (Wiggins, 2006; Grunnan vd., 2008; Soole vd., 2012). Kesintisiz aydınlatma en pahalı yaklaşımdır ve bakım gereklilikleri ihtimalini artırır; diğer yandan flaşlar gibi tetiklenen sistemler sürücülerin dikkatini dağıtma potansiyeline sahiptir. Kızılötesi aydınlatması, özellikle de tek renkli kameralar kullanıldığında en yaygın olarak kullanılan aydınlatmadır. En popüler yaklaşım, diyot (LED) ışıkları yayan atımlı kızılötesi ışık kullanımınıdır (Wiggins, 2006; Soole vd., 2012).

Kamera aktivasyon sistemi

Kameralar farklı şekillerde etkinleştirilebilmektedir, bunlar arasında görüntü yakalamak için; kesintisiz video akışı veya lazerler, radarlar veya loop sensörler gibi araç tarafından etkinleştirilen yöntemler mevcuttur. Avustralya'nın New South Wales eyaletinde Yol ve Denizcilik Kurumu tarafından yapılan denemeler, kameralar loop sensörler tarafından tetiklendiğinde araç yakalama oranlarının daha yüksek olduğunu göstermiştir; ancak böyle bir yaklaşım daha kısa bir çalışma süresine ve dolayısıyla daha yüksek bakım gerekliliklerine sahip olabilir (Araç, loop sensörler üzerinde geçince, elektromanyetik alandaki değişiklik aracın tespit edilmesini ve aynı anda şeritle ilişkili kameranın etkinleştirilmesini sağlamaktadır.) (Lynch, 2010; Montella vd., 2012a; Soole vd., 2012).

3. 2. Altyapı

Kamera yuvası

Kamera yuvaları için çeşitli seçenekler mevcuttur. Özel kapatma seviyesi çeşitli hava koşullarına veya öngörülen izinsiz girişim veya vandalizme karşı gereken koruma derecesine bağlıdır. Tipik olarak en koruyucu yuva (Şekil 3.), dışarıdaki havayı içine

almayan ve teknolojinin en zorlu çevre koşullarında bile kullanılmasına izin veren kapalı bir sistem içerir (Redflex Traffic Systems, 2007; Soole vd., 2012).



Şekil 3. Ortalama hız kameraları için en koruyucu yuva örneği (Economistax, 2013)

Montaj

OHTS'nin kurulumunda iki ana yaklaşım vardır: (1) Kalıcı, (2) mobil (gezici) sistemler. Kalıcı sistemler tipik olarak, direkler gibi yol kenarı yapılarına veya ayaklı köprüler, köprüler veya üst geçitler gibi mevcut veya bu amaca yönelik inşa edilmiş altyapı öğelerine monte edilir (Gil ve Malenstein, 2007; Cameron, 2008; Soole vd., 2012). Mobil sistemlerse tersine, tipik olarak aynı teknolojinin araç veya römorka monteli versiyonlarıdır ve en yaygın olarak yol çalışmaları sırasında geçici bir uygulama yöntemi olarak kururlar (Şekil 4.) (Cameron, 2008; Soole vd., 2012).



Şekil 4. Mobil OHTS'nin araca monteli versiyon (Southwestbusiness, 2015)

Kalıcı sistemlerde ilk olarak, trafiği izlemek için kameraların nasıl kurulacağıyla ilgili bir karar verilmelidir. İki yaygın yaklaşım vardır: (1) yana monte (2) baş üstüne monte kameralar (Lynch, 2010; Soole vd., 2012). Yana monte kameralar (Avustralya'da Victoria, New South Wales ve Queensland'deki işletmelere benzer biçimde) tipik olarak yol kenarı banketi veya refüjde bulunan

direklere sabitlenir (Şekil 5.). Birleşik Krallık'ta ve Avrupa çapında daha yaygın olan baş üstü kameraları ise aksine, mevcut veya bu amaçla yapılmış altyapı öğelerine sabitlenir ve genel olarak her bir şerit için ayrı kameralar içerir (Şekil 6.) (Soole vd., 2012).

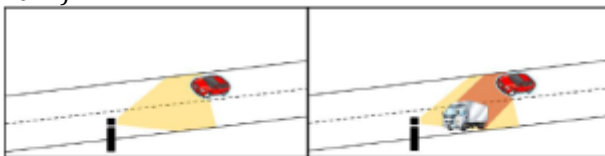


Şekil 5. Yana monte ortalama hız kameraları (Gundem Kibris, 2013)



Şekil 6. Baş üstü ortalama hız kameraları (Bigmir, 2011)

Yana monte kameralar daha ucuz bir yaklaşımken, bunlar daha geniş araçların (örn.; kamyonlar, otobüsler) diğer şeritlerdeki araçların algılanmasını engelleyebileceği göz önüne alınır, tipik olarak daha kötü bir yakalama oranına sahiptirler (Şekil 7.). Diğer yandan, her bir şeride bir kamera atayan baş üstü kurulumları, yakalama oranlarını artırır ve sistem iş yükü gerekliliklerini azaltır. Bu yaklaşım, daha kapsamlı bir altyapı gerektirdiği için önemli ölçüde pahalıdır. Bununla birlikte, mevcut altyapı kullanılırsa eğer altyapıyla ilgili maliyetler bir miktar azaltılabilir (Lynch, 2010). Avusturya'da tüm sistemler her bir şerit için ayrı bir kamerayı içermektedirken, kameralar, uygulama koridoru içinde şerit değiştiren araçların izlenebilmesini ve ortalama hızının hesaplanabilmesini sağlamak için çapraz referansta (cross-reference) bulunmaktadır. Kameralar bu amaçla inşa edilmiş baş üstü ayaklı köprülere takılmıştır (Grunnan vd., 2008; Soole vd., 2012).



Şekil 7. Bir yana monte ortalama hız kamerasının plaka yakalama örneği (Lynch, 2010)

Birleşik Krallık'ta yakın zamanda benimsenen bir seçenek de, yol üzerine uzanan kollara sahip yol kenarı çıkımlarını içerir (Şekil 8.). Böyle bir yaklaşım, her bir trafik şeridi için atanmış bir kameranın kullanımına izin verirken, altyapı maliyetlerini önemli ölçüde düşürür. Ortalama hız kameralarının monte edilmesi konusunda mevcut olan yaklaşımların her birinin avantajlarını kendinde birleştirir. Ancak, geçen araçlardan kaynaklanan titreşim ve rüzgârdan kaynaklanan hareketin etkileri gibi yapısal ve tasarımsal sorunlar, böylesi bir yaklaşımın etkili ve güvenilir biçimde uygulanması için göz önüne alınmalıdır (Lynch, 2010; Soole vd., 2012).



Şekil 8. Yol üzerine uzanan kollara sahip yol kenarı çıkımları (Lynch, 2010)

Kablo tesisatı

Bir OHTS için gereken kablo tesisatı miktarı ve kablo tesisatının karmaşıklığı büyük ölçüde sistemin entegrasyon derecesine bağlıdır. Ayrı kameralar, aydınlatıcılar ve işlemciler kullanan sistemler en karmaşık kablo tesisatı şemasını gerektirecektir. Kombine kamera ve aydınlatma ünitelerinin ayrı bir işlemciye bağlı olduğu yerlerde ise daha basit bir kablo tesisatı düzeni gerekecektir. (Wiggins, 2006; Soole vd., 2012).

Saatler

OHTS, yakalanan görüntülerle bağlantılı tarih ve saat etiketleri sağlayabilecek saatler içermelidir. Böylesi bir işlem, sistemler tarafından algılanan ihlaller için hayati bir kanıt tabanı oluşturur (Kursius, vd., 2003; Parliamentary Travelsafe Committee, 2008; Wiggins,

2006; Soole vd., 2012). En yaygın yaklaşımlar GPS (Global Konumlandırma Sistemleri) teknolojisi ve/veya NTP (Network zaman protokolü) kullanımıdır. Senkronizasyonun saatini tutmak için genel olarak bu iki yaklaşım benimsenir; GPS zamanı iki cihaz üzerinde birbirleriyle senkronize etmeyi içerirken, NTP cihazları doğru saate göre senkronize etmeyi içerir. Tüm durumlarda NTP yaklaşımı benimsenir, böylece NTP ağına bağlı olan cihazlar periyodik olarak NTP sunucusundan zaman bilgisi talep eder ve buna uygun olarak kendi iç saatlerini ayarlarlar. (Grunnan vd., 2008; Montella vd., 2012a; Soole vd., 2012). Kısaca, sistemin doğruluğunu güvence altına almak için tarih ve saati ölçmekte kullanılan teknolojinin senkronize edilmesi ve sistemlerin düzenli olarak test edilmesi ve onaylanması hayati bir öneme sahiptir (Orozova-Bekkevold, vd., 2007).

Güç kaynağı

OHTS, hem AC (alternatif akım) ana hatlarından hem de DC (doğru akım) güç kaynakları üzerinden beslenerek çalıştırılabilir. Çoğu durumda sistemler ikisiyle de çalışabilme yeteneğine sahiptir. Sabit kurulumlar tipik olarak ana hat gücü gerektirmektedir, mobil sistemler ise DC güç kaynağını destekleme gerekliliğine sahiptir (Wiggins, 2006; Soole vd., 2012).

3.3. İşlemciler ve sunucular

OHTS için birincil işleme gerekliliği ANPR ve OCR yazılımıdır. Yani, birincil işleme gerekliliği araç plakalarını ve diğer ilgili verileri yakalama ve tanıma gerekliliğidir (Soole vd., 2012). OHTS, sistem kameralarından geçen araçların ruhsat/plakalarını otomatik olarak algılayan ve okuyan AVI (otomatik araç tanımlama) sistemlerinin bir çeşididir (Young ve Regan, 2007; ANPR Systems, 2014). OHTS tipik olarak şu şekilde çalışır: Giriş ve çıkış istasyonları araçların görüntüsünü yakalar ve ANPR/OCR yazılımı tarafından işlenmesi için özel bir dosya formatına dönüştürür (örn.; JPEG, TIFF, bitmap). Görüntünün yakalanması sırasında, ihlalin tarihi, saati ve konumunun yanı sıra sistem parametreleriyle de ilgili bilgiler toplanır. Genel olarak 'parmak izi' (fingerprint files) olarak anılan bu veriler her bir kamera sahasında toplanır, bir iletişim bağlantısı parmak izlerini (her biri 1 kB) merkezi bir ofise gönderir ve her çıkış parmak izi, giriş parmak izlerinden oluşan alt setle karşılaştırılır. Eşleşen parmak izleri, hız ihlali yapanları tanımlar ve hesaplanan hız, ayarlanmış eşik üzerindeyse kaydedilir. Hız ihlalinde bulunanların geriye kalan görüntüleri daha ileri aşamada işleme ve otomatik plaka tanınması için polis işleme ofisine aktarılır (Gil ve Malenstein, 2007; Orozova-Bekkevold, vd., 2007; Grunnan vd., 2008). Daha önceki dönemlerde ANPR/OCR işleme sistemleri bir bilgisayar donanımı gerektirmekteyken, daha yakın zamanda ise küçük

bir endüstriyel PC veya laptop bilgisayardan daha fazla bir şey gerektirmemektedir (Wiggins, 2006; Soole vd., 2012; Lynch, 2010).

OHTS uygulaması için her taşıt yolu kıyısına iki yol kenarı kabini yerleştirilir (Şekil 9.). Görüntüler burada hesaplama ve ilk işleme (parmak izi alma) için geçici olarak depolanır. Bu kabinler yetkisiz girişimlere karşı korumaya sahiptir. Kabin yanlış biçimde açılırsa, sistem anında kapatılır ve herhangi bir veri bırakılmayacak şekilde anında silinir (Grunnan vd., 2008).



Şekil 9. OHTS yol kenarı kabini (Getsurrey, 2016)

Hassasiyet

OHTS'nin hassasiyeti iki şekilde değerlendirilebilir: "araç plakasını yakalama yeteneği" ve "ANPR/OCR motorlarının plakayı okuma hassasiyeti". Tüm sistemler yüksek araç algılama oranlarına sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır, öyle ki uygulama kesiti boyunca seyahat eden neredeyse tüm araçların izlenmesini sağlamalıdır. Ancak plaka okuma yazılımının plakayı okuyabilme derecesi plaka stillerindeki farklar (örn.; bir yargı yetkisi alanı içinde kullanılan farklı plakalar veya plakanın durumu: kirli, hasarlı) tarafından etkilenebilir. Tüm yeni plaka stillerinin sistem kameraları tarafından algılanabilmesinin sağlanması önemlidir (Young ve Regan, 2007; Soole vd., 2012). Garibotto ve meslektaşları (2003) mobil bir ANPR sistemi tarafından tanınan plakaların yüzdesini, insan olan bir gözlemci tarafından okunabilir olduğu varsayılan plaka sayısı ile karşılaştırmıştır. Mobil bir ANPR sisteminin tanıma performansının, bir dizi sürüş, aydınlatma ve çevre koşulu altında % 90'ın üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Yani, bir gözlemci tarafından okunabildiği varsayılan plakaların yüzde 90'ından fazlası, ANPR sistemi tarafından doğru biçimde tanınmıştır. Başka bir araştırma da bu rakamları doğrulamış ve güncel ANPR sistemlerinin plakaların % 95'ini doğru biçimde okuyabildiğini bildirmiştir. Plaka okuma işleminin en önemli bileşeni, ANPR/OCR motoru tarafından hata yapıldığında bunların hem giriş hem de çıkış sahasında tutarlı olmasıdır. Bu tür hatalar yine o aracın üzerinde uygulanacak yaptırıma izin verir,

ancak geri ofiste bir dereceye kadar manuel doğrulama ihtiyacını da vurgular. (Soole vd., 2012).

3.4. Bağlantı ağı

Yerel işlemciden geri ofise parmak izi bilgilerinin aktarılması için çeşitli seçenekler mevcuttur. Bunlar arasında ethernet, kablosuz teknolojiler (örn.; WiFi, GSM, GPRS, CDMA veya 3G) ve fiber optik kablolar vardır. Sıklıkla fiber optik bağlantı ağları halihazırda otoyollar boyunca kurulmuş durumdadır ve dolayısıyla bu, maliyet verimli bir yaklaşım sunabilir (Wiggins, 2006; Kallberg vd., 2008; Soole vd., 2012). İşlenmesi gereken verilerin büyük hacmi göz önüne alındığında, çoğu sistem parmak izi verilerini çok küçük (örn.; her biri 1KB kadar küçük) dosya boyutlarında kaydetme ve aktarma yeteneğine sahiptir (Orozova-Bekkevold, vd., 2007). Ancak, OHTS tarafından alınan ilk görüntüler, diğer sistem bileşenlerine bağlı olarak değişecektir. Örneğin, analog kameralar daha küçük boyutlu görüntüler (50kB'a kadar) yakalarken dijital kameralar (500kB ila 2MB) daha büyük boyutlu görüntüler yakalar. Bu nedenle, kamera sistemi tercih edilmeden önce trafik akışı ve sistemin işlemci yetenekleri göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, merkezi işleme ünitesine gönderilen bilgi miktarı da, kullanılan işlemci tipine göre değişir. Diğer bir deyişle, yol kenarı işlemcisi ANPR işleminin veri aktarımı öncesinde gerçekleştirilmesine izin verebilir, görüntüler yerel olarak depolanır ve yalnızca bir ihlalde bulunduğu tespit edilen araçlarla ilgili bilgiler merkezi işleme ünitesine aktarılır, bu da bağlantı bant genişliği gerekliliklerini önemli ölçüde düşürür (Wiggins, 2006).

3.5. Geri ofis/Merkezi işleme ünitesi

Geri ofis, yerel işlemciden gelen verilerin bir bağlantı ağı üzerinden aktarıldığı merkezi işleme ünitesini temsil eder (Şekil 10.). Geri ofise aktarılan veri miktarı sistemden sisteme göre değişir. Ancak, OHTS genel olarak bir dizi işleme görevini yerel işlemcide gerçekleştirir ve merkezi işlemciye yalnızca ihlalde bulunan araçlarla ilgili verileri ve görüntüleri aktarır. Geri ofis tümüyle otomasyonlu olabilir veya tespit edilen ihlallerin doğruluğunu değerlendirmek için değişen derecelerde insan doğrulaması barındırabilir. Doğrulanmış ihlaller bundan sonra yetkili merciler tarafından çıkarılan bir ihlal bildirimisiyle kaydedilirken hız sınırını aşmayan araçlar konusundaki veriler silinmektedir. Tespitlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini güvence altına almak için genel olarak bir derece insan doğrulaması önerilmektedir (Soole vd., 2012).



Şekil 10. OHTS geri ofisi (Koprulu, 2015)

4. Ortalama Hız Tespit Sistemi Detayları

OHTS kurulurken, sistemin etkililiğini ve maliyetlerini etkileyecek konu ve kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar; güzergâh seçimi, kameralar arası mesafeler-kamera sayısı ve hız sınırlarıdır.

4.1. Güzergâh seçimi

OHTS, 20 mil/s'lik bir kentsel sokaktan, yüksek hızlı, çok şeritli otoyollara kadar neredeyse tüm kamusal yollarda kullanılabilir (Speed Check Services, 2009b). Araştırmacıların yapmış olduğu tespitlere göre potansiyel güzergâhlar seçilirken karşılanması gereken kriterler mevcuttur. Başlıca kriterler şunlardır; kaza oranı ve hız, yol tipi, kavşaktan kaçınmak, yukarı akış ve aşağı akış yönündeki yol kesitleridir.

Kaza oranı ve hız

OHTS'nin, geçmişinde yüksek kaza oranları veya aşırı araç hızlarıyla bağlantılı, belgelenmiş sorunlara sahip yol kesitlerinde, özellikle de diğer uygulama stratejilerinin daha az etkili olduğunun kanıtlandığı veya sürdürülebilir biçimde uygulanmasının zor olduğu yerlerde kullanılması gerekir (Soole vd., 2012; 2013a). Özellikle bazı araştırmacılar tarafından uygulamadan önceki üç yıl içinde kırsal yollarda kilometre başına 6, kentsel yollarda 8 ölümlü veya ağır yaralanmalı kaza olan güzergâhların tercih edilmesi önerilmektedir (Lynch, 2010; Lynch vd., 2011).

Yol tipi

OHTS'nin özellikle yüksek oranda kırsal yollara sahip eyaletlerde faydalı olabileceği önerilmektedir. Çoğu kırsal otoyol yüksek hızlara olanak sağlamaktadır, çünkü bu yollar tipik olarak düz ve eğimsizdir, sürücüler kentlerden geçmeden uzun mesafeler kat edebilirler. Dolayısıyla, trafik kazaları olması durumunda sonuçlar ağır olabilmektedir. Bu tür yollarda, anlık hız uygulamasının (örn.; sabit ve mobil hız kameraları) hız davranışı üzerindeki etki alanı minimaldir. Alternatif olarak OHTS, sürücü

davranışları üzerinde daha önemli ve tüm ağı kapsayan etkilere sahip olabilir, bu özellikle uygulamanın mevcut olduğu güzergâhtan sapmak için kısıtlı olanağın olduğu yerlerde geçerlidir. (Soole vd., 2012).

Kavşaktan kaçınma

Kavşaklar, OHTS'nin etkililiğini azaltma potansiyeline sahiptir. Sistemin uygulandığı sahalar yuvarlak kavşaklar ve diğer kontrollü kavşakları barındırmamalıdır. Bunlar mevcut olduğunda, ana akışa katılan veya buradan ayrılan sürücüler kesintisiz trafik üzerinde bir etki yaratacaktır. Bir araç kesintisiz trafik akışına girerken veya çıkarken, arkadan gelen araçlar dönen aracın ana akışa katılmak için hızlanmasına veya ana akıştan ayrılmak için manevra yapmasına izin vermek amacıyla yavaşlamak zorunda kalacaktır. Başka bir sorun da, ortalama hız kamerası uç noktası arasında bulunan kavşaklardan giren ve çıkan araçların OHTS'ye tabi olmamalarıdır. Çünkü yalnızca bir kamera konumunda tespit edilebilirler ve hatta belki de hiçbir kamera konumunda tespit edilemezler (Lynch, 2010; Lynch vd., 2011).

Yukarı akış ve aşağı akış yönündeki yol kesitleri

Bazı araştırmacılar OHTS'nin emniyet etkilerinin belirlenebilmesi için, iki kamera arasındaki kesit kontrolünün, yukarı akış ve aşağı akış yönündeki yol kesitlerinin de çalışma alanına dâhil edilmesini düşünmektedirler. Yukarı akış alanının yol uzunluğu, kesit kontrolüne girilmeden önce trafiğin yavaşladığı yol uzunluğudur ve aşağı akış alanının yol uzunluğu ise kesit kontrolünden çıktıktan sonra trafiğin hızlandığı yol uzunluğudur (Şekil 11.). Örneğin, sürücülerin kesit kontrolüne girmeden önce yavaşlaması ve çıktıktan sonra hızlanması mümkündür. Bu davranış, bu yukarı ve aşağı akış yönündeki yol kesitlerinde kaza sayısında bir artışa sebep olabilir. Yol kesitinin yukarı ve aşağı akış yönündeki bu etki alanları kaza analizine dâhil edilmeli ve hız verileriyle tanımlanabilmelidir. (Korthof, 2014).



Şekil 11. OHTS'nin yukarı ve aşağı akış yönündeki etki alanları (Korthof, 2014)

4.2. Kameralar arası mesafeler ve kamera sayısı

Bazı araştırmacılar iki kamera konumu arasındaki onaylanmış ve bilinen mesafenin 300 metreden onlarca kilometreye kadar değişiklik gösterebilir

olduğunu savunmaktadır (Cameron vd., 2003; 2011; Cameron, 2008; Høye, 2014; Montella vd., 2015). Diğer araştırmacılar halihazırdaki anlık hız uygulaması kameralarının hız kamerasının aşağı akış yönünde (500 m ve 1.5 km arasında) kısıtlı bir hız azaltma halo etkisi (halo effect) olduğunu ve kameranın yukarı akış yönünde çok az bir etkisi olduğunu veya hiç olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle diğer araştırmacılar ise OHTS'nin, uzunluk olarak 2 km'den daha büyük yol kesitlerinde uygulanması gerektiğini önermektedir. Bunun nedenlerinden diğeri de, OHTS'ye daha fazla maliyet yatırımı yapılmasının kısa mesafelerde daha büyük faydalar yaratmasının pek ihtimal dâhilinde olmamasıdır. Ayrıca genel bir sistemin kurulumu için de toplam 5km ile 20km arasındaki ortalama hız bölgeleri tercih edilmektedir (Lynch, 2010; Lynch vd., 2011). Birleşik Krallık'taki araştırmacılara göre bir OHTS tarafından kesit boyunca uygulanan ortalama hızın hassas hesaplaması, sistem içindeki noktalar arasında bulunan "en kısa pratik mesafenin" hassas biçimde ölçülmesini gerektirir. İki nokta arasında izlenen mesafenin ölçümü için yöntemler denenmekte, özel olarak uygulamacıların bir santimetreye kadar hassasiyete sahip ve izlenebilir bir ölçüme geri takip edilebilen ölçüm cihazları kullandıkları bildirilmiştir (Soole vd., 2012).

Sistemlerin içerdiği kamera ve kamera sahaları sayısı, sistemin uzunluğu ve izlenen şeritlerin sayısına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kameralar yüzlerce metreyi veya onlarca kilometreyi kapsayacak şekilde çeşitli bağlantılarla yapılandırılabilir ve farklı şeritlerde hız kontrol bölgesine giren ve çıkan araçları izleme kapasitesine sahiptir (Speed Check Services, 2009b). OHTS uygulamasında daha uzun kesitler boyunca hız sınırına uyum sağlamayı teşvik etmek için kamera sahaları tipik olarak 2 ila 3 km aralıklarla konumlandırılır. Böylesi bir pratiğin, izleme donanımının yaklaşık olarak her beş dakikada bir kullanıldığı algısı yaratacağı ve sürücülerin hangi bağlantıların hâlihazırda etkin olduğunun farkında olmadıkları göz önüne alındığında, kamera bölgesine giriş ve çıkış konumlarından kaçınma girişimini azaltacağı öne sürülmektedir (Soole vd., 2012). Avrupa ve Avustralya'daki uygulamalarda genellikle belirli bir kesit içindeki kamera sayısı, şerit/yön başına bir kamera olacak şekilde uygulanacak şerit ve yön sayısı ile doğru orantılıdır. Birçok sistem aynı zamanda acil durum/arıza şeridini izleme amacıyla da birer kamera daha içermektedir (Soole vd., 2012).

4.3. Hız sınırları

OHTS, farklı sınırlara sahip çok sayıda hız bölgesi boyunca geçerli olacak ortalama hız sınırını uygulama kapasitesine sahiptir (örn.; uygulamanın yapıldığı uzunluğun bir kısmı 100km/s' lik bölgede ve bir kısmı 80km/s'lik bölgededir). Sistem bunu uygulama yapılan uzunluk boyunca geçerli olacak genel ortalama hızı hesaplayarak gerçekleştirir. Ancak bu

yaklaşım yasal sorunlar ve daha fazla karmaşıklık yaratma potansiyeli olması nedeniyle pratikte nadiren kullanılmaktadır. Bu sebepten, sahadaki hız sınırının iki kamera arasında sabit olması tercih edilmelidir (Lynch, 2010; Lynch vd., 2011). Bu değer, mobilite ihtiyaçlarını yansıtmalıdır ve aynı zamanda en kısıtlı geometrik bileşenler içinde bile emniyetli bir sürüş için yeterli olmalıdır (Montella vd., 2015).

5. Materyaller ve yöntemler

Bu bölümde, OHTS ile ilgili ampirik çalışmaları değerlendiren uluslararası literatür taranmış ve değerlendirilmiştir. Hız yapma probleminin altı çizilerek, hız yönetimine ve özellikle de hız yaptırım uygulamasına yenilikçi yaklaşımlar geliştirmeye olan mevcut ihtiyaç vurgulanmıştır. OHTS'nin; kaza oranları, araç hızları, trafik akışı, tıkanıklık, emisyon ve gürültü sonuçları üzerindeki etkileri incelenmiş, uygulama hakkındaki sürücü görüşlerinin yanı sıra fayda/maliyet sonuçları rapor edilmiştir. Ayrıca sistemin anlık hız uygulaması yaklaşımıyla farklılıklarının karşılaştırılması da değerlendirilmiştir. OHTS hakkındaki yasal düzenlemeler ve ceza uygulamaları konularına da değinilmiştir.

Temel arama terimleriyle tekrarlı bir arama stratejisi kullanılarak temel yol emniyeti online veri tabanlarında sistematik aramalar yapılarak (örneğin, ScienceDirect, Transportation Research Information Database [TRID]), ilgili değerlendirme çalışmaları bulunulmuştur. Ayrıca elde edilen tüm çalışmaların referans listeleri önemli çalışmalara ulaşmak açısından aranmıştır. Aynı zamanda "Google" ve "Google Scholar" kullanılarak kapsamlı internet aramaları da yapılmıştır. İlgili çalışmalar ve bağlantılar için temel yol emniyeti kurumları, polis ve ulaşım yetkilileri ve hız kamerası teknolojisi üreticilerinin web sitelerinde de gerekli aramalar yapılmıştır. Değerlendirme çalışmalarında aranan anahtar arama terimleri çok sayıda olduğu için "Average speed enforcement, point-to-point speed enforcement, section control, trajectory control" isimleriyle aramalar yapılmıştır.

6. Araştırma Bulguları

Yol emniyeti tedbirlerinin etkileriyle ilgili bilgileri arttırmak için, titiz önce/sonra çalışmaları gerçekleştirmek temel bir önem teşkil eder (Elvik, 2011). OHTS'nin avantajı, bir yol kesiti boyunca ortalama hızın kaydedilmesidir, bu da yüksek miktarda hız sınırına uyma ve dolayısıyla araç hızı farklarında hız sınırına uyma ve artan trafik kapasitesiyle sonuçlanacaktır. Trafik akışındaki uyumlulaştırmadan dolayı kesit kontrolü, mevcut altyapının daha iyi kullanılmasını, trafik emisyonları

ve trafik gürültülerinin azaltılmasını sağlamaktadır (Stefan, 2005; Collins, 2007b; Koy ve Benz, 2009; Speed Check Services, 2009a; Cascetta vd., 2011; Soole vd., 2012; De Pauw vd. 2014). Şekil 12, OHTS'nin uygulanması ile elde edilen sonuçları yansıtan genel objektif şemayı göstermektedir (Korthof, 2014).



Şekil 12. OHTS kesit kontrolü şeması (Korthof, 2014)

6.1. Araç hızı üzerindeki etkisi

OHTS'nin araç hızı üzerindeki etkilerini değerlendiren araştırmalar, uygulamanın bir dizi hız ölçütü üzerinde yüksek oranda olumlu etkisi olduğunu kanıtlar niteliktedir. Bu ölçütler şunlardır; "ortalama hızlar, 85 yüzdeli hızlar, hız yapan araçların oranı ve hız değişkenliği (Soole vd., 2012).

Ortalama hızlar ve 85 yüzdeli hızlar

Uygulanan çoğu emniyet tedbiri, yol kullanıcılarının hızlarını düşürmesini ve hız sınırlarına uymasını sağlamayı amaçlamaktadır. Ortalama hızdaki değişimin yol emniyeti üzerinde; kaza sayısı, yaralanan ve ölen insan sayısı açısından yarattığı etkiler iyi bilinmektedir. Ancak, trafik emniyeti tedbirleri ile yalnızca ortalama hız değil, yüzde 85'lik hız, hızın standart sapması ve hız dağılımının şekli de etkilenmektedir (Vadeby ve Forsman, 2014). Daha önceki çalışmalar, mutlak araç hızlarını azaltmakla bağlantılı yol emniyeti yararlarını vurgulamaktadır (Aarts ve van Schagen, 2006). OHTS'lerin değerlendirmeleri ise tipik olarak ortalama ve 85 yüzdeli hızlarda önemli azalmalar kaydetmiştir. Dahası, ortalama ve sıklıkla 85 yüzdeli hızlarda verilen hız sınırına veya daha düşük bir seviyeye düşüş görülmüştür. Bu tür etkiler, dünya çapında çeşitli ülkelerde uygulamaya konulan kalıcı ve geçici sistemlerin her ikisiyle de bağlantılı olarak bildirilmiştir (Gil ve Malenstein, 2007; Simcic, 2009; Speed Check Services, 2009b; Soole vd., 2012).

Hız yapan araçların oranı, aşırı ve düşük seviyede hız yapma

Çok sayıda çalışmada, OHTS uygulaması ile hız sınırlarına uyma konusunda yüksek oranlar sağlandığı görülmektedir. Günlük trafik hacimleri yüksek olduğunda bile ihlal oranları genellikle %1'den düşük olarak bildirilmiştir. Çalışmalarda, hız sınırını aşan araç oranlarında %90'a varan düşüşler bildirilmiş ve özellikle de "aşırı hız yapma" davranışını azaltma konusunda oldukça etkili olduğu görülmüştür (Gains vd., 2005; Schwab, 2006; Soole

vd., 2012; Fleiter vd., 2013). Avustralya'nın Victoria Eyaleti'ndeki Hume otoyolu üzerinde kullanılan OHTS uygulamasıyla sağlanan uyum oranları değerlendirilirken, günlük olarak hız ihlalleri için yaklaşık 1000 aracın işlem gördüğünü, bunun da yaklaşık %1-2'lik bir ihlal oranı oluşturduğu ifade edilmiştir (Cameron, 2008; Soole vd., 2012).

“Düşük seviyede hız yapma” davranışıyla ilgili olarak, bunun hız yapma davranışı için önemli olduğu ve küçük hız ihlallerinde yaptırım uygulamak için az da olsa bir gereğin olduğu gerçeği tartışılmıştır. Özellikle hız sınırını küçük miktarlarda da olsa aşmanın, minör ve ağır yaralanmalı kaza olasılığında önemli artışlarla bağlantılı olduğu belirtilmiştir. Araç hızlarında küçük azaltmaların bile kaza sonuçlarında önemli düşüşler yaratabileceği belirtilmiştir (Kloeden vd., 2002; Nilsson, 2004; Soole vd., 2012).

Araçlar arasındaki hız değişkenliği

OHTS uygulamalarıyla sürücülerin yoğunluğunun hız sınırına yakın hızlarda seyahat etmesi nedeniyle ‘hız farkının’ da azaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, araç hızlarındaki böylesi değişimler tipik olarak daha homojen trafik akışlarıyla, iyileştirilmiş trafik yoğunluğuyla ve azaltılmış seyahat süreleriyle sonuçlanmaktadır (Charlesworth, 2008; Speed Check Services, 2008; 2009a; Koy ve Benz, 2009; Soole vd., 2012; 2013a; Montella vd.; 2015). İngiltere’de üç otoyol kesiti karşılaştırılmış, OHTS uygulamasının bulunduğu yerlerde hız değişkenliklerinin en düşük seviyede olduğu bildirilmiştir (Thornton, 2010). Otoyolun OHTS uygulamasının olmadığı 70 mil/s’lik bir kesitinde, araçların %60’ının 15 mil/s’lik bir aralıkta seyahat ettikleri gözlemlenmiştir. Otoyolun OHTS uygulamasına sahip 70 mil/s’lik diğer kesitinde ise araçların %60’ının 5 mil/s’lik bir aralıkta seyahat ettikleri gözlemlenmiştir. Geçici olarak OHTS uygulamasının yapıldığı bir 50 mil/s’lik kesitte ise araçların 3 mil/s aralığında seyahat ettikleri gözlemlenmiştir. İngiltere’deki OHTS uygulamasına sahip yolların tipik hız profili, çoğu aracın verilen hız sınırının 3 mil/s aralığı içinde seyahat ettiklerini göstermektedir (Charlesworth, 2008; Soole vd., 2012).

6.2. Kaza oranı üzerindeki etkisi

Sistem teorik olarak trafik emniyetine katkıda bulunmaktadır; çünkü hem ortalama hızda hem de hız varyansında gerçekleşen düşüş, azalmış bir kaza riskiyle sonuçlanır (Korthof, 2014). Mevcut araştırmalar, araç hızlarındaki düşüşle aynı doğrultuda olacak şekilde, özellikle ölümcül ve ciddi yaralanmalarla sonuçlanan kazalar olmak üzere tüm kaza tiplerinde OHTS ile önemli düşüşlerin gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar İngiltere, İtalya, Avusturya ve Hollanda’da yürütülen değerlendirme çalışmalarının sonucudur ve kalıcı ve geçici sistemlerin her ikisini de kapsamaktadır

(Malenstein, 1997; Cameron vd., 2003; Gil ve Malenstein, 2007; Orozova-Bekkevold vd., 2007; Australian Transport Council, 2011; Cascetta ve Punzo, 2011; Soole vd., 2012; 2013a). Daha önemlisi, uygulamanın aşırı hız yapma davranışını azaltmakta özellikle etkili bir karşı tedbir olduğunun ortaya konulmasıdır. Bu bulgu, araç hızı ve kaza riski arasındaki önemli ilişki göz önüne alındığında, yol emniyeti açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır (Kloeden vd., 2002; Soole vd., 2012; Fleiter vd., 2013).

Hollanda’da OHTS A13 otoyolunun bir kesiti üzerinde 2002 yılında hizmete sokulduktan sonra, araçların yalnızca % 0.5’inin aşırı hız yaptığı tespit edilmiştir. Toplam kaza sayısı %47 oranında azalmış, ölüm oranlarında %25 düşüş, zayıf sayısında azalma görülmüştür (Stefan, 2005; Simcic, 2009; Soole vd., 2013a). İngiltere çapında OHTS, ölümlü ve yaralanmalı kazalarda %65’e kadar ve minör yaralanmalı kazalarda %20’ye kadar düşüşler ortaya koymuştur. (Highways Agency and Atkins Consultants, 2009; Collins, 2010; Soole vd., 2013a). İngiltere’de Northamptonshire’da, A43 otoyolu üzerindeki işletimin ilk beş yılında ölüm ve ağır yaralanmaların sayısı % 78 oranında azalmış ve A428 otoyolu üzerindeki işletimin ilk dört yılında bu oran % 85 olmuştur (Australian Transport Council, 2011).

6.3. Durma-kalkma hareketinin azalması ve trafik akışının iyileşmesi

OHTS uygulamasıyla ilgili ilave bir fayda da, “daha homojen bir trafik akışı ve artan trafik” kapasitesidir. Bu fayda azalan araç hız değişkenliği ve buna bağlı olarak artan araçlar arası mesafeden kaynaklanmaktadır (Collins, 2007b; Collins ve McConnell, 2008; Koy ve Benz, 2009; Soole vd., 2012). Daha az hız farkından kaynaklanan, iyileşen trafik akışının bir sonucu olan azalmış tıkanıklık, trafik akışında sıkışma gerçekleşmeden bir yol kesitinde daha yüksek trafik hacimlerinin karşılanabilmesi anlamına gelir (Stefan, 2005; Collins, 2007b; Stoelhorst, 2008; Koy ve Benz, 2009; Soole vd., 2012). Özellikle İskoçya’daki Kavşak 28 yol çalışmaları sırasında OHTS kurulduktan sonra trafik akışı iyileşmiş, sabah pik saatlerinde seyahat sürelerini 10-15 dakikadan 0-5 dakikaya düşürmüştür (Collins ve McConnell, 2008). İtalya’da yakın zamanda bir önce/sonra çalışması yapılarak tekrar eden tıkanıklığa sahip A56 otoyolunun bir kesiti üzerinde, OHTS uygulamasının trafik akışı görüntüleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, araç hızlarının ve buna bağlı trafik akışının daha homojen olduğunu ve tıkanıklıkların etkisinin azaldığını, bunun da daha güvenilir ve daha kısa seyahat süreleriyle sonuçlandığını göstermektedir (Cascetta vd. 2011; Soole vd., 2012).

6.4. Gürültü, yakıt tüketimi ve araç emisyonları

Karayolu taşımacılık sektörü, dünya çapındaki toplam insan yapımı CO₂ (karbondioksit) emisyonunun yaklaşık %25'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle, iyileştirilmiş araç teknolojileri, trafik yönetimi ve sürüş davranışının değiştirilmesini içeren çeşitli yaklaşımlar kullanılarak bu emisyonların azaltılması için önemli çabalar harcanmaktadır (Garcia-Castro ve Monzon, 2014). Bu konudaki çalışmalar, trafik akışındaki iyileşmelerden kaynaklanan trafik gürültüsü ve zararlı araç emisyonlarındaki azalmanın OHTS uygulamasına bağlanabileceğini öne sürülmüştür (Collins, 2007b, Soole vd., 2012, Garcia-Castro ve Monzon, 2014). Birleşik Krallık'ta Thornton (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada OHTS tarafından izlenen ve izlenmeyen 70 mil/s ve 50 mil/s'lik otoyol kesitlerinde araçların yakıt tüketimi ve emisyonu karşılaştırılmıştır. OHTS uygulamasının 70 mil/s ve 50 mil/s'lik hız sınırlarında sırasıyla; bir araç için yakıt tüketimini 4.87 mpg (mil/galon) ve 15.92 mpg iyileştirdiği, CO₂ emisyonunda her yıl mil başına 850 metrik ton ve 2.214 metrik ton düşüş sağladığı, yakıt ve emisyonunda %11.3'lük bir düşüş ve %29.5'lik bir düşüşü göstermektedir. Bunlara ek olarak trafik gürültüsü ve titreşimde de azalmaların olduğu görülmüştür (Thornton, 2010).

6.5. Fayda-maliyet analizleri

Fayda terimi, bir trafik uygulaması tedbirinin tüm olumlu maddi etkilerini içerir. OHTS uygulaması ile kesit kontrolü açısından faydalar ise; kazalar ve yol trafiği emisyonlarında azalmalardan oluşmaktadır (Grunnan vd., 2008). Diğer hız uygulama yaklaşımlarıyla karşılaştırıldığında, OHTS pahalı bir girişimdir (Soole vd., 2012). Alan ve güzergah yapılandırması ve teknolojik özelliklerindeki değişiklikler sebebiyle, bir OHTS'nin maliyetini tahmin etmek güçtür. Örneğin, kamera sayıları, kameraların ileri veya geriye dönük veya her iki yana da dönük olmaları, izlenecek şerit sayısı, belirli bir alandaki trafik hacmi (işleme ve veri depolama gerektirmelerini etkiler), baş üstü veya direğe monte altyapı kullanımı ve sistemin genel konumunun (örneğin, kentsel veya bölgesel/kırsal) tümü sistem maliyetlerini etkiler (Cameron, 2008). Bununla birlikte, diğer hız uygulama yaklaşımlarıyla karşılaştırıldığında, OHTS'lerin işletim ve bakım maliyetlerinin de katkısıyla pahalı bir girişim olduğu söylenebilir (Soole vd., 2012; 2013a). Avustralya'da Redflex (ekipman sağlayan trafik kamera teknolojisi şirketi) ile yapılan görüşmeler, sistem maliyetini etkileyen bir dizi başka faktörü vurgulamaktadır, bunlar içinde trafik hacmi (bilgisayar işlemcisi ve veri depolama gerekliliklerini etkiler) ve kamera sahalarının aynı konumda kurulup kurulmayacağı (altyapı maliyetlerinde tasarruf sağlar) gibi faktörler mevcuttur. Bir kamera sahası çiftinin maliyetinin 150.000 AUS\$'e 600.000 AUS\$ arasında değişebileceğini öne sürülmektedir (Soole vd., 2012). Highways Agency and Atkins Consultants (2009)

tarafından hazırlanan bir raporda, İngiltere'deki Huntingdon-Cambridge A14 yolu üzerinde bulunan OHTS'nin, tümüyle uygulandığı ilk yıl içinde yıllık "kaza maliyetinde" 2.2 milyon £'luk düşüş sağladığı belirtilmiştir. Bu sistemin uygulanmasından üç yıl sonra hesaplanan rakamlar, sistemin yıllık genel fayda-maliyetinin 4.3 milyon £ olduğunu göstermektedir (Collins, 2010; Soole vd., 2013a). Yine Birleşik Krallık'ta, OHTS'nin fayda-maliyeti, "yakıt tüketimi ve araç emisyonlarıyla" bağlantılı olarak araştırılmış, 70 mil/s hız limitli otoyollarda yılda mil başına 850 tonluk CO₂ düşüşü ile mil başına 68,000 £'luk bir karbon tasarrufu ve genel olarak 2.72'lik bir fayda-maliyet oranına denk gelmektedir. 50 mil/s hız limitli otoyollarda ise 7.08'lik bir fayda-maliyet oranı yaratabileceği tahmin edilmiştir (Thornton, 2010). Çok az sayıda fayda-maliyet analizi yapılmış olsa bile, bulgular umut vericidir ve sosyal ve ekonomik tasarruflar açısından olumlu bir yatırım yararı olduğunu göstermektedir (Soole vd., 2012).

6.6. Ortalama/anlık hız kameraları etki ve sürücü davranışı karşılaştırması

Sürücü davranışları, anlık hız ve ortalama hız kameralarına göre kıyaslandığında büyük ölçüde farklılık gösterir. Her bir kamera tipinde hız algılaması alanı farklıdır ve bu da kameraların 'etki alanını' etkiler. Literatürde OHTS'nin etkilerini diğer yaklaşımların etkileriyle sistematik olarak karşılaştıran çok az çalışma yapılmıştır (Soole vd., 2012; 2013a). Keenan (2002), ortalama hız teknolojisinin avantajları konusunda yorumda bulunurken, anlık hız ölçen sabit kameraların sahaya özel etkilerinin olduğunu; ancak OHTS'nin sürücüler ve hızları üzerinde yaptırım uygulamasının, yalnızca yaptırım uygulanan yol kesitinin başında ve sonunda görünür olmasına rağmen daha uzun mesafelerde bir etki yarattığını belirtmiştir. Ayrıca çalışmasında şunları kaydetmiştir: "anlık hız kamera sahaları etrafında gözlenen sürücülerin önemli bir kısmı kameraların yakın civarında davranışlarını değiştirmiş, kameradan 50 metre önce aniden frene basmış ve geçtikten sonra ani biçimde hızlanmışlardır. En endişe verici durum, bazı anlık hız kamera sahalarındaki kaza istatistiklerinin, kameralar kurulduğundan beri kötüye gitmiş olmasıdır. Ancak, Birleşik Krallık'ta sabit kamera sahalarını aşikâr biçimde kurmak ve gelişmiş kamera uyarı işaretleri yerleştirme şartı olması politikası göz önüne alındığında, sürücülerin şaşırılması oldukça düşük bir olasılıktır (Cameron, 2008; Cameron, vd., 2011). İşte OHTS, sürücülerin kamerayı görür görmez fren yapmalarını ve açıktaki kamera sahasını geçtikten sonra hızlı biçimde hızlanmalarını ve bu davranışın ortaya çıkarabileceği riskleri ortadan kaldırmaktadır (Cameron, vd., 2011; Lynch vd., 2011; Montella vd., 2012b; 2015; Soole vd., 2012; 2013b). OHTS uygulamasının artan kullanımıyla birlikte sürücü davranışları iyileşmiştir. Bu sistemde etki alanı çok daha büyüktür. Çünkü kameralar izlenecek

yolun tümünü kapsamaktadır. Sürücüler tutarlı bir trafik akışı yaratır ve hız kontrolünün uygulandığı tüm yol boyunca kurallara uyum sağlar. Etki alanının tüm yolu kapsadığı bir yol, kurallara uygunluğun yalnızca kamera bölgesinde görüldüğü bir yoldan çok daha güvenli olacaktır. Sürücülerin sürekli kamera arayışında olduğu anlık hız kameralarının tersine ortalama hız kameraları, sürücülerin mevcut olan sokak nesnelere bakmaksızın kendi sürüşlerine yoğunlaşmalarını sağlar. Bu da, sürücülerin ortalama hız kameralarını belirleyip bunlara tepki göstermek yerine bir kontrol bölgesi algıladığı olgusunu destekler niteliktedir (Speed Check Services, 2008; Charlesworth, 2008).

6.7. Sürücülerin OHTS uygulamaları hakkındaki genel görüşleri ve algıları

Birleşik Krallık'ta yapılan bir sürücü anketi, sürücülerin %74'ünün OHTS uygulamasına uyduğunu bildirdiğini ortaya koymaktadır. Ancak katılımcıların %18'i, ortalama hız uygulamasının onları, uygulamanın olmadığı yollarda hız sınırında araç kullanmaya teşvik ettiğini bildirmiştir. Ayrıca, katılımcıların %56'sı, anlık hız uygulamasının araç hızı üzerindeki etkilerinin yalnızca kameranın yakın civarında gerçekleştiği algısına sahiptir (Charlesworth, 2008). Avustralya'nın New South Wales eyaletinde ise düzenli olarak araba kullanan 315 adet sürücü üzerinde yapılan bir telefon anketi, katılımcıların %63'ünün ortalama hız uygulamasını desteklediğini göstermiştir (Walker vd., 2009).

6.8. Ortalama Hız Uygulamalarında Yasal Düzenlemeler ve Ceza Uygulamaları

OHTS kurulurken teknolojik özelliklerin dışında ve ötesinde, göz önüne alınması gereken ve çok sayıda yasal düzenleme konularını içeren bir dizi sorun mevcuttur. OHTS'nin ilk kurulumundan önce, çoğu yargı yetki mercii, teknolojinin tip onayını ve sertifikasını gerektirir. Yasal gereklilikler, yargı yetki alanları arasında değişir ve ekipmanın hassasiyeti ve güvenilirliği gibi teknik sorunlara ve sürücü tanımlaması gibi yasal sorunlara bağlıdır. OHT sistemi ilk olarak "Yol Emniyeti Kanunu (1986) ve Yol Emniyeti (Genel) Düzenlemeleri (1999)" altında 2010 yılında Avustralya'nın Victoria Eyaletinde yasalaştırılmıştır. Victoria, teknolojiyi uygulamaya koyan ilk Avustralya yargı yetkisi alanı olmuş, onu daha yakın zamanda ya tam işletim ya da deneme şeklindeki uygulamalarıyla New South Wales, Queensland ve Güney Avustralya bölgeleri de takip etmiştir (Soole vd., 2012). Türkiye'de ise OHTS uygulamaları, TEDES (trafik elektronik denetleme sistemi) çalışmaları kapsamında Karayolları Trafik Kanunu'nun (KTK-2918 Sayılı Kanun) Ek 16'ncı maddesine dayanarak yürütülmektedir. Ülkemizde bu sistem; karayollarında can ve mal güvenliğini sağlamak, düzenli ve güvenli trafik akışını sağlamak, trafik kural ihlallerini izlemek, görüntülemek, tespit

etmek ve idari para cezası uygulamak üzere kurulan ana izleme ve görüntüleme sistemi olarak tanımlanmıştır.

Dünya çapında emniyet kamerası programları, ilgili uygulamacılar (örn.; polis, yerel otoban mercileri) tarafından oluşturulan özel emniyet kamerası ortaklıklarıyla ülke seviyesinde işletilmektedir. OHTS uygulamalarında ceza kesme eşiği ülkeler arasında çeşitlilik gösterebilir. Belçika otobanlarında cezalar; 10 km/s'lik bir hız ihlali yapma seviyesine kadar 50 Euro'dur ve ilk 10 km/s'ten sonraki her bir km/s aşımı için para cezası tutarına 5'er Euro daha eklenir. 40 km/s veya daha fazla hız ihlali olması durumunda ise sürücüler mahkemeye çıkarılır ve 55 Euro ile 2750 Euro arasında değişen bir para cezasıyla, 8 günden 5 yıla kadar değişen bir araç kullanma yasağı alırlar (De Pauw vd., 2014). Türkiye'de ise hız ihlali yaptığı tespit edilen araçlara, Emniyet Müdürlüğünce cezai müeyyide uygulanmaktadır. Belirtilen hız limitlerini ne kadar geçerse sürücünün cezası o oranda artmakta; KTK madde 52/2-a'ya göre hız sınırını %30'a kadar aşan sürücülere 199,55TL, KTK madde 52/2- b'ye göre hız sınırını %30'dan fazla aşan sürücüsere 412,82TL ceza kesilmektedir (Tedesceza, 2016)

7. Sonuç ve Tartışma

Ortalama hız uygulamasının avantajlarının ve verimliliğinin araştırıldığı bu literatür taramasına göre, araç hızları ve kaza oranlarında uygulamanın olumlu etkisi olduğunu bildiren bulgular görülmektedir. Bu uygulama ile ortalama hızlar, 85 yüzdeli hızlar, hız yapan araçların oranı ve hız değişkenliğinde azalmalar olmuştur, bu da yol emniyeti açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır. Böylece özellikle de ölümcül ve ağır yaralanmalı kazalarda önemli düşüşler gerçekleştiği görülmektedir.

OHTS'nin, azalan araç hızı farkları ve dolayısıyla artan araç mesafelerinden dolayı daha homojen bir trafik ve artan bir trafik kapasitesini de içeren bir dizi yan fayda sağladığı da belirtilmiştir. İyileşen trafik akışının bir sonucu olarak azalmış tıkanıklık ve yol kesitinde daha yüksek trafik hacimlerinin karşılanabilmesi sağlanmıştır. Böylece bu sistem mevcut yol ağının kapasitesini arttırmış ve seyahat süresi güvenilirliğini iyileştirmiştir.

Literatür aynı zamanda, ortalama hız uygulamasının araç emisyonları, yakıt tüketimi ve gürültü kirliliği üzerindeki olumlu etkisi konusunda da sonuçlar sunmaktadır. Ayrıca OHTS'nin yüksek maliyetleri olmasına karşın, uygulamayı maliyet verimli kılacak birçok avantaj ve faydalarının bulunduğu da bildirilmiştir.

Bu teknoloji, kesintisiz otomasyonlu hız uygulamasının uzatılmış bir yol kesiti boyunca

uygulanabilmesini sağladığından, anlık hız kameralarına göre çok daha uzun bir yol kesiti boyunca uygulandığı için sürücüler üzerinde çok daha büyük bir etkiye sahiptir. Fakat, OHTS kullanımı, mevcut diğer uygulamaların yerine konulmak yerine onları tamamlayıcı bir öğe olarak görülmelidir. Ayrıca, OHTS yol tasarımı veya bakımı konusundaki kusurlara çözüm olacak uzun dönemli bir alternatif olarak da görülmemelidir; bu kusurlar mühendislik çözümleriyle halledilmelidir (Soole vd., 2013a). Genel olarak araştırmalar, sürücülerin OHTS uygulamasının kullanımına yönelik, sürücülerin olumlu tavırlara sahip olduğunu göstermektedir ve ayrıca bu uygulama, diğer hız uygulama yaklaşımlarına göre daha yüksek seviyede bir kamu desteğine sahiptir.

Alanı öğrenme ve davranışını yalnızca hız uygulamasının mevcut olduğu alanlar civarında değiştirmeyi içeren sürücü davranışları, sistem tarafından tespit edilmemek yoluyla cezadan kaçınmaya yaramaktadır. Bir dizi araştırmacı, cezadan kaçınmanın sürekli suç işlemeyi teşvik etme etkisini vurgulamıştır (Freeman ve Watson, 2006; Soole vd., 2013a; Bates vd., 2016). Fleiter ve arkadaşları (2010) özellikle cezadan kaçınmanın, cezanın hız davranışından caydırmak için mevcut olan etkisinden daha çok hız davranışına teşvik etme etkisi yaratabileceğini iddia etmiştir (Fleiter vd., 2010). Dolayısıyla, daha yaygın bir uygulama sağlayacak ve böylece tespit edilmekten ve cezalardan kaçınma olanaklarını azaltacak yeni bir hız uygulama yaklaşımı olan OHTS uygulamasına ihtiyaç duyulduğu kanıtlanmıştır (Soole vd., 2013a).

Tüm bu çalışmalar, OHTS'nin verimliliği konusunda bir gösterge oluşturmaktadır. Fakat yine de, Soole ve arkadaşları (2013), konu ile ilgili yürütülmüş olan değerlendirmelerin bilimsel içeriğini iyileştirmek için gelecekte yapılacak başka araştırmalara da gerek duyulduğunu belirtmiştir. Şu anda, hakemli dergilerde yayımlanan ve OHTS'nin trafik emniyeti etkilerini inceleyen yalnızca kısıtlı sayıda makale mevcuttur (De Pauw vd. 2014).

Teşekkür

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2011010102007 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

KAYNAKLAR

- Aarts, L., Van Schagen, I., 2006. Driving Speed and The Risk of Road Crashes: A Review. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 215-224.
- Antiradar-shome.ru, 2016. Police radar Binar. Erişim Tarihi: 23.05.2016. <http://www.antiradar-shome.ru/radary-i-kamery-gibdd/radar-binar>
- Australian Transport Council, 2011. National Road Safety Strategy 2011-2020. Australian Transport Council, Canberra, ACT: ATC.
- Bates, L., Allen, S., Watson, B., 2016. The Influence of The Elements of Procedural Justice and Speed Camera Enforcement on Young Novice Driver Self-Reported Speeding. *Accident Analysis & Prevention*, 92, 34-42.
- Bigmir, 2011. Speed camera earned \$ 5 million in two months. <http://auto.bigmir.net/autonews/autoworld/1512032-Spid-kamera-zarabotala--5-million-ov-za-dva-mesjaca>
- Cameron M., Delaney A., Diamantopoulou K, 2003. Scientific Basis for the Strategic Directions of the Safety Camera Program in Victoria. Melbourne: Monash University Accident Research Centre Reports, 202, 78.
- Cascetta, E., Punzo, V., 2011. Impact on Vehicle Speeds and Pollutant Emissions of an Automated Section Speed Enforcement System on the Naples Urban Motorway. In TRB 2011 Annual Meeting, 17.
- Cascetta, E., Punzo, V., Montanino, M., 2011. Empirical Evidence of Speed Management Effects on Traffic Flow at Freeway Bottleneck, In TRB 2011 Annual Meeting.
- Charlesworth, K., 2008. The Effect of Average Speed Enforcement on Driver Behaviour. In Road Transport Information and Control - RTIC 2008 and ITS United Kingdom Members' Conference, Manchester.
- Collins, G., 2007a. Smarter Than the Average. *ITS International*, 48-49.
- Collins, G., 2007b. Traffic Flow Improvements with Average Speed Enforcement, In International Conference on Intelligent Transport Systems, Birmingham, United Kingdom.
- Collins, G., McConnell, D., 2008. Speed Harmonisation with Average Speed Enforcement. *Traffic Engineering and Control* 49(1), 6-9.
- Collins, G., 2010. A14 Route Enforcement Scheme: A Case Study in Effective Average Speed Control. Speed Check Services, London.
- De Pauw, E., Daniels, S., Brijts, T, Hermans, E., Wets, G. 2014. Automated Section Speed Control on Motorways: An Evaluation of the Effect on Driving Speed, *Accident Analysis & Prevention*, 73, 313-322.

- Economistax, 2013. Transit in Brazil: are speed cameras effective in avoiding traffic accidents? <http://www.economistax.com/o-transito-no-brasil-os-radares-de-velocidade-sao-eficazes-para-evitar-cidentes-de-transito/>
- Elvik, R., 2011. Analytic Choices in Road Safety Evaluation: Exploring Second-Best Approaches. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 173-179.
- Fleiter, J., Lennon, A., Watson, B., 2010. How Do Other People Influence Your Driving Speed? Exploring the 'Who' and the 'How' of Social Influences on Speeding from a Qualitative Perspective. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 13(1), 49-62.
- Fleiter, J., Lewis, I.M., Watson, B.C., 2013. Promoting a More Positive Traffic Safety Culture in Australia : Lessons Learnt and Future Directions. *Journal of the Australasian College of Road Safety Conference*, 6-8 Kasım 2013, South Australia, 25(1), 27.
- Freeman, J.E., Watson, B., 2006. An Application of Stafford and Warr's Reconceptualization of Deterrence to a Group of Recidivist Drink Drivers. *Accident Analysis & Prevention* 38(3), 462-471.
- Gains, A., Nordstrom, M., Heydecker, B., Shrewsbury, J., Mountain, L., Maher, M., 2005. The National Safety Camera Programme: Four-Year Evaluation Report. PA Consulting Group, London.
- Garcia-Castro, A., Monzon, A., 2014. Using Floating Car Data to Analyse the effects of ITS Measures and Eco-Driving. *Sensors*, 14(11), 21358-21374.
- Garibotto, G.B., Castello, P., Del Ninno, E., Borghero, G., Pedrazzi, P., Zan, G., 2003. Auto-Detector: High-Performance Mobile License Plate Recognition System. In the 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Madrid, Spain.
- Getsurrey, 2016. A316 average speed check: Everything you need to know about the new cameras. Erişim Tarihi: 09.06.2016. <http://www.getsurrey.co.uk/news/surrey-news/a316-average-speed-check-everything-11442721>
- Gil, MJM., Malenstein, UPMJ, 2007. Innovative Technology for Monitoring Traffic, Vehicles and Drivers, Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads.
- Gundem Kibris, 2013. 2 Hız Tespit Kamerası Devreye Giriyor. <http://www.gundemkibris.com/2-hiz-tespit-kamerasi-devreye-giriyor-63252h.htm>
- Grunnan, T., Vaa, T., Ulleberg, P., Malenstein, J., Zaidel, D., Kauvo, K., 2008. Implications of Innovative Technology for the Key Areas in Traffic Safety: Speed, Drink Driving and Restraint Systems, Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads, Europe.
- Highways Agency, Atkins Consultants, 2009. A14 Huntingdon to Cambridge Safety Cameras. LNMS Evaluation Report, Highway Agency, London.
- Høye, A., 2014. Speed Cameras, Section Control, And Kangaroo Jumps – A Meta-Analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 73, 200-208.
- Kallberg, V. P., Zaidel, D., Vaa, T., Malenstein, J., Siren, A., Gaitanidou, E., 2008. Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads, Final Report.
- Kapsch, 2010. Section Speed Enforcement: for road safety. https://www.kapsch.net/ktc/downloads/brochures/Kapsch-KTC-DS-Section_Speed_Enforcement-EN-WEB?lang=en-US
- Keenan, D., 2002. Speed Cameras: the True Effect on Behaviour. *Traffic Engineering and Control*, 43, 154-160.
- Kloeden, C.N., McLean, A.J., Glonek, G., 2002. Reanalysis of Travelling Speed and the Risk of Crash Involvement in Adelaide South Australia. Department of Transport and Regional Services, Australian Transport Safety Bureau, Canberra.
- Koprulu, S., 2015. TEDES. <http://www.yenimeram.com.tr/tedes-kesti-mah-keme-iptal-etti-159427.htm>
- Korthof, E.W., 2014. Effects of Section Control on Traffic Safety at Dutch Motorways. Delft University of Technology, Master Thesis, 202, Delft.
- Koy, T., Benz, S., 2009. Automatic Time-Over-Distance Speed Checks Impacts on Driving Behaviour and Traffic Safety. In the 6th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Stockholm.
- KTK, 2013. Karayolları Trafik Kanunu'nun 2918 Sayılı Kanun EK 16 Maddesi Kapsamında Trafik Hizmetlerinde Kullanılacak Teknik Teçhizatlar İçin Genel Yeterlilik Esasları. https://www.trafik.gov.tr/SiteAssets/Trafik%20Kitap%C4%B1k/Mevzuat/KTK_Ek16_UsulEsaslar.pdf
- Kursius, A., King, T., Russo, L., 2003. The Benefits of a Digital Platform for Enforcement and Compliance, In the 10th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, Madrid, Spain.
- Lynch, M., 2010. Forward Design Study: Introduction of Point to Point Speed Cameras in the ACT. AECOM Australia, Canberra.
- Lynch, M., White, M., ve Napier, R., 2011. Investigation into the Use of Point-to-Point Speed Cameras: NZ Transport Agency Research Report 465.

- Malenstein, J., 1997. Automated Video Speed Enforcement and Trajectory Control Combined With Fully Automated Processing. Dutch National Police Agency, Traffic and Transport Division, Driebergen, Netherlands.
- Montella, A., Punzo, V., Montanino, M., 2012a. Analysis of Drivers' Compliance to Speed Limits Enforced with an Automated Section Speed Enforcement System. In Transportation Research Board 91st Annual Meeting.
- Montella, A., Persaud, B., D'Apuzzo, M., Imbriani, L.L., 2012b. Safety evaluation of an automated section speed enforcement system. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2281, 16-25.
- Montella, A., Punzo, V., Chiaradonna, S., Mauriello, F., Montanino, M., 2015. Point-to-Point Speed Enforcement System: Speed Limits Design Criteria and Analysis of Drivers' Compliance. Transport. Res. Part C 53, 1-18.
- Nilsson, G., 2004. Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety. Bulletin 221. Lund Institute of Technology, Lund.
- Orozova-Bekkevold, I., Martinez, M., Akkermans, L., 2007. Needs and Objectives of the EC Regarding TLE Data in the Light of Data Availability and the Technical Aspects of Data Collection and Exchange. http://www.vtt.fi/files/sites/pepper/pepper_w12_wp2.pdf
- Ornek, M.N., Lorasokkay, M.A., Çevik, İ., Özek, T., 2013. Trafikte Kullanılan Bazı Elektronik Denetleme Sistemleri ve Koridor Hız Tespit Sistemi Uygulamasında (TEDES) Konya Örneği. 4. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi, Ankara.
- Parliamentary Travelsafe Committee, 2008. Report on the Inquiry into Automatic Number Plate Recognition Technology. Report No. 51. Brisbane: Parliamentary Travelsafe Committee.
- Ragnøy, A., 2013. Automatic Section Speed Control in Tunnels. http://www.vegvesen.no/_attachment/542877/binary/873496?fast_title=Automatic+Section+Speed+Control+in+Tunnels.pdf
- Redflex Traffic Systems., 2007. Redflex Point-to-Point Technical Overview: European Factsheet.
- Roberts, CA., Brown-Esplain, J., 2005. Technical Evaluation of Photo Speed Enforcement for Freeways, Arizona. Rapor No: 596, 109p.
- Roads and Traffic Authority, 2000. Speed Problem Definition and Countermeasure Summary. New South Wales: Roads and Traffic Authority 44p.
- Schwab, N., 2006. For a Better Safety and Traffic Flow Optimisation During Peak Periods: Speed Control Experimentation on the A7 Motorway. In 12th World Congress on Intelligent Transport Systems, 06-10 November, France.
- Simcic, G., 2009. Section Control: Towards a More Efficient and Better Accepted Enforcement of Speed Limits? <http://archive.etsc.eu/documents/Speed%20Fact%20Sheet%205.pdf>
- Soole D., Watson B., Fleiter J., 2010. Inquiry into the Road Safety Benefits of Fixed Speed Cameras, Submission in Response to the Economic Development Committee's, 44p.
- Soole, D., Fleiter, J., Watson, B., 2012. Point-to-Point Speed Enforcement. Report No: AP-R415-12. 165p.
- Soole, DW., Watson, BC., Fleiter JJ., 2013a. Effects of Average Speed Enforcement on Speed Compliance and Crashes: A review of the Literature, Accident Analysis & Prevention, 54, 46-56.
- Soole, DW., Fleiter, Judy J., Watson, Barry C., 2013b. Point-to-Point Speed Enforcement: Recommendations for Better Practice. Australasian Road Safety Research Policing and Education Conference, 28-30 August, Brisbane.
- Southwestbusiness, 2015. Mobile speed cameras in Cheltenham catch 260 drivers in single month. <http://www.southwestbusiness.co.uk/news/05052015081440-mobile-speed-cameras-in-cheltenham-catch-260-drivers-in-single-month/>
- Speed Check Service, 2007. Temporary Roadworks Speed Enforcement - M6. <http://www.speedcheck.co.uk/pdf/M6%20TASCAR%20case%20study.pdf>
- Speed Check Services, 2008. M1 6a-10 Motorway Widening Scheme. London: Speed Check Services.
- Speed Check Services, 2009a. SPECS Safety Cameras-M4 10-12 Technology Upgrade. http://www.speedcheck.co.uk/images/M4_Case_Study.pdf
- Speed Check Services, 2009b. SPECS: Results. <http://www.speedcheck.co.uk/specs.htm>
- Stefan, C., 2005. Automatic Speed Enforcement on the A13 Motorway (NL): Rosebud WP4 - Case B Report. Austrian Road Safety Board (KfV), Austria.
- Stoelhorst, H., 2008. Reduced Speed Limits for Local Air Quality and Traffic Efficiency. In the 7th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, 3-6 June 2008 Geneva, Switzerland.
- Taylor, M. C., Lynam, D. A., Baruya, A., 2000. The Effects of Drivers' Speed on the Frequency of Road Accidents. TRL Report No:421.

- Tedesceza, 2016. 2016 Tedes Cezası Ne Kadar?
<http://tedesceza.com/tedes-cezasi/>
- Thornton, T., 2010. Reductions in Fuel Consumption and CO2 Emissions with Specs Average Speed Enforcement, The Road Transport Information and Control Conference and the ITS United Kingdom Members' Conference - Better Transport Through Technology, London.
- Vadeby, A., Forsman A., 2014. Speed Distribution And Traffic Safety Measures, Transport Research Arena (TRA), 14-17 April 2014, Paris.
- Walker, E., Murdoch, C., Bryant, P., Barnes, B., Johnson, B., 2009. Quantitative Study of Attitudes, Motivations and Beliefs Related to Speeding and Speed Enforcement, The Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, 10 - 13 November 2009 Sydney.
- Wiggins, A., 2006. ANPR Technology and Applications in ITS. The 22nd ARRB Conference, 29 October -10 November 2006, Australia.
- Young, K.L., Regan, M. A., 2007. Intelligent Transport Systems to Support Police Enforcement of Road Safety Laws. ATSB Research and Analysis Report No: 2007-02, 62p.