DÜMF Mühendislik Dergisi 11:1 (2020) : 373-392

DÜMF Mühendislik Dergisi

web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Koridor Hızı İhlal Tespit Sistemlerinin (KOHİTS) Performans Ölçümlerinde Kullanılabilecek Bir Ölçüm Metodunun Önerilmesi

Metin Mutlu AYDIN*
Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane
metinmutluaydin@gmail.com ORCID: 0000-0001-9470-716X, Tel: (456) 233 10 00 (1631)

Sevil KÖFTECİ
Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
skofteci@akdeniz.edu.tr ORCID: 0000-0002-5096-2545

Geliş: 25.03.2019, Revizyon: 07.05.2019, Kabul Tarihi: 27.05.2019

Öz

Sürücülerin şehiriçi ve şehirlerarası yollarda yüksek hızlarda hareket etmeleri ölümle ya da yaralanmalar ile sonuçlanan çok sayıda trafik kazasına sebep olmaktadır. Gözlemlenen bu olumsuz durum, ulaştırma alanında çalışan araştırmacıları, yetkilileri ve plancıları sürücülerin trafikte aşırı hızlı hareket etmelerini önleme üzerine yeni çözüm önerileri geliştirme konusunda motive etmiştir. Dünya genelinde son yollarda araçların aşırı hızlı hareket etmelerini sınırlandırmak amacıyla anlık ve ortalama hız ölçümü yapabilen farklı radar ve ölçüm sistemleri geliştirilmiştir. Türkiye'de ise son yıllarda Akıllı Ulaşım Sistemlerine (AUS) verilen önemin artması ile birlikte, aşırı hızların gözlemlendiği koridorlarda ortalama hızların tespit edilmesine ve araç hızlarının kontrol edilmesi amacıyla Koridor Ortalama Hız İhlal Tespit Sistemleri (KOHİTS) uygulamasına geçilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada, KOHİTS'lerin performans ölçümlerinin nasıl yapılacağı konusunda her türlü işlem adımları ile ölçüm yöntemlerini içeren ve içerisinde 3 farklı ortalama hız ölçüm tekniğini (Test aracı, Kronometre ve GPS özellikli araç içi kamera) barındıran bir performans ölçüm metodu önerilmiştir. Çalışma kapsamında, belirlenen tüm işlem adımları hakkında detaylı bilgi verebilmek amacıyla seçilen 2 pilot kentteki (Gölbaşı/Adıyaman ve Toprakkale/Osmaniye) toplam 12 farklı KOHİTS'in işletmeye açılmadan önceki performans ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlerden, incelenen 12 farklı koridorda sistem yazılımının ölçtüğü ortalama hızlar ile önerilen 3 farklı ölçüm tekniği kullanılarak yapılan ortalama hız ölçümleri arasındaki farkın yetkililer tarafından önerilen 70 km/sa'ye kadar ± 3 km/s, 70 km/s üzerinde ±%3 sınırları içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışma kapsamında önerilen ve içerisinde uzunluk ölçümü, ortalama hız ölçümleri ve diğer bazı ölçüm adımlarını içeren bu yeni metodun, KOHİTS'lerin performans ölçümlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceği sonucunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: *Ortalama hız; hız ölçümü; aşırı hız; trafik kazaları; hız limiti.*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.544530

Giriş

Sürücülerin hız limitlerinin üzerinde ve aşırı hızlı araç kullanmaları trafik kazaları üzerinde etkili olan en önemli parametrelerden birisidir (Aarts ve van Schagen, 2006; Hauer, 2009; Neuman vd., 2009). Sürücülerin özellikle şehiriçi ve şehirlerarası yollarda yüksek hızlarda hareket etmeleri ölümle ya da yaralanma ile sonuçlanan çok sayıda kazaya sebep olmaktadır (Ng ve Small, 2012; Bella, 2013; Zainuddin vd., 2013; Montella vd., 2015; Vaitkus vd., 2017). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) bu konuda 2018 yılında hazırladığı raporda, Dünya genelinde meydana gelen yaklaşık 1.35 milyon ölümlü kazanın yarısından fazlasının araçların hız limitlerinin üzerinde gitmesinden kaynaklandığını belirterek; aşırı hızın kazalar üzerindeki etkisine dikkat çekmiştir (WHO, 2018). Araçların hızlı gitmesi sadece hız limitlerinin üzerinde hareket olarak değil, hız limitleri içerisinde hareket ederken mevcut hızın hava durumuna, havanın aydınlık olup olmamasına, trafik ve yol koşullarına uygun hale getirilmeden hareket etme davranışı olarakta ifade edilebilir (NHTSA, 2012; Montella vd., 2013). Araçların hızlı hareket etmesi, meydana gelen kazaların büyüklüğü üzerinde önemli ve ayrıştırıcı bir faktördür. Yüksek hızlarda sürücülerin çevresel etmenleri algılama ve reaksiyon süresi azalmakta ve bu durum kaza olasılığını arttırmaktadır (Montella vd., 2015). Bu durum, hemen hemen tüm sürücüler tarafından bilinen net bir bilgi olsa da birçok sürücü trafikte hızlı şekilde araç kullanma eğilimini sürdürmektedir (Fleiter vd., 2010). Gözlemlenen bu olumsuz tutum, ulaştırma alanında çalışan araştırmacıları, yetkilileri ve plancıları sürücülerin trafikte aşırı hızlı hareket etmelerini önleme üzerine yeni çözüm önerileri geliştirme konusunda motive etmektedir (Montella vd., 2015).

Dünya genelinde son yollarda araçların aşırı hızlı hareket etmelerini sınırlandırmak amacıyla sabit, mobil, gezici ve sabit ortalama hız ölçümünü içeren farklı hız ölçüm sistemleri geliştirilmiştir (Bates vd., 2016). Bunlardan ilki sabit hız ölçüm sistemleridir. Bu sistemlerde hız ölçümü yapan radarlar bir noktaya sabit duracak şekilde monte edilerek aktif hale getirilmekte ve sistem sabit şekilde anlık hız ölçümü yapmaktadır. Bu sistemler 24 saat operatör kontrolü ihtiyacı olmaksızın çalışabilmekte ve araçların anlık hızlarını ölçebilmektedir (Carnis ve Blais, 2013). Bu sistemler üzerine Avrupa ve Avustralya'da yapılan ölçümlerden hız limitinin üzerinde giden araçların hızlarında %14-65 arasında bir azalma gözlemlenmiştir (Hu ve Anne, 2016). Geliştirilen bir diğer sistem ise mobil hız ölçüm sistemleridir. Bu sistemler ise yol kenarına park edilmiş bir araç içerisine kurulan ve yine araçların anlık olarak hızlarını ölçebilen radar sistemleridir (Jones vd., 2018). Günümüzde polislerin en çok kullandığı sistemlerden birisi olarak ön plana çıkmaktadır. Diğer bir yöntem olan gezici hız ölçüm sistemleri ise mobil hız ölçüm kameralarına benzer şekilde araç içerisine kurulan ve ölçüm aracı hareket halinde iken araçların anlık hızlarını ölçebilen hareketli radar sistemlerdir (Wilson vd., 2010). Geliştirilen ve son yıllarda etkin şekilde kullanılan sistemler ise ortalama hız tespit sistemleridir. Bu sistemler ise araçların belirli bir mesafedeki (koridordaki) ortalama hızlarını ölçmek amacıyla belirli noktalara yerleştirilen kameralar yardımıyla ortalama hızları ölçen sistemlerdir (Soole vd., 2013). Ortalama hız tespiti kavramı literatürde noktadan noktaya hız tespiti ya da kesit kontrolü olarakta bilinmekte ve ifade edilebilmektedir. Yapılan mevcut çalışmalar bu sistemlerin, araçların belirli bir koridor boyunca ortalama hızlarının azaltılması ve hızların kontrolü üzerinde oldukça etkili sistemler olduğunu göstermiştir (Lynch vd. 2011; Cascetta vd., 2011; Montella vd., 2012; Yannis vd., 2013).

Ortalama hız ölçüm sistemleri yeni bir sistem olmasına rağmen Dünya genelinde halen çok yaygın şekilde kullanılan bir sistem değildir (DoCota, 2012). Bu sistemler ilk olarak 1997 yılında deneme amaçlı Hollanda'da işletime açılmış ve 2002 yılında kullanımı kalıcı hale getirilmiştir. Bu sistem Hollanda genelinde gün geçtikçe daha da yaygınlaşmış ve yapılan çalışmalar araçların ortalama hızlarının hız limitinden %0,5 farklılığa eşit olduğunu göstermiştir (Wegman ve Goldenbeld, 2006). Birleşik Kralllık'ta ise bu sistemler 1999 yılında ilk olarak kent şehrinde deneme amaçlı olarak

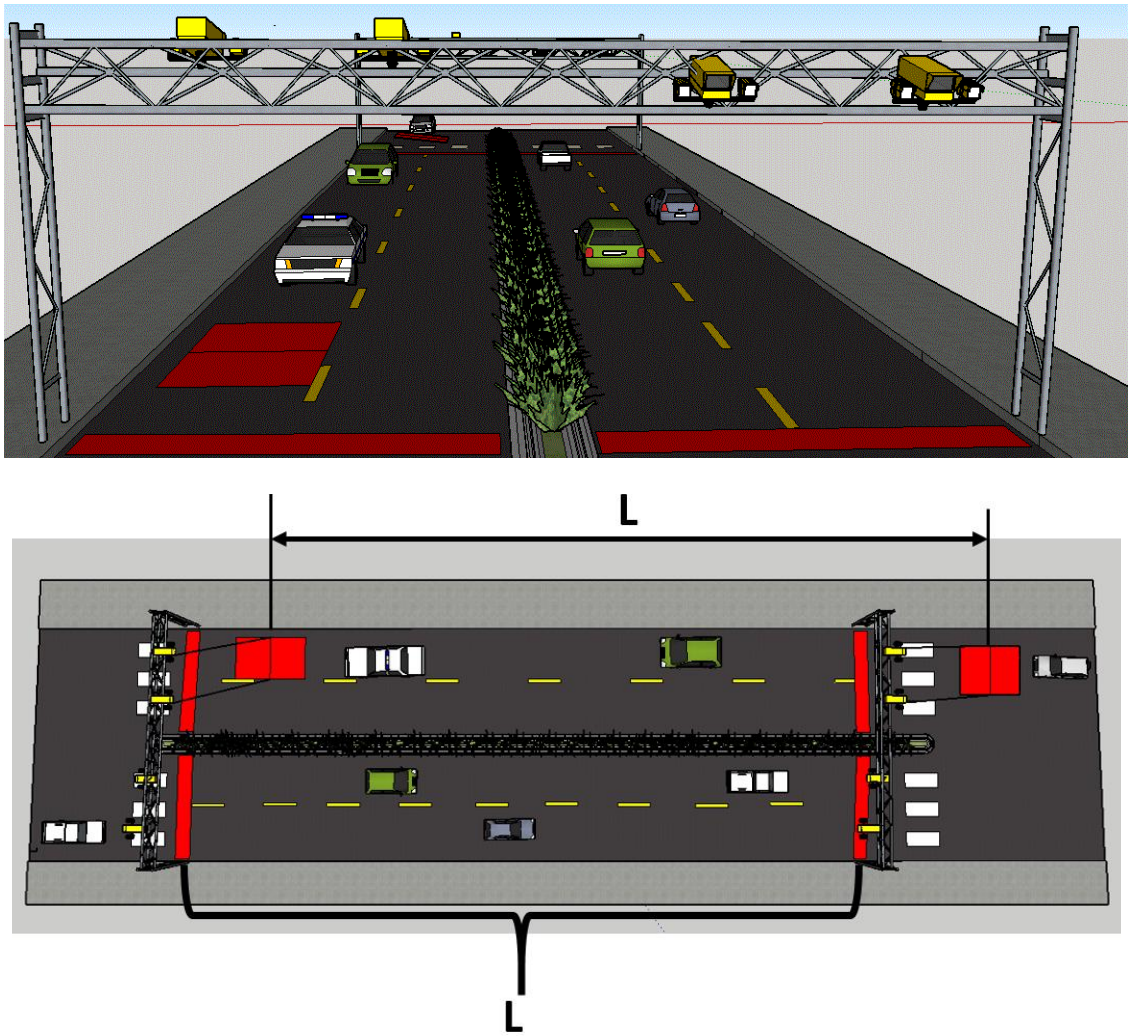
uygulanmıştır. Bu sistemler kurulduğu yol kesimlerinde araçların uniform ve hız limitlerine yakın hızlarda hareket etmesini sağlaması; daha az fren ve daha büyük takip aralıklarına neden olması sebebiyle Birleşik Krallık'ta da yaygın şekilde kullanılmaya başlamıştır (Collins ve McConell, 2008). Bu sistemlerin İskoçya'da 2005 yılında kurulması sonucu yapılan gözlemlerden tüm kaza sayısında %19, ölümlü kazalarda %46 ve yaralanmalı kazalarda ise %37 azalma sağladığı ölçülmüştür (Soole vd., 2012). Montella vd. (2012) ise İtalya'da yaptıkları çalışmada, 80 km uzunluktaki bir koridor üzerine kurulan ortalama hız tespit sistemlerinin güvenlik üzerindeki etkisini araştırmış ve bu amaçla deneysel Bayes gözlemleri ile öncesi ve sonrası tahmin çalışmaları yürütmüştür. Elde edilen gözlem verilerinin tahmininden toplam kazalarda %31,2 azalma meydana geleceği öngörülmüştür. Ayrıca çalışma sonucunda sistemin ilk kurulumundan sonraki etkinin ilerleyen zamanlardaki etkiye göre daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Montella vd., (2015) yaptıkları bir başka çalışmada ise Naples/İtalya'ya kurulan koridor ortalama hız ihlal tespit sistemlerinin hafif araçlar ve ağır araçların hız limitlerinden 20 km/sa üzerinde hareket etmelerini sırasıyla %84 ve %77 azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Araç hızları arasındaki farklığı ise hafif ve ağır araçlar için sırasıyla %26 ve %20 azalttığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, ortalama hız tespit sistemlerinin bir koridorda hareket eden araç hızlarındaki farklılığı önemli bir derecede azaltmayı başardığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmalara göre KOHİTS olan yol kesimlerinde sürücülerin hız sınırına yakın hızlarda hareket etmeleri sebebiyle trafik akışının homojenleştiği ve bu durumunda trafik yoğunluğunu pozitif yönde etkileyerek seyahat sürelerini azalttığı gözlemlenmiştir (Charlesworth, 2008; Koy ve Benz, 2009; Ilgaz ve Saltan, 2017). KOHİTS'lerin faydaları üzerine yapılan çalışmalardan ayrıca, hızları düzenleme, kaza sayısını azaltma vb. faydaların yanı sıra bu sistemlerin polislerin iş yüklerini büyük ölçüde azalttığı; ceza kesim ve tebliğ süresini kısalttığı için doğal olarak işlem süresine pozitif bir katkısının olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Malenstein, 1997; Ilgaz ve Saltan, 2017).

Türkiye'de ise son yıllarda Akıllı Ulaşım Sistemlerine (AUS) verilen önemin artması ile birlikte 2007 yılından itibaren aşırı hızların gözlemlendiği koridorlarda ortalama hızların tespit edilmesi amacıyla Koridor Ortalama Hız İhlal Tespit Sistemleri (KOHİTS) uygulamasına geçilmiştir. KOHİTS'ler ilk olarak İstanbul, İzmir, Konya, Ordu, Gaziantep, Tekirdağ, Uşak, Edirne ve Çorum illerini kapsayacak şekilde uygulanmaya başlanmıştır (Ilgaz ve Saltan, 2017). Emniyet Genel Müdürlüğü'nün araç hızlarının kontrol edilerek trafik güvenliğinin arttırılması amacı doğrultusunda, bu sistemlerin kullanımı gün geçtikçe ülke çapında birçok il ve ilçeyi kapsayacak şekilde yaygınlaştırılmıştır. Son yıllarda ülkemizde trafik güvenliği üzerine çalışan birçok Ar-Ge firması, KOHİTS'lerin ülke genelinde şekilde kullanımının yaygınlaşması sebebiyle yerli sistem altyapısı ve yazılımının geliştirilmesi çalışmalarına önem vermiştir. Yapılan Ar-Ge çalışmaları kapsamında bu sistemlerin kurulumunda yerli ürünler ve yazılımların kullanımında önemli artışlar görülmüştür (Aydın vd., 2017).

KOHİTS'lerin birçok il ve ilçe yolunda yaygın şekilde kullanılmaya başlaması, sistemlerin performansının test edilmesi konusunda yeni ve etkin test yöntemlerinin geliştirilmesini ön plana çıkarmıştır. Mevcut literatürden de görüldüğü üzere ne yazık ki bu sistemlerin çalışma prensibi ve performansını değerlendiren uygulama tabanlı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında, KOHİTS'lerin performans ölçümlerinin nasıl yapılacağı konusunda her türlü işlem adımını ve içerisinde 3 farklı ortalama hız ölçüm tekniğini içeren genel bir performans ölçüm metodu yapılan saha gözlemleri ile önerilmiştir. Bu amaçla, çalışma kapsamında belirlenen tüm işlem adımları hakkında detaylı bilgi verebilmek için seçilen 2 pilot kentteki toplam 12 farklı KOHİTS uygulamasının kurulumdan sonra işletmeye açılmadan önce performans ölçümleri yapılarak; önerilen metot hakkında her türlü gerekli detayı içeren kapsamlı bir doküman hazırlanmıştır.

Koridor Ortalama Hız İhlal Tespit Sistemleri (KOHİTS)

Koridor Hızı İhlal Tespit Sistemleri (KOHİTS), Türkiye'de "Trafik Elektronik Denetleme Sistemi (TEDES)" ya da "Elektronik Denetleme Sistemi (EDS)" olarak adlandırılan akıllı denetim sistemleri içerisinde yer alan ve sürücülerin incelenen bir koridor boyunca ortalama hızlarını tespit etmek amacıyla geliştirilen sistemlerdir. Bu sistemler, sürücüler ya da uygulayıcılar tarafından genellikle "hız koridoru" adlandırılmaktadır. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) kapsamında geliştirilen bu sistemler, kurulu olduğu yol kesimi boyunca araçların hız limitlerinde ortalama bir hızla hareket etmesini sağlayarak yollarda can ve mal güvenliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu sistemler çalışma prensibi gereği düzenli ve güvenli trafik akışını temin etmek için kurallara uymayan sürücüleri tespit ederek; sürücülerin hız limitlerine riayet etmesi için cezai bir yaptırım uygulanmasını sağlamaktadır. KOHİTS'ler gelişen teknoloji, altyapı imkânları ve AUS'lara verilen önemin artması ile birlikte Elektronik Denetleme Sistemleri bünyesinde Türkiye genelinde etkin şekilde uygulanmaktadır. Bu sistemler kurulu oldukları yol kesimlerinde araçların aşırı hızlı (limit üstü) gitmesini kontrol altına alarak düzenlemekte ve yol güvenliğini arttırarak hıza bağlı trafik kazalarını önlemeyi amaçlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1.KOHİTS'lerin genel yapısına ait örnek (a) karşıdan ve (b) üstten 3B görseller.

KOHİTS'ler, Türkiye'de kaza oluşumu açısından riskli görülen şehiriçi ya da şehirlerarası yollardaki belirli koridorlarda, koridor başlangıcı ve bitişine yerleştirilen plaka

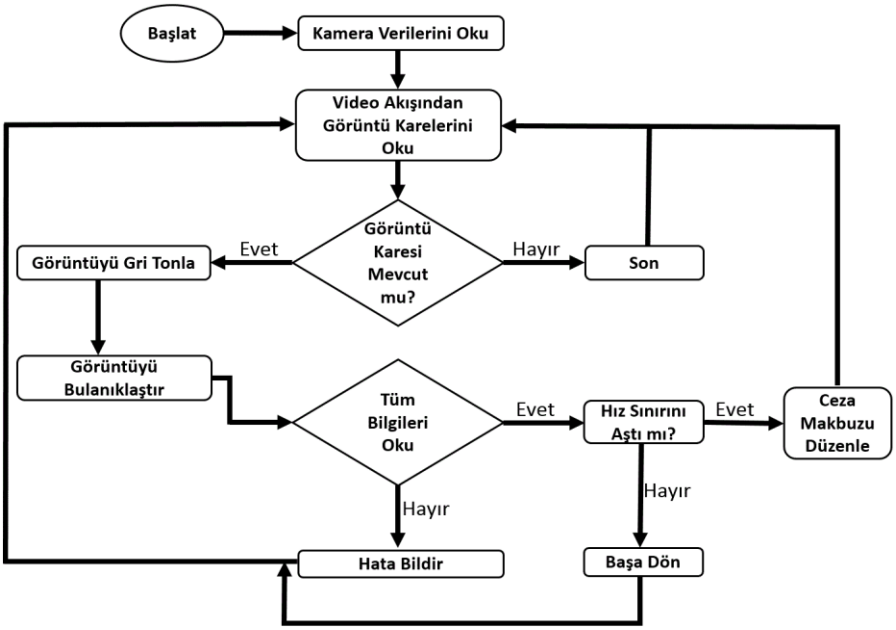
okuma kameraları (taklar) ve sistem yazılımı yardımıyla ortalama hız limitlerine uymayan araçları 7 gün 24 saat kesintisiz olarak (sistemsel hata, bakım onarım vb. durumlar hariç) tespit etme özelliğine sahiptir. Bu sistemler, koridorların başlangıç ve bitiş noktasına yerleştirilen platformlar, platform üzerinde plaka okuyan kameralar, merkezle bağlantıyı sağlayan kablosuz ya da kablolu bağlantı altyapısı, sistem yazılımı, yol üzerindeki tüm uyarı levhaları ve sistemin kontrol edildiği bir merkezden oluşmaktadır (ISSD, 2019; Kapsch, 2019; TDS, 2019; ISBAK, 2019; Platar, 2019; Vendeka, 2019). Sistemin çalışma prensibine göre ilk olarak koridorun başlangıç ve bitiş noktalarındaki platform üzerine yerleştirilen kameralar koridora giren ve çıkan araçların plakasını okumaktadır. Sonrasında kameralar tarafından fotoğraflanan giriş ve çıkıştaki araç görüntüleri ve zaman bilgileri kaydedilerek kablosuz ya da kablolu bağlantı ile merkezdeki yazılıma iletilmektedir. Merkezdeki yazılım gelen zaman ve mesafe bilgilerini kullanarak koridordan geçen araçların ortalama hızlarını (v_{ort}), hesaplamaktadır. Sistem bu hesap sırasında Denklem 1'de verilen ortalama hız hesabı bağıntısını kullanmaktadır.

$$v_{ort} = \frac{L}{t_{son} - t_{ilk}} * 3.6 \qquad (1)$$

Burada;

v_{ort} :Koridordaki aracın ortalama hızı (km/sa)
L :Koridorun uzunluğu (m)
$t_{son} - t_{ilk}$:Koridoru kullanan araçların giriş/çıkış zamanları arasındaki fark (sn).

KOHİTS'lerin performansı üzerindeki en önemli parametreler, koridor uzunluğunun doğru belirlenmesi ve giriş/çıkış sürelerinin hassas şekilde ve doğru ölçülmesidir. Koridordan geçen araçların giriş ve çıkış süreleri arasındaki zaman farkı ($t_{son} - t_{ilk}$) ile plakaları okuyan kameraların plaka okuma açıları arasındaki mesafenin (L) hassas ve doğru belirlenmesi, sistemin ortalama hızlarının (v_{ort}) doğru hesaplanması açısından oldukça önemlidir. Sistemdeki yazılım yardımıyla ortalama hızların tespit edilmesinden sonra yazılım hız ihlali yapan araçları belirlemektedir. İhlal yapan araçlar belirlendikten sonra yazılım, ihlali yapan araç ya da araçların ortalama hızlarını (km/sa), ihlalin zamanını (tarih ve saat) ve yerini, koridor mesafesini ve yönünü, hız sınırı vb. tüm bilgileri ceza makbuzuna aktararak operatörün onayına sunmaktadır. Kontrol merkezinde görev yapan operatör, hız ihlali ile ilgili makbuzda yer alan tüm bilgileri detaylı olarak kontrol ettikten ve onayladıktan sonra cezai işlemin sürücülere tebliğ edilmesi aşamasına geçilmektedir. Sistemin genel olarak çalışma yapısı Şekil 2'de verilen akış şeması ile özetlenebilmektedir.



Şekil 2. Sistem yazılımının çalışma prensibine ait özet akış şeması.

KOHİTS'ler ile koridordan geçen araçların ortalama hızlarının tespit edilmesinin yanı sıra trafik akışı ve güvenliği açısından önem arz eden ve aşağıda verilen bazı diğer hususları da belirlenebilmektedir. Bunlar:

- Farklı şerit sayılarına sahip yollarda koridor içerisinde sürekli olarak peş peşe giden ya da çok kısa süre içerisinde birçok kez geçen araçların (olağan dışı) belirlenebilmesi,
- Kurulu olduğu koridorlarda trafikte uygunsuz hareketler (makas atma, drift yapma vb.) yapan ya da trafik akışını bozarak güvenliği tehlikeye atan araç hareketlerinin belirlenebilmesi,
- Yüz tanıma özelliği olan sistemlerde ön koltukta yer alan şoför ve yolcunun kimliklerinin belirlenebilmesi,
- Emniyet kemeri tespit özelliklerinin olduğu sistemlerde ön koltukta yolculuk yapanların emniyet kemeri takıp takmadığının belirlenebilmesi,
- Çalıntı, aranan ya da emniyet güçlerinden kaçan araçların belirlenebilmesidir.

KOHİTS'ler birçok özelliği bünyesinde bulundurması ve trafikte çok önemli bir işleve sahip olması nedeniyle dışarıdan gelebilecek müdahalelere ya da oluşabilecek arızalara karşı kendisini koruma altında tutmaktadır. Sistemde oluşabilecek olası bir arıza ya da yetkili olmayan kişilerin sisteme dışarıdan müdahale etmeye çalışması durumunda merkeze sesli ve görsel uyarı göndererek bilgilendirme yapabilmektedir (ISSD, 2019; Kapsch, 2019; TDS, 2019; Kistler, 2019; Moxa, 2019). Bu özellik, sistemde güvenliği ön planda tutmak amacıyla dışarıdan yapılabilecek müdahalelere karşı tasarım aşamasında ön planda tutulan önemli bir konudur. Sistemin çok karmaşık, detaylı ve elektronik bir altyapıya sahip olmasından dolayı belirli aralıklarla kontrol testlerinin yapılarak sistemin ve tüm alt birimlerinin doğru çalışıp çalışmadığının kontrolünün muhakkak düzenli olarak yapılması gerekmektedir.

Bu sistemler kurulu olduğu yol kesimlerinde birçok fayda sağlamaktadır. Bu faydalardan en önemlileri ise aşağıda verilen şekilde özetlenebilmektedir (Kapsch, 2019; Montella vd., 2015; TDS, 2019; Tedes Bilgi, 2019; ISSD, 2019; ISBAK, 2019; Platar, 2019; Vendeka, 2019). Bunlar:

- Koridor boyunca hız limitlerine uyulmasını sağlayarak yol güvenliğini arttırabilme,
- Trafikte aranan ya da trafiği tehlikeye atarak trafik kurallarına uygunsuz şekilde araç kullanan sürücüleri tespit edebilme,
- Koridorda araç sayımı ve yoğunluk ölçümleri yaparak, trafik planlama ve yönetimi için düzenli ve doğru veri sağlayabilme,
- Hız sınırlarında hareketi sağlayarak sürekli hızlanma ve yavaşlamalardan kaynaklı yakıt tüketimi, emisyon salınımı ve gürültüyü azaltabilme,
- Araçların ortalama bir hızda hareket etmesini sağlayarak araç hızlarında homojenliği sağlayabilmektir.

İncelenen Koridorlara Ait Genel Bilgiler

Çalışma kapsamında KOHİTS'lerin performansını önerilen yeni metot ile inceleyebilmek amacıyla 2 farklı pilot kentte (Gölbaşı/Adıyaman ve Toprakkale/Osmaniye) yer alan toplam 12 farklı KOHİTS uygulaması seçilmiştir (Şekil 3). Veriler seçilen KOHİTS'lerden her 2 pilot kentte de havanın aydınlık, yağışsız, yol yüzeyinin kuru olduğu hafta içi günlerde tüm gün boyunca yapılan saha gözlemlerinden elde edilmiştir.

Şekil 3. Çalışma kapsamında seçilen 2 pilot kent.

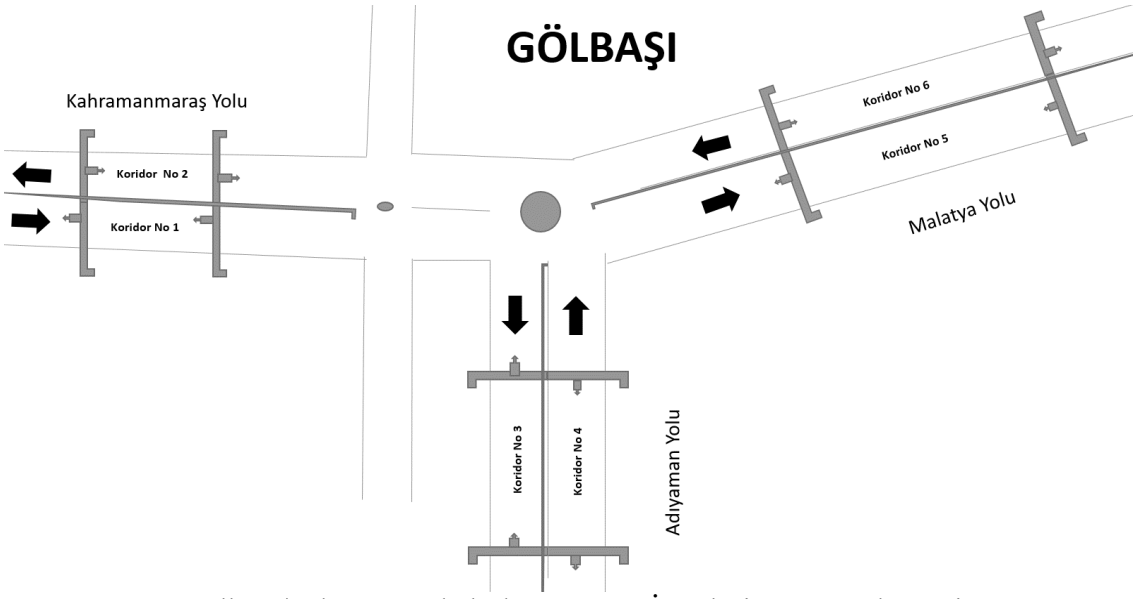
Pilot kentlerdeki KOHİTS'lerde ortalama hızların efektif şekilde belirlenebilmesi amacıyla ilk olarak, en önemli işlem adımlarından birisi olan koridorların ortalama uzunlukları (L) hata payı en az olacak şekilde belirlenmiştir (Tablo 1-2). Koridor uzunluklarının ölçülmesi amacıyla 2 farklı ölçüm yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4). Birinci yöntemde, her bir koridorun uzunluk değerleri el tipi GPS kullanılarak hesaplanmıştır. İkinci yöntemde ise araçların farklı şeritlerde hareket etme durumları da irdelenerek; koridor uzunlukları tekerlekli mesafe ölçer kullanılarak ve koridor üzerinde aynı doğrultuda gidilerek ölçülmüştür. Araçların koridorlar boyunca yapacakları tüm farklı hareketler (farklı şerit kullanma, şerit değiştirme vb.) değerlendirilerek ve çok sayıda araç geçişi yapılarak uzunluk ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen tüm uzunluk verileri birlikte değerlendirilerek her bir koridor için ortalama bir koridor uzunluğu hesaplanmıştır.

(a) **(b)**

Şekil 4. Koridor uzunluklarının belirlenmesi amacıyla kullanılan 2 farklı ölçüm yöntemi.

Pilot Kent 1: Gölbaşı/Adıyaman

Çalışmada ilk olarak Şekil 5'te görseli verilen ve Gölbaşı/Adıyaman'da 3 farklı güzergâh üzerinde yer alan toplam 6 (3 gidiş - 3 geliş) farklı KOHİTS incelenmiştir. İncelenen bu koridorların ortalama hız limiti yetkililer tarafından 70 km/sa olarak belirlenmiştir. Koridorların güzergâhlarına ait görsel ve bu koridorlara ait uzunluk bilgileri ise sırasıyla Şekil 5 ve Tablo 1'de verilmiştir. İnceleme yapılan bu 6 farklı koridorda kurulan sistemlerin giriş ve çıkış noktalarına ait görseller ise Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Gölbaşı/Adıyaman'da bulunan KOHİTS'lerin güzergâhına ait görsel.

Tablo 1. İncelenen 6 koridorlara ait teknik özellikler.

KOHİTS NO	Koridor No	Hız Koridoru	Koridor Uzunluğu (m)	Şerit Sayısı	Yol Tipi	Kaplama Türü
1-2	Koridor 1	Giriş	1606	2	Bölünmemiş	Sathi
		Çıkış			Bölünmüş	
	Koridor 2	Giriş			Bölünmüş	
		Çıkış			Bölünmemiş	
3-4	Koridor 3	Giriş	1646	2	Bölünmüş	
		Çıkış			Bölünmemiş	
	Koridor 4	Giriş			Bölünmemiş	
		Çıkış			Bölünmüş	
5-6	Koridor 5	Giriş	3371	2	Bölünmemiş	
		Çıkış			Bölünmemiş	
	Koridor 6	Giriş			Bölünmemiş	
		Çıkış			Bölünmemiş	

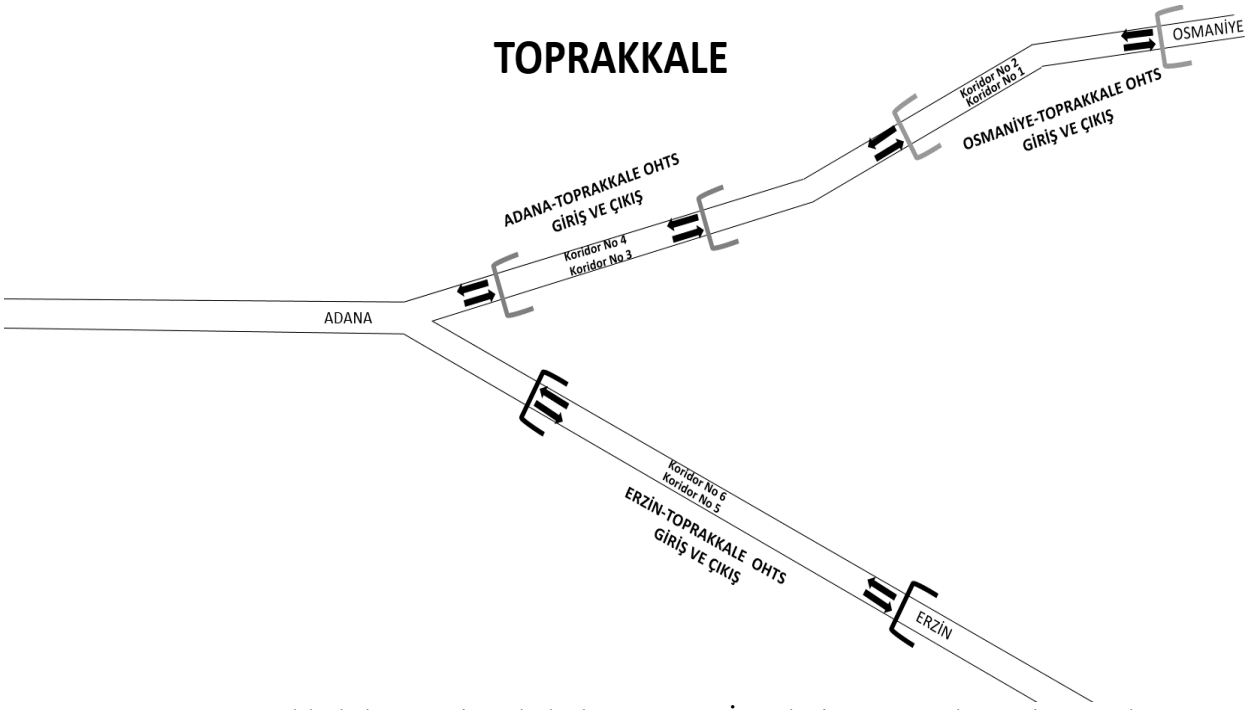
(1-Giriş)

(1-Çıkış)

Şekil 6. Gölbaşı/Adıyaman'da bulunan 6 koridordaki KOHİTS'lerin giriş ve çıkış görüntüleri.

Pilot Kent 2: Toprakkale/Osmaniye

Çalışma kapsamında 2 numaralı pilot kent olarak Toprakkale/Osmaniye'de 2 farklı yol güzergâhı (D-400 ve D-817) üzerinde yer alan toplam 6 (3 gidiş - 3 geliş) farklı KOHİTS incelenmiştir. İncelenen bu koridorların ortalama hız limiti yine yetkililer tarafından 70 km/sa olarak belirlenmiştir. Koridorların güzergâhlarına ait görsel ve bu koridorlara ait uzunluk bilgileri sırasıyla Şekil 7 ve Tablo 2'de verilmiştir. Toprakkale/Osmaniye'de yer alan 3 ayrı yol kesimindeki bu 6 farklı koridora kurulan KOHİTS'lerin giriş ve çıkışlarına ait görseller ise Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Toprakkale/Osmaniye'de bulunan KOHİTS'lerin güzergâhına ait görsel.

Tablo 2. İncelenen 6 koridora ait teknik özellikler.

KOHİTS NO	Koridor No	Hız Koridoru	Koridor Uzunluğu (m)	Şerit Sayısı	Yol Tipi	Kaplama Türü
1-2	Koridor 1	Giriş	1430	2	Bölünmüş	Sathi
		Çıkış			Bölünmüş	
	Koridor 2	Giriş			Bölünmüş	
		Çıkış			Bölünmüş	
3-4	Koridor 3	Giriş	1037	2	Bölünmüş	
		Çıkış			Bölünmüş	
	Koridor 4	Giriş			Bölünmüş	
		Çıkış			Bölünmüş	
5-6	Koridor 5	Giriş	1359	2	Bölünmüş	
		Çıkış			Bölünmüş	
	Koridor 6	Giriş			Bölünmüş	
		Çıkış			Bölünmüş	

(1-Giriş)
(1-Çıkış)
(2-Giriş)
(2-Çıkış)
(3-Giriş)
(3-Çıkış)
(4-Giriş)
(4-Çıkış)
(5-Giriş)
(5-Çıkış)

Şekil 8. Toprakkale/Osmaniye'de bulunan 6 koridordaki KOHİTS'lerin giriş ve çıkış noktalarına ait görüntüler.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Çalışma kapsamında, seçilen pilot kentlerdeki (Toprakkale ve Gölbaşı) koridorlarda kurulu olan ortalama hız (v_{ort}) tespit sistemlerinin performanslarını incelemek amacıyla saha çalışmalarında hız sabitleyici (cruise control) özelliği olan otomatik vites araçlar tercih edilmiştir. Hız ölçümleri kapsamında araçlar arası marka farklılığını ortadan kaldırmak amacıyla aynı marka otomatik araçlar kullanılmıştır. Saha ölçümleri kapsamında otomatik araçların sabit ve değişken hızlarda (hız limiti, limit altı, limitin %10 üstü vb. kombinasyonlar) koridorlardaki hareketleri ile ortalama hız koridorlarının performansları test edilmiştir (Şekil 9).

Şekil 9. Hız sabitleyici özelliği olan otomatik araçlar kullanılarak (a) Gölbaşı/Adıyaman ve (b) Toprakkale/Osmaniye'deki KOHİTS'lerin performans ölçüm verilerinin toplanması.

Saha ölçümlerinden, araçların incelenen koridorlardaki ortalama hızlarını belirleyebilmek amacıyla her bir pilot kentte 45'er ölçümü kapsayacak şekilde 3 farklı ortalama hız ölçüm tekniği kullanılmıştır. Birinci ölçüm tekniği, sabit hızla gitme özelliğine sahip otomatik bir araçla yapılan ortalama hız ölçümüdür (Şekil 9). İkinci ölçüm tekniği, trafik akımı içerisinde araçların her zaman sabit hızla ilerlemesi mümkün olmadığı durumları da göz önünde bulundurarak, (testlerde hız sabitleyicinin devre dışı olması durumu) görüntülerin incelenerek koordinatların belirlenebilmesi amacı ile GPS özelliği olan araç içi kamera yardımıyla yapılan ölçümdür (Şekil 10). Bu 2 ölçüm tekniğinden farklı olarak üçüncü teknik ise koridorun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki yolculuk süresinin kronometre yardımıyla ölçülmesidir (Şekil 9b).

Şekil 10. GPS özelliği olan araç içi kamera ile elde edilen konum, süre ve hız verilerinin bilgisayar ortamında incelenmesi.

Bu 3 farklı teknik kullanılarak yapılan ölçümlerden elde edilen verilerin analizi ile sistem yazılımının verdiği ortalama hız değerlerine ait sonuçlar Gölbaşı/Adıyaman'da kurulu olan KOHİTS'ler için Tablo 3'te, Toprakkale/Osmaniye için elde edilen değerler ise Tablo 4' te verilmiştir. KOHİTS'lere ait yazılımların hesapladığı ortalama hızlar çalışma kapsamında kullanılan 3 farklı yöntemle karşılaştırılırken Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) tarafından hazırlanan 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun Ek 16'ncı Maddesinin Uygulanmasına İlişkin Usul ve Esaslar, Madde 9.14'te belirtilen "*Gerekli ayarlar taşıt sürücülerinin lehine olacak şekilde ayarlanacak ve EDS 'nin ortalama hız ölçüm hatası 70 km/sa'ye kadar ± 3 km/s, 70 km/s üzerinde ±%3 sınırları içerisinde olacaktır.*" hususuna göre irdelenerek karşılaştırma yapılmıştır (EGM, 208). Kanun maddesi uyarı uyarınca hız ölçüm hatası 70 km/s ye kadar ± 3 km/sa, 70 km/s üzerinde ortalama hızın ±%3'ü kadar olması durumu dikkate alınmıştır.

%3 durumu için hata sınırlarını belirlemek amacıyla Denklem 2'de verilen bağıntı yardımıyla gözlemlerde yapılan her bir ölçüm için $\pm\Delta_V$ (km/sa) hata payları hesaplanmıştır.

$$\Delta_V = \frac{V_S \times 3}{100} \qquad (2)$$

Burada;

Δ_V : Hata payı (km/sa)

V_S : Sistem yazılımının ölçtüğü hız (km/sa)

Tablo 3 ve 4'ten de görüldüğü üzere 3 farklı ortalama hız ölçü tekniği kullanılarak hesaplanan ortalama hız değerleri (km/sa) ile ortalama hız hesabı yapan sistem yazılımın hesapladığı ortalama hızlar arasındaki farkın yukarıda belirtilen kural uyarınca önerilen hata paylarının altında değerler olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuca göre ise çalışma kapsamında pilot olarak incelenen bu sistemlerin efektif çalıştığı tespit edilmiştir.

Tablo 3. Gölbaşı/Adıyaman'da bulunan 6 KOHİTS'ten hesaplanan ortalama hızlar ile sistemin ortalama hızlarının karşılaştırılması.

Gözlem No	KOHİTS No	Mesafe (L) (m)	Ölçülen Yolculuk Süreleri (sn)			Sistemin Ölçtüğü Hız (V_S) (km/sa)	Hata Payı (Δ_V) (km/sa)	Diğer Yöntemlerin Ölçtüğü Hız (km/sa)			Hız Farklılığı (km/sa)		
			Sistem Yazılımı	GPS'li Araç İçi Kamera	Kronometre			Test Aracı (V_T)	Kronometre (V_k)	GPS'li Araç İçi Kamera (V_A)	(V_S-V_T)	(V_S-V_K)	(V_S-V_A)
1	1	1606	89	90	90	65[a]	±3,00	66	64	65	-1	1	0
2			113	112	112	51[a]	±3,00	52	52	52	-1	-1	-1
3			126	126	126	46[a]	±3,00	47	46	47	-1	0	-1
4			158	158	158	37[a]	±3,00	37	37	37	0	0	0
5			73	72	72	79[b]	±2,37	81	81	81	-2	-2	-2
6			61	62	61	95[b]	±2,85	97	94	97	-2	1	-2
7			69	69	69	84[b]	±2,52	86	84	86	-2	0	-2
8			80	81	79	72[b]	±2,16	74	73	74	-2	-1	-2
9	2		68	68	68	85[b]	±2,55	86	85	86	-1	0	-1
10			111	111	112	52[a]	±3,00	53	52	53	-1	0	-1
11			79	8	80	73[b]	±2,19	74	73	74	-1	0	-1
12			74	75	73	78[b]	±2,34	80	79	78	-2	-1	0
13			89	89	89	65[a]	±3,00	67	65	66	-2	0	-1
14			125	126	126	46[a]	±3,00	47	46	46	-1	0	0
15			157	157	158	37[a]	±3,00	37	37	36	0	0	1
16			66	67	67	88[b]	±2,64	88	86	88	0	2	0
17			79	80	80	73[b]	±2,19	74	72	74	-1	1	-1
18	3	1646	78	77	79	76[b]	±2,28	74	75	74	2	1	2
19			64	63	64	93[b]	±2,79	91	93	91	2	0	1
20			108	110	108	55[a]	±3,00	53	55	53	2	0	2
21			120	123	121	49[a]	±3,00	48	49	47	1	0	2
22			151	154	152	39[a]	±3,00	38	39	37	1	0	2
23			59	59	59	100[b]	±3,00	98	100	98	2	0	2
24			76	79	76	78[b]	±2,34	76	78	76	2	0	2
25	4		85	78	85	70[a]	±3,00	70	70	71	0	0	-1
26			63	62	63	94[b]	±2,82	93	94	92	1	0	2
27			109	108	110	54[a]	±3,00	54	54	52	0	0	2
28			80	76	77	74[b]	±2,22	74	76	74	0	-2	0
29			124	121	123	48[a]	±3,00	47	48	47	1	0	1
30			153	152	153	39[a]	±3,00	38	39	37	1	0	2
31			59	59	59	100[b]	±3,00	100	101	99	0	-1	1
32	5		168	168	168	72[b]	±2,16	72	72	71	0	0	1
33			119	119	119	102[b]	±3,06	102	102	101	0	0	1
34			230	231	231	53[a]	±3,00	53	53	52	0	0	1
35			325	325	325	37[a]	±3,00	37	37	37	0	0	0
36			183	183	183	66[a]	±3,00	66	66	66	0	0	0
37			142	141	141	85[b]	±2,55	86	86	85	-1	-1	0

38		3371	260	260	259	47[a]	±3,00	47	47	47	0	0	0
39	6		167	167	167	73[b]	±2,19	72	73	72	1	0	1
40			113	112	113	107[b]	±3,21	107	108	107	0	-1	0
41			229	229	229	53[a]	±3,00	52	53	52	1	0	1
42			322	323	323	38[a]	±3,00	37	38	37	1	0	1
43			183	183	183	66[a]	±3,00	66	66	66	0	0	0
44			141	140	141	86[b]	±2,58	86	86	86	0	0	0
45			259	259	259	47[a]	±3,00	46	47	46	1	0	1

a: Hız limiti 70 km/sa'ten düşük olan saha ölçümleri; b: Hız limiti 70 km/sa'ten yüksek olan saha ölçümleri.

Tablo 4. Toprakkale/Osmaniye'de bulunan 6 KOHİTS'ten hesaplanan ortalama hızlar ile sistemin ortalama hızlarının karşılaştırılması.

Gözlem No	KOHİTS No	Mesafe (L) (m)	Ölçülen Yolculuk Süreleri (sn)			Sistemin Ölçtüğü Hız (V_S) (km/sa)	Hata Payı (Δ_V) (km/sa)	Diğer Ölçüm Yöntemlerinin Ölçtüğü Hız (km/sa)			Hız Farklılığı (km/sa)		
			Sistem Yazılımı	GPS'li Araç İçi Kamera	Kronometre			Test Aracı (V_T)	Kronometre (V_k)	GPS'li Araç İçi Kamera (V_A)	(V_S-V_T)	(V_S-V_K)	(V_S-V_A)
1	1	1430	51	51	51	101[b]	±3,03	101	101	101	0	0	0
2			59	59	59	87[b]	±2,61	87	87	87	0	0	0
3			49	49	49	105[b]	±3,15	105	105	105	0	0	0
4			47	48	47	109[b]	±3,27	109	110	108	0	-1	1
5			52	52	52	99[b]	±2,97	99	99	99	0	0	0
6			62	62	62	83[b]	±2,49	83	83	82	0	0	1
7			77	77	77	67[a]	±3,00	67	67	66	0	0	1
8			46	47	46	111[b]	±3,33	111	112	112	0	-1	-1
9	2		44	44	44	116[b]	±3,48	117	117	117	-1	-1	-1
10			59	59	59	87[b]	±2,61	87	87	87	0	0	0
11			42	42	42	122[b]	±3,66	122	123	121	0	-1	1
12			48	48	48	108[b]	±3,24	108	107	108	0	1	0
13			53	53	53	97[b]	±2,91	97	97	97	0	0	0
14			38	38	38	136[b]	±4,08	136	135	136	0	1	0
15			77	76	77	67[a]	±3,00	67	67	67	0	0	0
16	3	1037	35	35	35	106[b]	±3,18	107	107	106	-1	-1	0
17			49	48	49	76[b]	±2,28	76	76	77	0	0	-1
18			43	43	43	87[b]	±2,61	87	87	86	0	0	1
19			32	32	32	116[b]	±3,48	116	117	117	0	-1	-1
20			39	39	39	95[b]	±2,85	95	96	94	0	-1	1
21			41	41	41	90[b]	±2,70	91	91	90	-1	-1	0
22			56	56	57	67[a]	±3,00	67	65	67	0	2	0
23	4		35	35	35	107[b]	±3,21	107	107	106	0	0	1
24			48	48	49	77[b]	±2,31	77	76	76	0	1	1
25			38	38	39	97[b]	±2,91	97	96	96	0	1	1
26			43	43	43	87[b]	±2,61	87	87	87	0	0	0
27			45	45	45	83[b]	±2,49	83	83	83	0	0	0
28			30	30	30	126[b]	±3,78	127	124	126	-1	2	0

29			41	41	41	91 [b]	±2,73	91	91	90	0	0	1
30			56	55	56	67 [a]	±3,00	67	67	67	0	0	0
31			44	44	44	112 [b]	±3,36	113	111	111	-1	1	1
32			42	42	42	116 [b]	±3,48	117	116	116	-1	0	0
33			55	55	55	89 [b]	±2,67	89	89	89	0	0	0
34	5		74	73	73	66 [a]	±3,00	67	67	66	-1	-1	0
35			64	63	64	77 [b]	±2,31	77	76	76	0	1	1
36			39	39	39	125 [b]	±3,75	125	125	123	0	0	2
37			37	37	37	132 [b]	±3,96	132	132	132	0	0	0
38		1359	50	50	50	98 [b]	±2,94	99	98	98	-1	0	0
39			54	55	54	90 [b]	±2,70	90	91	89	0	-1	1
40			59	59	59	83 [b]	±2,49	83	83	82	0	0	1
41			73	73	73	67 [a]	±3,00	67	67	66	0	0	1
42			64	63	64	77 [b]	±2,31	77	76	76	0	1	1
43	6		46	46	46	107 [b]	±3,21	107	106	106	0	1	1
44			38	38	38	129 [b]	±3,87	129	129	128	0	0	1
45			42	42	42	117 [b]	±3,51	117	116	116	0	1	1

a: Hız limiti 70 km/sa'ten düşük olan saha ölçümleri; b: Hız limiti 70 km/sa'ten yüksek olan saha ölçümleri

Sonuç ve Değerlendirmeler

Mevcut çalışmalar ve kaza istatistikleri detaylı olarak incelendiğinde, trafik kazaları üzerinde en önemli faktörlerden birisi sürücülerin hız limitlerine uymayarak aşırı hızlı hareket etmesidir. Özellikle yol kenarında veya üzerindeki farklı özellikteki uyarı sistemlerinin sürücülerin mevcut hızlarını hız limitlerine uygun şekilde düzenlemesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte trafikte hız limitlerinin üzerinde hareket eden araçların tespiti ve çeşitli araçlarla sınırlandırılması amacıyla Akıllı Ulaşım Sistemlerine (AUS) verilen önem daha da artmıştır. Bu amaçla teknolojinin gelişmesi ile birlikte ilk olarak araç hızlarını anlık olarak ölçebilen radar sistemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla özellikle trafik kazaları üzerinde en önemli parametrelerden birisi olan aşırı hızın tespiti ve cezai yaptırım uygulayarak kontrolü üzerine son yıllarda anlık hız ölçen radar sistemleri geliştirilmiştir. Anlık hız ölçebilen sabit, mobil ve gezici radar sistemleri, yerleri sürücüler tarafında bilindiğinde sürücülerin hızlarını sadece kurulu olduğu çok kısa bir mesafe de anlık olarak denetleyebilmekte; öncesi ve sonrasında ne yazık ki kontrol edememektedir. Dolayısıyla bu tür durumlarda sürücüler sadece radar olan yol kesimlerinde yavaşlamakta, sonrasında tekrar hızlanarak hareketlerine devam etmektedirler. Belirtilen bu soruna çözüm geliştirmek amacıyla ise son yıllarda Dünya'da ve Türkiye'de etkin olarak kullanılan ve uzunluğu belirlenen bir koridor boyunca ortalama araç hızlarını tespit eden Koridor Ortalama Hız Tespit Sistemleri (KOHİTS) geliştirilmiştir. Bu sistemler, sağladığı birçok fayda sebebiyle son yıllarda birçok ülke de şehiriçi ve şehirlerarası yollarda etkin ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

KOHİTS'ler Türkiye'de son yıllarda AUS'lara verilen önemin artması ve Emniyet Genel Müdürlüğü'nün (EGM) hıza bağlı trafik kazalarını azaltma politikası kapsamında Türkiye genelinde yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanda artan talep, yerli birçok yazılım firmasını sistemin kurulması ve işletilmesi konusunda da motive etmiştir. Mevcut literatürde KOHİTS'lerin çalışma ve performans ölçümünün nasıl yapılacağına ilişkin uygulama tabanlı bir çalışma bulunmadığı için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatürde bu konudaki boşluğu doldurabilmek amacıyla çalışma kapsamında, KOHİTS'lerin performans ölçümlerinin nasıl yapılacağı konusunda her türlü işlem adımını ve ölçüm adımlarını kapsayan ve içerisinde 3 farklı ortalama hız ölçüm tekniğini (Test aracı, Kronometre ve GPS özellikli araç içi kamera) içeren bir performans ölçüm metodu önerilmiştir. Önerilen bu yeni test metoduna ait çalışmada belirlenen tüm işlem adımları hakkında detaylı bilgi verebilmek için seçilen 2 pilot kentteki (Gölbaşı/Adıyaman ve Toprakkale/Osmaniye) toplam 12 farklı KOHİTS'in işletmeye açılmadan önceki ortalama hız tespiti ve çalışma performanslarına ait saha ölçümleri yapılmıştır. Saha ölçümleri kapsamında her bir pilot kentten 45'er adet olmak üzere 12 farklı KOHİTS'ten toplam 90 ortalama hız ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümlerden, incelenen 12 farklı koridorda sistem yazılımının ölçtüğü ortalama hızlar ile 3 farklı ölçüm tekniği kullanılarak yapılan ortalama hız ölçümleri arasındaki farkın EGM tarafından hazırlanan 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun Ek 16'ncı Maddesinin Uygulanmasına İlişkin Usul ve Esaslar, Madde 9.14'te belirtilen 70 km/sa'ye kadar ± 3 km/s, 70 km/s üzerinde ±%3 sınırları içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan ölçümlerden, çalışma kapsamında önerilen bu genel performans ölçüm metodunun sistemin verdiği ortalama hız değerini metot içerisindeki 3 farklı ortalama hız ölçüm tekniği ile kontrol etmesi ve sonuçların birbirine yakın çıkması, önerilen metodun KOHİTS'lerin performans ölçümlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceği sonucunu net şekilde ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, çalışma kapsamında önerilen performans ölçüm metodunun KOHİTS'lerin performans ölçümlerinin efektif ve detaylı bir şekilde yapılmasında etkin bir rol oynayacağını ve kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Teşekkür

Yazarlar çalışmaya olan desteklerinden dolayı Tekbiz Teknoloji Ürünleri ve Elektronik San. Tic. Ltd. Şti.'ye teşekkürlerini sunar.

Kaynaklar

Aarts, L., van Schagen, I., 2006. Driving speed and the risk of road crashes: a review. *Accid. Anal. Prev.*, 38, 215–224.

Aydın, M. M., Köfteci, S., Akgöl, K., Yıldırım, M. S. (2017). Utilization of a new methodology on performance measurements of red light violations detection systems, *International Journal of Engineering & Applied Sciences*, 9(1), 32-41.

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.

Bella, F. (2013). Driver perception of roadside configurations on two-lane rural roads: Effects on speed and lateral placement, *Accident Analysis & Prevention*, 50, 251-262.

Carnis, L., Blais, E. (2013). An assessment of the safety effects of the French speed camera program, *Accid. Anal. Prev.* 51, 301–309.

Cascetta, E., Punzo, V., Montanino, M. (2011). Empirical evidence of speed management effects on traffic flow at freeway bottleneck, *Transport. Res. Rec.*, 2260, 83-93.

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., McConnell, D. (2008). Speed harmonisation with average speed enforcement, *Traffic Eng. Control*, 49 (1), 6–9.

DaCoTA (2012). Speed Enforcement. Deliverable 4.8 of the EC FP7 Project DaCoTA.

Emniyet Genel Müdürlüğü (2018). Trafik Hizmetleri Başkanlığı 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun Ek 16'ncı Maddesinin Uygulanmasına İlişki Usul ve Esaslar,[Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019] http://www.trafik.gov.tr/SiteAssets/Trafik%20Kitapl%C4%B1k/Mevzuat/Ek16_usul_esas_18.11.2016.pdf

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, *Transport. Res. Part F: Traffic Psychol. Behav.*, 13(1), 49–62.

Hauer, E. (2009). Speed and safety, *Transport. Res. Rec.*, 2103, 10–17.

Hu, Wen, Anne, T. McCartt (2016). Effects of automated speed enforcement in Montgomery County, Maryland, on vehicle speeds, public opinion, and crashes. *Traffic injury prevention*, 17(1), 53–58.

Ilgaz, A., Saltan, M. (2017). Ortalama hız tespit sistemi ve yol güvenliği etkileri üzerine bir literatür taraması, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 457-472.

ISBAK (2019). Elektironik denetleme sistemleri, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019]. http://isbak.istanbul/akilli-ulasim-sistemleri/elektronik-denetleme-sistemi/hiz-koridor-ihlal-tespit-sistemi/

ISSD (2019). Koridor ortalama hız tespiti, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019]. http://www.issd.com.tr/tr/18924/Koridor-Hizi-Ihlal-Tespit-Sistemi

Jones, A., Sauerzapf, V., Haynes, R. (2008). The effects of mobile speed camera introduction on road traffic crashes and casualties in a rural county of England. *J. Safety Res.*, 39, 101–110.

Kapsch (2010). Section Speed Enforcement: for road safety, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019]. https://www.kapsch.net/ktc/downloads/brochures/Kapsch-KTC-DS-Section_Speed_Enforc ement-EN-WEB?lang=en-US

Kistler (2019). Corridor average speed enforcement, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019].https://www.kistler.com/en/applications/sensor-technology/weigh-in-motion/

Koy, T., Benz, S., (2009). Automatic Time-Over-Distance Speed Checks İmpacts on Driving Behaviour and Traffic Safety. In *6th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*, Stockholm.

Lynch, M., White, M., Napier, R. (2011). Investigation into the use of point-to-point speed cameras. NZ Transport Agency Research Report 465, Wellington.

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., Andreassen, D., Tarko, A., Turner, S., Mauriello, F., Imbriani, L.L., Romero, M. (2013). Crash databases in Australasia, the European Union, and the United States: review and

prospects for improvement, *Transport. Res. Rec.*, 2386, 128–136.

Montella, A., Persaud, B., D'Apuzzo, M., Imbriani, L.L. (2012). Safety evaluation of an automated section speed enforcement system, *Transport. Res. Rec*. 2281, 16–25.

Montella, A., Punzo, V., Chiaradonna, S., Mauriello, F., Montanino, M. (2015). Point-to-point speed enforcement systems: Speed limits design criteria and analysis of drivers' compliance, *Transportation research part C: emerging technologies*, 53, 1-18.

Moxa (2019). Intellıgent transportation systems, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019], https://www.moxa.com/en/solutions/industry-focus/intelligent-transportation. [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019].

Neuman, T.R., Slack, K.L., Hardy, K.K., Bond, V.L., Potts, I., Alberson, B., Lerner, N. (2009). NCHRP Report 500: Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan: A Guide for Reducing Speeding-Related Crashes, vol. 23. Transportation Research Board, Washington, DC.

Ng, C. F., Small, K. A. (2012). Tradeoffs among free-flow speed, capacity, cost, and environmental footprint in highway design. *Transportation*, 39(6), 1259-1280.

NHTSA (2012). MMUCC Guideline: Model Minimum Uniform Crash Criteria, fourth ed. Report DOT HS 811 631.

Platar (2019). Trafik elektornik denetleme sistemi, Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019]. http://www.platar.com.tr/tedes/

Soole, D., Watson, B., Fleiter, J. (2013). Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: a review of the literature, *Accid. Anal. Prev.*, 54, 46–56.

Soole, D.W., Watson, B.C., Fleiter, J.J. (2012). Point-to-Point Speed Enforcement. Austroads Report AP-R415-12, Sydney.

Tedesbilgi (2019). Trafik elektornik denetleme sistemi, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019], http://www.tedesbilgi.com/cozumlerimiz/hiz-koridoru/

Traffic Data Systems (TDS) (2019). Average Speed Enforcement, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019], https://www.traffic-data-systems.net/

Vaitkus, A., Čygas, D., Jasiūnienė, V., Jateikienė, L., Andriejauskas, T., Skrodenis, D., Ratkevičiūtė, K. (2017). Traffic Calming Measures: An Evaluation of the Effect on Driving Speed, *Promet-Traffic&Transportation*, 29(3), 275-285.

Vendeka (2019). Trafik elektornik denetleme sistemi, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019], http://www.vendeka.com.tr/en/oursolutions/42-its-akll-ulam-sist [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019].

Wegman, F., Goldenbeld, C. (2006). Speed Management: Enforcement and New Technologies. Report R2006-5, SWOV, Leidschendam.

WHO (2018). Global status report on road safety 2018, [Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019], https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/

Wilson, C., Willis, C., Hendrikz, J., Le Brocque, R., Bellamy, N. (2010). Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths. Cochrane Database Syst. Rev. 2010, 11.

Yannis, G., Louca, G., Vardaki, S., Kanelladis, G. (2013). Why do drivers exceed speed limits, *Eur. Transport Res. Rev.*, 5, 165–177.

Zainuddin, N. I., Adnan, M. A., Md Diah, J. (2013). Optimization of speed hump geometric design: Case study on residential streets in Malaysia, *Journal of transportation engineering*, 140(3), 05013002.

Suggestion of a measurement method for performance measurements of corridor average speed enforcement systems (KOHİTS)

Extended abstract

Driving at high speeds on urban and rural roads results many deaths or injuries caused by large number of traffic accidents. This observed negative situation motivated researchers, officials and planners working in the field of transportation to develop new solutions to prevent drivers' too fast driving behaviors in traffic. For this purpose, different speed radar and speed measurement systems have been developed that can perform spot and average speed measurements to limit vehicle speeds in the world.

In Turkey, given importance to Intelligent Transportation Systems (AUS) is shown an increase in recent years and Corridor Average Speed Enforcement Systems (KOHİTS) started to be implemented in order to determine average speeds and to control vehicle speeds in corridors where excessive speeds are observed.

Within the scope of this study, a performance measurement method, including three different average speed measurement techniques (Test vehicle, stopwatch and GPS-in-car camera), is proposed. In order to give a detailed information about all the process steps, performance measurements of 12 different KOHİTS in 2 pilot cities (Gölbaşı/Adıyaman and Toprakkale/Osmaniye) were performed before opening to operation.

The average speed measurement differences between system software and 3 different methods in the examined 12 different corridors were found within the limits of ± 3 km/h up to 70 km/h and within the limits of ± 3% over 70 km/h as suggested by the authorities. The obtained results suggest that this new method which is proposed within the study and includes length measurement, average speed measurement and some other measurement steps can be used effectively in the performance measurements of KOHİTS.

It was also observed from the field observations and measurements that the configuration of the system by an expert team, development of a good software and utilization of a good technological infrastructure in the system are other very important parameters for the performance of the system.

In conclusion, results showed that suggested method can be used effectively for the performance analysis of the Corridor Average Speed Enforcement Systems. To get the higher performance, more detailed and effective methods should be improved. In the future work, we focused on this problem.

Keywords: *Average speed, Speed measurement, Excessive speed, Traffic accidents, Speed limit.*