

ŞEHİRİÇİ TRAFİK VERİLERİNİN TOPLANMASINDA SENSÖR KULLANIMI

HALİM CEYLAN¹, SONER HALDENBİLEN², HÜSEYİN CEYLAN³, ÖZGÜR
BAŞKAN⁴

¹Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi,Müh.Fak.,İnş.Müh.Böl.,Ulaştırma Anabilim Dalı, Denizli,
Türkiye

Tel: 258. 2953351 eposta: halimc@pau.edu.tr

²Yrd.Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi,Müh.Fak.,İnş.Müh.Böl., Ulaştırma Anabilim Dalı,
Denizli, Türkiye

Tel: 258. 2953361 eposta: shaldenbilen@pau.edu.tr

³Araş.Gör., Pamukkale Üniversitesi,Müh.Fak.,İnş.Müh.Böl., Ulaştırma Anabilim Dalı, Denizli,
Türkiye

Tel: 258. 2953392 eposta: hceylan@pau.edu.tr

⁴Araş.Gör., Pamukkale Üniversitesi,Müh.Fak.,İnş.Müh.Böl., Ulaştırma Anabilim Dalı, Denizli,
Türkiye

Tel: 258. 2953392 eposta: obaskan@pau.edu.tr

ÖZET

Ulaşım planlaması ve modelleme çalışmalarında gerekli analizlerin yapılabilmesi için, ulaşım ağındaki trafik bilgilerine gereksinim vardır. Trafik verilerinin işleyen bir yol ağında toplanabilmesi oldukça zor ve yüksek maliyetli bir çalışmayı gerektirmektedir. Bu çalışmada veri derleme yöntemlerinden olan sensörler üzerine bir araştırma yapılmıştır. Şehir içi ve şehirlerarası yollarda veri elde edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri manyetik sensörlerdir. Sensörler yardımı ile elde edilebilen trafik verileri araç hızı, araç sınıflandırması ve araçların tanımlanması, işgal süreleri, trafik hacmi vb. sayılabilir. Sensörler ile veriler sürekli ya da kesikli olarak elde edilebilmektedirler. Ayrıca veriler planlama, modelleme ve Akıllı Ulaştırma Sistemlerinin (ITS) uygulanmasına yönelik gerçek zamanlı olarak elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada arazide veri temininde kullanılan manyetik sensör çeşitleri detaylı bir şekilde incelenmiş, kullanım amacına, istenilen verinin kalitesine ve sürekliliğine göre nasıl bir seçimin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Sensör yerleri seçilirken birçok amacın birlikte gerçekleştirilmesi gerekliliği belirtilmiştir. Bu amaçlar arasında farklı araç türlerinin hızlarını doğru olarak bulmak ve özellikle kavşak yaklaşımlarında hız değişimlerini belirleyebilmek sayılabilir. Çalışmada sabit ve taşınabilir olarak iki genel başlıkta toplanan sensör çeşitlerinden sabit sensörlerin araziye montajının nasıl yapılacağı, montaj sırasında nelere dikkat edilmesi gerektiği uygulamalı ve detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Ayrıca sensörlerin montaj işleminden sonra verilerin kaydedilmesi ve dijital ortama aktarılmasında kullanılan HITRAC 90T trafik sayım cihazı ve HI-COMM paket programının işleyişi açıklanmıştır.

1. GİRİŞ

Son yıllardaki hızlı nüfus artışı ve beraberinde getirdiği araç sahipliğindeki artış ciddi boyutlara ulaşmıştır. Araç sahipliğinin ve özellikle kullanımının son yıllarda gittikçe artması sonucu şehir içi yol ağlarında meydana gelen trafik sıkışıklıklarının ortadan kaldırılabilmesi için ağ tasarım çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Yapılacak çalışmalarda sensörler yardımı ile elde edilebilen trafik verileri olarak hız, araç sınıflandırması ve araçların tanımlanması, işgal süreleri, trafik hacimleri vb. kullanılacak ve bu veriler modellemelerde esas girdileri oluşturacaktır. Bu nedenle trafik verilerinin elde edilmesi ulaşım problemlerinin

çözümlemesi için yapılacak olan model çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Messai ve diğ.'nin (2005) yaptıkları çalışmada seçilen bir bölgedeki yüksek yoğunluklu kavşaklarda trafik yönetimi için sinir ağıları tabanlı yeni bir izleme modeli oluşturulmuş ve verilerin toplanmasında manyetik sensörlerden yararlanılmıştır. Yine Kang ve diğ. (2005) yapmış oldukları çalışmada trafik verilerinin toplanmasında sensör tiplerini karşılaştırmış ve çalışmanın esas amacı olarak yeni bir sensör modeli önerilmiş ve bu sensör tipinin avantaj ve dezavantajları saha çalışması yapılarak ortaya konulmuştur. Sebastia ve diğ.'nin (2007) yapmış oldukları çalışmada araç hızlarının elde edilmesinde yeni bir sensör modeli geliştirilmiş ve bu sensör tipinin daha az maliyet ve işgücü gerektirdiği karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur. Çalışmanın amacı sensör seçimi, yerleşimi ve araç sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesidir. Bu kapsamda sabit ve hareketli sensörler detaylı bir şekilde incelenmiş ve seçilen sensör tipine ait arazi uygulama çalışmalarına yer verilmiştir. Aynı zamanda seçilen sensörlerin uygulama zorlukları, performansları ve ortalama maliyetleri de incelenmiştir. Yapılan literatür çalışması ile İleri Endüktif Döngü (IED) sisteminin ülkemizde şehiriçi yol ağlarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bölüm 2'de sensörler ve çeşitleri, Bölüm 3'de arazi uygulaması ve son olarak Bölüm 4'de ise sonuçlar yer almaktadır.

2. SENSÖRLER

Sensörler sabit ve taşınabilir olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Sabit sensörler doğrudan yol üzerine yerleştirilmekte ve sürekli olarak trafik bilgilerini algılayabilmektedirler. Bu tip sensörler yol üzerine uygulandıktan sonra genellikle yerinde sabit kalırlar. Taşınabilir sensörler ise kısa dönem veri derlenmesi için kullanılabilirler ve yerleri zaman zaman değiştirilebilir. Taşınabilir sensörlerin uygulanabilmesi için sabit sensörlerdeki gibi şerit kapatılması gerekmekte fakat bu süreç sabit sensörlerin uygulanmasından daha kısa sürmektedir. Yapılan çalışmalar henüz sabit ve taşınabilir sensörler arasında belirgin bir avantaj ve dezavantaj farkını ortaya koyamamıştır. Ancak kullanım amacına ve istenilen verinin kalitesine, sürekliliğine göre sensör seçimi gereklidir. Sabit sensörlerin en iyi bilineni endüktif döngülü sensörlerdir. Piezoelektrik sensörler, kolaylıkla taşınabilir veya sabitlenebilir ayrıca hareket anında yük (WIM) ölçmek için kullanılırlar. Diğer bir sensör türü ise manyetik sensörlerdir. Yol üst yapısına asfalt kesilerek veya kesilmeden yerleştirilebilirler.

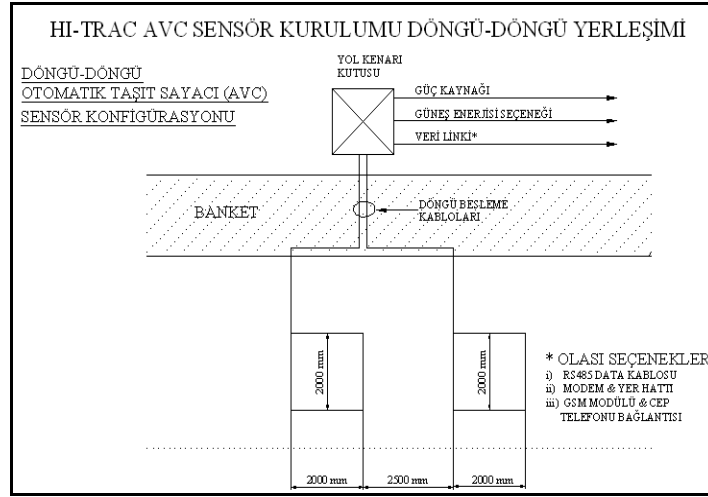
2.1. Sabit Sensörler

Günümüzde en çok kullanılan sabit sensör tiplerinden biri endüktif döngülerdir. Bu sensörler tekli veya çiftli olarak kullanılabilirler. Tekli döngüler ile yapılan veri toplama çalışmalarında araç geçişleri, trafik hacmi ve işgal süreleri tespit edilebilirken, hız hesaplamalarında çok büyük hatalar ortaya çıkabilmektedir. Tekli döngülerde hız hesaplanmasının duyarlılığının artırılmasına yönelik bir çok çalışma yapılmıştır (Oh ve diğ. 2004; Lin ve diğ. 2004; Wang ve Nihan, 2003). Son zamanlarda geliştirilen endüktif döngü ve dedeksiyon teknolojileri daha iyi döngü sensörlerin yapılmasına olanak vermektedir. Araç sınıflandırma için sensör dalgaboyu formu kullanılarak birçok algoritma geliştirilmiştir. Çiftli döngüler ile hız hesaplamaları kolaylıkla yapılabilen ve araç sınıflandırma sistemi daha sağlıklı olarak elde edilebilmektedir. Fakat, çiftli döngüler ilk yatırım ve bakım maliyetleri yüksek olduğu için pek fazla tercih edilmezler. Bu sensörlerin temel dezavantajları, yol üst yapısının ömrünün kısılması ve uzun zamanlı şerit kapatmalarıdır.

Literatürde ve uygulamada yer alan sabit sensörlerden biri de Video Görüntü İşlemcilerdir (VGİ). Bu yöntemde açık havada bu sensörlerin derledikleri veriler daha anlaşılabilir olmakta, fakat algoritma geliştirmesi oldukça zor olabilmektedir. Ayrıca, bu sistemin maliyeti oldukça yüksek ve enerji ihtiyacı da fazladır. Bir diğer sabit sensör tipi ise Hareket-Ağırlık (WIM) sensörleridir. Bu tip sensörler piezoelektrik polimer sensörleri kullanılırlar ve uygulanan yük veya basınçla orantılı voltaj sistemi ile yük hesabı yaparlar. WIM sensörleri araç sınıflandırma, hız, aks sayıları ve aks ağırlıklarını hesaplamak için kullanılır. Bu sensörlerin çok önemli dezavantajları bulunmaktadır. İlk yatırım, bakım maliyetleri oldukça yüksek olup sıcaklık ve hava değişimlerine oldukça duyarlıdır. Bu yüzden derlenen verilerde büyük hatalara neden olabilmektedir. Mevcut sabit sistemler (endüktif döngüler ve VGİ) taşıtları yüksek duyarlılıkta sayabilirler.

Sabit sensörler ileri trafik yönetim sistemleri ve yol kullanıcı bilgilendirme sistemleri için kullanılabilirler. Endüktif döngüler ve video kameralar elektronik olarak trafik akımı, sıklık ve trafik şartları hakkında ulaşım ağının bir çok noktasından veri toplar ve toplanan veriler kontrol merkezine geri beslenerek, sistemin performansını geliştiren parametrelerle analiz edilerek sisteme müdahale edilebilir. Bu bilgiler değişik iletişim araçları yardımıyla yol kullanıcılarına da ulaştırılabilir.

Sabit sensörlerin arazi uygulaması, montaj ve veri derleme aşamalarını içermektedir. Şekil 1'de endüktif döngülerin aplikasyon planları, veri toplayan ana karta bağlantıları ve Resim 1'de ise ana kartı bünyesinde bulunduran cihazın sahaya yerleştirildikten sonraki durumu görülmektedir. Sensörler Şekil 1'deki gibi yol üstyapısına monte edilir ve dedeksiyon kartına bağlanırlar. Dedeksiyon kartı Resim 1'de görülen sabit bir kabine yeraltından geçen kablolarla bağlanır. Hafıza kartına kaydedilen veriler dizüstü bilgisayar, modem, GPRS veya telefon hattıyla yönetim merkezi, bilgisayarlar veya kontrol merkezine aktarılır. Derlenen verilerden HI-COMM paket programı yardımıyla trafik hacmi, işgal süresi, hız gibi trafik parametreleri bulunur.



Şekil 1. Endüktif döngü sensörünün plandan görünüşü



Resim 1. Cihaz kabinesi

2.2. Taşınabilir Sensörler

Taşınabilir sensörler sabit sensörlere ihtiyaç duyulmayan yerlerde kullanılabilirler. Bu sensörler basit olarak yol yüzeyine serilerek kısa dönemli veriler toplayabilirler. Pnömatik tüpler araç sayımı, ağırlık, aralık gibi trafik parametrelerini ölçmek için kullanılan en yaygın taşınabilir sensörlerden birisidir. Bu sensörlerin bazı tipleri, araç geliş aralıkları, kavşak durma gecikmeleri, durma çizgisi gecikmeleri, doygunluk akım oranları, anlık hızları ölçmek için kullanılır. Pnömatik tüpler trafik akım yönüne dik olarak yerleştirilirler. Enerji kullanım ihtiyacı düşüktür, fakat ağır taşıt trafiğinin yoğun olduğu durumlarda verimli olarak çalışmayabilirler. Aynı zamanda çalınmaya ve yıpranmaya karşı güvenli değildirler.

Piyezoelektrik sensörler mekanik enerji ve kinetik enerji arasındaki formların dönüşümü prensibine dayanarak çalışırlar. Polarize kristale basınç uygulandığı zaman, kristalin mekanik deformasyonu elektrik akımına sebep olur. Piyezoelektrik sensörler aks sayısına göre araç sınıflandırması yaparak hız hesaplarını yapabilirler. Fakat bunun için çok sayıda sensör kullanılması gerekmektedir. Bu sensörler yol üstü yapısı sıcaklığına ve araç hızına çok duyarlıdır.

Bunların dışında ultrasonik sensörler, akustik sensörler, infrared sensörler, manyetik sensörler bulunmaktadır. Fakat taşınabilir sensörlerle ilgili teknolojik gelişmeler çok hızlı değildir ve araştırmaya açık bir konudur. Sensör tiplerinin özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir (Klein, 2001).

Tablo 1. Sensör Özellikleri

Sensör	Fonksiyonlar				
	Sayım	İşgal	Hız	Sınıflandırma	Araç tanımlama
Endüktif Döngü	X	X	X1	X	X4
Video	X	X	X	X2	---
WIM	X	X	X	X	---
Pnömatik tüp	X	X	X1	X3	---
Piyezoelektrik	X	X	X1	X3	---
Ultrasonik	X	X	X	---	---
Akustik	X	X	X	---	---
Infrared	X	X	X	X	---
Manyetik	X	X	X1	X3	---

X1: Çift sensör gereklidir

X2: Program satıcı tarafından sağlanmalıdır

X3: Taşınabilir trafik sınıflandırıcı satıcı tarafından sağlanmalıdır

X4: Deneyisel

Araç sınıflandırılması için en yaygın olarak kullanılan teknoloji çift endüktif döngü sensörlerin kullanılmasıdır. Çift döngü detektör her bir algılamada zamanını belirleyebildiği için, döngü üzerinde araçların geçtiği süre belirlenebilir. Her bir döngü arasındaki uzunluk bilindiğinden dolayı iki döngülü detektörle araç hızları yüksek duyarlılıkta ölçülebilir. Araç sınıflandırması ise bundan sonra araç sayısı ve hız verilerinin birleştirilmesi ile yapılabilir. Ölçüm duyarlılıkları düşük hız / yüksek yoğunluk şartları altında değişkenlik gösterebilir. Çünkü araçların geliş aralıkları çok az olduğu zaman hız parametresinin değişimi büyük farklılıklar gösterdiğinden araçları tanımlamak zor olabilmektedir. Bu sebeple araç sınıflandırma için farklı metodlar bulunmaktadır. Bunlar;

Araç İmza Yaklaşımı: Tekli döngülerde araç işaretleri yardımıyla araç sınıflandırması yapılmaktadır. Bu konuda çalışmalar hala devam etmektedir.

Araç Uzunluk Yaklaşımı: Bu yaklaşımda hız ve işgal süresi parametreleri kullanılarak araç uzunluğuna bağlı araç sınıflandırması yapılabilmektedir. Verilen sabit bir hız için, işgal etme süresi araç uzunluğu ile orantılıdır. Fakat, hızı sabit kabul etmek çok kaba bir yaklaşımdır. Ayrıca, araç uzunluk yaklaşımı ortalama bir sınıflandırma sağlayacaktır. Wang ve Nihan (2003) tek döngü sistemi kullanarak araç uzunluk yaklaşımı ile sınıflandırma yapmak için bir metot geliştirmiştir. Geliştirilen metotta araç sınıflandırmada %10'lara varan hatalar tespit edilmiştir.

Video görüntüleme, bilgisayar ve görüntü işleme tekniklerindeki ilerlemeler video görüntülerinin araç sınıflandırılmasında kullanımını çok uygun hale getirmiştir. Avery ve diğ. (2003) kalibre edilmemiş video görüntülerinden yararlanarak araç tabanlı sınıflandırma algoritması geliştirmiştir. Çalışmada ağır taşıtlar %100 oranında sınıflandırılabilmiştir, fakat diğer araçların sınıflandırma sistemleri hala çalışılmaya devam etmektedir. Görüntü işleme algoritması yüksek oranda bilgisayar hafızası ve işlemci hızı gerektirmektedir. Bu yöntemde de hava şartları ve zirve saat sınıflandırmaları tam olarak çözülebilmemiş değildir.

Araç kimlik tanımlama için bir çok teknik bulunmaktadır. Bu tekniklerden biri insanlar veya kameralar ile otomatik görüntü işleme metodları ile araç plakaları kayıt edilerek araç kimlikleri belirlenebilmektedir. Yüksek çözünürlüklü endüktif döngüler araç imza sistemi üreterek bu imza araç kimlik tanımlaması için kullanılabilir (Oh ve diğ., 2004). Araç imza sistemi verilen bir araç türü için yol üst kesitinden geçen araç ile yol alt kesitinden geçen aracın eşleşme durumudur. Bu sistem için yol üst kesitine ve alt kesitine endüktif döngü sensörlerin yerleştirilmesi gerekmektedir.

3. Arazi Uygulaması

Tek araç imza verileri ile araç karakteristikleri belirlenebilmektedir. Araç imza uzunluğu ve büyüklüğü seçilen sensörün en önemli özelliklerinden birisidir. Araç imza uzunluğu hem araç uzunluğu hem de araç hızı ile ilgilidir. Araçlar sensör üzerinde hareket ederlerken hızlarını çok çabuk değiştirdiğinden yüksek hızlarda sınıflandırma ve kimlik tanımlama düşük hızlara göre çok zor olmaktadır. İmza büyüklüğü ise döngü algılayıcısı üzerinden geçen aracın uzunluğunun tersi ile endüksiyon değişimi arasındaki ilişkidir. Yüksek yatay kaymalar (araç ve algılayıcı arasındaki uzaklık) düşük miktarda araç imzalarına sebep olur. Bu durum araçların hatalı sınıflandırmasına sebep olabilir.

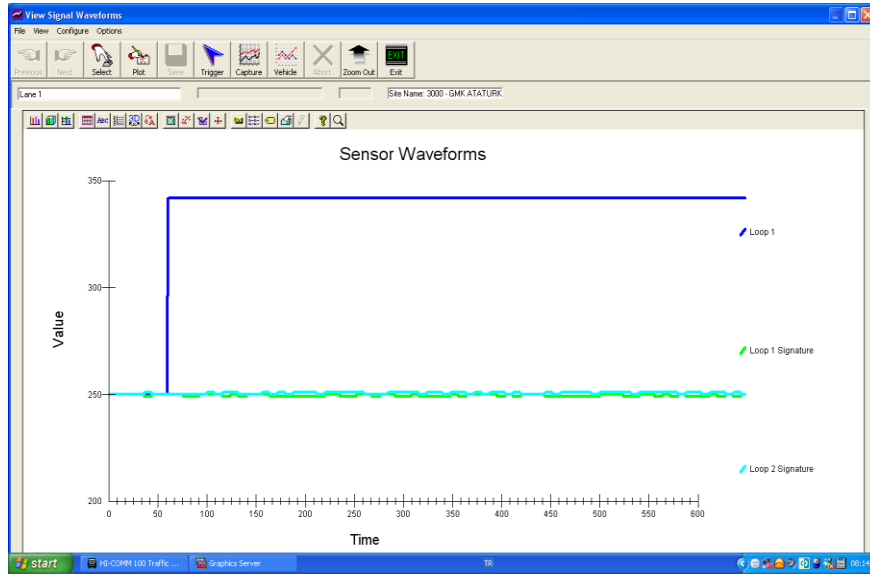
3.1. Arazi Testi

Endüktif sensörlerin test aşaması Resim 2'de verilmiştir.



Resim 2. Test aşamasında sensörlerin görünümü

Resim 3’de test aşamasında yerleştirilen sensörlere ait dalga boyu davranışı gösterilmiştir. 1.5-2.5 mm’lik yüksek darbe ve ısı dayanımlı çok telli kablolar kullanılarak kaplama üzerine 2*2 m boyutlarında kare döngüler oluşturulmuş ve HI-TRAC 90T cihazına kablolar yardımıyla bağlanmıştır. Bağlanan kablolardan geçen sinyaller HICOMM100 programı yardımı ile test edilmeye çalışılmıştır. Yapılan testlerde manyetik döngülerden sinyal alınmış ve geçek zamanlı olarak araç hızları ve işgal etme süreleri ile geliş aralıkları bulunabilmıştır.



Resim 3. Döngü 1 üzerinde araç hareket ederken dalga formunun davranışı

Test çalışmaları sırasında araç sayısı, hız, işgal süresi ve geliş aralıkları düzgün olarak ölçülebildiği için gerçek arazi uygulamasına başlanılmıştır.

3.2. Taşıt Sayım ve Sınıflandırma

Taşıt sayım ve sınıflandırma için HI-TRAC 90 kullanılmıştır. Cihazın hareketli yük ölçümü ve otomatik araç sayımı/sınıflandırıcı olarak konfigürasyonu yapılabilmektedir. Ölçüm için hız aralıkları 5-180 km/saattir. HI-TRAC ünitesine hem endüktif döngü sensörler hem de

piyezoelektrik (ağırlık ölçme) sensörleri monte edilebilir. Piyezoelektrik sensörden gelen sinyaller yardımıyla aks yükü, hız ve sınıfları ölçülebilir. Endüksiyon döngülerinden gelen sinyaller kullanılarak endüksiyon döngüleri üzerindeki deteksiyon zonundan geçen araçların metal şaselerinin sebep olduğu endüksiyon değişimi taşıt parametrelerinin belirlenmesi için kullanılır. Döngüler üzerinde oluşan endüksiyon miktarı temelde bakır telli kablounun döngü sayısına ve döngü uzunluğuna bağlıdır.

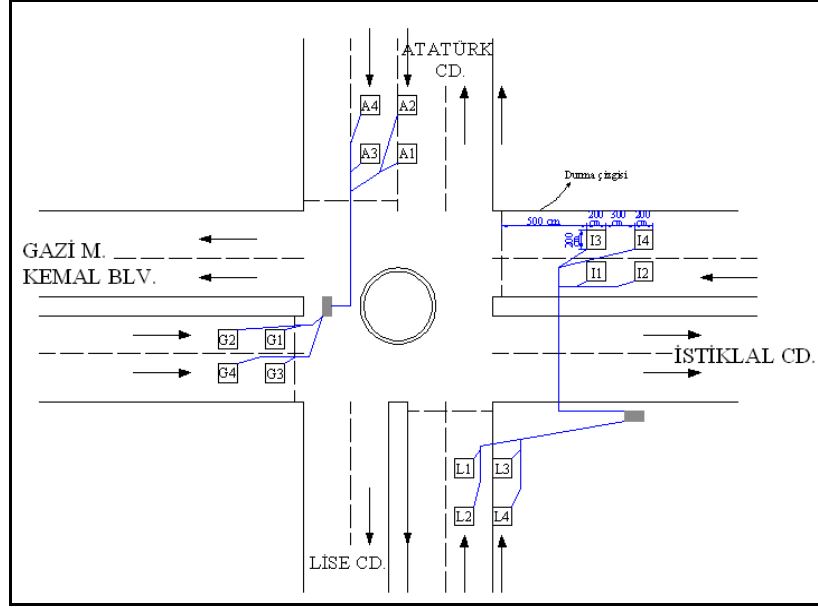
Derlenen veriler cihaz içerisindeki SRAM karta kaydedilir. Bu kartın kapasitesi 4Mb ile 8 MB arasında değişebilmekte ve 4 MB kart 400000 araca kadar kayıt yapabilmektedir. Bu cihaz aynı zamanda ileri döngü profil fonksiyonunu kullanır. Bu fonksiyon araç döngü imza tanımlama algoritması yardımıyla araç sınıflandırmasının duyarlılığının artırılmasına yardımcı olmaktadır. Döngü profili ise dalgaformu görme fonksiyonu yardımı ve program yardımı ile her bir döngüdeki araç imza değişimi yardımıyla araç sınıfı belirlenir ve veri kartına kayıt edilir. Bu yaklaşımda sensör üzerinden geçen aracın frekans değişimin programdan görülebilir.

HI-TRAC 90 cihazının çalışma prensibi şu şekilde olmaktadır; döngü-döngü sensör konfigürasyonu ile, 2 tane 2X2 m kare döngünün her biri 2.5-3 m aralıklarla yerleştirilir ve bu döngüler üç tur halinde yol üstyapısı kesilerek yol yüzeyinden 2-3 cm altında olacak şekilde monte edilerek üzeri asfalt ile kapatılır.

3.3. Arazi Uygulaması

Çalışma alanı şehir merkezinde yoğun trafik yükünün bulunduğu ana kavşaklardan bir tanesidir. Kavşağın durumu ve veri derleme yerleri Şekil 2’de verilmiştir. Sensörler trafik ışığı durma çizgisinden 5 m geriden başlatılarak 2 m sensör 3 m sensör aralıkları ve yine 2 m sensör uzunluğu olmak üzere toplam 12 m’lik bir şerit uzunluğu göz önüne alınmıştır. Yerleştirilen sensörler her bir şeride 2’şer adet olmak üzere 8 şeride toplam 16 adet yerleştirilmiştir. Yerleştirilen sensörler kablolar yardımıyla trafik lambalarının geçtiği kanallar içerisinden geçirilerek sabit panelde toplanmıştır (Resim 1). Her bir sensör farklı renklerde monte edilerek hangi şeritte hangi kablounun olduğu tespit edilmiştir. Sensör yerleri seçilirken birçok amacın birlikte gerçekleştirilmesi düşünülmüştür. Bunlar;

- Farklı araç türlerinin hızlarını doğru olarak bulmak, özellikle kavşak yaklaşımlarında hız değişimlerini belirleyebilmek.
- Her bir şeritte en az 12 m uzunlukta ölçümler yapılarak ileride modellenecek olan gecikme tahminlerini yapabilmek.
- Gelecek çalışmalar için araç kimlik tanımlama sistemlerini kurmak.
- Araç duyarlı sistemleri daha sonraki çalışmalarda gerçekleştirebilmek için çalışılan kavşak seçilmiştir.
- Seçilen kavşak aynı zamanda alansal trafik kontrol yönetimi için anahtar kavşaklardan biri olabileceği düşünülmüşdür.



Şekil 2. Uygulama yapılan kavşağın genel görüntüsü

Döngüler yerleştirilirken çok telli bakır kablonun yetersiz olmasından dolayı 1.5-2.5 mm²'lik kablolar kullanılmıştır. Ortalama büyüklükteki bu kavşağa yaklaşık 1000 m kablo döşenmiştir. Döngü kabloları yeraltından geçirilerek cihaz yerleşimi için yapılan panelde birleştirilmiştir. Sonra bu panele cihaz yerleştirilerek sayımlar yapılmaya başlanmıştır.

Resim 4'de iki adet asfalt kesme makinası ile asfalt kesilirken görülmektedir. İyi bir asfalt kesme makinası ile bir döngünün yerleştirme süresi ortalama 45 dakika ve 16 döngünün hazırlanması toplam 12 saat sürmektedir. Çalışma yapılırken en az 8-9 kişiye gereksinim duyulmaktadır. Kesilen döngü kesitleri ortalama 4 cm derinliğinde olup kablolar yerleştirilirken içleri temizlenmiştir.



Resim 4. Asfalt makinası ile kesim yapılırken

Resim 5'de kanallar temizlendikten sonra kabloların kanallara yerleştirilmesi görülmektedir. Çalışmalar, önce iç şerit sonra dış şeridin güvenlik hunileri ile geçişe kapatılması ile yürütülmüştür. Yalnız trafiğin yoğunlaştığı saatlerde trafiği polis yardımı olmaksızın yönlendirmek çok zor olmaktadır. Çünkü sürücüler zaman zaman güvenlik hunilerini bile

dikkate almamışlardır. Kablolar üst üste olacak şekilde yerleştirilmiş ve bazı kısımları sıkıştırılmıştır. Fakat kablo yerleştirilirken köşe dönüşlerinde çok dikkatli olmak gerekmektedir. Köşeler kabloları kolaylıkla kesebilmektedir. Ayrıca döngüler manyetik alan prensibine göre çalıştığı için yüksek gerilim hatlarından etkilenmesi önlenmelidir.



Resim 5. Sensör kanallarına kablo yerleştirilirken

Resim 6'da ise kavşaktaki kılavuz hatları ve PDPUP (yüksek gerilimden etkilenmeyen) kabloları ile bir araya getirilen sensör uçlarının güvenlik amacı ile hazırlanan özel kutuya gelişi ve burada sayım cihazına bağlanması görülmektedir. Kenarlara toplanan kablolar PDPUP kabloları ile ek yapılarak panellere götürülmüştür. Ekler yapılırken kabloların su almaları kesinlikle önlenmelidir.



Resim 6. Sensörlerin cihaza bağlanması

Kavşağa monte edilen döngülere bağlı olan ve Resim 6'da görülen cihazlardan elde edilen verilerin derlenmesi çalışmalarına devam edilmektedir. Elde edilen veriler ağ tasarım ve modelleme çalışmalarında girdi olarak kullanılacaktır. Veri temininde kullanılacak olan sensör tipinin doğru olarak seçimi ve montajı verinin kalitesini etkileyecek dolayısıyla modelleme ve tasarım aşamalarında daha doğru ve kesin sonuçlar elde edilerek trafik problemlerine kalıcı çözümler üretilebilecektir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada arazide veri temininde kullanılan manyetik sensör çeşitleri detaylı bir şekilde incelenmiş, kullanım amacına, istenilen verinin kalitesine ve sürekliliğine göre sensör seçiminin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Sensör yerleri seçilirken birçok amacın birlikte gerçekleştirilmesi gerekliliği belirtilmiştir. Bu amaçlar arasında farklı araç türlerinin hızlarını doğru olarak bulmak ve özellikle kavşak yaklaşımlarında hız değişimlerini belirleyebilmek sayılabilir. Ayrıca döngü sensörlerinin araziye uygulanma şekilleri, test edilmesi ve araç imza yaklaşımlarının performans testleri gösterilmiştir. Çalışmada sabit ve taşınabilir olarak iki genel başlıkta toplanan sensör çeşitlerinden sabit sensörlerin araziye montajının nasıl yapılacağı, montaj sırasında nelere dikkat edilmesi gerektiği uygulamalı ve detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Ayrıca sensörlerin montaj işleminden sonra verilerin kaydedilmesi ve dijital ortama aktarılmasında kullanılan HITRAC 90T trafik sayım cihazı ve HI-COMM paket programının işleyişi hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışma kapsamında sabit sensör çeşitlerinden olan İED sisteminin çalışma sistemine değinilmiştir. Bu sistem ilk olarak arazi çalışmasından önce test edilmiş ve yüksek darbe ve ısı dayanımlı kablolar kullanılarak kaplama üzerine 2*2 m boyutlarında kare döngüler oluşturulmuş döngüler HI-TRAC 90T cihazına kablolar yardımıyla bağlanmıştır. Bağlanan kablolardan geçen sinyaller HICOMM100 paket programı yardımı ile test edilmeye çalışılmıştır. Yapılan testlerde manyetik döngülerden sinyal alınmış ve gerçek zamanlı olarak araç hızları ve işgal etme süreleri ile geliş aralıkları bulunmaya çalışılmaktadır.

Yapılan bu çalışma ile seçilen bölgede yüksek trafik hacmine sahip kavşakta trafik hacmi, araç hızları, araç işgal süresi ve geliş aralıkları değerleri ölçülebilmektedir. Sensörler yardımıyla elde edilen verilerin daha sonra yapılacak olan gecikme, ağ tasarımı gibi çalışmalarda girdi olarak kullanılabilmesi mümkün olabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 1041119 nolu proje ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Avery, P. R, Thomas C. P., Wang Y., and Rutherford G. S., Development of a length-based vehicle classification system using uncalibrated video cameras, *Transportation Research Board Annual Meeting*, 002848, 2003.
- [2] Ehler, A., Bell, M.G. H. and Grosso, S., The optimisation of traffic count locations in road networks. *Transportation Research Part B*, 40(6), pp. 460-479, 2007.
- [3] Gupte, S., Osama M., Robert F. K. M., and Nikolas P. Papanikolopoulos, Detection and Classification of Vehicles, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Volume 3, No. 1., 2002.
- [4] Oh, C., Stephen G. R. and Shin-Ting J., Vehicle Reidentification using Heterogeneous Detection Systems, *TRB Annual Meeting*, 002900, 2004.
- [5] Klein L., *Sensor Technologies and Data Requirements for ITS*. Norwood: Artech House Publishers, 2001.

- [6] Kang M. H., Choi B. W., Koh K. C., Lee J. H., Park G. T., Experimental study of a vehicle detector with an AMR sensor, *Sensors and Actuators*, A 118, pp. 278-284, 2005.
- [7] Lin, W. H., Joy D. and Hong H., Enhancement of vehicles speed estimation with single loop detectors, *TRB Annual Meeting*, 002091, 2004.
- [8] Messai N., Thomas P., Lefebvre D., Moudni A. E., Neural networks for local monitoring of traffic magnetic sensors, *Control Engineering Practice*, 13, pp. 67-80, 2005.
- [9] Panda, D. P., Craig A. A. and Panos G. M., A new integrated video sensor technology for traffic management applications, *Eighth Annual Meeting of ITS America*, 1998.
- [10] Sebastia J. P., Lluch J. A., Vizcaino J. R. L., Signal conditioning for GMR magnetic sensors Applied to traffic speed monitoring GMR sensors, *Sensors and Actuators*, A 137, pp. 230-235, 2007.
- [11] Sun, C. R., Tai S. G. W., and Jayakrishnan R., Use of Vehicle Signature Analysis and Lexicographic Optimization for Vehicle Reidentification on Freeway, *Transportation Research, Part C*, 17(X), 167-185, 1999.
- [12] Wang Y. and Nihan N. L., Can Single-Loop Detectors Do the Work of Dual-Loop detectors?, *Journal of Transportation Engineering*, Vol129, No.2, pp 169-176, 2003.