



Yapay Zeka Tabanlı Araç Algılama Sistemi Geliştirilmesi

*Şenol Pazar, ¹Mehmet Bulut, ²Cihan Uysal

*Biruni Üniversitesi, MYO Bilgisayar Programcılığı, İstanbul, Türkiye

²Anka Coğrafi Bilgi Teknolojileri, İstanbul, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Şenol Pazar : orcid.org/0000-0003-3807-6601	Geliş Tarihi / Received Date	24.06.2020
¹ Mehmet Bulut, orcid.org/0000-0003-3998-1785	Kabul Tarihi / Accepted Date	29.06.2020
² Cihan Uysal, orcid.org/0000-0001-6006-5672	Yayın Tarihi / Published Date	20.07.2020

Alıntı / Citation :

Pazar, Ş., Bulut, M., Uysal, C., (2020). *Yapay Zeka Tabanlı Araç Algılama Sistemi Geliştirilmesi*, Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, 1(1), 31-37.

Development of Artificial Intelligence Based Vehicle Detection System

Özet - Araç algılama ve trafik durumları güvenli sürüş, kazadan kaçınma, otomatik sürüş ve takip için önemli unsurlardır. Halihazırda, trafik sinyalizasyon işlemleri için kavşaklarda Trafik Sinyal Denetleyicisi (TSD) sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde yol altına döşenen Trafik Sinyal Loop Dedektörleri bulunmaktadır. Bu dedektörlerin kurulumu, işletilmesi ve bakımı, zaman alıcı ve maliyetli işlemlerdir. Yolda bir hasar olması durumunda, loop dedektörler de hasar görebilmektedir. Ayrıca dedektörlerle alınabilecek trafik yol bilgisi de oldukça sınırlı kalmaktadır. Ulaşım sektöründe birçok şehirdeki trafik sinyalizasyonuna yeni bir çözüm getirecek bu çalışmada, yapay zeka tabanlı kamera ile bir araç algılama sistemi (Video Dedektör) geliştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı geleneksel asfalt altı manyetik ve elektrikli araç algılayıcılara alternatif olarak, görüntü tabanlı algılayıcı bir sistem geliştirilmesidir. Geliştirilen bu sistem sayesinde, maliyetli fiziksel loop dedektörlerine olan ihtiyacın kalkması hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında yapay zeka temelli çalışan bir video algılayıcı sistem kullanılarak; ilk aşamada sanal loop, araç sayım, varlık-yokluk bilgisi, sonraki aşamalarda ise araç işgaliye, kuyruklanma, ortalama hız, araç sınıflandırma ve kavşak içi yönlere bağlı olarak araç takibi bilgileri üretilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Araç Algılama, Trafik Sinyalizasyon, Yapay Zeka, Akıllı Ulaşım Sistemleri

Pazar, Ş., Elektrik ve Elektronik Mühendisi (PhD). Biruni Üniversitesi MYO Bilgisayar Programcılığı Bölüm Başkanı olarak çalışmaktadır. (e-mail: spazar@biruni.edu.tr).

Bulut, M., Elektrik ve Elektronik Mühendisi (PhD). Atılım Üniversitesi'nde yarı zamanlı öğretim görevlisi. Halen, Elektrik Üretim Şirketi'nde müşavir olarak çalışmaktadır (e-posta: mehmetbulut06@gmail.com).

Uysal, C., Harita Mühendisi (PhD). Anka Coğrafi Bilgi Teknolojileri şirketine proje yöneticisi olarak çalışmaktadır (e-posta: uysalc@yahoo.com).

Abstract - Vehicle detection and traffic conditions are important factors for safe driving, accident avoidance, automatic driving and tracking. Currently, Traffic Signal Controller (TSD) systems are used at intersections for traffic signalization operations. Traffic Signal Loop Detectors installed under the road are used in these systems. The installation, operation and maintenance of these detectors are time consuming and costly. Loop detectors can also be damaged if there is any damage on the road. In addition, traffic road information that can be obtained with detectors is also very limited. In this study, which brought a new solution to traffic signalization in many cities in the transportation sector, a vehicle detection system (Video Detector) was developed with an Artificial Intelligence based camera. The main purpose of the study is to develop an image based sensor system as an alternative to conventional under-asphalt magnetic and electrical vehicle sensors. Thanks to the system developed with this study, the need for costly physical loop detectors can be avoided. First phase of this study, vehicle presence and counting can be possible by virtual sensors. Later, vehicle tracking information can be generated depending on vehicle occupation, queuing, average speed, vehicle classification at intersections.

Index Terms- Vehicle detection, Traffic signalization, Artificial Intelligence, Intelligent Transportation Systems

I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

Araç algılama sistemleri, şehirlerin trafik yoğunluğunu izleme, kontrol etme ve gerekli planlamaları yapma konusunda büyük bir karar destek hizmeti sağlamaktadırlar. Halihazırda yollarda mevcut Trafik Sinyal Denetleyicisi (TSD) sistemlerinde, asfalt altına döşenen loop dedektörleri kullanılmaktadır. Metal



kütle dedektörü olarak da bilinen loop dedektörü, üzerine gelen metalin yoğunluğuna göre rölelerinden çıkış veren bir donanıma sahiptir. Böylece, ortamdaki elektromanyetik alanda oluşacak değişimler ile metal yoğunluğunun tespit işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu loop dedektörlerinin yollara döşenmesi, uzun zaman alıcı ve maliyetli bir işlem olmaktadır. Loop dedektörlerinin döşenmiş olduğu yolda bir hasar olması durumunda, bu cihazlar da hasar görebilmektedir. Bunun yanında, bu dedektörlerle alınabilecek trafik yol bilgisi de çok sınırlı kalmaktadır.

Huang J. ve diğerleri çalışmalarında, güncel nesne dedektörlerinin hız ve doğruluk gibi temel yönlerinin deneysel bir karşılaştırmasını yapmıştır. Yapılan çalışmada R-FCN(Fast Region Convolutional Neural Network) ve SSD (Single Shot MultiBox Detector) modellerinin ortalamadan daha hızlı olduğu, Faster R-CNN'nin (Faster Region Convolutional Neural Network) ise daha yavaş fakat daha doğru modellere yol açma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir [1]. Çoğu nesne dedektörleri, büyük nesnelere üzerinde makul derecede iyi performans göstermektedir. Ancak SSD'nin sadece küçük nesnelere üzerindeki performansı biraz düşük olmasına rağmen, içlerinde genelde en hızlı olan algoritmadır. Bununla beraber "Faster R-CNN with Resnet" ile SSD'den daha iyi sonuç alan gerçek zamanlı video işleme projeleri de bulunmaktadır [2]. Gerçek zamanlı video işlemede kullanılan bir derin öğrenme algoritmasını hızlandırmanın değişik yolları vardır. NVIDIA TensorRT, NVIDIA firması tarafından geliştirilen yüksek performanslı derin öğrenme arayüz kütüphanesidir. TensorRT kullanılarak, geliştirilen veya kullanılan model üzerinde optimizasyonlar yapmak hız konusunda önemli katkı vermektedir. Özellikle TensorRT kütüphanesi ile yapılan model graf sadeleştirmeleri ve tamsayı veri tipi işlemleri ciddi anlamda sayısal optimizasyon sağlamaktadır [3]. Sakshi Indolia yaptığı çalışmada, CNN'in en yaygın üç mimarisi ve öğrenme algoritmaları ile kavramsal olarak anlaşılmasını sağlamak için yapılan çalışmaları irdelemektedir [4]. Vijayasanthi ve Geetha tarafından önerilen modelde ise, derin sinir ağı kullanılarak araç konumu tanımlaması ve araç tipi sınıflandırması tasarlanmıştır. Önerilen model, sonuç değerlendirmesi için standart bir veri kümesi görüntüsü ile test edilmiştir [5]. Surendra Gupte ve diğerleri tarafından önerilen yöntem, araçlar görüntü dizisi boyunca hareket ettikçe bölgeler ve araçlar arasında haberleşme sistemi oluşturulmasına dayanmaktadır. Yöntemin etkinliğini

gösteren karayollarından deneysel sonuçlar elde edilmiştir [6]. Jyong and Keemin geliştirdikleri metodoloji, tek bir aracı ayrı ayrı tespit edilecek bir nesne olarak görmez; daha ziyade, toplu olarak bir insanın yaptığı gibi araç sayısını saymaktadır [7].

Sivaraman ve Trivedi karayolu taşıtlarının tespiti, araç takibi ve kamera görüntüleriyle davranış analizi konularına yönelik literatürdeki çalışmaları incelemiştir. Sensör konfigürasyonları için son on yılın bilgisayarlı görmeye dayalı araç tespitindeki ilerleyişine dair bir araştırma yapılmış, görme tabanlı algılama, görüntü düzlemindeki monoküler uygulamaları ele alma ve çeşitli filtreleme teknikleri ve hareket modelleri de dahil olmak üzere 3B alanındaki stereogörme uygulamaları bağlamında araç takibi çalışmalarını incelemiştir [8].

Bu çalışmamızda geliştirilen yapay zeka tabanlı video dedektör sistemi ile, kameralardan gelecek görüntülerden yol ve yoldaki araç bilgisi gerçek zamanlı olarak işlenmektedir. Uzaktan kullanıcı, yolda istediği alanlarda sanal loop ve diğer önemli yol parametrelerini tanımlayabilmektedir. Belirlenen bölgedeki trafik bilgisi, video dedektör tarafından işlenerek uzaktan takip edilebilmektedir. Geliştirilen bu sistem sayesinde, maliyetli fiziksel loop dedektörlerine olan ihtiyacın kalkması hedeflenmektedir. Video dedektörü sayesinde daha akıllı hale gelecek TSD'si ile kavşaklarda yoldaki araç yoğunluğuna göre daha verimli sinyalizasyon mümkün olmaktadır. Geliştirilen sistemde, kullanılan görüntü işleme yazılımları derin öğrenme tabanlı olarak hazırlanmıştır. Derin öğrenme kullanılarak daha performansı yüksek bir ürün hedeflenmiştir.

II. YAPAY ZEKA TABANLI ARAÇ ALGILAMA SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ [DEVELOPMENT OF AI BASED VEHICLE DETECTION SYSTEM]

Bu çalışma ile yapay zeka tabanlı olarak video dedektör ile araç algılama sisteminin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda yapay zeka temelli çalışan bir video algılayıcı sistem kullanılarak; ilk aşamada sanal loop sayımı ve varlık yokluk bilgisi elde edilmiştir. Sonraki aşamada ise araç işgaliye, kuyruklanma, ortalama hız, araç sınıflandırma ve kavşak içi yönlere bağlı olarak araç takibi bilgileri üretilebilecektir. Derin öğrenme kullanılarak kameralı gerçek zamanlı kavşak sinyalizasyonu hem dünyada ve hem de ülkemizde yeni bir alandır [9 ve 10]. Mevcutta makine öğrenme alanında sahada kullanılan ürünler bulunsa da derin öğrenme kullanılarak üretilen ticari



ürünler yeni geliştirme safhasındadır.

Bu çalışmada üretilen sistem, mevcut TSD'ye veri sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında, büyük şehirlerdeki trafik sinyalizasyonuna yeni bir çözüm üretecek yapay zeka tabanlı kamera ile bir araç algılama sistemi geliştirilmiştir. Yapay zeka ve kameralı araç algılama sistemleri yakın vadede asfalt işçiliği gerektiren manyetik araç algılama sistemlerinin yerine kullanılabilir bir durumdadır. Yapay zeka algoritmaları kullanılarak, görüntü işleme tabanlı trafik ölçüm dedektörlerinden yolun kapasitesine bağlı olarak belirlenen periyotta, toplam geçen araç sayısında edilmektedir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında ise araç uzunluğuna göre sınıflandırılma, ortalama hız bilgisi ve yolun ortalama işgaliet bilgisi elde edilecektir (Şekil 1).

Çalışma kapsamında, başta İstanbul gibi büyük şehirlerdeki trafik sinyalizasyonuna yeni, yerli ve milli bir çözüm üretecek yapay zeka tabanlı kamera ile bir araç algılama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, piyasada kullanılan TSD'sine daha akıllı ve verimli sinyalizasyon yapması için veri sağlayacaktır. Video dedektör sistemine uzaktan erişmek ve trafik ile ilgili gerçek zaman verisini almak ve takip etmek mümkün olacaktır. Bu sistem ile ilk aşamada sanal loop sayımı, varlık yokluk sonraki aşamada ise araç işgalie, kuyruklanma, ortalama hız, araç sınıflandırma ve kavşak içi yönlere bağlı olarak araç takibi gibi bilgiler üretilmektedir. Ayrıca çift yönlü akan araç trafiği analiz edilebilecektir.

III. GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN YENİLİKLERİ [INNOVATIONS OF THE DEVELOPED SYSTEM]

A. Sistemin Ar-ge Niteliği

Sistemin geliştirilmesi sürecinde, video nesne dedektör algoritmalarından çalışma için en uygun olabilecek algoritmalar incelenmiştir. Günümüzdeki nesne tespitine yönelik en başarılı yaklaşımlar, geleneksel görüntü sınıflandırma modellerinin uzantıları olup en çok kullanılan temel nesne tanıma modelleri Faster R-CNN, R-FCN ve SSD'dir. Bu listelenen 3 temel yapay sinir ağı mimarisinin, MobileNets, Inception ve ResNet ile beraber kullanımlarındaki yaklaşım farkları çalışma kapsamında ele alınmıştır [11]. Yukarıda adı geçen tüm modeller, büyük nesnelere üzerinde makul derecede iyi performans gösterdiği ilk literatür araştırmalarında ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda video nesne tanıma algoritmalarının doğruluk ve hız açısından karşılaştırılması yapıp uygun algoritma olarak SSD model seçilmiştir. SSD'nin sadece küçük nesnelere

üzerindeki performansı biraz düşük olmasına rağmen, işlerinde genelde en hızlı olan algoritmadır [12].



Şekil 1. Video Dedektör ile Araç Algılama ve Sınıflama Adımları

Bu yayında Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenmede en son yaklaşımlar ve algoritmalar kullanılmıştır. Şu an bu alanda, görüntü işleme ve nesne tanıma kullanılan açık kaynak derin öğrenme çerçeveleri (frameworks) ve bunların sundukları özellikle video nesne dedektörlerinden, hedeflenen performansı sağlayacak bir derin öğrenme yazılım çerçevesi seçilmiştir. Kendi problem alanımızdaki araç nesnelere ile eğitim çalışmaları ile en uygun derin öğrenme yapay sinir ağı modelleri belirlenmiştir.

B. Yenilikçi Yönleri

Bu çalışma ile geliştirilen gerçek zamanlı trafik bilgisi işleyen yapay zeka tabanlı akıllı TSD ülkemiz için yeni bir ürün özelliği taşımaktadır. Kavşaklarda kullanılan klasik TSD'leri ile uyumlu çalışacak video dedektör, fiziksel loop ihtiyacını ortadan kaldırıp, trafik sinyal sistemi kurma maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Bu çalışma ile birlikte ülkemizde ilk defa derin öğrenme ile araç tespit ve analiz sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem sayesinde kavşak bilgilerini görüntülü olarak gerçek zamanlı merkeze aktarabilme, sanal loop sayımı ve varlık-yokluk bilgileri üretimi gerçekleştirilmektedir.

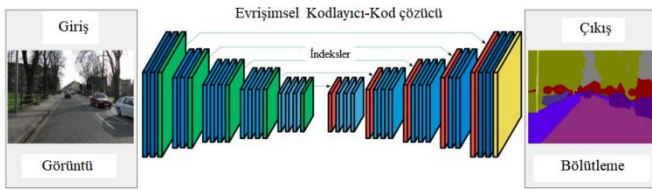
Derin öğrenme konusu dünyada yeni gelişen ve birçok sektöre uygulanan bir konu durumundadır. Derin öğrenme ve yapay zeka kullanılarak daha hızlı ve yenilikçi ürünler üretmek mümkündür. Bizim çalışmamız bu konseptin kameralı bir saha uygulaması ile araç algılama yaparak, derin öğrenme avantajlarını trafik yönetim alanında kullanmaktadır.



Birçok bilgisayar görme görevi, görüntüde ne olduğunu anlamak ve her parçanın daha kolay analiz edilmesini sağlamak için bir görüntünün akıllı bölümlendirilmesini gerektirmektedir. Derin öğrenme, bir görüntüyü oluşturan nesne sınıflarını tahmin etmek için görsel girdilerdeki kalıpları öğrenebilir. Görüntü işleme için kullanılan ana derin öğrenme mimarisi, bir Evrişimsel Yapay Sinir Ağıdır [13][14] (Şekil 2).

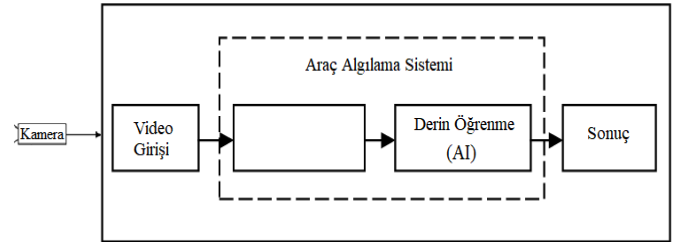
Görüntü segmentasyonu bilgisayarla görüde kritik bir süreçtir. Görüntü analizini basitleştirmek için görsel bir girdiyi segmentlere ayırmayı içerir. Segmentler nesnelere veya nesnelere parçalarını temsil etmektedir [15]. Görüntü segmentasyonu, pikselleri daha büyük bileşenlere ayırır ve tek tek pikselleri gözlem birimi olarak görme ihtiyacını ortadan kaldırır. Üç seviye görüntü analizi vardır:

- 1-Sınıflandırma - tüm görüntüyü “insanlar”, “hayvanlar”, “açık havada” gibi bir sınıfa ayırmak.
- 2-Nesne algılama - bir görüntüdeki nesnelere algılama ve etrafına bir dikdörtgen veya çizim çizme, örneğin bir kişi veya taşıt.
- 3-Segmentasyon - görüntünün bölümlerini belirleme ve hangi nesneye ait olduklarını anlama. Segmentasyon, nesne algılama ve sınıflandırma için temel oluşturur.



Şekil 2. Evrişimsel Yapay Sinir Ağı (CNN) ile Görüntü Bölümlendirme İşlemleri

hem verinin hem de gücün kablo üzerinden güvenli bir şekilde geçirilmesi ile switch kendisine bağlanan diğer kameralardan kablo ile aldığı verileri endüstriyel PC'ye network ile aktarır, ayrıca kameralar enerjisi switch üzerinden almaktadır. Switch'e takılan 4G Router USB Modem ile veri gönderme sıklığı uzaktan konfigürasyon edilebilir ve endüstriyel PC'ye switch üzerindeki adaptör sayesinde UPS kablonun switch adaptörüne bağlandığı için 220V enerji switch üzerinden aktarılarak endüstriyel PC'nin şebeke koşullarına karşı kesintisiz güç kaynağı ile çalışması sağlanır. Endüstriyel PC'de yer alan yapay zeka yazılımı, TensorFlow kütüphanesi ve NVIDIA GPU(Grafik Kartı) 1060 ile kameradaki görüntüyü optimum bir şekilde video dedektör ile dedekte edilen aracın algılanması sağlanarak Endüstriyel PC'nin USB çıkışına bağlanan RS485 ile TSD içindeki talep kartına veri iletilmesi ile TSD'si önce CPU sonra çıktı olarak trafik lambalarına veriyi iletir, bu kapsamda yapay zeka temelli çalışan bir video algılayıcı sistem kullanılarak; sanal loop sayım ve varlık yokluk bilgileri üretilerek iletilen bilgilere göre Kırmızı, Sarı, Yeşil lambaların hangi durumda yanıp söneceğinin bilgisi verilmektedir(Şekil 4).



Şekil 3. Yapay Zeka Temelli Araç Algılama Sistemi Blok Şeması

IV. SİSTEM TASARIMI VE SİSTEM BİLEŞENLERİ [SYSTEM DESIGN AND SYSTEM COMPONENTS]

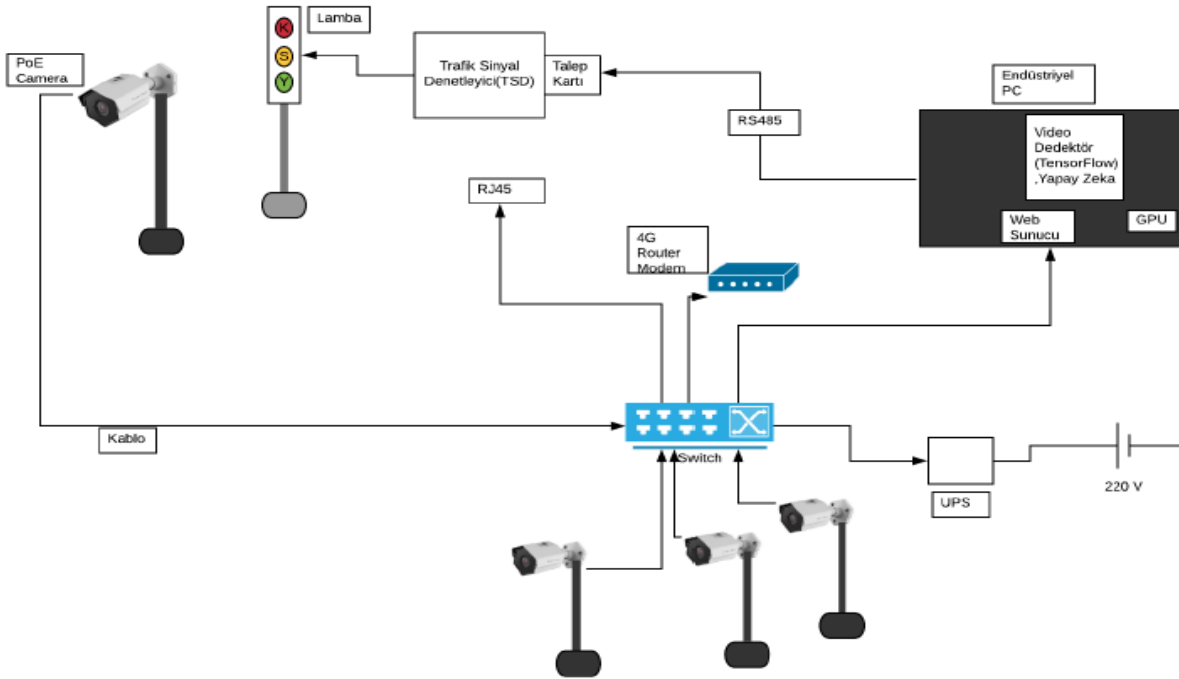
A. Sistem Tasarımı ve Sistem Bileşenleri

Bu çalışmada kapsamında Nvidia firmasına ait Jetson TX2 Yapay Zeka Geliştirme kiti üzerinde geliştirme yapılmıştır. Bu kit ile beraber muadil ekran kartları ve bunların sahada çalıştırılması için bir endüstriyel PC sistemi kullanılmıştır.

Kamera sistemleri üzerinden alınan görüntüler yapay zeka ünitesinde işlenerek algılayıcının üretileceği bilgiler sahadaki mevcut TSD'sine iletilmektedir (Şekil 3). Poe Kameralara (IP Kamera) bağlanan kablo ile yer altından

B. Sistem Arayüzü Gerçekleştirilmesi

Tasarım fazında ortaya konulan temeller üzerinde araç algılama özelinde algoritma geliştirmesi bir sonraki aşamanın ana iş kalemını oluşturmuştur. Bu aşamada karşılaşılabilecek risklerinden en büyüğü olan gerçek zamanlı başarımların optimize edilmeye çalışılmıştır. Çünkü sistem gerçek zamanlı olarak çalışmak üzere tanımlanmıştır. Bu anlamda gerçek zaman kriterlerini yakalayan en yüksek başarımların yüzdesini verecek model ve algoritma optimizasyonu çalışmanın en önemli ayağını oluşturmaktadır.



Şekil 4. Video Dedektör Fiziksel Mimari

Algoritma geliştirme ile birlikte arayüz geliştirme çalışmaları da yapılmıştır. Sistemin araç algılamada çalıştırılabilmesi için gerekli arayüz çalışmaları yapılarak, kamera görüntüleri üzerinden saha işaretlemesi gerçekleştirilmiştir. Bu arayüz tamamen web temelli olarak geliştirilip ve arayüzde Angular teknolojileri kullanılmıştır. Yapay zeka ile kullanıcı arayüz arasında bir haberleşme protokolü geliştirilerek, araç algılama bilgisayarı ile kullanıcı arayüz bilgisayarı arasında sağlıklı bir iletişim sağlanmıştır. Araç algılama sistemi sahada, kullanıcı bilgisayarı ise ofiste olacağı için haberleşme ve veri aktarma protokolünün sağlıklı, güvenilir ve senkron çalışması gerekmektedir. Uygulama geliştirmenin son adımı olarak sahada kullanılan trafik sinyal denetleyici ile iletişimin sağlanması ve üretilen araç verilerinin denetleyiciye aktarılması sağlanmıştır.

V. SİSTEMİN PERFORMANS TESTLERİ VE BAŞARIM KRİTERLERİ [PERFORMANCE TESTS AND SUCCESS CRITERIA OF THE SYSTEM]

Çalışmanın son döneminde ise üretilen ve TSD entegrasyonu sağlanan sistem için ilk aşamada 2 pilot kavşakta test ortamı oluşturulmuştur. Bu testler için uygun kameralar seçilip, saha kurulumları yapılmıştır. Kurulumlar neticesinde elde edilen veriler öncelikli

olarak ofis ortamında algoritma ve sistem üzerinde çevrimdışı çalıştırılmıştır. Bu çalışma esnasında tespit edilen iyileştirmeler yapılarak gerçek zamanlı testlere geçilmiştir. Gerçek zamanlı testler sonucu elde edilen geri beslemeler ile sistemin tekrar gözden geçirilerek algoritma optimizasyonlarına nihai hali verilmiştir.

Saha çalışmalarıyla tespit edilip tekrar yazılım geliştirme süreçlerinden geçen iş maddelerinden en önemlileri şunlardır:

- Düşük bant genişlikli bağlantıda video yayını ve web servis optimizasyonları.
- TensorRT üzerinden model optimizasyon ve hızlandırma çalışmaları.
- Sistemin kararlı çalışmadığı durumların tespit edilebilmesi ve TSD'ye bilgi verme.

Yağmurlu havalarda kamera önüne damlacık gelmesi ve gece sabaha doğru (alacakaranlık) oluşan araç ışık patlamaları ile ilgili olarak kamera ekibiyle beraber iyileştirme çalışmalarıdır.

Bu iyileştirme çalışmaları sonrasında tasarım doğrulama testleri yapılmıştır. Araç tespiti ile ilgili farklı kameralar kullanılarak farklı koşullar altında testler yapılmıştır. Demirciler Sitesi Kavşağı'na ait test sonuç bilgisi Tablo 1'de gösterilmektedir. Yoğun trafik, farklı



ışık ortamları ve yağmurlu havaların da yer aldığı bu testler sonrasında araç tespiti %98.6 doğrulukla sağlanmıştır.

TABLO I. Tasarım Doğrulama Testi (Demirciler Sitesi Kavşağı)

Video Koşulları	Kamera No	Süre	Geçen Araç Sayısı	Tespit Edilen Araç Sayısı	Sistem Başarısı
Yoğun Trafik Gündüz	2	26d 33s	753	745	98,93%
Yoğun Trafik Gündüz Yağmurlu	1	20d 38s	314	307	97,77%
Yoğun Trafik Akşam	3	18d 16s	156	153	98,00%
Yoğun Trafik Akşam	1	55d 57s	211	209	99,05%
TOPLAM		2s 1d 24s	1434	1414	98,60%

Geliştirilen sistemin güvenilirlikle ilgili bir kalite gereği vardır: Belirlenecek bir bölgedeki anlık araç sayısı (araç sayım bilgileri) en az %90 doğrulukla ölçülecektir. Yapılan test çalışmaları sonucunda (2 kavşakta) bu kalite gereğinin sağlandığı tespit edilmiştir. Video görüntüleri ile gerçek zamanlı kavşak sinyalizasyonu hem dünyada ve hem de ülkemizde çok yeni bir alandır. Yapay zeka tabanlı kamera ile araç algılama sistemi ile elde edilen bu ürün, ulaşım sektöründeki temel sorunların veya ihtiyaçların çözümüne yönelik nitelikli ürünler arasında yer alacaktır.

VI. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME [CONCLUSION]

Çalışma kapsamında geliştirilen yapay zeka tabanlı kamera ile araç algılama sistemi ile ilk aşamada araç tespiti öncelikli çalışılmıştır. Araç tespitine yönelik test çalışmalarında elde edilen yüksek doğruluk, çalışmanın gerçek uygulamalarda kullanılabilirliğini sağlamaktadır. Bir sonraki temel aşama tespit edilen araçların sınıflandırılması olacaktır. Daha sonraki fazlarında yaya algılama sistemi, yaya EDS ve yapay zeka tabanlı levha etiketleme uygulamaları yer almaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen araç algılama sistemi ile kavşak yönetim sistemine daha kapsamlı bilgiler sağlanması suretiyle kavşağın daha etkin yönetimi sağlanmaktadır.

Bu sayede kavşakta araç bekleme süreleri azaltılarak karbon salınımı minimize edilmeye çalışılacaktır. Böylelikle sistemin entegre olarak tek bir merkezden yönetilmesi ile şehir genelinde çevre açısından da kazanımlar elde edilecektir.

Yapay zeka ve kameralı araç algılama sistemleri yakın vadede asfalt işçiliği gerektiren manyetik araç algılama sistemlerinin yerine kullanılabilir bir durumdadır. Her ne kadar manyetik sistemler farklı hava ve ışık koşullarından fazla etkilenmemekle beraber, görüntü tabanlı araç algılama sistemleri ilgili uygulamalara ait daha fazla parametre üreterek, trafik yönetim sistemlerine daha fazla optimizasyon kabiliyeti kazandırmaktadır. Kavşaklarda kullanılan klasik TSD'leri ile uyumlu çalışacak Video Dedektör, fiziksel loop ihtiyacını ortadan kaldıracak ve trafik sinyal sistemi kurma maliyetlerini düşürecektir.

KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] J. Huang, V. Rathod, C. Sun, M. Zhu, A. Korattikara, A. Fathi, I. Fischer, Z. Wojna, Y. Song, S. Guadarrama, K. Murphy, (2017), Speed/Accuracy Trade-Offs for Modern Convolutional Object Detectors, *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 7310-7311.
- [2] Anthony Sarkis, (2017), Self-Driving Cars: Implementing Real-Time Traffic Light Detection and Classification, https://medium.com/@anthony_sarki.
- [3] NVIDIA TensorRT, (2018), <https://developer.nvidia.com/tensorrt>
- [4] Sakshi Indolia et al., (2018), Conceptual Understanding Of Convolutional Neural Network- A Deep Learning Approach, *Procedia Computer Science* 132, pp. 679-688.
- [5] Vijayasanthi D., Geetha S., (2017), Deep Learning Approach Model For Vehicle Classification Using Artificial Neural Network, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Volume: 04 -06, pp. 1418-1424.
- [6] Surendra Gupte et al., (2002), Detection And Classification Of Vehicles, *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, Vol. 3, No. 1
- [7] Jiyong Chung and Keemin Sohn, (2018), Image-Based Learning to Measure Traffic Density Using a Deep Convolutional Neural Network, *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, Vol. 19, No. 5
- [8] Sayanan Sivaraman, Mohan Manubhai Trivedi, (2013), Looking at Vehicles on the Road: A Survey of Vision-Based Vehicle Detection, Tracking and Behavior Analysis, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 14, No. 4
- [9] Abhijeet Kumar, Gunshi Gupta, Avinash Sharma and K. Madhava Krishna, (2018), Towards View-Invariant Intersection Recognition from Videos using Deep Network



Ensembles, *Intelligent Robots and Systems (IROS)*, IEEE/RSJ International Conference on, pp. 1053-1060

[10] Bhatt Dhaivat, Sodhi Danish, Pal Arghya, Balasubramanian Vineeth and Krishna Madhava, (2017), Have I reached the intersection: A deep learning-based approach for intersection detection from monocular cameras. 4495-4500. 10.1109/IROS.2017.8206317

[11] Arcos García, Álvaro et al., (2018), Evaluation of Deep Neural Networks for traffic sign detection systems. *Neurocomputing*. 316. 10.1016/j.neucom.2018.08.009

[12] Shi Wenxu, Bao Shengli and Tan Dailun, (2019), FFESSD: An Accurate and Efficient Single-Shot Detector for Target Detection. *Applied Sciences*, 9. 4276. 10.3390/app9204276

[13] Jiuxiang Gu et al., (2015), Recent Advances in Convolutional Neural Networks, *Pattern Recognition*, Vol. 77, pp. 354-377

[14] Ciresan Dan et al., (2011), Flexible, High Performance Convolutional Neural Networks for Image Classification, *Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence-Vol.2*, 1237-1242

[15] Neethidevan Veerapathiran and Chandrasekaran G., (2020), Image Segmentation for Object Detection using Mask R-CNN in Colab, *GRD Journal for Engineering*, Vol.5, 15-19