



## NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI VAGON TAKİP SİSTEMİ

### Özet

Vagon üretimi ve bakımı yapan işletmelerde vagonun takip edilmesi, bulunduğu lokasyon ya da atölyenin öğrenilmesi, atölyeye varış zamanı ile bekleme süresinin öğrenilmesi çok önemlidir. Dijitalleşme ile atölyelerdeki gecikmelerin öğrenilmesinde ve giderilmesinde ön ayak olacak bu bilgilerin işletmeye sağlanması, yol haritası çizilmesini sağlayacak ve vagonların teslim tarihindeki gecikmeleri minimuma indirecektir. Bu çalışmada, işletme içerisinde vagonların taşındığı, işletme için önemli olan bilgilerin, IoT cihazlar ile işletmeye otomatik bir şekilde sağlanması gerçekleştirildi. Test ve gerçekleştirilme noktası olarak vagon üretimi ve bakımı yapan, milli tren projemizi de hayata geçirecek Türkiye Vagon Sanayi Anonim Şirketi (TÜVASAŞ) seçildi. Aynı ağa bağlı IP kameralar üzerinden alınan görüntüler, görüntü işleme ile sınıflandırma yapılabilecek hale getirildi. Yöntem olarak ise görüntü üzerinden plakaların okunmasında yüksek verimlilik gösteren K-En Yakın Komşu (KNN) sınıflandırması kullanıldı. Uygulamada vagon plakasının taranması, plakada bulunan karakterlerin okunması, okunan karakterlerin doğruluğunun sağlandıktan sonra yerel veri tabanına ve bulut veri tabanına kaydedilmesi gerçekleştirildi. Bu işlemler gerçekleştirilirken farklı ortam koşullarına uyum sağlayabilmesi için uygulama modüler hale getirildi. Geliştirilen uygulamanın işletme açısından maliyetinin çok düşük olması için açık kaynak kodlar ve işletme içerisinde yedeğe ayrılmış kameralar kullanıldı. Uygulama testleri gerçek ortamda, IP kameraların bulunduğu ağa bağlı bir notebook işlemcisi ile yapıldı. Kameralardan okunan plakaların doğru bir biçimde sisteme kaydedildiği ve farklı platformlara aktarılabildiği gözlemlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Vagonun takip edilmesi, Dijitalleşme, Görüntü işleme, Sınıflandırma, IoT cihazlar, Plaka okuma

### GİRİŞ

Günümüzde ekonominin ve birçok sektörün değişimini tetikleyen dijitalleşme, fiziksel ve sanal dünyanın yakınlaşmasını sağlayan siber-fiziksel sistemlere dayanır. Siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti ve internet servislerinin teknolojik içeriğini kapsayan sanayi 4.0 ise bilişim çağının üretim süreçlerine yeni bir boyut kazandırması olarak tarif edilir (Liu & Xu, 2017). Bu paradigmalardan sağladığı dijital çözümler ve iş modelleri sayesinde şirketler, müşterileri ve altyapı sağlayıcılarıyla iş birliği yaparak dijital dönüşümün devreye girmesini sağlayabilir. Böylece şirketler, üretim alanını dijital teknolojilerle donatarak ve giderek daha akıllı ve otomatik süreçler oluşturarak dijitalleşmenin getireceği birçok imkanda faydalananarak üretim performansını artırabilir. Karayolu, denizyolu ve havayolu ulaşımında da dijitalleşmenin etkisi her geçen gün giderek artmaktadır. Benzer biçimde demiryolu ulaşımında da bu etki hem hizmet hem de üretim alanında önemli değişimlere etki etmektedir. Mobil uygulamalar, e-biletleme, dijital tren kontrolü, sinyalizasyon ve trafik yönetimi, gibi çeşitli dijital platformlar, demir yolu ulaşımında kullanılan dijitalizasyon uygulamalarına örnektir. Demiryolu ulaşımında sahada yer alan dijital araçlar çok sayıda veri üretir. Bu verilerin analiz edilerek katma değere dönüştürülmesi mümkündür. Bu dönüşüm sayesinde iş ve üretim süreçlerinde yer alan yöneticilere karar vermede yardımcı olacak çıktılar elde edilir. Bunun için gerçek zamanlı olarak toplanacak verileri işleyecek uygulama yazılımlarına ihtiyaç vardır.

Ulaşım alt yapısı bir ülkenin ekonomik seviyesini gösteren en önemli parametredir. Bir ülkenin kaynaklarının iyi işletilmesi, değerlendirilmesi, iç ve dış ticaretinin gelişmesi ancak gelişmiş bir ulaşım ağına sahip olmasıyla mümkündür. İnsanların ihtiyaçlarının sağlanmasında üretimden tüketime kadar olan her safhadaki ekonomik faaliyetlerin işleyişinde ulaştırma hizmetlerinin önemli bir rolü vardır. Demir yolu, kara, deniz ve havayolunun yanında, ulaştırma hizmetlerinde önemli bir paya sahiptir. Demiryollarında yıllık yaklaşık 12 milyon ton yük taşımacılığının yanında yolcu taşımak için yıllık 4 milyon km yol katedilmektedir. Ülkemiz, son yıllarda demir yolu taşımacılığına önemli yatırımlar



yapmaktadır. 2019 yılında yalnızca hızlı tren için 3,5 milyar TL harcanması planlanmaktadır. Yapılan harcamalarda Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları’ndan ve Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü’nden sonra en büyük paya sahip olan TÜVASAŞ, milli tren projesi kapsamında Yüksek Hızlı Tren’i (YHT) yapacak şirket konumundadır.

Demiryolu taşımacılığında kullanılan vagonlar üretimlerinden sonra belli aralıklarla bakıma ve onarıma gelmesi, Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) tarafından istenen standart bir zorunluluktur. Ülkemizdeki yolcu vagonlarının periyodik bakımları TÜVASAŞ’ta yapılmaktadır. Fabrika sahasının büyük olması onarıma gelen vagonların, bakım için durduğu atölyelerin ve bu atölyelerde geçirdiği sürenin takibini zorlaştırmaktadır. Vagonların insan eliyle kontrol edilmesi ve kayıt edilmesi hem çok fazla iş gücüne hem de zaman kaybına sebep olmaktadır. Bu yüzden doğru bilgiyi elde edebilmek ve sürecin anlık olarak takip edilebilmesini sağlamak için siber fiziksel sistemler yardımıyla elde edilecek verilerin, insan gözetimi dışında oluşturulacak bir dijital izleme sistemi sayesinde vagonların takibi daha kolay hale gelecektir. Bu işlem vagonlar üzerinde yer alan ve kimlik numarası olarak kullanılan plakaların, atölyede konumlandırılmış IP kameralar yardımıyla insan müdahalesi olmadan görüntü işleme ile okunması ve plakası okunan vagonların konum, tarih ve saat bilgileriyle beraber ilgili birimin takip edilebileceği platformlara aktarılmasını sağlayan bir yazılım ile sağlanacaktır.

## GÖRÜNTÜ İŞLEME

Gerçek dünyadan üç boyutlu bir nesneden sensörler yardımıyla alınan bir görüntünün dijital ortamda kullanılabilecek biçime, dijital görüntüye dönüştürülmesi, içerisinden anlamlı bilgi elde etme amacını taşır. Dijital görüntü ise satır ve sütun indisleri görüntü içerisinde herhangi bir noktayı tanımlayan elemanlardan meydana gelmiş bir matris olarak göz önüne alınabilir (Perihanoglu, Ocak 2015). Matrisin her bir elemanının içerdiği dijital değerler, o noktanın rengi hakkındaki bilgiyi içerir. Bu dijital dizinin veya matrisin her bir elemanına görüntü elemanı veya piksel denir (Gonzalez & Woods, 2008). Her dijital görüntü belirli bir çözünürlüğe sahiptir. Çözünürlük ise görüntünün netliğini veya detayının ölçülmesini ifade eder ve birim uzunluk başına görüntülen piksel sayısını ifade eder (Stern & Richardson, 2003). Dijital görüntüde kalite, bilgi yoğunluğu, inç başına piksel sayısı ile değil, gerçek piksel sayısı ile belirlenir (Lee, 2014). Gerçek ortamda bir görüntü, basit iki değişkenin bir fonksiyonu olarak tanımlanır ve  $f(x, y)$  gibi bir fonksiyonla ifade edilirken bu fonksiyonda  $F$  bir şiddet birimi,  $X$  ve  $Y$  değişkenleri ise görüntünün gerçek koordinatlarıdır (Luhmann, Robson, Kyle, & Harley, 2007). Gerçek dünyadan üç boyutlu bir nesneden sensörler yardımıyla alınan bir görüntünün dijital ortamda kullanılabilecek biçime dönüştürülmesi, içerisinden anlamlı bilgi elde etme amacını taşır. Bu amaç doğrultusunda yürütülen işlemde girdi, oluşan bir fotoğraf ya da video kesitiyken çıktı ise çeşitli işlemler sonucunda elde edilen anlamlı içeriktir. Amacın yerine getirilmesi için anlamlı içerik elde etmek amacıyla kullanılan ve görüntü sınıflandırmasına ön ayak olan görüntünün analizini ve manipülasyonunu içeren teknik ise görüntü işleme olarak adlandırılır. Görüntü işleme askeri endüstri, sualtı görüntüleme, robotik, astronomi, fizik, sanat, biyomedikal ve coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama, gözlem ve tahmin uygulamaları, hayvancılık, petrol arama, gazete ve fotoğraf endüstrisi, trafik, radar, tıp, güvenlik, suç laboratuvarları gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Gonzalez & Woods, 2008). Görüntü işleme tekniğinde çıktı olarak oluşacak anlamlı bilginin kalitesi, alınan görüntünün niteliği ve görüntü işleme yönteminin uyumluluğu ile doğru orantılıdır. Çeşitli dijital platformlarda bulunan görüntüler, algılayıcı hatası nedeniyle eksiklere sahiptir. Bu noktada ön işleme devreye girer. Ön işlemenin amacı, işlenmekte olan görüntünün kalitesini iyileştirmektir (Devi, 2006). Görüntü işleme için görüntülere uygulanan bu ön hazırlık evresi, görüntü üzerindeki gürültüyü azaltmak üzerine kuruludur. Bunun için görüntülere düşük, orta ve yüksek seviye içeren işlemler uygulanmaktadır. Düşük seviyedeki işlemlerde giriş ve çıkış görüntülerin gerçekliği filtreleme ile



sağlanır. Orta düzey seviyedeki işlemlerde görüntülerdeki nesnelerin tanınması ve sınıflandırılmasında bölme ve tanıma işlemleri gerçekleştirilir. Yüksek seviye işlemler ise görüntülerdeki nesneleri tanımadaki görüntülerin analiz edilmesini içerir (Jähne, 2005). Görüntü işlemenin ardından yapılan görüntü sınıflandırma, görüntü piksellerinin sahip olduğu niteliğe göre kategoriye ayrılmasıyla gerçekleştirilir (Krishna, Neelima, Harshali, & Rao, 2018). Bilinen sınıflandırma yaklaşımlarının çoğu mevcut piksellerin istatistiksel analizine dayanır ve bu yaklaşımlar düşük çözünürlüklü görüntüler için uygundur (Bayburt & Maktav, 2012). Görüntü sınıflandırmasının başarısında, düşük çözünürlük kullanılacağı için görüntü işleme yönteminin etkisi büyüktür. Sensörlerden alınan görüntüler çözünürlük dışında, aydınlatma koşulları, yanlış hizalama, deformasyon, tıkanma ve bozulma gibi görüntü sınıflandırmasına etki edecek birçok değişkene sahiptir. Değişkenlerin verimlilik üzerindeki etkisini azaltmak için geliştirilen algoritmanın, koşullar değiştiğinde yeni ortama adapte olabilmesi ve bunu yapabilmek için de dinamik değişkenlere sahip olması gerekir. Verimlilik düşüşü alınan görüntüden kaynaklanıyorsa ölçeklendirme, döndürme, yansıtma, devirme, renk düzeltmesi, örtüleme ya da dönüştürme gibi işlemlerin yapılmasıyla, oluşturulan algoritmadan kaynaklanıyorsa da algoritmadaki niteliklerin dinamik hale getirilmesiyle aşılabılır.

## VAGON PLAKASI VE METODOLOJİ

Vagon Takip Sistemi, raylı sistem taşıtlarının imalatı, yenilenmesi ve tamirinden sorumlu bir işletme olan TÜVASAŞ içerisinde çeşitli atölyelerde işlem gören vagonların; konum, tarih ve zaman bilgileri ile beraber dijital ortamdan kolayca takip edilebilmesinin ve yöneticilerin isteklerine karşılık verebilmesinin yanında farklı amaçlara da hizmet edebilecek şekilde gerçekleştirildi.

### Vagon Plakası

Vagon, lokomotifin arkasına takılan, yük ve yolcu taşımakta kullanılan demiryolu arabası olarak tanımlanır. Vagonun görevi bağlı oldukları lokomotifin görevinden farklıdır. Farklı görev ve tasarım, farklı plakayı da beraberinde getirir. Bunun yanında vagonların da türlerinin olması, plakaların çeşidini arttırmaktadır. Genel hat, arkaplan ve yazı tipiyle beraber düşünüldüğünde vagon plakaları iki türe ayrılabilir. İlki vagonların pencerelerinin altında beyaz arka plana sahipken, ikincisi lokomotiflerin kapılarının yanında siyah arka plana sahiptir. Plakalar, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından belirlenir. Beyaz arka plana sahip plakalarda bulunan numaralar, uluslararası ölçekte ayırt edici bir plaka özelliği taşır. Vagon plakaları işletme, kod, nitelik, imalat ve kontrol numarasına sahiptir. Numaraların bir araya gelerek oluşturduğu plakaların uzunluğu yük ve yolcu vagonlar için on iki karakterdir.

### Vagon Plakasının Dijital Ortamda Okunması

Kameraların konumlandırıldığı atölyeler, farklı tür vagonlara hizmet verebildiği için kameranın aldığı görüntüdeki plakalar çeşitlilik göstermektedir. Oluşan bu çeşitlilik, görüntünün dijital ortamda işlenmesi aşamasında farklı algoritmaların uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Plaka çeşitliliğinin yanında kameralardan alınan görüntüler de farklı çözünürlüklerde olabileceğinden işlem hızını arttırmak ve görüntü sınıflandırması yapabilmek için kameralardan alınan görüntüler 640x480 piksel çözünürlüğe ölçeklendi.

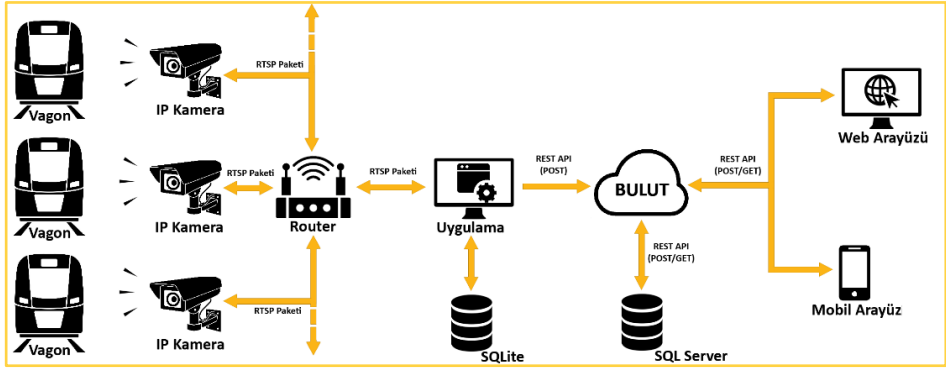
Plaka lokalizasyonunu bulmak için yaygın olarak kullanılan yöntem ve teknikler arasında kenar istatistikleri, matematiksel morfoloji (Hongliang & Changping, 2004), bağlantılı alan analizi (Saha, Basu, Nasipuri, & Basu, 2010), bölgesel bölümlendirme (Zheng, Zhao, & Wang, 2005), renk modeli dönüşümü (Shi, Zhao, & Shen, 2005), bulanık küme teorisi (Zimic, Ficzkowski, Mraz, & Virant, 1997) ve istatistiksel sınıflandırma (Duan, Du, Phuróc, & Hoang, 2005) bulunur. Plaka konumunun



tanınmasındaki altın anahtar, arka plan ve karakterler arasındaki gri düzeyindeki yüksek periyot farkıdır (Shandiz & Mirsharifi, 2006). Bu yüzden gerçekleştirilen projede yeniden ölçeklenen görüntü, hem yüksek fark süresine sahip olması hem de renk faktöründen kurtulup hızlı işlenebilmesi adına gri tonlamaya tabii tutuldu. Matematiksel morfoloji kullanılıp dönüşümler yapılarak gri tonlanmış görüntü üzerinden kontrast maksimuma çıkarıldı. Daha sonra arka plandaki küçük, gürültü sayılabilecek detayların kaybolması için görüntüdeki belli sayıdaki piksel toplulukları tek bir piksel haline getirilerek görüntü bulanıklaştırıldı. Son olarak görüntüyü hem arka plan ve karakterler arasındaki gri düzey farkının maksimum olduğu duruma, ikili (binary) duruma dönüştürmek hem de dönüştürürken belirli piksel uzunluğunun altında kalan pürüzleri yok etmek için görüntüye Uyarlanabilir Gauss Eşiklemesi (Adaptive Gaussian Thresholding) uygulandı. Eğer görüntü arka planı siyah olan bir plakadan alınmışsa eşikleme yapılırken ters yapılacağı için iki farklı algoritmanın çalışabilmesi için kameradan alınan görüntü bölgesel bölümlendirildi. Kullanıcı tarafından belirlenen bir bölgede beyaz arka plana sahip karakterlerin okuma işlemi gerçekleştirilirken belirlenen ikinci bölgede siyah arka plana sahip karakterlerin okuması gerçekleştirildi. İkili (binary) duruma dönüştürülen görüntü artık 1-0'dan oluşan piksellere sahip olduğu için üzerinde sınıflandırma işlemleri yapılabilir hale geldi.

## Metodoloji

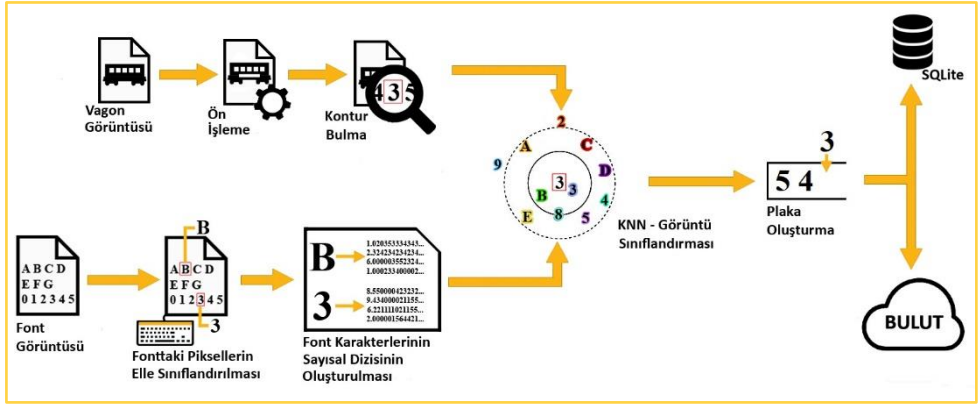
Bu çalışmada, vagon üzerindeki plakaların sensörlerden alınan görüntüler yardımıyla okunması, plakası okunan vagonların fabrika içerisindeki konumlarının tarih ve zaman da göz önünde bulundurularak izlenmesi, oluşan verilerin gerekli bağlantılarla dijital ortama aktarılması ve aktarılan verinin dijital ortamda yöneticilere sunulması için Şekil 1'deki gibi bir mimari planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Açık kaynak kodlar kullanılarak geliştirilen bu uygulamada, görüntü işleme noktasında fazlasıyla tercih edilen Python programlama dili kullanılmıştır. Masaüstü uygulama olarak gerçekleştirildikten sonra yazılan Uygulama Programlama Arayüzü (API) ile oluşan anlamlı verilerin bulutta saklanması ve doğru jeton (token) verildiği takdirde bulut veri tabanından farklı platformlara veri çekilebilmesi sağlanmıştır. Uygulama, kameraların ve plaka okuma sisteminin çalıştırılıp anlık olarak görüntülenebildiği ana ekran dışında, kameralara erişim için oluşturulmuş kamera ekleme, güncelleme ve silme; plakanın yazı fontunun belirlenmesi için font ekleme, silme ve kullanma; plaka özelliklerinin belirlenmesi için plaka ekranlarına sahiptir. Kameraların her birinin farklı koşullarda çalışma ihtimali göz önüne alınarak konfigürasyonlar her kamera için özel olarak ayarlanabilir hale getirilmiştir. Konfigürasyonların bir kısmı okunacak karakter ve sınıflandırma yapılacak piksellerle ilgiliyen bir kısmı da kameraya ulaşmak için kullanılan giriş bilgilerini içerir. Vagon plakalarının sahip olduğu yazı fontu birden fazla yazı fontunun bir araya gelmesi ile oluşturulduğu için özelleştirilebilmek adına font ekleme ekranında, kullanılmak istenen font, fotoğraf yüklenerek kullanıcı tarafından oluşturulur. Font oluşturma işlemi başlatıldığında ise yüklenen fotoğraf, ikili (binary) duruma dönüştürülerek içerisindeki muhtemel karakterler bulunur ve kullanıcıya gösterilir. Bulunan her bir harf oluşturabilecek piksel topluluğu için kullanıcıya görüntülenen topluluğun hangi karakter olduğu sorulur ve karakteri sisteme girmesi istenir. İşlemler iptal edilmek istenmediği sürece tarama devam eder ve son karakterin de tanıtılması ile beraber bitirilir. Tarama sonucunda kimliklendirilen her bir karakter piksel değerleri ile beraber kaydedilerek, istenildiğinde kullanılabilecek şekilde saklanır. En az bir kameraya ve yazı fontuna sahip olan sistem kullanılmaya hazırdır. Sistem, her ne kadar konfigürasyonları vagon plakaları için özelleştirilmiş olsa da Şekil 2'de de görülebileceği üzere plaka veya seri numarasına sahip birçok nesne için kullanılabilecek bir şekilde tasarlanmıştır. İstenildiği takdirde araba plakaları için de kullanılabilir. Araba plakalarının okumasının ve okunan plakaları istenilen ortama aktarmasının önünde hiçbir engel bulunmamaktadır.



Şekil 1. Proje mimarisi.

Uygulama, Gerçek Zamanlı Akış Protokolü (RTSP) ile aynı ağda bulunan IP kameralardan anlık olarak veri çektiğinde, üzerinde yalnızca kamera konfigürasyonlarının uygulandığı bir görüntü elde etmiş oluyor. Uygulamaya saniye başına gelen ve sınıflandırılmadan önce işlenmesi gereken görüntü sayısı, her bir kamera için; kameranın saniyede çektiği fotoğraf sayısına eşit. Sisteme bağlı kamera sayısının artması, saniye başına işlenmesi gereken görüntüsü sayısının da artması demek. Bu yüzden herhangi bir gecikme olmaması için alınan görüntüler üzerinde yapılan ön işlemlerde gürültülerin yok edilmesinin yanında gecikmenin yol açacağı veri kaybının da engellenmesi için her bir görüntü alma, işleme ve sınıflandırma işlemi eş zamanlı olarak çalıştırılır. Kullanılan bu yöntem ile atölyelerde bulunan kameralardan herhangi biri bozulduğu takdirde diğer kameralar görüntü alma işlemine devam edebilir. Kameralardan alınan görüntüler, uygulama içerisinde ikili (binary) duruma getirildikten sonra aynı renk ve yoğunluğa sahip olan tüm kesintisiz noktalar bulunarak bu noktalar içerisinde karakter olması muhtemel pikseller sayısal listeye aktarılır.

Uygulamada font kullanılarak oluşturulan ve saklanan kimliklendirilmiş piksel değerleri, sayısal listedeki değerler ile K-En Yakın Komşu (KNN) sınıflandırması dahilinde karşılaştırılır. Karşılaştırılan karakterler, konfigürasyon (yükseklik, genişlik, köşegen boyutu, açı, piksel oranı) dahilinde birbirleri ile uyumluysa karakter grubu haline getirilerek plaka için kullanılacak karakter dizisinde saklanır. Karakter dizisi, farklı karakter gruplarını barındırabilecek bir veri tipidir. İçerisinde çeşitli karakter gruplarını ve içerisinde aranan plakayı bulunduran karakter dizisi, görüntü işlemede yapılan tüm ön işlemlere rağmen görüntüde pürüz kalması halinde anlamsız küçük karakter gruplarına sahip olabileceği için karakter gruplarının uzunluğuna göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama doğrultusunda oluşan yeni karakter dizisinde, en uzun karakter grubu plaka olarak kabul edilir ve kullanıcı tarafından önceden belirlenen koşullar sağlandığı takdirde sisteme kaydedilir. Sisteme kaydı yapılan plaka, vagonların yavaş hareket etmesinden ötürü gün içerisinde birden fazla kez sisteme düşebileceği için aynı atölyede tekrar görüldüğü takdirde sisteme herhangi bir kayıt işlemi yapılmaz. Kaydı yapılan plaka, uygulamanın internete bağlı olmama durumu da göz önüne alınarak öncelikle tarih, zaman ve konum bilgileri ile yerel bir veri tabanına kaydedilir. Uygulama, yerel veri tabanındaki plakaları API sayesinde bulut veri tabanına aktarılabildiğinde ise plakayı yerel veri tabanında gönderildi olarak işaretler ve tekrar aktarmaya çalışmaz. Böylelikle veri kirliliği engellenmiş olur. Sonucunda veri tabanında tablo olarak saklanan plaka bilgileri API ile bağlantı kurulan tüm platformlarda görüntülenebilir hale gelir.

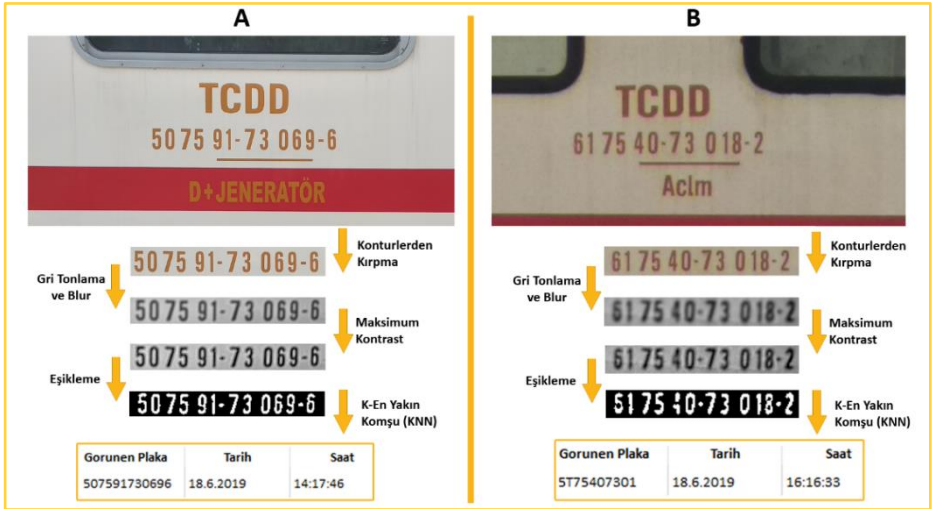


Şekil 2 Uygulama içi aşamalar.

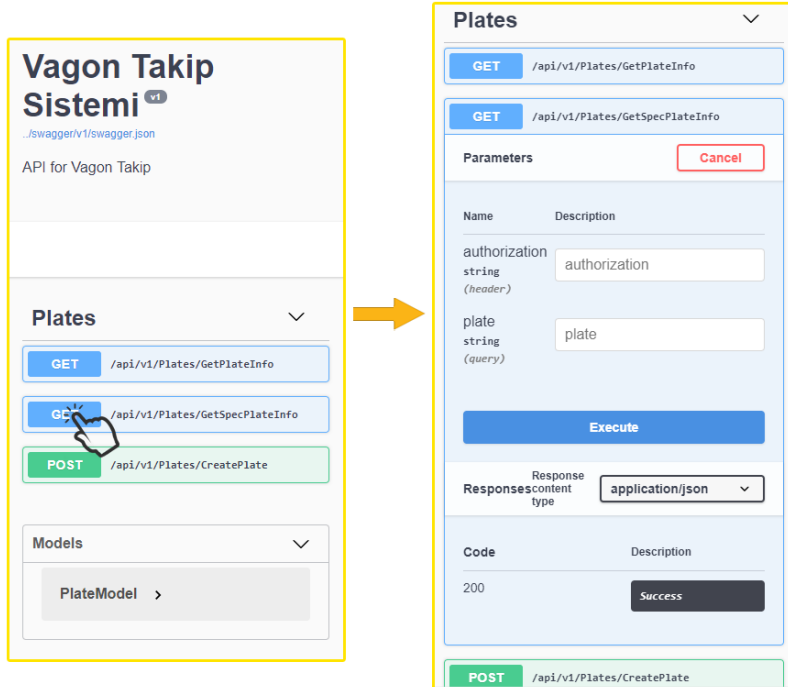
## BULGULAR

Tablolar elde edilen verilerin anlaşılması için çok önemli bir yere sahiptir. Görüntü işleyerek oluşturduğumuz anlamlı verinin kullanıcı tarafından daha iyi yorumlayabilmesi için tablolar kullanılır. Tablolar yalnızca veriyi değil, verinin özelliklerini de barındırır. Tablolarımızda vagon plakası, plakanın okunduğu kameranın adı, atölyenin konumu, okunan tarih ve saatin tutulması dışında kamera bilgileri, konfigürasyonlar ve Şekil 5'teki arayüz ile kullanıcı tarafından oluşturulan font bilgileri tutulmaktadır. İlgili tabloların hem yerel hem de bulut veri tabanında bulunması ve yalnızca yetkili kişi tarafından erişime açık olması bilginin gizlilik, bütünlük ve erişebilirlik ilkelerini yerine getirmektedir.

Bu çalışmada, geliştirme süreci boyunca hem insan gücünü en aza indirmek hem de sürekliliği sağlamak için özel bir çaba harcandı. Fakat görsel veriye dayandığı için sistemin verimlilik düzeyi, ortam koşullarına bağımlı olarak kaldı. Optimum ortam koşullarının oluşturulabilmesi için Şekil 7'deki test ortamı kullanıldı. Geliştirici tarafından belirlenen konfigürasyon ile gelen ve optimum koşullar için hazırlanmış bir uygulamada, şartların sağlanmaması facia ile sonuçlanacağı için, plaka görüntüsünün alınacağı ortamdaki hava koşullarında veya plakanın sahip olduğu niteliklerde farklı bir durum ile karşılaşıldığında sistemin etkilenmemesi için kamera ve plaka konfigürasyonu değiştirilebilecek şekilde tasarlandı. İlk test sonrası iyileştirmelerde, sisteme herhangi bir yanlış giriş olmaması için okunan plakaların sisteme önceden okunmuş diğer plakalarla karşılaştırıldıktan sonra kaydedilmesine karar verildi. Böylelikle Şekil 3'te belirtilen koşullarda sistemin doğru çalışması sağlandı. Doğruluğu çeşitli kontrol mekanizmaları ile belirlenen bilgilerin yerel sistemde bulunması, ulaşılabilir olması önünde büyük bir engel olacağı için ASP.NET Core ile geliştirilen API yardımıyla bilgiler bulut veri tabanına aktarıldı. API testleri görsel olarak çok fazla imkan sunan Swagger ile Şekil 4'teki gibi gerçekleştirildi. Bulut veri tabanına aktarılan bilgiler farklı platformlardan çekilebilecek hale geldi ve yine API üzerinden GET metodu ile ASP.NET MVC ile oluşturulan bir projeye çekildi. Çekilen bilgiler, belirli başlıklar altında Şekil 6'daki gibi listelendi. ASP.NET Core ile geliştirilen uygulamaların farklı platformlarda kullanılabilmesi sayesinde oluşturulan API, mobil arayüz için de kullanıldı ve herhangi bir sorun ile karşılaşılmadı.



Şekil 3 Koşulların ön işleme üzerindeki etkisi. (A: Uygun koşul, B: Uygun olmayan koşul)



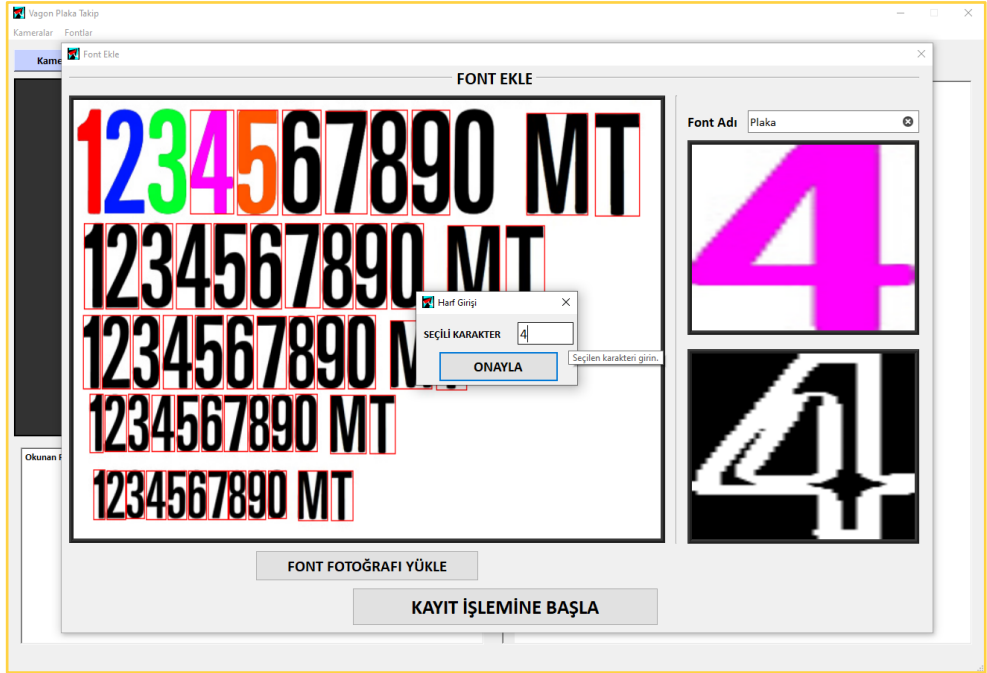
Şekil 4 ASP.NET Core (Swagger) ile API testi.





6. International Management Information Systems Conference  
“Connectedness and Cybersecurity”

09-12 October 2019  
Kadir Has University, İstanbul, Turkey



Şekil 5 Font ekleme aşaması.

Vagon Takip Sistemi					
<input type="text"/> <input type="button" value="Ara"/>					
Plaka Numarası	Tarih	Saat	Gören Kamera	Konum	
507591730696	18.6.2019	14:17	Ana kamera	Atölye 1	<input type="button" value="Detaylar"/>
517591730844	18.6.2019	15:18	Ana kamera	Atölye 1	<input type="button" value="Detaylar"/>
MT300172	18.6.2019	16:01	Ana kamera	Atölye 1	<input type="button" value="Detaylar"/>
617540730182	18.6.2019	16:28	Ana kamera	Atölye 1	<input type="button" value="Detaylar"/>
517591730844	19.6.2019	10:16	İkinci Kamera	Atölye 2	<input type="button" value="Detaylar"/>
507591730696	19.6.2019	11:05	Üçüncü Kamera	Atölye 3	<input type="button" value="Detaylar"/>
617540730182	19.6.2019	14:20	Üçüncü Kamera	Atölye 3	<input type="button" value="Detaylar"/>

Şekil 6 Vagon verilerinin API ile Web arayüzüne çekilmesi.





Şekil 7 Test ortamı.

## SONUÇLAR

Vagon üretimi ve bakımı yapılan işletmelerde vagonların geçirdiği atölye evrelerinin kolayca takip edilmesinin yanında, uzun süre işleme uğramamış ve fabrika içerisindeki konumu bilinmeyen vagonların hızlı bir şekilde bulunabilmesi bu uygulama ile gerçekleştirildi. Bu da genel anlamda süreçleri hızlandırmanın yanında süreçlerin kontrol edilebilir olmasını sağladı. Sadece uzun süre işleme uğramamış vagonların değil, atölyede işlem gören vagonların takibi sistem üzerinden otomatik bir şekilde sağlanacağı için hangi atölyelerde gecikme yaşandığı ve ne gibi işlemlerin bekleme süresine neden olduğu da tespit edilebilecek. Bu bilgilerin elde edilmesi, işletme içerisindeki atölyelerin hangilerinde iyileştirme yapılması gerektiği konusunda işletmeye ek bir bilgi sağlayacak. Temel olarak yazının görüntü üzerinden okunabilmesini sağlayan bu çalışma, arayüz üzerinden yapılacak konfigürasyonlar ile yalnızca vagon için değil, plaka bulunan herhangi bir araç için de kullanılabilir.

Yazının görüntüden okunabilmesi piksellerin sınıflandırması ile mümkündür. Bu yüzden görüntü üzerinden yazının okunmasında kullanılan K-En Yakın Komşu (KNN) sınıflandırması bu projenin temelini oluşturdu. IoT cihazlardan biri olan IP kamera, saniyede on beş kare görüntü almak için kullanıldı. Kameradan Stream özelliği ile alınan görüntü, sınıflandırma yapılabilecek hale getirilmek için görüntü işleme kapsamında ön işlemeden geçirildi. Ön işlemede görüntülere gri tonlama, morfoloji, bulanıklaştırma, eşikleme ve gürültü giderme gibi işlemler uygulandı. Görüntü işleminin ardından görüntüler ikili (binary) duruma getirilerek içerisinde aynı renkte süreklilik gösteren noktalar muhtemel karakter olarak görüldü ve bu noktaların piksel değerleri matris içerisine aktarıldı. Matris içerisinde sayısal olarak bulunan değerler, sistemde bulunan ve elle kategorize edilmiş sayısal değerler üzerinden KNN kullanılarak sınıflandırıldı. Sınıflandırılan piksel toplulukları eğer bir karakteri temsil ediyorsa karakter dizine atılarak bulunan diğer karakterler ile birleştirilip gerekli bilgilerle beraber plaka olarak yerel veri tabanına kaydedildi. Veri tabanına kaydedilen veriler uygulama internete bağlanabildiği takdirde API ile bulut veri tabanına ve aynı API ile istenilen platformlara aktarabilecek şekilde ayarlandı. Çalışmada çok az veri ile sınıflandırma yapabilmek için kullanılan KNN, verimliliğinin düşük olmaması için özellikle test edildi ve kullanımında oluşan hatalar giderildi, ancak uygulama geliştirilirken çok fazla karakter verisine sahip olunması halinde Destek Vektör Makineleri (SVM) kullanılabilir ve ek işlemler yapılmadan verim artırılabilir.



## KAYNAKLAR

- Bayburt, S., & Maktav, D. (2012). Uydu Görüntülerinin Piksel ve Nesne Tabanlı Sınıflandırma Sonuçlarının Karşılaştırılması. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*.
- Devi, H. (2006). *Thresholding: A Pixel Level Image Processing Methodology Preprocessing Technique For An OCR System For The Brahmi Script*. Deemed, India: Ancient Asia.
- Duan, T. D., Du, T. H., Phuróc, T. V., & Hoang, N. V. (2005). Building an Automatic Vehicle License-Plate Recognition System. *International Conference in Computer Science* (s. 59-63). Vietnam: RIVF.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital Image Processing*. London, England: Prentice Hall.
- Hongliang, B., & Changping, L. (2004). A Hybrid Licence Plate Extraction Method Based on Edge Statistics and Morphology. *International Conference of Pattern Recognition*, (s. 831-834). Cambridge.
- Jähne, B. (2005). B. Jähne içinde, *Digital Image Processing* (s. 7-19). Berlin: Springer.
- Krishna, M., Neelima, M., Harshali, M., & Rao, V. (2018). *Image Classification Using Deep learning*. Guntur: International Journal of Engineering & Technology.
- Lee, J. H. (2014). *Handling Digital Images For Publication*. Seoul: Sci Ed.
- Liu, Y., & Xu, X. (2017). *Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis*. Auckland: Journal of Manufacturing Science and Engineering.
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., & Harley, I. (2007). *Close Range Photogrammetry Principles, Methods and Applications*. New York: Wiley.
- Perihanoğlu, G. M. (Ocak 2015). *Dijital Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Görüntülerden Detay Çıkarımı*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saha, S., Basu, S., Nasipuri, M., & Basu, D. K. (2010). *Localization of License Plates from Surveillance Camera Images: A Color Feature Based ANN Approach*. Jadavpur: International Journal of Computer Applications.
- Shandiz, H. T., & Mirsharifi, S. S. (2006). Vehicles License Plate Recognition Based on Line Scanning of Digital Image. *International Conference on Signal Processing* (s. 155-316). İstanbul: Shahrood University of Technology.
- Shi, X., Zhao, W., & Shen, Y. (2005). *Automatic License Plate Recognition System Based on Color Image Processing*. Lecture Notes in Computer Science.
- Stern, R. C., & Richardson, M. L. (2003). *Preparation of Digital Images For Presentation and Publication*. Seattle: American Journal of Roentgenology.
- Zheng, D., Zhao, Y., & Wang, J. (2005). *An Efficient Method of Licence Plate Location*. Pattern Recognit.
- Zimic, N., Ficzkó, J., Mraz, M., & Virant, J. (1997). *The Fuzzy Logic Approach to The Car Number Plate Locating Problem*. Bahamas: Proceedings Intelligent Information Systems.