

## DİNAMİK ÇİZELGELEME İÇİN GÖRÜNTÜ İŞLEME VE ARIMA MODELLERİ YARDIMIYLA VERİ HAZIRLAMA

**Kemal YAMAN\***, **Ahmet SARUCAN\*\***, **Mehmet ATAĞ\*\***, **Nizami AKTÜRK\*\*\***

\* TÜBİTAK, SAGE, Ankara, [kyaman@sage.tubitak.gov.tr](mailto:kyaman@sage.tubitak.gov.tr)

\*\* Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi,  
Maltepe 06570 Ankara, [asarucan@yahoo.com](mailto:asarucan@yahoo.com); [matak@mmf.gazi.edu.tr](mailto:matak@mmf.gazi.edu.tr)

\*\*\* Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi  
Üniversitesi, Maltepe 06570 Ankara, [nakturk@mmf.gazi.edu.tr](mailto:nakturk@mmf.gazi.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada, Ankara Hızlı Raylı Sistemde, Kızılay-Ankaray istasyonunda bekleyen yolcuların, sistemde güvenlik amaçlı kullanılan kameralar vasıtasıyla algılanan gri-seviye görüntüleri, bilgisayar ortamına aktarıldı. Daha sonra, görüntü segmentasyon işlemleri ile nesnelere arka plandan ayrıldı ve ayrılan nesnelere ait görüntüler, görüntü güçlendirme metotları ile belirginleştirildi. Bir sonraki aşamada, netleştirilmiş görüntülerin gri-seviye histogramlarından nesnelere ait alansal bilgiler çıkarıldı. Hesaplanan yolcu yoğunluk oranı değerleri ile gözle sayılan yolcu sayıları arasındaki ilişkiler incelenerek Ankara Hızlı Raylı Ulaşım Sistemde tren sefer aralıklarının optimizasyon işlemlerine giriş verileri sağlanacak hale getirildi. Elde edilen bu sayısal değerler, zaman serisi verileri olarak alınıp hafta içi yolcu gelişlerinin ARIMA modelleri yardımıyla modellenmesi yapıldı. Sonuçta bu model kullanılarak söz konusu hizmet sisteminde dinamik çizelgeleme sürecine veri hazırlanması sağlandı.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü işleme, taşımacılık, hızlı raylı sistem, ARIMA

### PREPERATION OF DATA FOR DYNAMIC SCHEDULING USING IMAGE PROCESSING AND ARIMA MODELS

### ABSTRACT

In this study, the gray-level image data is acquired by solid state cameras that are used for security in Ankara-Kızılay station of Ankara Rapid Rail Transit System, the objects are extracted from the background of the image by utilizing the image segmentation or intermediate level processing, and then using image enhancement technique, the remaining objects are investigated in detail. In the next step, the area information has been extracted from the gray-scale histogram of the image of

isolated objects. The area information is used in obtaining approximate number of passengers. Finally, this information is used as an input for ARIMA Models in order to predict the number of passengers, which will be utilized as the input data for the optimization of the time between headways.

**Keywords:** Image processing, transportation, rapid rail system, ARIMA

## 1. GİRİŞ

Günümüzde ulaşım sistemlerinde çok ileri teknolojiler kullanılmaktadır. Hızlı Raylı Ulaşım Sistemleri (HRUS) bunun en önemli örneklerinden biridir. Bu sistemler bilgisayar tarafından kontrol edildiğinden ve insan yaşamı söz konusu olduğundan hatasız işlemesi gereken sistemlerdir. Bu çalışmada Ankara HRUS göz önüne alınmıştır. Sistemin daha verimli çalışabilmesi için görüntü işleme tekniği kullanılarak elde edilen yolcu yoğunluk değerleri ARIMA modeline giriş verileri haline getirilmiş ve bu veriler işlenerek dinamik çizelgeleme çalışmalarına veri hazırlanması hedeflenmiştir. HRUS’de şu anda kullanılan zamanlama sistemi istatistikî verilerden oluşturulmuş sabit çizelgelemeye göre işlenmekte olup ekonomiklik, dayanıklılık ve yolcu konforu açılarından bazı dezavantajları vardır. Geliştirilen bu yeni sistemde ise gerçek zamanlı bir kontrole yönelik veri hazırlama söz konusu olacağından, neticede yapılacak olan dinamik çizelgeleme sonucu olarak HRUS daha verimli bir şekilde işler hale gelecektir.

Zaman serileri kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box-Jenkins veya ARIMA modeli olarak adlandırılır. Bunlar doğrusal filtreleme modelleri olarak da bilinirler. Otoregresif (AR-AutoRegressive) modelleri Yule [1] tarafından düşünülmüştür. Diğer bir model, hareketli ortalama (MA-Moving Average) ilk defa Slutsky [2] tarafından ortaya atılmıştır. AR ve MA modellerinin karışımı olan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA - AutoRegressive Moving Average) modelleri ilk defa Wold [3] tarafından geliştirilmiştir. AR, MA, ARMA modelleri en genel doğrusal, durağan Box-Jenkins modelleridir. Durağan olmayıp fark alma işlemi sonucunda durağanlaştırılan serilere uygulanan modellere Birleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama (ARIMA-AutoRegressive Integrated Moving Average) modeli denilmektedir. Bu model Box-Jenkins tekniği olarak da adlandırılır. Bu teknik derlenen kesikli zaman serilerinin ve dinamik sistemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Box-Jenkins modellerinde amaç; zaman serisine en iyi uyan, en az parametre içeren doğrusal modeli belirlemektir. Bu modelleme yardımıyla yolcu yoğunluklarını dikkate alan dinamik çizelgeleme de yapılabilir [4].

## 2. BİLGİSAYARLA GÖRME

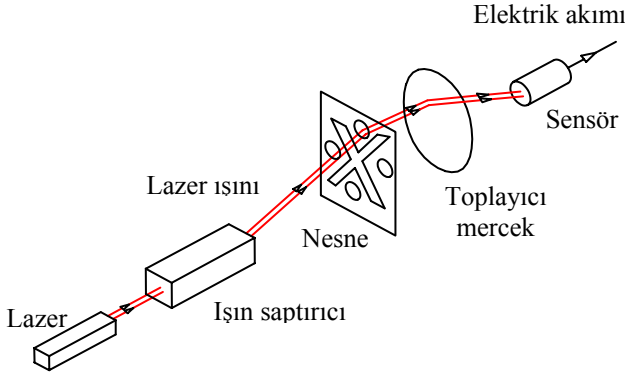
Bilgisayarla görme, bir veya daha çok görüntünün üzerinde bilgisayar analizinin, bir veya daha çok ana işlemciyle zaman sırasına göre çeşitli tekniklerle gerçekleştirilmesidir. Bilgisayarla görme, görüntü veya görüntü setleri üzerinden

bilgilerin teorik ve algoritmik olarak bilgisayar tarafından çıkarılıp incelenmesini sağlayan bir bilimdir. Görüntü üzerindeki nesne ve nesnelere ilgili, nesnenin konumu ve yönlendirilmesi ile ilgili ve boyutuyla ilgili kavramları içerir [5].

## 2.1. Görüntünün Sayısallaştırılması

Görüntünün sayısallaştırılması, kameradaki görüntünün optik-elektrik mekanizma ile elektriksel sinyallere dönüştürülmesi işlemidir. Mercekte oluşan görüntü kameranın sensörleri üzerine odaklanır. Bu ışık elemanları üzerinde ışığın durumuna göre elektrik sinyalleri üretilir. Şekil 1'de şematik olarak bu durum gösterilmiştir. Bu sinyaller bilgisayar ortamına görüntü aktarılmasında kullanılan analog sinyallerdir. Sinyalleri üreten sistemler vakum tüp, yarı iletken sensör gibi yapılardan oluşmaktadır.

Diğer bir kullanılan teknoloji ise katı hal kameralardır. Bu kameralar *Yük Bağlamalı Düzen* veya *Charge-Coupled Device* (CCD) teknolojisi ile çalışan kamera çeşitleridir [6]. Gerek laboratuvar uygulamalarında kullanılan gerekse metro istasyonlarında güvenlik amaçlı kullanılan [7] platform kameralarının tipi yukarıda CCD olarak tabir edilen kamera tipinde olduğundan özellikle bu kamera hakkında detaylı bilgi verilmesi uygun görülmüştür.

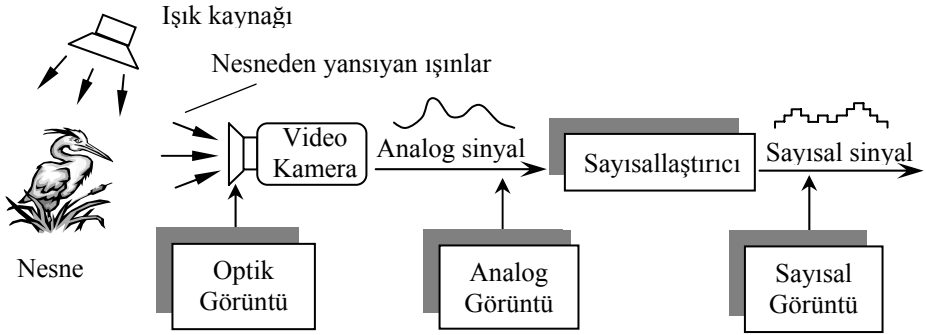


Şekil 1. Sayısallaştırma işleminde temel aşamalar

## 2.3. Görüntü İşleme ve Temel İşleme Teknikleri

Görüntü sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gerekir [8]. Bilgisayar ortamına alınan sayısal görüntüye uygulanacak temel görüntü işleme tekniklerinden bahsedilecektir. Görüntü işleme, genel terim olarak resimsel bilgilerin manipulasyonu ve analizi demektir [9]. Bu analizde takip edilen bazı temel aşamalar şu şekilde özetlenebilir: Birinci aşama, görüntü edinme işlemidir. Şekil 2'de görüntü yakalama aşamaları kabaca şematize edilmiştir. Burada bir ışık kaynağı

ile aydınlatılmış nesne mevcuttur. Nesneden yansıyan ışınlar optik formda kameraya aktarılır. Nesneyi tanımlayan bu ışınlar, kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülür. Böylece görüntü analog forma çevrilmiş olur. Analog sinyaller bir sayısal dönüştürücüde sayısal sinyallere dönüştürülür. Son aşamada sayısal forma dönüştürülen görüntü artık bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek hale getirilmiş olur. Bu işlem için görüntü sensörü ve bu sensörün üretmiş olduğu sinyalleri dijital forma dönüştürebilecek sistemlere ihtiyaç vardır. Sensörlerden elde edilmiş sinyaller hala analog formda ise analog-sayısal dönüştürücüler ile sayısal hale getirilebilir.



**Şekil 2.** Görüntü önce optik formda yakalanır, analog forma dönüştürülür ve son aşamada dijital forma çevrilir [6]

Sayısal görüntü elde edildikten sonra, diğer adım ön işleme işlemidir. Bu aşamada, alınan görüntü bir sonraki aşamada hatasız ve kolay işlenebilmesi için daha belirgin ve anlaşılır hale getirilir. Bu işlemlerden bazıları:

- ❖ Görüntüyü belirginleştirmek
- ❖ Görüntüde bulunan kirlilikleri filtrelemek
- ❖ Görüntü üzerindeki yapısal bozuklukları yok etmek veya minimize etmek

Daha sonraki işlem ise görüntüyü, kendisini meydana getiren alt görüntülere parçalama, ayırma işlemidir. Buna, görüntü ayırma işlemi ya da segmentasyon işlemi denir. Detaylı görüntü ayırma işlemleri, görüntü işlemede en zor işlemlerden sayılır. Bu nedenle genellikle küçük hatalarla birlikte kaba görüntü ayırma işlemleri uygulanır.

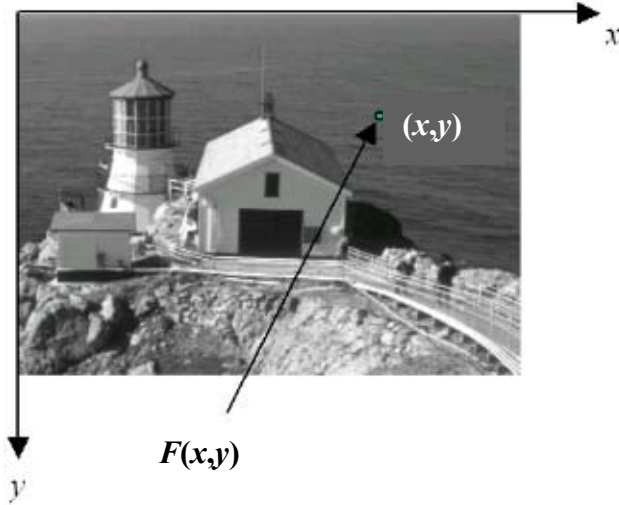
#### 2.4. Bir Görüntünün Modellenmesi

Görüntü, iki boyutlu ışık şiddeti fonksiyonudur. Bu fonksiyon  $f(x,y)$  şeklinde gösterilir. Burada  $x$  ve  $y$  kartezyen koordinatları,  $(x,y)$  noktasındaki  $f$ 'in sayısal değeri ise parlaklık değeri veya görüntünün ilgili noktadaki gri seviye değeridir.

Bir sayısal görüntü, satır ve sütun indisleri görüntü içerisinde herhangi bir noktayı tanımlayan elemanlardan meydana gelmiş bir matris olarak göz önüne alınabilir. Bu matrisin her bir elemanının sayısal değeri, kendisine karşılık gelen noktalardaki gri seviye değerine eşittir. Bu sayısal dizinin veya matrisin her bir elemanına görüntü elemanı, resim elemanı veya *piksel* denir [10].

Buraya kadar verilen bilgiler ışığında, Şekil 3’de gösterilen bir resmin bilgisayar ortamında ne anlam ifade ettiği böylece ortaya çıkartılmış oldu.

Bir görüntü fonksiyonunu,  $f(x,y)$ , bilgisayarda işlemeye uygun hale getirebilmek için, fonksiyonu hem uzaysal koordinatlar olarak, hem de genlik olarak sayısallaştırmak gerekir. Kartezyen koordinatların sayısallaştırılmasına *örnekleme* ve genliğin sayısallaştırılmasına da *niceleme* denir. Bu ifadeye Şanon’un *Örnekleme ve Niceleme Teoremi* de denir [5].

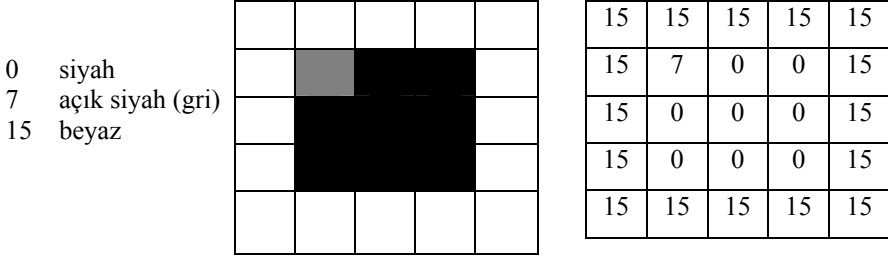


Şekil 3. Sayısal görüntü temsili ve eksenleri

## 2.5. Gri-Düzy Skala

Görüntü üzerindeki aydınlatma değerlerinin farklı seviyelerde olması, piksel düzeylerinin farklı olmasındandır. Bu şekilde ifadelerde görüntü siyah-beyaz renk tonlarından meydana geliyorsa, görüntü üzerindeki her bir nokta gri-düzy skala üzerindeki renk değerleriyle ifade edilir. Görüntü üzerindeki noktalar farklı olduğundan, her bir aydınlatma düzeyi için gerekli bitlerin yerleşimi farklıdır (Bkz. Şekil 4).

Dört bitlik yani 16 farklı gri-ton aydınlanma değeri için her bir pikselin üzerinde bulunacak gri-seviye parlaklık değeri şu şekildedir:



Şekil 4. On altı bitlik gri-düzyeyskala ifadesi

Bu gibi değişik düzeylerin oluşturduğu görüntüler, gri-düzye veya gri-düzyeyskala ile ifade edilirler. Piksel başına düşen bit sayıları; Burada 4 bit/piksel yani bir pikselin değerini belirtmek için 4 bit kullanılmıştır. 0 ile 15 arasında 16 gri-düzye değerleri mevcuttur [6].

## 2.6. Histogram

Histogram, görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin grafiksel ifadesidir. Buna *görüntü histogramı* veya *gri-düzye histogramı* denir [9]. Görüntü histogramı, görüntünün herbir noktasındaki piksellerin tespiti ile bu piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanır.

Görüntü üzerindeki piksellerin nerede yerleştiği tam olarak çıkartılamaz. Fakat görüntünün Şekil 5'de gösterildiği gibi aydınlık-karanlık bölge değerlerinden görüntü hakkında genel bilgiler elde edilebilir. Uygulanmak istenen eşik değerleri tahmin edilebilir. Matematiksel olarak, bir dijital görüntü histogramı Eşitlik (1)'de verildiği gibi tanımlanabilir:

$$P(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (1)$$

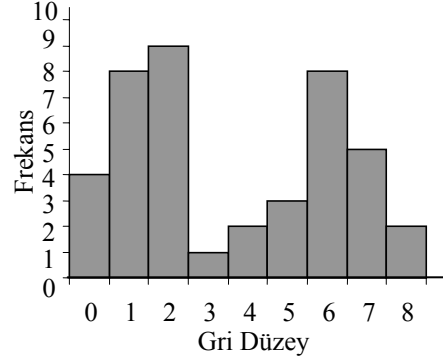
Burada;  $r_k$ : k'ncü gri seviye,

$n_k$ : bu gri seviyeye sahip toplam piksel adedi,

$n$ : görüntü üzerindeki toplam piksel adedi,

olarak tanımlanmıştır.

7	5	5	5	6	6	6
7	4	0	0	6	6	6
0	4	2	2	6	1	1
0	1	2	2	6	1	7
1	1	2	2	2	7	7
1	1	2	2	3	8	8



Şekil 5. Gri düzey histogramı

## 2.7. Eşikleme

Eşikleme işlemi, görüntü işlemenin önemli işlemlerinden biridir. Özellikle görüntü içindeki nesnenin kapalı ve ayrık bölgelerinin belirginleştirilmesinde kullanılır. Piksellere ayrılmış görüntünün, ikili yapıdaki görüntüye kadar düzenlenmesini içerir. Basit olarak, eşikleme işlemi görüntü üzerindeki piksel değerlerinin belirli bir değere göre atılması ve yerine diğer değer/değerlerin yerleştirilmesi işlemidir. Böylece görüntü üzerindeki nesnelerin arka planı ile nesne hatlarının çıkartılması sağlanır [6].

## 2.8. Görüntü işleme yazılımı

Görüntüler üzerindeki işlemler için bu çalışmada kullanılan görüntü işleme yazılımı, Jandel Scientific Firmasının Sigma-Scan Pro görüntü analizi yazılımıdır. Bu yazılım ile; görüntü düzeltme işlemleri, çeşitli filtreleme işlemleri, görüntü güçlendirme, iz ve bölge bulma, görüntünün tonlanması işlemleri yapılabilir [11]. Bu işlemler görüntünün istenilen özelliğe ulaşması için uygulanmaktadır. Ayrıca, görüntünün sayısal değerlerinin analizi ve piksel işlemleri gerçekleştirilebilir. Sigma Scan Pro 2.0 yazılımı yanında, daha kompleks görüntü işleme işlemleri için MatLab 5.0 (S.E.) paket programına da başvurulmuştur.

## 3. ARIMA MODELLERİ

ARIMA ya da Box-Jenkins modelleri  $d$  dereceden farkı alınmış serilere uygulanan AR ve MA modellerinin birer kombinasyonudur. Box-Jenkins tekniğinin esası, mevcut verilerin yapısına bağlı olarak, çeşitli model seçenekleri arasından en uygun fakat az sayıda parametre içeren bir ARIMA modelinin seçilmesidir. Uygulamada en sık kullanılan durağan olmayan ARIMA modelleri, IMA (0, 1, 1), IMA (0, 2, 2), ARIMA (1, 1, 1)'dir. Bu modellerin genel gösterimi ARIMA ( $p, d, q$ ) şeklindedir. Modellerde yer alan [12],

$p$ : Otoregresif model derecesi,  
 $q$ : Hareketli ortalama model derecesi,  
 $d$ : Mevsimsel olmayan fark alma derecesidir.

ARIMA ( $p, d, q$ ) modelinin ifadesi Eşitlik (2)'de verildiği gibi tanımlanabilir:

$$Z_t = \varphi_1 Z_{t-1} + \varphi_2 Z_{t-2} + \dots + \varphi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2)$$

Burada:

$\varphi_p$  : Otoregresif operatör için parametre değerleri,  
 $a_t$  : Hata terimi katsayıları,  
 $\theta_q$  : Hareketli ortalama operatörü için parametre değerleri,  
 $Z_t$  : Orjinal serinin  $d$  dereceden farkı alınmış zaman serisi,

Yani,  $W_t = Y_t - Y_{t-1} \quad t = 1, 2, \dots, t$  (3)  
 olup birinci farklar serisi Eşitlik (3)'de verildiği gibi tanımlanır. Burada:

$W_t$  = Birinci farklar serisi,  
 $Y_t$  = Orjinal zaman serisinin tesadüfi değişkenler kümesidir.

Birinci farklar serisi de durağan değilse; birinci fark serisinin tekrar farkı alınarak durağanlık kontrolü yapılır. Bu da Eşitlik (4)'de verildiği gibi modellenir.

$$Z_t = W_t - W_{t-1} \quad t = 1, 2, \dots, t \quad (4)$$

Fark alma derecesi  $d = 0$  olduğunda (bu orjinal serinin durağan olması anlamına gelir) ARIMA modeli AR, MA yada ARMA modeli haline gelecektir. Bu özelliğinden dolayı ARIMA modellerinin Box-Jenkins modellerinin tamamını bünyesinde barındırdığı söylenebilir. Fark alma derecesi  $d = 1$  olduğunda zaman serisi doğrusal,  $d = 2$  olduğunda parabolik eğri göstermektedir.

En basit ARIMA Modelleri Eşitlikler (5, 6, 7)'de görülmektedir:

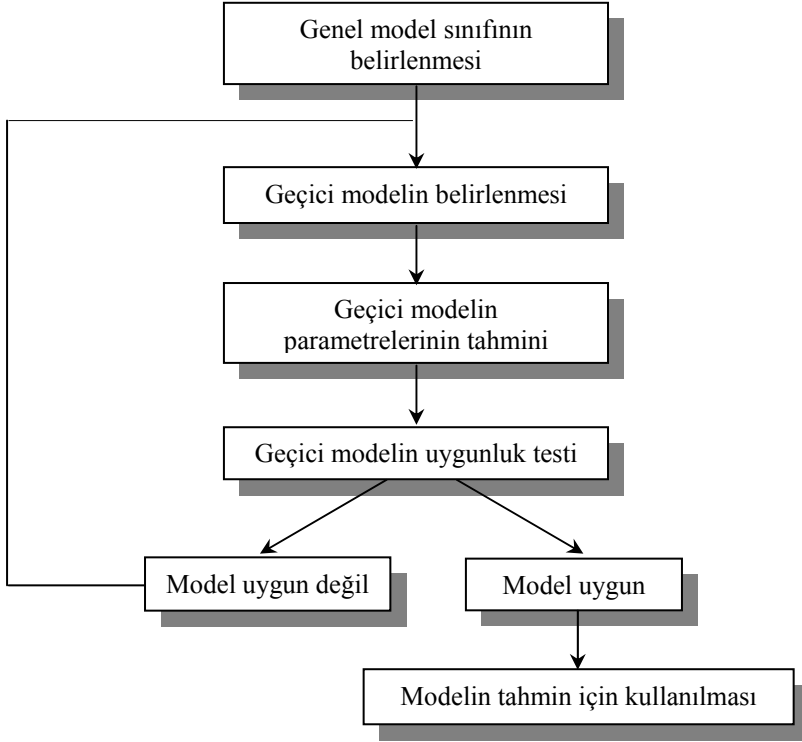
$$\text{ARIMA } (0, 1, 1) = \text{IMA } (1, 1) \text{ için} \quad Y_t = Y_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (5)$$

$$\text{ARIMA } (1, 1, 0) = \text{ARI } (1, 1) \text{ için} \quad Y_t = (1 + \varphi_1) Y_{t-1} - \varphi_1 Y_{t-2} + a_t \quad (6)$$

$$\text{ARIMA } (1, 1, 1) \text{ için} \quad Y_t = (1 + \varphi_1) Y_{t-1} - \varphi_1 Y_{t-2} + a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (7)$$

Model kurma süreci belirli tekrarlı aşamaları içerir [13]. Bu aşamalar Şekil 6'daki akış şemasında görülmektedir.





**Şekil 6.** Box-Jenkins yöntemiyle model belirleme aşamaları

Box-Jenkins ARIMA modellerinin kurulmasının dört temel aşamayı içerdiği görülür. Birinci aşamada genel model sınıfı belirlenir. Genel modelin seçimi için otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının grafiklerinden faydalanılır. Tablo 1’deki otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları dikkate alınarak, ARIMA modellerine ilişkin teorik fonksiyonların özelliklerinden yararlanılır [12].

İkinci aşamada verilerin yapısına uyan geçici bir model belirlenir. Bu amaçla otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılır. Model belirleme aşamasında AR, MA, ARMA veya ARIMA model sınıfından bir model seçilir.

Üçüncü aşamada, geçici modelin parametreleri, etkin istatistiksel teknikler kullanılarak tahmin edilir ve katsayıların standart hataları hesaplanarak anlamlı olup olmadıkları test edilir. Son aşamada ise, belirlenen modelin tahmin amacıyla uygunluk kontrolü yapılır. Bunun için uygun olduğu varsayılan geçici modelin hatalarının otokorelasyon katsayılarının grafiği çizilerek, otokorelasyon fonksiyonu

**Tablo 1.** Durağan modellerde teorik otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının özellikleri

Model	Otokorelasyon Fonksiyonu	Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
AR( $p$ )	Üstel veya sinüzoidal olarak gittikçe azalır	$p$ gecikmesinden sonra katsayı aniden düşerek istatistiksel olarak anlamsız olur.
MA( $q$ )	$q$ gecikmesinden sonra katsayı aniden düşerek istatistiksel olarak anlamsız olur.	Üstel veya sinüzoidal olarak gittikçe azalır
ARMA( $p$ , $q$ )	( $q-p$ ) gecikmesinden sonra üstel veya azalan sinüs dalgalarının bir karışımı görünümündedir.	( $p-q$ ) gecikmesinden sonra üstel veya azalan sinüs dalgalarının bir karışımı görünümündedir.

incelenir. Sözkonusu fonksiyon belirli bir şekil gösteriyorsa hataların tesadüfi dağılmadığı sonucuna varılır. Bu tür bir bulgu, belirlenen geçici modelin uygun olmadığı anlamını taşır. Dolayısıyla ikinci aşamaya tekrar dönülerek bu süreç, yeni bir geçici model ile uygun model belirleninceye kadar tekrarlanır. Uygunluk kontrolünden geçen model ise artık tahmin yapmak amacıyla kullanıma hazırdır [12].

## 4. UYGULAMA

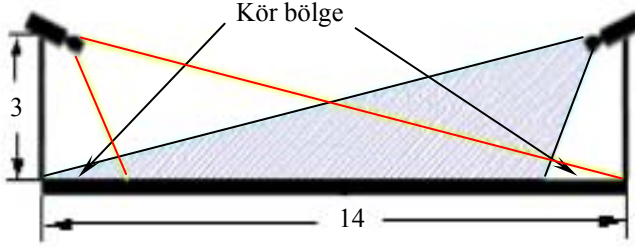
### 4.1. Görüntü İşleme

Görüntü işlemenin değişik uygulamaları mevcuttur [8, 14, 15]. Fakat bu çalışmada yolcu yoğunluklarının tesbiti ve bunların dinamik çizelgelemeye veri olarak hazırlanması incelenecektir.

Görüntülerin elde edilmesinde kullanılan platform kameraları, yüksek kalitede çekim yapamamaktadır. Fakat burada önemli olan, kameranın görebildiği alan içerisindeki nesnelerin en az hata ile sayılabilmeleridir. Uygulamalarda hesaplanan yolcu yoğunluğu değerleri, gri-düzey görüntü işleme ve ikili görüntü işleme olmak üzere iki ayrı metotla yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Uygulamalarda ana hatları ile şu işlemler gerçekleştirilmiştir: İlk olarak, video kasete çekilmiş görüntüler bir görüntü yakalama programı ile 10-15'er saniye aralıklarla yakalanmış ve 8 bitlik gri-düzey Windows BMP formatında istasyonlara ait görüntü kütüphanesi oluşturmak üzere kaydedilmiştir. Fakat bazı istasyonlara ait kameralar çok bozuk görüntüler taradığından bunlara ilişkin görüntüler sağlıklı işlenememiştir. Bunun yanı sıra söz konusu kameralar güvenlik amaçlı olduklarından yerleştirildikleri konulardan istasyonlarda bekleyen yolcuların

tamamını görememektedirler. Şekil 7’de kameralara ve platformlara ait bazı ölçülerin de verildiği temsili bir platform görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 7.** Metroda kamera pozisyonları ve görüntü tarama bölgelerinin temsili gösterimi (Ölçüler metredir)

Bu çalışmada gerçekleştirilen hemen hemen tüm görüntü analizi işlemlerinde sistemle entegre çalışan Sigma Scan Pro 2.0 paket programı kullanılmıştır.

İkinci işlemde, incelenecek istasyonlara ait boş istasyon görüntüsü ve dolu istasyon görüntüleri bilgisayara program eşliğinde okutturulmuştur.

Üçüncü işlemde, dolu istasyon görüntülerinden aynı istasyona ait boş, arka-plan istasyon görüntüsü, görüntü çıkarma işlemi ile çıkartılmıştır. Bu ve bundan sonraki işlemlerde kullanılan bütün görüntüler 352×288 piksel çözünürlüğüne sahip görüntülerdir. Dolayısıyla görüntü matrisleri, 352 sütun ve 288 satırdan oluşan ve elemanları 0-255 arasında sayısal değer alan matrislerdir [16].

Dördüncü işlemde, üçüncü işlem sonunda elde edilen fark matrisi işlenemeyecek derecede bozuk olduğundan, kendisi ile bir defa çarpılarak güçlendirilip, netleştirilmiştir. Daha sonra görüntü üzerindeki kirliliklerin yok edilmesi ve netliğin daha da artırılması için uygun eşikleme, filtreleme ve histogram eşitleme işlemleri uygulanmıştır.

Son aşamada ise elde edilen görüntüde, nesnelere arka plandan gri renk tonu değerlerinde ayrılmıştır. Bu son görüntünün histogramı çıkarıldığında, sadece nesnelere ait alansal ve çevresel bilgiler elde edilir. Gri-düzye histogramda, yatay eksen 0-255 arası gri renk tonu skalasıdır. Düşey eksen ise her bir renk tonundan kaç defa tekrarlandığını yani frekansı gösterir. Düşey eksenindeki bu frekans değerlerinin (beyaz renk hariç) sayısal toplamının ortalaması, nesnelere ait alansal yoğunluğunu karakterize eder [17]. Burada frekans değerlerinin toplamının ortalama alınma sebebi, tek platformda aynı görüntünün ön ve arka bakışlarının bir arada bulunmasıdır.

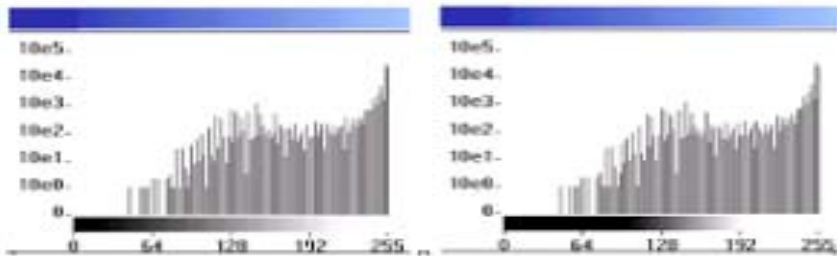
#### 4.1. Uygulama Görüntüleri:



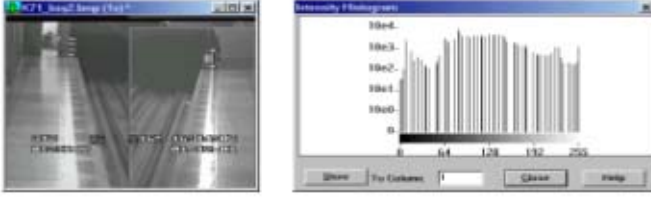
Şekil 8. (a) Boş istasyon görüntüsü (b) İncelenecek istasyon görüntüsü



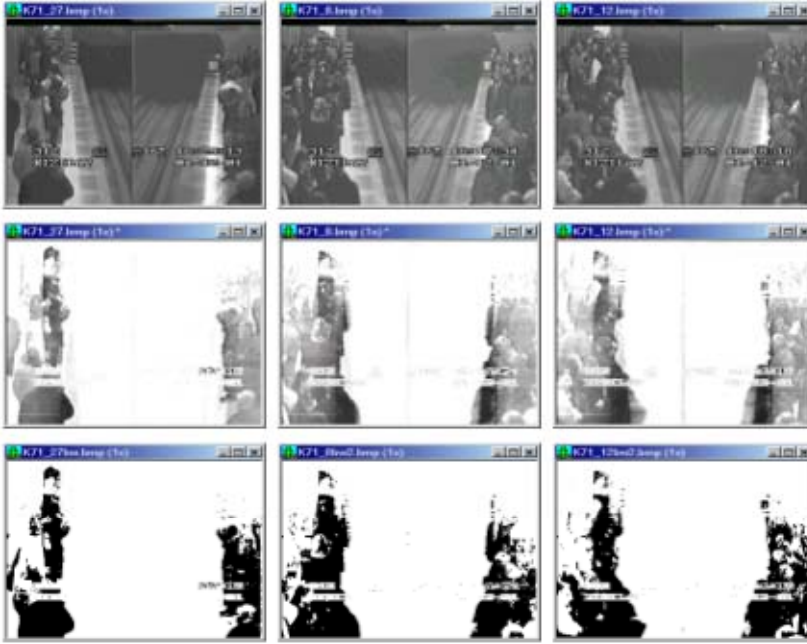
Şekil 9. Nesnelerin arka plandan çıkartılması ve netliğinin artırılması



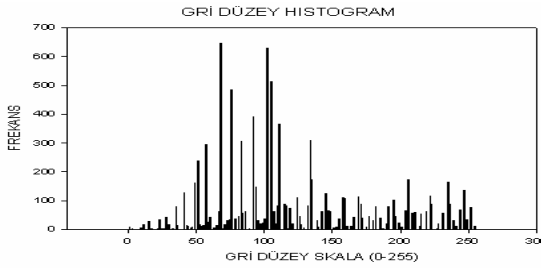
Şekil 10. Sırasıyla şekil 9'da verilen görüntülerin gri-düzye histogramları



Şekil 11. İstasyonun boş haldeki görüntüsü ve histogramı



Şekil 12. Üç farklı görüntüde nesnelerin arka plandan ayrılması ve bu ayrılan nesnelerin ikili yapıdaki görüntüleri

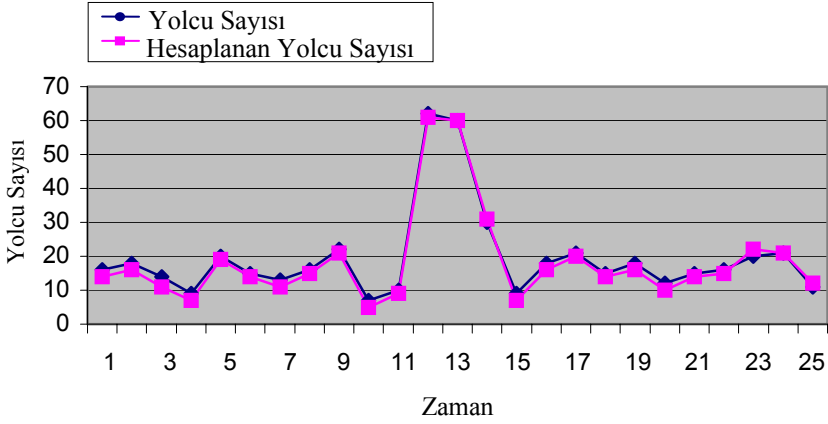


Şekil 13. Uygulamalar sonucunda elde kalan piksellere ait gri-düzey histogramı

Burada tablolarda verilen istatistiki sonuçlara göre gri-düzyer görüntü, ikili görüntüden daha fazla alansal bilgi içerir. Uygulanan görüntü işleme işlemleri sonucunda gri-düzyer görüntü için elde edilen toplam piksel adedinin ortalamasının, ikili görüntü işleme sonunda elde edilen toplam piksel adedinin yarısından daha fazla olduğu açıkça görülmektedir. Örneğin toplanan yolculardan bazıları açık renk elbise giymiş olabilir. Açık renk tonlarına sahip nesnelere, ikili işleme sonucunda bilgi kaybına uğrarlar yani açık renk tonları beyaza dönüşür. İşlenen 90 adet görüntünün ilk 25'ne ait sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Analizleri yapılan görüntülere ait resimler de işlenen görüntüler başlığı altında verilmiştir.

**Tablo 2.** İşlenen görüntülere ait gri-düzyer ve ikili yapıda yoğunluk değerleri

NO	Görüntü [*BMP]	Gri-Düzyer görüntü yoğunluk değerleri [piksel]	İkili görüntü yoğunluk değerleri [piksel]	Gerçek değer	Kalibrasyon sabitleri	Ölçülen değer
1	K71_1	9855	5937	14	1407,857	16
2	K71_2	15268	9668	16	1388	18
3	K71_3	20968	11230	11	1397,867	14
4	K71_4	23960	11830	7	1409,412	9
5	K71_5	25100	20698	19	1255	20
6	K71_6	27745	24456	14	1206,304	15
7	K71_7	29809	21220	11	1146,5	13
8	K71_8	31114	21070	15	1072,897	16
9	K71_9	30345	19022	21	1083,75	22
10	K71_10	31028	21039	5	1034,267	7
11	K71_11	29290	17398	9	1046,071	10
12	K71_12	30598	21329	61	987,0323	62
13	K71_13	29861	19815	60	1029,69	60
14	K71_14	30172	21760	31	1005,733	30
15	K71_15	30052	23276	7	1001,733	9
16	K71_16	30687	23585	16	1022,9	18
17	K71_17	30502	23696	20	983,9355	21
18	K71_18	30127	23452	14	1038,862	15
19	K71_19	30542	23574	16	1018,067	18
20	K71_20	30642	23240	10	988,4516	12
21	K71_21	31164	23368	14	1005,29	15
22	K71_22	31339	23567	15	1010,935	16
23	K71_23	31786	23941	22	993,3125	20
24	K71_24	31983	24218	21	969,1818	21
25	K71_25	31242	24053	11	983,028	12
Ortalama Kalibrasyon Sabiti					→	1043,661



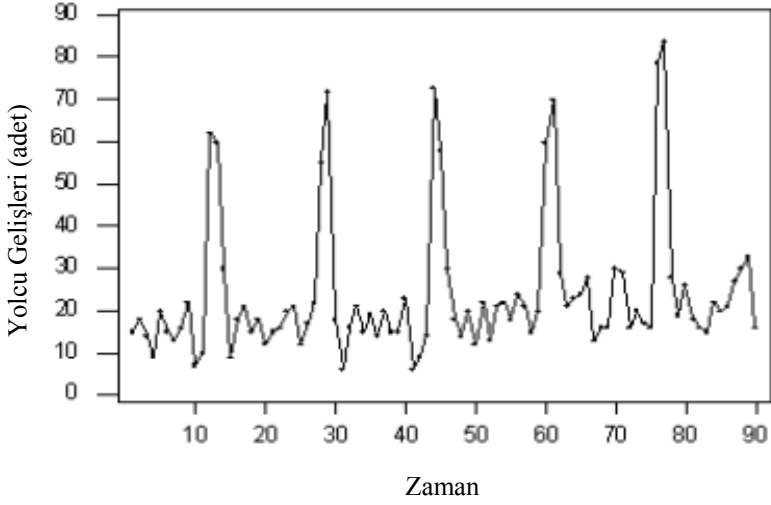
Şekil 14. Yolcu sayısı-Hesaplanan yolcu sayısı grafiği

Şekil 14'de verilen istasyonlarda bulunan yolcuların değişik zaman dilimlerinde gözle sayılması sonucu elde edilen yolcu sayısı değerleri ile görüntü işleme sonucu hesaplanan yolcu sayısı değerleri verilmiştir.

#### 4.2. ARIMA Analizi

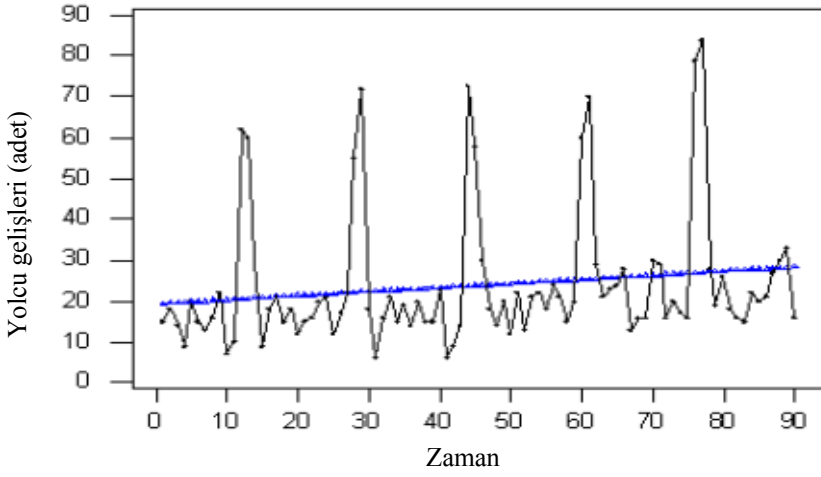
Yolcu gelişleri yılın yaz ve kış dönemine ve günün belli saatlerine göre değişmektedir. Bu değişme yolcu yoğunluğu ile orantılıdır. Kış dönemi okulların açık olması ve izinlerin kullanılmaması nedeniyle yoğunluk daha fazladır [13]. Bu çalışmada kış döneminde hafta içi bir günde, zaman aralığı 12:00 ile 13:30 saatleri arasında yolcu gelişleri görüntü okuma tekniği ile dakika bazında bulunmuştur. Bulunan verilerin MINITAB 13 istatistik paket programında işlenerek, gelecek 20 periyodun dakika bazında tahmini yapılmıştır. Zaman serisi analizinin başlangıç aşamasında; serideki hareketleri (trend, düzensiz, periyodik ve mevsimsel) ve seriyi bozan değerlerin olup olmadığını genel olarak görebilmek için zaman serisinin grafiği çizilmiştir. Şekil 15'deki grafiğe göre seride düzensizlik, çok az trend ve periyodik hareket belirlenmiştir. Trend olup olmadığından kesin emin olmak için trend analizi yapılmıştır. Bu analizin sonuçlarına göre seride kesin bir trendin olduğu ve bu yüzden durağan olmadığı Şekil 16'da görülmektedir.

İncelenen seri, durağan olmadığı için birinci farklar serisi alınmıştır. Bu dönüştürme işlemi sonucunda, Şekil 17'de verilen (yolcu geliş sayılarından elde edilen) fark serisinin grafiğine bakıldığında trend etkisi ortadan kalkmış ve seri durağanlaşmıştır. Trend analizi sonuçlarına göre serinin kesin durağanlaştığı Şekil 18'de görülmektedir.



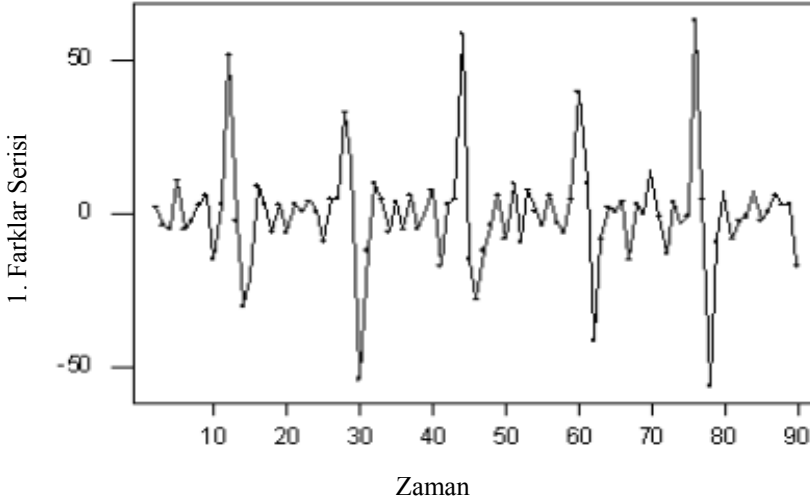
Şekil 15. Yolcu gelişlerinin zaman serisi grafiği

Doğrusal Trend Modeli  
 $y_t = 19,2831 + 0,100737 * t$



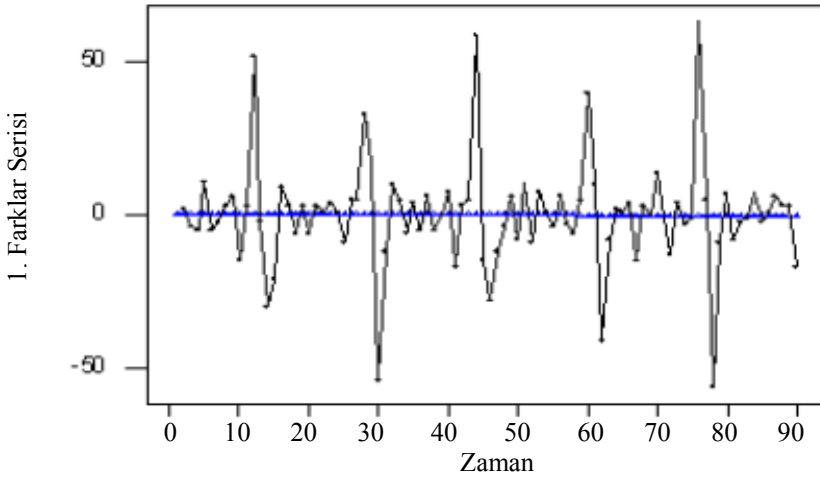
Şekil 16. Yolcu gelişlerinin trend analizi





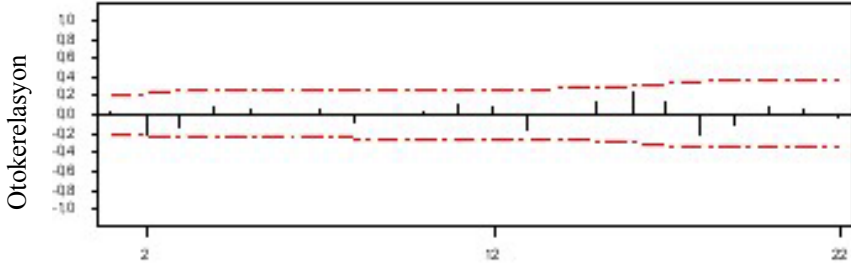
**Şekil 17.** Yolcu gelişlerinin birinci farklar serisinin zaman serisi grafiği

Doğrusal Trend Modeli  
 $Y_t = 0,555226 - 1,21E-02 * t$

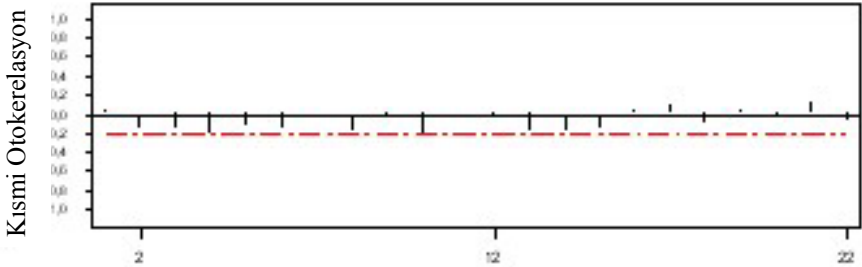


**Şekil 18.** Birinci farklar serisinin trend analizi

Bu aşamada ARIMA modelleri belirleme sürecinin esası olan otokorelasyon ve kısmi otokorelasyonlara bakılmıştır. Şekil 19 ve Şekil 20'de birinci fark serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri ile bunların sayısal değerleri Tablo 3'de verilmektedir. Tablodaki otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayılarının  $t$  değerleri 2'den küçük olduğundan incelenen serinin durağanlaştığı birkez daha görülmüştür.



Şekil 19. Birinci farklar serisinin otokorelasyon grafiği



Şekil 20. Birinci farklar serisinin kısmi otokorelasyon grafiği

Birinci farklar serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiklerine bakarak geçici ARIMA  $(p, d, q)$  modelinin ARIMA  $(1, 1, 2)$  modeline benzediği söylenebilir. Geçici modelin parametreleri Marquardt algoritmasına göre 8 adımda bulunmuştur.

Buna göre tahmin parametreleri  $\varphi_1 = 0.183$ ,  $\theta_1 = 0.4839$ ,  $\theta_2 = 0.5157$  ve  $\mu = 0.12664$  dır.

**Tablo 3.** Birinci farklar serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayıları ve  $t$  değerleri

Dönem sayısı	Otokorelasyon katsayıları	$t$ değerleri	Kısmi otokorelasyon katsayıları	$t$ değerleri
1	0,03	0,31	0,03	0,31
2	-0,23	-1,98	-0,18	-1,71
3	-0,16	-1,24	-0,15	-1,46
4	0,07	0,57	-0,19	-1,77
5	0,06	0,45	-0,13	-1,21
6	-0,03	-0,26	-0,15	-1,45
7	0,06	0,43	0,00	0,03
8	-0,10	-0,76	-0,18	-1,72
9	-0,04	-0,28	-0,05	-0,49
10	0,03	0,20	-0,19	-1,77
11	0,10	0,78	0,01	0,10
12	0,07	0,56	-0,02	-0,19
13	-0,17	-1,30	-0,17	-1,62
14	-0,23	-1,97	-0,18	-1,69
15	0,12	0,81	-0,16	-1,55
16	0,23	1,97	0,04	0,42
17	0,12	0,70	0,08	0,79
18	-0,22	-1,94	-0,09	-0,82
19	-0,14	-0,80	0,04	0,42
20	0,09	0,48	-0,03	-0,29
21	0,04	0,25	0,13	1,19
22	-0,05	-0,25	-0,06	-0,60

Hata terimlerinin birbirinden bağımsız olup olmadığını kontrol etmek için durağanlık testi olan  $Q$  istatistik testi kullanılır. Hesaplanan  $Q$  değeri:

$H_0 : Q(K) < \chi^2_{1-\alpha, K-p-q}$  ise  $H_0$  hipotezinin uygun olduğu kabul edilir.

$H_1 : Q(K) \geq \chi^2_{1-\alpha, K-p-q}$  ise  $H_1$  hipotezi reddedilir. Yani geçici modelin uygun olmadığına karar verilir.

12 gecikme için  $Q(K) = 9.3 < \chi^2_{1-0.05, 12-1-2} = 16.9$  olduğundan, hata terimleri birbirinden bağımsız olup, geçici olarak belirlenen modelin uygun olduğuna ve tahmin için kullanılmasına karar verilmiştir. Diğer ARIMA modellerinin 12 gecikme için  $Q$  istatistiği test sonuçları Tablo 4’de görülmektedir.

**Tablo 4.** Geçici ARIMA modelleri  $Q$  istatistiği test sonuçları

Model	$Q$ İstatistiği	$\chi^2_{1-\alpha, K-p-q}$	$H_0$ Hipotez Sonucu
ARI (1, 1)	26.5	19.7	Red
ARIMA (1, 1, 1)	20.9	18.3	Red
IMA (1, 1)	22.2	19.7	Red
ARIMA (2, 1, 1)	18.4	16.9	Red

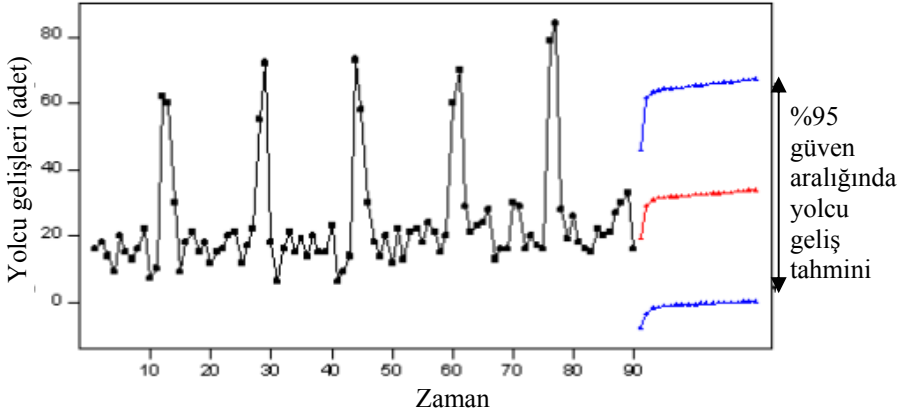
Bu sonuçlara göre diğer geçici ARIMA modellerinin tahmin yapmak için uygun olmadığı görülür. Bulunan parametre değerleri kullanılarak Eşitlik (2)'den ARIMA (1, 1, 2) modeli:

$$Y_t = \mu + (1 + \varphi_1)Y_{t-1} - \varphi_1 Y_{t-2} + a_t - \theta_2 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \quad (8)$$

$$Y_t = 0.12664 + 1.183 Y_{t-1} - 0.183 Y_{t-2} + a_t - 0.4839 a_{t-1} - 0.5157 a_{t-2} \quad (9)$$

şeklinde yazılmıştır.

Tüm bu analizler sonucunda bulunan modelden hareketle gelecek 13:31-13:50 saatleri arasındaki 20 dakikalık dönem için tahmin yapılmıştır. Şekil 21'de %95 güven aralığında alt ve üst sınırları verilen tahmini değerlerin grafiği 90 dakikadan sonraki zaman periyodu için görülmektedir. Bu grafiğin alt ve üst sınırları ile tahmin değerleri Tablo 5'de verilmektedir.

**Şekil 21.** Yolcu gelişleri için tahmini değerler (%95 güven aralığında tahminli)

**Tablo 5.** Gelişlerin %95 güven aralığında sınırları verilen tahmini değerleri

Periyot	Tahmin	Alt değer	Üst değer
91	19,0228	-7,5899	45,6356
92	28,8264	-3,6452	61,2980
93	30,7473	-1,7752	63,2698
94	31,2255	-1,3211	63,7721
95	31,4396	-1,1576	64,0369
96	31,6055	-1,0483	64,2592
97	31,7625	-0,9487	64,4737
98	31,9178	-0,8509	64,6866
99	32,0729	-0,7534	64,8992
100	32,2279	-0,6558	65,1116
101	32,3830	-0,5581	65,3240
102	32,5380	-0,4603	65,5362
103	32,6930	-0,3624	65,7483
104	32,8480	-0,2644	65,9604
105	33,0030	-0,1663	66,1723
106	33,1580	-0,0681	66,3841
107	33,3130	0,0302	66,5959
108	33,4680	0,1286	66,8075
109	33,6230	0,2270	67,0190
110	33,7780	0,3256	67,2305

## 5. SONUÇ

Ankara Hızlı Raylı Ulaşım Sisteminin Kızılay durağında görüntü işleme tekniği kullanılarak yolcu gelişleri, dakika bazında sayısal olarak hesaplandı. Hesaplama ve gözle sayım arasında büyük bir uyum olduğu gözlemlendi. Bu yolcu geliş değerleri “Zaman Serisi Verileri” olarak alınıp yolcu gelişlerinin Box-Jenkins yaklaşımı ile modellenmesi yapıldı. Kurulan model aracılığı ile önümüzdeki dönemler için yolcu gelişleri tahmin edildi. Bu teknikler kullanılarak söz konusu hizmet sisteminde dinamik çizelgeleme sürecine veri hazırlanabileceği gösterildi.

Dinamik çizelgeleme çalışmasının sağlıklı ve yapılacak tahminlerin daha gerçekçi olabilmesi için, haftanın günleri yolcu yoğunluğuna göre belli zaman aralıklarına ayrılmalı ve belirlenen herbir zaman aralığına göre ayrı ayrı ARIMA modelleri tesbit edilmelidir. Diğer yandan deneysel çalışmalarda kullanılan görüntülerin elde edilmesinde metro istasyonlarında bulunan, güvenlik amaçlı, platform kameraları kullanılmıştır. Gerek platform kameralarının netliğinin kötü olması ve gerekse kullanılan yazılımların 8 bitlik görüntüleri işleyebilmesi, incelenen görüntülerin netliğinin düşük olmasına ve dolayısıyla bilgi kaybına neden olmuştur.

**KAYNAKLAR**

1. Yule, G.U., "On a Method of Investigating Periodicities in Disturbed Series with Special Reference to Wölfer's Sunspot Numbers", **Phil. Trans.**, A226, 267, 1927.
2. Slutsky, E., "The Summation of Random Causes As The Source of Cyclic Processes", **Problems of Economic Conditions**, 3, 1, 1927; English trans. in *Econometrica*, 5, 105, 1937.
3. Wold, H.O., **A Study in The Analysis of Stationary Time Series**, Almqvist and Wicksell, Uppsala, 1954.
4. Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M. ve Aktürk, N., "Görüntü İşleme Yöntemiyle Hızlı Raylı Ulaşım Sisteminde Yolcu Yoğunluğunun Box-Jenkins Yaklaşımı ile Modellenmesi", **Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 22. Ulusal Kongresi**, Gazi Üniversitesi, Ankara, 78, 4-6 Temmuz, 2001.
5. Baxes, A G., **Digital Image Processing Principles and Applications**, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1994.
6. Yaman, K., **Görüntü İşleme Yönteminin Ankara Hızlı Raylı Ulaşım Sistemi Güzerghında Sefer Aralıklarının Optimizasyonuna Yönelik Olarak İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
7. Toprak, R. ve Aktürk, N., "Raylı Toplu Taşıım Sistemleri ve Raylı Toplu Taşıım Sistemlerinde Güvenliđi Tehdit Eden Tehlikeler", **3. Ulaşım ve Trafik Kongresi**, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara, 18-20 Mayıs, 2001.
8. Yaman, K. ve Aktürk, N., "Görüntü İşleme ile Kişii Yoğunluklarının Belirlenmesi", **UMTS**, Selçuk Üniversitesi, Konya, 12-14 Eylül, 2001.
9. Castelman, R. K., **Digital Image Processing**, Prentice hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1996.
10. Haralick, R.M. ve Shapiro, L.G., **Computer and Robot Vision**, Addison Wesley Publishing Co., USA, 1993.
11. Sigma Scan Pro, **Automated Image Analysis Software User's Manual**, Jandel Scientific software Co., USA, 1995
12. Işığışık, E., **Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Araştırılmasında Nedensellik Testleri ve Bir Uygulama Denemesi**, Doktora Tezi, Uludađ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1993.
13. Box, G. E. P. ve Jenkins, G. M., **Time Series Analysis, Forecasting and Control**, Holden Day, San Francisco, 1976.
14. Erođlu, M. ve Aktürk, N., "Machine Vision in Automated Assembly", **Hadronic Journal Supplement**, 13, 257-269, 1998.
15. Erođlu, M., Ünal, Y. ve Aktürk, N., "Görüntü İşleme ile Boyut Ölçümü", **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt 12, No 2, 231, 1999.
16. Ünal, Y., Aktürk, N. ve Erođlu, M., "Seri Üretim Hatlarında Görüntü İşlemeyle Kalite Kontrolü", **Gazi Üniv. Fen Bilimleri Inst. Dergisi**, Vol:12, No:4, 1999.
17. O'shea, T. ve Eisenstadt, M., **Artificial Intelligence**, Harper & Row, Publishers, New York, USA, 1984.
18. Sarucan, A. ve Atak, M., "Bir Raylı Ulaşım Sisteminde Personel Çizelgelemeye Bütünleşik Yaklaşım", **Gazi Üniv. Fen Bilimleri Inst. Dergisi** (Yayına kabul edildi).