
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		 SAKARYA UNIVERSITY
	e-ISSN: 2147-835X		
	Dergi sayfası: http://www.saujs.sakarya.edu.tr		
	<u>Geliş/Received</u> 25-04-2017		
	<u>Kabul/Accepted</u> 15-12-2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.308997	

D-200 Karayolu için Dönemsel ARIMA Yöntemi ile Kısa Dönemli Trafik Akım Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi

Erdem Doğan*¹

ÖZ

Günümüzde trafik kontrol sistemlerinin verimli çalışabilmesi için kısa dönemli trafiğin tahmin edilmesi gerekli olmaktadır. Bu çalışmada, Kırıkkale İl sınırlarındaki (D-200, E88) karayoluna ait kısa dönemli trafik tahmin modellerinin geliştirilmesi için dönemsel otopregresif bileşik hareketli ortalama (SARIMA) tekniği kullanılmıştır. Modellemede kullanılan veri seti, yolun 29+100 km' sinde belirlenen kesiminde, yaklaşık 2 ay süre boyunca 15 dk.' lık zaman dilimleri şeklinde yapılan sayımlardan her bir şerit için ayrı olarak elde edilmiştir. Elde edilen trafik akımı verilerinin %80' i SARIMA modellerinin oluşturulması için, kalan kısmı ise modelin tahminlerinin test edilmesi için kullanılmıştır. Farklı tiplerdeki SARIMA modelleri iki şeritli karayolunun sağ ve sol şeritleri için oluşturulmuştur. Analizler sonucunda SARIMA(1,0,1)(0,1,1)672 her iki şerit için en düşük tahmin hatalarını üretmiştir. Modellere ait R2 değerleri ise sağ şerit için 0,92, sol şerit için 0,88 seviyelerinde olduğu hesaplanmıştır. Modellerin yüksek R2 değerleri ve düşük hatalar üretmesi nedeniyle geliştirilen SARIMA modellerinin Türkiye karayollarının kesintisiz akım koşullarını sağlayan yol kesiminde Türkiye'de kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Trafik tahmini, kısa dönemli, modelleme, ARIMA, SARIMA, Kırıkkale, D-200.

Developing Short-Term Traffic Forecasting Models Using Seasonal ARIMA Method for D-200 Highway

ABSTRACT

Nowadays, forecasting short-term traffic is necessary for traffic control systems to serve efficiently. In this study, short-term traffic forecasting models were developed using seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) technique for the highway (D-200, E88) in Kırıkkale border. The dataset for modeling were collected for each lane with 15 min periods from the road section which is in 29+100 km on the highway for two months. The 80% of data were utilized to develop SARIMA models and the rest of the data were used for testing the models. As a result of the analyses, SARIMA(1,0,1)(0,1,1)672 produced the lowest forecasting error values for both lanes. The R2 values of the models were calculated about 92% for right lane and 88% for left lane. The models generated high R2 values and low errors, therefore developed SARIMA models can be used on uninterrupted road sections in Turkish highways.

Keywords: Traffic forecasting, short-term, modelling, ARIMA, SARIMA, Kırıkkale, D-200

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale – edgan@kku.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karayollarında artan trafik hacminden dolayı, ulaşım altyapısının daha verimli hale getirilmesi yönündeki çalışmalara ihtiyaçlar duyulmaktadır. Elektronik sistemler, detektör ve diğer alanlardaki gelişmeler sonucunda sürücülerin karar vermesine, önceden uyarılmasına, yönlendirilmesine, daha verimli yolculuk imkânı sunmasına yönelik çalışmalar sonucunda Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) oluşmuştur. Mevcut ve gelecekteki olması tahmin edilen trafik koşullarının bilinmesi, karar verme işlemleri açısından çok önemli avantajlar ortaya koymaktadır. Bu nedenle kısa dönemli trafik akım tahmini AUS' ların geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, D-200 karayolu 29+100 km' lik kesimine trafik akım değerlerini kullanarak dönemsel otoregresif bileşik hareketli ortalama (SARIMA) yöntemi ile kısa dönemli trafik tahminlerinin yapılmasıdır. Dünya' da bu konuda farklı bölgeler için çalışmalar olmasında karşın Türkiye yolları için kısa-dönemli trafik tahmini için yapılmış çalışmaya rastlanamamıştır. Trafik akımı değişiminin zaman ile ilişkili olmasından dolayı öncelikle zaman serisi yöntemleri ile incelenmiştir.

Kısa dönemli trafik tahmini konusunda ilk çalışmalarda klasik istatistik metotlarını trafiğin tahmininde kullanmışlardır [1]. Daha sonra ki yıllarda farklı algoritma yaklaşımları ile bu konu ile ilgili çalışmalar devam etmiştir. Trafik tahmininde yüksek çözünürlüklü ve zamana bağlı veriler ile çalışılmaktadır. Bu nedenle karmaşık tahmin modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Lam ve diğerleri, yıllık ortalama günlük trafik değerini iki adet parametrik olmayan model yardımıyla tahmin etmişlerdir [2]. Araştırmacılar maksimum gauss olasılık ve parametrik olmayan regresyon modelleri sayım 87 istasyonundan gelen bilgiler yardımı ile oluşturulmuştur. Ardından yapılan karşılaştırmalarda, parametrik olmayan regresyon modelinin kullanılan diğer modelden istasyonların çoğunluğunda daha doğru sonuçlar ürettiği belirtilmiştir. Ayrıca parametrik olmayan regresyon modelinin ani ve beklenmeyen akım durumlarına daha iyi adapte olduğu diğer bir sonuç olarak sunulmuştur. Xie ve diğerleri kalman filtresi (KF) ve ayrık dalga tekniklerini bir arada kullanarak trafik akım tahminleri

gerçekleştirmişlerdir [3]. Yazarlar sadece KF ve ayrık dalga modeli ile gürültüsü azaltılmış veriler ile KF tahmin modeli karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak farklı dalga tipleri ile gürültü azaltılmasının, ham veriler kullanarak KF ile tahmin yapılmasından daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Guo ve diğerleri, trafik akım tahmini için veri toplama işleminde dönem sürelerinin etkilerini araştırmışlardır [4]. Araştırmacılar, 1~30 dk. arasında süreleri inceledikten sonra kullandıkları SARIMA + GARCH modeli için periyodu 5 dk. 'dan kısa olan verilerin uygun olmadığını, periyodların 10 dk. ve daha uzun olması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca kullanılan modeller için veri toplama periyodlarının değişkenlik gösterebileceğinin göz önünde tutulması gerektiğini vurgulamışlardır. Shekhar ve diğerleri, dönemlik otoregresif birleştirilmiş hareketli ortalama (SARIMA) modelini yeni dönem verileri ile adapte olabilecek şekilde tasarlamışlardır [5]. Ardından, bu modellerine ait 15 dk. 'lık trafik tahmin değerlerini, diğer modeller (KF, yenilemeli en az kareler ve en az ortalama kareler) ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, bütün modellerin yaklaşık sonuçlar ürettiği, KF' nin en az işlem yükü ile sonuçlara ulaştığı, geliştirilen SARIMA modelinin sahada AUS uygulamaları için kolaylıklar sağlayacağı fikri ortaya atılmıştır. Sheu ve diğerleri, akım, hız ve yoğunluk tahminleri yapmak amacıyla gerçek zamanlı tekrarlı öğrenme algoritması geliştirmişlerdir [6]. Ardından araştırmacılar, bu trafik tahmin algoritmasını, makalede açıklanan lineer ve lineer olmayan yöntemler ile karşılaştırmıştır. Trafik tahminini uzay-zaman otokorelasyonu kullanarak inceleyen araştırmacılar, Londra kenti içinde belirledikleri bir yol ağı için uzay- zaman modeli kurmaya çalışmışlardır [7]. Sonuç olarak, yol ağının tamamı için uygun uzay-zaman tahmini gerçekleştirebilecek genel modelin kurulamayacağını, bölgesel modellerin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Tchakian ve diğerleri, spektral analiz ve hareketli ufuk adını verdikleri teknik ile 15 dk. trafik akım tahminlerinde bulunmuşlardır [8]. Araştırmacılar, düşük frekanslı modların tahminlere uygun olduğunu belirtmişlerdir. Chen ve diğerleri, tek bir detektörden elde edilen veriler yardımı ile trafik akım tahmini konusunda çalışmışlardır [9]. Diğer araştırmacılar tarafından denenen tahmin modellerini, geliştirdikleri veri işleme işlemi ile karşılaştırmışlardır. Ayrıca, kayıp veri sorunu için olasılık prensipli birleşim analizi yönetiminin gün içindeki kayıp verilerin tahmini için

kullanmışlardır. Chang ve diğerleri, kısa-dönem trafik tahmini için geliştirilen modellerin, trafik akımında dalgalanma veya ani çıkış/iniş yaptığı durumlarda gelecek için tahminlerinin yetersiz olduğunu belirtmiştir [10]. Bu nedenle K-En yakın komşu metodu ile non-parametrik regresyon metodunun birleştirilmesine dayanan bir model geliştirmiştir. Buldukları sonuçlarda, metodun diğer metotlara göre durumlara daha iyi adapte olarak, ani durumlarda bile iyi sonuçlar ürettiğini belirtmişlerdir. Guo ve diğerleri, daha iyi kısa-dönem trafik tahmini için tekil spektrum analizi yöntemi ile veri düzelmesi/yumuşatması yapmıştır [11]. Düzeltelen bu veriler yeni geliştirilen gri sistem metodunda kullanılarak tahminler gerçekleştirilmiştir. SARIMA ile yeni model, Londra şehir merkezine ait bir koridor verileri için karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak yumuşatma yapıldığında daha iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca bu konu ile yaptığı literatür araştırmasını diğer modeller ile yapılan tahminleri ve sonuçlarını geniş şekilde özetlemiş ve karşılatırmıştır [12].

Bu makalenin ilerleyen bölümlerinde, öncelikle elde edilen trafik akım verileri hakkında bilgi verilecek ardından geliştirilen SARIMA modelleri tanıtılacaktır. Geliştirilen modellerin test edilmesi sonucunda elde edilen değerler Bulgular başlığı altında toplanmış olup sonuçlar, analizler ve ileri çalışmalarda yapılması öneriler son bölüm altında toplanmıştır.

2. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

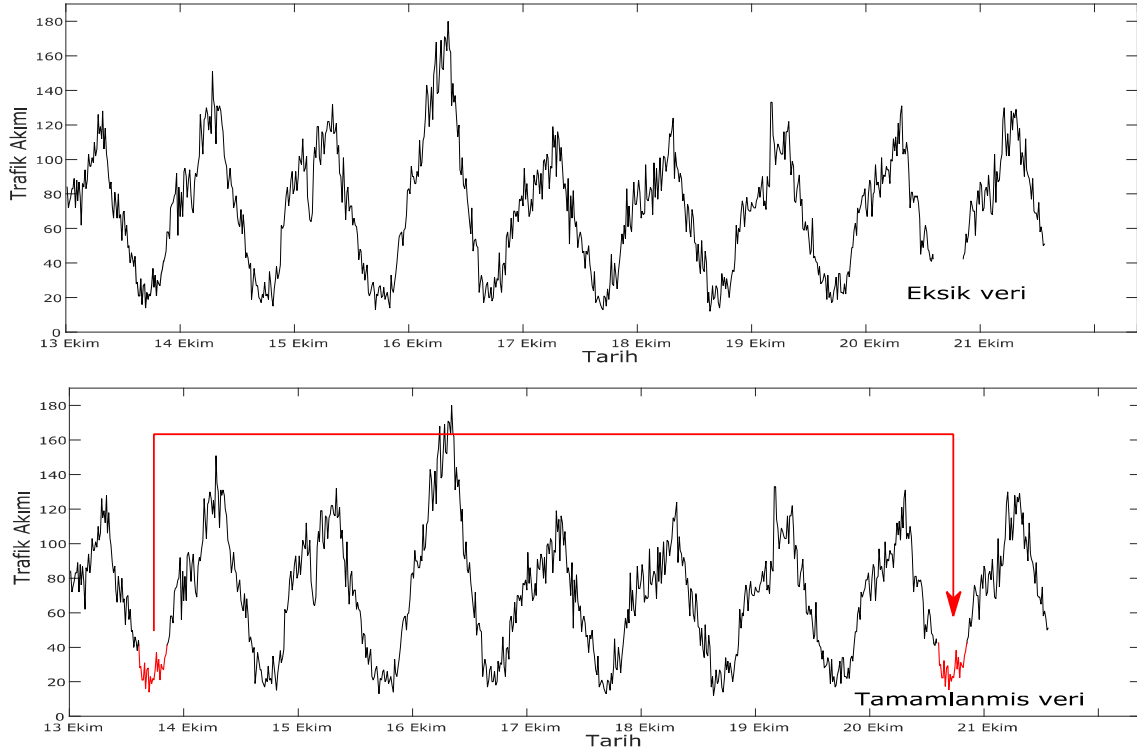
2.1. Trafik Akım Verileri

Trafik sayımının yapıldığı Kırıkkale ili sınırları içinde olan ve D-200 karayolunun Kırıkkale-Ankara istikametinde yer alan bölge Şekil 1' de verilmiştir. Çift platformlu olan D-200 karayolunun ölçüm yapılan kesiminde 20 km ileri ve geri yönlerinde ana yol trafiğini kesintiye uğratabilecek herhangi bir kesim (ör. sinyalizasyon kavşak, vs.) bulunmamaktadır. Bu nedenle sayım yapılan kesimde kesintisiz akım koşulları hâkim olmaktadır. Sayım işlemi sağ ve sol şeritler için ayrı olarak yerleştirilen NC-350 trafik sayım cihazları yapılmıştır. Detektörler karayolları ekipleri yardımıyla yol yüzeyine yerleştirilmiştir.

Sayım işlemi, 13 Ekim 2016 yılında başlatılmış ve kış şartlarının başlaması çalışmanın devam etmesini zorlaştırdığından 30.11.2016 tarihinde sayım işlemi bitirilmiştir. Sonuç olarak, toplam 4512 adet veri toplanmıştır. Sayım aletlerinin veri toplama ve batarya kapasitesi sınırlı olduğundan veri toplama işi üç ayrı sayım çalışması ile tamamlanmıştır. Bu aralıklarda yapılamayan sayımlardan ve diğer bilinmeyen nedenlerden veri sayımlarında kesintiler oluşmuştur. Eksik olan veriler aynı gün ve saat için bir önceki haftada olan veriler alınarak Şekil 2' de gösterildiği şekilde tamamlanmıştır. Bu şekilde toplam verinin % 1' inden daha az olan eksik veriler pratik şekilde tamamlanabilmiştir.



Şekil 1. Trafik sayımı çalışması yapılan bölge. (The location of traffic counting study.)



Şekil 2. Eksik verilerin tamamlanması. (Completion of missing data).

İncelenen tarihler arasında sağ ve sol şeritler için günlük ortalama 8627 araç geçmiştir. En yüksek taşıt miktarı sağ şerit için 720 araç/st olurken sol şerit için 684 araç/st olmuştur. Sağ şeridi kullanan araçların %63 hafif araçlar olurken, %27' lik kısmı ağır taşıtlardan oluşmaktadır. Sol şerit için ise %84' ü hafif araçlardan oluşmaktadır.

2.2. Zaman Serilerine ait Gösterimler ve ARIMA (Time Series Notations and ARIMA)

Otoregresif bütünleşmiş hareketli ortalamalar (ARIMA) yöntemi, zaman serilerinin analizinde ve gelecek değerlerin tahmin edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. İlk temel özellikleri 1951 yılında Peter Whittle tarafından tanımlanmış olan yöntem daha sonra 1971 yılında George E. P. Box ve Gwilym Jenkins tarafından yayınlanan kitap [13] ile popüler hale gelmiştir.

ARIMA yönteminde, serilerinin herhangi bir zamandaki değeri, geçmiş döneme ait değerler ve tahminde yapılan hata terimlerinden oluşan doğrusal bir eşitlik ile belirtilmektedir. Modelde kullanılan serinin ortalamasının '0' olduğu ve varyansının seri boyunca sabit olduğu yani serinin durağan olduğu kabul edilmektedir. Durağan olmayan seriler için serinin geçmiş değerleri Eşitlik 1'de görülen şekilde farkları alınarak durağanlaştırılabilmektedir. Eşitlikte Δ ardışık

veriler arasındaki gecikme farkı olarak isimlendirilmektedir. Eşitlik 1a' da gecikme değeri "1" iken, gecikme değeri "2" için yapılacak olan fark işlemi Eşitlik 1b' de verilmiştir.

$$\Delta x_t = x_t - x_{t-1} \quad (1a)$$

$$\Delta^2 x_t = x_t - x_{t-1} - (x_{t-1} - x_{t-2}) \quad (1b)$$

Dönemsel tekrar gösteren serilerin durağanlaştırma işlemi, dönemsel fark işlemi ile yapılabilmektedir. Örneğin 24 saat aralıklar ile aynı tepkiyi veren bir seride dönemsel fark işlemi

$$\Delta_{24} x_t = x_t - x_{t-24} \text{ şeklinde tanımlanabilir.}$$

ARIMA modellerinde durağanlaştırma işleminin eşitlik olarak ifadesinin sadeleştirilebilmesi için gecikme operatörü (L) kullanılmaktadır. Gecikme operatörü Eşitlik 2' de verilen şekilde tanımlanmaktadır.

$$L^j x_t = x_{t-j} \quad (2)$$

Gecikme operatörü ile fark işlemleri:

1. dereceden fark: $(1-L)x_t = x_t - x_{t-1}$, 2.dereceden fark: $(1-L)^2 x_t = (1-2L+L^2)x_t = x_t - 2x_{t-1} + x_{t-2}$

şeklinde olur ve aynı yöntem ile yüksek dereceleri fark işlemleri benzer şekilde yazılabilir.

2.3. Dönemsel ARIMA modeli (Seasonal ARIMA Model)

ARIMA(p,d,q) modelleri, otoregresif (AR) ve hareketli ortalamalar (MA) olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır. AR(p) tahminlerin “p” dereceden gecikme değerlerine sahip veriler ile MA(q) ise geçmiş dönemlere ait “q” dereceden tahmin hatalarına bağlı olarak ARMA(p,q) Eşitlik 3’ deki şeklinde ifade edilebilmektedir. Gecikme fark işleminin derecesi ise “d” nin miktarı ile belirlenmekte ve Eşitlik 1a ve 1b’ de anlatılan fark işlemleri uygulanmaktadır.

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

Dönemsel ARIMA gösterimi ise SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s şeklindedir. Gecikme operatörü (L) ile genel gösterimi Eşitlik 4’ de verilmiştir.

$$\phi(L)\Phi(L^s)(1-L)^d(1-L^s)^D x_t = \theta(L)\Theta(L^s)\varepsilon_t \quad (4)$$

Burada:

$\phi(L)$: AR polinomu.

$\Phi(L^s)$: Dönemsel AR polinomu (SAR).

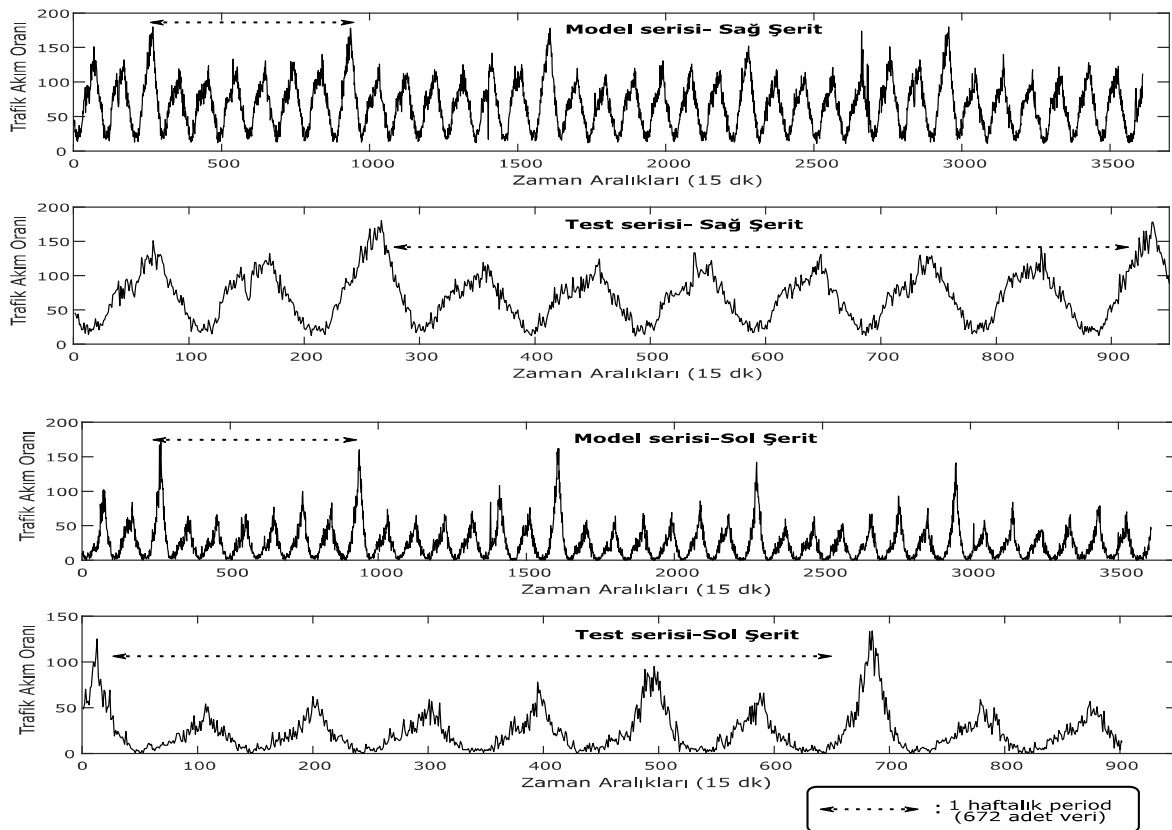
$\theta(L)$: MA polinomu.

$\Theta(L^s)$: Dönemsel MA polinomu (SMA).

$(1-L)^d, (1-L^s)^D$: Fark ve dönemsel fark işlemlerini göstermektedir.

2.4. SARIMA Trafik Akım Tahmin Modeli (SARIMA Traffic Flow Forecasting Model)

Trafik akım verileri Şekil 3 yardımı ile incelendiğinde, genellikle haftalık olarak kendini tekrarlayan örüntüler şeklinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle trafik akımı için oluşturulacak olan ARIMA modellerinde dönemsellik söz konusu olmaktadır [5], [14]. SARIMA modelinin oluşturulması için D-200 karayolundan toplanan verilerin % 80’ i modelin oluşturulmasında kalan %20’ lik kısmı ise modelin test edilmesi için kullanılmıştır. Sağ ve sol şerit için Şekil 3’ de model ve test serileri görülmektedir.

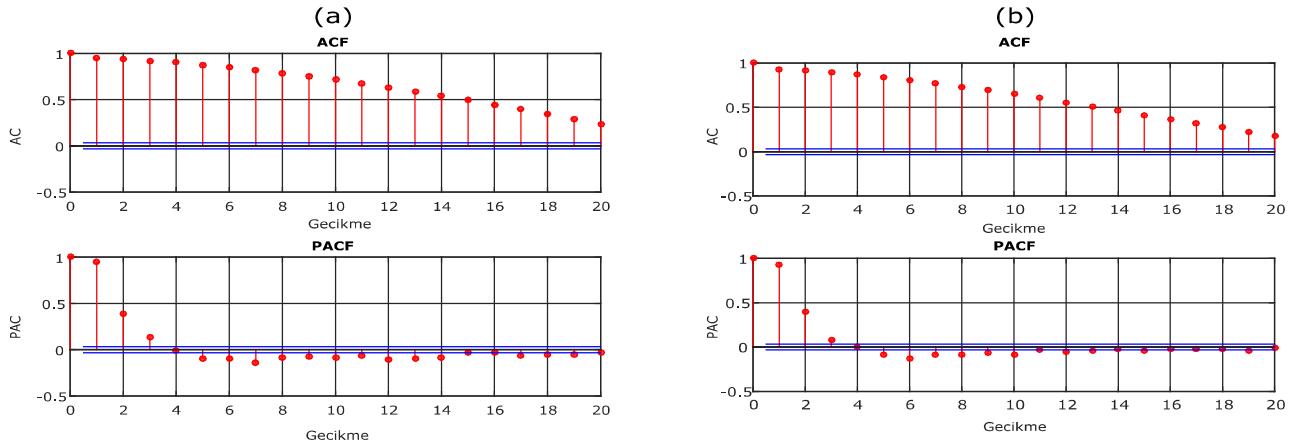


Şekil 3. Modelleme ve test için trafik akım oranları. (Traffic flow rates for modelling and testing)

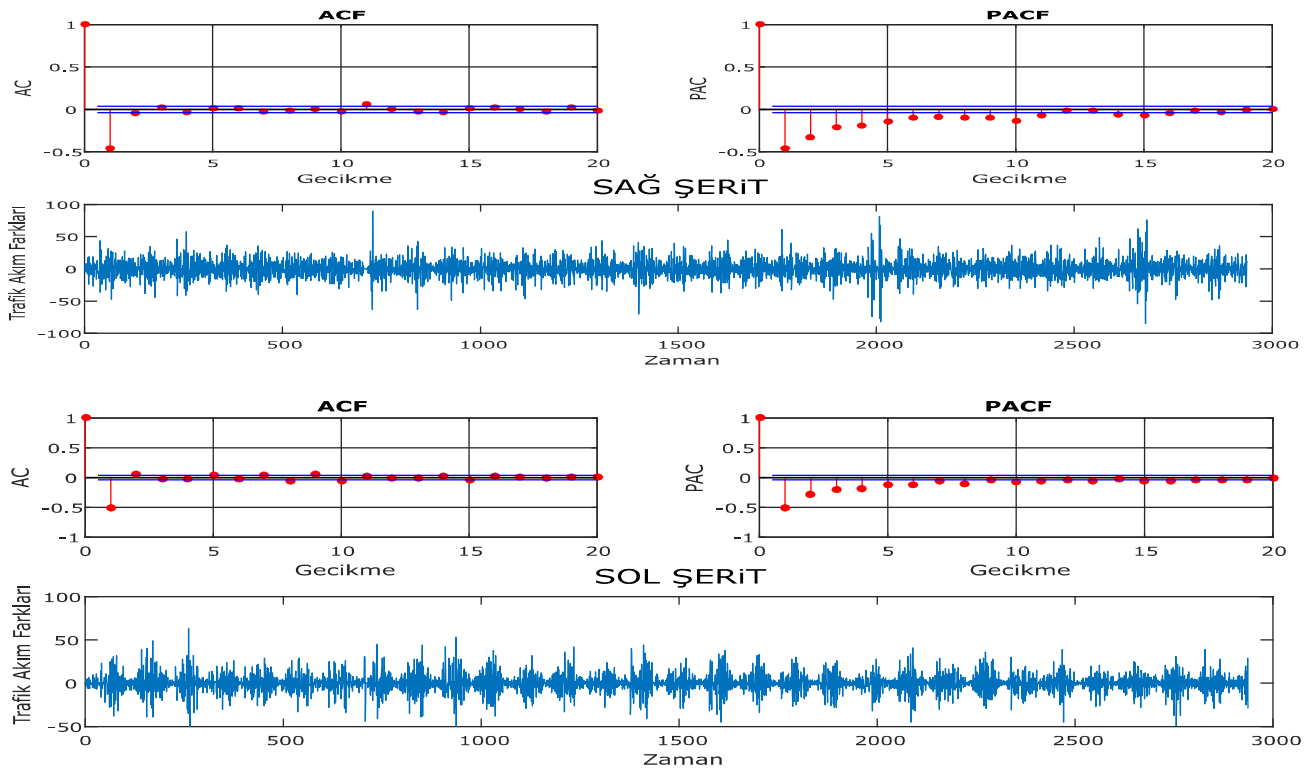
Zaman serilerinin durağanlığının belirlenmesinde otokorelasyon kullanılmaktadır. Otokorelasyon fonksiyonu (ACF), bir zaman serisinin farklı zamanlardaki değerleri arasındaki korelasyon fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Şekil 4' de sağ ve sol şeritler için ACF ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF) verilmektedir. Bu fonksiyonlar, Box-Jenkins modellemesinde AR ve MA derecelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Her iki şerit için Şekil 4' de ki ACF değerlerinin yavaş olarak azalması serinin durağan olmadığını

göstermektedir. Bu nedenle seriler, fark işlemleri uygulanarak durağanlaştırılmıştır. Şekil 5' de ACF ve PACF değerlerinin her iki şerit için 1. gecikme değerinde kesildiği (cut-off) gözlenmektedir. Bu durum MA(1) durumunu göstermektedir. Ayrıca 672 gecikme değerinde serilerin negatif ACF değerleri olduğu bulunmuş olup bu durum SMA(672) durumunu işaret etmektedir. Oluşacak uygun zaman serisi modelinin SARIMA(0,1,1)(0,1,1)₆₇₂ şekilde oluşması beklenmektedir.



Şekil 4. (Sağ (a), sol (b)) Oto korelasyon (AC) ve kısmi oto korelasyon (PAC) değerleri. ((Right (a), left(b)) Auto and partial auto-correlation values)



Şekil 5. Durağanlaştırılmış trafik akım serisine ait ACF, PACF ve fark değerleri. (ACF, PACF and lags of traffic flows after stabilization)

3. BULGULAR (THE RESULTS)

Box-Jenkins metodunun işaret ettiği modele ek olarak farklı yapıda olan ARIMA ve SARIMA modelleri karşılaştırma yapabilmek için test edilmiştir. Bu model tipleri, Şekil 3’ de verilen 902 adet 15 dk.’ lık trafik akım oranı sayımları yardımı ile test edilmiştir. Karşılaştırma için kullanılan model tipleri ve tahminlere ait ortalama karesel hatalar (T-OKH) Tablo 1’ de verilmiştir. T-OKH için kullanılan bağıntı Eşitlik 5’ de görülmektedir.

$$T - OKH = \frac{\sum (\bar{x}_t - x_t)^2}{N} \quad (4)$$

Dönemsellik değerlerinin bir gün öncesindeki değeri ile bağıntılı olması düşüncesi ışığında, dönemsel fark işlemi hem haftalık (672) hem de günlük (96) olarak aynı yapıdaki SARIMA modelleri için uygulanmış ve Tablo 1’ de hata değerleri her iki şerit için hesaplanmıştır. En düşük T-OKH değerleri olan 94,38 ve 64,66 değerleri

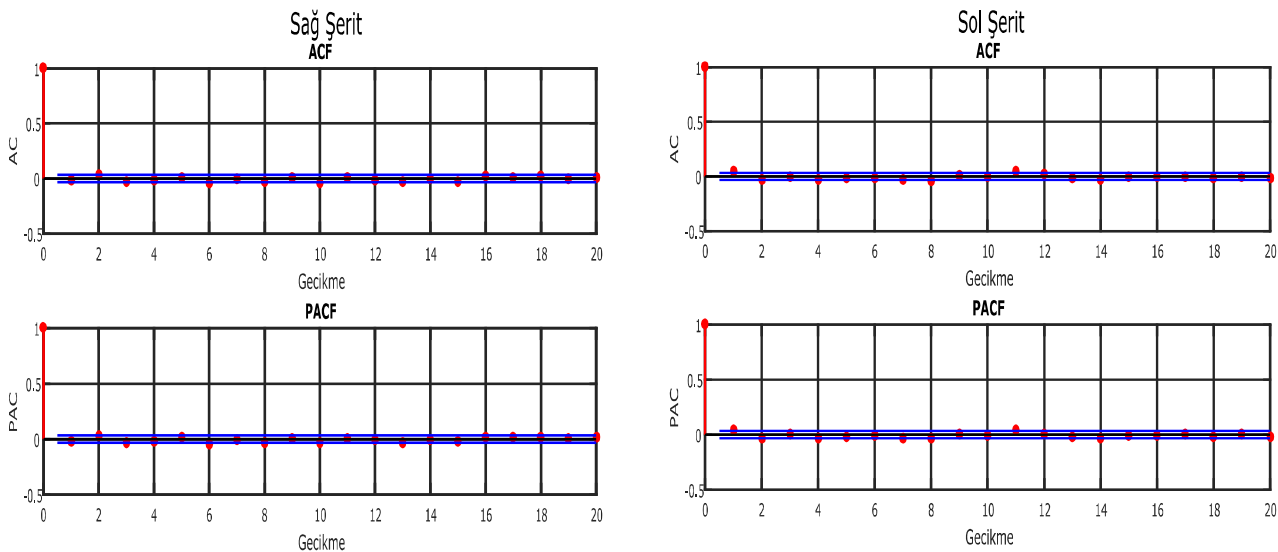
SARIMA (1,0,1) (0,1,1)₆₇₂ modelinde gözlenmiştir. Box-Jenkins metodu ile önerilen SARIMA Tablo 1’ de 7. sırada gösterilmiş olup 526,24 ve 236,1 hata değerleri üretmiştir. SARIMA (1,0,1) (0,1,1)₆₇₂ modeline ait ACF ve PACF değerleri Şekil 6’ dan incelendiğinde seri içinde korelasyon bulunmadığından dolayı kullanıma uygun olduğu ayrıca düşük T-OKH değerleri üretmesinden dolayı tahmin değerlerinin üretilmesi için bu modelin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. SARIMA (1,0,1) (0,1,1)₆₇₂ modeline ait $\phi, \theta, \Phi, \Theta$ parametrelerinin tespiti için en çok olabirlik metodu [15] kullanılmıştır. Her iki sağ ve sol şeritler için elde edilen SARIMA eşitlikleri sırasıyla Eşitlik 5a ve 5b’ de verilmiştir.

$$(1 - 0,961.L)(1 - L^{672})x_t = (1 + 0,832 .L)(1 + 0,672 .L^{672})\varepsilon_t \quad (5a)$$

$$(1 - 0,937.L)(1 - L^{672})x_t = (1 + 0,763.L)(1 + 0,512.L^{672})\varepsilon_t$$

Tablo 1. Modellerin test verisine ait ortalama karesel hata değerleri. (Mean squared errors of models for test data)

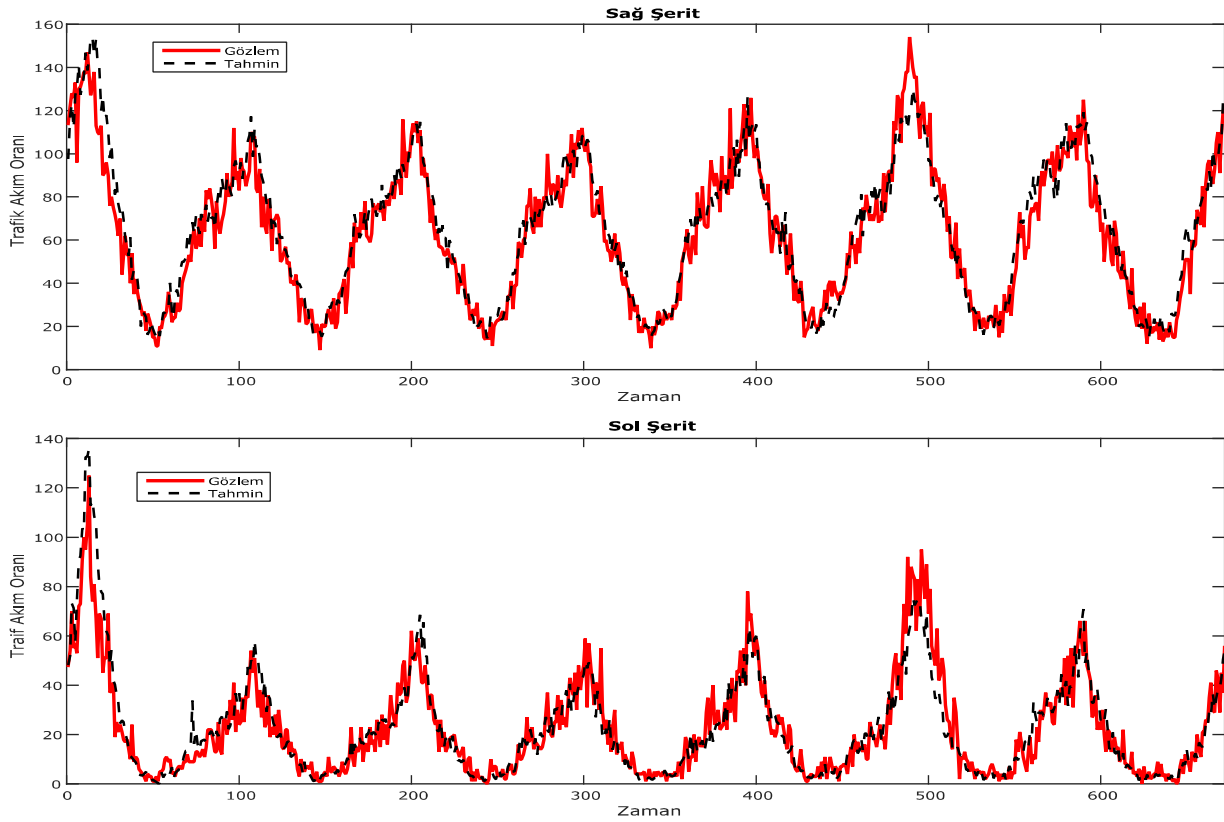
#	ARIMA	T-OKH Sağ	T-OKH Sol	#	SARIMA	T-OKH Sağ	T-OKH Sol
1	(0,1,1)	3243,2	955,5	6	(0,1,1) (0,1,1) ₉₆	234,92	337,5
2	(0,1,2)	3559,0	954,5	7	(0,1,1) (0,1,1) ₆₇₂	526,24	236,1
3	(1,1,0)	3243,2	955,5	8	(0,1,1) (1,0,1) ₉₆	3024,5	983,7
4	(1,1,1)	2971,5	918,7	9	(0,1,1) (1,0,1) ₆₇₂	233,51	119,7
5	(1,1,2)	2959,1	915,8	10	(1,0,1) (0,1,1) ₉₆	153,41	138,5
				11*	(1,0,1) (0,1,1) ₆₇₂	94,38	64,66
				12	(1,1,1) (1,1,1) ₉₆	236,78	314,1
				13	(1,1,1) (1,1,1) ₆₇₂	223,55	170,9



Şekil 6. Şeritler için SARIMA(1,0,1)(0,1,1)₆₇₂ modeline ait ACF ve PACF. (SARIMA(1,0,1)(0,1,1)₆₇₂ model ACF and PACF values for lanes.)

Şekil 7’ de ölçülen gözlem değerleri ile seçilen modellere ait tahmin değerleri karşılaştırılmıştır. Seçilen modelin gün içinde değişken olan trafik akım oranlarına ait trendleri yakaladığı Şekil 7’ den anlaşılmaktadır. Yine aynı şekilde sol şerit için en yüksek 125 araç/15 dk.’ lık akım oranı

değerini %8 hata yaparak 135 araç/15 dk. olarak tahmin etmiştir. Sağ şerit için ise yine aynı oranda fakat eksik tahmin etmiştir. Belirleme katsayıları ise sağ şerit için %92, sol şerit için %88 olarak tespit edilmiştir



Şekil 7. Şeritler için gerçek ve SARIMA(1,0,1)(0,1,1)₆₇₂ modeline ait tahmin değerleri. (SARIMA(1,0,1)(0,1,1)₆₇₂ model predictions and actual values for lanes.)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

Bu çalışmada D-200 devlet yolundan elde edilen 15 dk.’ lık trafik akım oranları yardımı ile kısa dönemli trafik tahmin modelleri geliştirilmiştir. Ölçüm işleminin her iki şerit için ayrı olarak yapılmasından dolayı sağ ve sol şeritler için ayrı modeller geliştirilmiştir. Dönemsel ARIMA (SARIMA) tekniği ile tahmin modelleri oluşturulmuş olup haftalık gecikmeler ile oluşturulan SARIMA (1,0,1) (0,1,1)₆₇₂ modelinin her iki şerit için en düşük tahmin hata değerlerini yakaladığı anlaşılmıştır. Bu durum trafik akım değişimlerinin bir haftalık geçmiş değerleri ile benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle kısa dönemli trafik tahmin modellerinde dönemselliğin dâhil edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda her iki şerit için aynı tip SARIMA modelinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Günlük gecikme ile haftalık gecikme değerleri (96 ve 672) ile oluşturulan modellerin karşılaştırılması sonucunda aynı tip modellerde haftalık gecikmeye sahip modellerin daha iyi sonuç verdiği, yani trafik değerlerinin bir önceki değerinden ziyade bir hafta önceki değerinin daha anlamlı olduğu görülmüştür. Modellerin test verileri performansları göz önüne alındığında trafik akım oranlarının kısa dönemli tahmin edilmesi için kullanılabilir oldukları anlaşılmıştır.

İlerleyen çalışmalarda farklı modelleme teknikleri ile yeni modeller geliştirilebilir ve bu çalışmada geliştirilen SARIMA modelleri ile karşılaştırmaları sağlanabilir. Böylece şeritler için aynı modellerin kullanılması yerine farklı modeller farklı şeritler için kullanılarak daha etkili modeller geliştirilebilir. Trafik sayımları hava

muhalefeti nedeniyle iki ay yapılabilmektedir. Sayım sürecinin tüm yıla yayılmasının ardından veri kümesinin büyüklüğünün model tahmin performansları üzerindeki etkisinin araştırılması yararlı olacaktır.

Günümüz gelişen ve karmaşıklaşan şehirlerinin ulaşım sistemlerinin etkili yönetilmesi kaçınılmaz bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Trafik yönetim sistemleri ise sadece doğru girdiler ile verimli çalışabileceği bilinmektedir. Bu nedenlerden dolayı ileriye yönelik tahminlerin etkinliğinin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışma ile SARIMA yönteminin kesintisiz akım koşullarında D-200 karayolu için kullanılabilir tahmin değerleri ürettiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu makalede kullanılan trafik sayım verileri Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına ait 2016-019 numaralı projeden elde edilmiştir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] M. S. Ahmed and A. R. Cook, "Analysis of freeway traffic time-series data by using box-jenkins techniques," *Transportation Research Record*, no. 722, pp. 1–9, 1979.
- [2] W. H. K. Lam, Y. F. Tang, and M. Tam, "Comparison of Two Non-Parametric Models for Daily Traffic Forecasting in Hong Kong," *J. Forecast.*, vol. 192, pp. 173–192, 2006.
- [3] Y. Xie, Y. Zhang, and Z. Ye, "Short-term traffic volume forecasting using Kalman filter with discrete wavelet decomposition," *Comput. Civ. Infrastruct. Eng.*, vol. 22, no. 5, pp. 326–334, 2007.
- [4] J. Guo, B. M. Williams, and B. L. Smith, "Data Collection Time Intervals for Stochastic Short-Term Traffic Flow Forecasting," *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 2024, no. 1, pp. 18–26, 2008.
- [5] S. Shekhar and B. M. Williams, "Adaptive Seasonal Time Series Models for Forecasting Short-Term Traffic Flow," *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 2024, no. 1, pp. 116–125, 2008.
- [6] J.-B. Sheu, L. W. Lan, and Y.-S. Huang, "Short-term prediction of traffic dynamics with real-time recurrent learning algorithms," *Transportmetrica*, vol. 5, no. 1, pp. 59–83, 2009.

- [7] T. Cheng, J. Haworth, and J. Wang, "Spatio-temporal autocorrelation of road network data," *J. Geogr. Syst.*, vol. 14, no. 4, pp. 389–413, 2012.
- [8] T. T. Tchraikian, B. Basu, and M. O'Mahony, "Real-time traffic flow forecasting using spectral analysis," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 13, no. 2, pp. 519–526, 2012.
- [9] C. Chen, Y. Wang, L. Li, J. Hu, and Z. Zhang, "The retrieval of intra-day trend and its influence on traffic prediction," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 22, pp. 103–118, 2012.
- [10] H. Chang, Y. Lee, B. Yoon, and S. Baek, "Dynamic near-term traffic flow prediction: system-oriented approach based on past experiences," *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 6, no. 3, p. 292, 2012.
- [11] F. Guo, R. Krishnan, and J. Polak, "A computationally efficient two-stage method for short-term traffic prediction on urban roads," *Transp. Plan. Technol.*, vol. 36, no. 1, pp. 62–75, 2013.
- [12] E. I. Vlahogianni, M. G. Karlaftis, and J. C. Golias, "Short-term traffic forecasting: Where we are and where we're going," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, Feb. 2014.
- [13] G. E. P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel, and G. M. Ljung, *Time series analysis: forecasting and control*. John Wiley & Sons, 2015.
- [14] B. L. Smith, B. M. Williams, and R. Keith Oswald, "Comparison of parametric and nonparametric models for traffic flow forecasting," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 303–321, 2002.
- [15] J. Pfanzagl, *Parametric statistical theory*. Walter de Gruyter, 1994.