



PORLA METODU İLE TAHMİN EDİLEN ARMA MODEL PARAMETRELERİ ÜZERİNDE PENCERE FONKSİYONLARININ ETKİSİ

Şaban ÖZER, Kerim GÜNEY

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Bölümü, 38039/Kayseri

Geliş Tarihi : 20.09.2000

ÖZET

PORLA metodu ile tahmin edilen ARMA model parametreleri üzerinde pencere fonksiyonlarının etkisi, sunulmuştur. PORLA metodu, izleme ve modelleme problemlerinin bağımsız alt-algoritmalar olarak düşünüldüğü bir algoritma yapısına sahiptir. Bu metotta, ilk olarak durağan olmayan veri izlemesi, giriş/çıkış veri kovaryans blok matrisinin zaman ardışıklı hesaplanması ile gerçekleştirilir. İkinci olarak, modelleme problemi, ARMA modelleme probleminin içerildiği iki-kanallı PORLA metodu ile çözülür. Zamanla hata yayılımı, PORLA metodunda oluşmaz. İsteğe bağlı pencereleme teknikleri, izleme kapasitesini ve hızlı başlamayı kontrol etmek için kolayca dahil edilebilir. PORLA metodu ile tahmin edilen ARMA model parametreleri üzerinde pencere fonksiyonlarının etkisini göstermek için, dikdörtgen, üçgen, Bartlett, Hanning, Hamming, üstel, değiştirilmiş Barnwell, Blackman ve Kaiser gibi farklı pencere fonksiyonları kullanılarak elde edilen benzetim sonuçları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : PORLA metodu, ARMA model parametreleri, Pencere fonksiyonları

THE EFFECT OF WINDOW FUNCTIONS ON THE ARMA MODEL PARAMETERS ESTIMATED BY PORLA METHOD

ABSTRACT

The effect of window functions on the ARMA (Autoregressive Moving Average) model parameters estimated by PORLA (Pure Order Recursive Ladder Algorithm) method is presented. The PORLA method has an algorithm structure, in which the tracking and the modelling problems are treated as independent sub algorithms. In this method, first, the tracking of the nonstationary data is performed by the time-recursive calculation of the input/output data covariance block matrix. Second, the modelling problem is solved by the two-channel PORLA method in which the ARMA modelling problem is embedded. Error propagation in time can not occur in the PORLA method. Arbitrary windowing techniques can be easily incorporated to control the fast start-up and tracking capability. To illustrate the effect of window functions on the ARMA model parameters estimated by PORLA method, the simulation results are given for the different window functions such as the rectangular, triangular, Bartlett, Hanning, Hamming, exponential, modified Barnwell, Blackman and Kaiser windows.

Key Words : PORLA method, ARMA model parameters, Window functions

1. GİRİŞ

Bir sisteme ait transfer fonksiyonunu zaman ardışıklı olarak elde eden hızlı tahmin algoritmaları,

yıllardır kullanılmaktadır (Kunt, 1986; Oppenheim and Schafer, 1989; Söderström and Stoica, 1989; Proakis and Manolakis, 1996). Bu algoritmalar az sayıda işlem gerektirdiği için çekici olmalarına

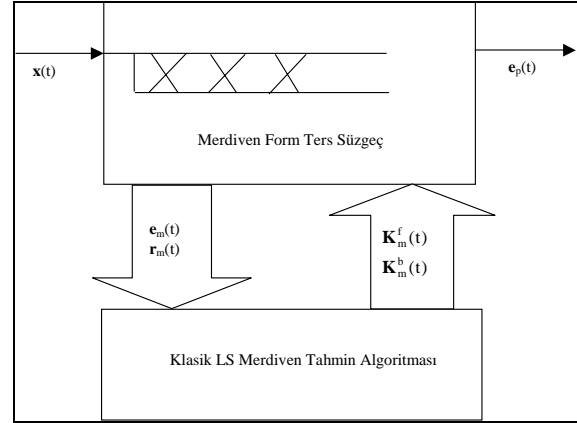
rağmen, algoritmanın her adımında daha da büyüyen yuvarlatma hatalarından olumsuz yönde etkilenirler. Bu durum, algoritmanın hızlı başlangıç yapamamasına ve izleme kapasitesini kaybetmesine sebep olur ve sonuç olarak sonlu aritmetik ortamlarda çalışıldığında, basit gradyent algoritmalarından daha iyi performans gösteremezler. Bu problemleri çözmek için, PORLA metodu sunulmuştur (Strobach, 1986). PORLA metodunda zaman ardışımı giriş veri kovaryans matrisinin hesaplanmasına sınırlı olduğu için, yuvarlatma hatalarından bu metot pek fazla etkilenmez. Bu özellik, algoritmaya üstün izleme ve hızlı başlama yeteneği kazandırır.

Bu çalışmada, PORLA metodu ile ARMA model parametreleri tahmin edilmiştir. Bu parametreler tahmin edilirken, dikdörtgen, üçgen, Bartlett, Hanning, Hamming, üstel, değiştirilmiş Barnwell, Blackman ve Kaiser (Kunt, 1986; Oppenheim and Schafer, 1989; Söderström and Stoica, 1989; Proakis and Manolakis, 1996) gibi dokuz farklı pencere fonksiyonu kullanılmıştır. Böylece pencere fonksiyonlarının tahmin edilen parametreler üzerindeki etkileri görülmüştür. Aşağıdaki bölümlerde, ilk önce PORLA metodu ile ARMA model parametrelerinin tahmini ve pencereleme hakkında kısa temel bilgiler verilmiş, daha sonra benzetim sonuçları sunulmuştur.

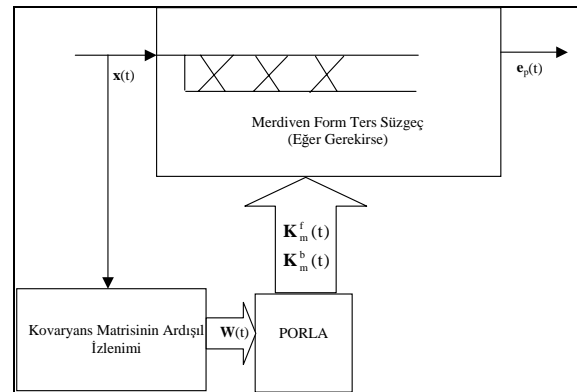
2. ARMA SİSTEM MODELLEME İÇİN PORLA

PORLA metodu (Strobach, 1986), ilk olarak skaler dizilere uygulanmış genelleştirilmiş bir kovaryans merdiven tekniğidir. Klasik en küçük kareler (Least Square : LS) merdiven algoritma yapısı, Şekil 1'de verilmiştir. Bu klasik algoritmadaki hata yayılımlarını önlemek için, Şekil 2'de gösterilen yapı PORLA metodu olarak sunulmuştur. Şekil 1 ve 2'de, $x(t)$ giriş verisini, $e_p(t)$ artık çıkışı, $e_m(t)$ ve $r_m(t)$ sırasıyla ileri ve geri artık işaretlerini, $K_m^f(t)$ ve $K_m^b(t)$ ise sırasıyla ileri ve geri yansıma katsayılarını, ve $W(t)$ kovaryans blok matrisini

temsil eder. Şekil 2'de gösterilen algoritma yapısının birbirinden bağımsız iki önemli basamağı şudur: Giriş verisinin zaman ardışımı izlenmesi, kovaryans matrisi ile gerçekleştirilir. En küçük kareler yansıma katsayıları, arzu edilen her bir zaman adımında PORLA eşitlikleri ile kovaryans matrisinden doğru olarak hesaplanır.



Şekil 1. Klasik LS merdiven algoritması



Şekil 2. PORLA metodunun blok şeması

PORLA metodunda, ARMA kovaryans merdiven algoritmasının dört temel denklemi aşağıdaki şekilde verilir (Strobach, 1988).

$$\begin{aligned} E_{m,0,j}(t) &= E_{m-1,0,j}(t) + K_m^{fT}(t)C_{m-1,j,0}^T(t) + C_{m-1,0,j}(t)K_m^f(t-j) \\ &+ K_m^{fT}(t)R_{m-1,0,j}(t)K_m^f(t-j) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_{m,0,j}(t) &= \mathbf{R}_{m-1,0,j}(t-1) + \mathbf{K}_m^{b^T}(t-1) \mathbf{C}_{m-1,0,j}(t-1) \\ &+ \mathbf{C}_{m-1,j,0}^T(t-1) \mathbf{K}_m^b(t-1-j) \\ &+ \mathbf{K}_m^{b^T}(t-1) \mathbf{E}_{m-1,0,j}(t) \mathbf{K}_m^b(t-1-j) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{C}_{m,0,j}(t) &= \mathbf{C}_{m-1,0,j+1}(t) + \mathbf{K}_m^{f^T}(t) \mathbf{R}_{m-1,0,j+1}(t) + \mathbf{E}_{m-1,0,j+1}(t) \mathbf{K}_m^b(t-1-j) \\ &+ \mathbf{K}_m^{f^T}(t) \mathbf{C}_{m-1,j+1,0}^T(t) \mathbf{K}_m^b(t-1-j) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{C}_{m,j+1,0}(t) &= \mathbf{C}_{m-1,j,0}(t-1) + \mathbf{K}_m^{f^T}(t-1-j) \mathbf{R}_{m-1,0,j}^T(t-1) \\ &+ \mathbf{E}_{m-1,0,j}^T(t-1) \mathbf{K}_m^b(t-1) \\ &+ \mathbf{K}_m^{f^T}(t-1-j) \mathbf{C}_{m-1,0,j}^T(t-1) \mathbf{K}_m^b(t-1) \end{aligned} \quad (4)$$

Burada, $\mathbf{E}_{m,0,j}(t)$ ve $\mathbf{R}_{m,0,j}(t)$ sırasıyla ileri ve geri genelleştirilmiş artuk enerji blok vektörlerini, $\mathbf{C}_{m,0,j}(t)$ ve $\mathbf{C}_{m,j,0}(t)$ ise sırasıyla çapraz genelleştirilmiş artuk enerji satır ve sütun blok vektörlerini, m algoritmanın artan derecesini ve T matrisin devriğini temsil eder. İleri ve geri yansıma matrisleri,

$$\mathbf{K}_m^f(t) = -\mathbf{R}_{m-1,0,0}^{-1}(t) \mathbf{C}_{m-1,0,0}^T(t) \quad (5)$$

$$\mathbf{K}_m^b(t) = -\mathbf{E}_{m-1,0,0}^{-1}(t) \mathbf{C}_{m-1,0,0}(t) \quad (6)$$

ile verilir. (5)-(6) denklemlerinde -1 matrisin tersini gösterir. Kovaryans blok matrisi aşağıdaki şekilde verilir.

$$\mathbf{W}_{i,j}(t) = \mathbf{E}_{0,i,j}(t) \quad (7)$$

$$\mathbf{W}_{i+1,j+1}(t) = \mathbf{R}_{0,i,j}(t) \quad (8)$$

$$\mathbf{W}_{i,j+1}(t) = \mathbf{C}_{0,i,j}(t) \quad (9)$$

İki kanallı AR parametreleri ARMA merdiven yansıma matrislerinden, Şekil 3'de verilen algoritma yapısı ile hesaplanır. Şekil 3'de, p algoritmanın sabit derecesi ve I birim matristir. ARMA parametreleri ise,

$$\mathbf{a}_m(t) = -\mathbf{a}_{22}^{(m)}(t) \quad (10)$$

$$\mathbf{b}_m(t) = \mathbf{a}_{22}^{(m)}(t) - \mathbf{a}_{21}^{(m)}(t) \quad (11)$$

denklemlerinden elde edilir.

```

FOR t = 0,1,2,.....
initialize a0(1)(t) = I a0(1)(t) = K1fT(t)
           b0(1)(t) = KmbT(t) b1(1)(t) = I
FOR m = 2,3,.....,p
  FOR j = 1,2,.....,m-1
    [ bj(m)(t) = bj-1(m-1)(t-1) + KmbT(t) aj(m-1)(t)
      aj(m)(t) = aj(m-1)(t) + KmfT(t) bj-1(m-1)(t-1)
    a0(m)(t) = I am(m)(t) = KmfT(t)
    bm(m)(t) = KmbT(t) bm(m)(t) = I
  ]
FOR m = 1,2,.....,p
  [ am(t) = am(p)(t)
  ]
    
```

Şekil 3. ARMA merdiven yansıma matrislerinden iki kanallı AR parametrelerinin hesaplanması

3. PENCERELEME

Çok sayıda ideal sistem, bandlar arasındaki sınırlarda süreksizlikler içeren parçalı-değişmez veya parçalı-fonksiyonel frekans cevapları ile tanımlanır. Dolayısıyla, bu sistemler nedensel olmayan ve sonsuz uzun dürtü cevabına sahiptirler. Sonsuz uzunlukta bir işaret dizisi ile çalışmak imkansız olduğundan bütün işaret analizlerinde pencereleme yapılması gerekmektedir (Kunt, 1986; Oppenheim and Schafer, 1989; Söderström and Stoica, 1989; Kayran, 1990; Proakis and Manolakis, 1996). Analiz işlemi için işaretin bir bölümü seçildiğinde, orijinal veri pencerelemiş olur. En basit pencereleme tekniğinde verilen işaretin incelenecek kısmı bir ile, dışarıda kalan kısmı ise

sıfır ile çarpılır. Rasgele bir işaretin sadece incelenecek kısmını kesip almak bu türden bir pencereleme işlemidir. Bu işlem, işaretin sonlu genişlikteki birim pencere fonksiyonu ile çarpımına eşdeğerdir. Frekans domeninde bu işlemin karşılığı, konvolüsyondur. Bu işlem sırasında pencere fonksiyonunun Fourier dönüşümünde oluşan yan loplara sebebiyle, yan bantlarda bir izge sızıntısı oluşur. İdeal olarak, kesme yoluyla gerçekleştirilen dikdörtgen pencere sonsuz genişlikte olursa, teorik olarak izge bir dürtü biçiminde olur. Dolayısıyla, bu durumda sızıntı etkisi de görülmez.

Dikdörtgen pencere fonksiyonunda, uçlardaki süreksizliklerden oluşan izge dağılımından dolayı, çoğu uygulamalarda değişik türde pencere fonksiyonları kullanılır. Pencere fonksiyonları zaman domeninde şekillendirilirken, Fourier dönüşümünün frekans domeninde bazı özellikleri sağlanması arzu edilir. Bir pencere fonksiyonu izgesi yan loplarda minimum ve ana lopta maksimum enerji taşıırken band genişliği de mümkün olduğunca dar olmalıdır. Bu çalışmada, literatürde (Kunt, 1986; Oppenheim and Schaffer, 1989; Söderström and Stoica, 1989; Proakis and Manolakis, 1996) mevcut olan dikdörtgen, üçgen, Bartlett, Hanning, Hamming, üstel, değiştirilmiş Barnwell, Blackman ve Kaiser gibi dokuz farklı pencere fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonlar:

1) Dikdörtgen pencere fonksiyonu,

$$W(n) = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (12)$$

Burada L pencere genişliğidir.

2) Üçgen pencere fonksiyonu,

$$W(n) = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{L-1}\right), & 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (19)$$

$$W(n) = \begin{cases} \frac{I_0\left(\beta\left[1 - \left(\frac{n-\alpha}{\alpha}\right)^2\right]^{0.5}\right)}{I_0(\beta)}, & 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (20)$$

ile verilir. Burada, $\alpha = 0.5(L-1)$ ve I_0 sıfırıncı dereceden birinci tür değiştirilmiş Bessel fonksiyonudur.

$$W(n) = \begin{cases} 1 - \frac{n}{L}, & 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (13)$$

3) Bartlett pencere fonksiyonu,

$$W(n) = \begin{cases} \frac{2n}{L-1}, & 0 \leq n \leq 0.5(L-1) \\ \frac{2(L-1-n)}{L-1}, & 0.5(L-1) \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (14)$$

4) Hanning pencere fonksiyonu,

$$W(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right), & 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (15)$$

5) Hamming pencere fonksiyonu,

$$W(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right), & 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (16)$$

6) Üstel pencere fonksiyonu,

$$W(n) = \begin{cases} \mu^n, & \mu \leq 1 \text{ ve } 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (17)$$

7) Değiştirilmiş Barnwell pencere fonksiyonu,

$$W(n) = \begin{cases} (1+n)\mu^n, & \mu \leq 1 \text{ ve } 0 \leq n \leq L-1 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases} \quad (18)$$

8) Blackman pencere fonksiyonu,

9) Kaiser pencere fonksiyonu,

4. BENZETİM SONUÇLARI

PORLA metodu ile tahmin edilen ARMA model parametreleri üzerinde pencere fonksiyonlarının etkisini gösterebilmek için, ikinci ve dördüncü dereceden sistemlerin modellenmesi ile ilgili iki tane örnek verilmiştir. Verilen örneklerde transfer fonksiyonlarının,

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_n z^{-n}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_n z^{-n}} \quad (21)$$

formunda olduğu kabul edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ikinci ve dördüncü dereceden sistemlere ait transfer fonksiyonları aşağıdaki şekildedir.

$$H_2(z) = \frac{1 - 1.3z^{-1} + 1.7z^{-2}}{1 + 0.31z^{-1} - 0.75z^{-2}}$$

$$H_4(z) = \frac{1 - 1.4z^{-1} + 2.1z^{-2} - 2.6z^{-3} + 1.8z^{-4}}{1 - 0.2z^{-1} + 0.4z^{-2} - 0.68z^{-3} + 0.67z^{-4}}$$

Bu çalışmada, PORLA metodunun programı Visual Basic programlama dilinde yazılmıştır. Sistem girişine uygulanan beyaz gürültü dizisi ve pencere fonksiyonu verileri, MATLAB programı ile oluşturulup dosyalara kaydedilmiştir. PORLA programı, beyaz gürültü dizisi ve pencere fonksiyonu verilerini bu dosyalardan okumaktadır (Bu çalışmada yapılan PORLA programı, makalenin yazarlarından e-mail veya posta aracılığı ile temin edilebilir).

İkinci ve dördüncü dereceden sistemler için, PORLA metodu ile tahmin edilen model katsayıları ile gerçek sistem katsayıları arasındaki bağıl hatalar, Tablo 1 ve 2’de farklı dokuz pencere fonksiyonu için verilmiştir. Bu benzetim sonuçları elde edilirken, pencere fonksiyonlarının hepsi için pencere genişliği $L = 100$, üstel ve değiştirilmiş Barnwell pencere fonksiyonları için $\mu = 0.96$ ve Kaiser pencere fonksiyonu için şekil parametresi $\beta = 12$ olarak seçilmiştir. Kelime uzunluğu 64 bit ve beyaz gürültü dizisindeki örnek sayısı 500 olarak alınmıştır. Tablo 1-2’de verilen her bir sonuç, 350 birbirinden bağımsız koşmada elde edilen benzetim sonuçlarının ortalamasıdır.

Tüm elde edilen sonuçların geneli göz önüne alındığında, hem ikinci hem de dördüncü dereceden sistem için en iyi sonuçların Hanning pencere fonksiyonu ile en kötü sonuçların ise üçgen, dikdörtgen ve üstel pencere fonksiyonları ile elde edildiği, Tablo 1 ve 2’den açıkça görülmektedir. Farklı derecelerde farklı parametrelere sahip sistemler için çok sayıda yapılan benzetimde genelde en iyi sonuçların Hanning veya Kaiser pencere fonksiyonları ile bulunabileceği tespit edilmiştir.

Tablo 1. İkinci Dereceden Sistem İçin, PORLA Metodu İle Tahmin Edilen Model Katsayıları İle Gerçek Sistem Katsayıları Arasındaki Bağıl Hatalar (%)

	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2
Dikdörtgen	16.3	6.97	6.17	2.83	2.88
Üçgen	4.11	1.76	15.95	0.42	1.25
Bartlett	0.16	0.07	7.06	0.21	0.17
Hanning	0.13	0.05	5.15	0.17	0.23
Hamming	1.33	0.56	4.95	0.41	0.02
Üstel	8.16	3.49	2.89	0.45	2.8
Barnwell	0.87	0.37	10.31	0.05	0.44
Blackman	0.44	0.18	8.62	0.21	0.07
Kaiser	1.43	0.61	4.09	0.35	0.13

Tablo 2. Dördüncü Dereceden Sistem İçin, PORLA Metodu İle Tahmin Edilen Model Katsayıları İle Gerçek Sistem Katsayıları Arasındaki Bağıl Hatalar (%)

	a_1	a_2	a_3	a_4	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4
Dikdörtgen	5.38	2.25	1.35	0.35	2.02	0.85	0.130	0.53	0.59
Üçgen	151.07	22.36	12.98	36.1	104.33	29.23	10.19	16.23	33.5
Bartlett	2.35	0.86	0.51	0.23	2.69	0.42	0.150	0.18	0.2
Hanning	0.3	0.3	0.18	0.09	3.86	0.14	0.030	0.03	0.16
Hamming	2.68	1.02	0.61	0.24	2.15	0.46	0.160	0.20	0.24
Üstel	1.12	4.32	2.64	2.39	0.56	0.36	1.160	0.49	1.78
Barnwell	6.46	2.49	1.49	0.58	1.1	1.07	0.180	0.60	0.85
Blackman	2.04	0.81	0.49	0.18	2.43	0.36	0.140	0.13	0.09
Kaiser	0.54	0.57	0.35	0.18	3.42	0.13	0.050	0.03	0.24

Benzetim sonuçlarının, pencere fonksiyonlarının parametreleri olan L , μ ve β değerlerine çok sıkı bağılı olduğu görülmüştür. Örnek olarak, ikinci dereceden sistem ve Kaiser pencere fonksiyonu için $\beta=12$ olarak değil de 9 olarak alındığında bağıl hata

değerleri, a_1 , a_2 , b_0 , b_1 ve b_2 için sırasıyla 0.08, 0.03, 3.09, 0.13 ve 0.17 olarak elde edilmiştir. Bu hata değerleri Tablo 1’de verilen değerlerle karşılaştırıldığında, $\beta=9$ alınarak tahmin edilen parametre değerlerinin $\beta=12$ alınarak tahmin edilen

parametre değerlerinden çok daha iyi olduğu açıkça görülmektedir. Benzer şekilde, dördüncü dereceden sistem ve üçgen pencere fonksiyonu için $L=100$ yerine $L=200$ olarak alındığında daha uzun bir hesaplama süresinde $a_1, a_2, a_3, a_4, b_0, b_1, b_2, b_3$ ve b_4 için sırasıyla bağıl hata değerleri 40.74, 4.41, 2.51, 10.77, 7.28, 6.95, 3.13, 4.27 ve 9.34 olarak bulunmuş olup bu sonuçlar da Tablo 2'de verilen sonuçlardan çok daha iyidir. İkinci dereceden sistem ve üstel pencere fonksiyonu için $\mu=0.96$ olarak değil de 0.99 olarak alındığında bağıl hata değerleri, a_1, a_2, b_0, b_1 ve b_2 için sırasıyla 2.31, 0.96, 2.12, 0.03 ve 0.63 olarak elde edilmiştir ve bu hata değerleri Tablo 1'de verilen değerlerden daha düşüktür; $\mu=0.89$ olarak alındığında ise bağıl hata değerleri, a_1, a_2, b_0, b_1 ve b_2 için sırasıyla 14.9, 6.37, 0.29, 3.77 ve 4.45 olarak bulunmuş ve bu hata değerleri de Tablo 1'de verilen değerlerden daha büyüktür. Sonuç olarak, pencere fonksiyonlarının parametre değerleri değiştirilerek Tablo 1-2'de verilen sonuçlardan daha iyi veya daha kötü sonuçları PORLA metodu ile elde etmek mümkündür. Ancak, özellikle süresizlik noktaları yakınında osilasyonların az olduğu ve geçiş bandlarının keskin olmadığı yeterli veriye sahip herhangi bir dereceden sisteme ait ARMA model parametreleri tüm pencere fonksiyonları ile çok iyi tahmin edildiğinde, pencere fonksiyonlarının parametre değerlerinin değiştirilmesinin tahmin sonuçlarını pek fazla etkilemediği de gözlenmiştir. Pencere fonksiyonlarının performansını, ana-hüzme genişliği, maksimum yan-hüzme yüksekliği ve eşdeğer gürültü band genişliği gibi faktörler etkilemektedir. En önemlisi, dar ana-hüzme iyi bir seçicilik sağlamaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, PORLA metodu ile ARMA model parametreleri tahmin edilmiştir. Klasik algoritmalarda görülen, zamanla yuvarlatma hatalarının birikmesi sebebiyle oluşan parametre izleme yeteneği kaybına PORLA metodunda rastlanmamıştır. Ayrıca diğer klasik algoritmalarla karşılaştırıldığında, zaman ardışımının sadece giriş

verilerinin kovaryans blok matrisi oluşturulurken gerçekleşmesi ve buna bağlı olarak işlem sayısının azalması, PORLA metoduna yüksek bir hız kazandırmakta ve bu durum PORLA metodunu gerçek zaman uygulamalarında daha çekici hale getirmektedir. ARMA model parametreleri tahmin edilirken, dikdörtgen, üçgen, Bartlett, Hanning, Hamming, üstel, değiştirilmiş Barwell, Blackman ve Kaiser gibi dokuz farklı pencere fonksiyonu kullanılmıştır. Bu pencere fonksiyonlarının parametre değerleri değiştirilerek, iyi veya kötü yönde çok farklı değerlerde ARMA model parametrelerinin tahmininin yapılabildiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, PORLA metodu ile ARMA model parametrelerinin tahmininin, pencere fonksiyonlarının parametrelerine çok duyarlı olduğu görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- Kayran, A.H. 1990. Sayısal İşaret İşleme, İTÜ.
- Kunt, M. 1986. Digital Signal Processing, Artech House, Norwood, MA.
- Oppenheim, A.V. and Schaffer, R.W. 1989. Discrete Time Signal Processing, Prentice Hall, New Jersey.
- Proakis, J.G. and Manolakis, D.G. 1996. Digital Signal Processing, Prentice Hall, New Jersey.
- Söderström, T. and Stoica, P. 1989. System Identification, Prentice Hall, Cambridge.
- Strobach, P. 1986. Pure Order Recursive Least-Squares Ladder Algorithms, IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 34, 880-897.
- Strobach, P. 1988. Recursive Covariance Ladder Algorithms for ARMA System Identification, IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 36, 560-580.