

Makalenin Geliş Tarihi : 20.02.2006
Makalenin Kabul Tarihi : 27.10.2006

DODURGA BARAJINA GİREN SU MİKTARININ BOX-JENKINS TEKNİĞİ İLE MODELLENMESİ

Arzu ALTIN

ÖZET: Bu çalışmada, Eskişehir'e su sağlayan ve sulama amacıyla kullanılan Dodurga Barajı için 1981 Ocak - 2005 Kasım dönemine ait aylara ilişkin ortalama günlük veriler Box-Jenkins tekniği yardımıyla analiz edilmiştir. Öncelikle veriler mevsimsellikten arındırılmış, daha sonra bu veri kümesine uyan model Bütünleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama (ARIMA (1,1,1)) modeli olarak belirlenmiştir. ARIMA (1,1,1) modeli kullanılarak Dodurga Barajına gelebilecek ortalama günlük su miktarı serisine ilişkin 2005 Aralık - 2006 Kasım Dönemi için öngörüler yapılmıştır. Dodurga Barajı'nın maksimum depolayabileceği su miktarı 19.210.000 m³ olduğundan, yapılan öngörüler sonucunda sadece 2006 Mart ayında barajdaki su miktarının baraj kapasitesine yaklaşabileceği; diğer aylarda ise çok düşük olacağı öngörülmüştür. Bu durum, iklim değişiklikleri ve coğrafi koşullar gibi nedenlerden dolayı Dodurga Barajı'na girecek su miktarının giderek azalacağına işaret etmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Box-Jenkins Tekniği, ARIMA Modelleri, Dodurga Barajı.

MODELLING OF WATER AMOUNT WHICH GOES INTO DODURGA DAM BY USING BOX-JENKINS TECHNIQUE

ABSTRACT: In this study, we analyzed the average daily data from the monthly data of the Dodurga dam which supplies water for Eskişehir and which is used for irrigation in Eskişehir between the time period of January 1981 and November 2005 by using Box-Jenkins technique. After the data are purified from seasonality, Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA (1,1,1)) model was determined as the fitting model for the data. By using ARIMA (1,1,1) model, daily average water amount series of Dodurga dam during the December 2005 and November 2006 period were estimated. Maximum water storage capacity of Dodurga dam is 19,210,000 m³. According to the forecast results of this work, incoming water amount will approach to the dam's capacity only in March 2006. In the other months, the water amount of the dam will be at low levels. This situation emphasizes that the incoming water amount to Dodurga dam will decrease because of the reasons such as climate effects and geographical conditions.

KEYWORDS : Box-Jenkins Technique, ARIMA Models, Dodurga Dam.

I. GİRİŞ

Ülkemiz doğal su kaynakları bakımından oldukça zengindir. Buna rağmen bir çok bölgede küresel ısınma, mevsimlerde meydana gelen kaymalar, iklim değişiklikleri ve coğrafik koşullar sebebiyle su problemleri yaşanmaktadır. İklim değişikliğinin etkileri yağışın azalması veya artması şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Özellikle yağışın miktar ve zamanında meydana gelen değişimler yani yağışın rejimi, bir bölge için bazı afetlere, diğer taraftan bitki gelişme dönemindeki yetersiz yağış ürün miktarının azalmasına neden olmaktadır. Tarımsal üretimimizde ürünün suya ihtiyaç duyduğu dönemde yeterli miktarda yağışın düşmemesi, toprakta ihtiyaç duyulan suyun gereğinden daha az miktarda bulunmasına sebep olur [1]. Bu sorunların çözümünde barajlar oldukça önemli bir yere sahiptir. Baraj gölleri genellikle enerji üretimi, sulama, içme suyu ve taşkından korunma amacıyla kurulmaktadır. Eskişehir'e su sağlayan 4 barajdan biri olan Dodurga barajı tarımsal alanların sulanması ve taşkınları önleme amacıyla hizmet vermektedir.

Bu çalışmanın amacı Eskişehir'e su sağlamada önemli bir yeri olan Dodurga Barajı'na aylar bazında giren ortalama günlük su miktarı için öngörülebilir bulunmaktır. Daha sonra elde edilen sonuçların sulama politikası ve alınması gereken önlemler konusu için önemliliğini vurgulamaktır.

Bu çalışmada, 1981 Ocak - 2005 Kasım dönemi arasında Dodurga Barajı'na giren su miktarları Devlet Su İşleri (DSİ) 3. Bölge Müdürlüğü'nden günlük veriler biçiminde alınmıştır. Daha sonra bu veriler yardımıyla her ay için baraja giren ortalama günlük su miktarları belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde Dodurga barajı hakkında genel bilgiler verilmiş ve Box-Jenkins tekniği açıklanmıştır. Üçüncü bölümde Box-Jenkins tekniği ile Aralık 2005-Kasım 2006 dönemi için Dodurga Barajı'na giren su miktarına ilişkin öngörü yapılmıştır. Daha sonra Box-Jenkins tekniğinden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Sonuç kısmı olan dördüncü bölümde genel yorumlar yapılmıştır.

II. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Dodurga barajının incelenmesinin sebebi, Türkiye'nin büyük şehirlerinden biri olan Eskişehir'e su sağlayan 4 barajdan biri olarak kapasitesinin %88'lik kısmının tarımsal alanların sulanması için kullanılmasıdır.

II.1. DODURGA BARAJI

Dodurga Barajı Kütahya il sınırında bulunmasına rağmen Eskişehir ilinin su ihtiyacını karşılamak üzere hizmet vermektedir. Sarısu çayı üzerinde kurulu olan Dodurga Barajı 1976 yılında hizmet vermeye başlamıştır. Dodurga Barajı'nın maksimum depolayabileceği su miktarı 19.210.000 m³ olmasına rağmen, genelde su seviyesinin bu miktara ulaşmasına izin verilmemektedir. Barajdaki su miktarının 1.910.000 m³'ü ölü hacim olarak adlandırılmakta ve sulama kapaklarının altında olduğu için bu su miktarı kullanılamamaktadır. Aktif hacim olarak adlandırılan kısmın alabileceği su miktarı ise 17.400.000 m³'tür.

Devlet Su İşleri yetkilileri, Dodurga Barajındaki suyun %88'inin sulama amacına hizmet etmek, %12'sinin ise taşkınlara engel olmak amacıyla kullanılmak üzere planlanmış olduğunu belirtmektedir. Sulama amacı için ayrılan %88'lik kesim tarımsal alanların sulanmasında kullanılmaktadır. Bir yılda baraja girmesi beklenen su miktarı ise 16.180.000 m³ olarak belirtilmektedir.

Tablo 1. Dodurga Barajı aylık su miktarları mod değerleri(1000m³).

AYLAR	Barajdaki Su Miktarı
Ocak	6650
Şubat	5154
Mart	18662
Nisan	6818
Mayıs	13565
Haziran	11960
Temmuz	11738
Ağustos	9481
Eylül	3321
Ekim	5941
Kasım	5941
Aralık	9398

1981 yılından bu yana elde edilen günlük veriler yardımıyla her ay için Dodurga Barajında en çok gözlemlenen su miktarları belirlenmiş ve Tablo 1’de verilmiştir. Mod değerlerinin ele alınmasının nedeni, yıllar bazında barajda en çok gözlemlenen su miktarı için gerçekçi bilgi vermesidir. Barajda gözlemlenen su miktarlarının ortalaması uç değerlerden etkileneceğinden, bir başka ifadeyle herhangi bir yılda gözlemlenen çok büyük su miktarı veya çok düşük su miktarından etkileneceğinden barajdaki su seviyesi konusunda gerçekçi bilgi vermeyecektir.

Tablo 1’e bakıldığında, 17.400.000 m³’lük kısmı tehlikesiz bir biçimde kullanılabilir olan Dodurga Barajındaki su miktarı Mart, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında oldukça iyi olmasına rağmen diğer aylarda barajdaki su miktarının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

II.2. BOX-JENKINS ARIMA MODELLERİ

Bu çalışmada öncelikle aylık verilere ilişkin olarak ARIMA modelleri kullanıldığından, sözkonusu modeller için kısa bir açıklama yapılacaktır. Zaman serileri kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box-Jenkins veya ARIMA modeli olarak adlandırılır [2-3]. Otoregresif (AR-AutoRegressive) modelleri Yule tarafından düşünülmüştür. Diğer bir model, hareketli ortalama (MA-Moving Average) modeli ilk defa Slutsky tarafından ortaya atılmıştır. AR ve MA modellerinin karışımı olan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA - AutoRegressive Moving Average) modelleri ilk defa Wold tarafından geliştirilmiştir [4-5]. AR, MA, ARMA modelleri en genel doğrusal, durağan Box-Jenkins modelleridir. Durağan olmayıp fark alma işlemi sonucunda durağanlaştırılan serilere uygulanan modellere Bütünleştirilmiş 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 [5-6].

II.2.1 ARIMA(p,d,q) Modelleri

ARIMA modellerinde zaman serilerinin özellikleri ayrıntılı olarak incelenmekte ve serilere uygun bir öngörü formu geliştirilmektedir. Bu bağlamda ilk olarak ARIMA modellerinin uygulanabilmesi için zaman serisinin ortalaması ve varyansının durağan olması gerekir. Böylece teste başlamadan önce ilk olarak veri serilerinin durağan olup olmadığı sınanmalıdır. Bir serinin durağan olması için, ortalama, varyans ve otokovaryansının zaman değişkeninden bağımsız olması gerekir. Yani zaman serisinin ortalamasında ve varyansında sistematik bir değişme bulunmaması ve bu sürece ait kovaryansın geçmişten bağımsız olması halinde durağan seri söz konusudur. Aksi takdirde seri durağan değildir ve seride rassal bir seyir vardır. Yani serilerin uzun dönemde ortalama değerlerine dönme eğilimleri yoktur. Bu nedenle bu serileri durağan kılmak için bir önceki değerlerinden d sayıda farkları alınır. Bu durumda farkı alınan seri artık beklenen değer etrafında değil ortalama etrafında dalgalanacaktır [7-8].

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 [5].

p : Otoresif model derecesi,

q : Hareketli ortalama model derecesi,

d : Mevsimsel olmayan fark alma derecesi olmak üzere ARIMA (p, d, q) modeli,

$$Z_t = \sum_{j=1}^p \varphi_j Z_{t-j} + a_t + \sum_{i=1}^q \theta_i a_{t-i} \quad (1)$$

şeklinde tanımlanır. Burada,

φ_p : Otoregresif operatör için parametre değerleri,

a_t : Hata terimi katsayıları,

θ_q : Hareketli ortalama operatörü için parametre değerleri,

Z_t : Orjinal serinin d dereceden farkı alınmış zaman serisi,

Yani,

$$W_t = Y_t - Y_{t-1} \quad t = 1, 2, \dots, t \quad (2)$$

olup birinci farklar serisi (2) eşitliğindeki gibi tanımlanır. Burada;

W_t = Birinci farklar serisi,

Y_t = Orijinal zaman serisinin tesadüfi değişkenler kümesidir.

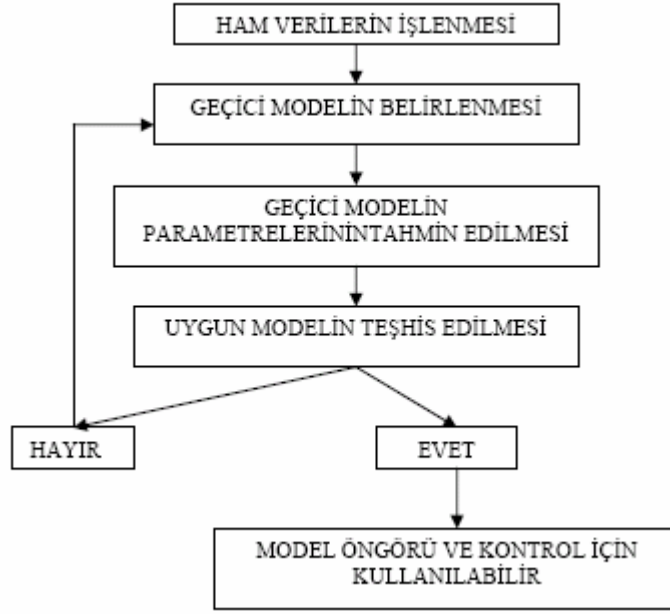
Birinci farklar serisi de durağan değilse; birinci fark serisinin tekrar farkı alınarak

durağanlık kontrolü yapılır. Bu durum (3) eşitliğindeki gibi modellenir.

$$Z_t = W_t - W_{t-1} \quad t = 1, 2, \dots, t \quad (3)$$

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 [9].

ARIMA modelleri için en önemli aşama p , d ve q değerlerinin bulunması aşamasıdır. ARIMA modelinin seçilmesi için bazı stratejiler ortaya konulmuştur ve bu amaçla dört basamaktan oluşan bir deneme - yanılma süreci verilmiştir. Bu aşamalar Şekil-1 de görülmektedir. Uygun modelin seçiminin denemeye dayalı olması ise yöntemin sakıncası olarak kabul edilmektedir. Buna rağmen ARIMA modelinin yaygın olarak kullanılmasının nedeni kısa dönem öngörülerinde başarılı sonuçlar vermesidir [10].



Şekil 1. ARIMA modelinin p, d, q derecelerinin belirlenmesi aşamaları.

Adım-1: Zaman serisi orjinal gözlemlerinin incelenmesi: Genellikle orjinal zaman serisi verileri durağan değildir ve bu serileri durağan hale getirmek için serinin farkı alınır. Serinin durağanlığını görmek için serinin korelogramı çizilir.

Adım-2: Farkı alınan serinin $AR(p)$, $MA(q)$ veya $ARMA(p, q)$ sürecinden hangisine uyduğunun belirlenmesinde serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonundan yararlanılmakta, ayrıca korelogram sonuçları değerlendirilmektedir. Korelogram sonuçları; otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi otokorelasyon fonksiyonunun gecikme uzunluklarının davranışlarının şekil üzerinde incelenmesidir. Genel olarak serilerin AR modeline uyumu kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafiği ile, MA modeline uyumu ise otokorelasyon fonksiyonu grafiği ile belirlenmektedir.

Adım-3: 2. aşamada oluşturulmaya çalışılan geçici ARMA modelinin tahmini yapılır. Tahmin sürecinde şu aşamalara dikkat edilir:

Tutumluluk ; seçilen modelin mümkün olabildiğince az parametre içermesi [11].

Uyum iyiligi; uyum iyiligi R ve artık karelerinin toplamı tarafından belirlenir. Tutumlu modellerde SIC (Schwartz Bayesian bilgi kriteri) ve AIC(Akaike bilgi kriteri) değerleri uyum iyiligi için tercih edilir. AIC ve SIC değerlerinin olabildiğince küçük olması istenir.

Akaike Bilgi Kriteri:

$$AIC=T\ln \sigma_{\varepsilon}^2+2M \quad (4)$$

Schwarz Bilgi Kriteri:

$$SIC=T\ln \sigma_{\varepsilon}^2+M.\ln T \quad (5)$$

σ_{ε}^2 : Model yardımıyla hesaplanan artık terimlerin varyansı.

M: Modelin parametre sayısıdır. Mevsimsel olmayan modelleri için $M=p+q$, mevsimsel modeller için $M=p+q+P+Q$ şeklinde hesaplanmaktadır. Burada P mevsimsel otoregresyon kısmının derecesi, Q ise mevsimsel hareketli ortalama kısmının model derecesidir.

T:Gözlem sayısıdır [8].

Geçici model belirlendikten sonra, parametrelerin anlamlılığı ve modelin anlamlılığı test edilir. p,d,q derecelerine uygun deneme niteliğindeki geçici model belirlendikten sonra, model parametrelerinin en iyi (*sapmasız, tutarlı ve etkin*) tahminlerinin hesaplanması gerekir. Tahmin işlemi genellikle paket programlar yardımı ile yapılmakta ve en küçük toplam hata karesine sahip olan tahmin seçilmektedir. Modelin anlamlılığı için hipotezler ve test istatistiği aşağıdaki gibidir.

H_0 : Geçici model uygundur.

H_1 : Geçici model uygun değildir.

H_0 hipotezinin sınanmasında Ljung-Box Q test istatistiği kullanılır ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q=T(T+2) \sum_{i=1}^k \frac{\hat{\rho}_k^2}{T-k} \sim \chi^2_{(k-p-q)} \quad (6)$$

(6) eşitliğinde k , gecikme sayısı, p ve q mevsimsel olmayan ARIMA modelinin derecesidir. T daha önceden de belirtildiği üzere gözlem sayısını; $\hat{\rho}_k$ ise gecikme için hesaplanan otokorelasyon katsayısını ifade eder. [11-12].

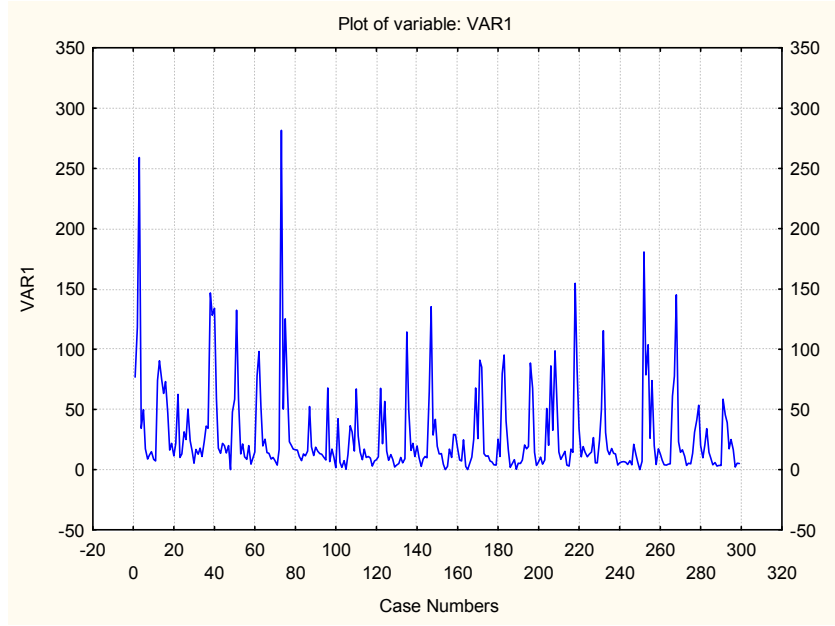
Adım-4: Anlamli olduğuna karar verilen model yardımıyla öngörü yapılır.

ARIMA modelleri, öngörü için ek bilgi gerektirmemektedir. Özellikle kısa dönemli öngörülerde öngörü başarısı yüksektir ve bu nedenle zaman serilerinin sistematik kısmına ait öngörude bulunmada yaygın olarak kullanılmaktadır [10].

Literatürde ARIMA modelleri kullanılarak su verilerinin modellendiği çalışmalar bulunmaktadır. Irvine ve Eberhardt (1992), Erie ve Ontorio göllerindeki su seviyeleri modellemede mevsimsel ARIMA modellerini kullanmışlardır [13]. Karabörk ve Kahya (1998), Sakarya havzasında bulunan 12 akım gözlem istasyonunda ölçülen aylık su akım miktarlarına ilişkin öngörude bulunmak için ARMA(1,1) modelini kullanmışlardır [14]. Kurunç, Yürekli ve Çevik (2005), 1984–1996 yılları arasında Yeşilirmak nehrinin aylık su kalite verilerini ARIMA modeli ile analiz etmişlerdir [15]. Benzer çalışmalar [16-17]'de bulunmaktadır.

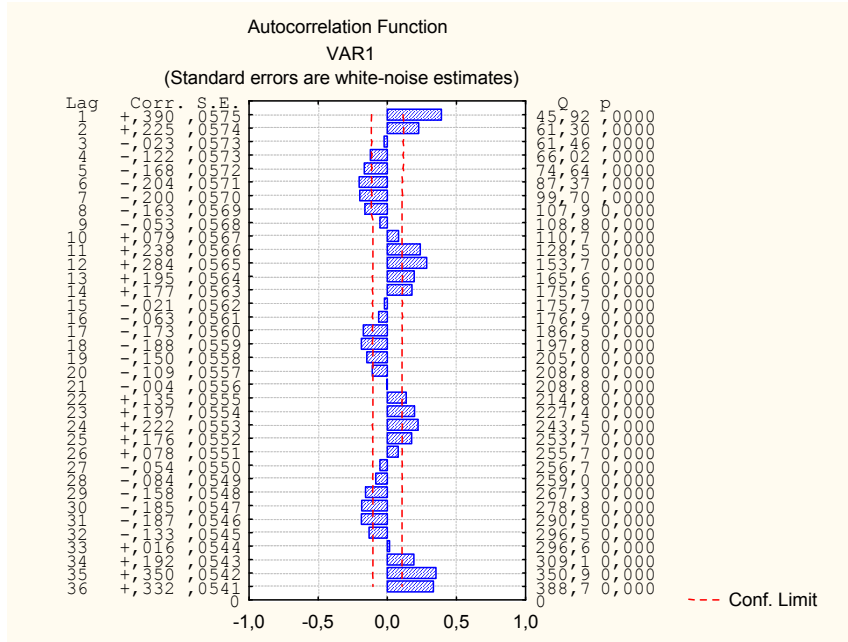
III. BOX-JENKINS YÖNTEMİYLE DODURGA BARAJI'NA GİREN SU MİKTARININ ÖNGÖRÜSÜNÜN YAPILMASI

Box-Jenkins tekniğinde uygun modelin belirlenmesinde ilk aşama olan geçici modelin saptanması için otokorelasyon fonksiyonu grafiği ile kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafiği çizilmiştir (Grafik 1,2,3).



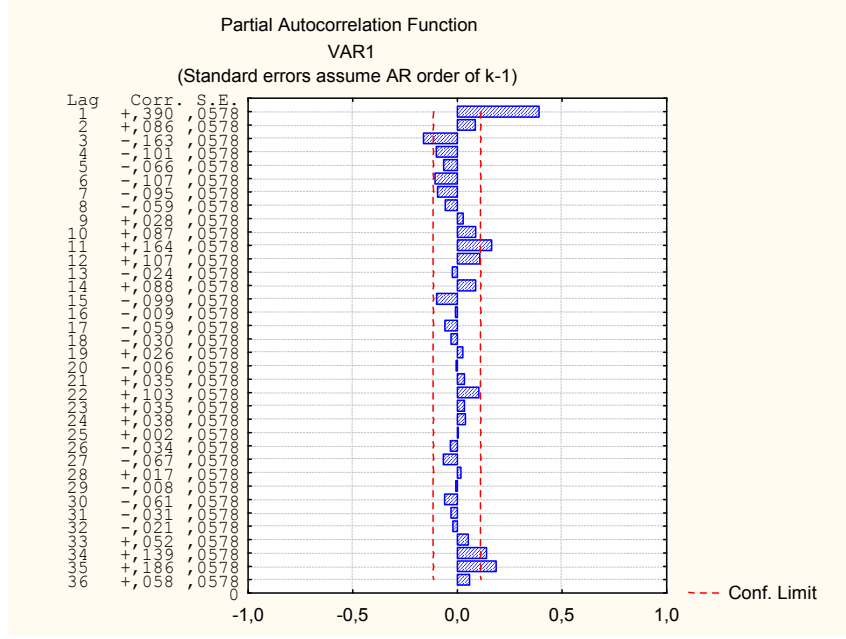
Grafik1. Dodurga barajı aylara ilişkin baraja giren ortalama günlük su miktarı grafiği.

Grafik 1'den aylara göre baraja giren ortalama günlük su miktarı serisinin mevsimsel bir yapı gösterdiği görölmektedir.



Grafik 2. Dodurga barajı aylara ilişkin baraja giren ortalama günlük su miktarı serisinin otokorelasyon grafiği.

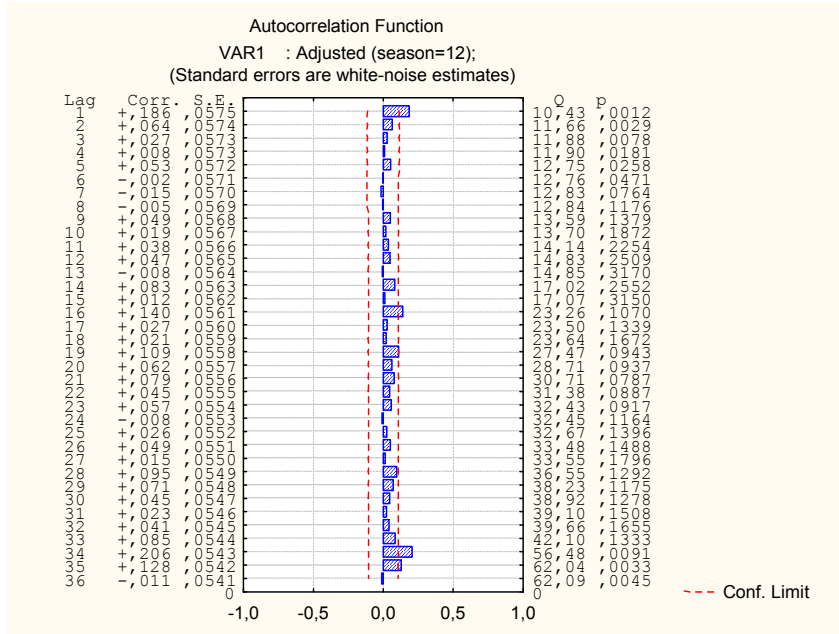
Otokorelasyon grafiği sinüs dalgası şeklinde olup, gözlem değerlerinde mevsimsellik olduğunun ve arındırılmasının uygun olacağı düşünölmüştür.



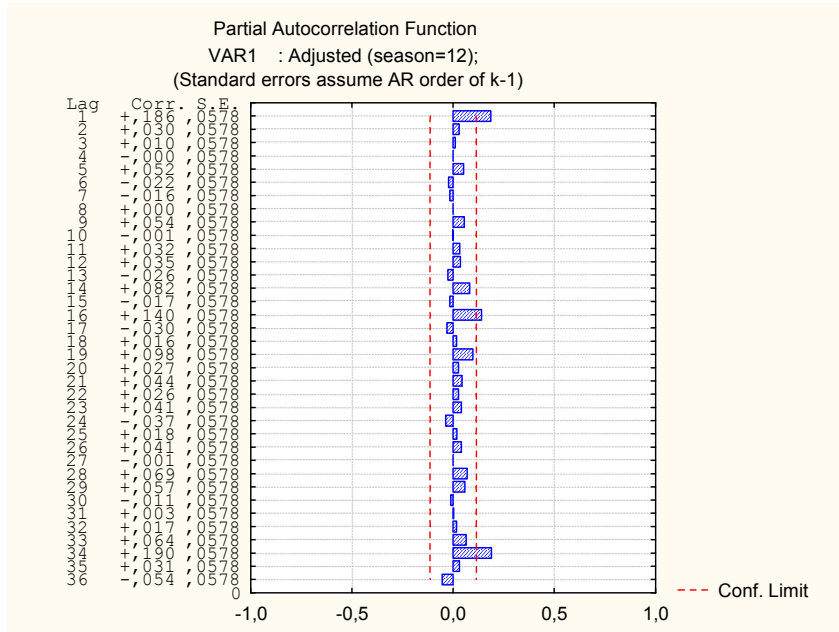
Grafik 3. Dodurga barajı aylara ilişkin baraja giren ortalama günlük su miktarı serisinin kısmi otokorelasyon grafiği.

Kısmi Otokorelasyon fonksiyonu grafiği incelendiğinde bazı gecikmeler için kısmi otokorelasyon değerlerinin sınırlar dışında olduğu görölmektedir.

Seri mevsimsel bir yapı gösterdiğinden, gözlem değerlerinin mevsimsellikten arındırılması gerekmektedir. Bu amaçla STATISTICA 6.0 programında mevsimsel ayrıştırma (**seasonal decomposition**) işlemi gerçekleştirilmiştir. Mevsimsellikten arındırılmış verilerin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafiklerine bakılarak model belirleme işlemlerine devam edilmiştir (Grafik 4,5).



Grafik 4. Mevsimsellikten arındırılmış serinin otokorelasyon grafiği.



Grafik 5. Mevsimsel olarak ayarlanmış serinin kısmi otokorelasyon grafiği.

Mevsimsellikten arındırılmış serinin kısmi otokorelasyon grafiğinde ise ilk bir gecikme için kısmi otokorelasyon değerinin sınırlar dışında olduğu ve diğer gecikme değerleri için ise kısmi otokorelasyon değerlerinin sınırlar içinde yer aldığı görülmektedir. Bu da yapılan mevsimsel etkiden arındırma işleminin başarılı olduğunu göstermektedir.

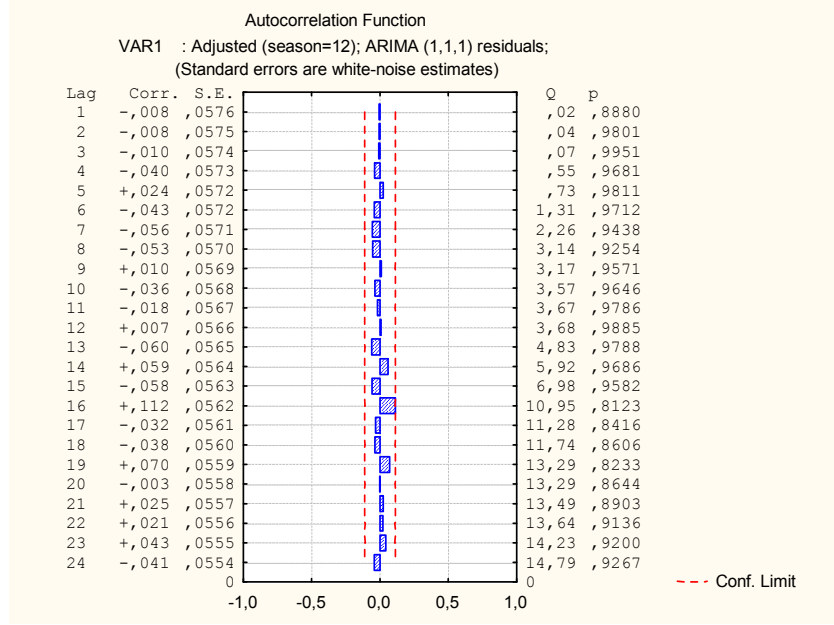
Daha sonra mevsimsellikten arındırılmış seri için çeşitli ARIMA modelleri denenmiştir. Bu modellerden hangisinin en uygun model olduğuna karar vermek amacıyla Akaike ve Schwarz bilgi kriterleri kullanılmış ve bu değerlere ilişkin değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çeşitli geçici ARIMA modellerine ilişkin sonuçlar.

Model	Katsayı			Olasılık değeri (p)			Akaike Bilgi Kriteri	Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri
	AR(1)	MA(1)	MA(2)	AR(1)	MA(1)	MA(2)		
ARIMA (1,0,2)	0,996	0,756	0,179	0,000	0,000	0,002	2824,952	2836,054
ARIMA (1,1,1)	0,138	0,969		0,022	0,000		2808,614	2816,008
ARIMA (1,0,1)	0,999	0,962		0,000	0,000		2823,991	2831,392
ARIMA (1,0,0)	0,606			0,000			2908,451	2912,152
ARIMA (1,1,0)	-0,425			0,000			2903,730	2907,427

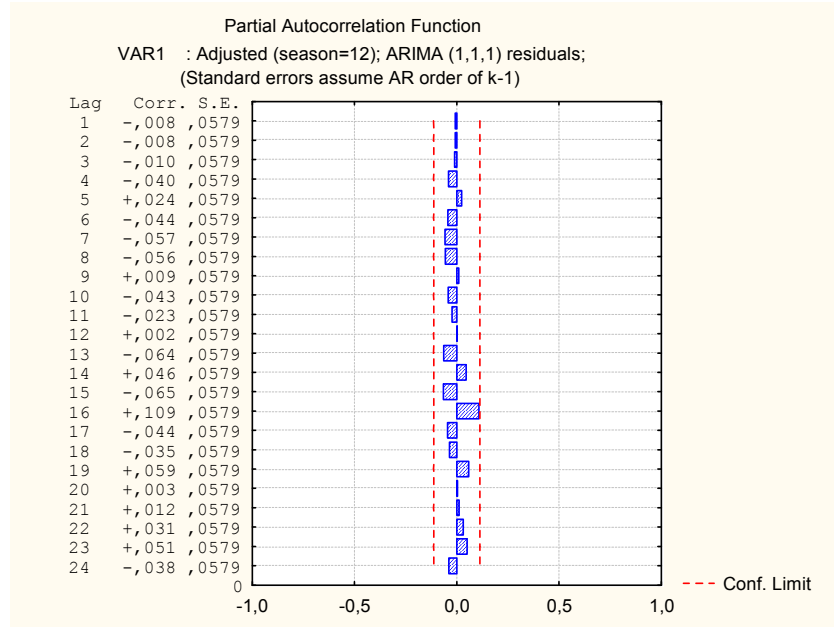
Tablo 2 incelendiğinde ARIMA (1,1,1) modelinin AIC ve SBC kriterlerine göre en düşük değeri alan model olduğu görülmektedir. Ayrıca modelin parametre tahminlerinin anlamlılığını test etmek için hesaplanan olasılık değeri (p), $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinden küçük olduğundan parametre tahminleride

anlamlıdır. Bu nedenle ARIMA(1,1,1) modelinin geçici uygun model olduğu düşünülerek işlemlere devam edilmiştir. ARIMA (1,1,1) modeli için otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafikleri çizilmiştir (Grafik 6,7).



Grafik 6. ARIMA (1,1,1) geçici modelinin otokorelasyon fonksiyonu grafiği.

Grafik 6'dan otokorelasyon değerlerinin sınırlar arasında olduğu görülmektedir.



Grafik 7. ARIMA (1,1,1) geçici modelinin kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafiği.

Kısmi otokorelasyon grafiğinden, mevsimsellikten arındırılmış verilere ait gecikme değerleri için hesaplanan kısmi otokorelasyon katsayılarının belirlenen sınırlar içinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle mevsimsel olarak ayarlanmış aylara göre baraja giren ortalama günlük su miktarı verileri için ARIMA (1,1,1) modelinin geçici uygun model olduğu düşünülmektedir. Bu modelin öngörü amacıyla kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek için Box-Ljung Q testi yapılmıştır. Box-Ljung Q test istatistiğinin hesaplanması için (6) eşitliğinde verilen formül kullanılır. Hesaplama adımları aşağıdaki gibidir.

- $k=24$ gecikme için herbir gecikmedeki örneklem otokorelasyon katsayılarının kareleri toplanır.
- Bu toplam ($T=299$ gözlem değeri olduğundan), $T-k=275$ 'e bölünür.
- Daha sonra elde edilen bu sonuç $[T \times (T + 2)] = 299 \times 301 = 89999$ değeriyle çarpılarak Q istatistiğinin hesap değeri 14,79 olarak bulunur.

Q istatistiği ($k-p-q$) serbestlik dereceli ki-kare dağılımına sahip olduğundan, burada ki-kare istatistiğinin serbestlik derecesi ($k-p-q=24-1-1=22$) olarak belirlenir.

$Q=14,79 < \chi_{22}^2=33,92$ olduğundan sıfır hipotezi kabul edilir ve ARIMA(1,1,1) geçici modeli nihai model olarak alınır. Buna göre mevsimsel etkiden arındırılmış seri için ARIMA (1,1,1) modelinin öngörü amacıyla kullanılabilmesine karar verilir.

ARIMA (1,1,1) modelindeki parametre tahminleri ve anlamlılıkları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde parametre tahminlerinin anlamlılığı için hesaplanan olasılık değeri (p), $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinden küçük olduğundan, parametre tahminlerinin anlamlı olduğuna karar verilir.

Tablo 3. ARIMA(1,1,1) modeli için parametre tahminleri ve anlamlılıkları.

Parametre	Tahmin Değeri	Asimptotik Standart Hata	t değeri	Olasılık Değeri	Alt %95 Güven Sınırı	Üst %95 Güven Sınırı
p(1)	0,145435	0,060726	2,39493	0,017245	0,025925	0,264944
q(1)	0,940722	0,016915	55,61405	0,000000	0,907433	0,974011

ARIMA (1,1,1) modeli kullanılarak, aylar itibariyle baraja giren ortalama günlük su miktarı serisinin mevsimsel etki içermeyen değerlerine ilişkin 2005 Aralık - 2006 Kasım dönemi için öngörüler yapılmıştır. Bu dönem için öngörü yapılmasının nedeni ARIMA modellerinin kısa dönem öngörüsünde başarılı sonuçlar vermesidir. Daha sonra bu değerlere mevsim etkisi katılmıştır. Tablo 4'de herhangi bir ayın herhangi bir gününde Dodurga Barajına gelebilecek olan ortalama günlük su miktarlarına ilişkin öngörü değerleri ile mevsim etkisi eklenmiş öngörü değerleri yer almaktadır.

Tablo 4. ARIMA (1,1,1) modeli ile yapılan ve mevsim etkisine yer verilmiş öngörü değerleri.

Dönem	Mevsim Etkisi Olmadan Öngörü Değeri (1000 m ³)	Mevsim Etkisi Eklenmiş Öngörü Değeri (1000 m ³)	Dönem	Mevsim Etkisi Olmadan Öngörü Değeri (1000 m ³)	Mevsim Etkisi Eklenmiş Öngörü Değeri (1000 m ³)
2005 Aralık	21,651	19,838	2006 Haziran	22,871	12,777
2006 Ocak	22,693	23,515	2006 Temmuz	22,871	12,569
2006 Şubat	22,845	45,384	2006 Ağustos	22,871	10,838
2006 Mart	22,867	55,239	2006 Eylül	22,871	9,115
2006 Nisan	22,870	45,489	2006 Ekim	22,871	7,067
2006 Mayıs	22,871	23,201	2006 Kasım	22,871	8,055

Tablo 4'den görülebileceği üzere Şubat, Mart ve Nisan aylarında herhangi bir günde baraja girebilecek olan ortalama su miktarlarının yüksek değerlerde olabileceği tahmin edilmektedir. Buna karşın Eylül, Ekim ve Kasım aylarında baraja herhangi bir günde gelebilecek olan ortalama günlük su miktarlarının ise oldukça düşük olabileceği tahmin edilmektedir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada 1981 Ocak-2005 Kasım dönemi arasında Dodurga Barajına giren günlük su miktarları DSİ 3. Bölge Müdürlüğünden alınmıştır. Baraja herhangi bir günde girebilecek olan su miktarı aylara göre değişiklik göstereceğinden, günlük veriler yardımıyla her ay için ortalama günlük su miktarları elde edilmiştir. Düzenlenen bu veriler zaman serisi öngörü tekniği olan Box-Jenkins tekniği ile analiz edilmiştir.

Analiz sonucunda belirlenen ARIMA modeli doğrultusunda Dodurga Barajı'na her ay için gelen ortalama günlük su miktarlarına ilişkin bir yıllık öngörü yapılmıştır. Dodurga Barajına 2005 Şubat ayında ortalama gelen günlük su miktarı 41.345 m³ iken, bu değer 2006 Şubat ayında 45.384 m³ olabileceği

tahmin edilmiştir. 2005 Kasım ayında ortalama baraja gelen su miktarı 5.100 m^3 iken, 2006 yılı için bu değerin 8.055 m^3 olacağı tahmin edilmiştir. Dodurga Barajı aylık su miktarlarının mod değerleri (1000m^3) Tablo 1’de verilmiştir. Bu değerler ve öngörü değerleri yardımıyla baraj seviyesi için elde edilen tahminler Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Dodurga Barajı için aylar bazında öngörülen ortalama günlük su miktarları ve baraj hacimleri.

Ay	Barajdaki Su Miktarı (1000 m^3)	Öngörülen Gelebilecek Su Miktarı (1000 m^3)	Toplam Su Miktarı (1000 m^3)
2005 Aralık	9398	19,838	9417,838
2006 Ocak	6650	23,515	6673,515
2006 Şubat	5154	45,384	5199,384
2006 Mart	18662	55,239	18717,239
2006 Nisan	6818	45,489	6863,489
2006 Mayıs	13565	23,201	13588,201
2006 Haziran	11960	12,777	11972,777
2006 Temmuz	11738	12,569	11750,569
2006 Ağustos	9481	10,838	9491,838
2006 Eylül	3321	9,115	3330,115
2006 Ekim	5941	7,067	5948,067
2006 Kasım	5941	8,055	5949,055

Box-Jenkins yöntemi kısa dönem öngörülerde oldukça iyi sonuçlar verdiği için dolayı, Aralık 2005- Kasım 2006 dönemi için öngörüler yapılmıştır. Dodurga Barajı’nın maksimum depolayabileceği su miktarı $19.210.000 \text{ m}^3$ olup, öngörüsü yapılan dönem için sadece Mart ayında barajdaki su miktarının bu seviyeye yaklaşabileceği görülmektedir. Özellikle Eylül ayında barajdaki su miktarının çok düşük olacağı görülmektedir. Baraja bir yılda girmesi beklenen su miktarı $16.180.000\text{m}^3$ iken, 2005 Aralık-2006 Kasım dönemi için bu değerin ortalama $8.254.109 \text{ m}^3$ olacağı tahmin edilmiştir. Sonuç olarak iklim değişiklikleri ve coğrafi koşullar gibi nedenlerden dolayı Dodurga Barajı’na gelebilecek su

miktarları giderek azalmaktadır. Bu durum özellikle tarımsal alanlar ve buna bağlı olarak üretim kalitesi üzerinde etkili olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] K. Koçak, ve L. Şaylan, “Trakya’da Yağış Rejimindeki Değişimin Fraktal Analiz ile Belirlenmesi”, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 2003, İstanbul, Bildiri kitabı, ss. 354-361.
- [2] A. Özmen, “Mevsimsel dalgalanmalar içermeyen zaman serilerinde kısa dönem öngörü amaçlı Box-Jenkins (ARIMA) Modellerinin kullanımı”, Fen-Edebiyat Fakültesi Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, ss. 105–120, 1989.
- [3] A. Kutlar, “*Uygulamalı Ekonometri*”, 2 Baskı, Nobel Yayınları, Ankara, 2005.
- [4] M.B. Priestley, “*Non-Linear and Non-Stationary Time series Analysis*”, Academic Press, London, 1991.
- [5] K. Yaman, A. Sarucan, M. Atak, ve N. Aktürk, “Dinamik çizelgeleme için görüntü işleme ve ARIMA modelleri yardımıyla veri hazırlama”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt.16, No.1, ss. 19-40, 2001.
- [6] C. Hamzaçebi, ve F. Kutay, “Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt.19, No.3, ss. 227-233, 2004.
- [7] I. Akgül, “*Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri*”, Der Yayınları, İstanbul, 2003.
- [8] C. Kadılar, “*SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş*”, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 2005.
- [9] E. Işığçık, “Değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılmasında nedensellik testleri ve bir uygulama denemesi”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1993.
- [10] B.E. Yılmaz ve N. Susam, “Türkiye’de Yeniden Mali Yapılanma Sürecinde Orta Vadeli Harcama Sistemine Geçişin Bütçe Büyüklükleri Üzerindeki Etkileri: Türkiye Üzerine Bir Tahmin Modeli”, 20. Türkiye Maliye

Sempozyumu, Karahayit-Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 23-27 Mayıs 2005.

- [11] M. Sevüktekin ve M. Nargeleçekenler, “*Zaman Serileri Analizi*”, Nobel Yayınları Ankara, 2005.
- [12] B. L. Bowerman and R.T. O’Connell, “*Forecasting and Time Series: An Applied Approach*”, Third Edition, Duxbury Press, California, USA, 1993.
- [13] K.N. Irvine and A.J. Eberhardt, “Multiplaticative seasonal ARIMA models for lake Erie and lake Ontario water levels”, *Journal of Water Resources Association*, Vol.28, No.2, pp. 385-396, April 1992.
- [14] M.C. Karabörk ve E. Kahya, “Sakarya havzasındaki aylık akımların çok değişkenli stokastik modellenmesi”, *Tr. J. Engineering and Enviromental Science*, No. 23, pp. 133-147, 1999.
- [15] A. Kurunç, K. Yürekli and O. Çevik, “Performance of two stochastic approaches for forecasting water quality and stream-flow data from Yeşilırmak River, Turkey”, *Environmental Modelling and Software*, Vol. 20, pp. 1195-1200, 2005.
- [16] D.M. Papamichail and P.E. Georgiou, “Seaonal ARIMA inflow models for reservoir sizing”, *Journal of Water Resources Association*, Vol.37, No.4, pp. 877-885, 2001.
- [17] J.C. Smithers, G.G.S. Begram and R.E. Schulze, “Design rainfall estimation in south africa using Bartlett-Lewis rectengular pulse rainfall models”, *Journal of Hydrology*, Vol.258, pp. 83-99, 2002.