

Gediz Havzası Yağışlarının Stokastik Modellemesi

Kıvanç TOPÇUOĞLU¹ Gülay PAMUK² Mustafa ÖZGÜREL³

Summary

Stochastic Modelling of Gediz Basin's Precipitation

In this study, with using the most often employed model ARIMA for producing syntetic series the rainfall potential estimation for the future in Gediz Basin is aimed. As a result of the model that is created for the Gediz Basin, at the end of the century time period, it is defined that total annual precipitation will decrease by %2.4

Key words: Stochastic, ARIMA, precipitation, Gediz Basin

Giriş

Hidrolojik serilerin stokastik karakterleri ve tek değişkenli hidrolojik serilerin sentetik olarak üretilmesine ilişkin metotlar üzerindeki çalışmalar artarak devam etmektedir. Su kaynakları sistemlerinin planlanması, dizaynı ve işletilmesi genellikle birkaç hidrolojik seriyi içerdiği için çok değişkenli stokastik analiz ve çok değişkenli modelleme önemli bir konudur (Pegram and James, 1972).

Bir çizgi ya da alan boyunca gözlenmiş değişkenler çoklu zaman serilerini ya da genel bir ifade ile çok değişkenli serileri ifade etmektedir. Her bir zaman serisinin istatistiksel analizini, serileri ayrı ayrı ele alarak yapmak mümkündür (Box and Jenkins, 1970; Salas ve ark., 1980; Karabörk ve Kahya, 1998). Bununla beraber genellikle bu "n" adet serinin stokastik bileşenleri ortak bağımlılıkları bulunan

¹ İnş. Yüksek Müh., E.Ü. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, 35100-İzmir.
pamuk@ziraat.ege.edu.tr

² Öğr.Gör.Dr., E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., 35100-İzmir.

³ Prof.Dr., E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., 35100-İzmir.

rasgele değişkenlerdir. Diğer bir anlatımla bu serilerin stokastik bileşenleri kendi aralarında bağımlı “n” adet zaman serisini ifade etmektedir. Çeşitli noktalara ait sentetik serileri yukarıda bahsedilen bağımlılık yapısını muhafaza ederek üretmek amaçlandığı zaman sadece “n” adet zaman serisinin ayrı ayrı istatistiksel karakteristikleri değil aynı zamanda bu serilerin ortak bağımlılık yapılarını da korumak gereklidir (Salas ve ark., 1980; Haan, 1977; Karabörk ve Kahya, 1999).

Zaman serileri kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box-Jenkins veya ARIMA modeli olarak adlandırılır. Anılan modeller doğrusal filtreleme modelleri olarak da bilinmektedir. Otoregresif (AR-**Auto-Regressive**), hareketli ortalama (MA-**Moving Average**), AR ve MA modellerinin karışımı olan Otoregresif hareketli ortalama (ARMA-**Auto Regressive Moving Average**) modelleri en genel doğrusal durağan Box-Jenkins modelleridir. Durağan olmayıp fark alma işlemi sonucunda durağanlaştırılan serilere uygulanan modellere Birleştirilmiş otoregresif hareketli ortalama (ARIMA- **Auto Regressive Integrated Moving Average**) modeli adı verilir. ARIMA modeli Box-Jenkins tekniği olarakta adlandırılır. Box-Jenkins modellerinde amaç; zaman serisine en iyi uyan, en az parametre içeren doğrusal modelin belirlenmesidir (Yaman ve ark., 2001).

Bu çalışmada ARIMA modelleri kullanılarak Gediz Havzasının gelecekteki yağış değerlerine yönelik tahminlemede bulunabilmek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Türkiye'nin batısında Ege Bölgesi içerisinde yer alan Gediz Havzası 17220 km²'lik bir alana sahip olan, Türkiye'nin en büyük nehir havzalarından biridir (Droogers ve ark.1999).

Bu çalışmada Gediz Havzasında yer alan 11 istasyonun (Ören-Manisa – Üçpınar – Akhisar – Salihli – Bozdaę – İçikler - Dindarlı-Fakili – Eşme - Uşak) 1970-2000 yıllarına ait yağış verileri materyal olarak kullanılmıştır. Havzada yer alan istasyonların seçiminde, yeri zaman içerisinde değişmemiş, yağış gözlemleri 30 yıl ve kesintisiz olanlar dikkate alınmıştır.

Zaman serilerinde bir analiz ve tahmin yöntemi olan Box-Jenkins tekniği; kesikli, doğrusal ve stokastik süreçlere dayanır. Otoregresif, otoregresif-hareketli ortalama ve birleştirilmiş otoregresif-hareketli ortalama Box-Jenkins tahmin modelleridir. AR (p), MA (q) ve bunların birleşimi olan ARMA (p, q) durağan süreçlere uygulanırken;

ARIMA (p, d, q) durağan olmayan süreçlere uygulanmaktadır (Hamzacebi ve Kutay, 2004).

AR (p) modelleri;

$$Y_t = \Phi_1 * Y_{t-1} + \Phi_2 * Y_{t-2} + \dots + \Phi_p * Y_{t-p} + \gamma + a_t$$

şeklinde gösterilmektedir. Formülde;

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$	serinin geçmiş gözlem değerleri,
$\Phi_1, \Phi_2, \Phi_p \dots$	geçmiş gözlem değerleri için katsayılar,
γ	sabit bir sayı
a_t	hata terimidir.

MA (q) modelleri;

$$Y_t = \mu + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

Formülde;

$a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots, a_{t-q}$	hata terimlerini,
$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$	hata terimleri katsayılarını,
μ	sürece ait serinin ortalamasını ifade etmektedir.

ARMA modelleri, durağan stokastik modellerdir, geçmiş gözlem ve hata terimlerinin doğrusal fonksiyonunu ifade etmektedir.

ARMA (p, q) modelleri genel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Y_t = \Phi_1 * Y_{t-1} + \Phi_2 * Y_{t-2} + \dots + \Phi_p * Y_{t-p} + \gamma + a_t + \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

Zaman serisinin durağan olduğu koşullarda, yani sürecin ortalamasının varyansının ve kovaryansının zamana bağlı değişmediği durumlarda ARMA (p, q), veya ARMA (p, q)'nın özel hali olan AR (p), MA (q) modellerinden uygun olanı kullanılabilir. Ancak, gerçekte zaman serilerinin ortalama ve varyansında zamana bağlı bir değişim olmaktadır. Bu durum, durağan olmayan durum olarak adlandırılır. Bu tip zaman serileri durağan hale dönüştürüldüğünde ARMA (p, q), modelleri tahmin için kullanılabilir. Bu yüzden, durağan

olmayan seriler durağan hale getirilir, böylece bu tip serilerin kullanılması daha doğru sonuçlara ulaşmayı mümkün kılar.

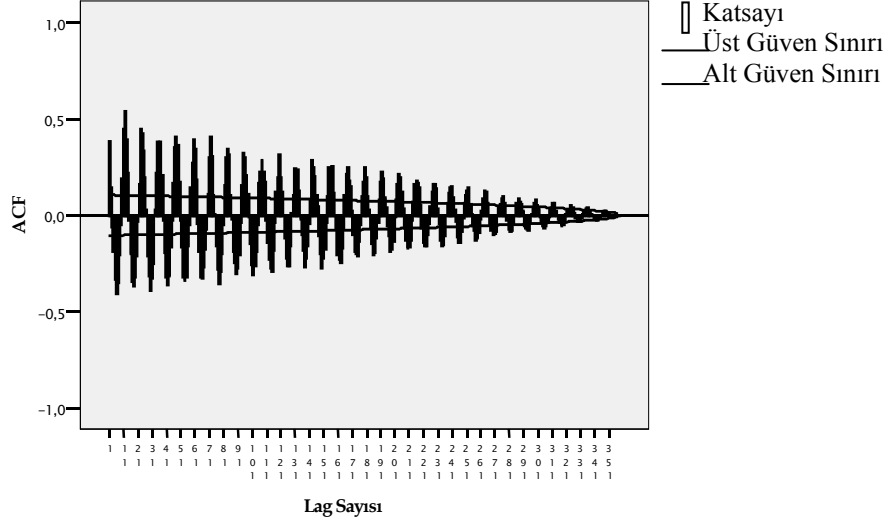
Zaman serisini durağanlaştırmak fark alınarak yapılmaktadır. Zaman serisinin doğrusal bir trendi var ise, birinci fark serisi durağan olmaktadır. Eğer zaman serisinin eğrisel bir trendi varsa, farkların tekrar farkı alınarak ikinci farklar serisi durağanlaştırılmakta, bu durumda model ARIMA (p, d, q) olarak ifade edilmektedir. Burada d; serinin durağanlaştırma, fark alma parametresidir (Hamzaçebi ve Kutay, 2004).

ARIMA modeli dört temel aşamayı içermektedir. Birinci aşamada genel model sınıfı belirlenmektedir. Genel modelin seçimi için otokorelasyon fonksiyonları dikkate alınarak ARIMA modellerine ait teorik fonksiyonların özelliklerinden yararlanılmaktadır. İkinci aşamada, verilerin yapısına uygun bir model belirlenir. Bu amaçla korelasyon ve otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Model belirleme aşamasında AR, MA, ARMA, ARIMA model sınıflarından bir tanesi seçilir. Üçüncü aşamada geçici modelin parametreleri istatistiksel yöntemlerle belirlenir ve anlamlılıkları ortaya konur. Son aşamada ise modelin uygunluk kontrolü yapılmaktadır. Bunun için geçici modelin hatlarının otokorelasyon grafiği çizilerek otokorelasyon incelenir (Yaman ve ark., 2001).

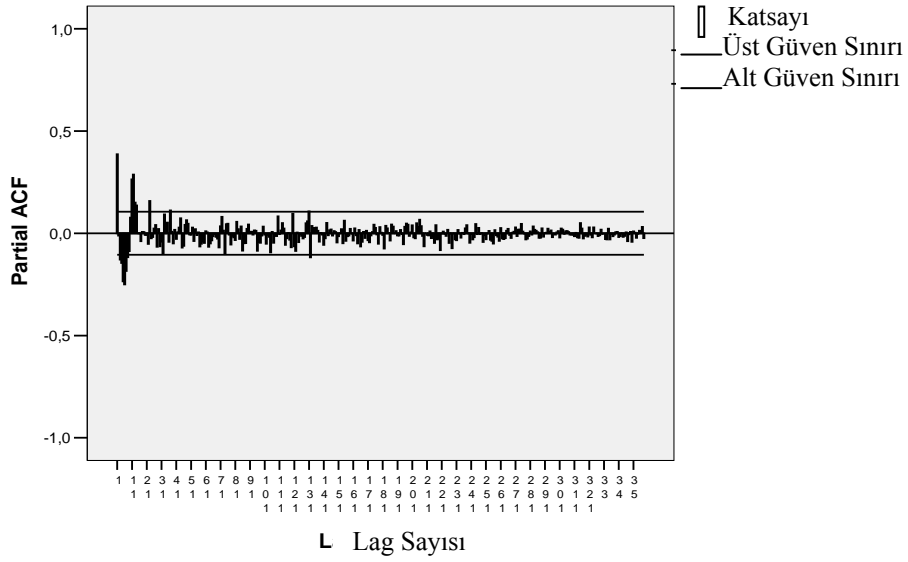
Üretilen sentetik serilerin, ele alınan serinin korelogram, ortalama standart sapma ve artık serilerin çapraz korelasyonu gibi istatistiksel özelliklerini koruyup korumadığı kontrol edilir. Eğer bazı özelliklerin korunmadığı görülürse, modelin reddi söz konusu olabilmektedir (Karabörk ve Kahya, 1999).

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Gediz Havzasında yer alan 11 istasyonun serileri ayrı ayrı ele alınmış ve her bir istasyona ait seri için model kestirimine çalışılmıştır. Ancak serilere ait **ACF** (Oto regresif Korelasyon Fonksiyonu) ve **PACF** (Parçalı Oto regresif Korelasyon Fonksiyonu) diyagramlarından ARIMA modeline ait p, d, q parametrelerinin sağlıklı bir şekilde kestirilemeyeceği, serilere ait periyodikliğin ortadan kaldırılması gerektiği görülmüştür. İfade edilen bu yaklaşım Şekil 1 ve Şekil 2’de açık bir şekilde görülmektedir. Bu tür çalışmalarda periyodikliğin ortadan kaldırılması bir sinüs fonksiyonuyla sağlanabileceği gibi veri gruplaştırma veya smoothing teknikleri de uygulanabilecektir. Ancak uygulanacak teknikler ile seri özelliklerini tamamen korumak mümkün olmayacaktır.



Şekil 1. 1970-2000 dönemi Gediz Havzası ortalama aylık yağış verileri için otoregresif korelasyon fonksiyonu diyagramı



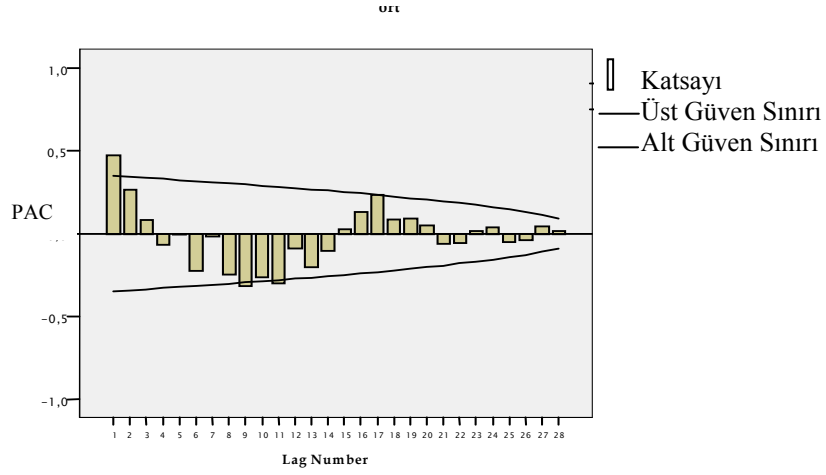
Şekil 2. 1970-2000 dönemi Gediz Havzası aylık ortalama yağış verileri için parçalı otoregresif korelasyon fonksiyonu diyagramı

Bu nedenle mümkünse seriyi oluşturan periyodiklikten arınmış alt seriler ile çalışmayı sürdürmek daha doğru sonuçlara ulaşmayı sağlayacaktır. Bu yaklaşımla, alt serilerin havzada görülen aylık yağış serileri olarak seçilmesi alt serilerin durağan seriler olması koşulunu sağlayacaktır.

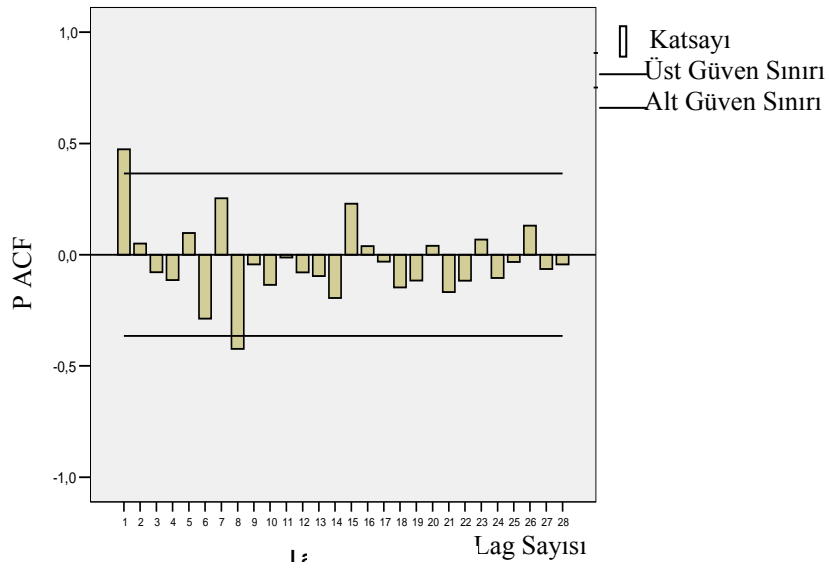
Ay serilerine ait ortalama seriden oluşturulan otoregresif korelasyon fonksiyonu (ACF) ve parçalı otoregresif korelasyon fonksiyonu (PACF) diyagramlarından modelin hareketli ortalama taşınması gerektiği görülmüştür.

Gediz Havzası, 1970-2000 dönemine ait yıllık ortalama yağış verileri için ACF ve PACF diyagramlarından yararlanılarak (Şekil 3 ve Şekil 4) geçici modeller ARMA(1,1), ARMA(1,11), ARMA(7,1), ARMA(7,11), ARMA(8,1) ve ARMA(8,11) olarak belirlenmiştir. Anılan modeller için çözümler yapılarak oluşturulan serilerin anlamlılık düzeyleri ile gerçek seriden farklılaşan hata payları için ki-kare testi uygulanarak en uygun model arayışına girilmiştir. Modellerin sınanması sonucunda ARMA(7,1) ile oluşturulan sentetik serinin var olan seriyi daha iyi ifade ettiği belirlenmiştir. Bu yüzden, Gediz Havzası için genel bir yağış bilançosu kestirimine yönelik bir zaman serisi modellemesinde ARMA (7,1) modelinin kullanımının daha uygun olacağı gözlenmiştir.

Aynı yaklaşımla aylara ait zaman serileri için model arayışında ACF ve PACF diyagramlarından Temmuz, Kasım, Aralık ve Ocak aylarının ARMA(p,q) modellerine daha çok uyduğu diğer ayların ise MA(q) modelleriyle çakıştığı görülmüştür.



Şekil 3. 1970-2000 dönemi Gediz Havzası yıllık ortalama yağış verileri için otoregresif korelasyon fonksiyonu diyagramı



Şekil 4. 1970-2000 dönemi Gediz Havzası yıllık ortalama yağış verileri için parçalı otoregresif korelasyon fonksiyonu diyagramı

Gediz Havzası için oluşturulan model sonucu 100 yıllık dönem sonunda havza genelinde yıllık toplam yağışın % 2.4 oranında azalacağı belirlenmiştir. Aylık seriler için benzer şekilde yapılan çalışma sonucunda aylık toplam yağış miktarları ile 30 yıllık ve 130 yıllık gidiş eğilimleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1'den görüleceği gibi, Gediz Havzasında 100 yıl içerisinde yağış potansiyelinde beklenen düşüş yaklaşık olarak 41.33 hm³'tür. Bu miktar, örneğin Gediz Havzasında bulunan Buldan Barajının su tutma kapasitesine (54 hm³) yakındır.

Çizelge 1. Gediz Havzası İçin Gelecek 100 Yıllık Ortalama Aylık Yağış Değerleri

AYLAR	30 Yıllık Ortalama	130 Yıllık Ortalama	30 Yıllık Gidiş (%)	130 Yıllık Gidiş (%)	Fark (10 ³ m ³)
Ocak	79,6	78,7	-0,73	-2,86	-15.498
Şubat	76,7	77,1	-0,33	0,65	6.890
Mart	70,1	69,8	0,69	0,00	-5.170
Nisan	55,2	55,0	0,58	-0,06	-3.450
Mayıs	39,9	40,0	0,13	0,59	1.722
Haziran	18,6	18,6	-0,63	-0,51	-
Temmuz	10,1	10,1	-0,01	-0,54	-
Ağustos	8,3	8,3	-0,08	-0,05	-
Eylül	13,2	13,2	-0,06	0,10	-
Ekim	41,8	41,9	-0,70	-0,04	1.722
Kasım	79,0	77,4	-0,25	-4,35	-27.552
Aralık	96,1	95,5	-0,12	-1,26	-10.332
Ortalama	49,0	48,8	-0,13	-0,20	-41.328

Özet

Bu çalışmada; günümüzde sentetik seri üretiminde en sık kullanılan model olarak görülen ARIMA modelleri kullanılarak, Gediz Havzasının gelecekteki yağış potansiyelinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Gediz Havzası için oluşturulan model sonucu, 100 yıllık dönem sonunda, havza içinde yıllık toplam yağışın % 2,4 oranında azalacağı belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler : stokastik, ARIMA, yağış, Gediz Havzası

Kaynaklar

- Box, G. E. P. and G. M. Jenkins. 1970. Time Series Analysis, Forecasting and Control, Holden-Day, San Fransisco.
- Droogers, P., W.G.M. Bastiaanssen, M. Beyazgül, Y. Kayam, G.W. Kite and H. Rust. 1999. Gediz Havzasında Sulama Sistemlerinin Agrohidrolojik Analizi, İzmir Su Kongresi (4-5 Haziran 1999, İzmir).
- Haan T. C. 1977. Statistical Methods in Hydrology, The Iowa State University Press, Ames.
- Hamzaçebi C. ve F. Kutay. 2004. Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(3):227-233.
- Karabörk Ç. ve E. Kahya. 1998. Göksu Nehrinin Yıllık ve Aylık Akımlarının Stokastik Modellemesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Dergisi.
- Karabörk Ç. ve E. Kahya. 1999. Sakarya Havzasındaki Aylık Akımların Çok Değişkenli Stokastik Modellemesi, Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 23, 133-147.
- Pegram, G.G.S and W. James. 1972. Multilag Multivariate Autoregressive Model for the Generation of Operational Hydrology, Water Resources Research, Vol 8, No: 4, 1074- 1076.
- Salas J. D., J.W. Delleur, V. Yevjevich, and W. Lane. 1980. Applied Modelling of Hydrologic Time Series, Water Resources Publications, Colorado.
- Yaman K., A. Sarucan, M. Atak, ve N. Aktürk. 2001. Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme ve ARIMA Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama, Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16(1): 19-40.