

#### Öne Çıkan Sonuçlar:

- Stokastik modeller ile yağış tahmini yapılabilir.
- Aylık yağışlar sezonluk değişime maruzdur.
- Yıllık yağışların otokorelasyonları küçüktür.

#### Yazışma yazarı:

Elif Gülen KIR,  
elifgulencimen@gmail.com

#### Referans:

Kır, E.G., Güldal, V., (2020), Antalya İli Aylık ve Yıllık Yağışlarının Zaman Serisi Modellemesi, Su Kaynakları, 5, (2) 9–15

Makale Gönderimi : 21 MAYIS 2020  
Online Kabul : 26 AĞUSTOS 2020  
Online Basım : 25 EYLÜL 2020

## Antalya İli Aylık ve Yıllık Yağışlarının Zaman Serisi Modellemesi

Elif Gülen KIR<sup>1</sup>, Veysel GÜLDAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 32260 Isparta, Türkiye. elifgulencimen@gmail.com ORCID: 0000-0002-6787-041X

<sup>2</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye. veyselguldal@sdu.edu.tr ORCID: 0000-0001-8786-9363

**Özet** Antalya ilinde kaydedilen aylık ve yıllık yağış yüksekliği zaman serilerinin stokastik yöntemlerle modellenmesi bu çalışmada ele alınmıştır. 1933 - 2018 tarihleri arasında toplamda 86 yıllık ve 1032 aylık yağış verileri üzerinde çeşitli zaman serisi modelleri geliştirilmiştir. Yıllık yağış serisine ait korelogramların, zaman serisinde önemli korelasyonlara sahip olmadığını ve serinin beyaz gürültü serisine benzer davrandığını göstermiştir. Yıllık yağış serisine ait en iyi stokastik model yapılarının ARIMA(3,0,3) ve ARIMA(1,1,5) modellerinin olduğu düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. Aylık yağış serisinin korelogramlarının ise, beklenildiği gibi zaman serisinde sezonluk bir periyodikliğin olduğunu göstermiş ve sezonluk ARIMA modeli ile aylık yağış yüksekliği serisi simüle edilmiştir. Aylık yağış serisine ait en iyi stokastik model yapısının ise ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> modelinin olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen stokastik modeller ile 2030 yılına kadar yağış tahminleri yapılmış ve tahmin sonuçlarının yağış ortalamaları etrafında düzgün salınımlar yaptığı gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zaman Serisi, Modelleme, Yağış, Antalya

## Time Series Modeling of Monthly and Annual Rainfalls in Antalya Province

**Abstract** Modeling of monthly and annual rainfall time series recorded in Antalya province with stochastic methods is discussed in this study. Various time series models are developed on a total of 86 years and 1032 months of precipitation data between 1933 - 2018. The correlograms of the annual rainfall series have shown that there are no significant correlations in the time series and that the series behaves similarly to the white noise series. The best stochastic model structures of the annual rainfall series have been determined according to the corrected Akaike Information Criteria, which are ARIMA (3,0,3) and ARIMA (1,1,5) models. The correlograms of the monthly rainfall series have shown that there is a seasonal periodicity in the time series as expected and the monthly rainfall series is simulated with the seasonal ARIMA model. ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> model has been determined to be the best stochastic model structure for monthly precipitation series. With the stochastic models developed, rainfall predictions have been performed until 2030 and it is observed that the forecast results make smooth oscillations around the precipitation averages.

**Keywords:** Time Series, Modeling, Rainfall, Antalya

### 1. Giriş

Bir bölgedeki yağış miktarının gelecek dönemlerdeki tahmini için çeşitli sayısal modelleme yöntemleri kullanılmaktadır. Yağış tahminlerinin aylık ve/veya yıllık olarak yapılması olağan bir durumdur. Bunun amacı, iklim değişikliğinin yağış tahmini yapılan bölgede yaptığı ya da gelecekte yapacağı etkiyi ortaya çıkarmaktır. Bu etkinin bir sonucu olarak, o bölgede şimdiki duruma göre gelecekte olabilecek bir yağış fazlalığının ya da eksikliğin tahmin edilebilecek olmasıdır. Yağış fazlalığı o bölgeye ait özellikle drenaj problemlerinin göz önüne alınmasını, eksikliği ise bölgede çevresel bir kuraklığın yaşanabileceğine işaret eder.

Aylık ya da yıllık yağış yüksekliği modellemelerinde ve tahminlerinde kullanılan sayısal yöntemlerden birisi zaman serisi analizidir. Zaman serisi, art arda zamanlarda ölçülen sıralı veri noktalarından oluşan bir veri kümesidir. Bu veri kümesinin elemanları, şayet birbiriyle içsel bağımlı olarak meydana geldiği düşünülürse, bu seriye stokastik (rastlantısal) süreç denir. Serinin anlamlı istatistiklerini ve verilerin

diğer özelliklerini ortaya çıkarmak için bir zaman serisini uygun bir modele uydurmak ve modele ait olan parametreleri tahmin etmek için kullanılan yöntemleri ifade etmeye ise zaman serisi analizi denir. Bir zaman serisi verisini analiz etmekteki amaç, o serinin gelecek tahminini yapmak ve gözlem dizisinin gelecekte nasıl devam edebileceğini öngörmektir. Zaman serisi modelleri, yalnızca tahmin edilecek değişkenle alakalı bilgiyi kullanır, fakat o değişkenin davranışını etkileyen faktörleri göz önüne almaz. Bu nedenle, zaman serisi değişkenine ait, şayet varsa, bir eğilim ya da sezonluk (ya da mevsimlik) bir desen ortaya çıkarılmaya çalışılır ve daha sonra zaman serisinin lineer bir modeli elde edilmeye çalışılır (Salas vd., 1980; Bayazit, 1981).

Hidroloji alanındaki pek çok problem zaman serileri analizi ile ele alınmıştır. Merzi vd. (1995), Çoruh havzasındaki Oltu nehrinde ölçülen aylık akımları ARMA modelleri ile; Kâhya vd. (1998), Yeşilirmak havzasındaki 4 akım gözlem istasyonunda ölçülmüş yıllık ortalama akımları ARIMA modelleri ile; İçağa (2001), Akarçay havzasında bulunan akım gözlem istasyonlarının aylık akımlarını AR modelleri ile; Yürekli (2001), Çorum Çat deresinde ölçülen yıllık akımları ARMA modelleri ile; Büyükyıldız (2004), Orta Anadolu Kapalı Havzasındaki 3 akım gözlem istasyonunun yıllık ortalama akımlarını ARMA modelleri ile; Baran ve Bacanlı (2006), gözlenmiş yıllık akımlar ile türetilmiş sentetik dizileri kullanarak en uygun model seçiminde kullanılan stokastik yöntemlerin karşılaştırmalarını ARMA modelleri ile; Özçelik (2007), bir homojen alt bölgede aylık akarsu akımlarının periyodik davranışlarının bölgeselleştirilmesi için fonksiyonel olmayan (parametrik olmayan) ve fonksiyonel yaklaşımlar olarak adlandırılan iki kategoride 5 farklı otoregresif yöntem ile; Şarlak ve Şorman (2007), Kızılırmak havzasında yer alan 2 farklı akım gözlem istasyonundaki aylık akım verilerine gamma dağılımı varsayımı altında AR modelleri ile; Taylan (2008), Akdeniz Bölgesi'nde bulunan 7 farklı akım gözlem istasyonu verisi için akım tahminlerini AR modelleri ile; Güldal ve Tongal (2010), Köprüçay nehrine ait akım verilerinin stokastik özelliklerini doğrusal olmayan sınır/eşik otoregresif modelleri (TAR) ile; Güldal ve Tongal (2011), Köprüçay nehrine ait günlük ve yıllık akım serilerinin ortalama davranışlarını ARMA ve GARCH modelleri ile; Tongal (2012), Simav, Büyük Menderes, Köprüçay, Kızılırmak, Göksun ve Çoruh nehirlerine ait günlük, aylık ve yıllık zaman serilerini GARCH modelleri ile; Kurak (2013), İzmir'de bulunan 2 farklı kuyuda kaydedilen aylık yeraltı suyu seviyelerini ARIMA modelleri ile; Keskin vd. (2015), Dalaman çayına ait yıllık akımların tahminini ARMA modelleri ile; Taş (2018), ABD'deki North Fork Stillaguamish havzasındaki taşkın olaylarını araştırmak için günlük akımları ARIMA modelleri ile; Altunkaynak ve Başakın (2018), Amerika'daki Columbia Nehri'nin günlük akım verilerini NAR ve ARIMA modelleri ile; Haktanır vd. (2019), 20 adet aylık akım serisini giriş verisi olarak kullanarak, her bir istasyon için 10 bin yıllık sentetik aylık akım serilerini hesaplamak için ARMA modelleri ile; ve Kır (2020), Antalya ilindeki aylık ve yıllık yağışların tahminini sezonluk ARIMA modelleri ile yapmışlardır.

Bu çalışma, Kır (2020) tarafından yapılan çalışmanın bir özetini sunmakta olup, ulusal literatürde yağış yüksekliğinin tahminine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde, akarsu akımı gibi sürekliliğe sahip çeşitli hidrolojik değişkenler için stokastik modeller uygulanırken, yağış gibi süresiz ve rastgele hidrolojik bir parametre üzerinde çalışmalara pek rastlanmamaktadır. Dolayısıyla, Antalya iline ait aylık ve yıllık yağış yüksekliklerinin gelecek tahminlerine yönelik olarak gerçekleştirilen bu çalışma, süresiz rastgele hidrolojik bir değişkene ait çalışmalardan birisidir.

## 2. Çalışmada Kullanılan Stokastik Modeller

Literatürde, stokastik süreçlerin ele alındığı pek çok model bulunmaktadır. Bir zaman serisi modellenirken, serinin zamana göre çizilmiş grafiği (gidişatı) önemli bir rol oynar ve böyle bir grafikten, seriye ait bir eğilim, veri dizisinde herhangi bir sıçrama (eşik değer), sezonluk (ve mevsimsellik) değişimler ve seri değerlerinin ortalama etrafındaki salınımları (sapmaları) kolayca görülebilir. Bu özellikler zaman serisi içerisinde mümkün olduğunca giderilmeye çalışılır ya da bir zaman serisi modeli içerisine uygun bir şekilde konular ve sonuçta, serinin gidişatı farklı bir şekilde (kalıba) sahip olur.

Zaman serilerine ait matematiksel modellerin esas otoregresif yöntem ile hareketli ortalama yöntemine dayanmaktadır. Literatürde ele alınmış bütün yöntemler bu ikisine dayanmaktadır. Otoregresif (iç bağımlı) modeller (AR(p)) aşağıdaki ifade ile tanımlanırlar:

$$Y_t = c + \sum_{L=1}^p \varphi_L Y_{t-L} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Bu ifadede  $Y_t$  zaman serisinin  $t$  anındaki yağış yüksekliğini,  $c$  seriye ait (bazen serinin aritmetik ortalaması civarında) bir sabiti,  $L$  serinin  $t$  zamanından önceki zamanına işaret eden değişkeni (gecikme parametresi),  $p$  otoregresif modelin mertebesini ( $L = 1, 2, \dots, p$ ),  $\varphi$  otoregresif model sabitlerini ve  $\varepsilon$  ise modelin kalıntısını (hata değerini ya da beyaz gürültüyü) göstermektedir. Hareketli ortalama modeli (MA(q)) ise, önceki zamanlarda gözlenmiş rastgele değişkenleri göz önüne almaz ve sadece önceki zamanlardaki kalıntıları aşağıdaki gibi modeller:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \sum_{L=1}^q \theta_L \varepsilon_{t-L} \quad (2)$$

Bu ifadede  $\mu$  serinin gözlenmiş değerlerinin aritmetik ortalamasını,  $q$  hareketli ortalama polinomunun mertebesini ve  $\theta$  ise hareketli ortalama model sabitlerini göstermektedir. AR(p) ve MA(q) modellerinin birleşimi olan otoregresif hareketli ortalamalar modeli (ARMA(p,q)) ise aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Y_t = c + \varepsilon_t + \sum_{L=1}^p \varphi_L Y_{t-L} + \sum_{L=1}^q \theta_L \varepsilon_{t-L} \quad (3)$$

Zaman serisi bazen sezonluk (ya da mevsimsel) değişimler gösterdiğinden, bu durumu göz önüne alan modeller sezonluk ARMA(p,q)(P,Q)s modeli olarak bilinir:

$$Y_t = c + \varepsilon_t + \sum_{L=1}^p \varphi_L Y_{t-L} + \sum_{L=1}^q \theta_L \varepsilon_{t-L} + \sum_{L=1}^P \alpha_L Y_{t-sL} + \sum_{L=1}^Q \beta_L \varepsilon_{t-sL} \quad (4)$$

Burada  $P$  ve  $Q$  modelin sezonluk kısmını gösteren otoregresif ve hareketli ortalama model kısmının mertebelerini,  $\alpha$  ve  $\beta$  modelin sezonluk kısmını gösteren otoregresif ve hareketli ortalama model kısmının sabitlerini ve  $s$  ise sezondaki (mevsimdeki) gözlem sayısını (değişimler 1 yılda görülüyorsa  $s = 12$  olur) göstermektedir.

Göz önüne alınan zaman serisinin aritmetik ortalaması, varyansı ve otokovaryansı zamanla değişmiyorsa, bu seri durağan bir seridir. Serinin istatistik özellikleri şayet zamanla değişiyorsa, seri durağan olmayan bir seri olur ve serinin durağanlaştırılması gereklidir. Bir zaman serisinin durağanlaştırılması için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Zaman serisini durağan hale getirmenin bir yolu, rastgele değişkenin farkını ( $Y'_t = Y_t - Y_{t-1}$ ) almaktır. Dolayısıyla, Denklemler 1 - 4 'de verilen ifadelerde  $Y_t$  yerine  $Y'_t$  'nün kullanılması ile yani bir kez farkın ( $d = 1$ ) alınması ile durağan olmayan modeller elde edilir (ARI(p,d), IMA(d,q), ARIMA(p,d,q), ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)<sub>s</sub>). Bazen, bir kez fark alınmış olan zaman serisi durağan görünmeyebilir ve bu nedenle, durağan bir seri elde etmek için verilerin ikinci kez farkını almak gerekebilir ( $Y''_t = Y'_t - Y'_{t-1}$ ).

## 2.1. Model performanslarının belirlenmesi

Bir tahmin probleminde kullanılan modellerin en uygununu belirlemek için çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bu ölçütler, çok sayıda parametre kullanılarak yapılan modellemeyi, daha az hata değerine ulaştırırsa da uygun görmeyebilir. En uygun model, tahmin probleminde en az parametre ile en az hata değerini veren ve rastgele değişkenin gidişatına (grafığıne) uygun olan modeldir. Bu çalışmada göz önüne alınan ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiş olan düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriteri ( $AIC_c$ ) model performanslarının belirlenmesinde dikkate alınmıştır (Akaike, 1974; Hurvich ve Tsai, 1989).

$$AIC = T \ln \frac{SSE}{T} + 2(p + q + k + 1) \quad (5a)$$

$$SSE = \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 \quad (5b)$$

$$AIC_c = AIC + \frac{2(p+q+k+1)(p+q+k+2)}{T-p-q-k-2} \quad (5c)$$

Bu eşitliklerde,  $SSE$  karesel hataların toplamını göstermekte olup, Denklemler 1, 3 ve 4 'de  $c \neq 0$  ise  $k=1$  ve  $c=0$  ise  $k=0$  'a eşit alınır. Ayrıca, bu ifadelerdeki 1 sayısı ise varyans parametresini temsil etmektedir. Buradaki fikir,  $SSE$  'e göre metod uygunluğunun tahmin edilmesi gereken parametre sayısı ile cezalandırılmasıdır.

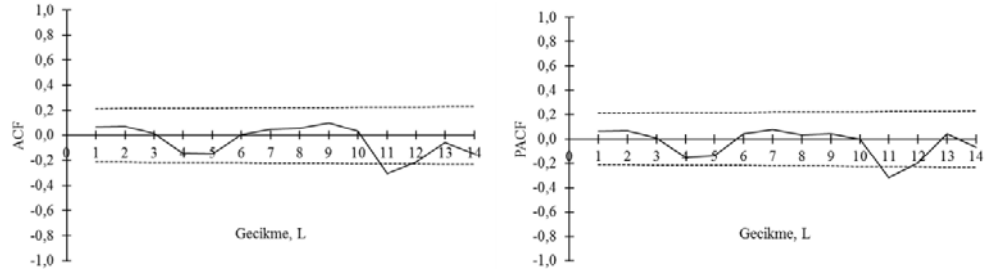
## 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kullanılan Antalya iline ait aylık ve yıllık yağış yüksekliği verileri, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 17300 istasyon numaralı Antalya Havalimanı yağışölçerine aittir. Bu istasyona ait yağış değerleri, 1933 yılından itibaren kesintisiz olarak mevcuttur (1930 ve 1931 yıllarına ait yağış kayıtları da bulunmaktadır). Zaman serisi analizleri, aylık ve yıllık yağışları ayrı ayrı ele almak için 2 ayrı alt bölümde uygulanmıştır.

### 3.1. Yıllık yağışlara ait modellerin değerlendirilmesi

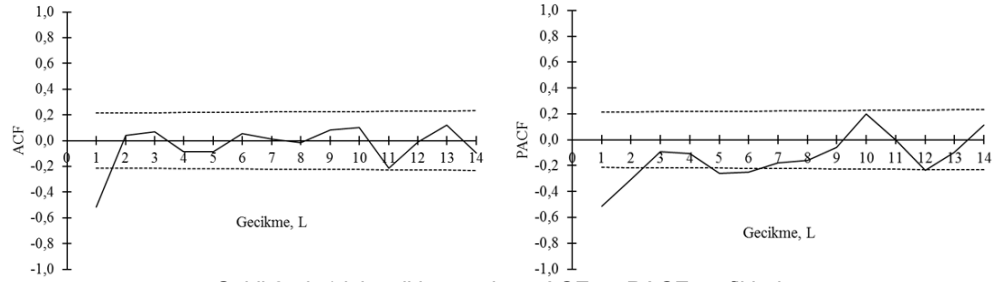
Antalya Havalimanı istasyonunda 1933-2018 tarihleri arasında ( $T_{yıl} = 86$  adet) kaydedilen yıllık yağışların aritmetik ortalaması ( $\mu$ ) 1049.8 mm, varyansı ( $\sigma^2$ ) 102609.6 mm<sup>2</sup>, standart sapması ( $\sigma$ ) 320.3 mm, çarpıklık katsayısı 0.31 ve Kurtosis katsayısı 3.07 'dir. Bu istatistik değerler incelendiğinde, zaman serisinin olasılık dağılım fonksiyonunun normal (simetrik) dağılıma yakın ve sağa çarpık (ortalama değerinden medyandan büyük olduğu) bir dağılım gösterdiği belirtilebilir. Bu istasyonda maksimum uç değerler 1969 ve 2001 tarihlerinde, sırasıyla 1914.3 mm ve 1891.8 mm olarak ölçülmüş, minimum uç değer ise 2008 yılında 283.7 mm olarak kaydedilmiştir.

Yıllık yağış verisine ait otokorelasyon fonksiyonu (ACF) grafiği (korelogram) Şekil 1a 'da, kısmi ACF (PACF) grafiği ise Şekil 1b 'de verilmiştir. Şekillerdeki kesikli çizgiler %95 güvenilirlik sınırlarının alt ve üst ( $\pm 1.96/\sqrt{T_{yıl} - L}$ ) değerlerini göstermektedir. Hem ACF grafiğinde (-0.305) ve hem de PACF grafiğinde (-0.318) güvenilirlik sınırlarının üzerinde çıkan otokorelasyon değerleri  $L=11$  için elde edilmiştir. Bu grafikler ele alındığında,  $L=11$  gecikme değeri için doğrusal ARMA modelinin diğer gecikme değerli ARIMA modellerine göre daha iyi bir korelasyon verebileceği ifade edilebilir.



Şekil 1. Yıllık yağışlara ait ACF ve PACF grafikleri (d=0).

Şekil 1 'deki grafiklere benzer bir şekilde, d=1 için farkı alınmış yıllık yağış yüksekliği zaman serisine ait ACF ve PACF grafikleri ise Şekil 2 'de verilmiştir. ACF grafiğinde %95 güvenirlilik sınırının üstüne çıkan korelasyonlar L=1 için (-0.516) elde edilirken, PACF grafiğinde ise L=1 ve L=2 'de (sırasıyla, -0.516 ve -0.306) bulunmuştur. Bu grafikler ele alındığında, L=1 gecikme değeri için doğrusal ARIMA modelinin diğer gecikme değerli ARIMA modellerine göre daha iyi bir korelasyon verebileceği ifade edilebilir.

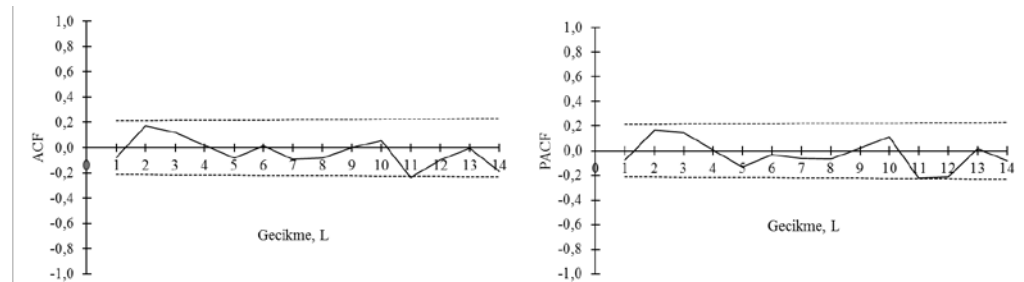


Şekil 2. d=1 için yıllık yağışların ACF ve PACF grafikleri.

Yıllık yağış verisi üzerinde Denklemler 1 - 4 ile ifade edilen stokastik modeller kurulmuş ve modellerin uygunluğu Denklem 5 'de verilen düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriterine ( $AIC_c$ ) göre belirlenmiştir. Tablo 1, ARIMA modellerinden elde edilen  $AIC_c$  sonuçlarını toplu halde göstermektedir. Tablo içerisindeki ARIMA(p,0,0), AR(p) modellerine işaret ederken; ARIMA(0,0,q) ise MA(q) modellerini göstermektedir. Benzer şekilde, ARIMA(p,1,0), ARI(p,1) modellerine işaret ederken; ARIMA(0,0,q) ise IMA(1,q) modellerini göstermektedir. Tabloya genel olarak bakıldığında, otoregresif parametreyi gösteren p 'nin ve hareketli ortalama parametresini gösteren q 'nun korelasyon oluşturmada etkisinin çok az olduğu söylenebilir. Bu tabloda, d=0 için en uygun modelin (en düşük  $AIC_c$  değeri için) ARIMA(3,0,3) olarak elde edilirken, d=1 için en uygun model ARIMA(1,1,5) bulunmuştur.

ARIMA(3,0,3) ve ARIMA(1,1,5) modellerine ait kalıntıların ACF ve PACF grafikleri Şekil 3 ve 4 'de çizilmiştir. Şekil 1 'de L=11 için küçükte olsa bir korelasyon görülürken, Şekil 3 'teki korelasyonlar %95 güvenirlilik sınırları içerisinde kalmıştır. Şekil 2 'de L=1 ve L=2 için büyük korelasyonlar görülürken, Şekil 4 'te L=11 için daha az da olsa korelasyonlar bulunmuştur. Bu grafikler bir bütün olarak incelendiğinde, ARIMA(3,0,3) modelinin yıllık yağışları daha iyi temsil ettiği belirtilebilir.

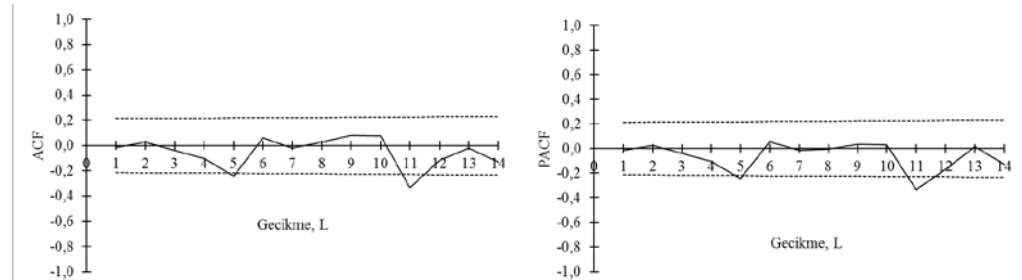
2030 tarihine kadar bu iki modelden hesaplanmış tahmini yağış miktarları Şekil 5 'te çizilmiştir. 2019-2030 tarihleri arasında tahmin edilen yağışların bir güvenirlilik sınırının olduğu ( $\hat{Y}_{t+h} \pm 1.96\hat{\sigma}$ ) belirtilmelidir. Bu tarihe kadar, ARIMA(3,0,3) modeline ait yıllık yağışların ortalaması 1049.0 mm (<1049.8 mm) elde edilirken, ARIMA(1,1,5) modeline ait yıllık yağışların ortalaması 1045.0 mm (<1049.8 mm) olarak hesaplanmıştır. Şekil 5 ve 2030 'a kadar hesaplanmış ortalama yağış yüksekliği değerleri, ARIMA(3,0,3) modelinin yağış yüksekliği tahminlerinde güvenirlilik sınırları içerisinde kullanılabileceğini göstermektedir.



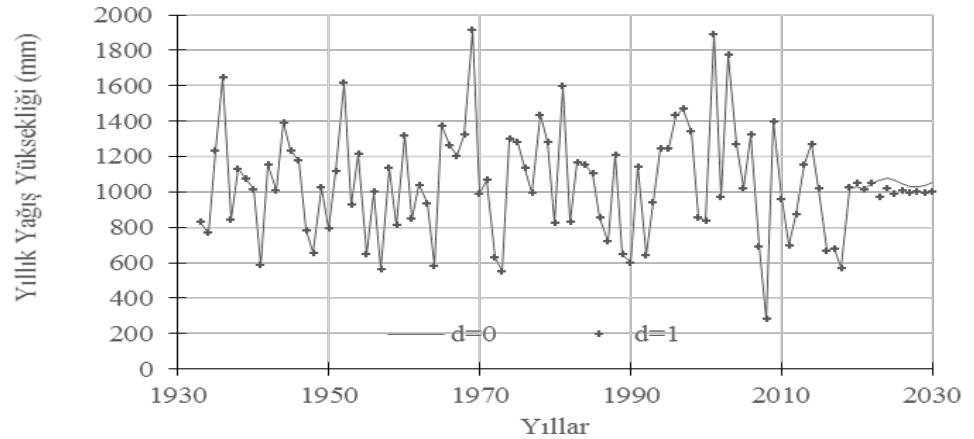
Şekil 3. ARIMA(3,0,3) modeline ait kalıntıların ACF ve PACF grafikleri.

**Tablo 1.** Yıllık yağış verisine ait ARIMA modellerinin AICc değerleri (Kır, 2020).

ARIMA(p,d,q)	1	2	3	4	5
ARIMA(p,0,0)	997.8	998.8	1000.6	997.0	996.5
ARIMA(0,0,q)	1028.4	1064.0	997.1	995.0	995.3
ARIMA(1,0,q)	999.7	1000.4	1001.6	998.8	984.7
ARIMA(2,0,q)	1001.0	965.2	1006.3	1000.4	982.6
<b>ARIMA(3,0,q)</b>	1001.2	972.7	<b>964.2</b>	973.1	979.0
ARIMA(4,0,q)	999.4	999.9	966.7	973.0	972.6
ARIMA(5,0,q)	999.1	978.2	976.8	977.3	1040.3
ARIMA(p,1,0)	1014.3	1007.1	1004.4	1004.8	1001.1
ARIMA(0,1,q)	1079.1	1036.7	1335.4	1006.2	985.1
<b>ARIMA(1,1,q)</b>	998.6	962.3	999.0	976.2	<b>961.3</b>
ARIMA(2,1,q)	964.9	982.2	970.9	979.0	963.9
ARIMA(3,1,q)	1006.0	1001.6	1060.0	969.6	966.1
ARIMA(4,1,q)	995.8	993.0	980.6	971.0	982.6
ARIMA(5,1,q)	968.2	975.6	977.1	981.2	982.9



Şekil 4. ARIMA(1,1,5) modeline ait kalıntıların ACF ve PACF grafikleri.



Şekil 5. ARIMA(3,0,3) ve ARIMA(1,1,5) modellerine ait yıllık yağış yüksekliği tahminleri.

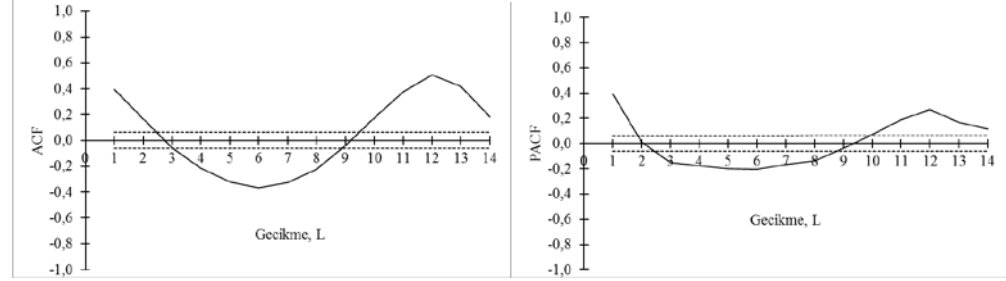
### 3.2. Aylık yağışlara ait modellerin değerlendirilmesi

Antalya Havalimanı istasyonunda 1933-2018 tarihleri arasında ( $T_{ay} = 1032$  adet) kaydedilen aylık yağışların aritmetik ortalaması ( $\mu$ ) 87.5 mm, varyansı ( $\sigma^2$ ) 15368.5 mm<sup>2</sup>, standart sapması ( $\sigma$ ) 124.0 mm, çarpıklık katsayısı 2.35 ve Kurtosis katsayısı 9.76 'dır. Bu istatistik değerler incelendiğinde, zaman serisinin olasılık dağılım fonksiyonunun normal dağılımdan çok uzak olduğu ve sağa çarpık bir dağılım gösterdiği belirtilebilir. Bu istasyonda maksimum uç değerler 1969 yılı Ocak ayında 797.8 mm ve 2001 yılı Kasım ayında 907.2 mm olarak kaydedilirken, Mart, Kasım ve Aralık ayları hariç tüm ayların bazı tarihlerinde yağışın olmadığı (0.0) belirlenmiştir.

Aylık yağış verisine ait Şekil 6 'da çizilmiş olan ACF ve PACF grafiklerinden, zaman serisinin L=12 için periyodik bir sezonluk değişime sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, s=12 için sezonluk ARIMA modellerinin bu zaman serisine uygulanması gerekmektedir. Tablo 2, ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)<sub>s=12</sub> modellerinden elde edilen AICc sonuçlarını göstermektedir. Tablo içerisindeki ilk satır otoregressif parametreleri (p,d,q), ilk sütun ise s=12 için sezonluk bileşenleri (P,D,Q) göstermektedir. Hesaplamalar, d=0 ve D=0 için gerçekleştirilmiştir. Tabloya genel olarak bakıldığında, hem P ve hem de Q değeri artarken daha düşük AICc değerleri (daha güçlü korelasyonlar) elde edilirken, p ve q 'nun değişmesi korelasyonları önemli değişikliğe yol açmamıştır. Sonuç olarak, Antalya Havalimanı'nda kaydedilen aylık yağışları en iyi temsil eden modelin ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> olduğu belirlenmiştir.



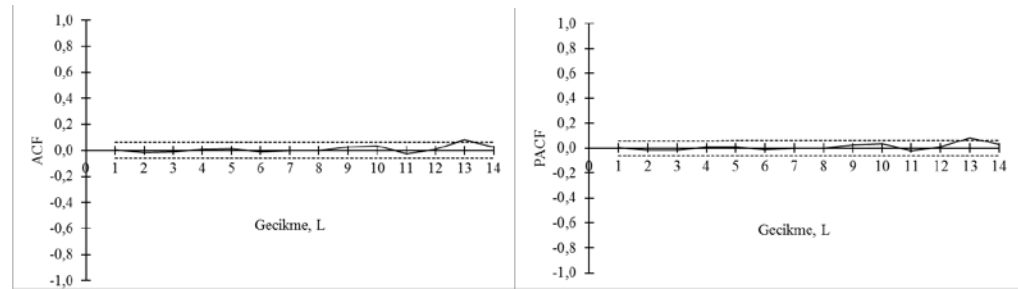
ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> modeline ait kalıntıların ACF ve PACF grafikleri Şekil 7 'de görülmektedir. Şekil 7 'ye göre, kalıntı değerleri arasındaki korelasyonlar %95 güvenilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. 2030 tarihine kadar hesaplanmış tahmini aylık yağış miktarları Şekil 8 'de çizilmiştir. 2019-2030 tarihleri arasında tahmin edilen aylık yağışların bir güvenilirlik sınırının olduğu ( $\hat{Y}_{t+h} \pm 1.96\hat{\sigma}$ ) belirtilmelidir. Bu tarihe kadar, ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> modeline ait aylık yağışların ortalaması 87.3 mm (~87.5 mm) olarak hesaplanmıştır. Şekil 8 ve 2030 'a kadar hesaplanmış ortalama aylık yağış yüksekliği değeri, ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> modelinin aylık yağış yüksekliği tahminlerinde güvenilirlik sınırları içerisinde kullanılabileceğini göstermektedir.



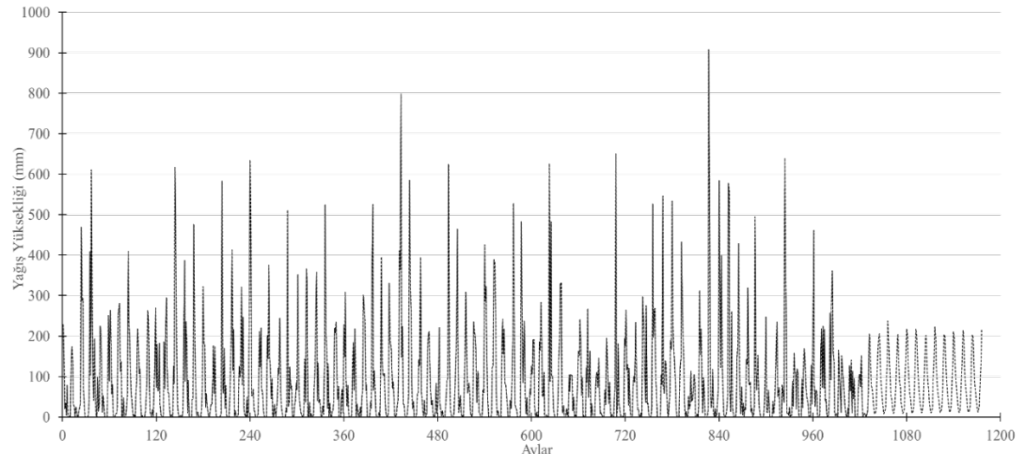
Şekil 6. Aylık yağışlara ait ACF ve PACF grafikleri.

**Tablo 2.** Aylık yağış verisine ait sezonluk ARIMA modellerinin AICc değerleri (Kır, 2020).

(p,d,q) (P,D,Q) <sub>12</sub>	(0,0,0)	(0,0,1)	(0,0,2)	(1,0,0)	(1,0,1)	(1,0,2)	(2,0,0)	(2,0,1)	(2,0,2)
(0,0,1) <sub>12</sub>	9753.1	9725.6	9712.8	9683.2	9664.4	9663.7	9683.9	9641.0	9421.9
(0,0,2) <sub>12</sub>	9687.4	9671.9	9667.9	9636.1	9604.1	9603.8	9636.4	9589.7	9556.0
(0,0,3) <sub>12</sub>	9609.9	9605.5	9607.1	9575.9	9533.7	9532.6	9575.1	9524.5	9517.8
(1,0,0) <sub>12</sub>	9647.5	9630.2	9626.1	9580.1	9564.8	9566.4	9582.1	9546.8	9522.6
(1,0,1) <sub>12</sub>	9355.2	9347.9	9345.4	9352.0	9346.4	9345.3	9345.8	9346.8	9345.2
(1,0,2) <sub>12</sub>	9391.0	9385.2	9385.1	9375.7	9371.4	9370.8	9367.8	9367.6	9366.9
(1,0,3) <sub>12</sub>	9377.0	9376.8	9378.5	9359.5	9359.1	9362.9	9349.4	9347.4	9345.9
(2,0,0) <sub>12</sub>	9569.9	9561.3	9561.5	9516.1	9498.2	9500.1	9518.2	9485.0	9460.3
(2,0,1) <sub>12</sub>	9398.6	9391.3	9390.3	9382.4	9378.1	9376.9	9374.6	9375.1	9373.4
(2,0,2) <sub>12</sub>	9343.6	9332.3	9331.5	9334.9	9325.5	9324.5	9329.8	9324.3	9322.1
(2,0,3) <sub>12</sub>	9332.4	9331.4	9333.3	9328.2	9326.6	9330.6	9320.6	9323.2	9324.0
(3,0,0) <sub>12</sub>	9486.5	9481.4	9483.4	9450.3	9437.2	9440.3	9450.2	9430.6	9422.4
(3,0,1) <sub>12</sub>	9371.8	9369.8	9371.2	9355.0	9356.3	9358.0	9347.9	9346.2	9343.8
(3,0,2) <sub>12</sub>	9331.2	9329.3	9331.2	9326.0	9326.1	9328.1	9320.2	9321.1	9321.8
(3,0,3) <sub>12</sub>	9305.3	<b>9294.0</b>	<b>9295.8</b>	9301.2	<b>9295.4</b>	9297.0	9298.7	9297.2	9299.0



Şekil 7. ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> modeline ait kalıntıların ACF ve PACF grafikleri.



Şekil 8. ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> modeline ait aylık yağış yüksekliği tahminleri.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Antalya iline ait aylık ve yıllık yağışların zaman serilerinin modellenmesi ele alınmıştır. 1933-2018 tarihleri arasındaki yağışlar için uygulanan stokastik yöntemlere göre, yıllık yağış kayıtlarının önemli bir korelasyona sahip olmadığı (beyaz gürültü serisi gösterdiği)  $d=0$  ve  $d=1$  için çizilen ACF ve PACF grafiklerinden görülmüştür. Yıllık yağışlar için belirlenen uygun modelin ARIMA(3,0,3) modeli olduğu ve kalıntılara ait ACF ve PACF grafiklerinde ise korelasyonların iyice azaldığı ve %95 güvenilirlik sınırları içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu modelin 2030 tarihine kadar yapılan tahmin sonuçlarına göre aritmetik ortalama değer (1049.0 mm), kaydedilmiş değere (1049.8 mm) yakın elde edilmiştir. Aylık yağışlar göz önüne alındığında ise, zaman serisinin  $s=12$  olan sezonluk bir değişim gösterdiği ACF ve PACF grafiklerinden gözlenmiştir. Modelleme çalışmaları neticesinde, aylık yağışları en iyi temsil eden modelin ARIMA(0,0,1)(3,0,3)<sub>s=12</sub> olduğu belirlenmiştir. Bu modelin 2030 tarihine kadar yapılan tahmin sonuçlarına göre hesaplanan aritmetik ortalama değeri (87.3 mm), kaydedilmiş değere (87.5 mm) oldukça yakın elde edilmiştir. Antalya ili aylık ve yıllık yağış yüksekliği tahminlerinin, geliştirilen bu modeller yardımı ile güvenilirlik sınırları içerisinde yapılabileceği belirtilebilir.

#### 5. Kaynaklar

- Akaike, H., 1974. A New Look at the Statistical Model Identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19 (6): 716–723.
- Altunkaynak, A., Başakın, E.E., 2018. Zaman Serileri Kullanılarak Nehir Akım Tahmini ve Farklı Yöntemlerle Karşılaştırılması. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 92-101.
- Baran, T., Bacanlı, Ü.G., 2006. Uygun Stokastik Model Seçim Ölçütlerinin Değerlendirilmesi. İMO Teknik Dergi, 3987-4002.
- Bayazit, M., 1981. Hidrolojide İstatistiksel Yöntemler. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 166s., İstanbul.
- Büyükyıldız, M., 2004. Orta Anadolu Kapalı Havzasının Yıllık Ortalama Akımlarının Stokastik Modellemesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 19(1), 13-28.
- Haktanır, T., Kara, M.B., Açıkanal, N., 2019. Sentetik Aylık Akarsu Akımları İçin Çok Serili Ar(0)+Arma(1,1) Modeli. 10. Ulusal Hidroloji Kongresi, 149-162, Muğla.
- Hurvich, C.M., Tsai, C.-L. 1989. Regression and Time Series Model Selection in Small Samples. Biometrika, 76 (2): 297–307
- Güldal, V., Tongal, H., 2010. Sınır Otoregresif (TAR) Modelleriyle Akım Serilerinin Analizi. VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, 731-744, Denizli.
- Güldal, V., Tongal, H., 2011. Akarsu Akımlarında Volatilitenin Non-Lineer Varyans Modelleri ile İncelenmesi: Köprüçay Nehri Örneği. İMO Teknik Dergi, 353, 5471-5485.
- İçağa, Y., 2001. Akarçay Aylık Akımlarının Modellenmesi. III. Ulusal Hidroloji Kongresi, 637–640, İzmir.
- Kâhya, E., Karabörk, Ç., Kalaycı, S., 1998. Yeşilirmak Havzasında ARIMA ve Çok Değişkenli Stokastik Modelleme Uygulamaları. II. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu, 195-203, Ankara.
- Keskin, M.E., Taylan, E.D., Aydın, T., 2015. Dalaman Çayı Akımlarının Yıllık Zaman Serileri ile Modellenmesi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, 573-581, Şanlıurfa.
- Kır, E.G., 2020. Antalya İlindeki Yağışların Otoregresif Yöntemlerle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 84 s.
- Kurak, M., 2013. İzmir'e Su Sağlayan Kuyularda Yeraltı Suyu Seviye Salınımlarının Stokastik Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 143s, İzmir.
- Merzi, N., Usul, N., Usul, G., 1995. Çoruh Havzası'nda Oltu Nehri'nin (2323 numaralı istasyonun) Aylık Akımlarının Stokastik Modellemesi. İMO Teknik Dergi, 6(4), 1049-1058.
- Özçelik, C., 2007. Aylık Akışlar İçin Genelleştirilmiş Periyodik Bileşen Modelleri. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 223s, İzmir.
- Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., Lane, W.L., 1980. Applied Modeling of Hydrologic Time Series. Water Resources Publications, 484p, Colorado.
- Şarlak, N., Şorman, A.Ü., 2007. Gamma Otoregresif Modeller ve Kızılırmak Havzasına Uygulama. İMO Teknik Dergi, 18(90), 4219 -4227.
- Taş, E., 2018. Günlük Akımların Stokastik Modellemesi Üzerine Bir Uygulama. Uluslararası V. Baraj Güvenliği Sempozyumu, İstanbul.
- Taylan, E.D., 2008. Akdeniz Bölgesindeki Akımların Tahmini İçin Akıllı Sistemlerin Uygulanması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 181s, Isparta.
- Tongal, H., 2012. Akarsu Akımlarının Nonlineerlik, Stokastik ve Belirsizlik Özelliklerinin Matematiksel Tabanlı Metotlarda İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 231s, Isparta.
- Yürekli, K., 2001. Çorum Çat Deresi Yıllık Akım Serisinin Stokastik Analizi. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(1), 1-8.