



EGE BÖLGESİ STANDART SÜRELİ YILLIK MAKSİMUM YAĞIŞLARI İÇİN EN UYGUN DAĞILIMLAR

BEST FITTING DISTRIBUTIONS FOR THE STANDARD DURATION ANNUAL MAXIMUM PRECIPITATIONS IN THE AEGEAN REGION

Halil KARAHAN^{1*}, Esra ÖZKAN¹

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, 20070, Denizli.

hkarahan@pau.edu.tr, eoalkan093@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 23.05.2012, Kabul Tarihi/Accepted: 26.09.2012

doi: 10.5505/pajes.2013.29392

* Yazışılan yazar/Corresponding author

Özet

Su kaynaklarının temel girdisi olan yağışların; miktarı, süresi, şiddeti, alansal ve zamansal değişimi v.b. özelliklerinin bilinmesi; su kaynakları, tarım, kentleşme, drenaj, taşkın kontrolü ve ulaşım gibi farklı sektörler için planlama, tasarım, inşaat ve işletme çalışmaları için gereklidir. Belirtilen faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için; mevcut gözlemlere dayalı, güvenilir ve gerçekçi tahminlerin yapılması gerekir. Güvenilir tahmin yapabilmeyen ilk aşaması ise mevcut gözlemlerin güvenilirliğinin test edilmesidir. Bu çalışmada; DMİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Ege Bölgesi il ve ilçe merkezlerinde yer alan meteoroloji istasyonlarında (1929-2005 yıllarında) ölçülen standart süreli maksimum yağış değerlerinin hangi dağılıma uydıklarını belirlemek için; Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare dağılım uygunluk testleri uygulanmıştır. Anderson-Darling testine göre gözlemlerin tümüne yakını GEV dağılımına uyum gösterirken, Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare testlerine göre kısa, orta ve uzun süreli yağış gözlemleri için genellikle GEV, Gamma ve Log-Normal dağılımın uygun olduğu görülmüştür. Seçilen olasılık dağılımının parametrelerini belirlemek için farklı dağılımlara göre maksimum olasılık (LN2, LN3, EXP2, Gamma3), olasılık-ağırlıklı momentler (LP3, Gamma2), L-momentler (GEV) ve en küçük kareler (Weibull2) yöntemleri kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Ki-Kare dağılım uygunluk testleri.

Abstract

Knowing the properties like amount, duration, intensity, spatial and temporal variation etc... of precipitation which is the primary input of water resources is required for planning, design, construction and operation studies of various sectors like water resources, agriculture, urbanization, drainage, flood control and transportation. For executing the mentioned practices, reliable and realistic estimations based on existing observations should be made. The first step of making a reliable estimation is to test the reliability of existing observations. In this study, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling and Chi-Square goodness of distribution fit tests were applied for determining to which distribution the measured standard duration maximum precipitation values (in the years 1929-2005) fit in the meteorological stations operated by the Turkish State Meteorological Service (DMI) which are located in the city and town centers of Aegean Region. While all the observations fit to GEV distribution according to Anderson-Darling test, it was seen that short, mid-term and long duration precipitation observations generally fit to GEV, Gamma and Log-normal distribution according to Kolmogorov-Smirnov and Chi-square tests. To determine the parameters of the chosen probability distribution, maximum likelihood (LN2, LN3, EXP2, Gamma3), probability-weighted distribution (LP3, Gamma2), L-moments (GEV) and least squares (Weibull2) methods were used according to different distributions.

Keywords: Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Chi-Square goodness-of-fit tests .

1 Giriş

Standart süreli maksimum yağış (SSMY) değerleri; su yapılarının ve kentsel altyapı sistemlerinin tasarımı ve işletilmesinde; sistemi kontrol eden en önemli girdilerden birisi olup, belli yinleme süresine sahip standart süreli yağış değerlerinin güvenilir olarak tahmin edilmesi gerekir. Ülkemizde SSMY'nin frekans analizinde kullanılacak en uygun dağılımın belirlenmesi konusunda yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmaların en kapsamlısı; DSİ tarafından hazırlanan "Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Analizi" isimli çalışmadır [1]. Belirtilen çalışmada; en az 10 yıl güvenilir yağış gözlemi olan 202 Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) yağış istasyonunun standart süreli maksimum yağış değerleri (SSMY) ve 1575 DMİ/DSİ yağış istasyonunun yıllık günlük maksimum ve yıllık toplam yağış değerleri derlenmiştir. Söz konusu çalışma en son 1988 yılına kadar olan gözlemleri içermekte olup; maksimum yağışların noktasal frekans analizinde, dizilere en iyi uyum olasılık dağılım fonksiyonu Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk testleri ile

belirlenmiştir. Belirtilen çalışmada; DSİ Etüt ve Plan Dairesi Taşkınlar Hidrolojisi servisinde geliştirilip DSİ VII. Bölge Müdürlüğü (Samsun) hidrolojistlerince revize edilen bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu programın kapsamında yer alan Normal (N), Log-Normal II (LN2), Log-Normal III (LN3), Gamma II (G2), Log-Pearson III (LP3) ve Gumbel (GUM veya EV1) olasılık dağılım fonksiyonları serilere uygulanarak, Türkiye maksimum yağışlarının en çok LP3 ile LN2 ve LN3 dağılım fonksiyonlarına uyduğu ifade edilmiştir [2]. Şiddet-Süre-Frekans ilişkisinde genel olarak kullanılan istatistiksel dağılımlar: Gumbel, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Gamma, Lognormal, LogPearson III, Üstel Dağılım, v.b. olarak sıralanmaktadır [3]. İlgili çalışmada; bu dağılımlar içerisinde ŞSF bağıntılarının Gumbel ve Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımlarına daha iyi uyduğunu gösterdiği belirtilmektedir.

Aşıkoğlu [4], Ege bölgesindeki yıllık yağış gözlemlerinin homojenliklerini test etmiş ve 23 istasyonda gözlenen standart süreli yağışların bölgesel frekans analizini gerçekleştirmiştir. Benzeden ve Emre [5], İzmir DMI istasyonuna ait standart süreli maksimum yağışlara Gumbel ve iki parametrelili lognormal dağılım modellerini uygulamıştır. Aşıkoğlu [6],

İzmir meteoroloji istasyonunda gözlenen standart süreli yıllık maksimum yağış (SSMY) verileri için şiddet-süre-frekans bağıntılarını elde etmiştir. Lopçu [7], İzmir ve Uşak illerinde kaydedilen yıllık maksimum yağış şiddetlerine ait şiddet-süre-frekans (SSF) bağıntılarını yarı ampirik ve karma modeller kullanılarak elde etmiştir.

Yukarıda belirtilen çalışmaların tümü noktasal frekans analizine ait uygulamalardır.

Benzeden v.d., [8] istatistiksel açıdan homojen olarak tanımlanan Güney Ege'de, özellikle ölçüm bulunmayan noktalarda T-tekerrürlü olay büyüklüğünü tahmin etmek amacıyla iki parametrelili Log-Normal dağılıma dayalı bir indeks yöntemi kullanarak Ege bölgesindeki yağışların bölgelendirilmesi konusunu incelemiştir. İlgili çalışmada, homojen alt bölgelerin belirlenmesi için Log-Normal varsayımına dayalı bir student-t testi kullanılmış ve Ege bölgesi Kuzey ve Güney Ege olarak iki alt bölgeye ayrılmıştır. İlgili çalışmada kullanılan veriler en son 1987 yılına kadar olup, Ege bölgesinin kıyı ve orta kesimlerinde yer alan istasyonların verileri kullanılmış olup, Ege Bölgesinin tümünü kapsamamaktadır.

Ülkemizdeki uygulamalarda yaygın olarak kullanılan çalışmanın [1] en son 1988 yılına kadar olan gözlemleri içermesi nedeniyle; bazı istasyonlarda ölçüm süresinin kısıtlılığı nedeniyle uygun dağılımın seçilmesinde yanılgılara sebep olabileceği gibi, son yıllardaki yağış özelliklerindeki değişimlerin dikkate alınmaması da diğer önemli bir eksiklik olarak sıralanabilir [9]. Benzer şekilde; yukarıda bir bölümü özetlenen çalışmalarda kullanılan gözlem verilerinin sınırlı ve güncel olmaması, analizlerin birkaç istasyonla sınırlı olması ve/veya gözlenmiş frekansları temsil edebileceği umulan birkaç kuramsal olasılık dağılım modelinin sınanmış olması gibi eksikler dikkat çekmektedir.

SSMY verilerinin değerlendirilmesinde karşılaşılan en önemli sorun, aynı istasyonda yağış süresi değiştikçe en uygun frekans dağılım modeli türünün değişim göstermesi olup, bununla ilgili ilginç bir örnek Manisa istasyonunun SSMY değerleri kullanılarak [10]'nolu kaynakta verilmiştir. İlgili çalışmada; en uygun dağılımın seçilmesinde aykırı değerlerin önemli rol oynadığı gösterilmiş, Uşak ve İzmir istasyonları için bu durum detaylı olarak incelenmiş, hatalı değerler ayıklanmak suretiyle SSF eğrilerinin birbirlerini kesmesi önlenmiştir [10]-[11].

Her istasyon ve standart süre için tekrarlanması gereken bu irdelemenin çok yoğun bir işlem gerektirdiği açıktır. Son yıllarda Genetik Algoritma [12]-[13], Armoni Araştırma Tekniği (AAT) [11] ve Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) [9] gibi sezgisel optimizasyon yöntemleri noktasal veya bölgesel SSF bağıntılarının elde edilmesinde etkin ve alternatif bir yöntem olduğu ve yukarıda belirtilen aykırı veya hatalı değerlerin yol açtığı sorunları büyük oranda ortadan kaldırdığı gösterilmiştir. Ayrıca, türe ve dayalı optimizasyon algoritmalarının da uygun başlangıç koşulları ile söz konusu bağıntıların elde edilmesinde kullanılabilirliği [14] gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamındaki analizler; ilk yazarın yürütücülüğünde tamamlanmış olan; Bölgesel Yağış-Şiddet-Süre-Frekans Bağıntılarının Diferansiyel Gelişim Algoritması Kullanılarak elde edilmesi isimli bir TÜBİTAK projesi kapsamında yapılmış olup, detaylı bilgiler ilgili proje raporlarında yer almaktadır [15].

2 Materyal ve Yöntem

2.1 Dağılım Uygunluk Testleri

SSMY gibi rastgele unsuru ağır basan hidrolojik olaylar ancak oluşum frekansları (görülme sıklıkları) ile tanımlanabilmektedirler. Gözlenmiş frekansların analitik tanımlanmasında parametrik modeller yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tanımlamada, önce gözlenmiş frekansları temsil edebileceği umulan bir veya daha çok sayıda kuramsal olasılık dağılım modeli öngörülmektedir. Daha sonra, elde edilen örnek değerlerinden hareketle kuramsal modeldeki parametrelerin örnek tahminleri yapılmaktadır [10]. Bu amacın doğru ve güvenilir biçimde gerçekleştirilebilmesi için öngörülen teorik dağılım modelinin seçimi ve seçilen modelin parametrelerinin uygun bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Gözlemlerinin belli dağılım popülasyonlarından gelip gelmediğini test etmek amacıyla literatürde birçok teknik kullanılmaktadır. Bunlar arasında; Ki-Kare testi, L-Moment oranları tekniği, korelasyona dayalı testler ve ampirik dağılım fonksiyonuna bağlı testler sayılabilir [16]-[21]. Birçok çalışmada; geniş örneklem büyüklüklerinde ampirik dağılım fonksiyonuna bağlı testlerin diğer testlere göre daha güçlü olduğu belirtilmektedir [22]. Söz konusu ampirik dağılım fonksiyonuna bağlı testler: Kolmogorov-Smirnov(K-S), Cramer Von Mises (CVM), Anderson Darling (AD) ve Düzeltilmiş Anderson Darling (MAD) testidir.

Bu çalışmada kullanılan EasyFitpaket programı 61 tip teorik dağılım modeli için uygunluk incelemesi yapabilmektedir [23]. Ancak, işlem süresini kısaltmak için tüm dağılım modelleri yerine hidrolojik süreçlerde en çok görülen Log-Normal II (LN2), Log-Normal III (LN3), Gumbel (GUM), Genel Ekstem Değer (GEV), Gamma (G1), Gamma II (G2), Gamma III (G3) ve Log-Pearson III (LP3) v.b. dağılımlardan biri hedeflenmiştir. Easy-Fit programı seçilen olasılık dağılımının parametrelerini belirlemede farklı dağılımlara göre maksimum olasılık (LN2, LN3, EXP2, G3), olasılık-ağırlıklı momentler (LP3,G2), L-momentler (GEV) ve en küçük kareler (Weibull2) yöntemlerinden birini standart olarak kullanmaktadır.

Bu çalışmada; SSMY gözlemlerinin öngörülen teorik dağılım modellerinden hangisine daha iyi uyduğunu belirlemek amacıyla yukarıda belirtilen tekniklerden Ki-Kare testi ve ampirik dağılım fonksiyonuna bağlı testlerden Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testleri uygulanmıştır. Bu testler veri setinin belli bir dağılım popülasyonundan geldiği varsayımını test eder (ya da istatistiksel açıdan sıfır hipotezini test etmek için kullanılır). Pratikte Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare testleri daha geniş kullanım alanına sahiptir [24].

2.2 Test İstatistikleri

Kolmogorov-Smirnov tarafından geliştirilen K-S testi, gözlenmiş eklenik olasılık dağılım fonksiyonu ile varsayılan teorik olasılık dağılım fonksiyonu arasındaki karşılaştırmaya dayanır. K-S testinin önemli özelliği, test edilen dağılımın eklenik fonksiyonuna bağlı olmamasıdır. Bu avantajına rağmen K-S testi dağılımın merkezinde daha duyarlıdır.

K-S testinde gözlem eklenik olasılık fonksiyonu, $P(x)$, ile kabul edileceği varsayılan dağılımın eklenik olasılık fonksiyonu, $P_0(x)$, arasındaki maksimum fark, teorik model ile gözlenen veriler arasındaki ölçülmüş farktır. Bu fark; Denklem (1)'deki gibi gösterilebilir.

$$D_n = \max|P(x) - P_0(x)| \quad (1)$$

Eğer D_n değeri kritik değerden küçükse varsayılan dağılım kabul edilir; aksi takdirde belirtilen anlamlılık düzeyinde reddedilir.

Anderson-Darling testi K-S testinin aksine test edilen dağılımın kritik değerini kullanır. Her dağılım için ayrı kritik değer hesaplanması gereklidir. Anderson-Darling testi dağılımın uç kısmında daha duyarlıdır [25].

Anderson-Darling istatistiği ise Denklem (2)'de tanımlanmıştır.

$$A^2 = -N - \sum_{i=1}^n \frac{2i-1}{N} \{ \ln[F(Y_i)] + \ln[F(Y_{(N+1-i)})] \} \quad (2)$$

Burada;

F : Belirtilen dağılımın eklenik dağılım fonksiyonu,

Y_i : Sıralanmış verilerdir.

Anderson-Darling testi tek yönlü bir test olup, test istatistiği kritik değerden büyükse sıfır hipotezi reddedilir.

Ki-Kare test istatistiğini hesaplamak için veriler "k" gruba bölünür. Ki-Kare test istatistiği Denklem (3)'e göre hesaplanır.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i \quad (3)$$

Burada; O_i : gözlenen değeri, E_i : beklenen değeri, göstermektedir.

Ki-Kare testinde güvenilir bir tahminde bulunabilmek için beklenen frekanslar 5'ten az olmamalıdır. Bazı frekanslar 5'ten küçükse izleyen sınıftaki frekanslarla birleştirilmelidir. Hesaplanan Ki-Kare Test İstatistiği Kritik Değerden Büyükse Sıfır Hipotezi Reddedilir.

3 Uygulama

DMİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Ege Bölgesi il ve ilçe merkezlerinde yer alan meteoroloji istasyonlarında (1929-2005 yıllarında) ölçülen standart süreli maksimum yağış değerleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan istasyonların isimleri, gözlem süreleri ve coğrafi bilgileri Tablo 1'de verilmektedir [11]. Belirtilen istasyonlara ait SSMY değerleri, [1] ve birinci yazarın yürütücülüğünde gerçekleştirilen TÜBİTAK projesi [15] kapsamında DMİ Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir.

SSMY gözlemlerinin öngörülen dağılım modellerinden hangisine daha uygun olduğunu belirlemek için EasyFit Professional paket programı 5.3 sürümü kullanılmıştır. İlgili menülerden yukarıda belirtilen dağılımlar seçildikten sonra; hangi dağılım uygunluk testi veya testlerinin uygulanacağı Şekil 1'de gösterilen menüden seçilmektedir. Ayrıca, maksimum deneme sayısı ve duyarlık değeri de bu menüden seçilebilmektedir.

Teorik dağılım fonksiyonlarının parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan EasyFit programı genellikle maksimum olabilirlik yöntemini kullanmakta olup, dağılım türüne göre parametre kestiriminde kullanılan yöntem değişmektedir. Seçilen olasılık dağılımının parametrelerini belirlemek için farklı dağılımlara göre maksimum olabilirlik (LN2, LN3, EXP2, Gamma3), olasılık-ağırlıklı momentler (LP3, Gamma2), L-momentler (GEV) ve en küçük kareler (Weibull2) yöntemleri kullanılmaktadır. Tablo 2'de 5 dak. süreli İzmir SSMY değerleri için dağılım uygunluk test sonuçları görülmektedir.

Tablo 2'den görüleceği gibi incelenen 9 dağılım türü için Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare dağılım uygunluk testlerine göre gözlenmiş SSMY değerlerinin hangi

dağılıma uydukları program çıktısı olarak elde edilmektedir. Eğer gözlem verisi seçilen dağılımlardan herhangi birine uymuyorsa bu durum Tablo 2'de verilen çıktıda belirtilmektedir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan DMİ istasyonlarının gözlem süreleri ve coğrafi konumları.

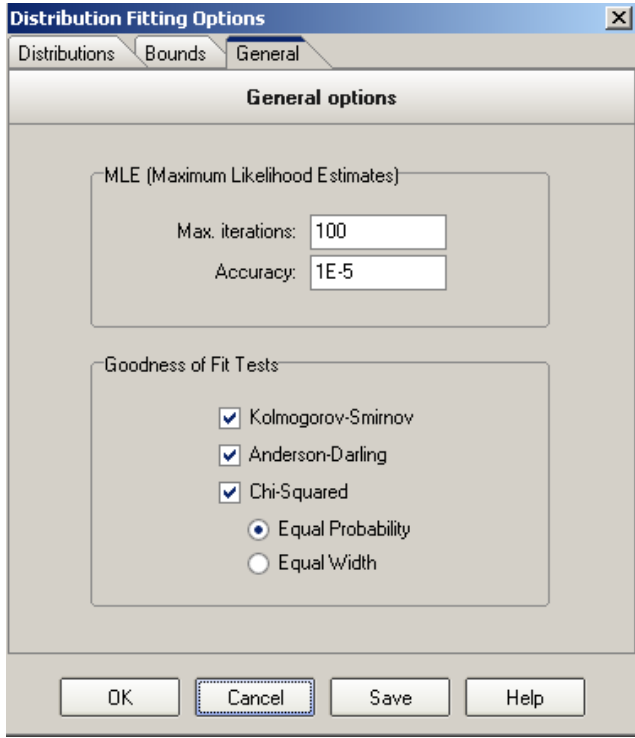
Sıra No	İstasyon Adı	Gözlem Süresi (Yıl)	Yükselti (m)	Enlem (K)	Boylam (D)
1	Acıpayam	36	1000	37,419	29,339
2	Afyon	45	1050	38,75	30,538
3	Akhisar	41	100	38,917	27,83
4	Aydın	46	70	37,854	27,841
5	Ayvalık	39	10	39,307	26,687
6	Bergama	39	50	39,118	27,174
7	Bodrum	41	10	37,036	27,427
8	Bolvadin	33	995	38,706	31,045
9	Bornova	42	50	38,46	27,206
10	Çeşme	40	10	38,323	26,302
11	Dalaman	13	10	36,762	28,792
12	Demirci	13	900	39,044	28,652
13	Denizli	47	400	37,775	29,078
14	Dikili	47	10	39,073	26,884
15	Dinar	38	900	38,066	30,162
16	Edremit	41	25	39,587	27,012
17	Fethiye	46	10	36,621	29,102
18	Gediz	34	800	38,986	29,39
19	Güney	37	750	38,154	29,054
20	İzmir	68	8	38,425	27,126
21	Kemalpaşa	27	230	38,424	27,412
22	Kütahya	60	970	39,414	29,973
23	Manisa	48	75	38,613	27,425
24	Marmaris	40	10	36,85	28,267
25	Milas	41	50	37,304	27,779
26	Muğla	62	660	37,209	28,352
27	Nazilli	23	90	37,904	28,319
28	Ödemiş	37	120	38,222	27,971
29	Salihli	39	110	38,473	28,123
30	Selçuk	41	20	37,946	27,364
31	Simav	41	830	39,084	28,965
32	Sultanhisar	29	90	37,887	28,149
33	Tavşanlı	37	840	39,542	29,49
34	Uşak	61	900	38,67	29,402
35	Yatağan	40	400	37,338	28,129

İlgili tablo'dan İzmir DMİ istasyonunun 5 dak. süreli SSMY değerlerinin Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testine göre GEV dağılımına, Ki-Kare testine göre ise Gamma3 dağılımına en iyi uyduğu görülmektedir. Diğer standart süreler için yapılan analiz sonuçları Tablo 3-5'de 20'nolu satırda verilmektedir.

EasyFit programı yukarıda gösterilen esnek kullanım menüleri ile otomatik veya kullanıcı tarafından yapılan tanımlamalara göre çalıştırılabilmekte ve farklı elektronik tablolama programlarından veri aktarım özelliği sayesinde veri girişini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, Visual Basic Ortamında (VBO) yazılacak makro veya kodlar sayesinde veri girişi başka

programlarla bütünleşik hale getirilebilmektedir. Bu nedenle; ekonomistlerin, mühendislerin, bilim insanlarının yanı sıra risk analizi, pazar araştırmaları gibi geniş bir yelpazede yer alan kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında programın hidroloji alanında da başarıyla kullanılabilme potansiyeli olduğu ortaya konulmuştur.

Standart süreli maksimum yağış (SSMY) verilerine uygulanan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-kare testleri sonucunda elde edilen bulgular ile ilgili ayrıntılar Tablo 3-5'te verilmiştir.



Şekil 1: Dağılım uygunluk testi ve model parametrelerinin seçim menüsü.

Tablo 2: İzmir DMİ istasyonu 5 dak. standart süreli maksimum yağışları için dağılım uygunluk test sonuçları.

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Exponential	0,33536	8	11,712	8	63,39	8
2	Exponential (2P)	0,28245	7	8,2935	7	43,675	7
3	Gamma	0,09676	6	0,63585	6	6,4047	4
4	Gamma (3P)	0,08876	4	0,49701	3	5,4603	1
5	Gen. Extreme Value	0,07813	1	0,34816	1	6,2353	2
6	Log-Pearson 3	0,0912	5	0,56609	5	6,2568	3
7	Lognormal	0,08852	3	0,54418	4	6,5571	5
8	Lognormal (3P)	0,08297	2	0,39594	2	7,3891	6
9	Pareto	0,39831	9	18,519	9	95,154	9

4 Sonuçlar

Ege Bölgesi il ve ilçe merkezlerinde yer alan meteoroloji istasyonlarında (1929-2005) yılları arasında ölçülen standart süreli maksimum yağış değerleri analiz edilmeden önce Eklenik Yağış Yüksekliği Analizi (EYYA) ve L-Momentler D Analizi (LMDA) ile güvenilirliği düşük veya hatalı veriler birinci

yazarın yönetiminde gerçekleştirilen TÜBİTAK projesi kapsamında [15] açıklanmış ve kaynak [26]'da bu prosedür açıklanmıştır. Hatalı veya güvenilirliği düşük olan veriler ayıklandıktan sonra uygulanan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare testleri sonucunda elde edilen bulgular ise Tablo 2, 3 ve 4'te özetlenmiştir. Test sonuçları incelendiğinde gözlem verilerinin tek bir dağılıma uymadığı görülmektedir. Ayrıca, testlerin kullandığı kritik değer, test edilen dağılımın parametreleri ve test tekniği açısından üç teste göre de kısa, orta ve uzun süreli yağış değerlerinin uyduğu dağılımların farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu durum aşağıda istatistiksel olarak özetlenmiştir.

Kolmogorov-Smirnov test sonuçlarına göre; kısa süreli verilerin (5-30 dak) % 57'sinin GEV dağılımına, % 22'sinin Gamma dağılımına, % 17'sinin Log-Normal dağılıma uyduğu görülmektedir. Orta süreli (60-300 dak) gözlem verilerinin % 45'nin GEV, % 27'sinin Log-Normal, % 13'ünün ise Gamma dağılımına uyduğu belirlenmiştir. Uzun süreli yağış gözlemlerinin ise (360-1440 dak) % 56'sının GEV, % 18'inin Log-Normal, % 15'inin ise Gamma dağılımına uyduğu gözlenmiştir. Ayrıca, verilerin Log-Pearson III, Log-Normal III, Üstel (Exponential) II ve Gamma III dağılımlarına da uyduğu belirlenmiştir.

Anderson-Darling test sonuçlarına göre; kısa, orta ve uzun süreli yağışların % 100'üne yakın bir oranda GEV dağılımına uyduğu görülmüştür. Gözlem değerlerinin tamamına yakını GEV dağılımına uysa da, Gamma III, Log-Pearson III, Log-Normal dağılımlarına da uygunluk gösterdiği gözlenmiştir.

Ki-Kare testi sonucunda ise; kısa süreli gözlemlerin (5-30 dak) % 34'ünün Gamma, % 30'unun GEV, % 24'ünün Log-Normal dağılıma uyduğu gözlenmiştir. Orta süreli (60-300 dak) verilerin % 32'sinin GEV, % 31'inin Log-Normal, % 23'ünün Gamma dağılımına uyduğu belirlenmiştir. Uzun süreli verilerin ise (360-1440 dak) % 34'ünün Gamma, % 30'unun GEV, % 22'sinin ise Log-Normal dağılıma uyduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda, verilerin Log-Pearson III, Log-Normal III, ExponentialII ve Gamma III dağılımlarına da uyduğu görülmüştür.

Yukarıda belirtilen bulgulardan; Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare test sonuçları arasında genel olarak bir uyumun bulunduğu ancak Anderson-Darling test sonuçlarının diğer iki testten tamamen farklı sonuçlar verdiği ve sonuçların yağış süresine göre değişmediği görülmektedir. Bu durumun; testlerin kullandığı kritik değer, test edilen dağılımın parametrelerinin belirlenmesindeki yaklaşımlardan ve gözlem verilerindeki hatalı gözlemlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tablo 3-5'te özetlenen test sonuçları ile ilgili detaylı analizler birinci yazarın yürütücülüğünde tamamlanmış olan bir TÜBİTAK projesinde yer almaktadır. Söz konusu proje kapsamında; aynı gözlem değerleri kullanılarak L-Momentler homojenlik testleri ve Bulanık c-ortalama kümeleme analizleri ile gözlem verilerinin en iyi GEV ve Gumbel dağılımlarına uygunluk gösterdiği bulunmuştur.

5 Teşekkür

Bu çalışma; birinci yazarın yöneticiliğinde tamamlanmış olan 108Y299 No'lu TÜBİTAK projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Yazarlar, desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve çalışmada kullanılan SSMY verilerinin temin edildiği DMİ'ye teşekkürlerini sunarlar.

Tablo 3: Standart süreler için Kolmogorov- Smirnov Testi'ne göre belirlenmiş en uygun dağılımlar.

ISTASYON	5	10	15	30	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440
1	LN	GEV	GEV	Gamma	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	GEV
2	LN	GEV	GEV	GEV	Gamma3	LP3	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	GEV	LN	GEV
3	GEV	GEV	GEV	LN	LP3	LN	GEV	LN	LN	LN	Gamma	GEV	LN	GEV
4	Gamma	Gamma	LN	GEV	GEV	LN	LN	LN	LN3	GEV	GEV	GEV	LN	GEV
5	LN	GEV	GEV	LN	LN	LN	LN	LN	Gamma	GEV	GEV	GEV	LN	GEV
6	GEV	Gamma	GEV	GEV	LN	LN3	LN	LN	LN	GEV	LN	GEV	LN3	GEV
7	LN	GEV	LN	GEV	LN	Exp2	GEV	LN3	GEV	Gamma	Gamma	LN3	LN	GEV
8	GEV	GEV	GEV	Exp2	GEV	LP3	LN3	LN3	GEV	Gamma	Gamma	LN	GEV	LN
9	GEV	LN	GEV	LN	GEV	LN3	LN3	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	LN	GEV	LN
10	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	LN	LN	GEV	LN	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	GEV
11	GEV	LP3	GEV	GEV	LN3	GEV	LN3	GEV	LP3	LN3	LN	LN3	LN	GEV
12	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	GEV	LN	Gamma	GEV	GEV	GEV	LN	Gamma3	Gamma
13	GEV	Gamma	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	GEV
14	GEV	Gamma	LN	GEV	LN	LN	Gamma	LN	GEV	Gamma	LN	LP3	GEV	Gamma
15	Gamma	GEV	GEV	LP3	GEV	LN	Gamma	LN	GEV	GEV	LN	GEV	GEV	GEV
16	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	GEV	LP3	GEV	GEV	Gamma	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
17	Gamma	GEV	GEV	LP3	Gamma	Gamma	Gamma	LP3	Gamma	LN3	Gamma	Gamma	Gamma	GEV
18	GEV	GEV	GEV	Gamma3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	GEV
19	GEV	GEV	Gamma	LP3	GEV	LN	GEV	GEV	GEV	LN	LN3	LN	LN	GEV
20	GEV	LN3	LN3	GEV	GEV	LN3	LN	LN	LN	LN	LN3	LN	LP3	GEV
21	Gamma	GEV	Gamma	LN3	GEV	LN	LN	GEV	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	GEV	GEV
22	Gamma	LN	LN	GEV	GEV	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN
23	GEV	Gamma	Gamma	GEV	GEV	Gamma	LN3	LN3	GEV	GEV	LN3	GEV	LN	LN
24	Gamma	GEV	LN	LN	LN	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	LN	LN3
25	Gamma	GEV	GEV	LN	LN	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma
26	GEV	LN	LN	GEV	Gamma2	LN	GEV	LN	LN	LN	GEV	LP3	Gamma	Gamma
27	Gamma	GEV	Gamma	LN	LN	Gamma	GEV	Gamma	GEV	LP3	GEV	LP3	LN	LN
28	Gamma	Gamma	GEV	GEV	LN	Gamma	LN	Gamma	Gamma	Gamma	GEV	Gamma	Gamma	Gamma
29	GEV	LN	GEV	LN	LN	LN	Gamma	GEV	LN	LP3	GEV	LP3	Gamma	Gamma
30	LN	GEV	GEV	Gamma	GEV	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
31	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	LN3	Gamma	Gamma	GEV	LN	LN	LN	Gamma	GEV
32	GEV	LN	GEV	LN3	Gamma	LN3	LN3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	Gamma
33	GEV	GEV	GEV	LN	LN	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	LN
34	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	LN	LN	LN	LN	LN	GEV	Gamma
35	GEV	GEV	GEV	LN3	Gamma	LN	LN	Gamma	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	LN

Tablo 4: Standart süreler için Anderson-Darling Testi'ne göre belirlenmiş en uygun dağılımlar.

ISTASYON	5	10	15	30	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440
1	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
2	GEV	LP3	GEV	GEV	LN3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
4	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
5	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
6	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV
7	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV
8	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV
9	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	LN3	LN3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV
10	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV
11	GEV	GEV	GEV	Gamma	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	LN3	GEV
12	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	GEV
13	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
14	GEV	GEV	LN	GEV	GEV	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	GEV
15	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	LN	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
16	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	GEV	Gamma3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
17	GEV	GEV	Gamma	LN3	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV	LN3	GEV	GEV	Gamma	GEV
18	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
19	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
20	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	LN3	LN3	GEV
21	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	LN3	LN3	GEV
22	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	LN3	LN3	GEV
23	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma3	LN3	GEV	GEV	LN3	LN3	LN3	GEV
24	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	GEV	GEV	LN3	LN3	LN3	GEV
25	GEV	LP3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	Gamma	GEV	GEV	GEV
26	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	LP3	GEV
27	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	LP3	GEV
28	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
29	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	LP3	GEV
30	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	GEV	GEV	Gamma3	GEV	GEV	GEV
31	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
32	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV
33	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	LN	LN	LN3	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	GEV
34	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LP3	GEV
35	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN3	LN	Gamma	GEV	GEV	LN3	LN3	GEV

Tablo 5: Standart süreler için Ki-Kare Testi'ne göre belirlenmiş en uygun dağılımlar.

ISTASYON	5	10	15	30	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440
1	GEV	Gamma	LN	Gamma	LN	GEV	Gamma3	Gamma3	GEV	Gamma3	Gamma	Pareto	LN	LN
2	Gamma	GEV	LN	LN	GEV	Gamma2	Gamma	GEV	GEV	Gamma	LN	Gamma	GEV	Gamma
3	GEV	LN	GEV	LN	LP3	LN	LN	LN	Gamma	GEV	Gamma	Gamma	LP3	GEV
4	LN	Gamma	LN	Gamma	LN	LN	LN	LP3	LN	Gamma	Gamma	Gamma	LN	Gamma
5	Gamma	GEV	LN	LN	GEV	LN	LN	Gamma	Gamma	LN	LN	GEV	GEV	GEV
6	Gamma	Gamma	GEV	Gamma	LN3	LP3	LN	GEV	LN	LP3	Exp	GEV	LN	Exp2
7	GEV	Gamma	LN	LN	LN	LN	LN3	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	LN3	LN
8	Exp	Gamma	Gamma	GEV	Gamma	GEV	Gamma3	Gamma	LN	LN	Gamma	Gamma	LN	LN
9	GEV	LN	Gamma	LN	Gamma	GEV	Gamma3	Gamma	LN	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	GEV
10	GEV	Gamma	Gamma	GEV	LN	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
11	LN	Gamma	LN	LP3	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3	Gamma	Gamma	LN	LN
12	Exp	GEV	Exp	Gamma	GEV	GEV	LN	LP3	LN	Exp	Gamma	Exp2	Gamma3	Gamma3
13	GEV	LN3	Gamma	GEV	Gamma	GEV	LP3	Gamma	LN	Gamma	Gamma	Gamma	LN	LN
14	LN	GEV	GEV	Gamma	Gamma	LN3	Gamma	LN	Gamma	GEV	Gamma	Gamma	LN	LN
15	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	GEV	LN3	LN	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	LN	LN	LP3
16	GEV	GEV	Gamma	LN3	LN3	Exp2	LN	Gamma3	Gamma	Gamma	GEV	Gamma	GEV	Gamma
17	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	LN	GEV	Gamma3	LN	GEV	GEV	Gamma
18	Gamma	GEV	GEV	Exp2	GEV	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LN	LN	Gamma
19	Exp3	GEV	LN	Gamma	LN	GEV	LN	LN	LN	GEV	Gamma	LN	LN	Gamma
20	Gamma3	LN	LP3	GEV	GEV	GEV	LN	GEV	Gamma3	LP3	LN	GEV	LP3	LN
21	Gamma	GEV	GEV	Gamma	Gamma	LN	LN	LN	GEV	Gamma	GEV	Gamma	Gamma	Gamma
22	Gamma	Gamma	GEV	LN	Gamma	LN	Gamma	LN	LN	LN	Gamma	LN	LN	LN
23	GEV	GEV	Gamma	GEV	Gamma	LN	Gamma	LN3	Gamma	LN	Gamma	Gamma	Gamma	GEV
24	LN	GEV	GEV	GEV	Gamma2	LN	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	GEV	LP3
25	GEV	Gamma	Gamma	LN3	LN	LN	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	GEV	GEV	Exp
26	LN	LN	Gamma	GEV	GEV	GEV	Gamma	LN	LN	Gamma	LN	GEV	LN3	Exp
27	GEV	LN	Gamma	Gamma	GEV	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	GEV	Gamma	Gamma	LN3	Exp2
28	GEV	Gamma	Gamma	GEV	GEV	Gamma	GEV	LN	Gamma	Gamma	Gamma3	GEV	GEV	Gamma
29	LN	Gamma	Gamma	Gamma	LN	Gamma	LN	LN	GEV	Gamma	LN	GEV	Gamma	GEV
30	LN	Gamma	GEV	Gamma	GEV	Gamma	LN	LP3	GEV	Gamma	Gamma	GEV	GEV	GEV
31	LN	GEV	LN	LP3	LN	GEV	Gamma	GEV	Gamma	Gamma	Gamma	LN	LN	Gamma
32	GEV	Gamma	LN	LP3	GEV	LN	LN	GEV	LN	LP3	GEV	Gamma	GEV	GEV
33	LN	LN	LN	GEV	LN	LN	GEV	GEV	LN	GEV	GEV	LN	LN	LN
34	LN	GEV	Gamma	GEV	GEV	LN	LN	LP3	Gamma	Gamma	LN	Gamma	Gamma2	Gamma
35	Gamma	LN	LN	Gamma	LN3	Gamma	Gamma	LN	Gamma	Gamma	LN	LN3	GEV	LN

6 Kaynaklar

- [1] DSI, Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası, Noktasal Yağışların Frekans Analizi, Cilt I ve II, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1990.
- [2] Biberoglu, E. Ege Bölgesindeki Şiddetli Sağanakların Şiddet-Süre-Tekerrür Analizleri. İzmir. DEÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü Diploma Projesi, No: 79 (Yön: Prof. Dr. E. Benzeden), İzmir, 1991.
- [3] Koutsoyiannis, D., Kozonis, D., Manetas, A., "A mathematical framework for study in rainfall-intensity-duration-frequency relationships", Journal of Hydrology, 206, 118-135, 1998.
- [4] Aşikoğlu, Ö. L. Ege Bölgesindeki Sağanak Yağışların Bölgesel Frekans Analizi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi (Yön.: E. Benzeden). İzmir, 1997.
- [5] Benzeden, E. ve Emre, H. "İzmir Örneğinde Yağış Süresiyle Düzgün Değişen Derinlik-Süre-Tekerrür Modellerinin Etkinliği". I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu. DSİ-TAKK, 243-254, İzmir, 2003.
- [6] Aşikoğlu, Ö. L. Standart Süreli Maksimum Yağışlar İçin Genelleştirilmiş Şiddet-Süre-Tekerrür Modelleri. Ege Üniversitesi, İnş. Müh. Anabilim Dalı, İzmir.(Yön: Prof. Dr. E. Benzeden), İzmir, 2005.
- [7] Lopçu, Yıllık Maksimum yağışların şiddet-süre-tekerrür modelleri, DEÜ, Ege Üniversitesi FBE, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi (Yön.: E. Benzeden). İzmir, 2007.
- [8] Benzeden, E., Özdemir, Y., Mutlu, E. "Ege Bölgesindeki Günlük Maksimum Yağışların Bölgesel Frekans Analizi", V. Ulusal Hidroloji Kongresi. ODTÜ, 189-198, Ankara, 2007.
- [9] Karahan, H., "Determining Rainfall-Intensity Duration-Frequency Relationship Using Particle Swarm Optimization" , KSCE Journal of Civil Engineering (2012) 16 (4), 667-675, 2012.
- [10] Aşikoğlu, Ö.L., Benzeden, E., "Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağışlar için Kararlı Frekans Dağılım Modelleri, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, s. 543-551. 2007.
- [11] Karahan, H., "Şiddet-süre-frekans bağıntısının Armoni Araştırma Tekniği ile belirlenmesi ve Ege Bölgesi İstasyonları için uygulama", VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, 22-24 Eylül, Bildiriler Kitabı, 210-228, Denizli, 2010.
- [12] Karahan, H., Ceylan, H., and Ayvaz, M.T. Predicting Rainfall-Intensity using Genetic Algorithm Approach, Hydrological Processes, 21 (4), 470-475, 2007.
- [13] Karahan, H. Ayvaz, M.T. ve Gürarslan, G., Şiddet-süre-frekans bağıntısının Genetik Algoritma ile belirlenmesi: GAP Örneği, İMO Teknik Dergi, 4393-4407, 2008.
- [14] Karahan, H., Ayvaz, M.T. "Yağış-Şiddet-Süre Bağıntısının Doğrusal Olmayan Optimizasyon Tekniği ile Belirlenmesi: Antalya örneği, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi Bildiriler Kitabı, 163-170, 2005.
- [15] Karahan, H. (2011). "Bölgesel Yağış-Şiddet Süre-Frekans Bağıntılarının Diferansiyel Gelişim Algoritması Kullanılarak Elde Edilmesi", TÜBİTAK (108Y299), Sonuç Raporu, 2011.
- [16] Kottegoda, N.T., Rosso, R., Statistics Probability and Reliability for Civil and Environmental Engineers. McGrawHill, New York, 1998.
- [17] Önöz, B., Bayazit, M., "Best-fit distribution of largest available flood samples", J. Hydrol. 167, 195-204, 1995.
- [18] Di Baldassarre, G., Castellarin, A., and Brath, A., "Relationships between statistics of rainfall extremes and mean annual precipitation: an application for design storm in northern central Italy. Hydrol. Earth Syst. Sci. 10, 589-601, 2006.
- [19] Ben-Gai, T., Bitan, A., Manes, A., Alpert, P. ve Rubin, S. Spatial and Temporal Changes in Rainfall Frequency Distribution Patterns in Israel, Theoretical and Applied Climatology, 61, 177-190. 1998.
- [20] Ben-Zvi, A., Azmon, B. "Joint Sue of L-Moment Diagram and Goodness-Of-Fit : A case study of Diverse Series", Journal of Hydrology 198, 245-259, 1998.
- [21] Laio, F. Cramer-Von Mises and Anderson-Darling Goodness Of Fit Tests For Extreme Value Distributions With Unknown Parameters, Water Resources Research, 40, 1-10, 2004.
- [22] Arshad, M. ve Rasool, M.T. ve Ahmad, M.I. "Power Studies For Empirical Distribution Function Tests for Generalized Pareto Distribution", Pakistan Journal Of Applied Sciences, 12, 1119-1122, 2002.
- [23] <http://www.mathwave.com> (Erişim tarihi 27.07.2010).
- [24] Shabri, A., Jemain, A.Z., "Application of Multi Criteria Method to Identify the Best Fit Statistical Distribution", Journal of Applied Sciences, 4, 926-932, 2006.
- [25] Adamson, P. T. "Probability Distributions of Best Fit to South African Flood Data", Water SA, 5, 70-76, 1979.
- [26] Karahan, H., "Standart süreli yıllık maksimum yağış verilerinin güvenilirlik analizi ve Ege Bölgesi için bir uygulama", VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, 22-24 Eylül, Bildiriler Kitabı, 379-2387, Denizli, 2010.