

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE YAĞIŞ ŞİDDETİ-SÜRE-TEKERRÜR
ANALİZİNİN L-MOMENTLERİ VE YAPAY SINIR AĞLARI İLE YAPILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Farhad GHIAEI MOGHADDAM

**ARALIK 2014
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE YAĞIŞ ŞİDDETİ-SÜRE-TEKERRÜR
ANALİZİNİN L-MOMENTLERİ VE YAPAY SINIR AĞLARI İLE YAPILMASI**

İnş. Müh. Farhad GHIAEI MOGHADDAM

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5.12.2014
Tezin Savunma Tarihi : 24.12.2014**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Farhad GHIAEI MOGHADDAM tarafından hazırlanan

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE YAĞIŞ ŞİDDETİ-SÜRE-TEKERRÜR
ANALİZİNİN L-MOMENTLERİ VE YAPAY SINIR AĞLARI İLE YAPILMASI**

**Başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 09/12/2014 gün ve 1580 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK

Üye : Prof. Dr. Devlet TOKSOY

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat KANKAL

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Doğu Karadeniz Bölgesi’nde Yağış Şiddeti–Süre–Tekerrür Analizinin L-Momentleri Ve Yapay Sinir Ağları İle Yapılması” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmanın her aşamasında gerek bilgi ve tecrübelerini gerekse maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, önerileriyle ufkumu açan, hocam sayın Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e teşekkürlerimi sunarım.

Değerli düşüncelerini, çok kıymetli zamanlarını, akademik tecrübelerini ve içten samimiyetlerini benden esirgemeyen, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Murat KANKAL’a çok teşekkür ederim.

Bu çalışma süresince maddi ve manevi olarak yardımlarını esirgemeyen Hidrolik Laboratuvarı’nda kendileri ile çalışmaktan zevk aldığım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Adem BAYRAM ile Dr. Tuğçe ANILAN, Arş. Gör. Ergun UZLU, Arş. Gör. Uğur SATILMIŞ ve Selim OLCA’ya; ayrıca gerek teknik desteklerini gerekse Türkçe yazım düzenlemesinde yardımcı olan Arş. Gör. Sinan NACAR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca iyi ve kötü günümde yanımda olan maddi ve manevi her türlü desteklerini benden esirgemeyen babama ve anneme ayrıca tüm aileme ithaf ediyorum.

Farhad GHIAEI MOGHADDAM

Trabzon 2014

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Bölgesi’nde Yağış Şiddeti–Süre–Tekerrür Analizinin L-Momentleri Ve Yapay Sinir Ağları İle Yapılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05/12/2014

Farhad GHIAEI MOGHADDAM

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1.GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Literatür Çalışması.....	2
1.4. Tekerrür Analizleri.....	6
1.5. Noktasal ve Bölgesel Tekerrür Analizine Genel Bakış.....	6
1.6. Momentler Yöntemi.....	8
1.7. Maksimum Olabilirlik Yöntemi.....	9
1.8. Olasılık Ağırlıklı Momentler ve L-Momentler Yöntemi.....	9
1.8.1. Bölgesel Yağış Şiddet Süre Tekerrür Analizi.....	9
1.8.2. Genel Yaklaşım.....	10
1.8.3. Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi.....	10
1.8.4. Gösterge Taşkın Yöntemi.....	12
1.9. L-Momentler.....	13
1.9.1. L-momentlerin Avantajları.....	14
1.9.2. Düzensizlik Ölçüsü.....	15
1.9.3. Heterojenlik Ölçüsü.....	17
1.10. Dağılımların Parametrelerinin L-momentler Yöntemi ile Tahmini.....	18
1.10.1. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılımı.....	18
1.10.2. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılımı.....	19

1.10.3.	Genelleştirilmiş Normal Dağılım.....	20
1.10.4.	Pearson Tip 3 Dağılımı	21
1.10.5.	Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı	22
1.11.	Uygunluk Ölçüsü	23
1.12.	Yağış Şiddeti Tahmini.....	24
1.13.	Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi.....	24
1.14.	Kullanılan Bilgisayar Programları.....	27
1.15.	Regresyon Analizi.....	27
1.16.	Yapay Sinir Ağları	28
1.16.2.	Biyolojik Sinir Hücresinin Yapısı.....	28
1.16.3.	Biyolojik Sinir Ağlarının Yapısı.....	29
1.16.4.	Yapay Sinir Hücresinin Yapısı.....	30
1.16.5.	Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları'nın Yapısı	32
1.16.6.	ÇK-YSA'nın Çalışma Adımları.....	33
1.17.	Temel Bileşenler Analizi	34
1.18.	Genelleştirilmiş İleri Besleme Analizi Yapay Sinir Ağları.....	36
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	37
2.1.	Çalışma Alanının Tanıtımı.....	37
2.2.	Çalışmada Kullanılan Veriler.....	37
2.2.1.	Yağış Yükseklik Verileri.....	37
2.3.	Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Analizi için Kullanılan Yöntemler.....	39
2.3.1.	L-Momentler Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Bölgesel Tekerrür Analizi	39
2.3.2.	Doğu Karadeniz Havzası Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür İlişkisinin YSA ve Regresyon Analizi ile Belirlenmesi	42
2.4.	Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Kriterleri	44
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	45
3.1.	Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür (i-t-T) Grafiği.....	50
3.3.	Regresyon Analizi ve YSA Metoduyla Yağış Şiddetinin Tahmini.....	56
3.3.1.	Regresyon Analizi	56
3.3.2.	Çeşitli YSA Metotları ile Yağış Şiddetinin Tahmini	56
4.	SONUÇLAR	64
5.	ÖNERİLER	65

6.	KAYNAKLAR	66
7.	EKLER.....	70
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans

ÖZET

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE YAĞIŞ ŞİDDETİ-SÜRE-TEKERRÜR
ANALİZİNİN L-MOMENTLERİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YAPILMASI

Farhad GHIAEI MOGHADDAM

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2014, 69 Sayfa, 37 Sayfa Ek

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası için L-momentler ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanarak yağış şiddeti süre tekerrür analizi yapılmıştır. Analizler 7 meteoroloji istasyonu verisi kullanılarak 12 farklı yağış süresi için gerçekleştirilmiştir. Bölgenin homojenliği, L-momentler yöntemine dayalı uyumsuzluk ölçüsü (D_i) ve heterojenlik ölçüsü (H_i) ile kontrol edilmiş ve bölgenin homojen olduğu belirlenmiştir. Bölge için yapılan uygunluk testlerinde Genelleştirilmiş Lojistik , Genelleştirilmiş Ekstrem Değer , Genelleştirilmiş Normal , Pearson Tip 3 ve Genelleştirilmiş Pareto dağılımları kullanılmıştır. Her bir istasyona uygun olan dağılımlara göre çeşitli tekerrür süreli yağış şiddeti değerleri 12 farklı yağış süresi için elde edilmiş ve bölge için şiddet-süre-tekerrür (i-t-T) grafiği oluşturulmuştur. Çalışmada ayrıca, enlem, boylam, yükseklik, süre ve tekerrür periyotları kullanılarak ÇK-YSA, GFF-YSA, TBA-YSA yöntemleri ve çoklu doğrusal olmayan regresyon analizi (RA) ile modeller geliştirilmiştir. Yağış şiddetlerini tahmin etmede, GFF-YSA yöntemi diğer yöntemlere daha güvenilir tahminler verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yağış Şiddeti Tekerrür Analizi, L-Momentler, Çok Katmanlı ara katman sayılı ağ (YSA), Genelleştirilmiş İleri Beslemeli YSA'ya dayalı, Temel Bileşem Analizi YSA'ya dayalı

Master Thesis

SUMMARY

Analysis of Rainfall Intensity-Duration-Return Period Data in the Eastern Black Sea Region by Using L-Moments and Artificial Neural Networks

Farhad GHIAEI MOGHADDAM

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2014, 69 Pages, 37 Pages Appendix

In this study, rainfall intensity-duration-return period data in the Eastern Black Sea Region are analyzed by using L-moments and artificial neural networks (ANN). The data of 7 meteorological stations are analyzed for 12 different rainfall durations. Homogeneity of the region is determined by discordancy (D_i) and heterogeneity measures (H_i) based on L-moments and the region is determined to be homogenous. Generalized Logistic (GLO), Generalized Extreme Value (GEV), Generalized Normal (GNO), Pearson Type 3 (PE3) and Generalized Pareto (GPA) distributions are fitted to the flood data of the homogeneous region. According to the best fit distribution, rainfall intensity values with various return periods are obtained for 12 different durations and intensity-duration-return period (IDF) graphics are generated. In the study, latitude, longitude, elevation, duration and return period values are also used to develop Multi Layer Perception (MLP), Generalized Feed Forward (GFF)-ANN and Principal Component Analysis (PCA)-ANN methods and multi nonlinear regression analysis. It has been concluded that, GFF-YSA method has yielded more reliable estimations for rainfall intensity.

Key Words: Frequency Analysis for Rainfall Intensity, L-Moments, Multi Layer Perception ANN, Generalized Feed Forward ANN, Principal Component Analysis ANN.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Sinir hücresi ve sinir sisteminin çalışma prensibi .	29
Şekil 1.2. Sinir sistemi	29
Şekil 1.3. Yapay sinir hücresi	30
Şekil 1.4. ÇK-YSA yapısı	32
Şekil 1.5. İki katmanlı GFF yapısı	36
Şekil 2.1. Doğu Karadeniz Havzası	38
Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan stasyonlar	41
Şekil 3.1. Tüm süreli yağış için %90 güvenilirlik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği.	51
Şekil 3.2. Kısa süreli yağış şiddeti-süre-tekerrür grafiği	54
Şekil 3.3. Tüm süreler için yağış şiddeti-süre-tekerrür grafiği	55
Şekil 3.3. ÇK, GFF ve TBA'da RH hata değerlerinin ara katmandaki eleman sayısına göre değişimi	57
Şekil 3.4. ÇK, GFF ve TBA'da RMSE hata değerlerinin ara katmandaki eleman sayısına göre değişimi	58
Şekil 3.5. ÇK, GFF ve TBA'da SI hata değerlerinin ara katmandaki eleman sayısına göre değişimi	59
Şekil 3.7. Test ve doğrulama aşamaları için tahmin edilen yağış şiddeti ile gözlenen yağış şiddetlerin karşılaştırılması	61
Şekil 3.8. Test ve doğrulama aşamaları için tahmin edilen yağış şiddeti ile gözlenen yağış şiddetlerin karşılaştırılması	63

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. İstasyon sayısına göre <i>Dcr</i> değerleri	16
Tablo 1.2. Bazı toplama fonksiyonları.....	31
Tablo 2.1. Doğu Karadeniz Bölgesine ait 7 yağış meteoroloji istasyonları.....	39
Tablo 2.2. YSA modellerin eğitiminde kullanılan değişkenler ve belirlenen değerler	49
Tablo 3.1. Tüm süreli yağış için uyumsuzluk ölçüsü	46
Tablo 3.2. Tüm süreli yağış için heterojenlik ölçüsü.....	47
Tablo 3.3. Tüm süreli yağış için uygunluk testi sonuçları	47
Tablo 3.4. Tüm süreli yağış için uygun bulunan dağılıma göre bölgesel parametreler....	48
Tablo 3.5 Tüm süreli yağışlar için uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler.....	49
Tablo 3.6. Çeşitli dönüş periyotları için bölgesel yağış şiddeti değerleri (mm/saat).....	54
Tablo 3.7. Test ve doğrulama veri seti için fonksiyonlara ait hata değerleri.....	56
Tablo 3.8. YSA metotları ve Regresyon analizi hata değerleri.....	62

SEMBOLLER DİZİNİ

ABSBIAS:	Mutlak değer taraflılık
ÇK:	Çok katmanlı ara katman sayılı ağ
DIST:	Kullanılan dağılımı adı
DMİ:	Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DSİ:	Devlet Su İşleri
GEV:	Genelleştirilmiş-ekstrem değer
GFF:	Genelleştirilmiş ileri beslemeli
GLO:	Genelleştirilmiş lojistik
GNO:	Genelleştirilmiş Normal
GPA :	Genelleştirilmiş Pareto
NREP:	Benzeşim yapılan bölgelerin tekrarlama sayısı
NSIM:	Benzeşim sayısı
NSITE:	Bir bölgedeki istasyon sayısı
PE3 :	Pearson Tip III
RA :	Regresyon Analizi
RH:	Ortalama rölatif hata
RMSE:	Ortalama karesel hatanın karekökü
SEED:	Rastgele sayı oluşturma
TBA:	Temel bileşenler analizi
YSA:	Yapay sinir ağları
C_k :	Basıklık katsayısı
C_s :	Çarpıklık katsayısı
Δ_ε :	Uyumsuzluk ölçüsü
F_i :	Beklenen (teorik) değerler
$F(x)$:	Kümülatif dağılım fonksiyonu
$f(x)$:	Olasılık yoğunluk fonksiyonu
H_i :	Heterojenlik ölçüsü
K :	Çarpaz çarpım ve kareler toplam matrisi
$\Lambda_{X\varpi}$:	Varyasyon katsayısı
L_{kurt} :	Basıklık katsayısı

L_{skew} :	Çarpıklık katsayısı
N :	Gözlem sayısı
P_T :	T yıl tekerrürlü yağış
$q(f)$:	Bölgesel büyüme eğrisi
R^2 :	Determinasyon katsayısı
t_c :	Konsantrasyon süresi
V :	Noktasal $L-C_V$ 'in ağırlıklı standart sapması
V_2 :	Noktasal $L-C_V$ ve L -çarpıklığın ağırlıklı standart sapması
V_3 :	Noktasal $L-C_V$ ve L -çarpıklık ve L -basıklığın ağırlıklı standart sapması
$x(F)$:	Tekerrür fonksiyonu
α :	Ölçek parametresi
ξ :	Yer parametresi
τ_3 :	L -çarpıklık katsayısı
τ_4 :	L -basıklık
λ_1 :	L -Moment aritmetik ortalaması
λ_2 :	L -Moment ölçęđi

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde can ve mal kayıplarına neden olan taşkınların kontrolü, her çeşit su yapısı (baraj, gölet, sulama ve drenaj kanalları, kanalizasyon vb.) tasarım, taşkın kontrol işlerinin planlama ve projelendirilmesi, mevcut kaynakların en uygun şekilde kullanımı göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan akım değerleri yağış nedeniyle oluşmaktadır.

Türkiye'deki yağış değerlerine bakıldığında ülke genelinde 643 mm olan yıllık yağış ortalaması Doğu Karadeniz Bölgesinde 1019 mm, bu bölgenin en yağışlı ili olan Rize ilinde ise 1264 mm'dir. Bu yüksek yağış değerleri arazi eğiminin dikliği ve havzalardaki suların toplanma süresinin kısa oluşu nedeniyle sık sık taşkınlara sebebiyet vermektedir. Yaşanan bu taşkınlarda ağır maddi zararlar yanında çok sayıda can kayıpları da meydana gelmektedir. Taşkın hadisesi yörenin coğrafik yapısından dolayı heyelanları da tetikleyebilmekte ve bunun neticesi olarak da can ve mal kayıpları daha ürkütücü boyutlara ulaşmaktadır. 7-8 Ağustos 1998 tarihinde Trabzon-Köprübaşı-Beşkøy Beldesinde 50 vatandaş hayatını kaybettiği heyelan ile yine 23-24 Temmuz 2002 tarihinde Rize-Güneysu-Selamet Köyü ile Çayeli'nde 32 vatandaş hayatını kaybetmesi ile sonuçlanan taşkın ve heyelan hadiseleri en belirgin örneklerdir (DSİ, 2008).

Yerleşim bölgelerinde, yağmur suyu drenaj sistemleri veya birleşik sistem kanalizasyon şebekelerinin tasarımıyla bu sistemler üzerindeki pompa istasyonları, su tutma hazneleri ve yan savakların en uygun şekilde tasarımı için öncelikle yağış şiddetinin, yağış süresi ve tekerrür ile değişimin bilinmesi gerekmektedir. Daha sonra ise tasarıma esas olacak hesap yağmurunun seçilmesi gerekir (Karahana vd., 2008).

Yağış şiddeti ile süre arasındaki ilişki genellikle yağış şiddetinin yinelenme süresiyle değişimini gösteren eğrilerden elde edilmektedir. Bu eğriler ise genellikle ampirik ve/veya istatistiksel yaklaşımlardan elde edilir.

Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür ilişkisi, yinelenme süresi (T), zaman (t) ve ağırlık parametreleri olarak adlandırılabilen bölgesel parametrelerin bir fonksiyonudur. Ağırlık parametrelerinin belirlenmesi, genellikle matematiksel dönüşümler ve/veya istatistik

analizler gerektirir ve çoğu zaman hangi dağılımın gözlem verilerine daha iyi uyum gösterdiğinin belirlenmesi çok sayıda denemeyi veya bu amaçla geliştirilen yazılımların kullanımını gerektirir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, L-momentleri yöntemi kullanılarak Doğu Karadeniz havzasının bölgesel yağış şiddet-süre-tekerrür analizini gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada Doğu Karadeni Havzasında bulunan 7 meteoroloji istasyonundan 12 farklı süre için ölçülen yıllık maksimum yağış miktarı verileri kullanılarak L-momentler yöntemi ile bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Bölgelerde her bir istasyonlar için uyumsuzluk ölçüleri (Di) hesaplanmıştır. Daha sonra bölgenin homojenliği (Hi) test edilmiş ve bölge için en uygun olasılık dağılımları elde edilmiştir. Bu olasılık dağılımlarının bölgesel parametreleri bulunduktan sonra, her bir istasyona ve bölgeye, $T=2, 5, 15, 25, 50, 100, 250$ ve 500 yineleme aralığına karşılık gelen karakteristik değerleri ve yağış değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen homojen bölgelere Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Lojistik (GLO), Genelleştirilmiş Normal (GNO), Pearson Tip III (LPE3) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımları uygulanarak tekerrür değerleri elde edilmiştir. Analizler, Hosking (2000), tarafından Amerika'da IBM araştırma merkezinde hazırlanmış olan alt programlar aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Bu programlar her bir dağılım için ayrı ayrı düzenlenerek çalıştırılmış ve çıktılar yorumlanmıştır. Çalışmada ayrıca, L-moment hesapları ile belirlenen tekerrür periyotlarına (T) göre, yıllık maksimum yağış şiddetleri tahmini için, ÇK-YSA, TBA-YSA, GFF ve çoklu regresyon analizi (RA) ile modeller geliştirilmiştir. Bu amaçla, enlem, boylam, süre ve T değerleri bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır.

1.3. Literatür Çalışması

L-Momentler yöntemi akım verilerinin incelenmesinde son 20 yıldan beri sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Aşağıda dünyada ve Türkiye'de yapılan L-Momentlere dayalı bazı bölgesel taşkın frekans analiz çalışmaları tarih sırasına göre sıralanmıştır:

Wiltshire (1986), bölgesel taşkın frekans analizi için havzayı homojen alt bölgelere ayırmada bir yöntem tanımlayarak, gruplandırmanın etkinliğini belirlemede yapılacak istatistik çalışmaları optimize eden ve havza karakteristiklerine dayanan bir araştırma yapmıştır.

Haktanır (1991); momentler, maksimum olasılık ve olasılık ağırlıklı momentler yöntemleri ile farklı dağılımların parametre tahminlerini yapmış ve bu dağılımlara uygunlukları Ki-kare ve Kolmogorov-Smirnov testleri ile sınımıştır. Türkiye'deki 112 istasyonu kullandığı çalışmasında GLO ve PE3 dağılımlarının uygun olduğunu belirtmiştir.

L-moment Bölgesel frekans analizinde pek çok uygulamaları vardır. 1993 yılında ilk kez Hosking ve Wallis (1993) tarafından tanıtıldı. Genel olarak, L-moment en önemli uygulama dağıtım fonksiyonları parametreleri, en iyi dağıtım fonksiyonunun belirlenmesinde, istatistiksel dağılımı özetleme ve bölgeselleşme tahmini ile ilgili sorunların çözümünde kullanılabilir.

Vogel ve Fennessey (1993), küçük örnekler için klasik moment oran tahminlerinde gösterdiği hata ve uyuşmazlığı, Massachusetts'deki 23 gözlem istasyonunun günlük akım değerleri için L-moment oranları ile karşılaştırmış ve L-moment oran tahminlerinin hemen hemen tarafsız olduğunu sonucuna ulaşmışlardır.

Okur (1999), Batı Karadenizin 16 istasyonu için L-moment yöntemiyle bölgesel taşkın frekans analizi yapmış ve sonra bölgenin hemojenliğini test etmiştir. Sonuç olarak Pareto Dağılımının en uygun dağılım olarak ve farklı yineleme aralıkları için akım değerleri elde etmiştir.

Seçkin (2002), çalışmasında Seyhan ve Ceyhan havzaları için bölgesel taşkın frekans analizini boyutsuz olarak incelemiş ve yapılan testler sonucunda, güçlü taşkın tahminlerine imkan veren modelleri belirlemiştir. Homojen alt bölgelere genelde Wakeby (WAK) dağılımının en iyi uyumu sağladığını tespit etmiştir.

Jaiswal vd. (2003), taşkın frekans modeli için L-momentler tekniğini kullanmışlardır. Taşkın serilerine EV1, GEV, GLO, GPA ve LN dağılımlarını uygulamışlardır. L-momentlere dayalı uygunluk testi sonucunda GEV dağılımının Baes Havzası taşkınlarının tahminlerinde en uygun dağılım olduğunu belirlemişlerdir.

Anlı ve ark (2007), çalışmalarında Göksu havzasının taşkın frekans analizini L-momentler yöntemini kullanarak yapmışlardır. Homojen olarak belirlenen 10 istasyonun yıllık maksimum akımlarına GLO, GEV, GNO, PE3, GPA dağılımlarını uygulamış, en

uygun dağılımın Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımı olduğunu belirlemişlerdir. Çeşitli yineleme aralıklarına ve benzeşim sayılarına göre akım değerleri elde edilmiştir.

Yürekli vd. (2007), L-moment yöntemiyle bölgesel taşkın frekans analizi Göksu Havzası için uygulamışlardır. Bu analizde dağılımı (GEV) en uygun dağılımı bulunmuş, çeşitli yineleme aralıklarına ve benzeşim sayılarına göre akım değerleri elde edilmiştir.

Seçkin (2009), Türkiye’de bulunan 26 havzadaki 455 istasyona ait su yılı maksimum akım değerlerine bölgesel taşkın frekans analizi uygulanmıştır. Homojen bölgeleri tanımlamak için, L-momentlere dayalı gösterge-sel metodu (Index Flood Method) kullanılmıştır. Elde edilen homojen bölgelere GLO, GEV, GNO, PE3, GPA ve Wakeby dağılımları uygulanarak tekerrür değerleri elde edilmiştir. Tahmin edilen tekerrür değerlerinin doğruluğu Monte Carlo Simülasyonu kullanılarak bölgesel L-moment algoritması ile elde edilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye havzalarına genellikle Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) dağılımının uyduğu belirlenmiştir.

Saf (2009), Bu çalışmada Batı Akdeniz havzasının bölgesel taşkın frekans analizi L-Moment parametre tahminlerine dayalı olarak taşkın indeks yöntemiyle yapılmıştır. Bölge Antalya, Aşağı-Batı Akdeniz ve Yukarı-Batı Akdeniz olmak üzere üç homojen alt bölgeye bölünmüştür. L-momentler homojenlik testine bağlı olarak homojen bölgelerin belirlenmesinden sonra akım gözlem istasyonlarına ait çeşitli yineleme aralıklarına sahip tasarım taşkın değerleri hesaplanmıştır.

Anılan vd. (2013), Doğu Karadeniz Havzası taşkın debileri için homojenlik analizi L-Moment yöntemine dayalı yapmış ve bölgeye genel olarak LPE3 dağılımının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Aydoğan vd. (2014), Çoruh havzasının bölgesel taşkın frekans analizini yapmışlardır. Bu havzanı ilk olarak bir bütün olarak düşünülmesine rağmen bölgeni dört bölüme ayrılmış ve her bir bölüm için ayrı ayrı bölgesel frekans analizi yapılmıştır. İlk olarak istasyonların noktasal L-moment katsayıları bulunmuştur ve sonra bölgelerde her bir istasyon için uyumsuzluk ölçütleri hesaplanmıştır. Daha sonra bölgeler için en uygun olasılık dağılımları elde edilmiştir. L-momentlerden elde edilen sonuçlar Gumbel dağılımı sonuçları ile kıyaslamıştır.

Bunun yanında, bu çalışmada konusu olan i-t-T analizinde L-Momentlerin kullanımı oldukça sınırlıdır. Aşağıda bu çalışmalardan bazı örnekler tarih sırasına göre verilmiştir:

Eslemian ve Feizi (2007), İran-İsfahan'da yaptıkları maksimum aylık yağış analizinde L- Momentleri kullanmışlar ve 18 istasyonun verilerine GEV ve PE3 dağılımlarını uygulamışlardır. Sonuçta elde edilen ekstrem yağışların kurak olan bu bölgede meteorolojik kuraklığın yönetimi açısından yararlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Yurekli ve Modarres (2007) Tokat ilinde yıllık maksimum yağışlara bölgesel dağılım uygulamak için L-Momentler yöntemini kullanmışlardır. İstasyonların yağış miktarları ile yükseklikleri arasında önemli bir ilişki olmadığından, Tokat ili önce homojen olmayan iki bölgeye ayrılmıştır. Daha sonra Tokat ili öznel olarak üç bölgeye bölünmüş ve bu bölgeler homojen olarak belirtilmiştir. Uygunluk ölçüsü testi yardımıyla, genel lojistik ve genel ekstrem değer dağılımları en uygun bölgesel olasılık dağılımı olarak saptanmıştır

Modarres (2008), hiyerarşik kümeleme analizi ve L-momentleri kullanarak homojen yağış grupları oluşturduğu ve bölgesel yağış frekans analizi yaptığı çalışmasında İran'ı coğrafi ve iklim değişkenliği gösteren 8 homojen alt bölgeye ayırmıştır. Sonuç olarak İran'ın alt bölgesel yağışlarına uygun dağılımları GNO, LN3, PE3 ve GEV olarak belirtmiştir.

Yang vd. (2010), Çin'de bulunan Pearl Nehri havzasındaki aşırı yağışların alansal ve zamansal karakterlerinin tahmin edilmesinde L-momentler yöntemiyle, zamandan bağımsız ve seri korelasyonlu gelişmiş istatistiksel testleri kullanmışlardır. Uygunluk testi hesap sonuçları; LN, GLO, GEV ve PE3 dağılımlarının havzayı ve alt bölgeleri daha iyi temsil ettiğini göstermiştir.

Awadallah (2013), Saudi Arabistan'da bulunan Cidde havzası için 10 istasyona ait 40 yıllık yağış verilerini kullanarak L-moment yöntemi ile bölgesel frekans analizi yapmıştır. En uygun dağılım olarak Gamma dağılımını belirlemiş ve şiddet-süre-frekans (i-t-T) grafiği oluşturmuştur.

Son yıllarda hidroloji problemlerinde yapay zeka ve çeşitli optimizasyon teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır (Dawson, 2006; Karahan, 2008; Karahan, 2012; Shu vd. 2007; Salimi vd. 2013; Aziz vd. 2013). Kisi (2005), askıda katı madde tahmini için Bulanık mantık ve YSA yöntemlerini kullanmıştır. Shiri ve Kisi (2010), kısa ve uzun süreli akım değeri tahmininde Bulanık mantık ve dalgacık modellerini kullanmışlardır.

Literatürde L-momentler yöntemiyle elde edilen yağış şiddetine karşılık gelen tekerrür süresi ve farklı değişkenler kullanılarak yağış şiddetinin tahmin edilmesi yönünde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma kapsamında, klasik regresyon analizi, ÇKA-YSA, GFF-YSA ve TBA-YSA teknikleri karşılaştırılmıştır. Her dört yöntemde de, Doğu Karadeniz Havzası'na ait meteorolojik ve hidrolojik özellikleri içeren aynı bağımsız değişkenler kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak L-momentler yöntemiyle elde edilen belirli yineleme sürelerine ait maximum yağış şiddetleri kullanılmıştır. Ayrıca, L-moment hesapları ile belirlenen tekerrür periyotları (T), süre (t), enlem (E), boylam (B) ve yükseklik (Y) bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak YSA ve regresyon analizi beş girdi ve bir çıktı olarak modellenmiş ve ağlar eğitilmiştir.

1.4. Tekerrür Analizleri

Yeryüzündeki suyun kaynağı olan yağışlardan meydana gelen taşkınlar, can ve mal kaybına neden olur. Bu zararları önleyecek taşkın kontrol yapıları ile drenaj şebekelerinin tasarımı için söz konusu yağışların gelecekteki değerlerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Hidrolojide istatistiksel analizler; verinin özetlenmesi, anlamlı bir şekilde ifade edilmesi, gözlenen olayların temelini oluşturan karakteristiklerinin saptanması ve bunların gelecekteki davranışları hakkında tahminler yapılması amacıyla uygulanır. Hidrolojik verinin gelecekteki miktarları, frekans analizlerine göre belirtilir (Anlı 2009). İstatistiksel bir yöntem olan frekans analizi verilen bir dönüş aralığına gelen tekerrür değerinin bulunması amacı ile kullanılır. Tahmin edilen bu tekerrür değerinin faydalı olabilmesi için bu tahminin ne kadar doğru olduğunun da bilinmesi gerekir.

Tüm hidrolojik verilere uygulanabilen frekans analizi sayesinde projelerin maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır. Analizi gerçekleştirilecek hidrolojik verilerin uzunluğu ne kadar fazla olursa, analizden elde edilecek sonuçlar da o derece doğru ve sağlıklı olur.

1.5. Noktasal ve Bölgesel Tekerrür Analizine Genel Bakış

Tek bir noktadaki (at-site) hidrolojik/meteorolojik verilerin (akım, yağış miktarı veya şiddeti) noktasal tekerrür analiz çalışmaları öncelikle yapılır. Ölçüm noktasındaki veriler

rastgele örneklemeler (random sample) olup ait oldukları toplum (population) dağılım fonksiyonları bilinmemektedir. Bu sebeple örnekleme noktalarına uygun toplum dağılım fonksiyonları ile yapılan tahmin değerleri sınırlı olmaktadır. Bunun sebepleri; ölçüm nokta değerlerinin kısıtlı olması ve bunun sonucunda da örnekleme hatalarının yüksek olmasıdır.

Homojen bölgelerde daha güvenilir bilgiler “Bölgesel Tekerrür Analiz” çalışmaları ile sağlanır. Bu analizde, bağımlı hidrolojik/meteorolojik değişken buna bağlı ve bağımlı değişkeni izah edebilen faktörlerle açıklanır ve bağımsız değişkenler diye adlandırılan parametreler ile korele edilir. Daha sonra da bölgedeki mevcut ölçüm istasyonlarının verileri ile birleştirilerek bölgesel analiz çalışmalarına geçilir. Bu tür analizler :

- Anlık taşkın değerlerinin (Q_T) tahmin edilmesinde,
- Yağış miktarları ve tekerrürlerinin tayininde (P_T),
- Hidrolojik verilerin ortalama ve standart sapmalarının bulunmasında,
- Ölçüm noktalarında toplanan klimatolojik/hidrolojik verilerin parametrelerinin

hesaplanmasında kullanılır.

Bu analizler için kullanılan yöntemler :

- * Momentler yöntemi (Method of Moments)
- * Maksimum olabirlik yöntemi (Maximum Likelihood Estimation)
- * Olasılık Ağırlıklı moment (PWM) yöntemi
- * L-Moment yöntemi dir.

Bölgesel tekerrür analiz çalışmalarında L-momentler metodu olsun aşağıdaki adımlar takip edilir (Hosking, 1997 ve Dalrymple, 1960).

1) Boyutsuz (P_T / \bar{P}) oranına karşı tekerrür (T) değerleri arasındaki ilişki araştırılır.

Bunun için ;

a) Nokta bazındaki boyutsuz (P_T / \bar{P}) tahmin değerlerinin bölgesel ortalaması alınır.

b) Boyutsuz momentlerin (değişim katsayısı, C_v veya çarpıklık katsayısı, C_s) bölgesel ortalaması bulunur.

c) Regresyon-olasılık yaklaşımı ile (ister grafiksel isterse sayısal olsun) dağılım fonksiyonu uyarlanır ve herbir ölçüm noktasındaki boyutsuz $x_i = P_i / P$ oranlarının bölgesel ortalaması “veri uzunlukları ile orantılı olarak” alınır.

d) İstasyon-yıl yaklaşımı kullanılarak tek bir örnekleme gibi boyutsuz PT / \bar{P} değerleri çıkarılır.

e) Olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ile boyutsuz bölge ortalamaları hesaplanır. Homojen havzalarda, tekerrür dağılımlarının N sayıdaki istasyon için aynı fakat noktaya özel ölçek faktörü ile değiştiği varsayılır. Bu nedenle de i istasyonun F olasılığına karşı gelen değer $P_i(F) = \mu_i q(F)$ olarak ifade edilebilir. Burada $\mu_i = Pi(\text{index yağış})$, $q(F)$ ise her bir istasyon için aynı olan boyutsuz çeşitli tekerrürlü (kuantile) fonksiyonunu belirler ve bölgesel gelişme eğrisi olarak adlandırılır (Şorman, 2004).

1.6. Momentler Yöntemi

Bu yöntem 1894'te Britanyalı istatistikçi Karl Pearson tarafından önerildi ve en eski tahmin yöntemlerinden biridir. Anakütleyle ilişkin dağılımsal varsayımlar altında, populasyon momentlerinin örneklem momentlerine eşitlenerek ortaya çıkan bilinmeyen denklem sisteminin populasyon parametreleri için çözümüne dayanır.

Elimizde k tane bilinmeyen populasyon parametresi olsun. Bunları $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ ile gösterelim. Bu parametrelerin Momentler Yöntemi tahmin edicileri aşağıdaki sistemin ,çözümüyle bulunur;

$$E(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$E(X)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 \quad (2)$$

$$E(X)^k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^k \quad (3)$$

Burada anakütle momentlerinin bilinmeyen parametrelerin bir fonksiyonu olduğunu unutulmamalıdır. Bu anakütle momentlerini örneklem momentlerine eşitleyerek k bilinmeyenli k denklem elde edilmektedir. Bunun ,çözümü bize momentler yöntemi tahmin edicilerini verir.

Momentler yöntemi pratikte en kolay parametre tahmin yöntemidir. Özellikle Ekstrem Değer Tip1 ve Log-Normal Dağılımı.

1.7. Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Momentler yöntemi olasılık dağılım fonksiyonlarının parametreleri için genelde etkili tahmin vermez. Örneklem varyansı daha küçük olan tahminler elde etmek için maksimum olabilirlik yöntemini tercih etmek gerekir. olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x; \alpha; \beta \dots)$ olan rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonundaki α, β, \dots parametrelerini elimizdeki N elemanı örnekten tahmin etmek için aşağıdaki yöntem kullanılabilir. Örnekteki elemanları x_1, x_2, \dots, x_N ile gösterelim. Bir gözlemde $X = x_1$ olayının meydana gelme olasılığı $f(x_1; \alpha; \beta \dots)$ ile orantılıdır. Benzer şekilde $X = x_2, \dots, X = x_N$ olaylarının meydana gelmesi olasılıkları da $f(x_2; \alpha; \beta \dots)$, $f(x_N; \alpha; \beta \dots)$ ile orantılı olur. bu olaylar bağımsız olduklarına göre, yapılan N gözlemde $X = x_1$, $X = x_2$, $X = x_N$ olaylarının meydana gelme olasılığı;

$$L = \prod_{i=1}^N f(x_i; \alpha; \beta \dots) \quad (4)$$

ile orantılı olacaktır.

Maksimum olabilirlik yöntemiyle elde edilen parametre tahminleri örnekteki N eleman sayısının büyük değerleri için asimptotik olarak tarafsız ve etkin tahminlerdir. Bu nedenle momentler yönteminin verdiği tahminlere göre tercih edilirler. Ancak bu tahminleri elde etmek için çözülmesi gereken denklem takımı genellikle doğrusal olmadığından çözüm çoğu zaman ancak ardışık yöntemlerle elde edilebilir. Bu maksimum olabilirlik yönteminin uygulanmasını azaltmaktadır (Beyazıt ve Oğuz, 1994).

1.8. Olasılık Ağırlıklı Momentler ve L-Momentler Yöntemi

1.8.1. Bölgesel Yağış Şiddet Süre Tekerrür Analizi

Hidrolojik verilerin istatistiksel özellikleri ortalama, varyans, çarpıklık ve sivrilik katsayıları gibi çarpım momentleri ile özetlenebileceği gibi L-momentler kullanılarak da özetlenebilir.

L-momentler, sıralanmış verilerden elde edilen olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal bileşimidir ve adını da buradan alır. Bu nedenle L-momentler, verilerin karesinin

ve kübünün alınmasını gerektirmezler. Bu sayede, çarpım momentleri yöntemi ile elde edilmiş çarpıklık ve varyans katsayıları fazla taraflı ve küçük örneklerde fazla değişken iken aynı L-momentler hemen hemen tarafsızdır ve yaklaşık normal bir dağılıma sahiptir. Hidrolojik uygulamaların büyük bir bölümünde L-momentler hidrolojik verilerin özelliklerini ve bir dağılımın parametrelerini basit ve etkin bir biçimde ortaya koyarlar (Şorman, 2004).

1.8.2. Genel Yaklaşım

Olasılık Ağırlıklı Momentler metodun uygulanması için aşağıda sıralanan hususlar aranır;

1. Tekerrür analizi yansız ve tutarlı olmalıdır. Bunun anlamı: Bir modelleme yönteminin tutarlı olabilmesi için yöntemin gerçek fiziksel sürecin modelin kabullerinden farklılaşma göstermesi durumunda bile tahmin edilen değerin (P_T) gerçekten çok fazla ayrılmaması (randımanı iyi ve oldukça tarafsız) olmasıdır. Aksi halde P_T 'nin bulunmasındaki yöntem ile zayıf tahmin yapılıyorsa bunun tutarlı olamayacağı anlaşılmalıdır.

2. Tekerrür analiz yöntemi benzeşime dayandırılmalıdır.

3. Bölgeselleştirmenin önemli ölçüde bu tür çalışmada katkısı vardır.

4. Bölgelerin coğrafik baza dayandırılma zorunluluğu yoktur.

5. Tekerrür dağılımlarının tipi klasik dağılımlar olmayabilir.

6. L-moment istatistik parametreleri dağılımın geniş bir alanını kapsar ve taraflı olma özelliği azdır (Şorman, 2004).

1.8.3. Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi

Olasılık ağırlıklı momentler ilk olarak Greenwood vd., (1979), tarafından Wakeby dağılımının parametre tahmini için geliştirilmiştir. Hosking (1986), tarafından kuramsal açıdan incelenerek, bu yöntemin merkezsiz istatistik momentlerle eşdeğer özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Bu momentlerin örnek tahminleri özellikle kısa kayıtlar için hatasızdır ve aykırı değerlere karşı hassas değildir. Ayrıca, verinin doğrusal fonksiyonu

olmaları nedeniyle diğer momentlere göre örnekleme değişimlerinden daha az etkilenmektedirler. Bu özellikleri ile klasik yöntemlere göre tercih edilerek yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu yöntemin esası, toplumun sıfırcı, birinci ve ikinci olasılık ağırlıklı momentlerinin, örnek serinin tahmin edilen sıfırcı, birinci ve ikinci momentlerine eşitlenmesine dayanır. Böylece 3 adet eşitlik elde edilerek, 3 adet bilinmeyen parametrenin bu formüllerin çözülmesi ile bulunabilmesidir. Eğer parametre sayısı 3'ten fazla olursa parametre sayısı kadar eşitlik elde edene kadar diğer üst mertebedeki olasılık ağırlıklı momentler de bulunmalıdır. Olasılık ağırlıklı momentler aşağıdaki gibi; $F=F(x) = p(X \leq x)$ ve l, j, k tam sayılar olmak üzere, $x=x(F)$ şeklinde ters formu açık olarak belirlenebilen dağılımların parametrelerinin belirlenmesinde kullanılabilir (Greenwood vd, 1979).

$$M_{1,j,k} = E[X^j F^k] \quad (5)$$

$$M_{1,j,k} = \int_0^1 X(F)^j (1-F)^k df \quad (6)$$

İfadelerdeki $F=F(x) = p(X \leq x)$ ve l, j, k pozitif tamsayılardır. $j=k=0$ ve 1 pozitif tamsayı ise $M_{1,0,0}$ momenti 1 inci mertebeden merkezsel istatistik momente eşit olmaktadır. $M_{1,j,0}$ ve $M_{1,0,k}$ momentlerinin hatasız örnek tahminleri aşağıdadır (Hosking, 1986; Landwehr vd., 1979a ve Gebeyehu, 1989).

$$M_{1,j,0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{\binom{i-1}{j}}{\binom{i-1}{j}} \right] \times (i) \quad (7)$$

$$M_{1,0,k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{\binom{i-1}{j}}{\binom{i-1}{j}} \right] \times (i) \quad (8)$$

$j=0,1,\dots,N-1$; $k=0,1,\dots,N-1$ ve $x(i), i=1,2,\dots,N$ düzenlenmiş örnek olmak üzere $j=1$ örnekteki en küçük değeri göstermektedir. Olasılık ağırlıklı momentlerin örnek tahmini

için bir başka yolda rastgele değişkenin i 'inci değere eşit veya küçük kalma frekansının hesabı aşağıdaki gibidir. Yapılan pratik çalışmalar; dağılım veriye iyi uyuyorsa bu yöntemin daha başarılı olduğunu göstermiştir.

$$F(i) = \frac{i - 0,35}{N} \quad (9)$$

(8) ve (9) numaralı denklemde görülen noktalama pozisyonu formülünün, (10) ve (11) denklemlerine uygulanması aşağıdaki gibidir (Landwehr vd., 1979b).

$$\hat{M}_{1,j,0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) F(i)^j \quad (10)$$

$$\hat{M}_{1,0,k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) [1 - F(i)]^k \quad (11)$$

Bu denklemlerin her biri bir olasılık fonksiyonunu tanımlamaya yeterlidir ve birbirleri cinsinden yazılabilirler. İlk üç momentin birbiri cinsinden ifadeleri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= M_{100} = M_{100} \\ \beta_1 &= M_{110} = M_{100} - M_{101} \\ \beta_2 &= M_{120} = M_{100} - 2M_{101} + M_{102} \\ \beta_3 &= M_{130} = M_{100} - 3M_{101} + 3M_{102} - M_{103} \end{aligned} \quad (12)$$

Olasılık ağırlıklı momentler tabanlı çalışan Easy Fit paket programı ile birçok dağılıma ait parametre tahminleri yapılabilmektedir (Anılan, 2014).

1.8.4. Gösterge Taşkın Yöntemi

Gösterge taşkın yönteminin temel varsayımı, istasyonların homojen bir bölge oluşturmasıdır, yani istasyonlara özgü bir ölçek faktörü olan gösterge taşkını haricinde tüm

istasyonlardaki tekerrür dağılımının aynı olduğu varsayılır. Kluster ve buna benzer analizlerle istasyonlar homojen bölgelere ayrılabilir.

Bu denklemde $Q_i(F) = \mu_i q(F)$, F aşılma olasılığını (non-exceedance probability) μ_i i istasyonundaki ortalamayı ve $q(F)$ de her istasyon için aynı olan bölgesel büyüme faktörünü temsil eder. Bölgesel tekerrür analizi neticesinde $q(F)$ değerini elde ettikten sonra bu değeri istenilen istasyonun ortalaması ile çarparak F tekerrürü için ait olduğu istasyondaki hidrolojik değişkenin $Q_i(F)$ değeri elde edilebilir.

N tane istasyonun bulunduğu bir bölgede i istasyonun n_i tane verisi olduğu ve bu verilerin Q_{ij} , $j = 1, \dots, n_i$ şeklinde sembolize edildiği kabul edilirse; $q(F) = Q_{ij} / \mu_i$ şeklinde tanımlanan boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel dağılımın fonksiyonun tekerrür fonksiyonu (quantile function) olarak karşımıza çıkar. Gösterge taşkın yönteminin varsayımları şunlardır:

- 1) Her bir istasyondaki gözlemler aynı dağılıma sahiptir.
- 2) Her bir istasyondaki gözlemler seri olarak bağımsızdır
- 3) Değişik istasyonlardaki veriler bağımsızdır.
- 4) Bir ölçek faktörü haricinde tüm istasyonlardaki tekerrür dağılımları aynıdır.
- 5) Bölgesel büyüme eğrisinin matematiksel denklemi doğru bir şekilde saptanmıştır (Şorman, 2004).

1.9. L-Momentler

Hosking (1990) çalışmasında, L-momentler yöntemini tanıtmaktadır. L-momentler yöntemi parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemleri çözmeye yaygın kullanılan bir yöntemdir. L-momentler olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal bileşimidir. Bununla birlikte L-momentler yöntemi ile dağılımın şekil ölçüsünü açıklayabilmek olasılık ağırlıklı momentler yönteminden daha kolay ve uygundur. Bu yöntem istatistiksel dağılımı daha anlamlı bir yolla özetleme yeteneğine sahip olup nispeten daha küçük değişimler gösterir. Hosking & Wallis (1993), bölgesel çalışmalarda kullanmak için çok sayıda testler geliştirmiştir. L-moment diyagramları bölgesel bir dağılımı tanımlamada birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır.

Hosking & Wallis (1993), bölgesel frekans analizinde kullanılan üç istatistiği şu şekilde tanımlamışlardır:

- 1- Düzensizlik ölçüsü,
2. Heterojenlik ölçüsü,
3. Uygunluk ölçüsü

1.9.1. L-momentlerin Avantajları

Klasik parametre tahmin yöntemleri ile kıyaslandığında L-momentler yönteminin avantajları şunlardır.

a) L-momentler yöntemi ile bulunan varyasyon, çarpıklık ve sivrilik katsayıları hemen hemen tarafsızdır ve yaklaşık normal bir dağılıma sahiptir. Aynı çarpım momentleri küçük örneklerde oldukça değişken ve taraflıdır.

b) L-momentler çarpım momentlerinden daha tarafsız oldukları için moment diyagramları oluşturulmasında kullanımları daha uygundur.

c) L-momentler, dağılım ortalamasının bulunabildiği her durumda hesaplanır. Bu özellik, bazı çarpım momentlerinin hesaplanmadığı durumlar için de geçerlidir.

d) Çarpım momentlerinde bir sınırlama yoktur. L-Moment oranları -1 ile 1 arasında değiştiğinden doğal bir sınıra sahiptir. Bu sınırlama, bu değerlerin yorumlanmasını kolaylaştırır.

e) Çarpım momentlerinde cebirsel sınılamalar vardır. N örneklerin uzunluğu, çarpıklık katsayısı ve k sivrilik katsayısı olmak üzere; $|g| \leq \frac{1}{n^2} 2$ ve $k \leq n + 3$ olmalıdır. Oysa L-Momentlerde örnekleme bağlı bu türlü sınılamalar yoktur. Arakütle değerlerinin alabileceği tüm değerleri örneklem L-Moment leri de alabilir.

f) L-momentlerin aksine çarpım momentleri dağılımın uçlarına daha fazla ağırlık verir ve uçlardaki gözlemlerden daha fazla etkilenirler.

g) Klasik tekniklerle kıyaslığında, L-momentler daha fazla sayıda dağılımın parametrelerinin bulunmasında kullanılabilir.

h) L-Momentler bir örneklemden tahmin edildiğinde, örnekleme bulunan uç değerlere karşı daha doğru ve etkin sonuçlar verir.

i) L-Momentler kullanılarak elde edilen dağılım parametreleri küçük örneklerde genellikle daha doğru sonuçlar verir.

j) L-Momentler, verilerin doğrusal fonksiyonları oldukları için örneklemin değişkenliğinin etkisi fazla değildir.

k) L-Momentler bölgeselleştirme tekniklerinde kolaylıkla kullanılır. L-Momentler tekniği ilgili istasyonlardan bölgesel parametrelerin elde edilmesi için en üstün tekniktir.

l) L-momentleri temel alan analizler, model varsayımlarından sapmalar olduğunda ve/veya uygun dağılım fonksiyonunun seçilmediği durumlarda daha “etkin” sonuçlar vermektedir (Şorman, 2004).

1.9.2. Düzensizlik Ölçüsü

L-moment tahmincileri gözlenen karesine yada küpüne ihtiyaç duymadan, gözlenenlerin doğrusal kombinasyonlarıdır. Bu nedenle, ürün momentine göre büyük gözlemler bir numunede daha az duyarlıdır. L-moment alternatif olasılık dağılımlarının şeklini anlatan bir sistemdir. X'in L-moment olasılık ağırlık moment fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Olasılık ağırlık momentleri gözlenen sıralanmasından X(j) hesaplanmaktadır. X(j) istatistik yöntemi için bir PWM tahmincisi vardır ki şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$b = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X^{(j)} \frac{(j-1)(j-2)\dots(j-i)}{(n-1)(n-2)\dots(n-i)} \quad (13)$$

λ ile sembolize edilen L-momentlerin ilk dördünün bulunuşu aşağıda verilmiştir:

$$\lambda_1 = \beta_0$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (14)$$

λ_1 , L-momentler, λ_2 , L-moment oranları. λ_3 dağılımı yer parametresini, λ_4 dağılımı ölçek parametresini temsil etmektedir. Yüksek mertebeden momentlerde ölçümler birbirinden bağımsızlaştırılırsa Lmoment oranları aşağıdaki gibi olur:

$$r = 3,4, \dots \quad \tau_r = \frac{\lambda_r}{\lambda_2} \quad \tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (15)$$

$L - Cv(t)$, çarpıklık katsayısı t_3 , basıklık (kurtosis) katsayısı t_4 , olasılık dağılımını özetlemek için en çok kullanılan parametrelerdir.

Verinin derlenerek incelendiği, verilerdeki büyük hataların ve tutarsızlıkların giderilmesi ile birlikte zaman içinde var olan değişimlerden dolayı verilerin istatistiksel karakterinin değişip değişmediğinin araştırıldığı bu ölçü, bir grup istasyon içinden bütün olarak uyumsuz olan istasyonların saptanmasını sağlamaktadır. Düzensizlik ölçüsü (D_i) ile homojen bölgelerin belirlenebileceği bildirilmiş ve eşitlik 16'da açıklanmıştır;

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T K^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (16)$$

u_i , herhangi bir istasyon için L-moment oranlarının vektörünü, K , bu vektörün kovaryans matrisini, \bar{u} de vektörün ortalamasını göstermektedir. Bir istasyonun tümüyle uyumsuz olarak nitelendirilmesi için düzensizlik ölçüsünün D_i bölge içindeki istasyon sayısına bağlı olarak değişen kritik değerden büyük olması gerekir. Tablo 1.1'de verilen kritik değerleri geçen D_i değerleri uyumsuz olarak kabul edilir.

Tablo 1.1. İstasyon sayısına göre D_{cr} değerleri (Hosking and Wallis, 1997).

Bölgedeki İstasyon Sayısı	Kritik Değer D_{cr}	Bölgedeki İstasyon Sayısı	Kritik Değer D_{cr}
5	1.333	11	2.632
6	1.648	12	2.757
7	1.917	13	2.869
8	2.140	14	2.971
9	2.329	≥ 15	3.000
10	2.491	-	-

1.9.3. Heterojenlik Ölçüsü

Düzensizlik ölçüsüne göre uygun bir bölge fiziksel olarak belirtildikten sonra, önerilen bölgenin homojen olup olmadığını değerlendirmek için heterojenlik ölçüsü (H) önerilmiştir.

olan uyumsuzluk ölçüsünden daha önce bahsedildi. İkinci istatistik olan heterojenlik ölçüsünün amacı, istasyon gruplarının heterojenlik ölçüsünü belirlemektir. Heterojenlik ölçüsü özellikle homojen olması muhtemel bölgelerin istasyonları arasında örnek L-Momentlerin varyasyonlarını karşılaştırır. Homojen bir bölgede bulunan tüm istasyonlar, aynı toplum L-moment oranlarına sahiptir. Heterojenlik ölçüsü 3 ayrı değerle belirlenebilir (V_1 , V_2 , V_3).

a) $LC_v(t)$ 'ye bağlı, t 'nin ağırlıklı standart sapması

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i (t^i - t^R)^2}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (17)$$

N : istasyon sayısı

N_i : Her istasyonun kayıt uzunluğu

t^R : t^i 'nin ortalama değeri $t^R = \frac{\sum_{i=1}^N N_i t^i}{\sum_{i=1}^N N_i}$

b) LC_v-LC_s 'ye dayanan, grupta bulunan istasyonların t ve t_3 'lerinin grubun ağırlıklı ortalamasına uzaklığı;

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \{(t^i - t^R)^2 + (t_3^i - t_3^R)^2\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (18)$$

c) L-çarpıklık ve L-basıklık'a dayanan, grupta bulunan istasyonların t_3 ve t_4 'lerinin grubun ağırlıklı ortalamasına uzaklığı;

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \{(t_3^i - t_3^R)^2 + (t_4^i - t_4^R)^2\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (19)$$

Heterojenlik ölçüsünü hesaplamak için, L-momentlerin grup ortalamasına ($1, t^R, t_3^R, t_4^R$) kappa dağılımı uygulanır. Bölgenin en büyük numaralı simülasyonu (N_{sim}), bu kappa dağılımından elde edilir. Bölgeler homojen olarak kabul edilir ve veriler çapraz korelasyona veya dizili korelasyona sahip değildirler. İstasyonların kayıt uzunlukları değiştirilmeden, aynen kullanılırlar. Her bir benzeşim yapılmış bölge için, V_i (V_1, V_2, V_3 olarak tanımlanmış üç ölçüden herhangi biri) hesaplanır. benzeşim yapılmış verilerin μ_v (ortalaması), ve σ_v (standart sapması) hesaplanır. Heterojenlik ölçüsü 20'nolu formül kullanılarak elde edilir.

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_v)}{\sigma_v} \quad (20)$$

Hosking ve Wallis (1993), eğer $H_i < 1$ ise bölgenin kabul edilebilir derecede homojen olduğunu, $1 \leq H_i < 2$ ise bölgenin muhtemelen heterojen olduğunu, $H_i \geq 2$ ise bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu söylemişlerdir. Eğer bölge yeterince homojen değil ise, bölge daha alt bölgelere ayrılarak homojen hale getirilmeye çalışılır.

Hosking ve Wallis (1993), H_2 ve H_3 'ü V_2 ve V_3 'e dayanarak, H_1 'i de V_1 'e dayanarak hesaplamışlardır. H_1 'in homojen ve heterojen bölgelerin ayrımında daha güçlü olduğunu öne sürmüşlerdir. Bundan dolayı V_1 'e dayalı H_1 istatistiği, heterojenlik ölçüsünü hesaplamada tavsiye edilmektedir (Seçkin, 2009).

1.10. Dağılımların Parametrelerinin L-momentler Yöntemi ile Tahmini

1.10.1. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)

GEV dağılımının parametreleri aşağıdaki formüller kullanılarak elde edilir (Hosking, 1986 ve Hosking, 1990).

$$k \approx 7.8590c + 2.9554c^2 \quad (21)$$

$$\zeta = L_1 - \frac{\alpha}{K} [1 - \Gamma(1 + K)] \quad (22)$$

$$c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \quad (23)$$

Burada ζ yer, α ölçek, k şekil parametresidir. Parametreler bu formüller yardımı ile elde edildikten sonra (28) nolu denklem yardımı ile istenilen aşılma olasılığına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel dağılımın fonksiyonunun tekerrür fonksiyonu (quantile function) elde edilir.

$$q_T = \frac{Q}{\bar{Q}} = \zeta + \left(\frac{\alpha}{K}\right) [1 - (-\ln F)^K] \quad (24)$$

1.10.2. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (GLO)

Genelleştirilmiş Lojistik dağılımının parametreleri aşağıdaki formüller yardımı ile elde edilir (Hosking 1986 ve Hoskin, 1990).

$$K = -\tau$$

$$\alpha = \frac{L_2}{\Gamma(1-K)\Gamma(1-K)} \quad (25)$$

$$\zeta = L_1 + \frac{(L_2 - \alpha)}{K} \quad (26)$$

Genelleştirilmiş Lojistik dağılımının ters formu analitik olarak eşitlik 27 ile ifade edilir. Bu eşitlik yardımı ile aşılma olasılığına karşılık gelebilecek boyutsuz debi belirlenebilir.

$$q_T = \frac{Q}{\bar{Q}} = \zeta + \left(\frac{\alpha}{K}\right) \left[1 - \left\{\frac{(1-F)}{F}\right\}^K\right] \quad (27)$$

1.10.3. Genelleştirilmiş Normal Dağılım (GNO)

Genelleştirilmiş Normal dağılımda (Log-Normal dağılım) rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif çarpıklığı olduğu için bu dağılım pratikte karşılaşılan birçok değişkene iyi uyar. İnşaat mühendisliğinde hidrolojik değişkenlerle ilgili problemlerde geniş ölçüde kullanılır (Bayazit, 1994).

Genelleştirilmiş Normal dağılımının kullanımı basittir. Bunun yanında dağılımın bir özelliği de Log-Normal dağılımı değişkenlerin çarpımı ile elde edilen değişkenlerinde Log-Normal dağılımı olmasıdır. Log-Normal dağılımının parametrelerinin L-momentler ile ilişkileri ve L-çarpıklık katsayısı Hosking (1990), tarafından aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$L_1 = \zeta + \exp\left(\alpha + \frac{K^2}{2}\right) \quad (28)$$

$$L_2 = \exp\left(\alpha + \frac{K^2}{2}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{K}{2}\right) \quad (29)$$

$$t_3 = \frac{6}{\sqrt{\pi}} \int_0^{k/2} \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{3}}\right) e^{-x^2}}{\operatorname{erf}\left(\frac{k}{2}\right)} \quad (30)$$

$$Z = \sqrt{8/3} \varphi^{-1}\left(\frac{1+t_3}{2}\right) \quad (31)$$

Log-Normal dağılımının α , k , ζ parametreleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanır.

$$K = 0.999281 - 0.006118Z^3 + 0.0001272Z^5 \quad (32)$$

$$\alpha = \log\left[\frac{L_2}{\operatorname{erf}\left(\frac{k}{2}\right)}\right] - \frac{k^2}{2} \quad (33)$$

$$\zeta = L_1 - \exp\left(\mu + \frac{k^2}{2}\right) \quad (34)$$

Yukarıdaki denklemlerde erf hata fonksiyonunu göstermektedir ve

$$\text{erf}(x) = 2\varphi(x\sqrt{2}) - 1 \quad (35)$$

eşitliği ile hesaplanır. φ^{-1} , standart normal dağılımın tersini gösterir. Boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel dağılım fonksiyonunun tekerrür fonksiyonu aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$q_T = \exp[k\varphi^{-1}(F) + \alpha] + \zeta \quad (36)$$

1.10.4. Pearson Tip 3 Dağılımı (PE3)

Pratikte çok kullanılan dağılımlardan birisi olan Pearson Tip 3 dağılımının fonksiyonunda γ şekil, σ ölçek, μ yer parametresidir (Hosking ve Wallis, 1997).

Eğer $\gamma \neq 0$ ise $\alpha = 4/\gamma^2$, $\beta = 0.5\sigma|\gamma|$ ve $\xi = \mu - 2\sigma/\gamma$.

Eğer $\gamma > 0$, x in aralığı, $\xi \leq x < \infty$ ve olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f(x) = \frac{(x-\zeta)^{\alpha-1} e^{-\frac{(x-\zeta)}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (37)$$

$$\lambda_1 = \zeta + \alpha\beta \quad (38)$$

$$\lambda_2 = \pi^{-1/2} \beta \Gamma\left(\alpha - \frac{1}{2}\right) / \Gamma(\alpha) \quad (39)$$

$t_3 \geq \frac{1}{3}$ için $t = 1 - t_3$ ve

$$\alpha = \frac{(0.3606t - 0.5956t^2 + 0.25367t^3)}{(1 - 2.78861t + 2.56096t^2 - 0.77045t^3)} \quad (40)$$

$$t_3 \leq \frac{1}{3} \text{ için } t = 3\pi(t_3)^2 \quad (41)$$

$$\alpha = \frac{(1 + 0.2906t)}{(t + 0.1882t^2 - 0.0442t^3)} \quad (42)$$

$$\gamma = 2\alpha^{-\frac{1}{2}}\text{sign}(t_3) = \lambda_1 - \sigma\alpha \quad (43)$$

$$\sigma = \lambda_2\pi^{1/2}\alpha^{1/2}\Gamma(\alpha)/\Gamma\left[\alpha + \frac{1}{2}\right] \quad (44)$$

$$\mu = \lambda_1$$

K_T tekerrür faktörüne bağlı tekerrür fonksiyonu aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$q_T = \sigma\beta + \gamma + k_T\sqrt{\sigma^2\beta} \quad (45)$$

1.10.5. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı (GPA)

Genelleştirilmiş Pareto dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Hosking ve Wallis, 1997).

$$f(x) = \alpha^{-1}e^{-1(1-k)y} \quad (46)$$

$$y = \begin{cases} -k^{-1} \log \left\{ 1 - k(\alpha - \zeta)/\alpha \right\} \\ (x - \zeta)/\alpha \end{cases}, \quad k \neq 0 \quad (47)$$

$$F(x) = 1 - e^{-y} \quad (48)$$

Genelleştirilmiş Pareto dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonunun ters formu analitik olarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile tanımlanır.

$$X(F) = \begin{cases} \zeta + \alpha \{1 - (1 - F)^k\}/k, & k \neq 0 \\ \zeta - \alpha \log(1 - F), & k = 0 \end{cases} \quad (49)$$

Buradaki ζ yer, α ölçek ve k şekil parametresini temsil etmektedir.

L-momentler yöntemi ile aşağıdaki eşitlikler kullanılarak yer, ölçek ve şekil parametreleri hesaplanabilir.

$$\zeta = \lambda_1 - (2 + k)\lambda_2 \quad (50)$$

$$\alpha = (1 + k)(2 + k)\lambda_2 \quad (51)$$

$$k = (1 - 3t_3)/(1 + t_3) \quad (52)$$

1.11. Uygunluk Ölçüsü

Bölgesel tekerrür analizlerinde, seçilen homojen bölgedeki istasyonlardan elde edilen veriye, tek bir olasılık dağılımı en iyi uygunluğu göstermektedir. Eşitlik 20' de verilen ve L basıklık oranına bağlı olan uygunluk kriteri ve herhangi bir olasılık dağılımı için Z^{DIST} istatistiği olarak isimlendirilen bir yöntem önerilmiştir;

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - \tau_4^R + B_4)/\sigma_4 \quad (53)$$

Eşitlikte 53'de, örneğin bölgesel ortalama L basıklık oranını, B_4 ve σ_4 de sırasıyla, örneğin bölgesel ortalama L basıklık oranı tarafsızlık değerini ve standart sapmasını gösterir ve sırasıyla Eşitlik 54'de ifade edilir;

$$B_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{(m)} - t_4^R) \quad (54)$$

t_4^R 'nin standart sapması;

$$\sigma_4 = \left[(N_{sim} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{(m)} - t_4^R)^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{1/2} \quad (55)$$

Benzeşim kullanılarak her dağılım için ayrı ayrı hesaplanan dağılımın uygunluğu ölçüsünün mutlak değeri 1.645 den küçük ise ($Z < 1.645$), o dağılım bölgesel tekerrür dağılımı olmaya adaydır. Bu değer %90 güvenilirlik sınırına karşılık gelir.

1.12. Yağış Şiddeti Tahmini

İstatistiksel yöntemlerdeki ana düşünce yağış verilerinin bir toplum oluşturduğu düşüncesine dayanmaktadır. Yağış verileri P ile gösterildiğinde, bu değişkenin herhangi bir zamandaki büyüklüğünü etkileyen sebep sonuç ilişkisi tam olarak belirlenebilirse, teorik olarak bu ilişkinin olasılık dağılım modeli aşağıdaki gibi olur.

$$F(P(T)) = \left(1 - \frac{1}{T}\right) \quad (56)$$

$$P(P \geq P(T)) = \frac{1}{T} = \int_{P(T)}^{\infty} f(P)p dP = 1 - F(P_T) \quad (57)$$

F(P(T)): Yağışın aşılmama olasılığı,

(T): dönüş aralığıdır.

1.13. Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi

Hesaplanan tekerrür tahminlerinin doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olup olmadığı Monte Carlo benzeşimi ile hesaplanmaktadır. Her istasyon için, göreceli taraflılık değerleri (rölatif bias) ve %5-%95 alt ve üst güvenilirlik bant sınırları elde edilir. Bölge bazında bu değerlere ek olarak, ortalama hata değerleri de hesaplanır.

$\hat{\omega}$, ω 'nın tekerrür tahmini olduğunda, $\hat{\omega}$ olasılık dağılımına sahip rastgele değişkendir. $\hat{\omega}$ 'nın uygunluğu ω 'nın ω 'ya ne kadar yakın bir değer olduğuna bağlıdır. $\hat{\omega}$ 'nın standart sapması taraflılık (bias) ve değişkenlik (hataya sahip olmayan gerçek değerlerden tahmin edilenlerin rastgele sapması) olarak iki bileşenle tanımlanır. Değişkenlik örnekleme bağlı tekerrür tahminlerinde oluşan sapmanın gösterimidir. Taraflılık (bias) ve ortalama karekök hataları (RMSE) tahminlerin performansını ölçmede yaygın olarak kullanılır.

$$\text{Bias}(\hat{\omega}) = E(\hat{\omega} - \omega) \quad (58)$$

$$\text{RMSE}(\hat{\omega}) = \left\{E(\hat{\omega} - \omega)^2\right\}^{1/2} \quad (59)$$

Eğer taraflılık (bias) sifira eşitse, yani $\hat{\omega}$ 'nın beklenen değeri ω 'ya eşit ise tahminler hatasızdır.

RMSE aşağıdaki gibi de tanımlanır.

$$\text{RMSE}(\hat{\omega}) = \left[\{\text{Bias}(\hat{\omega})\}^2 + \text{Var}(\hat{\omega}) \right]^{1/2} \quad (60)$$

Taraflılık (bias): beklenen değerlerle analütle değerleri arasındaki fark var: tahmin edilen değerlerin yayılımıdır.

Denklemlerden de anlaşıldığı gibi RMSE, $\hat{\omega}$ 'nın değişkenliği ve hatası ile ilgilidir. Hem hata, hem de hatalar karelerinin ortalamasının karekökü aynı ölçüm birimine sahiptir. Tek fark tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki farkın mutlak değeri alınır. Benzeşim programındaki tahmin edilen tekerrürlerin doğruluğu bu parametrelerin modifiye edilmiş haliyle hesaplanır. Amaç benzeşim yapılmış ve gözlenmiş tahminlerin ve bu değerlerin yüzde olarak tekerrür tahminlerinin doğruluklarını karşılaştırmaktır. Göreceli hata ve hatalar karelerinin ortalamasının karekökü Hosking tarafından IBM araştırma merkezinde hazırlanan xsim programı ile de hesaplanır (versiyon 3.03) (Hosking, 2000). Tekerrür tahminlerinin parametrelerinin doğruluğu göreceli hata, göreceli hatalar karelerinin ortalamasının karekökü ve bölgesel mutlak göreceli hata olarak xsim benzeşim programının çıktılarından elde edilir.

Monte Carlo benzeşimi tekerrür tahminlerinin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır ve olasılık teorisi üzerine kurulu bir sistemdir. Monte Carlo metodunda istatistiksel ve matematiksel tekniklerle bir deneyi veya çözülmesi gereken bir fiziksel olayda tesadüfi sayıları defalarca kullanarak benzeşim uygulayıp çözmek esastır. Benzeşim yapılmış bölgenin toplum L-moment oranlarındaki istasyonlar arası varyasyon, gerçek verilerin örneklem L-moment oranlarından daima küçük olmalıdır. Çünkü örneklem değişkenliği, örnek L-moment oranlarının uygun analütle L-moment oranlarından daha geniş bir alana yayılmasına sebep olur. Bu neden dolayı L-cv değerleri benzeşim programının girdi dosyasında modifiye edilerek kullanılır. İstasyonların L-cv değerlerinin aralığı, bölgesel ağırlıklı ortalama değerleri sabit tutularak ikiye bölünür. Değerler küçükten büyüğe sıralanır ve ortadaki değer bölgesel ağırlıklı ortalama değeri olarak kabul edilir ve yukarı doğru bu değer maksimum değerle minimum değer arasındaki fark kadar

azaltılır. Böylece yeni L-cv değerleri elde edilir. Bu değerler xsim programında kullanılır (Hosking ve Wallis, 1997).

L-momentler için kullanılacak benzeşimin algoritması aşağıdaki gibidir:

1. Tekerrür dağılımının L-momentleri ve n_i veri uzunluğuna sahip N istasyonun belirlenmesi

2. Verilen L-moment oranlarına göre noktasal tekerrür dağılımlarının parametrelerinin hesaplanması

3. Benzeşim aşamasında M tekrarlama için aşağıdaki adımlar izlenir:

3.1. Her istasyon için örnek veriler çıkarılır. Eğer istasyonlar arası bir bağımlılık yok ise $i=1, \dots, n$ olmak üzere her i istasyonu için tekerrür dağılımından n_i veri uzunluğuna sahip rastgele değişkenin meydana getirilmesi kolaylaşır. Eğer istasyonlar arası bağımlılık var ve bu benzeşime katılırsa aşağıdaki aşamalardan geçilir:

3.1.1. Noktasal veri uzunluğunun en büyük olanı $n_o = \max n_i$ olsun. $k= 1, \dots, n_o$ her zaman noktası için, ortalama vektör 0 , kovaryans matrisi R olan $i= 1, \dots, n$ olmak üzere y_{ik} elementli y_k rastgele değişken meydana getirmek

3.1.2. $k=1, \dots, n_i$ ve $i=1, \dots, N$ olmak üzere her y_{ik} değerini gerekli uç dağılıma dönüştürmek. Bu da, Q_i , i istasyonun karakteristik değer fonksiyonu ve ϕ standart normal dağılımın yığılımlı dağılım fonksiyonu olmak üzere $Q_{ik} = Q_i(\phi(y_{ik}))$ veri değerinin hesaplanmasıdır.

3.2. Bölgesel L-moment algoritmasının bölgesel örnek verilerine uygulanması

3.2.1. Noktasal L-momentlerin ve bölgesel ortalama L-moment oranlarının hesaplanması

3.2.2. Seçilen dağılımın uygulanması

3.2.3. Bölgesel büyüme eğrisi ve noktasal karakteristik değerlerinin hesaplanması

3.3. Yukarıda bulunan bölgesel büyüme eğrisinin noktasal karakteristik değer rölatif hatalarının hesaplanması ve tüm doğrulama değerlerini hesaplamada gereken toplamların alınması

4. Karakteristik değer ve bölgesel gelişim eğrilerinin doğruluk değerlerinin hesaplanması (Hosking ve Wallis, 1997).

1.14. Kullanılan Bilgisayar Programları

Çalışmada kullanılan program, Amerika'da IBM araştırma merkezinde Hosking ve ekibi tarafından geliştirilmiştir. Fortran programlama dilinde yazılmış olan program aşağıdaki basamakları içermektedir:

1. Frekans analizinde kullanılacak dağılımların parametrelerinin hesaplanması (PELXXX).
2. Frekans analizi için belirli bir dönüş aralığına karşılık gelen dönüş aralığının hesaplanması (CDFXXX).
3. Frekans analizi için belirli bir tekerrür değerine karşılık gelen dönüş aralığının hesaplanması (CDFXXX).
4. Her istasyon için uyumsuzluk ölçüsünün (D_i) hesaplanması (REGTST).
5. Heterojenlik ölçüsünün (H) hesaplanması (RETST).
6. Bölge frekans dağılımı olmaya aday beş dağılım için dağılımın uygunluğu ölçüsünün (Z) hesaplanması (REGTST).
7. L-moment algoritması kullanılarak bölgeye bir dağılım uygulanması (REGTST).
8. Hata değerinin bulunması amacıyla bölgenin benzeşimi (XSIM).

Program iki kısımdan oluşmaktadır. Yukarıdaki ilk yedi madde xtest programının basamaklarını içerirken son madde xsim programına aittir. İlk üç maddede geçen XXX ifadesi, dağılımların tipi olup XXX yerine dağılım adının kısaltması yazılmaktadır. Yukarıda belirtilen Fortran dilinde yazılmış olan alt programların bir ana program altında derlenip çalışır hale getirilmesi gerekmektedir. Ana programda girilen verilere göre çağrılan alt programlarda gerekli hesaplamalar yapılarak sonuca ulaşılır. Programın içeriği ve verilerin girişi hakkında ayrıntılı bilgiler ikinci bölümde verilmiştir (Anılan, 2014).

1.15. Regresyon Analizi

Mühendislikte karşılaşılan pek çok değişken istatistiksel olarak birbirine bağımlıdır; bu sebeple bu değişkenler arasında bir ilişki vardır. Regresyon ilişkileri kesin karakterde değildir; başka bir ifadeyle, değişkenlerden biri bir değeri aldığı anda diğeri her zaman aynı değeri almaz. İlişkide dikkate alınmayan başka değişkenlerin etkisi sonucunda bu değer farklı gözlemlerde az veya çok değişecektir. Mesela, komşu iki havzadan birindeki yağış

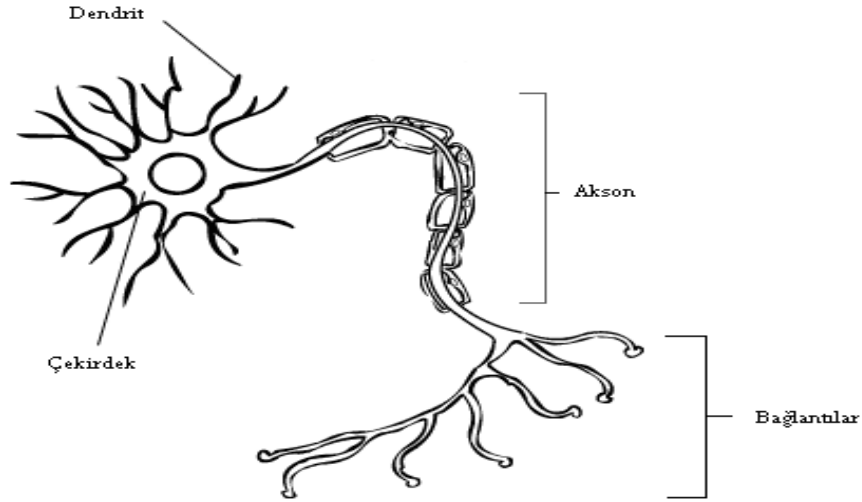
belli bir değeri aldığıında diğer havzadaki yağış değeri her zaman aynı değere sahip olmaz. Değişkenler arasındaki fonksiyonel olmayan bir ilişkinin varlığının ve şeklinin belirlenmesi uygulamada büyük bir öneme sahiptir. Çünkü bu ilişki kullanılarak, değeri bilinen bir (veya daha fazla) değişkene dayanarak başka bir değişkenin alacağı değeri tahmin etmek mümkündür. Bu türde bir ilişkiyi gösteren matematiksel ifadeye regresyon denklemi denir (Anılan, 2014).

1.16. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Donald Hebb (1949), bugünün sinir ağı teorisinin babası olarak bilinmektedir. Nörolog olan Hebb, beynin nasıl öğrendiği ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarına beynin en temel birimi olan sinir hücresini ele alarak başlamıştır. İki sinir hücresinin birbirleriyle nasıl bir korelasyon sergilediklerini incelemiş ve sinir ağı teorisini bu temel üzerine oturtmuştur. Bu temel kuşkusuz tek gerçek değildir. Çünkü beynin nasıl bir çalışma sergilediği şu an dahi teoriler yardımıyla açıklanmaktadır. Ancak Hebb'in yardımıyla bu fikir ile yola çıkılmış ve günümüzdeki yüzlerce ayrı teoriyle geniş bir yelpazeye hitap eder hale gelmiştir. Su an gerçek yaşamda kullanılan ve başarı oranı %99'lar ile ifade edilegelen bir çok yapay sinir ağı modeli mevcuttur. Tüm geliştirilen modeller bilgisayar dünyasında “çözumsuz” veya “np karmasık” olarak nitelendirilen problemlerin çözümünü hedeflemekte ve hatta bir kısmını başarıyla çözmektedir (Fausett, 1994).

1.16.2. Biyolojik Sinir Hücresinin Yapısı

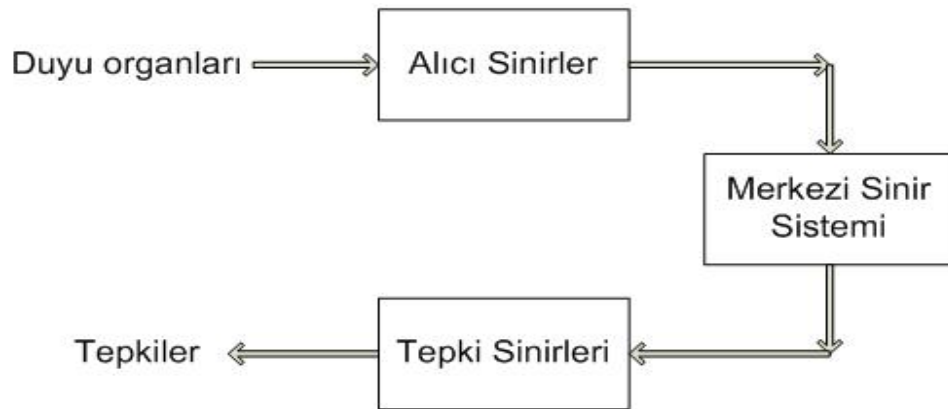
Biyolojik sinir sisteminin temel yapı taşı olan nöronların yapısı dört ana bölümden oluşmaktadır; dendrit, akson, çekirdek ve bağlantılar. Dendritlerin sinir hücresinin ucunda bulunan ve ağaç kökü görünümüne sahip bir yapıya sahiptir. Dendritlerin görevi bağlı olduğu diğer nöronlardan veya duyu organlarından gelen sinyalleri çekirdeğe iletmektir. Çekirdek dendrit tarafından gelen sinyalleri bir araya toplayarak ve aksone iletir. Toplanan bu sinyaller akson tarafından işlenerek nöronun diğer ucunda bulunan bağlantılara gönderilir. Bağlantılar ise yeni üretilen sinyalleri diğer nöronlara iletir. Şekil 3.4.'te bir biyolojik sinir hücresi yapısı görülmektedir (URL-1).



Şekil 1. 1. Sinir hücresi ve sinir sisteminin çalışma prensibi (URL-1).

1.16.3. Biyolojik Sinir Ağlarının Yapısı

Bir insanın beyinde yaklaşık olarak 10 milyar sinir hücresi ve bu nöronların birbirleriyle yaptığı bağlantı sayısının ise 60 trilyon olduğu tahmin edilmektedir. Bu sinirler girdi bilgilerini duyu organlarından alırlar. Daha sonra alıcı (taşıyıcı) sinirler bu sinyalleri işleyip bir sonraki sinire aktararak sinyalin merkezi sinir sistemine kadar ulaşmasını sağlar. Merkezi sinir sistemi bu sinyalleri alıp yorumladıktan sonra tepki sinyallerini üretir. Bu sinyaller de tepkilerin oluşacağı organlara tepki sinirleri vasıtasıyla iletilir. Bu sayede duyu organlarından gelen bilgilere karşı tepki organlarına uygun işaretler sinir sistemi vasıtasıyla yollanır. Şekil 1.2' de bir sinir sistemi şeması verilmiştir (URL-1)..



Şekil 1. 2. Sinir sistemi (URL-1).

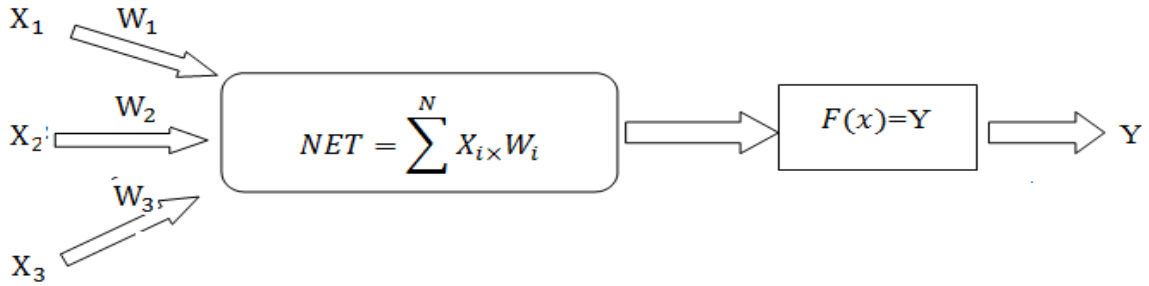
1.16.4. Yapay Sinir Hücresinin Yapısı

Yapay sinir hücreleri de biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıdadır. Yapay nöronlar da aralarında bağ kurarak yapay sinir ağlarını oluştururlar. Aynı biyolojik nöronlarda olduğu gibi yapay nöronların da giriş sinyallerini aldıkları, bu sinyalleri toplayıp işledikleri ve çıktılarını ilettikleri bölümleri bulunmaktadır.

Bir yapay sinir hücresi beş bölümden oluşmaktadır;

- Girdiler
- Ağırlıklar
- Toplama Fonksiyonu (Birleştirme Fonksiyonu)
- Aktivasyon fonksiyonu
- Çıktılar

Yapay sinir hücresi Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



1.3. Yapay sinir hücresi (URL-1).

Girdiler, nöronlara gelen verilerdir. Girdiler yapay sinir hücresine bir diğer hücreden gelebileceği gibi direk olarak dış dünyadan da gelebilir. Bu girdilerden gelen veriler biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi toplanmak üzere nöron çekirdeğine gönderilir.

Ağırlıklar, Yapay sinir hücresine gelen bilgiler girdiler üzerinden çekirdeğe ulaşmadan önce geldikleri bağlantıların ağırlığıyla çarpılarak çekirdeğe iletilir. Bu sayede girdilerin üretilen çıktı üzerindeki etkisi ayarlanabilmektedir. Bu ağırlıkların değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ağırlığı sıfır olan girdilerin çıktı üzerinde herhangi bir etkisi olmamaktadır.

Toplama Fonksiyonu (Birleştirme Fonksiyonu), toplama fonksiyonu bir yapay sinir hücresine ağırlıklarla çarpılarak gelen girdileri toplayarak o hücrenin net girdisini hesaplayan bir fonksiyondur (Tablo 1.2).

Bazı durumlarda gelen girdilerin değeri dikkate alınırken bazı durumlarda ise gelen girdilerin sayısı önemli olabilmektedir. Bir problem için en uygun toplama fonksiyonu belirlenirken geliştirilmiş bir yöntem yoktur. Genellikle deneme yanılma yoluyla toplama fonksiyonu belirlenmektedir. Bazen her hücrenin toplama fonksiyonunun aynı olması gerekmez. Bu konulara karar vermek tasarımcıya aittir.

Tablo 1.2. Bazı toplama fonksiyonları

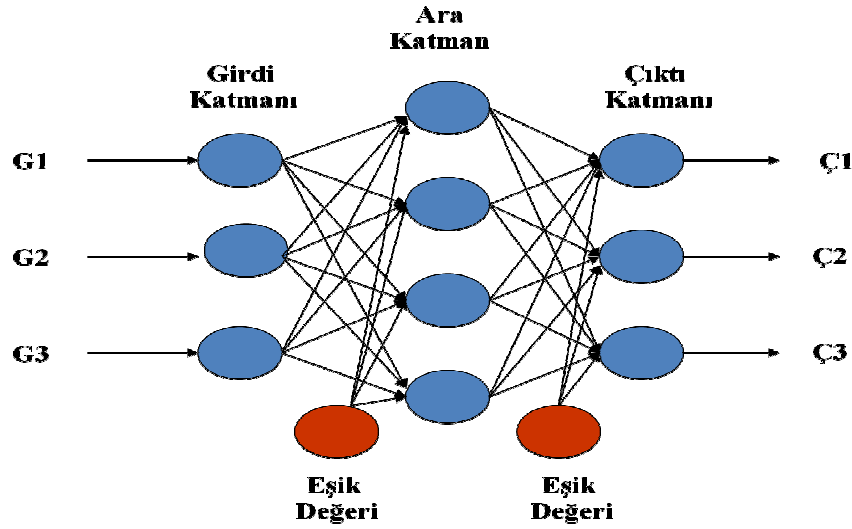
Toplam $NET = \sum_{i=1}^N X_i * W_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve bulunan değerler birbirleriyle toplanarak Net girdi hesaplanır
Çarpım $NET = \prod_{i=1}^N X_i * W_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleriyle çarpılarak Net Girdi Hesaplanır.
Maksimu $NET = Max(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en büyüğü Net girdi olarak kabul edilir.
Minimum $NET = Min(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en büyüğü Net girdi olarak kabul edilir.
Çoğunluk $NET = \sum_{i=1}^N Sgn(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden girdilerle ağırlıklar çarpıldıktan sonra pozitif ile negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
Kümülatif Toplam $NET = NET(eski) + \sum_{i=1}^N X_i * W_i$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır. Daha önce hücreye gelen bilgilere yeni hesaplanan girdi değerleri eklenerek hücrenin net girdisi hesaplanır.

Aktivasyon Fonksiyonu, bu fonksiyon hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir. Yapay sinir ağlarının bir özelliği olan “doğrusal olmama” aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmama özelliğinden gelmektedir. Aktivasyon fonksiyonu seçilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise fonksiyonun türevinin kolay hesaplanabilir olmasıdır. Geri beslemeli ağlarda aktivasyon fonksiyonunun türevi de kullanıldığı için hesaplamının yavaşlamaması için türevi kolay hesaplanır bir fonksiyon seçilir.

1.16.5. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları'nın Yapısı (ÇK-YSA)

YSA'ların ilk geliştirilen modellerinin en önemli özellikleri doğrusal olayları çözebilmeleridir. Bu özelliklerinin dışında, doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmelerinde güçlüklerle karşılaşmışlardır. Bu nedenle çok katmanlı algılayıcılar geliştirilmiştir.

ÇK-YSA yapay sinir hücrelerinin bir araya gelerek oluşturdukları ve 3 katmandan oluşmuş bir yapıdır. Bu üç katman girdi, ara ve çıktı katmanları olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.4'te ÇK-YSA ağı modeli gösterilmiştir.



Şekil 1.4. ÇK-YSA ağı model yapısı

Ağın giriş katmanında dış dünyada gelen bilgiler bulunmaktadır. Bu katmanda X 'lerle ifade edilen değişkenlerdir dolayısıyla bu katmanda dış dünyadan verilecek giriş sayısı kadar nöron bulunmak zorundadır. Bu katmanda herhangi bir veri işleme durumu söz konusu değildir. Gelen bilgiler değiştirilmeden bir sonraki katmana aktarılır. Girdi katmanında bulunan her nöron bir sonraki katmandaki her elemana bağlıdır.

Girdi katmanından ara katmana yani gizli katmana gelen veriler işlenerek bir sonraki katmana gönderilirler. Bu bölümde birden fazla katman olabilir ve bu katmanlardaki her eleman bir sonraki katmandaki elemanlara bağlıdır (Kankal, 2010 ve Öztemel, 2006).

Çıkış katmanında ise bir önceki katmandan gelen veriler işlenerek ağın ürettiği çıktıları (Y) dış dünyaya iletilir. Çıktı katmanında da birden fazla eleman bulunabilir ve bu katmandaki tüm elemanlar kendilerinden önceki tüm elemanlara bağlıdır.

ÇK ağları öğretmenli öğrenme modeline göre çalışırlar. Bu durum, ağlara eğitim sırasında hem girdilerin hem de o girdilere karşılık üretilmesi beklenen çıktıların ağa tanıtılması demektir. ÇK ağın öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı Delta Öğrenme Kuralının genelleştirilmiş halidir. O nedenle öğrenme kuralına Genelleştirilmiş Delta Kuralı da denmektedir. Ağın öğrenbilmesi için eğitim takımı adı verilen ve örneklerden oluşan bir veri takımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri takımında her örnek için hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir. Genelleştirilmiş Delta Kuralı iki safhadan oluşur. İlk safha ileri doğru hesaplama adı verilen ağın çıktısını hesaplama safhasıdır. İkinci safha ise geriye doğru hesaplama olarak bilinen ağırlıkları değiştirme safhasıdır (Öztemel, 2006).

1.16.6. ÇK-YSA'nın Çalışma Adımları

ÇKA ağlarının çalışması şu adımları içermektedir:

a) Örneklerin toplanması; ağın çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleştirilmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi (eğitim takımı) ağın denenmesi için de örneklerin (deneme takımı) toplanması gerekmektedir. Ağın eğitilmesi sırasında deneme takımı ağa hiç gösterilmez. Eğitim takımındaki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra, deneme takımındaki örnekler gösterilerek ağın becerisi ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı ağın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.

b) Ağın topolojik yapısının belirlenmesi; öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak olan ağın topolojik yapısının oluşturulduğu adımdır. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane işlem elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.

c) Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi; ağın öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve işlem fonksiyonlarının belirlendiği adımdır.

d) Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması; işlem elemanlarını birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanmasının yapıldığı adımdır. Başlangıçta genellikle rastgele değerler atanır. Daha sonra ağ uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.

Öğrenme takımından örneklerin seçilmesi ve ağı gösterilmesi; ağın öğrenmeye başlaması ve öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağı örneklerin (Girdi/Çıktı değerleri) belirli bir düzende gösterildiği adımdır.

Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması; sunulan girdiler için çıktılar hesaplandığı adımdır.

Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması; ağın ürettiği hata değerlerinin hesaplandığı adımdır.

e) Ağırlıkların değiştirilmesi; geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıkların değiştirilmesi yapılır.

Yukarıdaki adımlar ağın öğrenmesi tamamlanıncaya kadar, yani gerçekleşen çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye kadar devam eder. Ağın öğrenmesi için bir durdurma kriteri olması gerekmektedir. Bu ise genellikle üretilen hatanın belirli bir düzeyin altına düşmesi olarak alınmaktadır (Öztemel, 2006).

1.17. Temel Bileşenler Analizi (TBA)

Temel Bileşenler ilk kez 1900'lü yılların başında Karl Pearson tarafından tanıtılmıştır. Daha sonra 1933 yılında Hotelling ve 1964 yılında Rao tarafından uygulama alanları geliştirilmiştir (Timm, 2002).

Değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi veya boyut indirgeme amacıyla kullanılan TBA tek başına kullanılan bir analiz olduğu gibi, başka analizler için veri hazırlama tekniği olarak da kullanılmaktadır. Değişkenler arasında bir bağımlılığın bulunması ve dolayısı ile bağımsız olmamaları durumunda istatistik analiz sonuçlarının yorumu oldukça güç olmaktadır. Bu gibi durumlarda kullanılan tekniklerin başında Temel Bileşenler Analizi gelmektedir (Sangün, 2007).

Çok değişkenli istatistiksel analizde n tane bireye (nesne) ilişkin p tane değişken (özelliik) incelenmektedir. Bu değişkenlerden bir çoğunun birbiriyle ilişkili ve değişken sayısının (p) çok büyük olması, çeşitli değerlendirmeler yapılmasını güçleştirmektedir. Böyle durumlarda temel bileşenler analizi başvurulmuş en önemli tekniktir. Değişkenler setinin varyans-kovaryans yapısını, bu değişkenlerin doğrusal birleşimleri vasıtasıyla açıklayarak, veri indirgenmesi ve yorumlanmasını sağlayan, çok değişkenli bir istatistik yöntemidir. Genel olarak değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi ve/veya

boyut indirgeme amacıyla kullanılan bu teknik başlı başına bir analiz olduğu gibi başka analizler için veri hazırlama tekniği olarak da kullanılmaktadır. Yöntemde karşılıklı bağımlılık yapısı gösteren, ölçüm sayısı n olan p adet değişken; doğrusal, ortogonal ve birbirinden bağımsız olma özelliklerini taşıyan k ($k \leq p$) tane yeni değişkene dönüştürülür.

Her biri n ölçümünde p değişkenin oluşturduğu bir sistem düşünüldüğünde, sistemin toplam değişkenliği (varyansı) p değişkenin tümü tarafından açıklanır. Toplam değişkenliğin önemli bir kısmı k ($k \leq p$) bileşen tarafından açıklandığı durumlarda, k bileşen orijinal p değişkeni temsil edebilir. Bu durumda n ölçümdeki p değişken, önemli bir bilgi (varyans) kaybına neden olunmaksızın, n ölçümündeki k değişkene indirgenmiş olur. Söz konusu k adet yeni değişken, orijinal değişkenlerin bazı kısıtlamalara bağlı kalınarak oluşturulmuş çeşitli doğrusal birleşimleridir.

Temel bileşenler analizi ile ulaşılmaması istenilen ilk sonuç; X_1, X_2, \dots, X_p gibi p tane değişkeni, önemli bir bilgi kaybına neden olmaksızın, bu değişkenleri temsil edebilen daha az sayıda değişkene indirgemek ve değişkenlere etki eden genel nedensel faktörleri elde etmektir. Daha sonra indirgenmiş yeni değişkenler ile çalışmanın amacı doğrultusunda çeşitli sonuçlara ulaşmaktır.

X_1, X_2, \dots, X_p vektörlerinin standartlaştırılmış hali olan Z_1, Z_2, \dots, Z_p vektörlerinin p tane doğrusal bileşimi, ya da temel bileşimi;

$$Y_1 = (a_1)^t Z = a_{11}Z_1 + a_{21}Z_2 + \dots + a_{p1}Z_p$$

$$Y_2 = (a_2)^t Z = a_{12}Z_1 + a_{22}Z_2 + \dots + a_{p2}Z_p$$

$$\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$Y_p = (a_p)^t Z = a_{1p}Z_1 + a_{2p}Z_2 + \dots + a_{pp}Z_p$$

Burada; Z_1, Z_2, \dots, Z_p 'ler standartlaştırılmış veri matrisinin satır, Y_1, Y_2, \dots, Y_p 'ler temel bileşenler, a_{ij} 'ler ise her bir temel bileşenin değişkenle hangi oranda ilişkilendirildiğini gösteren sabit sayılardır. Bu sayılara temel bileşen yükleri denir. Temel bileşen yükleri (a_{ij}), temel bileşenlerin değişkenlere varyans katkısını gösteren ağırlıklardır ve temel bileşenleri değişkenlerin hangi ağırlıklarla tanımladıklarını göstermektedir. Temel bileşenler ortogonal seçileceğinden (a_{ij}) ağırlıkları değişkenler ile temel bileşenler arasındaki korelasyon katsayısıyla orantılıdır. $a_{ij} = i$ 'inci değişkenin j 'inci temel bileşendeki ağırlığıdır.

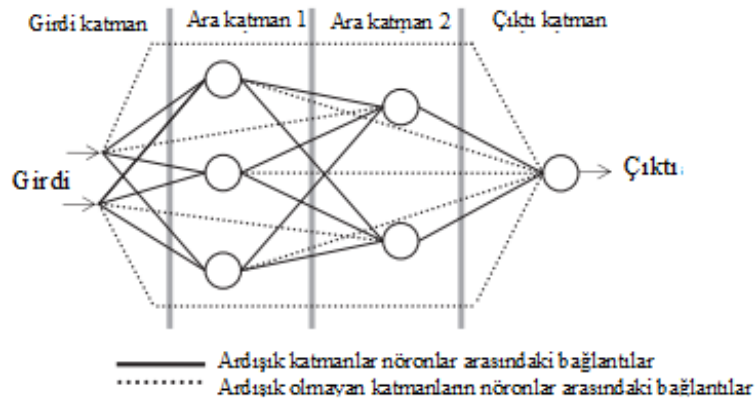
Y_1, Y_2, \dots, Y_p temel bileşenleri orijinal değişkenlerin, birbirinden bağımsız ve varyansları toplam sistem varyansını mümkün olabilecek en fazla bir biçimde açıklayan doğrusal bileşimleri olacak şekilde seçilmelidir. Bunun için izlenecek yol; birinci temel bileşen, toplam varyansa katkısı maksimum olacak şekilde, ikinci temel bileşen, birinci temel bileşenden bağımsız olarak, birinci temel bileşenin açıkladığı varyanstan sonra geriye kalan toplam varyansa katkısı maksimum olacak şekilde, benzer şekilde üçüncü ve diğer temel bileşenler her birinin toplam varyansa katkısı maksimum olacak şekilde belirlenir.

Esas sistemin toplam varyansı, temel bileşenlerin toplam varyansına eşittir.

Uygulamalarda birkaç temel bileşen, toplam değişkenliğin %80'inden büyük bir oranını açıklayabiliyorsa, bu bileşenler büyük bir bilgi kaybına neden olmaksızın orijinal p değişkenin yerini alabilir (Ersungur vd.,2007).

1.18. Genelleştirilmiş İleri Besleme Analizi Yapay Sinir Ağları

Genelleştirilmiş ileri beslemeli YSA ileri beslemeli ağların bir çeşididir. Bu ağ mimarisinde bir katmandaki nöronlar sadece kendisinden sonra gelen katmandaki nöronlara bağlı olmayıp aynı zamanda bir sonrakine yada direk olarak çıkış katmandaki nöronlara bağlanabilmektedir. Bu özelliği sayesinde yapısında eğitim aşaması diğer ağlara oranla daha hızlı gerçekleşebilmektedir. Çünkü standart ileri beslemeli ağlarda daha fazla bağlantı ve dolayısıyla daha fazla işlem yapılmaktadır. Aynı ara katman ve ara katmandaki eleman sayısına rağmen her iki yöntem kıyaslandığında kurulan bağlantı sayısı GFF'de daha az olabilmektedir (Asensio vd., 2010).



Şekil 1.5. İki katmanlı GFF yapısı (Asensio vd., 2010).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

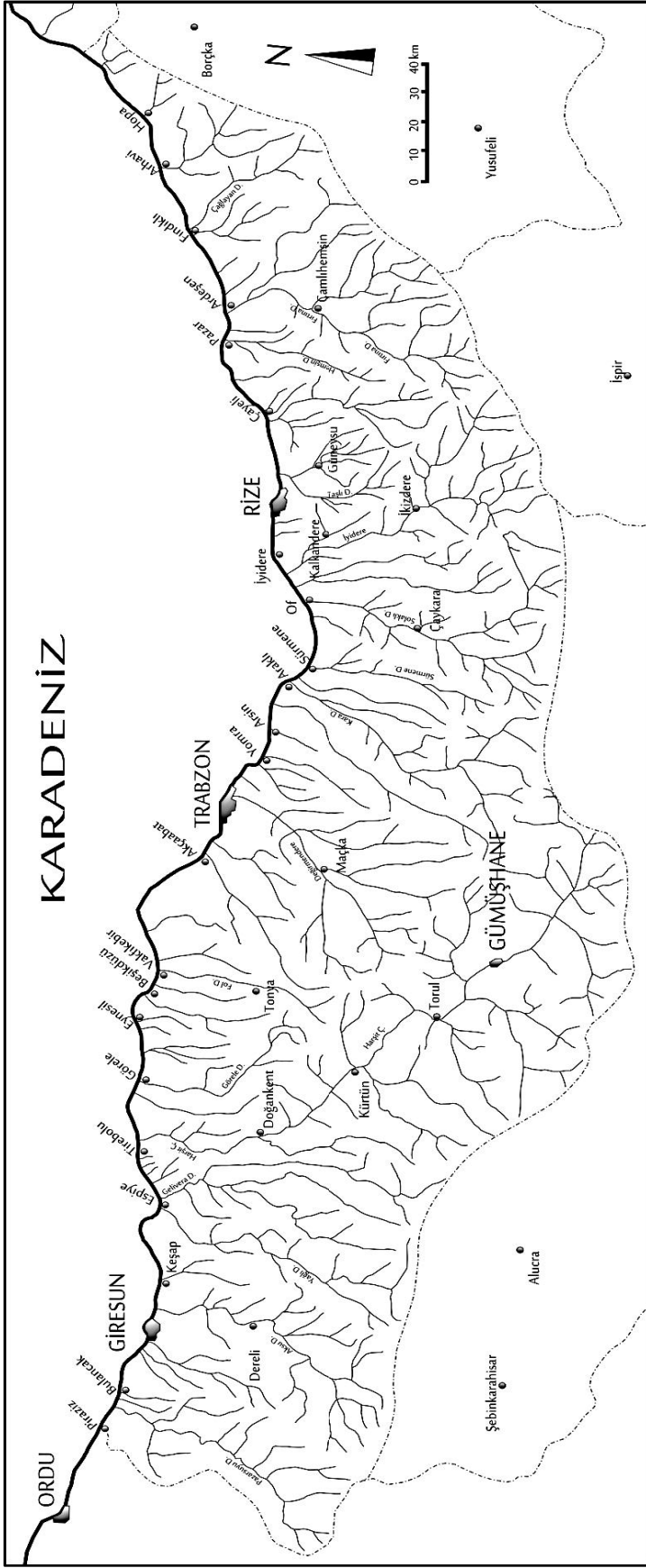
Çalışma alanı olan Doğu Karadeniz Havzası (Şekil 2.1) (Anılan, 2014) 1200 ile 1300 mm arasında değişen ortalama yağış yüksekliği ile Türkiye’de en çok yağış alan bölgedir. Havza 24.077km² olan toplam alanı ile yılda ortalama 14,9km³ yüzeysel su potansiyeli sağlamaktadır ve bu Türkiye su potansiyelinin % 7,9’unu karşılamaktadır. Birim alandan sağlanan debi açısından 19,6 lt/sn/km² değerle, Antalya Havzası’ndan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Doğu Karadeniz Havzası’nın, Türkiye’nin 433 milyar kWh olan toplam brüt hidroelektrik potansiyeli içinde yaklaşık olarak %11,2’sine (49 milyar kWh) sahip olduğu belirtilmiştir (Yüksek vd., 2008).

2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

2.2.1. Yağış Yükseklik Verileri

Çalışma alanında 1940-2010 yılları arasında en az 39 yıllık veri ölçümü bulunan meteoroloji istasyonları belirlenmiştir. Analizi gerçekleştirecek hidrolojik verilerin uzunluğu ne kadar fazla ise analizden elde edilecek sonuçlar o derece doğru ve gerçeğe yakın olmaktadır. Aksi halde, veri sayısı az olan bu istasyonların model sonuçlarında olumsuz etkileri olacaktır. Sonuç olarak çalışma alanında Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DMİ)’ye ait 7 adet istasyon belirlenmiş ve bu istasyonlara ait 5, 15, 30 dakika, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 24 saat süreli yıllık maksimum yağış yüksekliği ölçümleri (mm) elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan stasyonların yerleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Bu bölgenin içerisinde bulunan yağış istasyonlarının karakteristikleri Tablo 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2. 1. Doğu Karadeniz Havzası (Anılan, 2014).

Tablo 2. 1. Doğu Karadeniz Bölgesine ait 7 yağış meteoroloji istasyonları

stasyon Adı	Gözlem Periyodu	Veri uzunluğu	Yükseklik	Enlem	Boylam
Akçaabat	1971-2010	39	8	41.2	40.3
Giresun	1966-2010	45	32	41.24	41.25
Hopa	1965-2010	45	79	41.1	40.53
Ordu	1965-2010	46	40	40.59	39.46
Pazar	1972-2010	39	6	41.01	39.34
Rize	1940-2010	70	38	40.59	38.23
Trabzon	1957-2010	54	4	40.58	37.53

2.3. Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Analizi için Kullanılan Yöntemler

Bu çalışmanın birinci kısmında Doğu Karadeniz Havzası'nda L-Momentler yöntemi kullanılarak T=2, 5, 25, 50, 100, 250 ve 500 yıl yineleme süreli yağış şiddet değerleri farklı zamanlar için tahmin edilmiştir. İkinci kısımda; meteoroloji ait yıllık maksimum yağış miktarın şiddet değerleri bağımlı değişken; istasyonların enlem, boylam, yükseklik değerleri, yağış süreleri ile ve L-momentlerle elde edilen ve istasyonlara ait uygun dağılımlara göre hesaplanan her bir yağış şiddetine karşılık gelen T değerleri bağımsız değişkenler olmak üzere yapay sinir ağları ile modeller geliştirilmiş olup bu modeller kendi içerisinde karşılaştırılmıştır.

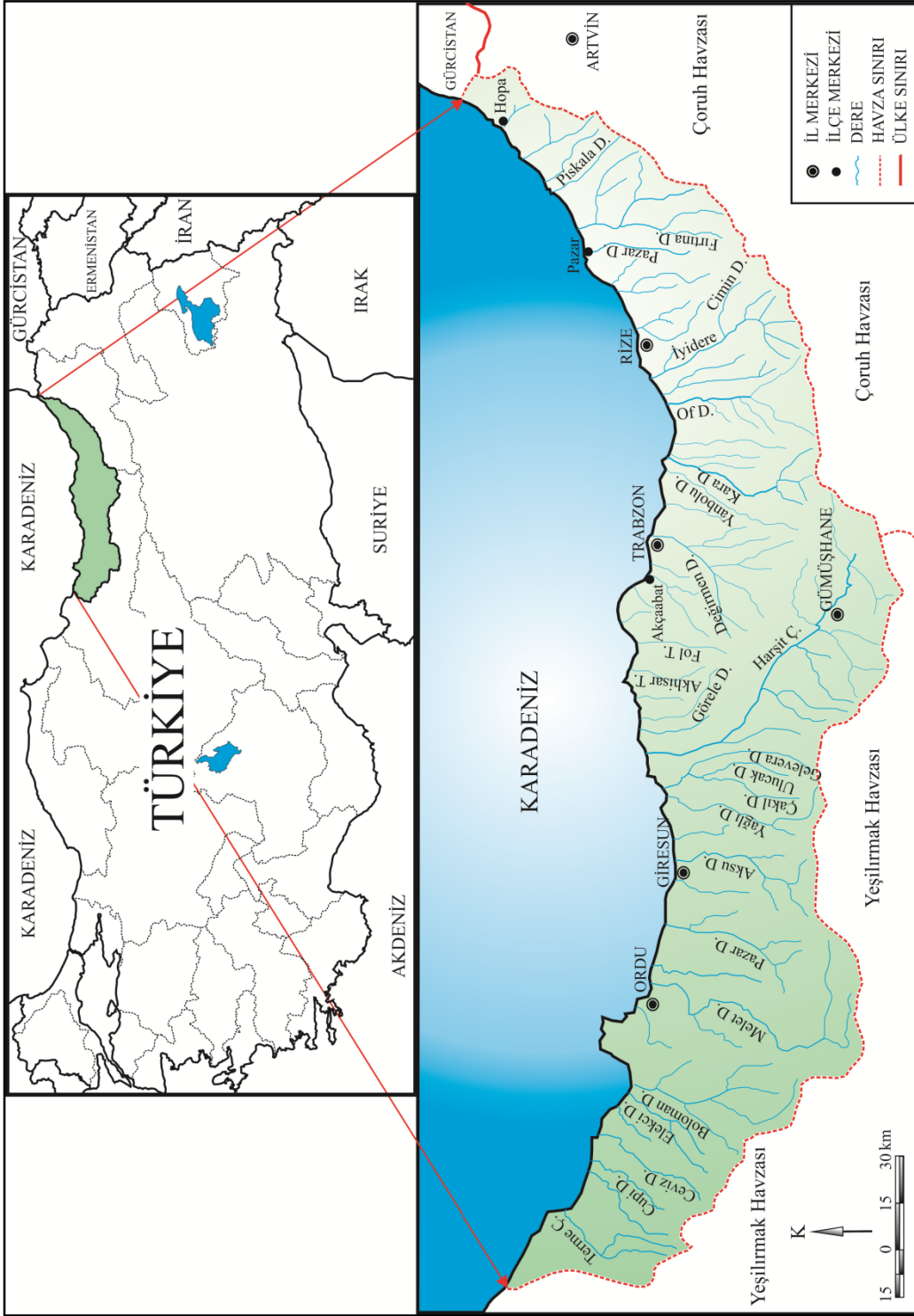
2.3.1. L-Momentler Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Bölgesel Tekerrür Analizi

Doğu Karadeniz Havzası'nın L-momentler ile yağış şiddeti-süre-tekerrür analizinde öncelikle stasyonlara ait olasılık ağırlıklı moment değerleri 7 ve 8 nolu denklemler yardımıyla elde edilmiştir. 9 no.lu denklemdeki X_i teriminin yerine yıllık maksimum yağış değeri ve F_i teriminin yerine ise 9 no.lu denklemle bulunan değerler yazılmıştır. L-moment değerleri 12 no.lu denklem yardımıyla bulunmuştur. Bu denklemdeki sıfırıncı (sıfır dereceli) olasılık ağırlıklı moment M_{100} , birinci olasılık ağırlıklı moment $M_{101}=M_{110}$, ikinci

olasılık ağırlıklı moment $M_{102}=M_{120}$, üçüncü olasılık ağırlıklı moment $M_{103}=M_{130}$, dördüncü olasılık ağırlıklı moment ise $M_{104}=M_{140}$ 'tır.

Bölgenin homojenliği L-momentler yöntemine dayalı iki istatistik olan uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüsü ile test edilmiştir. Uyumsuzluk ölçüsü hesabında 16 nolu eşitlik kullanılmış olup hesaplar xtest programı ile yapılmıştır. Her bir istasyon için elde edilen D_i değerleri Tablo 1.1'deki değerler ile karşılaştırılarak istasyonların homojenliği test edilmiştir. Heterojenlik ölçüsü hesabında 17, 18 ve 19 nolu eşitliklerdeki V_1 , V_2 ve V_3 'e bağlı H_i değerleri belirlenmiş olup hesaplar xtest programı ile yapılmıştır. 20 no.lu eşitlikteki H_i değerinin sınır şartları değerlendirilerek bölgenin heterojenlik analizi yapılmıştır.

En uygun dağılımlar belirlendikten sonra çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen tekerrür değerleri tahmin edilmiştir. Bölge için en uygun olan dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak 56 ve 57 nolu eşitlikler ile $T=2, 5, 25, 50, 100, 250$ ve 500 yıl tekerrür süreli yağış şiddeti hesaplanmıştır. Bölge için tek dağılım esasına göre yapılan hesaplar için Xsim programı kullanılmıştır. Program içinde yer alan benzeşim sayısı (NSIM) ve her benzeşimde tekrarlanma sayısı (NREP) değeri bu çalışmada 500 alınmıştır. Rastgele sayı yaratıcı (SEED) değeri ise 417935084 olarak alınmıştır. Ayrıca ve istasyonlar arası bağımlılık katsayısı (RMED) 0.22 olarak programa girilmiştir. Sabitlerin seçilmesinde literatürde kullanılan değerler dikkate alınmıştır (Hosking ve Wallis 1997; Aydoğan, 2008; Seçkin 2009;). Hesaplanacak karakteristik değer sayısı (NQ) 6 ve bu değere bağlı olarak aşılmama olasılıkları (FVAL) $0.5, 0.8, 0.96, 0.98, 0.99, 0.996$ ve 0.998 olarak girilmiştir. $0.5, 0.8, 0.96, 0.98, 0.99, 0.996$ ve 0.998 olarak girilen aşılmama olasılıkları, çalışmada seçilen $T= 2, 5, 25, 50, 100, 250$ ve 500 yıl yineleme sürelerine karşılık gelmektedir. Benzeşim yapılırken istasyon sayısı (NSITES) ve bu istasyonlara bağlı olarak veri uzunlukları da (LEN) gerçeği ile aynı olarak programa verilmesi gerekmektedir. Verilerin girilmesinden sonra bölge için uygun bulunan dağılıma göre seçilen yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler hesaplanmıştır. Bunun için program içerisinde PELXXX.for ve QUAXXX.for programları çalıştırılmıştır. Elde edilen karakteristik değerler aşılmama olasılıkları ile çarpılarak her bir istasyonun seçilen yineleme aralıklarına karşılık gelen maximum yağış siddeti hesaplanmıştır. Bölgesel dağılıma göre elde edilen karakteristik değerlerin doğrulukları aynı program içerisinde incelenmiştir.



Şekil 2. 2. Çalışmada kullanılan stasyonlar

Karakteristik değerlerin doğrulukları incelenirken Monte Carlo benzeşimi yapılarak her istasyonun BIAS ve RMSE değerleri elde edilmiştir. Bu hesaplamaların sonuçları ekler bölümünde verilmiştir.

2.3.2. Doğu Karadeniz Havzası Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür İlişkinin YSA ve Regresyon Analizi ile Belirlenmesi

Havzaya ait fiziksel ve hidrolojik özellikleri taşkın debileriyle ilişkilendirmek ve bölgede ölçümü olmayan noktalarda yağış şiddet tahmini yapabilecek en iyi modeli elde edebilmek amacıyla yapay sinir ağları ile de modeller geliştirilmiştir. Çalışmada Regresyon analizi, ÇK-YSA, TBA-YSA ve GFF-YSA yöntemleri kullanılmış ve girdi takımı olarak süre, enlem, boylam, yükseklik değerleri kullanılmıştır. Ayrıca, L-momentlerle elde edilen ve istasyonlara ait uygun dağılımlara göre hesaplanan her bir yağış şiddetine karşılık gelen T değerleri de bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. İstasyona ait yıllık maksimum yağış şiddet değerleri bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Aynı bağımlı ve bağımsız değişkenler grubuna çoklu regresyon analizi de uygulanmış olup sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Veriler; eğitim, test ve doğrulama veri takımı olarak üç bölüme ayrılmıştır.. Test ve doğrulama için verilerin tüm verileri temsil etmesine ve eğitim aşamasına olumsuz etki etmemesine dikkat edilmiştir. Çalışmada 7 istasyona ait 4023 adet veri kullanılmıştır. Kullanılan 4023 adet verinin 2817'si (%70) ağın eğitimi için, 603'ü (%15) test için ve geri kalan 603'ü (%15) doğrulama aşaması için kullanılmıştır.

YSA modellerinde en iyi sonucu elde edebilmek için birçok işlem yapılabilmektedir. Bunlardan bazıları; ara katman sayısını arttırmak, ara katmanlardaki eleman sayısını arttırıp azaltmak, iterasyon sayısını arttırmaktır. Modellerde, tek ve çift ara katman sayısı kullanılmıştır. Kurulan tek ara katman sayılı ağlarda transfer fonksiyonu olarak Tanjant Hiperbolik Axon ve Sigmoid Axon belirlenmiş ve belirlenen bu iki fonksiyona karşılık Levenberg Marquardt öğrenme kuralı belirlenmiştir. Çift ara katmanlı ağlarda transfer fonksiyonu olarak sadece Sigmoid Axon seçilmiştir çünkü tek ara katmanlı ağlarda bu fonksiyon daha iyi sonuçlar vermiştir. YSA modellerinde kullanılan değişkenler ve bu değişkenler için kullanılan değerler Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2. 2. YSA modellerin eğitiminde kullanılan değişkenler ve belirlenen değerler

Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Kuralı	T.K Eleman Sayısı	Ç.K Eleman Sayısı	Tekrar (Run Number)	İterasyon (Epoch Number)	Öğrenme Oranı	Momentum Katsayısı
Tanh.Axon	Levenberg Marquardt	5	-	10	1000	1.0	0.7
		10	-				
		15	-				
Sig.Axon	Levenberg Marquardt	5	5-5				
		10	5-10				
		15	5-15				
		-	10-5				
		-	10-10				
		-	10-15				
		-	15-5				
		-	15-10				
-	15-15						

Çoklu regresyon analizinde kullanılan havza karakteristiklerinden hangilerinin iyi bir model temsil ettiğine karar vermek amacıyla farklı modeller oluşturulmuş ve her bir modelin farklı regresyon fonksiyonları için determinasyon katsayıları hesaplanmıştır. Kullanılan bu fonksiyonların tanımları aşağıdaki gibidir:

$$\text{Doğrusal Fonksiyon: } y = \beta_0 + \beta_1 * x + \varepsilon \quad (61)$$

$$\text{Logaritmik Fonksiyon: } y = \beta_0 + \beta_1 * \ln x + \varepsilon \quad (62)$$

$$\text{Ters Fonksiyon: } y = \beta_0 + \beta_1 / x + \varepsilon \quad (63)$$

$$\text{Üs Fonksiyonu: } y = \beta_0 x^{\beta_1} + \varepsilon \quad (64)$$

$$\text{S Fonksiyonu: } y = e^{(\beta_0 + \beta_1/x)} + \varepsilon \quad (65)$$

$$\text{Ekspansiyel Fonksiyon: } y = e^{(\beta_0 + \beta_1 * x)} + \varepsilon \quad (66)$$

2.4. Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Kriterleri

Ağların eğitilmesi sonucunda elde edilen çıktı değerleri çeşitli kriterlere göre değerlendirilmiştir. Çıktı değerlerinin gerçek verilerle korelasyonu ve tahmin sonuçlarının doğruluğu ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE), rölatif hata (RH) ve saçılım indeksi (SI) kriterlerine göre belirlenmiştir. Kullanılan üç ağın ve regresyon anlizin çıktıları bu kriterlere göre hesaplanmış ve birbirileri ile kıyaslanmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N (\hat{I}_{i(\text{ölçüm})} - \hat{I}_{i(\text{tahmin})})^2} \quad (67)$$

$$RH = \frac{\sum_{i=1}^N \text{Mutlak}\left(\frac{\hat{I}_{i(\text{ölçüm})} - \hat{I}_{i(\text{tahmin})}}{\hat{I}_{i(\text{ölçüm})}}\right)}{N} \times 100 \quad (68)$$

$$SI = \frac{RMSE}{\bar{I}} \quad (69)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Uyumsuzluk ölçüsü, tüm süreli yağışlar için hesaplanmış v değerlerin $n=7$ istasyon için verilen kritik $D_i=1.917$ değerinden küçük olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.1). Tablo incelenecek olduğunda Akçaabat için hesaplanan D_i değerlerinin kritik değere yakın olduğu ve Rize için hesaplanan D_i değerlerinin diğer istasyonlara göre daha uygun olduğu görülmektedir. Yani kullanılan istasyonların hepsi tüm sürelerde bölge bazında birbirleri ile uyumlu çıkmıştır. Ek 1'den 12'de ilk yedi sütundaki değerler kullanılarak Xtest programının input dosyası hazırlanmış ve Xtest programının sonucunda bölgenin tüm süre heterojenlik ölçüsü elde edilmiş ve Tablo 3.2'de verilmiştir.

Xtest programı ile hesaplanan heterojenlik ölçüleri kapa dağılımı yardımı ile simülasyon yapılarak elde edilmiştir. Hesaplanan 5, 15 dakika ve 2, 4, 5, 6 saatlik süreli H değerlerinin tümüne bakıldığında H_1 değerinin 1.00'den büyük ve 2.00'den küçük olduğu görülmektedir. Bundan dolayı bölge muhtemelen heterojendir denebilir. H_2 ve H_3 değerlerine bakıldığında 1.00'den küçük oldukları görülmektedir. Bundan dolayı bölge homojen kabul edilmiştir. 30 dakika ve 1, 3, 8, 12, 24 saatlik sürely H değerlerinin tümüne bakıldığında 1.00 değerinden küçük olduğu görülmektedir. Yani üç H değerine göre de bölge kabul edilebilir derecede homojendir (Tablo 3.2).

Xtest programının sonucunda elde edilen bir başka değer ise dağılımların uygunluk ölçüsüdür. GLO, GEV, GNO, PE3 ve GPA dağılımları için yapılan uygunluk testi sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir. Bu Tablo'da görüleceği üzere yıldızla işaretlenen dağılımlar, $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ şartını sağlamıştır. Bu dağılımlar içerisinde 0 değerine en yakın olan dağılım, bölgesel yağış şiddeti-süre-tekerür analizinde, her süre için ayrı ayrı kullanılmıştır.

Uygun bulunan dağılımların bölgesel parametreleri ve çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerleri Xtest programdan hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3. 1. Tüm süreli yağış için uyumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	D _i											
	5 dakika	15 dakika	30 dakika	1 saat	2 saat	3 saat	4 saat	5 saat	6 saat	8 saat	12 saat	24 saat
Açaabat	1.90	1.46	1.33	1.23	1.24	1.74	1.63	1.81	1.81	1.46	1.06	1.63
Giresun	0.84	0.67	1.14	1.07	1.21	0.76	0.75	0.98	1.23	1.62	0.78	0.46
Hopa	1.74	1.83	1.08	0.27	1.46	0.71	1.20	1.34	1.53	1.35	1.43	0.33
Ordu	0.74	1.21	1.48	1.30	0.33	0.73	0.44	0.75	0.90	1.01	1.09	1.43
Pazar	1.29	1.24	1.26	0.99	0.49	1.64	1.12	1.50	0.69	0.78	0.62	1.11
Rize	0.39	0.31	0.29	0.51	0.61	0.13	0.23	0.00	0.04	0.11	0.75	0.85
Trabzon	0.09	0.28	0.41	1.63	1.66	1.28	1.63	0.61	0.80	0.68	1.27	1.18

Tablo 3. 2. Tüm süreli yağış için heterojenlik ölçüsü

Heterojenlik Ölçüsü	5 dakika	15 dakika	30 dakika	1 saat	2 saat	3 saat	4 saat	5 saat	6 saat	8 saat	12 saat	24 saat
H₁	1.03*	1.36*	0.79	0.56	1.40*	0.87	1.04*	1.46*	1.50*	0.67	0.94	0.83
H₂	0.65	- 0.23	- 0.17	- 1.44	- 0.62	- 1.25	- 1.16	- 1.42	- 0.93	- 0.87	- 0.29	0.17
H₃	0.77	0.34	0.26	- 1.26	- 1.08	- 1.05	- 0.85	- 1.37	- 1.27	- 1.05	- 0.45	0.30

Tablo 3. 3. Tüm süreli yağış için uygunluk testi sonuçları

Dağlımlar	Z _{DIST}											
	5 dakika	15 dakika	30 dakika	1 saat	2 saat	3 saat	4 saat	5 saat	6 saat	8 saat	12 saat	24 saat
GLO	- 0.19 *	0.16 *	0.34 *	0.73 *	1.28 *	0.92 *	1.11 *	1.19 *	0.94 *	1.12 *	1.25 *	1.62 *
GEV	- 1.52 *	- 1.20 *	- 0.84 *	- 0.40 *	0.17 *	0.00 *	0.15 *	0.21 *	- 0.15 *	- 0.07 *	- 0.14 *	0.20 *
GNO	- 1.84	- 1.56 *	- 1.32 *	- 0.95 *	- 0.46 *	- 0.68 *	- 0.53 *	- 0.47 *	- 0.75 *	- 0.64 *	- 0.61 *	- 0.29 *
LPE3	- 2.50	- 2.29	- 2.21	- 1.95	- 1.56 *	- 1.85	- 1.71	- 1.66	- 1.80	- 1.65	- 1.50 *	- 1.23 *
GPA	- 4.56	- 4.34	- 3.71	- 3.20	- 2.66	- 2.47	- 2.41	- 2.37	- 2.93	- 3.02	- 3.43	- 3.17

Tablo 3.4. Tüm süreli yağış için uygun bulunan dağılıma göre bölgesel parametreler

Yağış süresi	Uygun Bulunan Dağılım	Bölgesel Parametreler		
		Z	α	K
5 dakika	GLO	0.933	0.192	-0.203
15 dakika	GLO	0.927	0.203	- 0.209
30 dakika	GLO	0.911	0.212	- 0.238
1 saat	GEV	0.783	0.301	- 0.128
2 saat	GEV	0.777	0.300	- 0.145
3 saat	GEV	0.793	0.261	-0.182
4 saat	GEV	0.790	0.268	-0.176
5 saat	GEV	0.808	0.245	-0.175
6 saat	GEV	0.820	0.245	-0.140
8 saat	GEV	0.825	0.245	-0.124
12 saat	GEV	0.837	0.245	-0.084
24 saat	GEV	0.852	0.220	-0.087

Benzeşim yapılırken kullanılan Xsim.for programı diğer alt programlarından farklı olarak bağımsız çalışmaktadır. Her bir istasyona ait değişim ve çarpıklık katsayıları programa doğrudan yazılır. İstasyonları çarpıklık katsayıları birbirine eşit olup bu değer bölgesel çarpıklık katsayısına eşittir. Bu çalışmada benzeşim sayısı (NSIM) 500, her benzeşim için yapılacak olan tekrarlanma sayısı da (NREP) 100 olarak belirlenmiştir. Benzeşim için kullanılan dağılım Genelleştirilmiş Lojistik dağılımıdır. Xsim.for programı çalıştırılarak elde edilen dağılım parametreleri ve çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler EK 13'ten EK 24'de kadar gösterilmiştir. Her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler ile o istasyonun ortalaması ile çarpılarak yağış miktarı elde edilmiştir. Bu değerler EK 25'ten EK 36'ya kadar verilmiştir.

Tablo 3.5. Tüm süreli yağışlar için uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler

Süre	Yineleme Aralığı (Yıl)									
	2	5	25	50	100	250	500			
5 dakika	0.933	1.240	1.790	2.071	2.391	2.886	3.325			
15 dakika	0.927	1.253	1.843	2.146	2.493	3.033	3.514			
30 dakika	0.911	1.259	1.918	2.269	2.679	3.332	3.928			
1 saat	0.896	1.281	1.973	2.306	2.669	3.198	3.641			
2 saat	0.890	1.280	1.998	2.351	2.739	3.314	3.802			
3 saat	0.892	1.243	1.926	2.276	2.672	3.275	3.802			
4 saat	0.891	1.250	1.941	2.293	2.689	3.290	3.813			
5 saat	0.901	1.228	1.858	2.179	2.539	3.086	3.561			
6 saat	0.912	1.229	1.809	2.092	2.402	2.860	3.247			
8 saat	0.917	1.229	1.787	2.055	2.344	2.766	3.119			
12 saat	0.928	1.229	1.736	1.968	2.213	2.557	2.836			
24 saat	0.934	1.204	1.663	1.874	2.096	2.411	2.665			

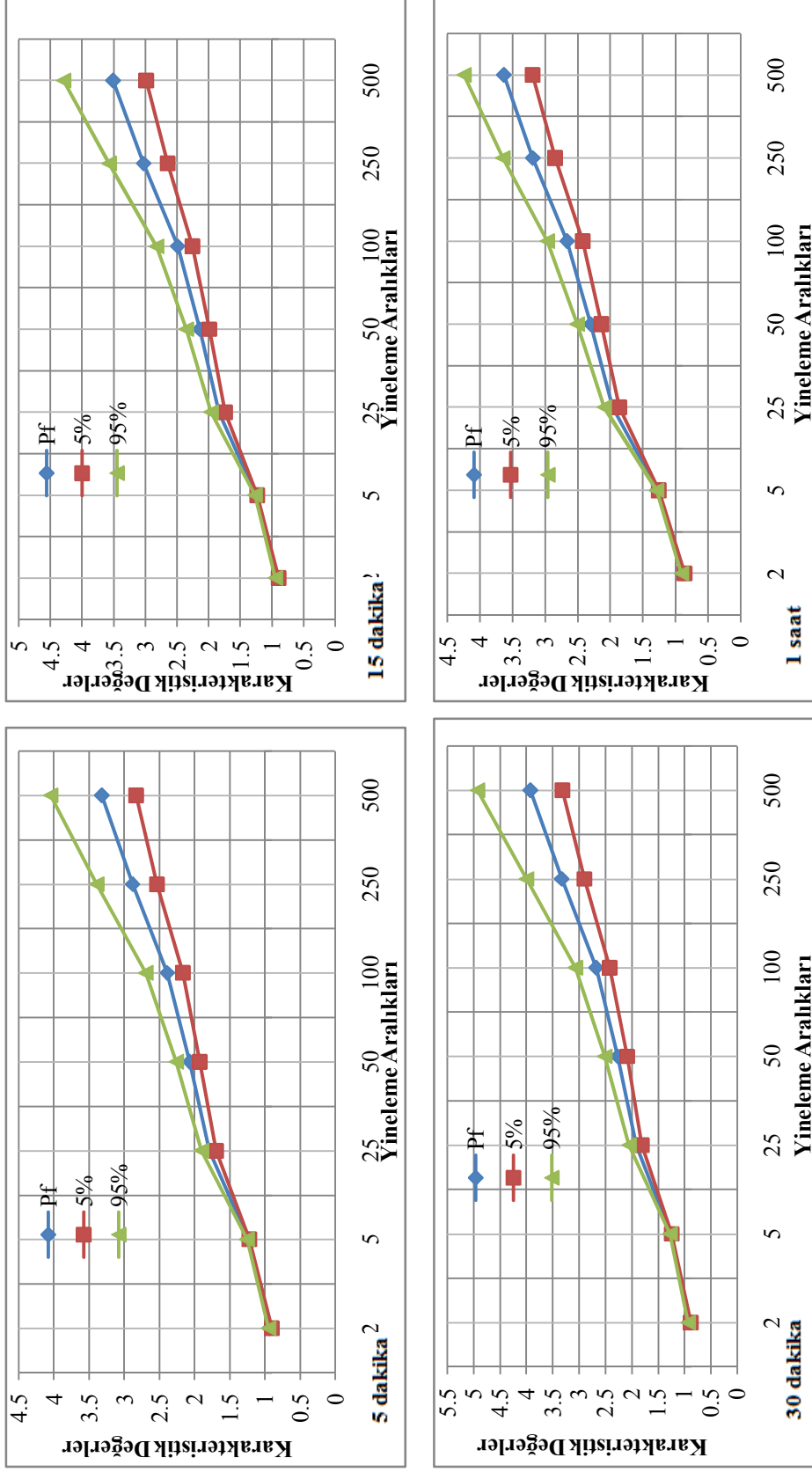
EK 13'ten EK 24'de kadar karakteristik değerlerin doğruluğu Monte Carlo benzeşimi ile kontrol edilmiştir. Bu değerlerinin doğruluğunun tespiti için her bir istasyonun taraflılık (BIAS) ve ortalama en küçük hata parametreleri (RMSE) hesaplanmaktadır. Bölgesel bağlamda kontrol için bu parametrelerin yanında mutlak değer taraflılık parametresi de (ABSBIAS) benzeşim yapılmış bölgelerin büyüme eğrileri istenilen her bir dağılım için bulunmaktadır. Güvenirlilik aralığının alt ve üst sınırların değerleri (%5 ve %95), bulunan bölgesel gelişim eğrisi değerinin daha önceden Xsim.for programında bulunmuş olan %5 ve %95 aşılma olasılığına karşılık gelen değere bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Buna göre her istasyon taraflılık, ortalama en küçük hata değerleri ve güvenirlilik aralığı sınır değerleri EK 37'den EK 48'e kadar, yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık, taraflılık, RMSE ve güvenirlilik aralığı sınır değerleri EK 49'dan EK 60'a kadar ve bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri EK 61'den EK 72'ye kadar gösterilmiştir. Tablolardan çıkan sonuçlara göre mutlak değer taraflılık, taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri küçük çıkmıştır. Bu sebeple karakteristik değerlerin doğruluğu uygun kabul edilmiştir.

Çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel büyüme eğrisi değerleri ve bu değerlere karşılık gelen aralığı değerleri Şekil 3.1'de verilmiştir.

3.1.Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür (i-t-T) Grafiği

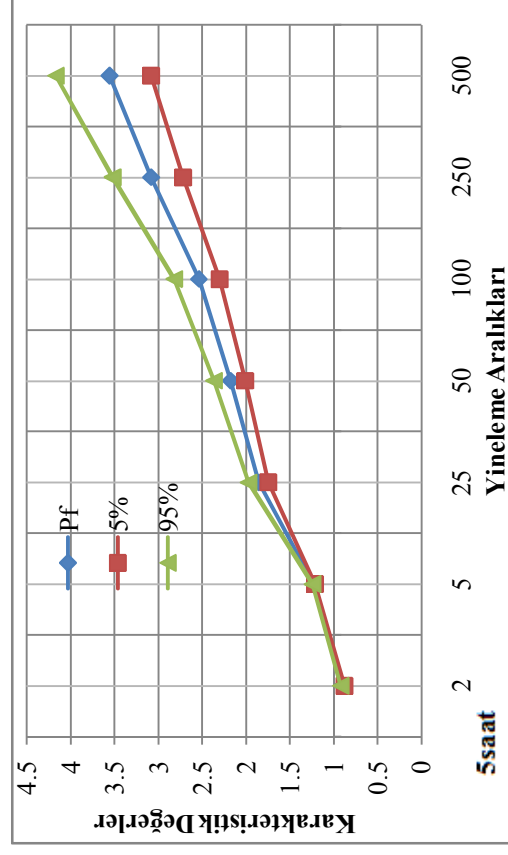
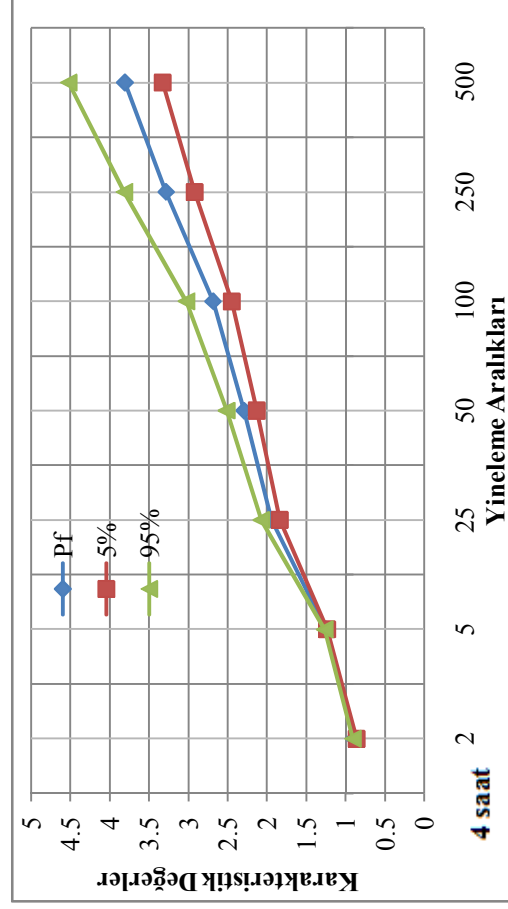
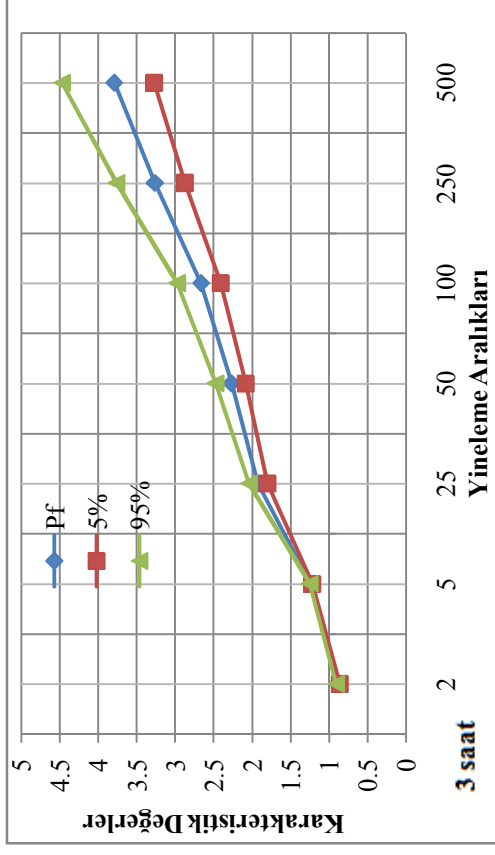
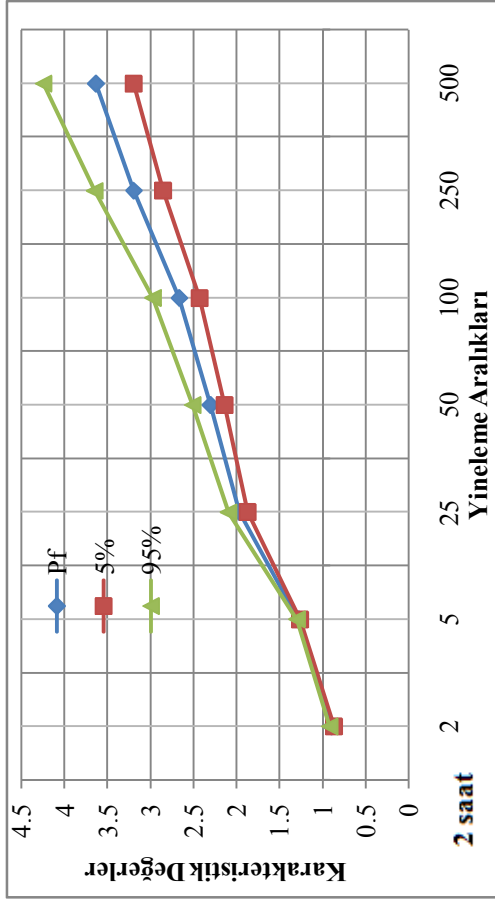
Çeşitli katsayılar GLO ve GEV dağılımlar için hesaplanarak tablo halinde verilmiştir. Dağılımların tekerrür tahmin etmek için kullanılan GLO ve GEV dağılımların eşitlikleri formül 26 ve 30' de verilmiştir.

Bu dağılımları kullanarak bölgesel dağılımın fonksiyonunun parametreleri hesaplanır. Bu parametreler kullanarak tüm istasyonların her süre için ortalaması, 2'den 500 yıllık peryotlara karşılık gelen boyutsuz büyüme oranı ile çarpılarak, o bölgenin o dönüş aralığına karşılık gelen tekerrür değerleri hesaplanır. Buna bağlı olarak yağış şiddeti değerleri hesaplanarak Tablo 3.6 ve Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de kısa ve uzun süreli yağışlar için yağış şiddeti-süre-tekerrür grafiği (i-t-T) verilmiştir.

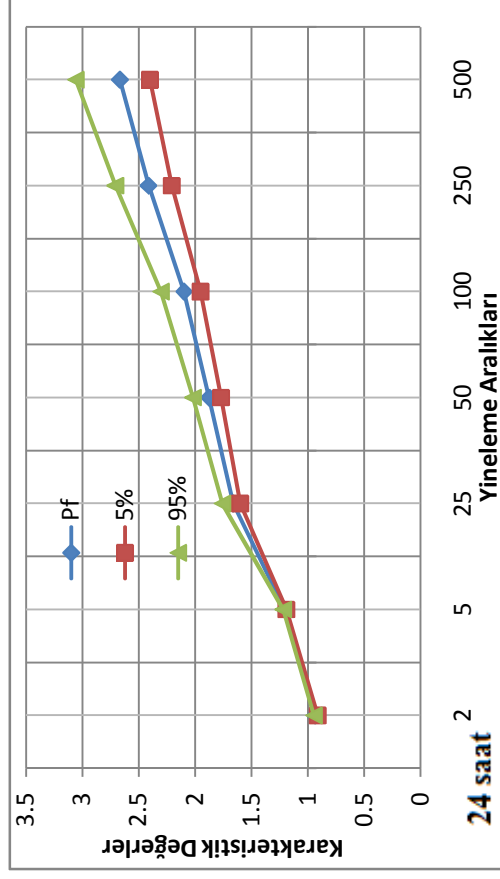
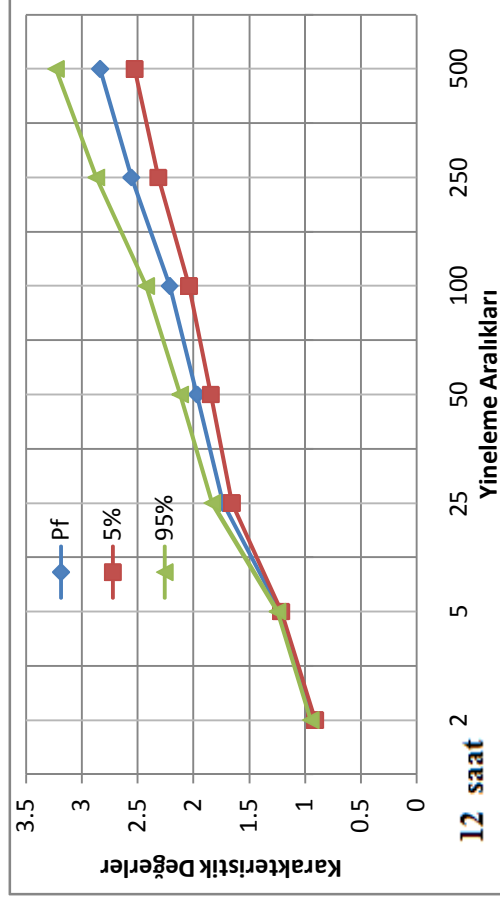
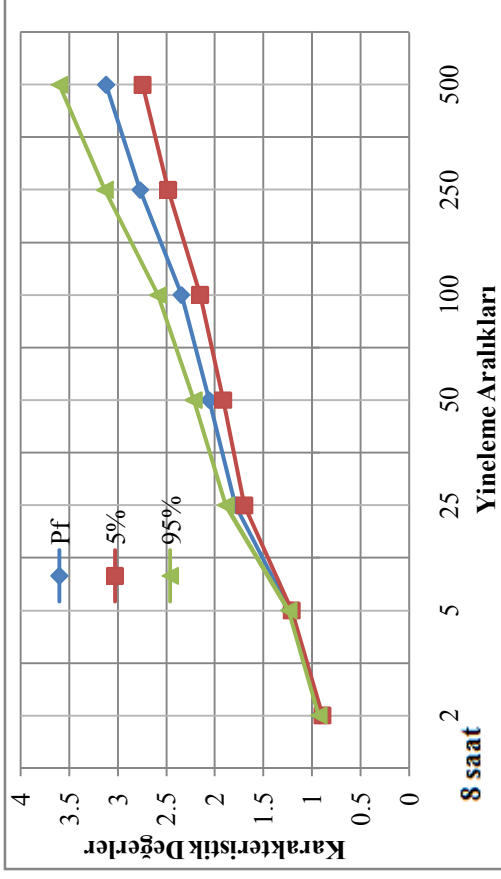
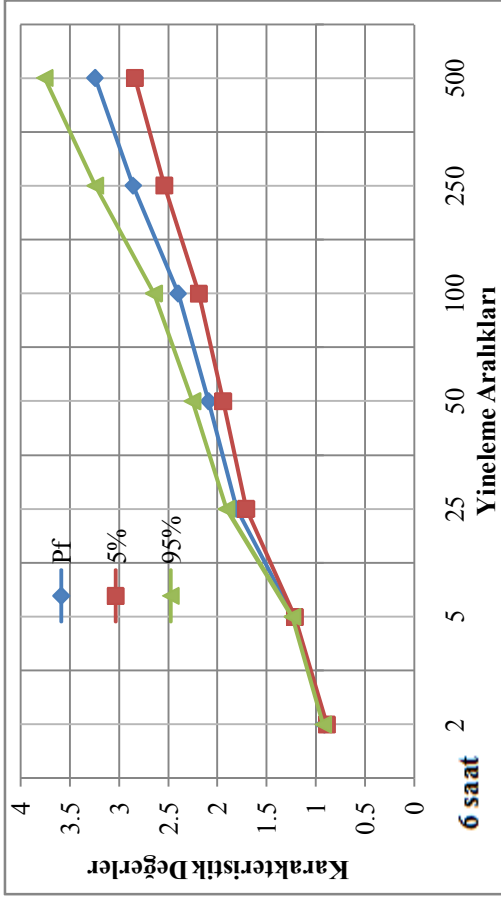


Şekil 3.1. Tüm süreli yağış için %90 güvenirlilik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği

Şekil 3.1'in devamı

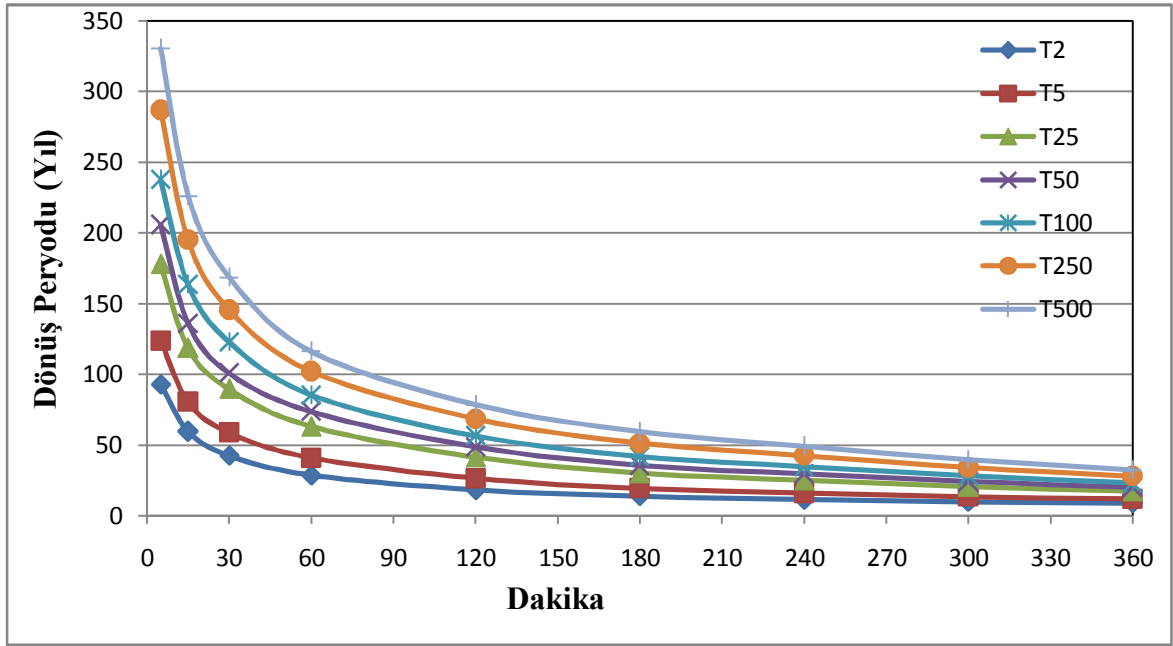


Şekil 3.1'in devamı

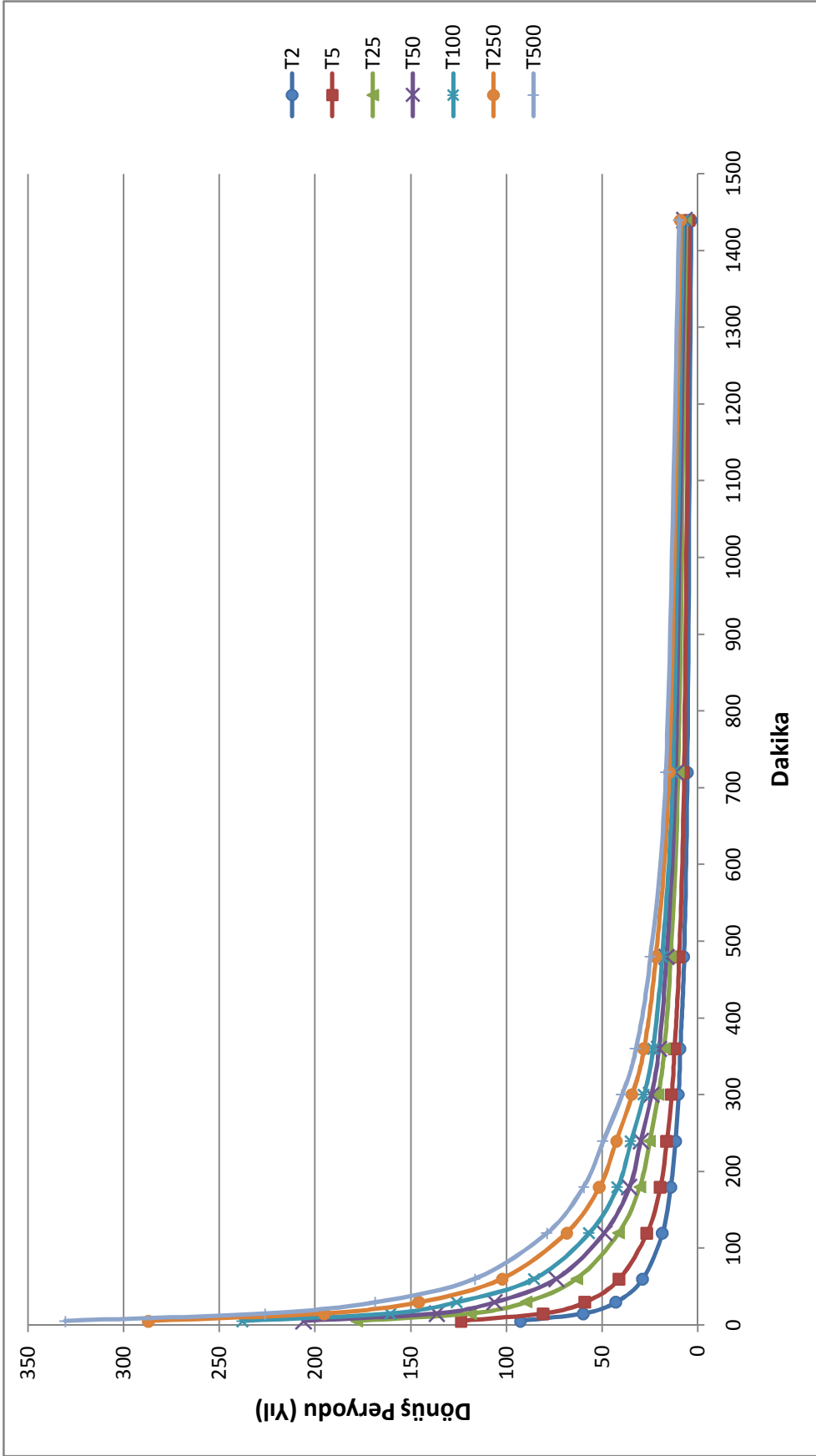


Tablo 3.6. Çeşitli dönüş periyotları için bölgesel yağış şiddeti değerleri (mm/saat)

T Dönüş Periyodu (Yıl)	5 dakika	15 dakika	30 dakika	1 saat	2 saat	3 saat	4 saat	5 saat	6 saat	8 saat	12 saat	24 saat
2	92.72	59.62	42.56	28.64	18.39	13.97	11.53	9.98	8.86	7.23	5.41	3.41
5	123.27	80.62	58.82	40.94	26.44	19.47	16.16	13.61	11.94	9.69	7.16	4.40
25	177.9	118.53	118.53	63.06	41.28	30.16	25.10	20.60	17.58	14.90	10.12	6.07
50	205.84	138.06	138.06	73.73	46.58	35.66	29.66	24.16	20.34	16.20	11.48	6.84
100	237.63	160.37	160.37	85.31	56.6	41.85	34.78	28.15	23.35	18.49	12.91	7.65
250	286.82	195.07	195.07	102.23	68.48	51.30	42.55	34.21	27.80	21.82	14.92	8.80
500	330.48	226.02	226.02	116.39	78.56	59.56	49.31	34.48	31.56	24.59	15.54	9.73



Şekil 3.2. Kısa süreli yağış şiddeti-Süre-tekerrür garfiği



Şekil 3.3. Tüm süreli yağış şiddeti-süre-tekerrür garfiği

3.3. Regresyon Analizi ve YSA Metoduyla Yağış Şiddetinin Tahmini

3.3.1. Regresyon Analizi

Özellikleri Tablo 2.1’de verilmiş olan, yağış şiddeti (i) bağımlı değişken olmak üzere 5 adet bağımsız değişkenin 2 ayrı veri grubu için test ve doğrulama verilerine çoklu regresyon analizi (RA) uygulanmıştır. Analizler ikinci bölümde açıklandığı şekilde 6 fonksiyon için yapılmıştır. Tablo 3.7’de bu fonksiyonlara ait RMSE, RH ve SI değerleri verilmiş olup test ve doğrulama veri seti için en düşük hata değerleri Üs fonksiyondan elde edilmiştir.

Tablo 3.7. Test ve doğrulama veri seti için fonksiyonlara ait hata değerleri

Fonksiyon	Test			Doğrulama		
	RH	RMSE	SI	RH	RMSE	SI
Doğrusal	162.17	25.84	0.94	170.35	25.018	0.96
S	105.49	16.212	0.591	112.60	16.300	0.631
Ekspansiyel	74.03	17.44	0.635	74.02	16.473	0.637
Ters	84.78	0.15.17	0.553	93.58	15.419	0.596
Üs	36.89	9.231	0.336	38.88	8.99	0.348
Logaritmik	108.92	14.66	0.534	93.82	13.45	0.520

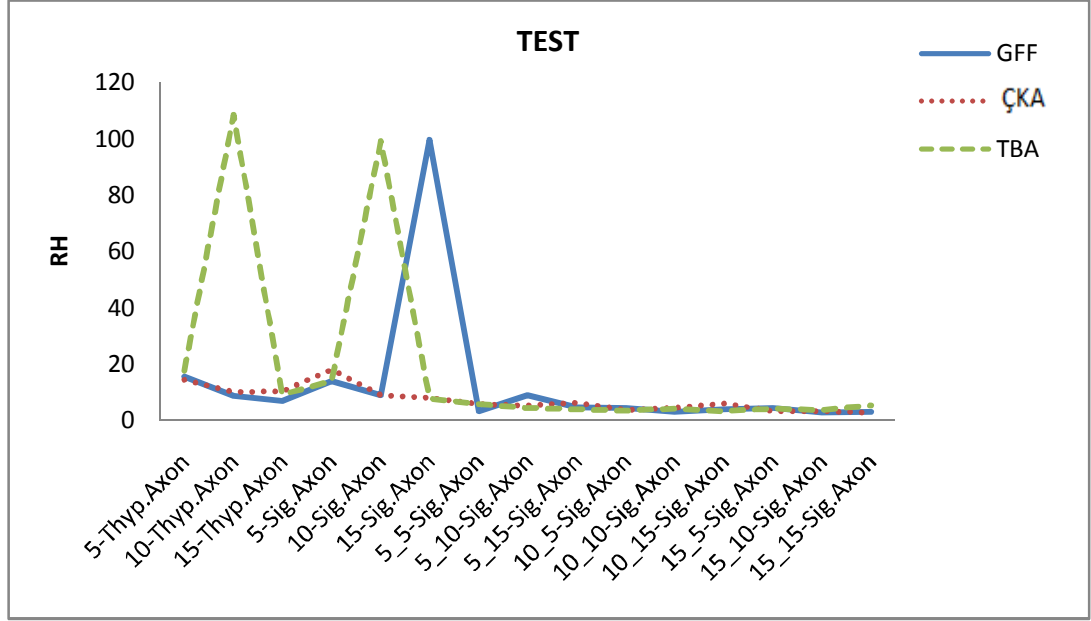
5 bağımsız değişkeni içeren Üs fonksiyonu için elde edilen katsayı değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\dot{I} = 94 \times 10^{-9} \times T^{0.283} \times t^{-0.511} \times e^{0.102} \times b^{5.16} \times y^{-0.031} \quad (70)$$

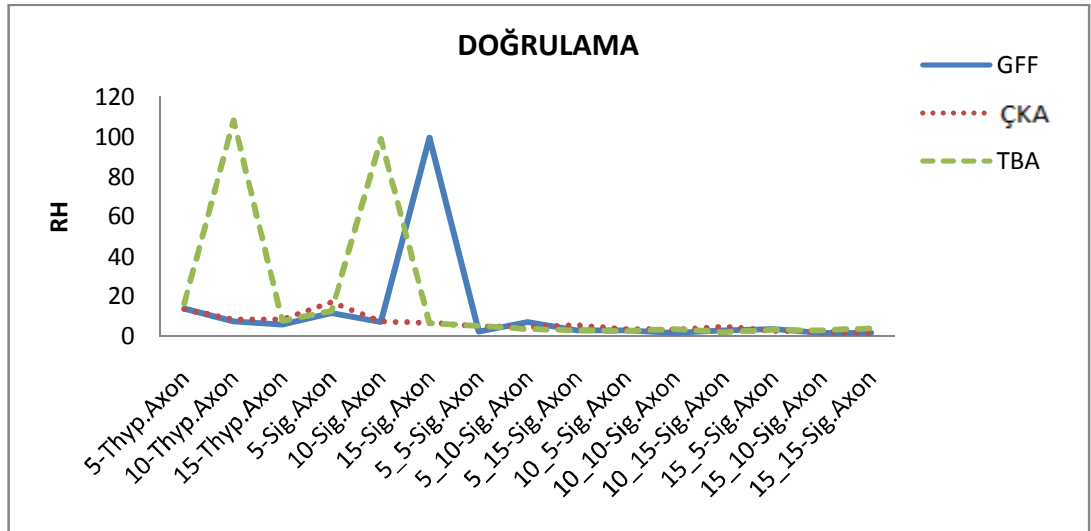
3.3.2. Çeşitli YSA Metotları ile Yağış Şiddetinin Tahmini

Çalışma kapsamında üç farklı YSA yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan YSA yöntemleri çeşitli değişkenlerle eğitilmiş. ÇK-YSA, GFF-YSA ve TBA-YSA’nın test ve doğrulama aşamasındaki Tanh.Axon ve Sig.Axon transfer fonksiyonu ve Levenberg

Marquardt öğrenme kuralı ile tek ve çift ara katmandaki eleman sayısına gelen RH değerler kıyaslaması Şekil 3.4'te verilmiştir.



(a)



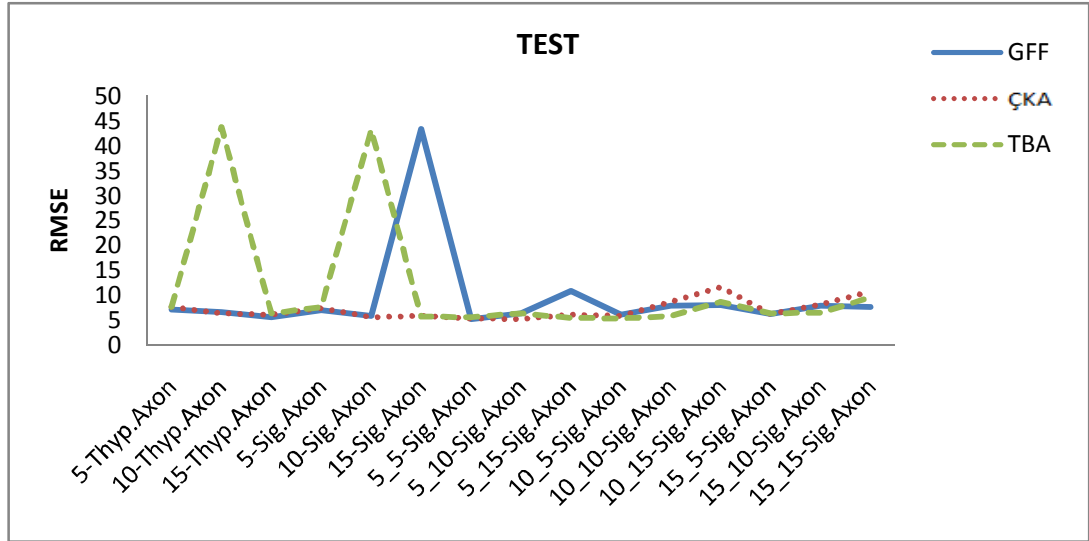
(b)

Şekil 3.4. ÇK, GFF ve TBA'da RH hata değerlerinin ara katmandaki eleman sayısına göre değişimi

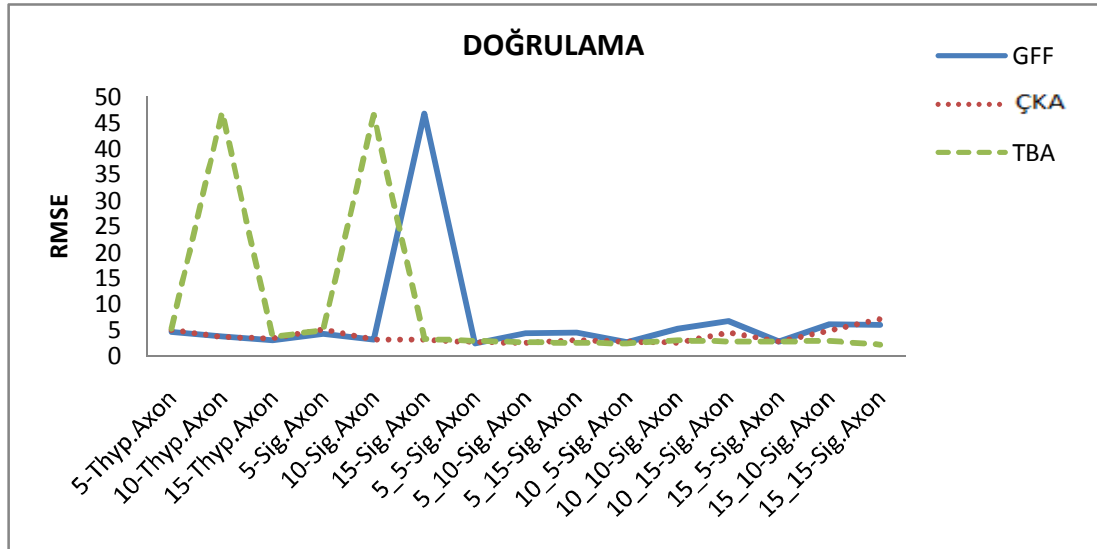
RH hata değerine göre GFF modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama'da 5-5 ara katmanlı sayısında görünmüştür. ÇKA modelleri arasında en iyi sonuç test ve

doğrulama’da 5-10 ara katmanlı sayısında görünmüştür ve TBA modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama’da 10-5 ara katmanlı sayısında verilmiştir.

ÇK-YSA, GFF-YSA ve TBA-YSA’nın test ve doğrulama aşamasındaki Tanh.Axon ve Sig.Axon transfer fonksiyonu ve Levenberg Marquardt öğrenme kuralı ile tek ve çift ara katmandaki eleman sayısına gelen RMSE değerler kıyaslaması Şekil 3.5’te verilmiştir.



(a)

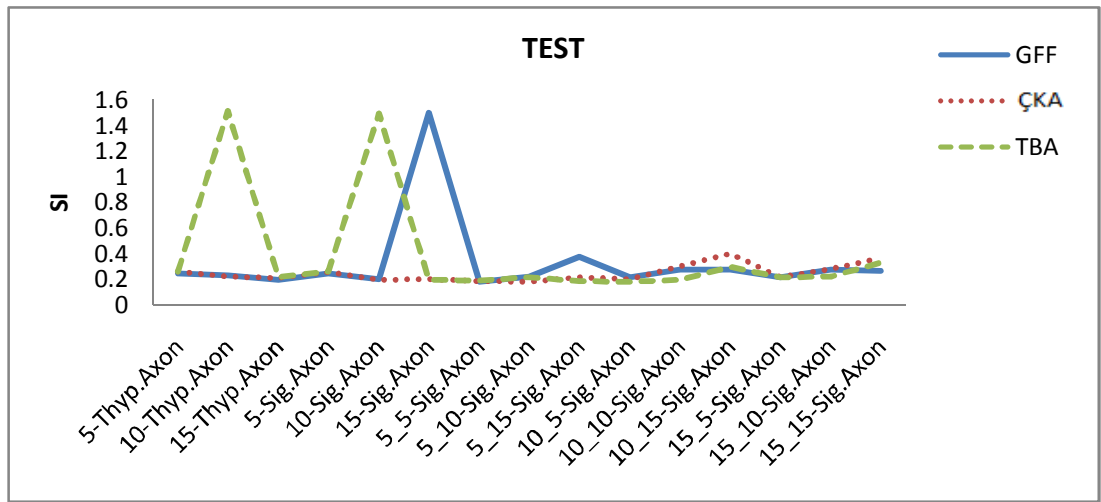


(b)

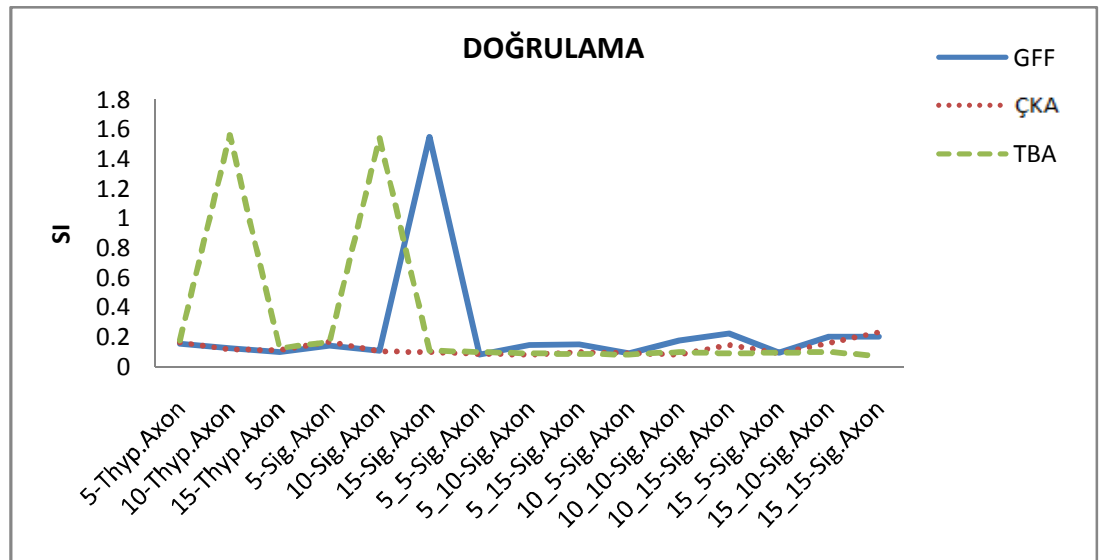
Şekil 3.5. ÇK, GFF ve TBA’da RMSE hata değerlerinin ara katmandaki eleman sayısına göre değişimi

RMSE hata değerine göre GFF modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama'da 5-5 ara katmanlı sayısında görünmüştür. ÇKA modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama'da 5-10 ara katmanlı sayısında görünmüştür ve TBA modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama'da 10-5 ara katmanlı sayısında verilmiştir.

ÇK-YSA, GFF-YSA ve TBA-YSA'nın test ve doğrulama aşamasındaki Tanh.Axon ve Sig.Axon transfer fonksiyonu ve Levenberg Marquardt öğrenme kuralı ile tek ve çift ara katmandaki eleman sayısına gelen SI değerler kıyaslaması Şekil 3.6'te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3. 6. ÇK, GFF ve TBA'da SI hata değerlerinin ara katmandaki eleman sayısına göre değişimi

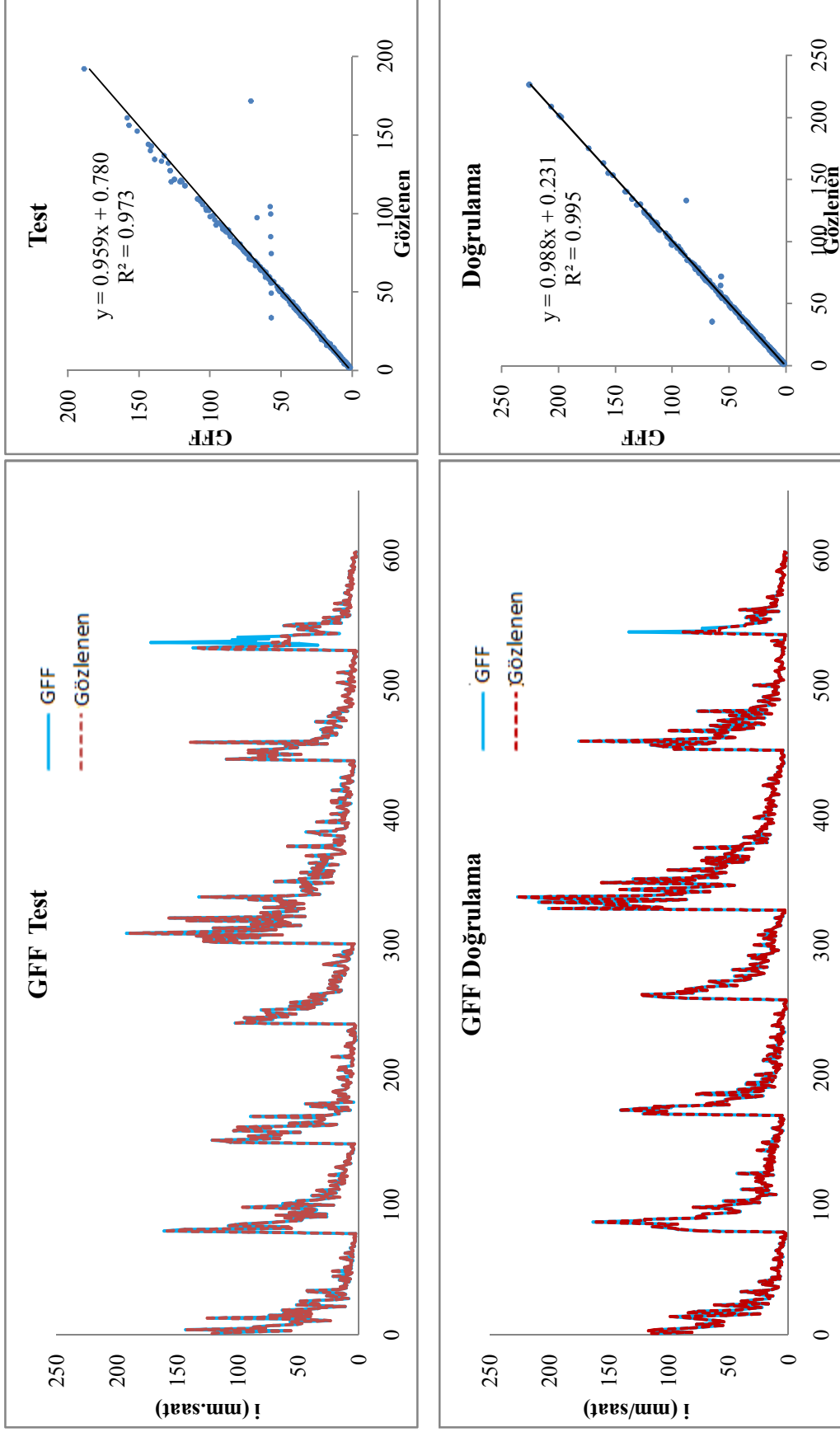
SI hata değerine göre GFF modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama'da 5-5 ara katmanlı sayısında görünmüştür. ÇKA modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama'da 5-10 ara katmanlı sayısında görünmüştür ve TBA modelleri arasında en iyi sonuç test ve doğrulama'da 10-5 ara katmanlı sayısında verilmiştir.

Farklı YSA yöntemleri ve regresyon analizi ile elde edilen en iyi sonuçlar Tablo 3.8'de verilmiştir ve birbirileri ile kıyaslanmış. GFF-YSA yönteminin hesaplanan hata değerleri sırasıyla RH, RMSE ve SI değerleri test ve doğrulama verileri için diğer iki YSA yöntemine göre daha düşük çıkmıştır. Her üç YSA yönteminde de 2 ara katmanlı ağ mimarisi tek katmanlı ağ mimarisine göre daha iyi tahminde bulunmuştur. ÇK-YSA da 5-10 ara katman elaman sayılı ağ mimarisi iyi sonuçları verirken, GFF-YSA da 5-5 ve TBA-YSA da 10-5 ara katman elaman sayılı ağ mimarisi daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Tablo 3.8. YSA metotları ve Regresyon analizi hata değerleri

Metot	Ara Katman Sayısı	Transfer Fonksiyonu	Test Verileri			Doğrulama Verileri		
			RH	RMSE	SI	RH	RMSE	SI
ÇKA	5-10	Sig.Axon	5.165	5.29	0.183	4.662	2.49	0.087
GFF	5-5	Sig.Axon	3.015	5.29	0.183	2.582	2.43	0.080
TBA	10-5	Sig.Axon	3.397	5.35	0.185	2.756	2.43	0.080
RA	-	-	36.89	9.23	0.336	38.88	8.99	0.348

Şekil 3.7'de GFF modelinin test ve doğrulama aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. GFF tahminleri gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir. Zaman serisi ve saçılım diyagramı incelendiğinde Pazar istasyonuna ait 5 dakika süreli yağış şiddeti değerleri tahmininde başarı sağlanamamıştır. Pazar istasyonuna ait bu veriler çıkarılarak ağ tekrar eğitilmiş ve hata değerlerinde önemli derecede iyileşme sağlanmıştır.

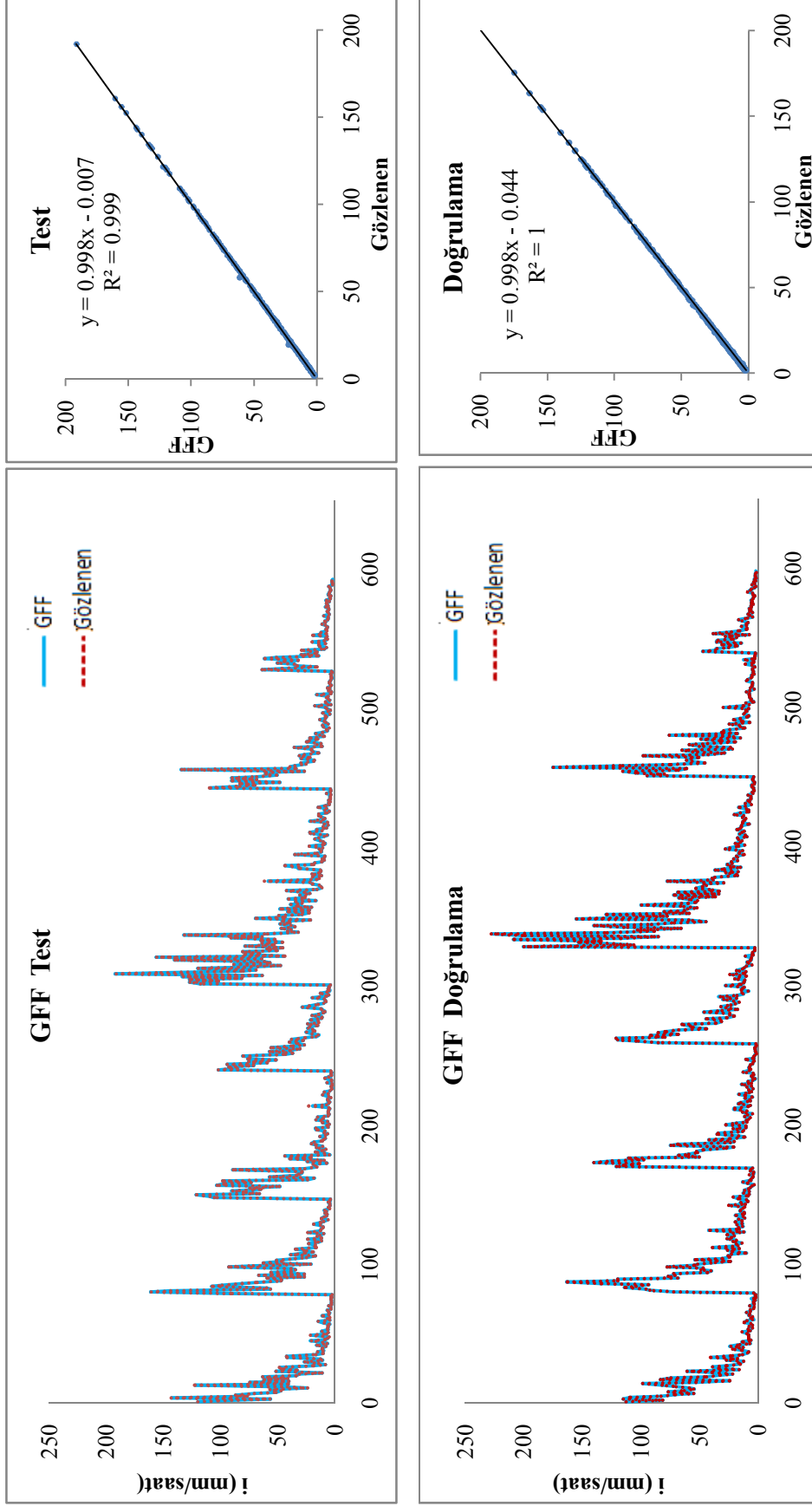


Şekil 3.7. Test ve doğrulama aşamaları için tahmin edilen yağış şiddeti ile gözlenen yağış şiddetlerin karşılaştırılması

Pazar istasyonuna ait 5 dakikalık yağış şiddeti değerleri çıkarıldıktan sonra hesaplanan hata değerleri Tablo 3.9 verilmiştir. İlk kurulan modelde en iyi tahmini 5-5 ara katman eleman sayılı mimari verirken ikinci kurulan modelde 15-10 ara katman sayılı ağ mimarisi yapmıştır. İlk kurulan modelde test veri takımı için RMSE değeri 5.29 ve doğrulama veri takımı için 2.43 iken ikinci kurulan modelde bu değerler 1.27 ve 1.23'e düşmüştür. Şekil 3.7, GFF modelinin test ve doğrulama aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. GFF tahminleri gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir. Zaman serisi ve saçılım diyagramları incelendiğinde tahmin değerleri ile gözlenen değerler arasında önemli miktarda uyum sağlandığı görülmüştür.

Tablo 3.9.YSA metotları ve Regresyon analizi hata değerleri

Metot	Ara Katman Sayısı	Transfer Fonksiyonu	Test Verileri			Doğrulama Verileri		
			RH	RMSE	SI	RH	RMSE	SI
ÇKA	15-10	Sig.Axon	0.385	1.311	0.014	0.279	1.069	0.009
GFF	15-10	Sig.Axon	0.3	1.269	0.011	0.245	1.236	0.008
TBA	10-15	Sig.Axon	0.483	1.798	0.017	0.361	1.498	0.012
RA	-	-	36.89	9.23	0.336	38.88	8.99	0.348



Şekil 3.8. Test ve doğrulama aşamaları için tahmin edilen yağış şiddeti ile gözlenen yağış şiddetlerin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yıllık en büyük yağış değerleri kullanarak Doğu Karadeniz havzasının L-Momentler yöntemine dayalı yağış şiddeti-süre-tekerrür analizi yapılmıştır. Analizde 12 farklı yağış süresi için 7 meteoroloji istasyonunun verileri kullanılmıştır. Tüm yağış süreleri için bölgenin homojen olduğu tespit edilmiştir. 5 farklı dağılım (GEV, GLO, GNO, PE3 ve GPA) için yapılan uygunluk testlerinde; 5, 15 ve 30 dakika süreli yağış için GLO'nun ve diğer süreler için ise GEV'in uygun dağılım olduğu tespit edilmiştir. Uygun dağılımlar kullanılarak çeşitli tekerrür süreli yağış şiddeti değerleri elde edilmiştir. Bölgesel 500 yıl tekerrür süreli değerlerinin 330.48 mm/saat (t=5 dakika) 9/73 mm/saat (t=24 saat) aralığında değişmesi görülmüştür. Sonuç olarak tüm yağış ve tekerrür süreleri dikkate alınarak bölgesel yağış şiddeti-süre-tekerrür eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin doğrulamasını sınamak için Monte Carlo benzeşimi yapılmıştır. Bölgenin taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri düşük düzeyde kaldıkları belirlenmiş ve elde edilen değerleri doğruluğu ortaya koyulmuştur.

Çalışmada ayrıca, RA, ÇK-YSA, GFF-YSA ve TBA-YSA yöntemleri kullanarak çeşitli tekerrür süreli bölgesel yağış şiddet değerleri elde edilmiştir. Yöntemlerde bağımsız değişken olarak L- momentler yönteminden elde edilen tekerrür periyotları ile yağış süresi ve istasyonlara ait enlem , Boylam ve yükseklik değerleri kullanılmıştır. Yöntemlerde, verilerin %70'i eğitim, %15'i test ve geri kalanı doğrulama olacak şekilde modelleme yapılmıştır. Ara katman eleman sayısı 5-5, öğrenme oranı 1.0 ve momentum katsayısı 0.7 seçilerek oluşturulan GFF-YSA modeli test veriler için RH=3.015, RMSE=5.29 ve SI=0.183 ve doğrulam tveriler için RH=3.015, RMSE=5.29 ve SI=0.183 Hata değeri ile en iyi model olarak belirlenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesi çok yağış olan bir bölge olması nedeniyle sık sık taşkınlarla karşı karşıya kalmaktadır. Taşkınlar neden olan şiddetli yağışların iyi derecede tahmin edilmesi büyük önem arz ettiğinden çalışmadan elde edilen sonuçların bölge için çok faydalı olacağı düşünülmektedir.

5. ÖNERİLER

Bölgesel frekans analizlerinin L-momentler yöntemi ile yapılması son yıllarda sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde hesaplamalar uzun ve tekrar gerektirdiğinden işlemler bazı bilgisayar programları yardımıyla yapılmaktadır. Kullanılan programların ve modellerin bir çatı altında toplanmasıyla işlem yükü azaltılarak hesaplamaların daha kolay yapılması sağlanabilir.

Çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan 7 meteoroloji istasyonundan elde edilmiş yıllık maksimum yağış değerleri kullanılmış ve yağış şiddeti-süre-frekans analizi yapılmıştır. Daha kapsamlı sonuçlar elde etmek amacıyla bu istasyonların sayısının arttırılarak analizlerin yapılması uygun olabilir. Kıyı şeridinden yukarılara çıkıldıkça yağış şiddetinin değişiminin incelenmesi ve havzaya etkilerinin belirlenebilmesi için havzanın farklı bölgelerinde analizlerin tekrarlanmasının havza yönetimi için faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Bölgesel frekans dağılımı seçiminde 5 farklı dağılım belirlenmiştir. Bunların dışında mevcut olanında dağılımlar kullanılarak elde edilecek sonuçların mevcut dağılımlarla kıyaslanması modellerin doğruluğunu arttırabileceği düşünülebilir.

Çalışma kapsamında yağış şiddetinin tahmini için 3 farklı YSA metodu kullanılmış ve sonuçlar çeşitli kriterlere göre kıyaslanmıştır. Bu metotlarda belirlenen bağımsız değişken sayısının arttırılarak analizlerin bu üç yöntem için ve bu yöntemlerden farklı olan yeni yöntemlerle tekrarlanması önerilmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçların yanında çalışma alanının genişletilerek diğer havzalar içinde yağış şiddeti-süre-frekans analizi yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Anılan, T., 2014. Doğu Karadeniz Havzası'nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizinde Yapay Zeka Yöntemlerinin Uygulanması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Anılan, T., Yüksek, Ö. ve Öztürk, B.H., 2013. Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Verileri İçin Homojenlik Analizi, Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, Trabzon.
- Anlı, S. A., Apaydın, H. ve Öztürk, F., 2007. Regional Flood Frequency Estimation for the Göksu River Basin Through L-moments, International Congress on River Basin Management, DSİ, 424-438, Antalya.
- Asenio, A., Cuesta, J.A., Diego-Mas, J. ve Slaide, M., 2010. Applying Generalised Feedforward Neural Networks to Classifying Industrial Jobs in Terms of Risk of Low Back Disorders, International Journal of Industrial Ergonomics, 40, 629-635.
- Awadallah, A.G., 2013. Regional intensity-duration-frequency curves for Jeddah region, Saudi Arabia, using ordinary and L-moments approaches, Journal of Flood Risk Management, DOI: 10.1111/jfr3.12085.
- Aydoğan, D., Kankal, M. ve Önsoy, H., 2014. Regional Flood Frequency Analysis for Çoruh Basin of Turkey with L-Moments Approach, Journal of Flood Risk Management, DOI: 10.1111/jfr3.12116.
- Aziz, K., Rahman, A., Fang, G. ve Shrestha, S., 2013. Application of Artificial Neural Networks in Regional Flood Frequency Analysis: A Case Study for Australia, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 28, 541-554.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B., 1994. İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 211s.
- Dalrymple, T., 1960. Flood Frequency Analysis, Water Supply Paper, 1543-A, U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
- Dawson, C. W., Abrahart, R. J., Shamseldin, A.Y. ve Wilby, R. L., 2006. Flood Estimation at Ungauged Sites Using Artificial Neural Networks, Journal of Hydrology, 319, 391-409.
- DMİ, 1943-2012. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Yıllık Toplam Yağış Verileri.
- DSİ, 2008. Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, Trabzon.

- Ersungur, Ş.M., Kızıltan, A. ve Polat, Ö., 2007. Türkiye’de Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması: Temel Bileşenler Analizi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21, 2.
- Eslemian, S. S. ve Feizi, H., 2007. Maximum Monthly Rainfall Analysis Using L-Moments for an Arid Region in Isfahan Province, Iran. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 46, 494-503.
- Fausett, L., 1994. Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms, and Application, Pentice-Hall Upper Saddle River.
- Gebeyehu, A., 1989. Regional Flood Frequency Analysis, The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, Bulletin No. TRIVA-VBI-148.
- Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C., and Wallis, J.R., 1979. Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Several Distribution Expressible in Inverse Form. Water Resources Research, 15, 5, 1049-1054.
- Haktanir, T., 1991. Statistical Modelling of Annual Maximum Flows in Turkish Rivers. Hydrological Sciences Journal, 36, 4, 367-389.
- Hebb, D. O., 1949. The organization of behavior. Wiley. [aTJS].
- Hosking, J. R. M., 1986. The Theory of Probability Weighted Moments. Research Rep. RC 12210, 160 pp., IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1988. The Effect of Intersite Dependence on Regional Flood Frequency Analysis, Water Resources Research, 24, 4, 588-600.
- Hosking, J. R. M., 1990. L moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics, Journal of the Royal Statistical Society Series B, 52, 105-24.
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1993. Some Statistics Useful in Regional Frequency Analysis, Water Resources Research, 29, 2, 271-281.
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1997. Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments, IBM Research Division, Yorktown Heights, New York, Cambridge University Pres 224s.
- Jaiswal, R.K., Goel, N.K., Singh, P. ve Thomas, T., 2003. L-moment Based Flood Frequency Modelling, The Institution of Engineers (India), 84, 6-10.
- Kankal, M., 2010. Liman İçi Çalkantılarının Fiziksel ve Sayısal Modellenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Karahan, H., Ayvaz., M. ve Gürarlan, G., 2008. Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi, GAP Örneği, İMO Teknik Dergi, 4393-4407, Yazı 290.
- Karahan, H., 2012. Determining Rainfall-Intensity-Duration-Frequency Relationship Using Particle Swarm Optimization, KSCE Journal of Civil Engineering, 16, 4, 667-675.
- Kisi, O., 2005. Suspended sediment estimation using neuro-fuzzy and neural network approaches. Journal of Hydrology, 50, 4, 683-696.
- Shiri, J., Kisi, O., 2010. Short-term and long-term streamflow forecasting using a wavelet and neuro-fuzzy conjunction model, Journal of Hydrology, 394, 486-493.
- Landwehr, J. M., Matalas, N.C. and Wallis, J. R., 1979a. Probability Weighted Moments Compared with Some Traditional Techniques in Estimating Gumbel Parameters and Quantiles, Water Resources Research, 15, 5, 1055-1064.
- Landwehr, J. M., Matalas, N. C. and Wallis, J. R., 1979b. Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions, 1. Know Lower Bounds, Water Resources Research, 15,6, 1361-1372.
- Lopçu, A., 2007. Yıllık Maksimum Yağışların Şiddet-Süre-Tekerrür Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, Ege Üniversitesi FBE, İnşaat Mühendisliği, İzmir.
- Madsen, H., Pearson, C.P., Rosbjerg, D., 1997. Comparison of annual maximum series and partial duration methods for modelling extreme hydrologic events. 1. At-site modelling. Water Resources Research, 33, 759-769.
- Modarres, R., 2008. Regional Rainfall Distributions of Iran. Pajouhesh & Sazandegi, 75, 86-91.
- Okur, A., 1999. Application of Regional Flood Frequency Analysis through Method of L-Moments, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Öztemel, E., 2006. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 232s.
- Pearson, K., 1894. Contributions to the mathematical theory of evolution, Phil.Trans. A, 185, 71-110.
- Salimi, S., Mahmoodi, H. and Barahman, N., 2013. Weekly-discharge Estimation for Tang-Karzin's Station, Using Multilayer Perceptron (MLP) Network Optimized by Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, International Journal of Basic and Applied Science, 2, 2, 242-253.
- Sangün, L., 2007. Temel Bileşenler Analizi, Ayırma Analizi, Kümeleme Analizleri ve Ekolojik Verilere Uygulanması Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Seçkin, N., 2002. Ceyhan ve Seyhan Havzaları'nın Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Seçkin, N., 2009. L-Momentlere Dayalı Göstergesel Metodu ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Shu, C. ve Ouarda, T. B. M. J., 2007. Flood Frequency Analysis at Ungauged Sites Using Artificial Neural Networks in Canonical Correlation Analysis Physiographic Space, Water Resources Research, 43, DIO:10.1029/2006WR005142.
- Şorman, Ü., 2004, Bölgesel Frekans Analizlerindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadeniz'de Bir Uygulama, İMO Teknik Dergi, 3155-3169.
- Timm, N.H., 2002. Applied Multivariate Analysis, Springer- Verlag, ISBN 0-387 95347-7, 693p. USA.
- URL-1 <http://www.forumgercek.com/bilimsel-calismalar-ve-haberler/95658-yapay-zeka-amaci-ve-tarihcesi-gelecekte-yapay-zeka.html>, 14 Eylül 2014.
- URL-2 <http://www.ibrahimcayiroglu.com>, 25 Eylül 2014.
- Vogel, R.M. ve Fennessey, N.M., 1993. L Moment Diagrams Should Replace Product Moment Diagrams, Water Resources Research, 29,6, 1745-1752.
- Wiltshire, S.W., 1986. Identification of Homogeneous Regions for Flood Frequency Analysis. Journal of Hydrology, 84: 287-302.
- Yang, T., Shao, Q., Hao, Z. C., Chen, X., Zhang, Z., Xu, C, Y. ve Sun, L., 2010. Regional Frequency Analysis and Spatio Temporal Pattern Characterization of Rainfall Extremes in Pearl River Basin, China Journal of Hydrology, 380, 386-405.
- Yurekli, K. and Modarres, R., 2007. Regionalization of Maximum Daily Rainfall Data over Tokat Province, Turkey. International Journal of Natural and Engineering Sciences, 1, 2, 1-7.
- Yüksek, Ö., Kankal, M., Önsoy, H. ve Filiz, M.,H., 2008. Doğu Karadeniz Taşkınları Üzerine Genel Bir Değerlendirme, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, 8 Ağustos, Trabzon.
- Yürekli, K., Anlı, A. ve Öztürk, F., 2007. Standart Süreli Maksimum Yağmurların L-Moment Yaklaşımı ile Bölgesel Frekans Analizi, V. Ulusal Hidroloji Kongresi, Ankara, 229-237.

7. EKLER

EK 1. 5 dakika süreli yağış için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	6.07	0.255	0.235	0.095	0.089	1.90
Giresun	45	8.77	0.215	0.070	0.100	0.083	0.84
Hopa	46	10.06	0.228	0.375	0.426	0.39	1.74
Ordu	46	6.85	0.21	0.068	0.095	0.031	0.74
Pazar	39	9.89	0.159	0.212	0.207	0.98	1.29
Rize	70	10.27	0.175	0.222	0.220	0.106	0.39
Trabzon	54	25.58	0.221	0.230	0.225	0.088	0.09
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2056	0.2031	0.20	-	-

EK 2. 15 dakika süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	11.21	0.2603	0.2964	0.2404	0.1554	1.46
Giresun	45	16.79	0.2291	0.1299	0.0644	0.0503	0.67
Hopa	46	18.83	0.1958	0.2803	0.3875	0.2802	1.83
Ordu	46	14.26	0.2601	0.1595	0.1166	0.0180	1.21
Pazar	39	19.09	0.1647	0.1537	0.1212	0.0935	1.24
Rize	70	20.03	0.1872	0.1931	0.1874	0.0766	0.31
Trabzon	54	12.40	0.2409	0.2531	0.2260	0.1342	0.28
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2182	0.2089	0.1932	-	-

EK 3. 30 dakika süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	15.74	0.2593	0.3536	0.2672	0.2478	1.33
Giresun	45	25.33	0.2602	0.1941	0.0660	0.0002	1.14
Hopa	46	27.30	0.2108	0.2775	0.3169	0.1916	1.08
Ordu	46	19.74	0.2667	0.1807	0.1162	0.0339	1.48
Pazar	39	28.51	0.1785	0.1657	0.1633	0.0951	1.26
Rize	70	30.17	0.2043	0.2047	0.1984	0.1098	0.29
Trabzon	54	16.76	0.2576	0.3047	0.2524	0.1629	0.41
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2329	0.2385	0.1982	-	-

EK 4. 1 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	20.24	0.2311	0.2573	0.2771	0.1469	1.23
Giresun	45	34.41	0.2751	0.2695	0.1065	0.0237	1.07
Hopa	46	40.54	0.2153	0.2420	0.2356	0.1325	0.27
Ordu	46	26.04	0.2863	0.2396	0.1356	0.0407	1.30
Pazar	39	38.27	0.1940	0.2372	0.2102	0.0451	0.99
Rize	70	42.40	0.2182	0.2232	0.1833	0.1246	0.51
Trabzon	54	22.00	0.2486	0.3191	0.2254	0.1785	1.63
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2381	0.2549	0.1943	-	-

EK 5. 2 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	25.19	0.2858	0.2097	0.1388	0.0660	1.24
Giresun	45	43.97	0.2872	0.2960	0.1208	0.0447	1.21
Hopa	46	54.28	0.1960	0.1787	0.1919	0.0844	1.46
Ordu	46	31.96	0.2811	0.2732	0.1490	0.0009	0.33
Pazar	39	51.80	0.2034	0.2686	0.2172	0.1298	0.49
Rize	70	54.63	0.2186	0.2996	0.2070	0.1271	0.61
Trabzon	54	27.44	0.2390	0.3077	0.2486	0.1849	1.66
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2424	0.2665	0.1856	-	-

EK 6. 3 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	28.37	0.1801	0.3680	0.2377	0.0757	1.74
Giresun	45	49.93	0.2662	0.2856	0.1275	0.0269	0.76
Hopa	46	64.04	0.1865	0.2661	0.2570	0.1059	0.71
Ordu	46	35.72	0.2688	0.2790	0.1378	-0.0048	0.73
Pazar	39	60.06	0.1907	0.2201	0.1676	0.7062	1.64
Rize	70	61.36	0.2222	0.3160	0.2045	0.1038	0.13
Trabzon	54	30.35	0.2175	0.2984	0.2733	0.1948	1.28
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2203	0.2923	0.2029	-	-

EK 7. 4 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	31.50	0.2658	0.2007	0.1228	0.0312	1.63
Giresun	45	53.68	0.2663	0.2903	0.1419	0.0509	0.75
Hopa	46	70.22	0.1755	0.2696	0.2726	0.0766	1.20
Ordu	46	38.93	0.2594	0.2891	0.1318	-0.0129	0.44
Pazar	39	67.58	0.1951	0.3427	0.2023	0.0609	1.12
Rize	70	67.21	0.2146	0.3155	0.1960	0.0884	0.23
Trabzon	54	32.44	0.2063	0.2887	0.2837	0.2028	1.63
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2246	0.2880	0.1968	-	-

EK 8. 5 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	33.90	0.1566	0.2927	0.1309	0.0825	1.81
Giresun	45	55.27	0.2560	0.2763	0.1401	0.0666	0.98
Hopa	46	76.40	0.1718	0.2285	0.2665	0.0738	1.34
Ordu	46	41.62	0.2552	0.3100	0.1465	0.0128	0.75
Pazar	39	73.00	0.1884	0.3516	0.2115	0.0043	1.50
Rize	70	71.78	0.2036	0.2862	0.1920	0.0908	0.00
Trabzon	54	33.98	0.1979	0.2810	0.2589	0.1909	0.61
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.2052	0.2877	0.1949	-	-

EK 9. 6 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	35.94	0.1514	0.2447	0.1332	0.0632	1.81
Giresun	45	56.93	0.2466	0.2571	0.1352	0.0676	1.23
Hopa	46	83.24	0.1692	0.1778	0.2372	0.0510	1.53
Ordu	46	43.64	0.2456	0.3242	0.1606	0.3370	0.90
Pazar	39	77.20	0.1808	0.3063	0.2150	-0.0020	0.69
Rize	70	75.95	0.1898	0.2494	0.1962	0.0994	0.04
Trabzon	54	35.50	0.1889	0.2898	0.2485	0.1706	0.80
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.1965	0.2633	0.1921	-	-

EK 10. 8 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	39.32	0.1554	0.1935	0.1287	0.7130	1.46
Giresun	45	59.96	0.2343	0.2529	0.1105	0.0583	1.62
Hopa	46	90.10	0.1779	0.1732	0.2053	0.0086	1.35
Ordu	46	47.50	0.2286	0.3399	0.1897	0.0550	1.01
Pazar	39	83.84	0.1753	0.2833	0.1898	0.0130	0.78
Rize	70	82.46	0.1862	0.2416	0.2004	0.1126	0.11
Trabzon	54	38.96	0.1906	0.2758	0.2397	0.1544	0.68
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.1931	0.2519	0.1845	-	-

EK 11. 12 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	44.38	0.1580	0.1233	0.0900	-0.0135	1.06
Giresun	45	64.86	0.2177	0.2708	0.1564	0.0940	0.78
Hopa	46	100.35	0.1700	0.1446	0.1987	-0.2531	1.43
Ordu	46	52.86	0.2301	0.2974	0.2133	0.9850	1.09
Pazar	39	94.87	0.1680	0.1996	0.1121	0.0428	0.62
Rize	70	88.98	0.1730	0.2479	0.1652	0.0853	0.75
Trabzon	54	43.66	0.1766	0.2562	0.2494	0.1350	1.27
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.1845	0.2251	0.1738	-	-

EK 12. 24 saat süreli yağış için L-moment oranları ve yumsuzluk ölçüsü

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	P_{Ort} (mm)	τ	τ_3	τ_4	τ_5	D_i
Akçaabat	39	55.54	0.1543	0.0859	0.1394	0.0287	1.63
Giresun	45	78.42	0.1780	0.3102	0.1998	0.0864	0.46
Hopa	46	124.83	0.1538	0.1894	0.1274	0.0550	0.33
Ordu	46	77.20	0.2103	0.3505	0.2330	0.0730	1.43
Pazar	39	116.42	0.1840	0.2093	0.0973	0.0302	1.11
Rize	70	110.03	0.1469	0.2067	0.1300	0.0354	0.85
Trabzon	54	57.48	0.1520	0.2269	0.2351	0.1202	1.18
Ağırlıklı bölgesel ortalama			0.1665	0.2272	0.1670	-	-

EK 13. 5 dakika süreli yağış için GLO dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Lojistik Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.9163	0.2388	-0.2031	0.916	1.299	1.983	2.332	2.730	3.346	3.893
Giresun	0.9294	0.2014	-0.2031	0.929	1.252	1.828	2.123	2.459	2.978	3.439
Hopa	0.9252	0.2132	-0.2031	0.925	1.267	1.877	2.190	2.545	3.095	3.583
Ordu	0.9326	0.1923	-0.2031	0.933	1.240	1.791	2.073	2.393	2.889	3.330
Pazar	0.9512	0.1391	-0.2031	0.951	1.174	1.572	1.776	2.008	2.367	2.685
Rize	0.9425	0.1640	-0.2031	0.942	1.205	1.675	1.915	2.188	2.611	2.987
Trabzon	0.9277	0.2063	-0.2031	0.928	1.258	1.849	2.151	2.495	3.027	3.499
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.932	1.242	1.796	2.080	2.403	2.902	3.344
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.932	1.241	1.787	2.066	2.381	2.869	3.302

EK 14. 15 dakika süreli yağış için GLO dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Lojistik Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.912	0.24	-0.208	0.912	1.302	2.004	2.366	2.779	3.422	3.996
Giresun	0.923	0.21	-0.208	0.923	1.265	1.884	2.202	2.566	3.132	3.637
Hopa	0.934	0.18	-0.208	0.934	1.227	1.755	2.028	2.338	2.822	3.253
Ordu	0.912	0.24	-0.208	0.913	1.301	2.003	2.365	2.778	3.420	3.993
Pazar	0.944	0.15	-0.208	0.945	1.191	1.635	1.864	2.126	2.533	2.895
Rize	0.937	0.17	-0.208	0.937	1.217	1.722	1.982	2.280	2.742	3.154
Trabzon	0.919	0.22	-0.208	0.919	1.279	1.929	2.264	2.647	3.242	3.772
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.926	1.255	1.848	2.153	2.502	3.045	3.52
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.926	1.253	1.838	2.137	2.479	3.009	3.48

EK 15. 30 dakika süreli yağış için GLO çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Lojistik Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.901	0.23	-0.238	0.901	1.288	2.022	2.413	2.870	3.597	4.262
Giresun	0.900	0.23	-0.238	0.901	1.289	2.025	2.418	2.876	3.606	4.273
Hopa	0.919	0.19	-0.238	0.920	1.234	1.831	2.149	2.520	3.112	3.652
Ordu	0.898	0.24	-0.238	0.898	1.297	2.051	2.453	2.923	3.671	4.355
Pazar	0.931	0.16	-0.238	0.932	1.198	1.703	1.973	2.287	2.788	3.245
Rize	0.922	0.18	-0.238	0.922	1.227	1.805	2.113	2.473	3.046	3.570
Trabzon	0.901	0.23	-0.238	0.902	1.286	2.015	2.404	2.858	3.580	4.240
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.911	1.260	1.922	2.275	2.687	3.343	3.942
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.911	1.259	1.913	2.260	2.665	2.929	3.897

EK 16. 1 saat süreli yağış için GEV dağılımı için çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.78	0.291	-0.1280	0.899	1.272	1.943	2.267	2.618	3.131	3.561
Giresun	0.74	0.347	-0.1280	0.880	1.324	2.123	2.508	2.926	3.537	4.049
Hopa	0.80	0.271	0.1280	0.906	1.254	1.879	2.180	2.508	2.986	3.386
Ordu	0.73	0.361	-0.1280	0.875	1.337	2.169	2.569	3.005	3.640	4.173
Pazar	0.82	0.245	-0.1280	0.915	1.228	1.792	2.063	2.358	2.789	3.150
Rize	0.80	0.275	-0.1280	0.905	1.257	1.891	2.196	2.528	3.012	3.418
Trabzon	0.77	0.314	-0.1280	0.891	1.293	2.015	2.363	2.741	3.293	3.755
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.896	1.281	1.973	2.307	2.669	3.198	3.642
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.896	1.280	1.965	2.294	2.652	3.173	3.610

EK 17. 2 saat süreli yağış için GEV dağılımı için çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.73	0.35	-0.1449	0.870	1.330	2.177	2.593	3.051	3.729	4.304
Giresun	0.73	0.35	-0.1449	0.870	1.332	2.183	2.601	3.061	3.742	4.320
Hopa	0.81	0.24	-0.1449	0.911	1.226	1.807	2.093	2.407	2.871	3.266
Ordu	0.74	0.34	-0.1449	0.872	1.324	2.158	2.567	3.017	3.684	4.249
Pazar	0.81	0.25	-0.1449	0.908	1.235	1.838	2.134	2.460	2.942	3.351
Rize	0.79	0.27	-0.1449	0.901	1.252	1.900	2.219	2.569	3.087	3.527
Trabzon	0.78	0.29	-0.1449	0.892	1.276	1.984	2.332	2.715	3.282	3.763
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.88	1.28	2.00	2.36	2.75	3.33	3.82
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.88	1.28	1.99	2.34	2.72	3.29	3.77

EK 18. 3 saat süreli yağış için GEV dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

z	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.83	0.213	-0.1819	0.912	1.198	1.755	2.041	2.364	2.856	3.286
Giresun	0.74	0.314	-0.1819	0.869	1.293	2.116	2.539	3.015	3.743	4.379
Hopa	0.82	0.220	-0.1819	0.908	1.205	1.782	2.078	2.412	2.922	3.367
Ordu	0.74	0.317	-0.1819	0.868	1.296	2.127	2.554	3.035	3.770	4.412
Pazar	0.82	0.225	-0.1819	0.906	1.210	1.800	2.102	2.444	2.965	3.420
Rize	0.79	0.262	-0.1819	0.891	1.244	1.932	2.284	2.682	3.289	3.820
Trabzon	0.79	0.257	-0.1819	0.893	1.239	1.912	2.257	2.647	3.241	3.761
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.889	1.254	1.928	2.250	2.595	3.091	3.497
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.888	1.253	1.918	2.234	2.573	3.058	3.456

EK 19. 4 saat süreli yağış için GEV dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.751	0.31	-0.1758	0.87	1.29	2.11	2.52	2.99	3.70	4.32
Giresun	0.750	0.31	-0.1758	0.871	1.295	2.113	2.530	2.999	3.709	4.328
Hopa	0.835	0.20	-0.1758	0.915	1.195	1.734	2.009	2.317	2.786	3.193
Ordu	0.757	0.30	-0.1758	0.874	1.288	2.084	2.491	2.947	3.639	4.242
Pazar	0.817	0.23	-0.1758	0.905	1.216	1.816	2.121	2.464	2.985	3.438
Rize	0.799	0.25	-0.1758	0.896	1.238	1.897	2.233	2.611	3.183	3.682
Trabzon	0.806	0.24	-0.1758	0.900	1.229	1.862	2.186	2.548	3.099	3.578
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.890	1.251	1.945	2.300	2.697	3.301	3.826
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.890	1.250	1.935	2.282	2.672	3.263	3.777

EK 20. 5 saat süreli yağış için GEV dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.853	0.186	-0.1754	0.924	1.174	1.655	1.900	2.175	2.592	2.955
Giresun	0.760	0.305	-0.1754	0.876	1.284	2.070	2.471	2.920	3.602	4.196
Hopa	0.839	0.204	-0.1754	0.917	1.191	1.718	1.987	2.289	2.746	3.145
Ordu	0.761	0.304	-0.1754	0.876	1.283	2.067	2.466	2.914	3.594	4.186
Pazar	0.823	0.224	-0.1754	0.909	1.209	1.787	2.082	2.413	2.915	3.352
Rize	0.809	0.242	-0.1754	0.901	1.226	1.851	2.169	2.526	3.069	3.540
Trabzon	0.814	0.236	-0.1754	0.904	1.220	1.827	2.137	2.484	3.012	3.470
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.901	1.227	1.854	2.173	2.532	3.076	3.549
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.901	1.225	1.842	2.154	2.504	3.035	3.495

EK 21. 6 saat süreli yağış için GEV dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.861	0.188	-0.1403	0.932	1.176	1.622	1.840	2.079	2.432	2.730
Giresun	0.773	0.307	-0.1403	0.889	1.286	2.013	2.369	2.758	3.332	3.818
Hopa	0.844	0.210	-0.1403	0.924	1.196	1.695	1.939	2.206	2.600	2.933
Ordu	0.774	0.305	-0.1403	0.890	1.285	2.009	2.363	2.751	3.323	3.806
Pazar	0.834	0.225	-0.1403	0.919	1.210	1.743	2.003	2.289	2.710	3.066
Rize	0.825	0.236	-0.1403	0.915	1.220	1.780	2.053	2.353	2.795	3.169
Trabzon	0.826	0.235	-0.1403	0.915	1.219	1.776	2.048	2.347	2.786	3.158
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.912	1.228	1.805	2.088	2.397	3.854	3.240
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.912	1.226	1.795	2.072	2.374	2.820	3.196

EK 22. 8 saat süreli yağış için GEV dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.858	0.197	-0.1237	0.933	1.184	1.633	1.848	2.081	2.420	2.703
Giresun	0.787	0.297	-0.1237	0.899	1.277	1.954	2.279	2.630	3.142	3.568
Hopa	0.838	0.225	-0.1237	0.923	1.211	1.724	1.971	2.238	2.626	2.950
Ordu	0.792	0.290	-0.1237	0.901	1.271	1.931	2.248	2.590	3.089	3.506
Pazar	0.840	0.222	-0.1237	0.924	1.208	1.714	1.957	2.220	2.602	2.921
Rize	0.830	0.236	-0.1237	0.920	1.220	1.758	2.016	2.295	2.702	3.041
Trabzon	0.826	0.242	-0.1237	0.918	1.226	1.776	2.040	2.326	2.742	3.089
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.917	1.228	1.784	2.051	2.340	2.761	3.111
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.917	1.227	1.778	2.041	2.326	2.740	3.085

EK 23. 12 saat süreli yağış için GEV dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.789	0.291	-0.1280	0.899	1.272	1.943	2.267	2.618	3.131	3.561
Giresun	0.749	0.347	-0.1280	0.880	1.324	2.123	2.508	2.926	3.537	4.049
Hopa	0.803	0.271	-0.1280	0.906	1.254	1.879	2.180	2.508	2.986	3.386
Ordu	0.739	0.361	-0.1280	0.875	1.337	2.169	2.569	3.005	3.640	4.173
Pazar	0.823	0.245	0.1280	0.915	1.228	1.792	2.063	2.358	2.789	3.150
Rize	0.801	0.275	-0.1280	0.905	1.257	1.891	2.196	2.528	3.012	3.418
Trabzon	0.773	0.314	-0.1280	0.891	1.293	2.015	2.363	2.741	3.293	3.755
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.896	1.281	1.973	1.307	2.669	3.198	3.642
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.896	1.280	1.965	2.294	2.652	3.173	3.610

EK 24. 24 saat süreli yağış için GEV dağılımı çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Gen. Extreme Değer dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları						
				2	5	25	50	100	250	500
	ζ	α	γ	Karakteristik Değerler						
Akçaabat	0.863	0.204	-0.0872	0.939	1.190	1.616	1.811	2.018	2.309	2.546
Giresun	0.842	0.235	-0.0872	0.930	1.219	1.710	1.936	2.174	2.510	2.783
Hopa	0.863	0.203	-0.0872	0.939	1.189	1.614	1.809	2.014	2.305	2.541
Ordu	0.813	0.278	-0.0872	0.917	1.259	1.839	2.106	2.387	2.785	3.106
Pazar	0.836	0.243	-0.0872	0.927	1.227	1.734	1.967	2.214	2.561	2.843
Rize	0.869	0.194	-0.0872	0.942	1.181	1.586	1.772	1.969	2.247	2.471
Trabzon	0.865	0.201	-0.0872	0.940	1.187	1.607	1.799	2.003	2.290	2.523
İstasyonların ortalaması (Aritmetik Ortalaması)				0.933	1.207	1.672	1.886	2.111	2.430	2.687
Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)				0.933	1.207	1.668	1.879	2.102	2.417	2.671

EK 25. 5 dakika süreli yağış için GLO dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	5.58	7.92	12.10	14.23	16.65	20.41	23.75
Giresun	8.16	10.99	16.05	18.64	21.59	26.15	30.19
Hopa	9.34	12.80	18.96	22.12	25.70	31.26	36.19
Ordu	6.40	8.51	12.29	14.22	16.42	19.82	22.84
Pazar	9.41	11.62	15.56	17.58	19.88	23.43	26.58
Rize	9.70	12.41	17.25	19.72	22.54	26.89	30.77
Trabzon	6.50	8.81	12.94	15.06	17.47	21.19	24.49

EK 26. 15 dakika süreli yağış için GLO dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	10.21	14.58	22.44	26.50	31.12	38.33	44.76
Giresun	15.51	21.25	31.65	36.99	43.11	52.62	61.10
Hopa	17.56	23.07	32.99	38.13	43.95	53.05	61.16
Ordu	13.06	18.60	28.64	33.82	39.73	48.91	57.10
Pazar	18.05	22.75	31.23	35.60	40.61	48.38	55.29
Rize	18.74	24.34	34.44	39.64	45.60	54.84	63.08
Trabzon	11.40	15.86	23.92	28.07	32.82	40.20	46.77

EK 27. 30 dakika süreli yağış için GLO dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	14.15	20.22	31.75	37.88	45.06	56.47	66.91
Giresun	22.80	32.61	51.23	61.18	72.76	91.23	108.11
Hopa	25.12	33.69	49.99	58.67	68.80	84.96	99.70
Ordu	17.69	25.55	40.40	48.32	57.58	72.32	85.79
Pazar	26.56	34.14	48.54	56.23	65.18	79.46	92.48
Rize	27.84	37.06	54.51	63.81	74.68	91.99	107.81
Trabzon	15.15	21.60	33.85	40.39	48.01	60.14	71.23

EK 28. 1 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	18.16	25.69	39.25	45.79	52.88	63.25	71.93
Giresun	30.27	45.55	73.03	86.28	100.65	121.67	139.29
Hopa	36.69	50.79	76.10	88.29	101.57	120.93	137.13
Ordu	22.75	34.76	56.39	66.79	78.13	94.64	108.50
Pazar	35.04	47.03	68.63	79.01	90.31	106.82	120.65
Rize	38.37	53.30	80.18	93.11	107.19	127.71	144.92
Trabzon	19.60	28.45	44.33	51.99	60.30	72.45	82.61

EK 29. 2 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	21.92	33.52	54.86	65.34	76.89	93.97	108.46
Giresun	38.28	58.61	96.05	114.44	134.68	164.65	190.08
Hopa	49.47	66.57	98.12	113.65	130.70	155.90	177.34
Ordu	27.90	42.37	69.06	82.14	96.54	117.89	135.97
Pazar	47.03	63.97	95.21	110.54	127.43	152.40	173.58
Rize	49.19	68.36	103.74	121.16	140.27	168.55	192.57
Trabzon	24.44	34.96	54.36	63.90	74.39	89.93	103.11

EK 30. 3 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	25.90	34.02	49.84	57.96	67.14	81.11	93.32
Giresun	42.58	63.36	103.68	124.41	147.74	183.41	214.57
Hopa	58.11	77.12	114.05	132.99	154.37	187.01	215.49
Ordu	30.99	46.27	75.93	91.18	108.35	134.59	157.51
Pazar	54.45	72.72	108.18	126.33	146.88	178.20	205.54
Rize	54.71	76.38	118.62	140.24	164.67	201.94	234.55
Trabzon	27.15	37.67	58.12	68.61	80.47	98.53	114.33

EK 31. 4 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	27.44	40.79	66.50	79.60	94.34	116.68	136.14
Giresun	46.77	69.54	113.47	135.86	161.05	199.17	232.41
Hopa	64.87	84.73	122.94	142.44	164.28	197.53	226.38
Ordu	34.00	50.10	81.07	96.90	114.64	141.56	165.01
Pazar	61.18	82.20	122.76	143.38	166.57	201.79	232.41
Rize	60.21	83.19	127.48	150.06	175.46	213.90	247.43
Trabzon	29.16	39.82	60.33	70.83	82.56	100.41	115.93

EK 32. 5 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	31.42	39.92	56.27	64.60	73.95	88.13	100.47
Giresun	48.44	71.01	114.47	136.65	161.48	199.19	232.04
Hopa	71.89	93.37	134.69	155.78	179.46	215.29	246.57
Ordu	36.44	53.37	85.99	102.59	121.22	149.51	174.14
Pazar	66.36	88.26	130.45	151.99	176.15	212.80	244.70
Rize	64.69	88.03	132.90	155.73	181.37	220.35	254.17
Trabzon	30.74	41.48	62.12	72.66	84.46	102.41	117.98

EK 33. 6 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	33.46	42.22	58.23	66.06	74.64	87.31	98.01
Giresun	50.58	73.17	114.54	134.80	156.93	189.59	217.24
Hopa	76.88	99.51	141.02	161.32	183.54	216.32	244.03
Ordu	38.80	56.03	87.59	103.03	119.94	144.88	165.94
Pazar	70.95	93.41	134.56	154.63	176.71	209.21	236.70
Rize	69.54	92.72	135.28	156.03	178.83	212.42	240.84
Trabzon	32.57	43.40	63.23	72.91	83.55	99.18	112.42

EK 34. 8 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	36.67	46.53	64.18	72.63	81.78	95.11	106.23
Giresun	53.94	76.62	117.24	136.74	157.80	188.52	214.08
Hopa	83.16	109.11	155.33	177.59	201.64	236.60	265.80
Ordu	42.80	60.37	91.72	106.78	123.03	146.73	166.54
Pazar	77.43	101.23	143.63	164.00	186.04	218.05	244.78
Rize	75.90	100.65	145.04	166.32	189.34	222.92	250.88
Trabzon	35.34	47.20	68.38	78.54	89.55	105.57	118.93

EK 35. 12 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	39.92	56.48	86.27	100.65	116.24	139.02	158.11
Giresun	57.11	85.93	137.78	162.77	189.90	229.55	262.78
Hopa	90.96	125.90	188.65	218.87	251.80	299.79	339.95
Ordu	46.29	70.73	114.74	135.90	158.96	192.56	220.75
Pazar	86.83	116.54	170.06	195.78	223.77	264.68	298.94
Rize	80.55	111.87	168.30	195.44	224.99	268.07	304.20
Trabzon	38.94	56.50	88.06	103.26	119.78	143.90	164.09

EK 36. 24 saat süreli yağış için GEV dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen yağış değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)						
	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat	52.11	66.05	89.69	100.51	112.00	128.15	141.30
Giresun	72.91	95.57	134.06	151.78	170.44	196.78	218.19
Hopa	117.19	148.39	201.43	225.76	251.35	287.66	317.12
Ordu	65.29	89.64	130.94	149.95	169.95	198.29	221.15
Pazar	107.90	142.82	201.84	228.96	257.71	298.10	330.93
Rize	103.62	129.91	174.46	194.92	216.59	247.17	271.81
Trabzon	54.05	68.25	92.40	103.44	115.17	131.68	145.07

EK 37. 5 dakika saat yağış için GLO dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.022	-0.045	-0.104	-0.122	-0.138	-0.155	-0.166
RMSE	0.082	0.090	0.136	0.154	0.172	0.194	0.211
0.050 P.T.	0.894	0.825	0.760	0.733	0.699	0.661	0.635
0.950 P.T.	1.160	1.090	1.040	1.035	1.050	1.062	1.074
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.004	-0.012	-0.032	-0.039	-0.046	-0.054	-0.060
RMSE	0.057	0.059	0.078	0.090	0.104	0.124	0.141
0.050 P.T.	0.913	0.893	0.858	0.837	0.812	0.782	0.754
0.950 P.T.	1.101	1.088	1.100	1.119	1.135	1.163	1.180
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.008	-0.024	-0.058	-0.069	-0.078	-0.090	-0.098
RMSE	0.066	0.069	0.096	0.110	0.124	0.145	0.162
0.050 P.T.	0.907	0.880	0.829	0.804	0.783	0.784	0.718
0.950 P.T.	1.125	1.090	1.083	1.095	1.095	1.120	1.137
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.001	-0.005	-0.014	-0.018	-0.022	-0.027	-0.031
RMSE	0.060	0.061	0.075	0.085	0.098	0.117	0.134
0.050 P.T.	0.905	0.901	0.867	0.844	0.827	0.796	0.770
0.950 P.T.	1.108	1.103	1.112	1.125	1.143	1.167	1.190
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.020	0.052	0.125	0.148	0.167	0.189	0.203
RMSE	0.048	0.072	0.144	0.171	0.198	0.231	0.256
0.050 P.T.	0.914	0.974	1.014	1.015	1.011	0.994	0.977
0.950 P.T.	1.058	1.145	1.255	1.300	1.350	1.420	1.476
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.007	0.029	0.060	0.068	0.075	0.082	0.085
RMSE	0.039	0.051	0.086	0.102	0.1118	0.142	0.161
0.050 P.T.	0.935	0.968	0.963	0.952	0.934	0.906	0.883
0.950 P.T.	1.060	1.104	1.167	1.203	1.242	1.292	1.330
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.011	-0.013	-0.038	-0.047	-0.055	-0.065	-0.071
RMSE	0.058	0.061	0.084	0.097	0.112	0.133	0.150
0.050 P.T.	0.925	0.901	0.849	0.819	0.793	0.762	0.733
0.950 P.T.	1.108	1.093	1.094	1.109	1.130	1.150	1.170

EK 38. 15 dakika süreli yağış için GLO dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.020	-0.037	-0.089	-0.104	-0.118	-0.133	-0.143
RMSE	0.084	0.089	0.127	0.144	0.160	0.182	0.198
0.050 P.T	0.889	0.830	0.770	0.745	0.712	0.672	0.645
0.950 P.T	1.163	1.100	1.063	1.062	1.080	1.090	1.113
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.005	-0.013	-0.034	-0.042	-0.049	-0.057	-0.063
RMSE	0.061	0.063	0.083	0.095	0.109	0.130	0.146
0.050 P.T	0.907	0.885	0.850	0.828	0.803	0.772	0.743
0.950 P.T	1.107	1.093	1.105	1.127	1.143	1.167	1.185
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.007	0.019	0.037	0.042	0.045	0.047	0.048
RMSE	0.056	0.061	0.085	0.098	0.113	0.136	0.154
0.050 P.T	0.906	0.931	0.924	0.912	0.896	0.863	0.835
0.950 P.T	1.092	1.122	1.180	1.203	1.230	1.278	1.312
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.013	-0.043	-0.094	-0.110	-0.124	-0.139	-0.149
RMSE	0.079	0.086	0.125	0.142	0.158	0.179	0.195
0.050 P.T	0.890	0.845	0.777	0.748	0.720	0.687	0.662
0.950 P.T	1.150	1.087	1.045	1.042	1.045	1.054	1.060
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.019	0.048	0.112	0.131	0.147	0.165	0.176
RMSE	0.053	0.073	0.136	0.160	0.184	0.215	0.238
0.050 P.T	0.907	0.963	0.995	0.993	0.984	0.965	0.947
0.950 P.T	1.065	1.150	1.252	1.295	1.335	1.407	1.456
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.007	0.030	0.060	0.068	0.074	0.080	0.084
RMSE	0.042	0.053	0.089	0.105	0.121	0.145	0.165
0.050 P.T	0.931	0.965	0.960	0.945	0.929	0.900	0.875
0.950 P.T	1.065	1.110	1.172	1.209	1.248	1.300	1.340
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.014	-0.019	-0.052	-0.063	-0.064	-0.084	-0.091
RMSE	0.064	0.067	0.095	0.109	0.064	0.146	0.163
0.050 P.T	0.919	0.887	0.828	0.796	0.795	0.738	0.708
0.950 P.T	1.121	1.097	1.087	1.102	1.081	1.140	1.160

EK 39. 30 dakika süreli yağış için GLO dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.017	-0.022	-0.061	-0.073	-0.085	-0.098	-0.106
RMSE	0.085	0.087	0.116	0.131	0.148	0.171	0.189
0.050 P.T.	0.886	0.842	0.790	0.762	0.728	0.690	0.657
0.950 P.T.	1.160	1.120	1.105	1.112	1.135	1.155	1.180
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.013	-0.027	-0.067	-0.080	-0.091	-0.105	-0.114
RMSE	0.072	0.076	0.107	0.123	0.140	0.163	0.181
0.050 P.T.	0.901	0.858	0.809	0.779	0.752	0.717	0.684
0.950 P.T.	1.136	1.095	1.090	1.107	1.120	1.140	1.163
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.007	0.018	0.034	0.037	0.039	0.039	0.039
RMSE	0.062	0.067	0.092	0.106	0.122	0.147	0.167
0.050 P.T.	0.900	0.924	0.910	0.897	0.879	0.842	0.810
0.950 P.T.	1.103	1.133	1.192	1.215	1.245	1.295	1.332
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.013	-0.035	-0.081	-0.095	-0.108	-0.123	-0.132
RMSE	0.083	0.087	0.120	0.137	0.153	0.176	0.194
0.050 P.T.	0.885	0.848	0.782	0.749	0.723	0.685	0.657
0.950 P.T.	1.157	1.100	1.068	1.074	1.085	1.090	1.103
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.022	0.046	0.109	0.127	0.142	0.157	0.166
RMSE	0.059	0.076	0.139	0.163	0.187	0.218	0.243
0.050 P.T.	0.897	0.953	0.980	1.976	0.963	0.939	0.915
0.950 P.T.	1.073	1.161	1.268	1.313	1.350	1.430	1.475
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.007	0.027	0.051	0.057	0.061	0.064	0.065
RMSE	0.046	0.056	0.089	0.105	0.122	0.148	0.169
0.050 P.T.	0.923	0.955	0.941	0.925	0.902	0.866	0.835
0.950 P.T.	1.073	1.117	1.176	1.215	1.259	1.310	1.345
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.017	-0.019	-0.056	-0.068	-0.079	-0.092	-0.101
RMSE	0.072	0.074	0.105	0.121	0.138	0.161	0.180
0.050 P.T.	0.915	0.879	0.815	0.799	0.750	0.715	0.685
0.950 P.T.	1.135	1.107	1.107	1.100	1.137	1.163	1.190

EK 40. 1 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.000	0.007	0.006	0.004	0.002	0.001	0.004
RMSE	0.071	0.075	0.091	0.102	0.115	0.136	0.154
0.050 P.T.	0.886	0.885	0.864	0.840	0.817	0.783	0.755
0.950 P.T.	1.127	1.140	1.160	1.180	1.212	1.255	1.275
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.019	-0.036	-0.083	-0.096	-0.107	-0.119	-0.127
RMSE	0.077	0.082	0.117	0.132	0.147	0.168	0.183
0.050 P.T.	0.902	0.845	0.791	0.765	0.738	0.705	0.675
0.950 P.T.	1.150	1.089	1.068	1.070	1.085	1.107	1.121
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.010	0.018	0.037	0.040	0.042	0.043	0.044
RMSE	0.062	0.066	0.089	0.101	0.116	0.138	0.157
0.050 P.T.	0.895	0.921	0.917	0.902	0.884	0.850	0.820
0.950 P.T.	1.099	1.134	1.182	1.208	1.240	1.288	1.315
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.021	-0.049	-0.105	-0.121	-0.134	-0.148	-0.156
RMSE	0.089	0.095	0.136	0.153	0.168	0.188	0.203
0.050 P.T.	0.883	0.826	0.755	0.723	0.700	0.667	0.644
0.950 P.T.	1.177	1.098	1.045	1.037	1.033	1.061	1.075
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.022	0.037	0.085	0.097	0.106	0.115	0.120
RMSE	0.062	0.074	0.120	0.138	0.156	0.181	0.201
0.050 P.T.	0.889	0.937	0.957	0.949	0.932	0.908	0.885
0.950 P.T.	1.081	1.157	1.240	1.276	1.305	1.357	1.410
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.006	0.019	0.034	0.036	0.037	0.037	0.037
RMSE	0.049	0.055	0.078	0.091	0.106	0.128	0.147
0.050 P.T.	0.921	0.942	0.922	0.907	0.887	0.849	0.823
0.950 P.T.	1.077	1.115	1.154	1.185	1.218	1.262	1.292
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.011	-0.008	-0.028	-0.035	-0.042	-0.049	-0.054
RMSE	0.066	0.068	0.087	0.100	0.114	0.136	0.153
0.050 P.T.	0.912	0.893	0.845	0.813	0.790	0.760	0.725
0.950 P.T.	1.121	1.107	1.120	1.141	1.160	1.190	1.222

EK 41. 2 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.027	-0.037	-0.091	-0.106	-0.118	-0.132	-0.141
RMSE	0.095	0.097	0.134	0.151	0.167	0.188	0.204
0.050 P.T.	0.875	0.815	0.756	0.726	0.695	0.658	0.632
0.950 P.T.	1.192	1.120	1.080	1.075	1.092	1.115	1.140
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.024	-0.042	-0.097	-0.112	-0.125	-0.139	-0.148
RMSE	0.083	0.088	0.129	0.146	0.163	0.184	0.201
0.050 P.T.	0.901	0.834	0.773	0.746	0.715	0.680	0.652
0.950 P.T.	1.163	1.088	1.060	1.067	1.078	1.096	1.110
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.022	0.041	0.092	0.104	0.113	0.123	0.128
RMSE	0.060	0.073	0.122	0.142	0.161	0.188	0.209
0.050 P.T.	0.892	0.950	0.971	0.965	0.945	0.912	0.885
0.950 P.T.	1.080	1.149	1.238	1.277	1.325	1.383	1.425
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.018	-0.040	-0.089	-0.103	-0.115	-0.128	-0.137
RMSE	0.088	0.091	0.126	0.141	0.157	0.178	0.194
0.050 P.T.	0.883	0.836	0.765	0.738	0.713	0.681	0.655
0.950 P.T.	1.170	1.109	1.064	1.062	1.062	1.090	1.105
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.021	0.031	0.072	0.080	0.087	0.093	0.096
RMSE	0.065	0.075	0.113	0.130	0.147	0.172	0.193
0.050 P.T.	0.886	0.926	0.939	0.928	0.909	0.881	0.860
0.950 P.T.	1.089	1.157	1.232	1.268	1.293	1.343	1.390
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.007	0.023	0.041	0.045	0.046	0.057	0.047
RMSE	0.050	0.057	0.083	0.097	0.1113	0.137	0.157
0.050 P.T.	0.918	0.943	0.927	0.911	0.889	0.849	0.825
0.950 P.T.	1.077	1.120	1.165	1.198	1.238	1.280	1.315
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.004	0.005	0.001	-0.005	-0.008	-0.013	-0.016
RMSE	0.063	0.067	0.085	0.097	0.112	0.135	0.154
0.050 P.T.	0.908	0.907	0.867	0.839	0.820	0.785	0.753
0.950 P.T.	1.103	1.120	1.151	1.178	1.205	1.245	1.275

EK 42. 3 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.017	0.038	0.085	0.097	0.105	0.113	0.117
RMSE	0.059	0.074	0.122	0.142	0.163	0.191	0.215
0.050 P.T.	0.896	0.937	0.950	0.931	0.905	0.969	0.848
0.950 P.T.	1.085	1.153	1.236	1.288	1.340	1.390	1.448
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.027	-0.042	-0.104	-0.122	-0.137	-0.154	-0.165
RMSE	0.079	0.085	0.133	0.153	0.173	0.198	0.216
0.050 P.T.	0.910	0.843	0.771	0.738	0.705	0.665	0.628
0.950 P.T.	1.160	1.087	1.049	1.055	1.065	1.079	1.102
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.016	0.029	0.065	0.074	0.079	0.084	0.087
RMSE	0.057	0.066	0.104	0.122	0.141	0.168	0.191
0.050 P.T.	0.900	0.940	0.946	0.936	0.913	0.872	0.840
0.950 P.T.	1.085	1.140	1.217	1.242	1.290	1.352	1.400
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.025	-0.047	-0.111	-0.130	-0.146	-0.163	-0.174
RMSE	0.088	0.094	0.142	0.162	0.181687	0.205	0.223
0.050 P.T.	0.897	0.832	0.750	0.715	0.687	0.645	0.615
0.950 P.T.	1.173	1.097	1.040	1.035	1.041	1.060	1.072
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.017	0.023	0.052	0.059	0.063	0.066	0.067
RMSE	0.062	0.069	0.101	0.117	0.135	0.162	0.184
0.050 P.T.	0.894	0.923	0.922	0.910	0.887	0.851	0.825
0.950 P.T.	1.085	1.145	1.215	1.245	1.270	1.328	1.373
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.006	-0.001	-0.015	-0.021	-0.027	-0.034	-0.040
RMSE	0.051	0.054	0.074	0.089	0.106	0.132	0.154
0.050 P.T.	0.929	0.920	0.873	0.845	0.819	0.772	0.741
0.950 P.T.	1.096	1.100	1.114	1.133	1.167	1.205	1.238
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.004	0.005	-0.003	-0.007	-0.012	-0.018	-0.022
RMSE	0.059	0.064	0.084	0.098	0.115	0.140	0.162
0.050 P.T.	0.917	0.913	0.868	0.840	0.815	0.775	0.745
0.950 P.T.	1.103	1.117	1.147	1.175	1.208	1.240	1.270

EK 43. 4 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.027	-0.034	-0.091	-0.104	-0.122	-0.137	-0.147
RMSE	0.091	0.093	0.133	0.15	0.169	0.193	0.212
0.050 P.T.	0.888	0.824	0.758	0.727	0.691	0.650	0.618
0.950 P.T.	1.182	1.115	1.073	1.075	1.097	1.115	1.140
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.024	-0.039	-0.095	-0.112	-0.127	-0.142	-0.152
RMSE	0.078	0.083	0.127	0.146	0.164	0.189	0.207
0.050 P.T.	0.908	0.845	0.777	0.747	0.716	0.677	0.642
0.950 P.T.	1.155	1.089	1.058	1.071	1.077	1.097	1.113
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.024	0.044	0.104	0.119	0.131	0.143	0.150
RMSE	0.056	0.071	0.131	0.154	0.176	0.207	0.231
0.050 P.T.	0.900	0.960	0.984	0.981	0.960	0.923	0.897
0.950 P.T.	1.071	1.147	1.252	1.289	1.340	1.415	1.468
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.017	-0.035	-0.086	-0.101	-0.114	-0.128	-0.138
RMSE	0.082	0.086	0.122	0.139	0.157	0.180	0.198
0.050 P.T.	0.892	0.848	0.777	0.743	0.714	0.677	0.650
0.950 P.T.	1.160	1.107	1.063	1.060	1.070	1.100	1.112
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.017	0.022	0.051	0.057	0.061	0.064	0.065
RMSE	0.063	0.070	0.101	0.117	0.134	0.160	0.182
0.050 P.T.	0.892	0.920	0.925	0.905	0.887	0.850	0.825
0.950 P.T.	1.088	1.146	1.215	1.244	1.269	1.320	1.367
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.001	0.010	0.011	0.019	0.007	0.003	0.000
RMSE	0.049	0.053	0.073	0.087	0.104	0.130	0.152
0.050 P.T.	0.925	0.932	0.899	0.875	0.849	0.804	0.775
0.950 P.T.	1.085	1.107	1.137	1.163	1.203	1.245	1.280
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.004	0.019	0.032	0.033	0.033	0.032	0.041
RMSE	0.055	0.063	0.089	0.103	0.120	0.146	0.168
0.050 P.T.	0.913	0.931	0.902	0.880	0.861	0.823	0.791
0.950 P.T.	1.090	1.123	1.180	1.215	1.252	1.298	1.330

EK 44. 5 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.021	0.047	0.112	0.130	0.144	0.159	0.167
RMSE	0.053	0.073	0.138	0.163	0.187	0.219	0.244
0.050 P.T.	0.904	0.960	0.986	0.973	0.953	0.923	0.902
0.950 P.T.	1.067	1.145	1.251	1.313	1.363	1.425	1.488
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.029	-0.047	-0.115	-0.135	-0.151	-0.169	-0.181
RMSE	0.077	0.084	0.140	0.161	0.181	0.206	0.224
0.050 P.T.	0.917	0.843	0.766	0.732	0.699	0.658	0.623
0.950 P.T.	1.154	1.076	1.032	1.033	1.040	1.050	1.071
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.016	0.029	0.068	0.077	0.084	0.090	0.094
RMSE	0.052	0.062	0.102	0.120	0.139	0.166	0.189
0.050 P.T.	0.909	0.948	0.956	0.946	0.925	0.886	0.855
0.950 P.T.	1.077	1.130	1.208	1.238	1.283	1.343	1.397
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.025	-0.049	-0.116	-0.135	-0.152	-0.170	-0.182
RMSE	0.083	0.091	0.143	0.163	0.183	0.207	0.225
0.050 P.T.	0.902	0.837	0.755	0.718	0.688	0.647	0.615
0.950 P.T.	1.165	1.087	1.028	1.020	1.023	1.040	1.052
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.010	0.011	0.024	0.025	0.025	0.025	0.023
RMSE	0.059	0.064	0.086	0.099	0.115	0.140	0.162
0.050 P.T.	0.901	0.913	0.902	0.884	0.861	0.823	0.797
0.950 P.T.	1.093	1.130	1.178	1.200	1.222	1.268	1.300
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.003	0.002	-0.006	-0.011	-0.016	-0.022	-0.026
RMSE	0.046	0.049	0.068	0.083	0.100	0.126	0.147
0.050 P.T.	0.934	0.929	0.887	0.863	0.835	0.790	0.758
0.950 P.T.	1.085	1.095	1.115	1.137	1.170	1.210	1.242
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.002	0.009	0.008	0.006	0.003	0.001	0.005
RMSE	0.053	0.058	0.079	0.092	0.109	0.134	0.156
0.050 P.T.	0.922	0.926	0.884	0.860	0.838	0.797	0.766
0.950 P.T.	1.091	1.107	1.148	1.179	1.212	1.248	1.280

EK 45. 6 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.018	0.045	0.105	0.122	0.135	0.150	0.158
RMSE	0.049	0.069	0.129	0.151	0.173	0.202	0.225
0.050 P.T.	0.909	0.961	0.988	0.975	0.960	0.932	0.915
0.950 P.T.	1.064	1.135	1.230	1.288	1.335	1.395	1.448
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.025	-0.048	-0.113	-0.131	-0.147	-0.164	-0.175
RMSE	0.072	0.082	0.135	0.155	0.173	0.196	0.213
0.050 P.T.	0.919	0.846	0.774	0.743	0.712	0.675	0.644
0.950 P.T.	1.143	1.064	1.023	1.022	1.028	1.038	1.051
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.012	0.024	0.054	0.062	0.067	0.072	0.075
RMSE	0.050	0.057	0.089	0.104	0.120	0.145	0.165
0.050 P.T.	0.912	0.945	0.949	0.940	0.920	0.886	0.861
0.950 P.T.	1.074	1.117	1.185	1.209	1.252	1.302	1.340
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.022	-0.050	-0.113	-0.132	-0.147	-0.164	-0.175
RMSE	0.078	0.087	0.137	0.157	0.174	0.197	0.213
0.050 P.T.	0.905	0.842	0.762	0.728	0.702	0.666	0.637
0.950 P.T.	1.153	1.079	1.020	1.008	1.005	1.030	1.040
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.009	0.010	0.023	0.025	0.026	0.026	0.026
RMSE	0.056	0.060	0.080	0.092	0.107	0.129	0.148
0.050 P.T.	0.906	0.918	0.909	0.894	0.872	0.839	0.815
0.950 P.T.	1.088	1.122	1.163	1.185	1.205	1.242	1.282
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.000	0.007	0.007	0.005	0.003	0.000	0.003
RMSE	0.042	0.046	0.063	0.076	0.091	0.114	0.134
0.050 P.T.	0.936	0.939	0.907	0.888	0.864	0.824	0.797
0.950 P.T.	1.074	1.090	1.117	1.141	1.173	1.205	1.240
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.001	0.009	0.010	0.009	0.007	0.005	0.002
RMSE	0.049	0.054	0.072	0.085	0.100	0.122	0.142
0.050 P.T.	0.926	0.931	0.895	0.875	0.853	0.820	0.790
0.950 P.T.	1.084	1.098	1.140	1.166	1.195	1.232	1.265

EK 46. 8 s saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.014	0.038	0.085	0.098	0.109	0.119	0.126
RMSE	0.049	0.065	0.112	0.131	0.150	0.175	0.196
0.050 P.T.	0.909	0.953	0.972	0.958	0.940	0.910	0.892
0.950 P.T.	1.068	1.133	1.209	1.257	1.298	1.350	1.397
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.020	-0.041	-0.096	-0.112	-0.125	-0.140	-0.150
RMSE	0.066	0.075	0.119	0.137	0.154	0.175	0.191
0.050 P.T.	0.920	0.858	0.794	0.766	0.738	0.702	0.670
0.950 P.T.	1.130	1.066	1.033	1.029	1.040	1.052	1.070
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.007	0.012	0.025	0.027	0.028	0.029	0.029
RMSE	0.051	0.054	0.073	0.085	0.099	0.121	0.139
0.050 P.T.	0.915	0.932	0.922	0.907	0.889	0.856	0.827
0.950 P.T.	1.082	1.107	1.150	1.170	1.205	1.243	1.277
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.015	-0.038	-0.087	-0.102	-0.114	-0.128	-0.137
RMSE	0.070	0.077	0.114	0.130	0.146	0.166	0.182
0.050 P.T.	0.907	0.861	0.792	0.765	0.738	0.704	0.680
0.950 P.T.	1.137	1.080	1.038	1.032	1.038	1.058	1.075
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.010	0.013	0.030	0.032	0.034	0.036	0.037
RMSE	0.054	0.058	0.079	0.091	0.105	0.127	0.145
0.050 P.T.	0.909	0.923	0.918	0.904	0.885	0.856	0.833
0.950 P.T.	1.084	1.120	1.164	1.186	1.206	1.240	1.285
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.000	0.007	0.008	0.007	0.005	0.002	0.001
RMSE	0.041	0.044	0.061	0.073	0.087	0.109	0.128
0.050 P.T.	0.937	0.941	0.911	0.893	0.871	0.834	0.807
0.950 P.T.	1.071	1.088	1.113	1.135	1.167	1.198	1.230
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.003	0.004	-0.001	-0.004	-0.007	-0.011	-0.013
RMSE	0.049	0.053	0.070	0.081	0.095	0.117	0.134
0.050 P.T.	0.927	0.926	0.887	0.866	0.845	0.810	0.782
0.950 P.T.	1.087	1.093	1.123	1.145	1.173	1.208	1.238

EK 47. 12 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.009	0.007	0.006	0.004	0.002	-0.001	-0.004
RMSE	0.071	0.075	0.091	0.102	0.115	0.136	0.154
0.050 P.T.	0.886	0.885	0.864	0.840	0.817	0.783	0.755
0.950 P.T.	1.127	1.140	1.160	1.180	.212	1.255	1.275
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.019	-0.036	-0.083	-0.096	-0.107	-0.119	-0.127
RMSE	0.077	0.082	0.117	0.132	0.147	0.168	0.183
0.050 P.T.	0.902	0.845	0.791	0.765	0.738	0.705	0.675
0.950 P.T.	1.150	1.089	1.068	1.070	1.085	1.107	1.121
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.010	0.018	0.037	0.040	0.042	0.043	0.044
RMSE	0.062	0.066	0.089	0.101	0.116	0.138	0.157
0.050 P.T.	0.895	0.921	0.917	0.902	0.884	0.850	0.820
0.950 P.T.	1.099	1.134	1.182	1.208	1.240	1.288	1.315
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.0219	-0.049	-0.105	-0.121	-0.134	-0.148	-0.156
RMSE	0.089	0.095	0.136	0.153	0.168	0.188	0.203
0.050 P.T.	0.883	0.826	0.755	0.723	0.700	0.667	0.644
0.950 P.T.	1.177	1.098	1.045	1.037	1.033	1.061	1.075
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.022	0.037	0.085	0.097	0.106	0.115	0.120
RMSE	0.062	0.074	0.120	0.138	0.156	0.181	0.201
0.050 P.T.	0.889	0.937	0.957	0.949	0.932	0.908	0.885
0.950 P.T.	1.081	1.157	1.240	1.276	1.305	1.357	1.410
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.006	0.019	0.034	0.036	0.037	0.037	0.037
RMSE	0.049	0.055	0.078	0.091	0.106	0.128	0.147
0.050 P.T.	0.921	0.942	0.922	0.907	0.887	0.849	0.823
0.950 P.T.	1.077	1.115	1.154	1.185	1.218	1.262	1.222
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.011	-0.008	-0.028	-0.035	-0.042	-0.049	-0.054
RMSE	0.066	0.068	0.087	0.100	0.114	0.136	0.153
0.050 P.T.	0.912	0.893	0.845	0.813	0.790	0.760	0.725
0.950 P.T.	1.121	1.107	1.120	1.141	1.160	1.190	1.222

EK 48. 24 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Akçaabat İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.003	0.013	0.023	0.026	0.027	0.028	0.029
RMSE	0.046	0.051	0.068	0.079	0.091	0.109	0.125
0.050 P.T.	0.921	0.932	0.921	0.903	0.882	0.858	0.833
0.950 P.T.	1.077	1.098	1.133	1.159	1.188	1.220	1.245
Giresun İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.005	-0.014	-0.035	-0.042	-0.049	-0.056	-0.061
RMSE	0.047	0.050	0.069	0.080	0.092	0.110	0.124
0.050 P.T.	0.931	0.905	0.872	0.849	0.828	0.795	0.772
0.950 P.T.	1.086	1.068	1.073	1.077	1.090	1.115	1.128
Hopa İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.006	0.010	0.022	0.024	0.026	0.027	0.028
RMSE	0.043	0.046	0.062	0.073	0.085	0.104	0.120
0.050 P.T.	0.927	0.941	0.932	0.920	0.905	0.878	0.852
0.950 P.T.	1.069	1.091	1.124	1.147	1.177	1.210	1.245
Ordu İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.016	-0.048	-0.105	-0.122	-0.136	-0.152	-0.161
RMSE	0.064	0.076	0.124	0.141	0.157	0.176	0.190
0.050 P.T.	0.919	0.861	0.787	0.760	0.735	0.703	0.677
0.950 P.T.	1.124	1.058	1.002	0.994	0.995	1.007	1.018
Pazar İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	0.005	-0.023	-0.051	-0.060	-0.068	-0.077	-0.083
RMSE	0.055	0.061	0.084	0.096	0.108	0.126	0.140
0.050 P.T.	0.919	0.888	0.847	0.827	0.806	0.773	0.749
0.950 P.T.	1.104	1.082	1.069	1.075	1.080	1.094	1.109
Rize İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.006	0.020	0.042	0.048	0.052	0.057	0.059
RMSE	0.033	0.040	0.066	0.079	0.092	0.112	0.129
0.050 P.T.	0.945	0.968	0.959	0.949	0.932	0.906	0.883
0.950 P.T.	1.048	1.085	1.132	1.159	1.190	1.230	1.263
Trabzon İstasyon Karakteristik Değerleri							
BIAS	-0.003	0.016	0.030	0.034	0.036	0.038	0.039
RMSE	0.038	0.045	0.065	0.077	0.090	0.109	0.125
0.050 P.T.	0.939	0.953	0.936	0.920	0.906	0.875	0.855
0.950 P.T.	1.060	1.085	1.133	1.157	1.183	1.225	1.260

EK 49. 5 dakika süreli yağış için GLO dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.010	0.026	0.061	0.073	0.083	0.094	0.102
BIAS	0.003	-0.003	-0.009	-0.011	-0.014	-0.017	-0.020
RMSE	0.059	0.066	0.100	0.116	0.132	0.155	0.173
0.050 P.T.	0.959	0.947	0.906	0.885	0.860	0.825	0.795
0.950 P.T.	1.050	1.050	1.094	1.114	1.135	1.173	1.208
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.011	0.025	0.061	0.072	0.083	0.094	0.102
BIAS	0.006	0.000	-0.007	-0.009	-0.012	-0.016	-0.018
RMSE	0.020	0.028	0.073	0.091	0.110	0.134	0.153
0.050 P.T.	0.970	0.984	0.941	0.915	0.887	0.850	0.821
0.950 P.T.	1.032	1.016	1.054	1.076	1.103	1.140	1.175

EK 50. 15 dakika süreli yağış için GLO dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.012	0.030	0.068	0.080	0.090	0.101	0.108
BIAS	0.003	-0.002	-0.009	-0.011	-0.014	-0.017	-0.020
RMSE	0.063	0.070	0.106	0.122	0.139	0.162	0.180
0.050 P.T.	0.956	0.945	0.902	0.880	0.854	0.821	0.789
0.950 P.T.	1.054	1.054	1.098	1.122	1.144	1.180	1.212
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.012	0.030	0.068	0.080	0.090	0.101	0.108
BIAS	0.006	0.001	-0.006	-0.009	-0.012	-0.016	-0.019
RMSE	0.022	0.031	0.078	0.097	0.115	0.140	0.159
0.050 P.T.	0.977	0.984	0.938	0.910	0.883	0.848	0.818
0.950 P.T.	1.034	1.017	1.056	1.078	1.103	1.145	1.175

EK 51. 30 dakika süreli yağış için GLO dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.014	0.028	0.065	0.077	0.086	0.097	0.103
BIAS	0.004	-0.002	-0.010	-0.014	-0.017	-0.022	-0.026
RMSE	0.068	0.075	0.110	0.127	0.144	0.169	0.189
0.050 P.T.	0.955	0.941	0.893	0.867	0.841	0.800	0.768
0.950 P.T.	1.058	1.060	1.111	1.136	1.161	1.200	1.232
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.014	0.027	0.066	0.077	0.087	0.097	0.104
BIAS	0.007	0.002	-0.007	-0.011	-0.016	-0.021	-0.025
RMSE	0.025	0.029	0.077	0.096	0.116	0.142	0.163
0.050 P.T.	0.973	0.986	0.932	0.902	0.870	0.832	0.796
0.950 P.T.	1.038	1.017	1.060	1.086	1.109	1.150	1.185

EK 52. 1 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.013	0.025	0.054	0.061	0.067	0.073	0.077
BIAS	0.002	-0.001	-0.008	-0.011	-0.014	-0.017	-0.020
RMSE	0.068	0.074	0.102	0.117	0.132	0.154	0.171
0.050 P.T.	0.951	0.939	0.898	0.874	0.851	0.810	0.780
0.950 P.T.	1.058	1.061	1.100	1.125	1.148	1.185	1.215
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.013	0.025	0.054	0.062	0.067	0.074	0.078
BIAS	0.005	0.002	-0.005	-0.008	-0.011	-0.015	-0.018
RMSE	0.023	0.027	0.068	0.085	0.103	0.127	0.147
0.050 P.T.	0.976	0.986	0.938	0.907	0.879	0.839	0.807
0.950 P.T.	1.035	1.018	1.054	1.079	1.105	1.145	1.175

EK 53. 2 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.017	0.031	0.069	0.079	0.088	0.096	0.102
BIAS	0.003	-0.003	-0.011	-0.014	-0.017	-0.021	-0.024
RMSE	0.072	0.078	0.113	0.129	0.146	0.169	0.187
0.050 P.T.	0.950	0.936	0.891	0.867	0.841	0.799	0.767
0.950 P.T.	1.062	1.062	1.103	1.127	1.152	1.190	1.225
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.018	0.031	0.069	0.080	0.088	0.097	0.102
BIAS	0.007	-0.001	-0.008	-0.011	-0.015	-0.020	-0.023
RMSE	0.027	0.033	0.081	0.100	0.119	0.144	0.163
0.050 P.T.	0.976	0.985	0.934	0.902	0.873	0.829	0.797
0.950 P.T.	1.038	1.017	1.054	1.079	1.105	1.150	1.182

EK 54. 3 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.016	0.026	0.062	0.073	0.081	0.090	0.096
BIAS	0.002	0.001	-0.004	-0.007	-0.011	-0.015	-0.019
RMSE	0.065	0.072	0.109	0.126	0.145	0.171	0.192
0.050 P.T.	0.957	0.944	0.899	0.873	0.846	0.799	0.763
0.950 P.T.	1.052	1.060	1.109	1.139	1.168	1.207	1.245
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.017	0.026	0.062	0.073	0.081	0.091	0.096
BIAS	0.006	0.004	0.002	-0.005	-0.009	-0.014	-0.017
RMSE	0.026	0.029	0.077	0.097	0.118	0.146	0.168
0.050 P.T.	0.974	0.989	0.937	0.906	0.874	0.828	0.790
0.950 P.T.	1.035	1.019	1.064	1.093	1.119	1.170	1.205

EK 55. 4 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.016	0.029	0.067	0.077	0.085	0.093	0.098
BIAS	0.003	-0.002	-0.011	-0.014	-0.018	-0.024	-0.027
RMSE	0.068	0.074	0.111	0.128	0.146	0.172	0.193
0.050 P.T.	0.955	0.941	0.890	0.864	0.837	0.792	0.758
0.950 P.T.	1.057	1.061	1.105	1.130	1.157	1.195	1.235
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.017	0.029	0.067	0.077	0.085	0.093	0.098
BIAS	0.007	0.001	-0.008	-0.012	-0.016	-0.022	-0.026
RMSE	0.027	0.030	0.079	0.099	0.120	0.147	0.169
0.050 P.T.	0.975	0.986	0.931	0.899	0.867	0.821	0.786
0.950 P.T.	1.037	1.017	1.055	1.085	1.112	1.157	1.195

EK 56. 5 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.015	0.028	0.064	0.074	0.082	0.091	0.097
BIAS	0.002	0.000	-0.004	-0.006	-0.009	-0.013	-0.016
RMSE	0.060	0.069	0.108	0.126	0.145	0.171	0.192
0.050 P.T.	0.961	0.947	0.903	0.878	0.851	0.807	0.772
0.950 P.T.	1.050	1.057	1.104	1.132	1.160	1.202	1.240
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.016	0.028	0.064	0.074	0.082	0.091	0.097
BIAS	0.005	0.004	-0.001	-0.004	-0.007	-0.011	-0.015
RMSE	0.025	0.030	0.079	0.100	0.120	0.149	0.171
0.050 P.T.	0.976	0.989	0.941	0.911	0.879	0.835	0.800
0.950 P.T.	1.033	1.019	1.062	1.091	1.118	1.165	1.200

EK 57. 6 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.013	0.028	0.061	0.069	0.076	0.083	0.088
BIAS	0.001	0.000	-0.004	-0.006	-0.008	-0.011	-0.013
RMSE	0.057	0.065	0.101	0.117	0.134	0.158	0.177
0.050 P.T.	0.961	0.949	0.911	0.887	0.861	0.822	0.791
0.950 P.T.	1.048	1.053	1.094	1.120	1.145	1.183	1.220
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.013	0.028	0.061	0.069	0.076	0.083	0.087
BIAS	0.004	0.003	0.001	-0.004	-0.006	-0.009	-0.012
RMSE	0.022	0.029	0.075	0.093	0.112	0.138	0.158
0.050 P.T.	0.980	0.988	0.943	0.917	0.887	0.849	0.816
0.950 P.T.	1.029	1.017	1.058	1.083	1.108	1.148	1.183

EK 58. 8 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.010	0.022	0.047	0.055	0.060	0.067	0.070
BIAS	0.001	-0.001	-0.005	-0.008	-0.010	-0.013	-0.015
RMSE	0.054	0.061	0.090	0.104	0.119	0.141	0.159
0.050 P.T.	0.961	0.949	0.912	0.890	0.863	0.825	0.795
0.950 P.T.	1.046	1.052	1.088	1.113	1.137	1.172	1.204
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.010	0.022	0.048	0.055	0.061	0.067	0.070
BIAS	0.004	0.002	-0.003	-0.006	-0.008	-0.012	-0.014
RMSE	0.019	0.024	0.063	0.080	0.097	0.121	0.140
0.050 P.T.	0.980	0.987	0.944	0.917	0.889	0.851	0.822
0.950 P.T.	1.028	1.017	1.054	1.077	1.102	1.140	1.170

EK 59. 12 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.0138	0.025	0.054	0.061	0.067	0.073	0.077
BIAS	0.002	-0.001	-0.008	-0.011	-0.014	-0.017	-0.020
RMSE	0.068	0.074	0.102	0.117	0.132	0.154	0.171
0.050 P.T.	0.951	0.939	0.898	0.874	0.851	0.810	0.780
0.950 P.T.	1.058	1.061	1.100	1.125	1.148	1.185	1.215
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.013	0.025	0.054	0.062	0.067	0.074	0.078
BIAS	0.005	0.002	-0.005	-0.008	-0.011	-0.015	-0.018
RMSE	0.023	0.027	0.068	0.085	0.103	0.127	0.147
0.050 P.T.	0.976	0.986	0.938	0.907	0.879	0.839	0.807
0.950 P.T.	1.035	1.018	1.054	1.079	1.105	1.145	1.175

EK 60. 24 saat süreli yağış için GEV dağılımı yineleme aralıklarına göre ABSBIAS, BIAS, RMSE ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	25	50	100	250	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama							
ABS.BIAS	0.006	0.020	0.044	0.051	0.056	0.062	0.066
BIAS	0.001	-0.004	-0.011	-0.013	-0.016	-0.019	-0.021
RMSE	0.047	0.053	0.077	0.089	0.102	0.121	0.136
0.050 P.T.	0.965	0.952	0.916	0.897	0.874	0.841	0.815
0.950 P.T.	1.042	1.043	1.070	1.089	1.109	1.139	1.167
Bölgesel Büyüme Eğrisi							
ABS.BIAS	0.008	0.019	0.043	0.050	0.055	0.061	0.065
BIAS	0.004	-0.001	-0.009	-0.011	-0.014	-0.018	-0.020
RMSE	0.015	0.021	0.054	0.068	0.083	0.103	0.120
0.050 P.T.	0.985	0.986	0.945	0.920	0.896	0.863	0.835
0.950 P.T.	1.023	1.012	1.042	1.061	1.082	1.115	1.143

EK 61. 5 dakika süreli yağış için GLO dağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.933	0.020	0.904	0.953
0.80	5	1.240	0.028	1.220	1.260
0.96	25	1.790	0.073	1.698	1.902
0.98	50	2.071	0.091	1.925	2.263
0.99	100	2.391	0.110	2.168	2.694
0.996	250	2.886	0.134	2.531	3.395
0.998	500	3.325	0.153	2.830	4.050

EK 62. 15 dakika süreli yağış için GLO dağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.927	0.022	0.897	0.949
0.80	5	1.253	0.031	1.232	1.273
0.96	25	1.842	0.078	1.745	1.965
0.98	50	2.145	0.097	1.990	2.357
0.99	100	2.492	0.115	2.258	2.823
0.996	250	3.030	0.140	2.647	3.576
0.998	500	3.511	0.159	2.988	4.295

EK 63. 30 dakika süreli yağış için GLO dağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.911	0.025	0.877	0.936
0.80	5	1.259	0.029	1.238	1.277
0.96	25	1.918	0.077	1.809	2.057
0.98	50	2.269	0.096	2.090	2517.
0.99	100	2.679	0.116	2.417	3.080
0.996	250	3.333	0.142	2.898	4.007
0.998	500	3.930	0.163	3.316	4.937

EK 64. 1 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğirisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.896	0.024	0.866	0.919
0.80	5	1.280	0.027	1.261	1.298
0.96	25	1.972	0.068	1.867	2.097
0.98	50	2.305	0.082	2.140	2.512
0.99	100	2.667	0.096	2.431	2.972
0.996	250	3.196	0.112	2.854	3.653
0.998	500	3.639	0.124	3.195	4.249

EK 65. 2 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğirisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.890	0.027	0.858	0.913
0.80	5	1.280	0.034	1.262	1.299
0.96	25	1.998	0.081	1.892	2.135
0.98	50	2.351	0.097	2.186	2.577
0.99	100	2.740	0.111	2.500	3.072
0.996	250	3.314	0.129	2.956	3.821
0.998	500	3.802	0.141	3.328	4.491

EK 66. 3 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğirisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.892	0.026	0.863	0.914
0.80	5	1.242	0.029	1.222	1.257
0.96	25	1.924	0.077	1.808	2.044
0.98	50	2.273	0.094	2.092	2.482
0.99	100	2.668	0.109	2.412	2.981
0.996	250	3.270	0.128	2.881	3.766
0.998	500	3.796	0.141	3.280	4.475

EK 67. 4 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.891	0.027	0.861	0.913
0.80	5	1.249	0.031	1.232	1.267
0.96	25	1.939	0.079	1.835	2.074
0.98	50	2.291	0.096	2.126	2.517
0.99	100	2.686	0.111	2.445	3.022
0.996	250	3.285	0.130	2.918	3.812
0.998	500	3.807	0.143	3.325	4.521

EK 68. 5 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.901	0.025	0.874	0.923
0.80	5	1.228	0.030	1.209	1.242
0.96	25	1.858	0.079	1.748	1.972
0.98	50	2.179	0.097	2.008	2.368
0.99	100	2.539	0.112	2.299	2.824
0.996	250	3.086	0.132	2.719	3.527
0.998	500	3.561	0.145	3.084	4.174

EK 69. 6 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.912	0.022	0.886	0.931
0.80	5	1.228	0.030	1.210	1.243
0.96	25	1.807	0.075	1.707	1.911
0.98	50	2.090	0.091	1.937	2.260
0.99	100	2.401	0.105	2.190	2.650
0.996	250	2.858	0.123	2.541	3.243
0.998	500	3.245	0.135	2.838	3.759

EK 70. 8 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.917	0.019	0.892	0.935
0.80	5	1.229	0.024	1.211	1.244
0.96	25	1.786	0.063	1.695	1.888
0.98	50	2.054	0.077	1.912	2.220
0.99	100	2.343	0.090	2.147	2.587
0.996	250	2.765	0.106	2.476	3.129
0.998	500	3.117	0.118	2.742	3.598

EK 71. 12 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.928	0.016	0.906	0.946
0.80	5	1.228	0.024	1.211	1.244
0.96	25	1.735	0.059	1.653	1.829
0.98	50	1.967	0.071	1.844	2.117
0.99	100	2.211	0.083	2.041	2.423
0.996	250	2.556	0.098	2.313	2.869
0.998	500	2.834	0.108	2.527	3.234

EK 72. 24 saat süreli yağış için GEVdağılımı dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	P^F	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.934	0.015	0.913	0.948
0.80	5	1.205	0.021	1.193	1.222
0.96	25	1.664	0.053	1.597	1.759
0.98	50	1.875	0.066	1.771	2.021
0.99	100	2.098	0.077	1.954	2.306
0.996	250	2.413	0.091	2.207	2.711
0.998	500	2.668	0.102	2.400	3.061

ÖZGEÇMİŞ

Farhad GHIAEI MOGHADDAM, 1985 yılında İran'ın Bilesavar şehrinde doğdu. Danesh Pejuhan'nden 2003 yılında mezun olduktan sonra 2003 yılında Genel Teknik ve Bilim Üniversitesi (Tebriz) İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı ve bu bölümden 2007 yılında mezun oldu. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Bekar olan Farhad GHIAEI MOGHADDAM iyi derecede İngilizce, Türkçe ve Farsça bilmektedir.