



**FIRAT-DİCLE HAVZASINDA FARKLI ŞİDDETEKİ
MAKSİMUM YAĞMURLARIN L-MOMENTLER
YAKLAŞIMIYLA BÖLGESEL FREKANS ANALİZİ**

MÜBERRA ERDOĞAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
PROF. DR. KADRİ YÜREKLİ
HAZİRAN-2020
Her hakkı saklıdır**

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FIRAT-DİCLE HAVZASINDA FARKLI ŞİDDETEKİ MAKSİMUM
YAĞMURLARIN L-MOMENTLER YAKLAŞIMIYLA BÖLGESEL
FREKANS ANALİZİ

MÜBERRA ERDOĞAN

TOKAT
Haziran - 2020

Her hakkı saklıdır

Müberra ERDOĞAN tarafından hazırlanan “**Fırat-Dicle Havzasında Farklı Şiddetteki Maksimum Yağmurların L-Momentler Yaklaşımıyla Bölgesel Frekans Analizi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 29 HAZİRAN 2020 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyosistem Mühendisliği** Anabilim dalında **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Kadri YÜREKLİ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Alper Serdar ANLI

Ankara Üniversitesi

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

---/---/20--

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

MÜBERRA ERDOĞAN

29 Haziran 2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FIRAT-DİCLE HAVZASINDA FARKLI ŞİDDETTTEKİ MAKSİMUM YAĞMURLARIN L-MOMENTLER YAKLAŞIMIYLA BÖLGESEL FREKANS ANALİZİ

MÜBERRA ERDOĞAN

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. KADRİ YÜREKLİ)

Bu araştırmada Fırat-Dicle Havzası'ndaki standart süreli yıllık maksimum yağmurların (YMY) L-moment yöntemi ile bölgesel frekans analizi gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada Fırat-Dicle Havzası'nda bulunan 18 yağmur istasyonundan gelen YMY verilerinin homojenlik durumu Mann-Whitney U testi ile test edilmiştir. M-WU testi sonuçlarına bağlı olarak, farklı standart sürelerdeki 8 istasyonun YMY verileri için %5 önem seviyesinde homojenlik koşulu sağlanamamıştır. Bu veri serilerinin homojenliği Çift Birikimli Eğri (ÇBE) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada hem homojenlik analizinden önce hem homojenlik analizinden sonraki YMY verilerine L-moment yaklaşımı yoluyla bölgesel frekans analizi uygulanmıştır. Her iki durumda da ilk olarak tüm istasyonların homojen bölge koşulunu sağlayıp sağlamadığı test edilmiştir. Bu seçeneğin sağlanmadığı belirlendikten sonra, kümeleme analizi ile oluşturulan ikili ve üçlü alternatif alt gruplar üzerinde analiz yapılmıştır. Bununla birlikte, bazı YMY serileri için, tek bir homojen bölge koşulu sağlanmıştır. ÇBE uygulamasından önceki 5dk, 15dk, 24s YMY verileri tamamen homojen bir bölge olarak kabul edilirken, ÇBE uygulamasından sonra 5dk, 15dk, 30dk, 1s, 6s, 12s, 24s YMY verileri ile tek bir homojen bölge oluşturulmuştur. ÇBE analizinin uygulanmadığı durumda 1h, 2h, 3h, 6h, 12h'lik YMY veri dizileri için iki alt bölgedeki L-moment yöntemine dayalı bölgesel frekans analizi koşulu gerçekleştirilirken, ÇBE analizinin uygulandığı durumda 2h ve 3h'lik YMY verileri iki alt bölgede bölgesel frekans analizi için tatmin edici sonuçlar vermiştir. Daha sonra, her homojen bölge için bölgesel olasılık dağılım fonksiyonları tanımlanmıştır. Son aşamada, en uygun bölgesel olasılık dağılımına bağlı olarak elde edilen farklı tekrarlanma periyotları için hesaplanan yağış şiddeti dikkate alınarak Genetik Programlama (GP) ile bölgeyi temsil edecek en iyi IDF (Şiddet-Süre-Frekans) ilişkisi geliştirilmiştir. ÇBE analizinden sonraki veriler kullanılarak geliştirilen IDF ilişkisinin bölgeyi daha iyi temsil edeceği sonucuna ulaşılmıştır.

2020, 123 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Fırat-Dicle havzası, Maksimum yağmur, L-moment, Düzensizlik ölçüsü, Heterojenlik ölçüsü

ABSTRACT

MASTER THESIS

REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS OF MAXIMA RAINFALLS WITH DIFFERENT INTENSITY VIA L-MOMENTS APPROACH

MÜBERRA ERDOĞAN

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

(SUPERVISOR:) PROF. DR. KADRI YÜREKLİ

In this study, regional frequency analysis of annual maximum rainfalls (AMR) at standard durations are carried out through methods of L-moments in Euphrates-Tigris Basin. In the first stage, homogeneity status dealing with AMR series from 18 rainfall stations in Euphrates-Tigris Basin were tested by using Mann-Whitney U (MWU) test. Based on the MWU test results, homogeneity condition for the 5% of significance level was fulfilled for AMR data of eight stations in different standard durations. Homogeneity of these data sequences was performed with double mass curve (DMC) method. In the second stage, regional frequency analysis associated with L-moments approach was applied to the AMR data both before and after the homogeneity analysis. In both conditions, it was first analyzed whether all stations fulfilled the homogeneous region condition. After determining that this choice could not be achieved, analysis was carried out on the double and triple alternative subgroups determined by clustering analysis. However, for some AMR series, a single homogeneous region condition has been met. The AMR data 5min, 15min, 24h before DMC application were assumed as a whole homogeneous region, whereas the AMR data dealing with 5min, 15min, 30min, 1h, 6h, 12h, 24h after the DMC application was formed as a single homogeneous region. In the condition unless DMC analysis, the AMR data sequences of 1h, 2h, 3h, 6h, 12h were carried out condition of regional frequency analysis based on L-moments method in the two sub-regions while the AMR data of 2h, 3h in the condition where the DMC is applied produced a satisfactory results for regional frequency analysis in two sub-regions. Then, regional probability distribution functions are defined for each homogeneous region. At the last stage, the best IDF relationship that would represent the region was developed with the Genetic Programmer (GP) in which were taken into considered rainfall intensities for different return period obtained depending on the most suitable regional probability distribution. It was concluded that the IDF relationship developed using the data after the DMC analysis would better represent the region.

2020, 123 PAGE

KEYWORDS: Euphrates-Tigris basin, Maxima rainfall, L-moment, Discordancy measure, Heterogeneity measure

ÖNSÖZ

Lisans eğitimimde hidroloji dersiyle tanıştığım ve yüksek lisans eğitimimde danışmanlığımı üstlenen, bu tez konusunda ve çeşitli konularda çalışma fırsatı sunan, beraber çalışmaktan son derece keyif aldığım, her türlü ilgi ve yardımları ile birlikte tavsiyelerini gördüğüm, insani ve ahlaki değerleri ile örnek olan sayın danışman hocam Prof. Dr. Kadri YÜREKLİ'ye, beni hayatım boyunca her konuda destekleyen, kendimi değerli hissettiren ve tezin hazırlanması aşamasında motivasyonumu sürekli yüksek tutan sevgili anneme, babama, kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

MÜBERRA ERDOĞAN

29 Haziran 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1. Materyal.....	11
3.2.1. Fırat-Dicle Havzası	13
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Hidrolojik verilerde homojenliğin araştırılması.....	16
3.2.2. Olasılık ağırlıklı momentler	17
3.2.3. L-momentler ve L-moment oranları	18
3.2.4. Düzensizlik ölçüsü.....	19
3.2.5. Homojen bölgelerin tanımlanması	21
3.2.6. Bölgesel frekans analizinde en uygun dağılımın seçilmesi	25
3.2.7. Bölgesel l-moment algoritması.....	27
3.2.8. Genetik algoritma ve genetik programlama	29
3.2.9. Model performans kriteri	32
4. BULGULAR.....	34
4.1. Homojenlik Analizi Sonuçları.....	34
4.2. Verilere Homojenlik Analizi Uygulamadan Önceki Bölgesel Frekans Analizi Sonuçları.....	36
4.2.1. L-moment ve l-moment oranları	36

4.2.2. Bölgesel frekans analizi	42
4.2.3. Bölgesel olasılık dağılımının değerlendirilmesi.....	77
4.3. Homojenlik Analizinden Önceki Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağmur Verilerinin Genetik Programlama ile Yeni Şiddet Değerlerinin Tahmin Edilmesi ..	78
4.3.1. Şiddet değerlerinin elde edilmesi.....	78
4.3.2. Genetik programlama ile yeni yağmur şiddeti tahmini	79
4.4. Verilere Homojenlik Analizi Uyguladıktan Sonraki Bölgesel Frekans Analizi Sonuçları.....	81
4.4.1. L-moment ve L-moment oranları.....	81
4.4.2. Bölgesel frekans analizi	82
4.4.3. L-moment oran diyagramları	99
4.4.4. Bölgesel olasılık dağılımının değerlendirilmesi.....	106
4.5. Homojenlik Analizinden Sonraki Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağmur Verilerinin Genetik Programlama ile Yeni Şiddet Değerlerinin Tahmin Edilmesi	107
4.5.1. Şiddet değerlerinin elde edilmesi.....	107
4.5.2. Genetik programlama ile yeni yağmur şiddeti tahmini	108
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	110
5.1. Homojenlik Analizinin Değerlendirilmesi	110
5.2. Bölgesel Frekans Analizinde Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi	110
5.3. Genetik Programlama (GP) ile Elde Edilen Şiddet-Süre-Frekans (IDF) İlişkilerinin Değerlendirilmesi	114
KAYNAKÇA	118
ÖZGEÇMİŞ	122

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
X	Meydana gelen olay
n	Gözlem süresi
b_r	Olasılık ağırlıklı moment (en fazla meydana gelme olasılığında)
t	Boyutsuz L değişim katsayısı
t_3	Boyutsuz L çarpıklık katsayısı
t_4	Boyutsuz L basıklık katsayısı
i	İstasyon
n_i	i istasyonun gözlem süresi
$\hat{Q}_i(F)$	i istasyonunun en fazla meydana gelme olasılığının tekrarlanma fonksiyonu
$q(F)$	En fazla meydana gelme olasılığının bölgesel büyüme eğrisi
μ_i	i istasyonunun gösterge taşkın değer tahmini
D_i	Düzensizlik ölçüsü
N	İstasyon sayısı
u_i	i istasyonunun örnek L moment oranlarının matrisinin devriği
$\bar{u}$	Farklı u_i değerlerinin ağırlıksız ortalaması
K	Kovaryans matrisi
H	Heterojenlik ölçüsü
$H1$	V istatistiğine göre hesaplanan heterojenlik ölçüsü
$H2$	V_2 istatistiğine göre hesaplanan heterojenlik ölçüsü
$H3$	V_3 istatistiğine göre hesaplanan heterojenlik ölçüsü
V	L değişim katsayısına göre hesaplanan ağırlıklı standart sapması
V_2	L değişim katsayısı ve L çarpıklık oranına göre hesaplanan ağırlıklı standart sapma
V_3	L çarpıklık ve L basıklık oranına göre hesaplanan ağırlıklı standart sapma
μ_v	V istatistiğinin ortalaması

α_v	V istatistiğinin standart sapması
N_{sim}	Simülasyon sayısı
n_i	i istasyonun gözlem süresi
t^R	Bölgesel örnek L değişim katsayısını
t_r^R	Bölgesel örnek L moment oranı ($r=3, 4, \dots$)
N	İstasyon sayısı
Z^{DIST}	Dağılımın uygunluk ölçüsü
τ_4^{DIST}	Dağılımın popülasyon L basıklık oranı
τ_4^R	Örneğin Bölgesel ortalama basıklık oranı
B_4	Bölgesel örnek L basıklık (τ_4^R) oranının simülasyonla elde edilen taraflılık değeri
σ_4	Bölgesel örnek L basıklık (τ_4^R) oranının simülasyonla elde edilen standart sapması
m	Simülasyon yapılan bölge sayısı
$F(x)$	Birikimli dağılım fonksiyonu
$x(F)$	Tekrarlanma fonksiyonu
ξ	Konum parametresi
α	Ölçek parametresi
k	Şekil parametresi
λ_1	Popülasyon L konum
τ	Popülasyon L değişim katsayısı
τ_3	Popülasyon L çarpıklık katsayısı

Kısaltmalar

Açıklama

AMR	Annual Maximum Rainfall
ÇBE	Çift Birikimli Eğri
DMC	Double Mass Curve
GA	Genetik Algoritma
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GEV	Genel ekstrem değer dağılımı
GLO	Genel lojistik dağılımı
GNO	Genel normal dağılımı

GP	Genetik Programlama
GPA	Genel Pareto dağılımı
IDF	Şiddet-Süre-Frekans İlişkisi
MSE	Hata Kareleri Ortalaması
MWU	Mann-Whitney U Testi
PE3	Pearson tip 3 dağılımı
R^2	Determinasyon Katsayısı
SSY	Standart Süreli Yağış
YMY	Yıllık Maksimum Yağış



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. İstasyonların Fırat-Dicle Havza'sı üzerindeki konumları.....	14
Şekil 3.2. Bölgesel frekans analizi akış şeması.....	15
Şekil 3.3. Düzensizlik ölçüsü şematik gösterimi.....	20
Şekil 3.4. Heterojenlik ölçüsünün şematik gösterimi.....	23
Şekil 3.5. Uyum iyiliği ölçüsünün şematik gösterimi.....	26
Şekil 4.1. Standart sürelerin her biri için kümeleme analizi sonucu elde edilen dendrogram.....	44
Şekil 4.2. GP uygulaması için kullanılan Eureqa yazılımının arayüzü.....	79
Şekil 4.3. Verilerin homojenlik analizinden önceki bölgesel dağılımdan elde edilen ve tahmin edilen veriler arasındaki saçılma grafiği (Model 1).....	81
Şekil 4.4. 5dk'lık tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	100
Şekil 4.5. 15dk'lık tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	101
Şekil 4.6. 30dk'lık tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	101
Şekil 4.7. 1s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	102
Şekil 4.8. 2s'lik I. Bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	102
Şekil 4.9. 2s'lik II. bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	103
Şekil 4.10. 3s'lik I. bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	103
Şekil 4.11. 3s'lik II. bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	104
Şekil 4.12. 6s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	104
Şekil 4.13. 12s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	105
Şekil 4.14. 24s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD).....	105
Şekil 4.15. Verilerin homojenlik analizinden sonraki bölgesel dağılımdan elde edilen ve tahmin edilen veriler arasındaki saçılma grafiği (Model 1).....	109

ÇİZELGE DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. İstasyonlara ait gözlem süreleri ve bazı karakteristik özellikleri.....	12
Çizelge 3.2. Standart süreli maksimum yağmurların uzun yıllar ortalaması (mm).....	12
Çizelge 3.3. Düzensizlik ölçüsü için kritik değerleri.....	20
Çizelge 4.1. İstasyonlara ait standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların Mann-Whitney U testi sonuçları.....	35
Çizelge 4.2. Çift birikimli eğri yöntemiyle elde edilen yağmur değerinin Mann-Whitney U testi sonuçları.....	36
Çizelge 4.3. 5dk yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	37
Çizelge 4.4. 15dk yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	37
Çizelge 4.5. 30dk yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	38
Çizelge 4.6. 1s yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	38
Çizelge 4.7. 2s yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	39
Çizelge 4.8. 3s yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	39
Çizelge 4.9. 6s yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	40
Çizelge 4.10. 12 s yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	40
Çizelge 4.11. 24 s yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları.....	41

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.12. İstasyonlara ait standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	42
Çizelge 4.13. 6s, 12s ve 24s'lik yıllık maksimum yağmur değerlerinin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	43
Çizelge 4.14. Kümeleme analizi sonucuna göre oluşturulan 2'li altkümeler...	44
Çizelge 4.15. Kümeleme analizi sonucuna göre oluşturulan 3'lü altkümeler.....	45
Çizelge 4.16. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	46
Çizelge 4.17. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların Kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	47
Çizelge 4.18. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	47
Çizelge 4.19. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	47
Çizelge 4.20. 5dk, 10dk, 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	49
Çizelge 4.21. 5dk, 10dk, 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	49
Çizelge 4.22. 5dk, 15dk ve 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	50
Çizelge 4.23. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	51
Çizelge 4.24. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	52
Çizelge 4.25. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	53

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.26. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	53
Çizelge 4.27. 1 saatlik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	54
Çizelge 4.28. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	55
Çizelge 4.29. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların Kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	55
Çizelge 4.30. 2'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	56
Çizelge 4.31. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları	56
Çizelge 4.32. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	57
Çizelge 4.33. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	58
Çizelge 4.34. 2 saatlik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	59
Çizelge 4.35. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	60
Çizelge 4.36. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	60
Çizelge 4.37. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	61
Çizelge 4.38. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	61

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.39. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	62
Çizelge 4.40. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	63
Çizelge 4.41. 3 saatlik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	64
Çizelge 4.42. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	65
Çizelge 4.43. 6'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	65
Çizelge 4.44. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	65
Çizelge 4.45. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	67
Çizelge 4.46. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	67
Çizelge 4.47. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	68
Çizelge 4.48. 12s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	69
Çizelge 4.49. 12s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	69
Çizelge 4.50. 12'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	70
Çizelge 4.51. 12s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları	71

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.52. 12s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	71
Çizelge 4.53. 12s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	72
Çizelge 4.54. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	73
Çizelge 4.55. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	73
Çizelge 4.56. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	74
Çizelge 4.57. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	74
Çizelge 4.58. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları	75
Çizelge 4.59. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgesi için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	76
Çizelge 4.60. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	76
Çizelge 4.61. Standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların bölgesel büyüme eğrisi değeri ve bölgesel olasılık dağılım miktarı (mm)	77
Çizelge 4.62. Standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların farklı tekrarlama periyotlarına karşılık gelen şiddet değerleri (mm/saat).....	78
Çizelge 4.63. Verilerin homojenlik analizinden önceki en uygun genetik programlama modelleri.....	80
Çizelge 4.64. Homojen hale getirilen istasyonların yıllık maksimum yağmurlarının L-moment ve L-moment oranları.....	82
Çizelge 4.65. İstasyonlara ait standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	83

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.66. 30dk, 2s ve 24s'lik yıllık maksimum yağmur değerlerinin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	83
Çizelge 4.67. Homojenlik analizinden sonra 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	85
Çizelge 4.68. Homojenlik analizinden sonra 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgesi için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	86
Çizelge 4.69. Homojenlik analizinden sonra 5 dk'lık yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	86
Çizelge 4.70. Homojenlik analizinden sonra 30dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	87
Çizelge 4.71. Homojenlik analizinden sonra 30dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	88
Çizelge 4.72. Homojenlik analizinden sonra 30 dk'lık yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	88
Çizelge 4.73. Homojenlik analizinden sonra 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	89
Çizelge 4.74. Homojenlik analizinden sonra 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	90
Çizelge 4.75. Homojenlik analizinden sonra 1s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	90
Çizelge 4.76. Homojenlik analizinden sonra 2s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	91

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.77. Homojenlik analizinden sonra 2s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	92
Çizelge 4.78. Homojenlik analizinden sonra 2s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	93
Çizelge 4.79. Homojenlik analizinden sonra 3s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	94
Çizelge 4.80. Homojenlik analizinden sonra 3s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	94
Çizelge 4.81. Homojenlik analizinden sonra 3s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	95
Çizelge 4.82. Homojenlik analizinden sonra 6s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	96
Çizelge 4.83. Homojenlik analizinden sonra 6s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	96
Çizelge 4.84. Homojenlik analizinden sonra 6s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	97
Çizelge 4.85. Homojenlik analizinden sonra 12s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları.....	98
Çizelge 4.86. Homojenlik analizinden sonra 12s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları.....	98
Çizelge 4.87. Homojenlik analizinden sonra 12s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları.....	99

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.88. Homojenlik analizinden sonra standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların bölgesel büyüme eğrisi değeri ve bölgesel olasılık dağılım miktarı (mm).....	106
Çizelge 4.89. Standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların homojenlik analizinden sonra farklı tekraralama periyotlarına karşılık gelen şiddet değerleri (mm/saat).....	107
Çizelge 4.90. Verilerin homojenlik analizinden sonraki en uygun genetik programlama modelleri.....	108
Çizelge 5.1. Su kontrol yapıları için bazı genelleştirilmiş tasarım kriterleri...	116

1. GİRİŞ

Yeryüzünün %3'ü sularla kaplıdır. Yeryüzündeki bu suyun kaynağı ise yağışlardır. Günümüzde adından çokça bahsettiğimiz iklim değişikliğinin neden olduğu ve dünyanın her yerinde meydana gelebilen aşırı yağışlar çevresel, tarımsal, ekonomik ve iletişim altyapısının zarar görmesine ve en önemlisi can kaybına neden olmaktadır. Hidrolojik ve hidrolik mühendislik uygulamaları ile meydana gelebilecek bu zararları önleyebilmek için söz konusu yağmur miktarlarının gelecekteki değerlerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu dağılımların belirlenmesi yağışlarla meydana gelen taşkın ve selin yanında kuraklık ve erozyon miktarlarının saptanmasında da oldukça önemlidir.

Su kaynaklarının planlanması ve yönetimi ile herhangi bir hidrolojik yapıların dizaynında kullanılacak uygun projelerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Ancak ölçüm istasyonlarının az veya hiç olmaması, istatistiksel dönemlerin kısa süreli olması ve ekstrem değerler hidrolojik yapıların tasarımında ciddi problemler arasında gösterilmektedir. Bu durumda uygun proje kriterlerini tahmin etmek oldukça güçtür. Ancak günümüzde bu tahminleri yapmak için bilgisayarlı istatistiksel yöntemler geliştirilmiştir. Hidrolojide istatistiksel yöntemler verinin işlenmesi, anlamlı bir şekilde ifade edilmesi ve bunların gelecekteki davranışları hakkında bilgi sahibi olmak için uygulanmaktadır (Anlı, 2009).

Hidrolojik bir verinin gelecekteki miktarı frekans analizi ile saptanmaktadır. Frekans analizi, hidrolojik verinin hangi periyotlarda meydana gelebileceğini ifade etmesi olarak tanımlanmaktadır ve aynı zamanda meydana gelebilecek olayının doğruluğunun da değerlendirilmesidir (Anlı,2009). Frekans analizi yöntemi noktasal ve bölgesel frekans analizi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Noktasal frekans analizi basit ve uygulaması çok kolay bir yöntemdir. Bu veriler tek bir noktaya aittir ve uzun gözlem süresine sahip veri oldukça azdır. Ayrıca bu noktalarda çoğu zaman ekstrem yağışlar kaydedilememektedir. Bundan dolayı, çarpıklık ve basıklık gibi hidrolojik verilerin bölgedeki dağılımını gösteren istatistiksel sonuçlar elde edilememektedir. Bu problemlerden dolayı, noktasal frekans analizi ile elde edilen sonuçların güvenilirliği azdır ve günümüzde artık yaygın olarak kullanılmamaktadır. Söz konusu bu problemleri ortadan kaldırmak için benzer

özelliklere sahip komşu bölgelerdeki hidrolojik veriler kullanılmakta ve elde edilen verilerin güvenilirliği artmaktadır. Bölgesel frekans analizi olarak ifade edilen bu yöntem ile uzun süreli verisi olan istasyonların hidrolojik verileri kullanılmaktadır. Bu şekilde daha güvenilir ve gerçekçi tahminler yapılmaktadır.

Son zamanlarda hidrolojik veriler üzerine çalışan araştırmacılar, bölgesel frekans analizinde J. R. M. Hosking tarafından geliştirilen L-moment yöntemi yaygın bir şekilde kullanmaya başlamışlardır. L-momentler yaklaşımı olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal bileşenleridir. Bölgesel bir dağılımı tanımlamada kullanılan yöntemin kendine özgü yaklaşımları bulunmaktadır. Bunlar; düzensizlik ölçüsü, heterojenlik ölçüsü, uygunluk ölçüsü ve bölgesel L-moment algoritmasıdır.

L-momentler yöntemi, dünya da pek çok ülkede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Yeni Zelanda, Kanada, Hindistan, Çekya, Pakistan vb. gibi ülkelerde benzer özelliklere sahip bölgeler oluşturmak için çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde ise farklı bölge veya kentlerde araştırmacılar çalışmalar yapmışlardır. Bunlardan bazıları; Yürekli (2005a), Yürekli (2005b), Yürekli ve Modarres (2006), Anlı ve ark. (2006), Anlı ve ark. (2007), Seçkin ve Yurtal (2008), Yürekli ve ark. (2009), Anlı ve ark. (2009), Saf (2009), Anlı ve ark. (2011), Yürekli ve ark. (2011), Anlı ve Öztürk (2011), Seçkin ve Topçu (2016), Çıtakoğlu ve ark (2017), Çıtakoğlu ve Güney (2017) ve Aydın (2018)'dir. Verilen bu çalışmaların içeriği kaynak özeti bölümünde açıklanmıştır.

Bu çalışmanın amacı Fırat-Dicle Havzası'ndaki standart sürelerdeki (5dk, 15dk, 30dk, 1s, 2s, 3s, 6s, 12s, 24s) yıllık maksimum yağmurların L-moment yöntemiyle bölgesel frekans analizinde uygulanma olanaklarının araştırılmasıdır. Diğer bir amaç ise bölgesel frekans analizi sonucunda elde edilen şiddet değerlerini kullanarak yeni şiddet değerlerinin tahmin edilmesi için genetik programlama ile model oluşturulmasıdır. Literatürde bu konu ile ilgili, çalışılan havzaya ait herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bundan dolayı Fırat-Dicle Havzası için gelecekte meydana gelebilecek taşkın, sel, kuraklık gibi doğal olaylar karşısında alınacak önlemlere veya yapımı düşünülecek herhangi bir hidrolojik yapının projelenmesinde yararlanılacak bir araştırma sunulmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETİ

Guttman ve ark. (1993), Amerika Birleşik Devletleri'nde yaptıkları çalışmada 9 farklı olasılık, 8 süre, 12 ay ve 111 bölge için bölgesel frekans analizini L-moment yöntemi kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada bulunan sonuçlar, dağılım fonksiyonlarının süre azaldıkça daha asimetrik hale geldiğini ve medyanın ortalamadan daha iyi bir merkezi eğilim ölçüsü olabileceğini göstermişlerdir.

Parida (1999), Hindistan yaz muson yağmurlarının rastgele davranışlarının modellenmesinde bir dağılım ailesini temsil eden genelleştirilmiş dört parametrelili Kappa dağılımı kullanma olasılığını araştırmıştır. Hosking tarafından geliştirilen L-moment yöntemini kullanarak kappa dağılımı ile Hindistan genelindeki 50 yağış gözlem istasyonunun güvenilir yağış miktarının tahminini yapmıştır. Ayrıca tahmin edilen yağış miktarlarının belirli tekrarlanma dönemleri (20, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıl) için planlamacılar ve tasarımcılar tarafından kullanılmak üzere izopluvial haritalarının hazırlandığını ifade etmiştir.

Yürekli (2005a), Tokat bölgesinde ölçülen günlük yağmurlar arasından her yıl için seçtiği maksimum günlük yağmurların bölgesel frekans analizini yapmıştır. Seçtiği maksimum günlük yağmurların rastgelelik ve homojenlik şartlarının yerine getirilip getirilmediğini Runs ve Mann-Whitney istatistik yöntemleriyle belirledikten sonra bölgeyi Batı, Orta Kuzey, Orta Güney ve Doğu olmak üzere 4 homojen bölgeye ayırmıştır. En uygun dağılımı 'ortalama mutlak sapma indisi ve ortalama kare sapma indisi' ne göre belirlemiştir. Batı ve Kuzey bölgeleri için GLO (Genel Lojistik), Orta Güney bölgesi için GPA (Genel Pareto), Doğu bölgesi için ise GEV (Genel Ekstrem Değer) dağılımının en uygun dağılımlar olduğunu ifade etmiştir.

Yürekli (2005b), Amasya ilindeki aylık yağmurların L-moment yöntemi kullanarak bölgesel frekans analizini yaptığı çalışmada, homojenlik ölçüsü ile Amasya ilindeki yağmur istasyonlarını 2 homojen bölgeye ayırmıştır. Uyum iyiliği testi sonucuna göre 1. Bölge için GEV, 2. Bölge için PE3 (Pearson tip 3) veya GEV dağılımlarının en uygun dağılım olduğunu belirtmiştir.

Hosking (2006)' da yaptığı çalışmasında sınırlı ortalamalı bir dağılımı $1,2,...,r$ boyutundaki örneklerden en büyük veya en küçük sıra istatistikleri olasılıklarının seti ile belirlediğini, bu karakterizasyonun bazı fazlalıklar içerdiğini, olasılıklarının bazısının kümeden düşebileceğini ve kümenin kalan öğelerinin dağılımı karakterize etmek için yeterli olduğunu ifade etmiştir. Bir dağılımın r . L-momentleri $1, 2, ...r$ boyutundaki örneklerden en büyük veya en küçük sıra istatistikleri olasılıklarının doğrusal bir kombinasyonu olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak çok sayıda dağılımın hiçbir fazlalık olmadan L-momentleri ile karakterize edilebildiğini ifade etmiştir.

Yürekli ve Modarres (2006), Tokat bölgesinde yıllık maksimum yağışların uygun bölgesel dağılımlarını belirlemek için L-moment yöntemini uygulamışlardır. Çalışmada 20 yağış gözlem istasyonu kullanılmıştır. Bölge ilk olarak iki bölgeye ayrılmış ancak homojenlik sağlanmadığı için üç homojen bölge oluşturulmuştur. Bölgeler için en uygun dağılımlar GLO ve GEV olarak belirlenmiştir.

Anlı ve ark. (2006)'da yaptıkları çalışmada Türkiye'de bulunan Kirmir Havzası'na ait 8 akım gözlem istasyonundan alınan 13 yıllık veya daha fazla, yıllık maksimum akım serilerine, L-moment yöntemi kullanarak bölgesel taşkın frekans analizi gerçekleştirmişlerdir. Bölgenin homojenliği, L-moment yöntemine dayanan düzensizlik ve heterojenlik testleriyle sağlanmıştır. Bölgenin taşkın frekans modellemesi için Genelleştirilmiş Lojistik (GLO), Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Normal (GNO), Pearson tip-3 (PE3) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımları uygulanmıştır. Çalışmada Kirmir Havzasının olası pik taşkın tahmini için en uygun dağılımın GNO dağılımı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kysely ve ark. (2006), Çek Cumhuriyetindeki aşırı yağışların istatistik özelliklerine göre homojen bölgeler oluşturdukları çalışmada 78 istasyondan alınan günlük yağış miktarlarını kullanmışlardır. Bölgesel homojenlik için istasyon özelliklerine dayanan kümeleme analizi ve istatistik yöntemler kullanılmış ve bu yöntemlere göre dört homojen bölge oluşturulmuştur.

Anlı ve ark. (2007), Doğu Akdeniz’de bulunan Göksu Havzasının taşkın frekans analizini yaptıkları çalışmada 10 akım gözlem istasyonuna ait yıllık maksimum akım serilerini kullanmışlardır. İlk durumda tüm bölgede homojenlik sağlanamamış, Grubbs ve Beck testleri ile saptanan aykırı değer akım verisinden çıkarılarak tek homojen bölge oluşturulmuştur. Çeşitli simülasyon süreleri için bölgesel taşkın frekansı tahmini gerçekleştirilmiştir. Bölge için GEV, GNO ve PE3 dağılımları uygun bulunmuştur. Ancak en küçük Z değerine sahip olan dağılımın en uygun dağılım olduğu varsayımından dolayı GEV dağılımının en uygun dağılım olduğu ifade edilmiştir.

Seçkin ve Yurtal (2008), 8 istasyonlu Meriç havzasının homojenliğinin L-moment tekniğine dayanan gösterge taşkın yöntemiyle hesapladığı çalışmalarında, tüm bölgenin homojen olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bölge için en uygun dağılımın GNO dağılımı olduğu belirtilmiş. Monte-Carlo simülasyon tekniği ile bölgenin simülasyonu yapılmış ve ortalama hata değerlerinin 2-1000 yıl arasında değişen tekrarlanma periyotlarında çok küçük sonuçlara ulaşıldığı ifade edilmiştir.

Yürekli ve ark. (2009), Çekerek Havzası’nda bulunan 17 istasyona ait yıllık maksimum yağış verilerinin bölgesel frekans analizini yaptıkları çalışmada düzensizlik ve homojenlik ölçüsü sonucunda tüm bölgenin homojen olduğunu bildirmişlerdir. Üç parametrelili logaritmik normal dağılımın (LOGN3) bölge için en uygun dağılım olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Anlı ve ark. (2009)’da yaptıkları çalışmada Trabzon ilindeki 10 yağış gözlem istasyonuna ait yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizini gerçekleştirmişlerdir. Tüm bölge tek homojen bölge olarak kabul edilmiş ve en uygun dağılım olarak GLO dağılımı seçilmiştir. Monte Carlo simülasyon tekniğini kullanarak her bir istasyona ait bölgesel ve noktasal olarak GLO ve GEV dağılımları için çeşitli tekrarlanma periyotlarına göre bölge için taşkın ve drenaj yapılarının tasarımında kullanılabilecek proje yağışları tahmin edilmiştir.

Saf (2009), çalışmasında Batı Akdeniz havzasının yıllık maksimum taşkın debilerinin bölgesel frekans analizinde L-moment yöntemine bağlı olarak taşkın index yöntemini

kullanmıştır. Havzayı Akdeniz, Aşağı-Batı Akdeniz ve Yukarı-Batı Akdeniz olmak üzere üç alt homojen bölgeye ayırmıştır. Antalya ve Aşağı-Batı bölgeleri için P3, Yukarı-Batı bölgesi için GLO dağılımlarının uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Belirlenen dağılımlara göre homojen alt bölgelerin boyutsuz taşkın değerleri hesaplanmıştır.

Dodangeh ve ark (2011), İran'ın kuzeyinde yer alan Sefidrud havzasına ait 26 akım ölçüm istasyonundan aldıkları 7 günlük düşük akımlara L-moment yöntemi uygulayarak bölgesel frekans analizini gerçekleştirmişlerdir. Tüm istasyonları tek bölge olarak ele aldıklarında homojenlik sağlanamamış ancak bulanık kümeleme analizi yöntemi ile tüm bölgeyi Doğu-Batı olarak iki alt bölgeye ayırmışlardır. Her iki bölge içinde PE3 ve GLO dağılımlarının Sefidrud havzası düşük akımlarının tahmininde kullanılması önerilmiştir.

Anlı ve ark. (2011), Konya Kapalı Havzası'ndaki yıllık yağış toplamalarının L-moment yöntemleri ile bölgesel frekans analizini gerçekleştirdikleri çalışmada 44 yağış gözlem istasyonundan elde ettikleri yağmur miktarlarından yıllık toplam yağış serileri oluşturmuşlardır. Tüm bölge homojenlik göstermemiş ve kümeleme analizi yöntemiyle 3 alt homojen bölge oluşturulmuştur. Uygunluk ölçüsü sonuçlarına göre de sırasıyla tüm homojen bölgeler için uygun dağılımlar PE3, GEV ve GNO dağılımları seçilmiştir. Çeşitli tekrarlanma sürelerinde olası yağış miktarlarının tahmin edildiği ifade edilmiştir.

Yürekli ve ark. (2011), Tersakan Çayı havzası için bölgesel frekans analizini gerçekleştirdikleri çalışmada, havzada bulunan 8 yağış gözlem istasyonundan ölçülen yüzey drenaja neden olan günlük maksimum yağışları kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan istasyonların tümünün homojenlik sağladığını ve bölge en için uygun dağılımın GEV olarak bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Anlı ve Öztürk (2011), Ankara ilinde bulunan 32 yağış gözlem istasyonundan alınan günlük yağış miktarlarını kullanarak elde edilen yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizini yapmışlardır. 32 istasyonun tümü homojenlik sağlamamış ve kümeleme analizi yapılarak tüm bölge 3 alt homojen bölgeye ayrılmıştır. Her üç bölge için de en uygun dağılım GEV dağılımı olarak belirlenmiştir. Belirlenen dağılıma göre çeşitli tekrarlanma dönemlerindeki proje yağış miktarları tahmin edilmiş ve tahmin edilen

yağışların doğruluğunu test etmek amacıyla Monte Carlo simülasyon yöntemi uygulandığı ifade edilmiştir.

Haddah ve ark. (2011), tasarım yağışların tahmininin genellikle bölgedeki çok sayıda yağış istasyonlarının verilerini kullanan bölgesel frekans analizi yöntemi ile yapıldığını ifade etmişlerdir. Çalışmada Genelleşmiş En Küçük Kareler Regresyonu ile birleştirilmiş L-moment tabanlı bir dizin yöntemi kullanan bölgesel yağış frekans analizi tekniği Avusturalya çapında 203 yağış istasyonundan alınan veri setine uygulanmıştır. Yöntemin 1-72 saat arası kabul edilebilir ölçüde doğru tasarım yağış tahminleri türetmede başarılı bir şekilde uygulanabileceği ve ayrıca bu yöntemin 3. dereceden bir polinomun IDF eğrilerinin düzeltilmesinde yeterli olduğu durumlarda oldukça tutarlı tahminler sağladığı bulunmuştur. Yöntemin genelleştirilmiş IDF verilerini elde etmek için Avusturalya ve diğer ülkelerin daha büyük veri setine genişletilebileceği öne sürülmüştür.

Santos ve ark. (2011), 1910-2004'e kadar olan dönemlerdeki kuraklık frekansını araştırdıkları çalışmada Portekiz geneline dağıtılmış 144 yağış istasyonuna ait aylık yağış verileri kullanılarak SPI yöntemine göre 1, 3, 12 ve 24 aylık kuraklık şiddetini ifade eden indeks değerler elde etmişlerdir. SPI zaman ölçeği serisine bağlı olarak kuraklık büyüklüklerinin bölgesel frekans analizini, iki yaklaşım kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Bunlar; yıllık maksimum dizi (YMD) ve kısmi süreli dizi (KSD) dir. Kümeleme ve homojenlik analizleriyle Kuzey, Orta ve Güney olmak üzere üç homojen bölge oluşturmuşlar ve çeşitli tekraralama periyotları için Kriging tekniğini kullanarak kuraklık büyüklüğü haritaları geliştirmişlerdir. Çeşitli SPI zaman ölçüleri için, gözlemlenen ve tahmin edilen maksimum büyüklüğün bir karşılaştırması, seçilmiş olasılık dağılım modelleri (Pearson tip III, genel Pareto ve Kappa) ile birleştirilen YMD yaklaşımının aynı modellerle birleştirilmiş olan KSD yaklaşımından daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Shabri ve ark. (2011)' de yaptıkları çalışmada Malezya Selangor'daki 40 istasyondan alınan günlük yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizini L- moment yöntemi ve TL-moment yöntemi kullanarak yapmışlar ve bu iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. L-moment yöntemine göre 36 istasyon homojenlik gösterirken TL-

moment yönteminde ise tümü homojenliği sağlamıştır. Her iki yöntem sonucunda bölge için en uygun dağılımların GLO ve GEV dağılımları olduğu belirtilmiştir. Performans değerlendirmesinde kullanılan Monte Carlo simülasyonları, daha düşük yağış miktar tahmini için TL-moment yönteminin daha verimli olduğunu, daha yüksek miktarlarda tahminler için ise L-momentler yönteminin üstün performans gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Shahzadi ve ark. (2013)'te yaptıkları çalışmada Pakistan'ın muson bölgesinde bulunan kayıt uzunluğu 24-60 yıl arasında değişen 23 yağış gözlem istasyonundan alınan yıllık maksimum yağış miktarlarını kullanmışlardır. İlk olarak bölgesel frekans analizi varsayımlarını çeşitli zaman serilerini kullanarak test etmişlerdir. Bunlar; Mann-Whitney testi, Kendall's tau testi ve Ljung-Box-Q-istatistikleri yöntemleridir. Tüm bölgede homojenlik sağlanamamış ancak dört parametrelili Kappa dağılımı ile Monte Carlo simülasyonu kullanarak L-momentlere dayalı heterojenlik ölçüsünü karşılayan üç alt homojen bölge oluşturulmuştur. Her üç bölge içinde GNO dağılımının 50, 100, 500 ve 1000 gibi uzun tekrarlanma periyotlarında en güçlü dağılım tahminlerinin yapıldığı, GEV dağılımının ise 1, 2, 5, 10 ve 20 yıl gibi kısa tekrarlanma periyotlarında en güçlü dağılım tahminlerinin yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Rostami (2013), Batı Azerbaycan havzasının bölgesel taşkın frekans analizi için L-moment yaklaşımı kullanmıştır. Homojen bölgelerin belirlenmesinde istasyonların bölge özellikleri kullanılarak Ward hiyerarşik kümeleme metodu uygulanmıştır. Kümeleme yöntemiyle Batı Azerbaycan havzası A, B, C ve D olmak üzere 4 bölgeye ayrılmıştır. A bölgesi için GPA; B ve C bölgeleri için PE3, GEV, LN; D bölgesi için LN ve GEV dağılımlarının uygun dağılımlar olduğu sonucuna ulaşmıştır. Homojen bölgeler için bölgesel modeller, havza ve hidrolojik özelliklerin beraberinde lineer ve çoklu regresyon yöntemi kullanılarak taşkın tahliye büyüklüğünün belirlenmesinde değerlendirildiğini ifade etmiştir.

Enginsu (2015), Orta Karadeniz bölgesinde bulunan 70 yağış gözlem istasyonuna ait günlük maksimum yağmur miktarlarının bölgesel frekans analizini L-moment yöntemi kullanarak yapmıştır. Tüm istasyonlar tek homojen bölge oluşturamamış, uygunsuz

istasyonlar tekrar incelenerek Orta Karadeniz bölgesini 6 alt homojen bölgeye ayırmıştır. Heterojenlik testiyle bölgelerin homojenliğini sağladıktan sonra uygunluk ölçüsünü kullanarak 1., 3. ve 4. bölgeler için GEV, 2. ve 5. bölgeler için GLO, 6. Bölge için GNO dağılımlarının uygun dağılımlar olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Seçkin ve Topçu (2016), Adana ve çevre illerde bulunan kayıt uzunlukları 18 yıl ile 59 yıl arasında değişen, toplam 53 yağış gözlem istasyonlarına ait yıllık maksimum yağış verilerine bölgesel frekans analizi uygulamıştır. Çeşitli noktalama pozisyonu formülleri kullanarak L-moment yöntemi gerçekleştirilmiş ancak sadece Hosking noktalama pozisyonu formülleri ile tahmin edilen parametreler tüm bölgenin homojenliğini sağlamıştır. Bölge için en uygun ve tek dağılımın GLO olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma alanı içerisinde bulunan herhangi bir noktanın çeşitli tekrarlanma periyotlarına karşılık gelen proje yağış miktarının GLO dağılımı kullanılarak elde edilebildiği ifade edilmiştir.

Çıtakoğlu ve ark (2017), Karadeniz'e dökülen akarsulara ait 20 yıldan daha uzun süreli akım gözlem istasyonlarının maksimum akım serilerine L-moment yöntemi uygulanarak bölgesel frekans analizini yapmışlardır. 52 istasyonun tümünde homojenlik sağlanmamış ancak havzanın belirli özellikleri kullanılarak 11 alt homojen bölge oluşturulmuştur. Oluşturulan homojen bölgelerin beşinde GNO, üçünde GEV, ikisinde PE3 ve birinde GLO dağılımları uygun dağılımlar olarak seçilmiştir. Bu dağılımları kullanarak yapılan index taşkın yöntemi sonucunda, tüm çalışma alanı için 2 ile 1000 yıllık tekrarlanma dönemlerinde grid yöntemi kullanılarak bölgesel maksimum akım haritaları oluşturulmuştur.

Kar ve ark. (2017) Hanchon havzasında bulunan beş yağış gözlem istasyonunun saatlik bölgesel yağış frekans analizinde L-moment yöntemini kullanmışlardır. Ward kümeleme analizi yöntemi kullanarak havzayı 3 homojen bölgeye ayırmışlardır. 1. ve 2. bölge için en uygun dağılımın Gumbel dağılımı 3. bölge için GEV dağılımı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada beş istasyon kullanıldığını ancak daha fazla istasyon kullanıldığında daha iyi sonuçlar alınabileceğini ifade etmişlerdir.

Çıtakoğlu ve Güney (2017), Türkiye genelinde 65 meteoroloji istasyonuna ait açık yüzey buharlaşma (AYB) verilerine L-moment tekniğini kullanarak yaptıkları bölgesel frekans analizinde yedi iklimsel bölgede homojenlik sağlanamamıştır ve her bir iklimsel bölgenin özelliklerini göz önünde bulundurarak sekiz farklı homojen bölge oluşturmuşlardır. 6, 7 ve 8. bölgelerde GLO dağılımının en uygun dağılım olduğunu ancak diğer beş bölgede herhangi bir dağılımın uygun olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Hosking tarafından önerilen Wakeby dağılımını kullanarak AYB değerlerini bölgeselleştirmişler ve geoistatistik yöntemini kullanarak 2-1000 yıllık olası tekrarlama periyotlarında Türkiye'nin AYB haritalarını oluşturmuşlardır.

Sahrin ve ark. (2018), Malezya Yarımadası üzerinde bulunan kayıt uzunluğu 15-38 yıl arasında değişen 83 yağış istasyonuna ait yıllık maksimum günlük yağış serilerini kullandıkları çalışmada, ilk olarak kümeleme analizini yaptıklarını ve bölgeyi 7 homojen alt bölgeye ayırdıklarını ifade etmişlerdir. L-moment yaklaşımı kullanılarak heterojenlik ölçüsü test edilmiştir. Malezya Yarımadası için en uygun dağılımların GLO ve GEV dağılımları olduğu belirtilmiştir.

Ghiaei ve ark. (2018) L-moment yöntemi kullanarak, Doğu Karadeniz Havzası üzerinde bulunan yedi istasyona ait yağış yükseklik değerleri 5dk-24s arasında değişen yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizini yaptıkları çalışmada tüm bölge homojenlik göstermiştir. GLO ve GEV dağılımları sırasıyla kısa (5 ila 30 dakika) ve uzun (1 ila 24 saat) dönem verileri için en iyi dağılımlar olarak belirlenmiştir. Seçilen uygun dağılım kullanılarak, farklı yağış yoğunlukları için tekrarlanma süreleri tahmin edilmiş ve bölge için 5-24 saat süren IDF eğrileri elde edilmiştir. Son olarak, $R^2=0.98$ 'lik determinasyon katsayısını veren IDF ilişkisi bölgesel denklem olarak önerilmiştir.

Aydın (2018), Batı Akdeniz Havzası üzerinde bulunan 5 yağış istasyonuna ait yıllık maksimum akım değerlerini kullanarak yaptığı çalışmada L-moment yöntemi ve Noktasal Taşkın Frekans Analizi yöntemi ile havzaya ait 50, 100, 1000 ve 10000 yıllık taşkın değerlerini hesaplamıştır. Daha sonra her iki yöntem ile bulduğu değerleri karşılaştırmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde Fırat-Dicle Havzası'nın bölgesel frekans analizinde kullanılan materyal ve uygulanan yöntemler verilmiştir.

3.1 Materyal

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye maksimum yağışları ve tekerrür analizlerinde, en az 10 yıl güvenilir gözlemi olan plüviyografli istasyonların yağış verileri kullanılmaktadır. Yıllık olarak standart sürelerdeki (5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 720, 1080 ve 1440 dakika) maksimum yağmur verileri tespit edilmektedir. SSY (Standart Süreli Yağış) verilerinde 5 dakika ile 30 dakika arasındaki standart süreli yağışlar kısa süreli yağış, 60 dakika ile 360 dakika standart süreli yağışlar orta süreli yağış ve 480 dakika ile 1440 dakika arasındaki standart süreli yağışlar uzun süreli yağışlar olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışmada materyal olarak Fırat-Dicle Havzası'nda yer alan ve Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen Adıyaman, Ağrı, Batman, Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, Hakkari, Kilis, Malatya, Mardin, Muş, Siirt, Şanlıurfa, Tunceli olmak üzere 18 istasyona ait standart süreli (5dk, 15dk, 30dk, 1s, 2s, 3s, 6s, 12s, 24s) yıllık maksimum yağmurlar kullanılmıştır. İstasyonlara ait gözlem süreleri ve bazı karakteristik özellikleri Çizelge 3.1'de ve standart sürelere ait yıllık maksimum yağmur değerleri Çizelge 3.2'de, istasyonların havza üzerindeki konumları Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İstasyonlara ait gözlem süreleri ve bazı karakteristik özellikleri

İstasyon	Gözlem Süresi (yıl)	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
Adıyaman	51	37,745	38,229	711
Ağrı	49	39,721	43,066	1672
Batman	47	37,937	41,254	650
Bingöl	50	38,892	40,504	1183
Bitlis	50	38,413	42,116	1545
Diyarbakır	74	37,922	40,219	773
Elazığ	59	38,682	39,243	1027
Erzincan	58	39,749	39,454	1238
Erzurum	57	39,542	41,151	1915
Gaziantep	59	37,035	37,222	886
Hakkari	43	37,577	43,780	1758
Kilis	50	36,715	37,116	681
Malatya	55	38,350	38,312	985
Mardin	59	37,320	40,706	1064
Muş	50	38,734	41,492	1287
Siirt	57	37,926	41,933	916
Şanlıurfa	57	37,177	38,763	680
Tunceli	43	39,107	39,544	1019

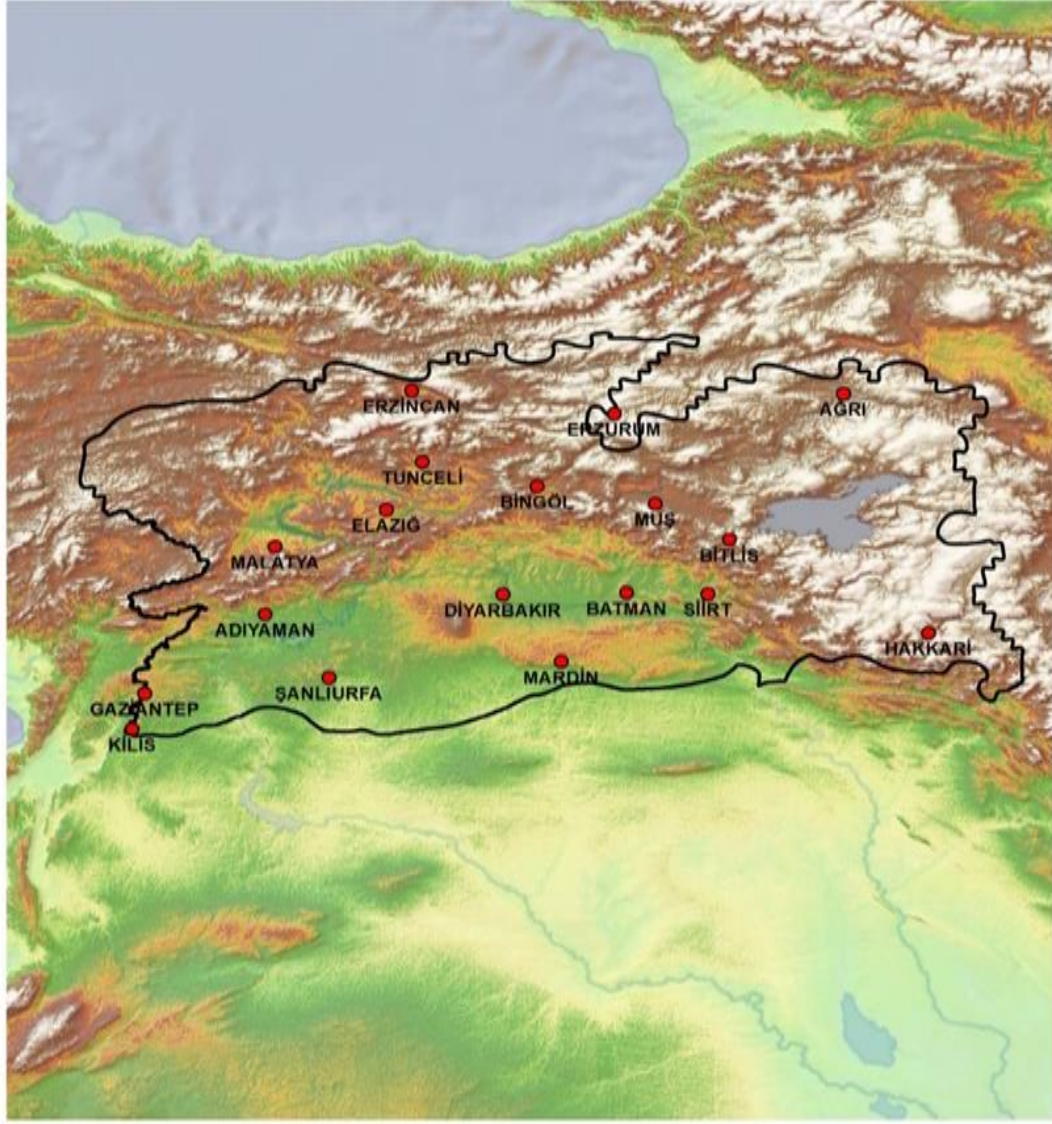
Çizelge 3.2. Standart süreli maksimum yağmurların uzun yıllar ortalaması (mm)

İstasyon	Yıllık Maksimum Yağmur (mm)								
	5dk	15dk	30dk	1s	2s	3s	6h	12h	24h
Adıyaman	5.53	10.25	13.77	16.07	19.43	21.56	27.77	35.23	53.32
Ağrı	4.73	8.22	10.93	13.31	14.96	15.78	18.01	21.50	31.33
Batman	4.41	7.31	9.67	11.45	14.01	15.27	18.53	23.33	35.33
Bingöl	4.61	7.55	10.11	13.34	17.14	19.32	25.30	34.69	59.94
Bitlis	4.61	7.61	10.33	13.04	17.00	20.12	25.54	34.44	64.49
Diyarbakır	4.78	8.45	10.63	12.68	15.21	17.17	21.26	25.19	38.99
Elazığ	3.92	7.22	8.91	11.11	14.29	16.33	20.47	24.79	34.12
Erzincan	3.83	6.52	8.32	10.13	12.16	13.60	17.17	20.28	28.50
Erzurum	4.37	7.83	9.69	11.40	12.99	14.24	16.55	19.04	26.88
Gaziantep	5.23	9.53	12.80	15.32	18.98	20.93	24.49	27.60	42.59
Hakkari	2.72	4.51	5.90	7.79	10.50	13.13	18.83	25.58	48.90
Kilis	6.08	10.85	14.07	17.19	19.46	20.98	23.71	26.82	39.98
Malatya	4.75	8.23	10.05	11.60	14.47	16.65	20.93	25.55	33.23
Mardin	5.33	9.02	12.01	15.28	18.32	20.46	24.64	29.23	53.92
Muş	4.31	6.83	8.43	10.62	13.71	15.57	19.98	26.40	46.47
Siirt	5.75	8.98	11.30	13.69	17.13	19.04	24.38	30.77	47.16
Şanlıurfa	5.06	8.82	11.54	14.58	18.10	19.91	24.19	28.65	45.96
Tunceli	5.19	8.03	10.25	13	16.30	18.55	22.18	28.73	48.81

3.2.1 Fırat-Dicle Havzası

Mezopotamya'nın temel su kaynağı olan Fırat-Dicle nehirleri Şatt'ül-arap olarak adlandırılan noktada birleşerek Basra Körfezi'ne dökülmektedir. Bu nehirler tek bir akarsu havzası niteliğinde olup Fırat-Dicle havzasının iki ana kolunu oluşturmaktadır (Öziş ve Özdemir, 2008). Fırat Nehri, mart ayının başlarında karların erimesiyle birlikte yükselmeye başlamakta ve nisan ayında pik seviyeye ulaşmaktadır. Mayıs ayında seviyesi giderek azalmakta ve eylül ayında en düşük seviyelerde seyretmektedir (Değirmenci, 2007). Ortalama debisi 909 m³/s olup, sulama ve hidroelektrik enerji bakımından Türkiye'nin en büyük su debisine sahiptir (Akbaş, 2015). Karasu, Muratsuyu ve çok sayıda küçük suların birleşmesiyle meydana gelmektedir. Toplam uzunluğu 2780 km'dir ve 720.000 km²'lik havzaya sahiptir. Yıllık ortalama su potansiyeli yaklaşık 34 milyar m³ olup 33 milyar m³'ü Türkiye'den sağlanmaktadır (Müftüoğlu, 1997; Akbaş, 2015). Dicle Nehri, Doğu Anadolu'da Baba Dağı'nın güney eteklerindeki kaynakların birleşmesiyle oluşmaktadır. Yıllık kapasitesi 48.67 milyar m³'tür ve bu nehre Türkiye'nin katkısı %48'dir (Anonim a, 2019). Toplam uzunluğu 1900 km olup Türkiye sınırları içerisinde kalan uzunluğu 523 km'dir (Demir ve Pamukçu, 1996; Akbaş, 2015). Ayrıca Fırat Nehri'nde olduğu gibi akarsu rejimi düzensizdir. İlkbaharda su seviyesi karların erimesiyle yükselirken, yaz aylarında oldukça düşük seyretmektedir.

Fırat-Dicle Havzası üzerinde yapılan en önemli çalışma Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'dir. Proje alanı Fırat-Dicle Havzası ile yukarı Mezopotamya ovalarında yer alan 9 ili (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak) kapsamaktadır. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin sahip olduğu kaynakları değerlendirerek, bu yörede yaşayan insanların gelir düzeyini ve yaşam kalitesini yükseltmeyi, bölgelerarası farkları gidermeyi ve ulusal düzeyde ekonomik gelişme ve sosyal istikrar hedeflerine katkıda bulunmayı amaçlayan ve uluslararası alanda marka değeri olan bir bölgesel kalkınma projesidir. Bu proje ile Fırat-Dicle Havzası'nda 22 baraj, 19 hidroelektrik enerji santrali ile 1,8 milyon ha alanda sulama yatırımlarının yapımı planlanmıştır. GAP kapsamında bugüne kadar 19 baraj, 13 hidroelektrik santrali tamamlanmıştır. Enerji yatırımlarında %74 oranında fiziki gerçekleştirme sağlanmıştır (Anonim , 2019b).



Legend

● Havza Yağış İstasyonları

□ Fırat Dicle Havza Sınırı

DEM (Sayısal Yükseklik Modeli)

Değeri

High : 5825

Low : -407

0 30 60 120 180 240
Kilometers
1 cm = 50 km

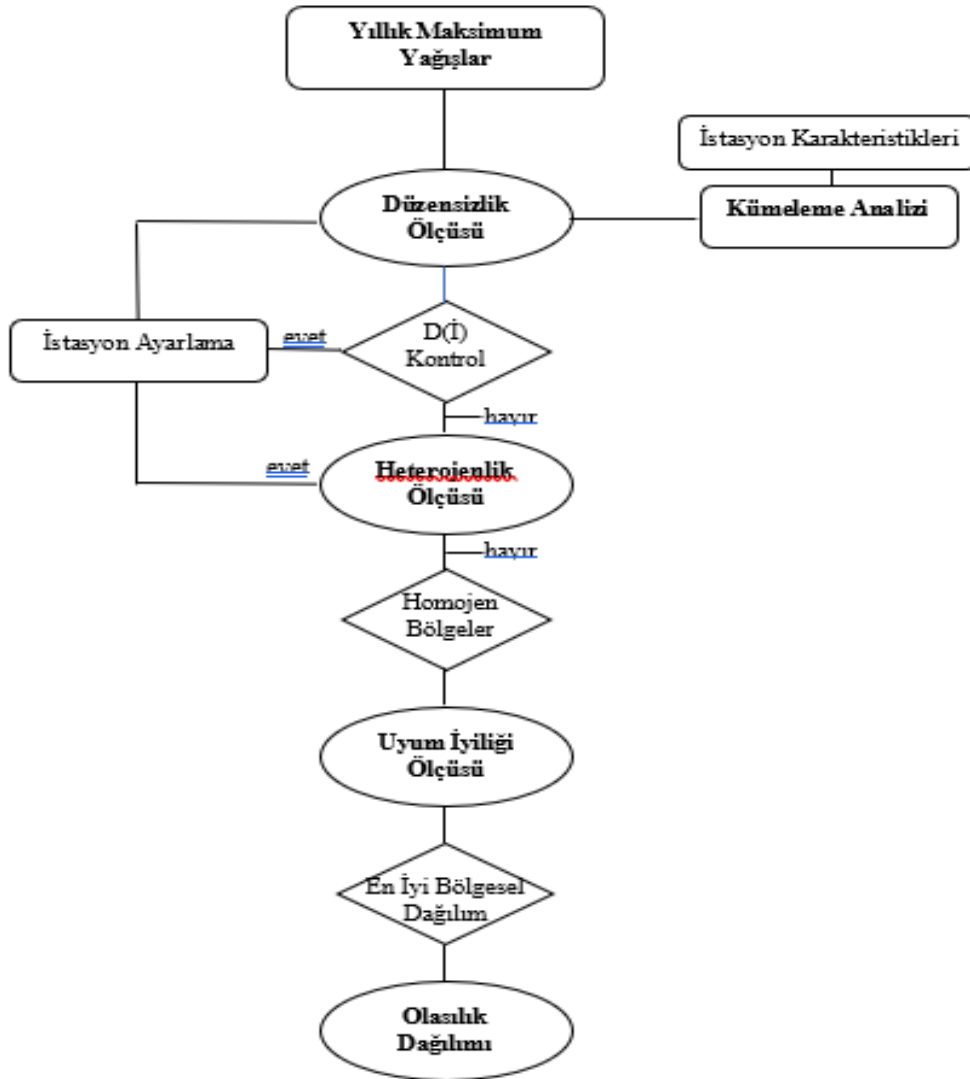


Şekil 3.1. İstasyonların Fırat-Dicle Havzası üzerindeki konumları

3.2 Yöntem

Çalışmada kullanılan verilerin homojenliğinin araştırılması, bölgesel frekans analizinin gerçekleştirilmesinde uygulanan yöntemler ve yeni şiddet değerlerinin tahmin edilmesi için kullanılacak IDF ilişkilerinin geliştirilmesinde kullanılan genetik programlama aşağıda açıklanmıştır.

Aşağıda Şekil 3.2’de çalışmada kullanılan bölgesel frekans analizi yönteminin akış şeması verilmiştir.



Şekil 3.2. Bölgesel frekans analizi akış şeması

3.2.1 Hidrolojik verilerde homojenliğin araştırılması

Bir gözlem istasyonunun yerinin değiştirilmesi, istasyon yakınına çeşitli tesislerin yapılması veya mevcut tesislerin ortadan kaldırılması, havzadaki arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, arazinin ağaçlandırılması veya yaygın gibi doğal afetler, beşeri faktörlerin etkisiyle meydana gelen değişimler, gözlem yöntemlerindeki farklılıklar gibi çok sayıdaki faktör, hidrolojik verilerin homojenliğini bozmaktadır. Bu faktörlerden dolayı hidrolojik çalışmalarda veriye herhangi bir işlem uygulamadan önce ilk olarak verinin homojenliğinin test edilmesi gerekmektedir. Mevcut verinin istenen homojenlik koşulunu sağlayıp sağlamadığının saptanmasında parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar kullanılmaktadır. Parametrik yaklaşımlarda mevcut verinin belli bir dağılıma uyma koşulunun aranmasından dolayı bu çalışmada verilerin homojenlik koşulunun araştırılmasında yaygın olarak tercih edilen parametrik olmayan Mann-Whitney U (MWU) testi kullanılmıştır. Wilcoxon sıralar toplamı testi olarak da bilinen MWU testi, belirli bir dağılımı olmayan tek bir sıralı değişken üzerindeki iki grup arasındaki farkları test etmektedir (Mann ve Whitney, 1947; Wilcoxon, 1945). Bu test, iki veri setinin medyanları arasındaki farkı analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu testin matematiksel ilişkisi aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Nachar, 2008).

$$U_x = n_x n_y + \left(\frac{n_x(n_x + 1)}{2} \right) - R_x \quad (3.1)$$

$$U_y = n_x n_y + \left(\frac{n_y(n_y + 1)}{2} \right) - R_y \quad (3.2)$$

n_x ve n_y , iki gruba ayrılan verinin her bir gruptaki gözlem sayısını, R_x ve R_y her gruptaki rankların toplamını ifade etmektedir. Eşitlik 3.1. ve 3.2.' de verilen U değerlerinin yaklaşık normal dağıldığı kabul edilmektedir. Mann-Whitney istatistiği olarak belirtilen (Z_U) değeri aşağıda verilen Eşitlik 3.4. ile elde edilmektedir.

$$Z_U = (U - \mu_U) / \sigma_U \quad (3.4)$$

Verilen eşitlikteki μ_U ve σ_U , U değerinin ortalama ve standart sapmasıdır. Bu parametreler Eşitlik 3.5. ve 3.6.’dan elde edilmektedir.

$$\mu_U = (n_x n_y) / 2 \quad (3.5)$$

$$\sigma_U = \left[((n_x n_y)(N + 1)) / 12 \right]^{1/2} \quad (3.6)$$

3.2.2 Olasılık ağırlıklı momentler

Hidrolojik verilerin istatistiksel özellikleri çarpım momentleri (ortalama, varyans, çarpıklık ve basıklık katsayıları vb.) ile belirleneceği gibi L-momentler yöntemi ile de belirlenmektedir (Şorman, 2004). Ayrıca L-moment olasılık dağılımlarının şeklini tanımlayan alternatif bir sistemdir (Hosking ve Wallis, 1997). Olasılık ağırlıklı momentler Greenwood ve ark. (1979) tarafından Eşitlik 3.7.’deki gibi elde edilmektedir.

$$M_{p,r,s} = E[X^p \{F(X)\}^r \{1 - F(X)\}^s] \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.1’de verilen X istatistiksel veriyi ve F(X) X’ in birikimli fonksiyonunu ifade etmektedir. Olasılık Ağırlıklı momentler dağılımı $\alpha_r = M_{1,0,r}$ ve $\beta_r = M_{1,r,0}$ olasılıkları için kullanılır. Herhangi bir dağılım için dağılım fonksiyonu $x(u)$ Eşitlik 3.8.’deki gibi elde edilmektedir.

$$\alpha_r = \int_0^1 x(u)(1 - u)^r du, \quad \beta_r = \int_0^1 x(u)u^r du \quad (3.8)$$

3.8’de verilen eşitlikler olağan momentler ile karşılaştırılarak Eşitlik 3.9. yazılmaktadır.

$$E(X^r) = \int_0^1 \{x(u)\}^r du \quad (3.9)$$

Eşitlikler incelendiğinde olağan momentler $x(u)$ olasılık fonksiyonunun ardışık üst kuvvetleri ile elde edilirken olasılık ağırlıklı momentler u veya $1 - u$ ’ nun ardışık üst kuvvetleri ile elde edilmektedir. Ayrıca bu momentler u^r veya $(1 - u)^r$ polinomlar ile ağırlıklı olarak $x(u)$ fonksiyonunun integrali olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle bu momentler olasılık ağırlıklı momentler olarak ifade edilir. α_r ve β_r olasılık ağırlıklı momentler, olasılık dağılım parametreleri tahmin etmek için kullanılan temel yöntemlerdir (Landwehr ve ark. 1979a, b, Greis ve Wood 1981, Hosking ve ark. 1985). Ancak bu parametrelerle bir olasılık dağılımlarının ölçek ve şekil oranlarının doğrudan yorumlanması zordur. Olasılık ağırlıklı momentlerin belirli lineer kombinasyonları kullanılarak bu bilgiye ulaşılmıştır (Hosking ve Wallis, 1997).

3.2.3 L-momentler ve L-moment oranları

$x(u)$ dağılım fonksiyonuna sahip rastgele bir X değişkeni için, x ’ in L-momentleri nicelik olarak Eşitlik 3.10.’da tanımlanmıştır.

$$\lambda_r = \int_0^1 x(u) P_{r-1}^*(u) du \quad (3.10)$$

$\lambda_r (r = 1, 2, 3, \dots)$ ile belirtilen L-momentler, olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal bileşimleri olarak Eşitlik 3.11.’deki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= a_0 & &= \beta_0 \\ \lambda_2 &= a_0 - 2a_1 & &= 2\beta_1 - \beta_0 \\ \lambda_3 &= a_0 - 6a_1 + 6a_2 & &= 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \\ \lambda_4 &= a_0 - 12a_1 + 30a_2 - 20a_3 & &= 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \end{aligned} \quad (3.11)$$

Boyutsuz L-moment oranları (τ_r) yüksek sıralı L-momentlerin λ_2 ’ ye bölünmesi ile Eşitlik 3.12.’de ki gibi elde edilir.

$$\tau_r = \lambda_1/\lambda_2 \quad r = 3,4, \dots \quad (3.12)$$

L moment oranları bir dağılımın şeklini, o dağılımın ölçek parametresinden bağımsız olarak belirtir. Hosking (1990)’ da L-moment oranlarını [L-değişim katsayısı (L-CV)], [L-çarpıklık katsayısı (L-C_s)], [L-basıklık katsayısı (L-C_k)] Eşitlik 3.13.’te verildiği gibi ifade etmiştir.

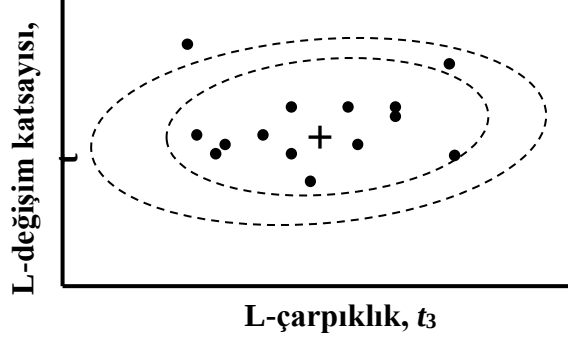
$$\begin{aligned} \tau &= \lambda_2/\lambda_1 \quad [(L - \text{değişim katsayısı } (L - CV))] \\ \tau_3 &= \lambda_3/\lambda_2 \quad [(L - \text{çarpıklık katsayısı } (L - C_s))] \\ \tau_4 &= \lambda_4/\lambda_2 \quad [(L - \text{basıklık katsayısı } (L - C_k))] \end{aligned} \quad (3.13)$$

3.2.4 Düzensizlik ölçüsü

Düzensizlik ölçüsünün belirlenmesindeki amaç, bir grup istasyon göz önüne alındığında grupla genel olarak uyumsuz olan istasyonların saptanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda düzensizlik, istasyon verilerine ait L-moment oranları kullanılarak saptanmaktadır.

Bir istasyonun L-moment oranları üç boyutlu koordinat sistemi üzerinde konumlandırılır. Gruptaki istasyonların bu şekilde konumlandırılması ile bir küme meydana gelmektedir. Kümenin merkezinden uzakta olan herhangi bir nokta uyumsuz olarak ifade edilmektedir. Bu uzaklık, L-moment oranları arasındaki korelasyona göre belirlenmektedir. Hosking ve Wallis (1997)’ de önerdikleri bir bölgedeki düzensizlik ölçüsünün şeması Şekil 3.3’te verilmiştir. Şekil incelendiğinde kolaylık sağlanması amacıyla sadece L-değişim katsayısı ve L-çarpıklık katsayısı dikkate alınmıştır. Koordinat sistemi üzerinde + ile gösterilen noktalar, kümesinin merkezi yani L moment oranlarının grup ortalamasını ifade etmektedir. İstasyonların L-moment oranlarının kovaryans matrisine göre oluşturulan eş merkezli büyük ve küçük eksenli iki elips, en iyi uyumu seçmede ölçüt

olarak kullanılmaktadır. Büyük elipsin dışında kalan nokta veya noktalar uyumsuz olarak saptanır.



Şekil. 3.3. Düzensizlik ölçüsü şematik gösterimi

Düzensizlik ölçüsü aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır.

Eşitlik 3.14.'te verilen N istasyon sayısını, u_i i istasyonuna ait bir matrisi, $\bar{u}$ ağırlıksız grup ortalamasını, A kovaryans matrisini ve D_i düzensizlik ölçüsünü ifade etmektedir.

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (3.14)$$

Bir grup istasyonun uyumsuz olup olmadığı gruptaki istasyonların sayısına bağlı olup D_i 'nin büyüklüğüne göre saptanmaktadır. D_i değeri Çizelge 3.3'te verilen kritik değeri aştığı zaman bir gruptaki istasyonların uyumsuzluğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 3.3. Düzensizlik ölçüsü için kritik değerler

Gruptaki istasyon sayısı	Kritik değer	Gruptaki istasyon sayısı	Kritik değer
5	1.333	10	2.491
6	1.648	11	2.632
7	1.917	12	2.757
8	2.140	13	2.869
9	2.329	14	2.971
		≥ 15	3

3.2.5 Homojen bölgelerin tanımlanması

Birçok istasyonu içeren bölgesel frekans analizinin tüm aşamalarında homojen bölgelerin tanımlanması genellikle zordur ve çok fazla öznel kararlar gerektirir. İstasyonları grup haline getirmenin amacı, istasyonların yaklaşık olarak homojen bölge oluşturması ve istasyonların frekans dağılımlarının o istasyona ait belirli bir ölçek faktörü dışında aynı olmasını sağlamaktır. Bu genellikle istasyonları ayırık gruplara bölerek yapılmaktadır. Homojen bölgelerin oluşturulmasında istasyonlarda ölçülen verilerin özet istatistikleri veya istasyon karakteristikleri ölçüt olarak kullanılmaktadır. İstasyon karakteristikleri istasyonların coğrafi konumu, yüksekliği ve diğer fiziksel özelliklerini kapsamaktadır. Hosking ve Wallis (1997) tarafından istasyonları gruplar haline getirirken istasyonların karakteristik özelliklerini, grupların yani bölgelerin homojenliğini test ederken özet istatistiklerinin kullanılması önerilmiştir (Anlı, 2009).

Literatürde bölgesel frekans analizinde benzer istasyonları grup haline getirmek için birçok yöntem mevcuttur. Bunlar; coğrafi uygunluk, öznel ve nesnel ayırma, kümeleme analizi ve diğer çok değişkenli analiz yöntemleridir. Bu araştırmada benzer istasyonları grup haline getirmek için kümeleme analizi yöntemi kullanılmıştır ve elde edilen bölgelerin homojenliği heterojenlik ölçüsü ile değerlendirilmiştir.

Kümeleme analizi

Kümeleme analizi, bir veri setini gruplara ayırmak için kullanılan istatistiksel çok değişkenli analizin standart bir yöntemidir. Ayrıca bölgesel frekans analizinde benzer istasyonları grup haline getirmede başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Bu yöntemde veri vektörü her bir istasyon ile ilişkilidir ve istasyonlar veri vektörlerinin benzerliğine göre gruplar halinde ayrılmakta veya kümelendirilmektedir. Veri vektörü özet istatistikleri, istasyon karakteristikleri ya da bu ikisinin bazı kombinasyonlarını içermektedir.

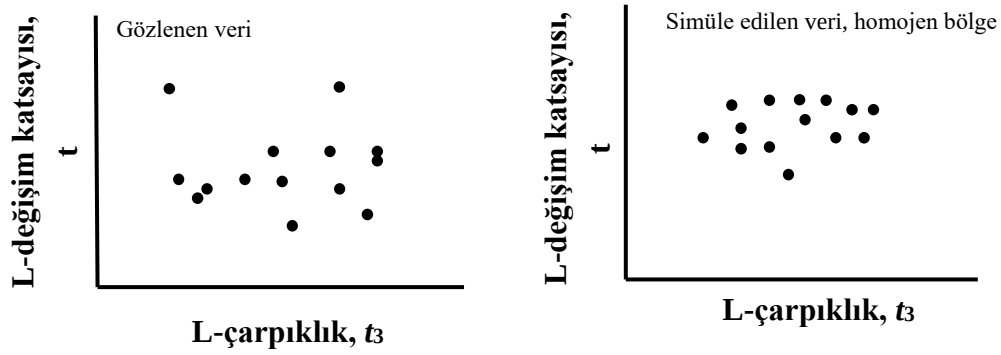
Kümeleme analizi sonucu elde edilen sonuçlar genellikle doğrudan homojen bölgeler oluşturmaz. Bu nedenle deneme yanılma yoluyla homojen bölgeler oluşturulmaya

çalışılır. Kümeleme analizi sonucu ve heterojenlik ölçüsü sonucuna göre aşağıda sıralanan alternatif yollar uygulanarak homojen bölgeler oluşturulabilir.

- Bir veya birkaç istasyonu bir bölgeden diğerine taşıma
- Veri kümesinden bir veya birkaç istasyonu silme
- Bölgeyi ayırma
- Bölgeyi diğer bölgelere ilave ederek bölgeyi iptal etme
- Bölgeyi bir veya birkaç bölge ile birleştirme
- İki veya daha fazla bölgeyi birleştirmek ve grupları yeniden oluşturma
- Daha fazla veri elde ederek grupları yeniden tanımlama

Heterojenlik ölçüsü

Heterojenlik ölçüsünün belirlenmesindeki amaç, bir gruptaki istasyonların heterojenlik derecesini tahmin etmek ve istasyonların homojen bir bölge olarak ele alınıp alınmayacağına karar vermektir. Heterojenlik ölçüsü, homojen bir bölge oluşturduğu düşünülen bir grup istasyonun örnek L-momentlerindeki varyasyonları (değişimleri) karşılaştırmaktadır. Homojen bir bölgede bulunan tüm istasyonlar aynı popülasyon L-moment oranlarına sahiptir. Ancak bu istasyonların L-moment oranları, örnekleme değişkenliğinden dolayı farklılık göstermektedir. Şekil 3.4'te gösterildiği gibi istasyonların örnek L-moment oranlarındaki ayrılma, simüle edilen homojen bölgedeki istasyonların L-moment oranlarındaki ayrılmaya göre daha fazladır. Örnek L-moment oranlarındaki ayrılma, $L-C_v$ ile $L-C_s$ ve $L-C_v$ ile $L-C_k$ katsayısı oranlarının grafiksel gösterimi ile belirlenmektedir.



Şekil. 3.4. Heterojenlik ölçüsünün şematik gösterimi

Homojen olarak önerilmiş N adet istasyona sahip bir bölgede i istasyonun n_i kayıt uzunluğuna ve örnek L-moment oranlarına ($t^{(i)}$, $t_3^{(i)}$, $t_4^{(i)}$) sahip olduğu düşünüldüğünde, L-değişim katsayısı ($L-C_v$), L-çarpıklık ($L-C_s$) ve L-basıklık ($L-C_k$) bölgesel ortalamaları istasyonların kayıt uzunluğuna oranlanıp ağırlıklı olarak Eşitlik 3.15.'deki gibi ifade edilmektedir.

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (3.15)$$

Örnek L-değişim katsayısının ağırlıklı standart sapması Eşitlik 3.16.'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$V = \left\{ \sum_{i=1}^N n_i (t^{(i)} - t^R)^2 / \sum_{i=1}^N n_i \right\}^{1/2} \quad (3.16)$$

Heterojenlik ölçüsü hesaplanırken; bölgesel ağırlıklı L-moment oranlarına (1 , $t^{(R)}$, $t_3^{(R)}$, $t_4^{(R)}$) bir kappa dağılımı uydurulur. Uydurulan bu dağılımla N sayıda istasyona sahip bölgenin çok sayıda simülasyonu (N_{sim}) gerçekleştirilir. Simüle edilen bu bölgeler homojendir ve çapraz korelasyon ve seri korelasyon içermezler. İstasyonların kayıt uzunluğu değiştirilmeden aynen kullanılırlar. Son olarak simüle edilen her bir bölge için V değeri saptanır. N_{sim} değerlerinin V istatistiğinin ortalama (μ_V) ve standart sapması (σ_V) elde edilir. Bu değerler elde edildikten sonra heterojenlik ölçüsü Eşitlik 3.17.'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$H = \frac{(V - \mu_V)}{\sigma_V} \quad (3.17)$$

Eşitlik 3.17.'de hesaplanan H değeri çok büyük olduğunda bölgenin heterojen olduğu kabul edilmektedir. Bölgenin heterojenlik kriteri aşağıda verilen aralıklara göre ifade edilmektedir.

- $H < 1$ ise kabul edilebilir homojen bölge
- $1 \leq H < 2$ ise muhtemel heterojen bölge
- $H \geq 2$ ise kesinlikle heterojen bölge

Heterojenlik ölçüsü iki ayrı değerle daha ifade edilmektedir. Bunlar L-C_v ile L-C_s'nin bileşimi olan V₂ ve L-C_v ile L-C_k'nin bileşimi V₃ olmak üzere sırasıyla Eşitlik 3.18. ve 3.19.'daki gibi ifade edilmektedir.

$$V_2 = \sum_{i=1}^N n_i \left\{ (t^{(i)} - t^R)^2 + (t_3^{(i)} - t_3^R)^2 \right\}^{1/2} / \sum_{i=1}^N n_i \quad (3.18)$$

$$V_3 = \sum_{i=1}^N n_i \left\{ (t_3^{(i)} - t_3^R)^2 + (t_4^{(i)} - t_4^R)^2 \right\}^{1/2} / \sum_{i=1}^N n_i \quad (3.19)$$

V₂ ve V₃ istatistikleri, L-değişim katsayısı ile L çarpıklık (t ile t₃) ve L çarpıklık ile L basıklık (t₃ ile t₄) oranlarının grafiklerindeki ağırlıklı ortalamanın ağırlıklı grup ortalamalarından olan mesafelerini ifade etmektedir. Bu istatistiklerden elde edilen H değerleri (H₂ ve H₃), homojen ve heterojen bölgeler arasında ayırım yapmada V istatistiğinde elde edilen H₁ değeri kadar güçlü değildirler. Bundan dolayı ekstrem koşullar hariç diğer tüm koşullarda, V istatistiğine göre elde edilen H₁ değeri heterojenlik ölçüsünü hesaplamada tavsiye edilmektedir.

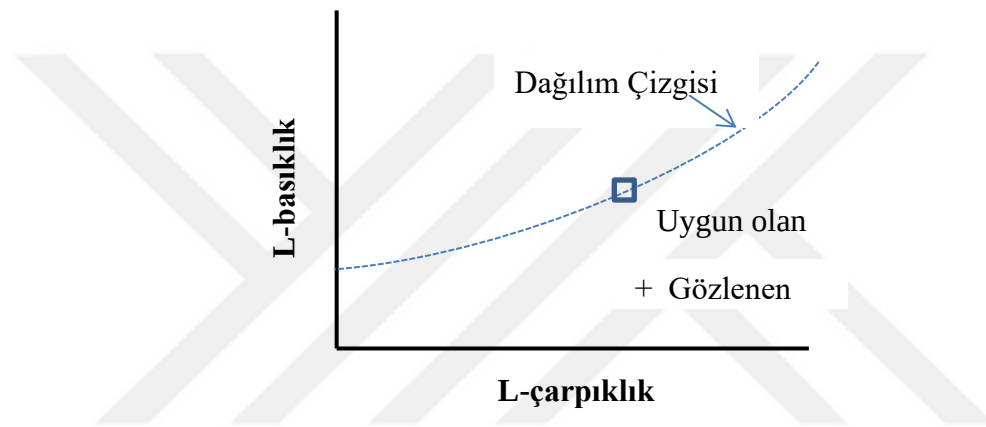
3.2.6 Bölgesel frekans analizinde en uygun dağılımın seçilmesi

Bölgesel frekans analizinde çeşitli istasyonlardan elde edilen veriler için tek bir frekans dağılımı uygun hale getirilmektedir. Bölgenin kısmen heterojen olması durumu her bir istasyon için tek bir doğru dağılımın uygun olamayacağı sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle amaç sadece doğru dağılımı belirlemek değil aynı zamanda her bir istasyon için doğru tekraralama tahminlerini yapacak dağılımı belirlemektir. Bir bölge için birden fazla dağılım uygunluk gösterebilir. Bu durumda bölgenin frekans analizinde kullanılacak en uygun dağılımı belirlemek gerekmektedir. Mevcut veriye dağılımın uygunluğunu test etmek için literatürde çeşitli yöntemler yer almaktadır. Bunlar ki-kare, Kolmogorov-Smirnov, moment ve L-momentlere dayanan testlerdir. Kabul edilen bir bölgesel frekans dağılımının her istasyon verisine uygunluğu, her istasyon için hesaplanan uyum iyiliği testi ile değerlendirilir ve elde edilen sonuçlar bölgesel uyum iyiliği testi ile birleştirilir. Çalışmada uygun dağılımın belirlenmesinde bölgesel ortalama L-moment istatistikleri uygulanmıştır.

Uyum iyiliği ölçüsü

Uyum iyiliği ölçüsünün belirlenmesindeki amaç, homojen bir bölge oluşturan bir dizi istasyon göz önüne alındığında verilen bir dağılımın verilere kabul edilebilir bir şekilde uyup uymadığını belirlemektir. Homojen bir bölgedeki istasyonların L-moment oranları bölgesel ortalama ile iyi bir şekilde özetlenmektedir. Bölgesel ortalama hakkında bireysel istasyonların L-moment oranlarının dağılımı örnekleme değişkenliğinden fazlasını göstermemektedir. Çoğu durumda, test edilen dağılım bölgesel ortalama ve L-değişim katsayısı ($L-C_v$) ile eşleşecek şekilde seçilebilecek konum ve ölçek parametrelerine sahip olmalıdır. Dolayısıyla uygun dağılımın L-çarpıklık ($L-C_s$) ve L-basıklık ($L-C_k$) oranlarının, gözlenen verinin bölgesel ortalama L-çarpıklık ($L-C_s$) ve L-basıklık ($L-C_k$) oranları ile benzerliğine göre en iyi uyum derecesi belirtilmektedir. Uygun dağılım olarak, örnek L-çarpıklık ($L-C_s$) ve L-basıklık ($L-C_k$) oranlarının tamamen tarafsız olduğu üç parametrelili bir dağılım seçilmektedir. L-moment yöntemiyle uydurulan bu dağılımın L-çarpıklık ($L-C_s$) oranı bölgesel ortalama L-çarpıklık ($L-C_s$) oranına eşit olacaktır. Bu nedenle uygunluğun niteliği, bölgesel ortalama L-basıklık (t_4^R) oranının,

uygun bulunan dağılımın L-basıklık (τ_4^{DIST}) oranı arasındaki farka göre değerlendirilmektedir (Şekil 3.5). Bu farkın anlamlılığı bölgesel ortalama L-basıklık (t_4^R) oranını örneklem değişkenliği ile karşılaştırarak ifade edilir. Eşitlik 3.20.'de söz konusu dağılıma göre uygunluk ölçüsü açıklanmıştır. Eşitlikte verilen σ_4 , istasyonları uygun bir frekans dağılımına sahip homojen bir bölgenin tekrarlama simülasyonu ile elde edilen ve gözlenen veriler ile aynı kayıt uzunluğuna sahip bölgesel ortalama L-basıklık (t_4^R) oranının standart sapması olarak ifade edilmektedir.



Şekil. 3.5. Uyum iyiliği ölçüsünün şematik gösterimi

$$Z^{DIST} = (t_4^R - \tau_4^{DIST})/\sigma_4 \quad (3.20)$$

Homojen olarak önerilmiş N adet istasyona sahip bir bölgede i istasyonun n_i kayıt uzunluğuna ve örnek L-moment oranlarına ($t^{(i)}$, $t_3^{(i)}$, $t_4^{(i)}$) sahip olduğu düşünüldüğünde, L-değişim katsayısı (L- C_v), L-çarpıklık (L- C_s) ve L-basıklık (L- C_k) bölgesel ortalamaları istasyonların kayıt uzunluğuna oranlanıp ağırlıklı olarak Eşitlik 3.15.'teki gibi ifade edilmektedir.

Üç parametrelili aday dağılımlar (genel lojistik (GLO), genel ekstrem değer (GEV), genel normal (GNO), pearson tip III (PE), genel Pareto (GPA)) bölgesel ortalama L-moment oranlarına ($1, t^{(R)}$, $t_3^{(R)}$) uygulanır. Uygun dağılımların L-basıklık oranı τ_4^{DIST} ile ve DIST uygun olan herhangi bir dağılımı ifade etmektedir.

Bölgesel ortalama L-moment oranlarına $(1, t^{(R)}, t_3^{(R)}, t_4^{(R)})$ bir kappa dağılımı uydurulur. Uydurulan bu dağılımla N sayıda istasyona sahip bölgenin çok sayıda simülasyonu (N_{sim}) gerçekleştirilir. Simüle edilen bu bölgeler homojendir ve çapraz korelasyon ve seri korelasyon içermezler. İstasyonların kayıt uzunluğu değiştirilmeden aynen kullanılırlar.

m adet simüle edilen bölge için L-çarpıklık ve L-basıklık bölgesel ortalamaları $t_3^{[m]}$ ve $t_4^{[m]}$ değerleri hesaplanır. t_4^R değerinin (B_4) taraflılık değeri Eşitlik 3.21.'de, t_4^R değerinin standart sapması eşitlik 3.22'de ve her bir dağılımın uyum iyiliği ölçüsü Eşitlik 3.23.'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$B_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{[m]} - t_4^R) \quad (3.21)$$

$$\sigma_4 = \left[(N_{sim} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{[m]} - t_4^R)^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{1/2} \quad (3.22)$$

$$Z^{DIST} = (t_4^{DIST} - t_4^R + B_4) / \sigma_4 \quad (3.23)$$

Herhangi bir dağılımda $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ ise bu dağılım bölgesel dağılım için uygun kabul edilir. Ancak göz önüne alınan dağılımlardan sıfıra en yakın olan $|Z^{DIST}|$ değerini sağlayan dağılım en uygun dağılım olarak seçilmektedir.

3.2.7 Bölgesel l-moment algoritması

Bölgesel L-moment algoritmasının belirlenmesindeki amaç, homojen bir bölge oluşturan istasyonlardaki verileri gösterge taşkın değeri ile ölçeklendirdikten sonra her bir istasyona gözlenen dağılımı tanımlayan tek bir frekans dağılımının uydurulmasıdır. Bu dağılım daha sonra noktasal olarak tekraralama miktarlarının tahmin edilmesi için her bir istasyona uygun ölçeklendirilir.

Dağılım L-moment yöntemi ile belirlenir. Dağılımın parametreleri ise popülasyon L-momentlerinin örnek L-momentlerine eşitlenmesiyle tahmin edilir. Bölgenin homojen olduğu varsayılırsa farklı istasyonlar için yeniden ölçeklendirilen verilerden hesaplanan örnek L-moment oranları bölgesel ortalama L-moment oranlarını belirlemek için birleştirilebilir. Küçük örneklerde L-moment oranlarının yüksek değişkenliği için, ortalamalar istasyonların kayıt uzunlukları ile orantılı olarak hesaplanır.

Her istasyondaki frekans dağılımının ortalaması, gösterge taşkın değeri olduğu varsayıldığından bu gösterge taşkın değeri istasyonlardaki verinin örnek ortalaması ile tahmin edilmektedir. Daha sonra yeniden ölçeklendirilen verinin ortalaması her istasyon için 1'dir ve bu nedenle bu ortalamaların bölgesel ortalaması da 1 kabul edilir. Ayrıca, her bir istasyondaki örnek L-moment oranları t ve t_r , $r \geq 3$ olacak şekilde yeniden ölçeklendirilen veri $\{q_{ij}\}$ veya gerçek veriden $\{Q_{ij}\}$ hesaplanan ile aynı olmalıdır.

N adet istasyona sahip bölgede, bir i istasyonunun n_i adet verisi, örnek ortalamasının $\ell_1^{(i)}$, örnek L-moment oranları $t^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)}$ olduğu ve bölgesel ortalama L-moment oranlarının istasyonların kayıt uzunluğuna göre ağırlıklı olarak t^R, t_3^R, t_4^R şeklinde matematiksel hesabı Eşitlik 3.24. ve 3.25.'te verildiği gibidir.

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (3.24)$$

$$t_r^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t_r^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad r = 3, 4, 5 \dots \dots \dots (3.25)$$

Bölgesel ortalama $\ell_1^{(R)}=1$ alındığında Eşitlik 3.24. ve 3.25.'te hesaplanan bölgesel ortalama L-moment oranları $\ell_1^{(R)}, t^R, t_3^R, t_4^R$, uygulanan dağılımın L-moment oranlarına $\lambda_1, \tau, \tau_3, \tau_4$ eşitlenir.

Uygulanan bölgesel frekans dağılımının dağılım fonksiyonu $\hat{q}(\cdot)$ ile ifade edilir. μ_i ve $q(\cdot)$ tahminlerinin birleşimi ile bir I istasyonundan elde edilen tekrarlama tahminlerinin meydana gelme olasılığı Eşitlik 3.26.'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\hat{Q}_i(F) = \ell_1^{(i)} \hat{q}(F) \quad (3.26)$$

Bölgesel L-moment algoritmasının farklı değişkenleri göz önüne alınabilir. Gösterge taşkın değerinde noktasal frekans dağılımlarının ortalaması yerine medyan veya dağılımın diğer ölçüleri kullanılabilir. Uygulanan bölgesel frekans analizi, bu dağılımın gösterge taşkın değerinin 1 olması için yeniden ölçeklendirilir. $\hat{q}(\cdot)$, yeniden ölçeklendirilen dağılımın tekrarlama fonksiyonu olursa μ_i ise bir i istasyonundaki gösterge taşkın değeridir. Eşitlik 3.26.'da $\ell_1^{(i)}$ yerine μ_i yazılırsa tekrarlama tahminleri Eşitlik 3.27.'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\hat{Q}_i(F) = \mu_i \hat{q}(F) \quad (3.27)$$

3.2.8 Genetik algoritma ve genetik programlama

Genetik algoritma

Genetik algoritmalar, evrimden ilham alan bir hesaplama modeli ailesidir. Bu algoritmalar, kromozom benzeri basit bir veri yapısı üzerindeki belirli bir soruna potansiyel bir çözüm kodlar ve bu yapılara kritik bilgileri koruyacak şekilde rekombinasyon operatörleri uygular. GA temel ilkeleri ilk olarak John Holland tarafından ortaya atılmıştır. John Holland ve Kenneth DeJon tarafından öncü çalışmalarında tanımlanmıştır (DeJong 1975, Holland 1975). Temel ilkeleri ortaya atıldıktan sonra, GA hakkında birçok bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Birçok alanda uygulamaları mevcuttur. Bu alanlar parametre ve sistem tanılama, kontrol sistemleri, robot uygulamaları, görüntü ve ses tanıma, mühendislik tasarımları, planlama, yapay zekâ uygulamaları, uzman sistemler, fonksiyon ve kombinasyonel eniyileme problemleri, ağ tasarım problemleri, yol bulma problemleri, sosyal ve ekonomik planlama problemleri gibidir.

Genetik algoritmalar var olan problemlere tek bir çözüm üretmez. Bunun yerine farklı çözümlerden oluşan bir çözüm kümesi üretir. Farklı çözümler sayesinde arama uzayında aynı anda birçok nokta değerlendirilmektedir ve sonuçta bütünsel çözüme ulaşma olasılığı yükselmektedir. Farklı çözümlerden oluşan çözüm kümesindeki çözümler birbirinden tamamen bağımsızdır. Her bir çözüm çok boyutlu uzay üzerinde bir vektör oluşturmaktadır.

Genetik algoritma ile problem çözümünde izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir (Engin,2001; Emel ve Taşkın, 2002).

- Arama uzayındaki bütün çözümler dizi olarak kodlanmaktadır. Bu diziyi (kromozom) oluşturan her bir ögeye gen adı verilmektedir.
- Genel olarak rassal bir çözüm kümesi seçilmekte ve başlangıç popülasyonu olarak kabul edilmektedir.
- Her bir dizi için bir uygunluk değeri hesaplanmakta, bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini göstermektedir.
- Üreme işleminde çeşitli operatörler kullanılabilir.
- Yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak, çaprazlama ve mutasyon işlemlerine tabi tutulmaktadır.
- Önceden belirlenen kuşak sayısı boyunca yukarıdaki adımlar devam ettirilmektedir.
- İterasyon, belirlenen kuşak sayısına ulaştığında işlem sona erdirilmektedir ve amaç fonksiyonuna göre en uygun olan dizi seçilmektedir.

Genetik programlama

Genetik programlama evrimsel bir algoritmadır. Genetik algoritmaların bir uzantısı olarak kabul edilen, ele alınan problemin yapı taşlarından oluşturulan muhtemel ilkel çözüm tarzlarının belli bir uyum kriterine göre evrilerek eniyilenmesini amaçlayan bir evrimsel programlama tekniğidir (Koza, 1992). Temelleri 1985 yılında Michael L. Cramer tarafından “ağaç tabanlı genetik programlama” geliştirilerek atılmıştır ve John R. Koza tarafından geliştirilerek optimizasyon ve arama problemlerinde kullanılmıştır. Genetik programlama GA’nın bir alt dalıdır. Genetik programlamayı diğer GA'lardan

ayıran en büyük özellik bireylerin türü ve algoritmanın çıktısıdır. GA'da çözüm ikili veya gerçek sayılardan oluşan bir dizi şeklindeyken, GP'de genellikle ağaç yapıları ile temsil edilen bilgisayar programları şeklindedir. GP, GA'ya göre oldukça yeni bir alandır.

GP'da amaç evrim süreçlerini kullanarak belli bir amaca hizmet edecek matematiksel fonksiyonlar üretmektir. GP kromozomların temsil edilişi ağaç şeklinde olur. Ağacın düğümlerinde operatörler, yapraklarında terminaller bulunmaktadır. Programlama dili için operatörler komut, terminaller ise parametre veya değişken olabilir. GP üç temel aşamada matematiksel model oluşturmaktadır. Bunlar; başlangıç popülasyonunun oluşturulması, yeni popülasyon oluşturulurken mutasyon ve çaprazlama gibi genetik işlemler ile sonlandırma kriteridir.

GP ile program kodu geliştirmek amacıyla izlenecek adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Rasgele toplum üretilir. Toplumdaki bireyler ağaç yapısında olmalıdır. Ağaç düğümleri fonksiyonlardan, yapraklar ise terminallerden oluşmalıdır.
- Toplumdaki tüm programlar karşılaştırılır ve başarımlar hesaplanır.
- Çaprazlama ve mutasyon işlemleri kullanarak yeni bir toplum oluşturulur.
- Herhangi bir jenerasyondaki var olan programlardan en iyisi genetik programlamanın sonucu olarak gösterilir.

Genetik programlama uygulamaları için çeşitli yazımlar mevcuttur. Bunlar Clojush, Data Modeler, DEAP, ECJ, EllenGP, Eureqa, FlexGP vb yazılımlardır. Bu çalışmada Eureqa yazılımı kullanılmıştır.

Eureqa yazılım paketi Dr. Hod Lipson tarafından *Cornell Üniversitesi Hesaplamalı Sentez Laboratuvarı*'nda geliştirilen robot bilimcisi olarak adlandırılmaktadır. Genetik programlama tabanlı bu yazılım kamuya açık bir ürün olup, otomatik sayısal regresyon yöntemleri, optimizasyon, denklem oluşturma ve ham verilerdeki gizli matematiksel ilişkiler için sembolik bir regresyon aracıdır. Her bir modelin performansı değerlendirmek için korelasyon katsayısı (R^2) ve hata kareleri ortalaması (MSE) kullanılmaktadır. Eureqa'da her değişken değeri tek satıra atanmaktadır ve araştırmalar bir araştırma fonksiyonu yazılarak belirlenmektedir. Yazılım çıktısı olarak gerçek ve

tahmin edilen verileri karşılaştıran uyum grafiği, uygunluğa göre sıralanmış aday fonksiyon listesi ve hata boyutlarına ilişkin çözüm grafiği elde edilmektedir (Bhattarai ve ark., 2018).

3.2.9 Model performans kriteri

Çalışmada Genetik programlama ile tahmin edilen yeni IDF ilişkilerinin tahmin başarı kriterleri Hata Kareleri Ortalaması (MSE) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) ile değerlendirilmiştir. Performans kriterlerine ait eşitlikler aşağıda verildiği gibidir.

Hata kareleri ortalaması (MSE)

Bölgesel dağılımdan elde edilen veri ile GP ile tahmin edilmiş veri seti için farklar alınarak hata miktarları belirlenir. Bu hataları kareleri alınarak ortalaması bulunduğundan sonra ortalama değer karekökünü alınmasıyla MSE değeri saptanmaktadır. Hesaplanan değerin sıfıra yaklaşması modelin iyi tahmin yaptığını göstermektedir. Hata kareleri ortalaması aşağıda verilen ilişki ile saptanmaktadır.

$$HKO = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (I_{BD} - I_{tahmin})^2} \quad (3.28)$$

Determinasyon katsayısı (R^2)

Bölgesel dağılımdan elde edilen verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar iyi uyduğunun en iyi ölçütü, regresyon analiz işleminde hesaplanmış “determinasyon katsayısıdır (R^2)”. Tahmin edilen veri setinden gözlenen verilerin farklarının karelerinin toplamı, tahmin edilen veri setlerinden gözlenen veri setinin ortalamasının kareleri toplamı bölünür. Daha sonra 1’den çıkartılarak regresyon katsayısı hesaplanmaktadır. Regresyon katsayısı aşağıda verilen ilişki ile saptanmaktadır.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (I_{tahmin} - I_{BD})^2}{\sum_{i=1}^n ((I_{tahmin} - \bar{I}_{BD})^2)} \quad (3.29)$$

Eşitliklerde verilen I_{tahmin} tahmin edilen yağış şiddeti, I_{BD} bölgesel dağılımdan elde edilen yağış şiddeti ve $\bar{I}_{BD}$ bölgesel dağılımdan elde edilen yağış şiddetinin ortalamasını ifade etmektedir.



3. BULGULAR

Bu bölümde Yukarı Fırat-Dicle Havzasında bulunan 18 yağış istasyonuna ait standart sürelerde gözlenen maksimum yağmurların homojenlik analizi sonuçları, verilerin homojenlik analizinden önceki ve sonraki bölgesel frekans analizi sonuçları, bölgesel dağılımlar sonucu elde edilen şiddet değerlerini kullanarak genetik programlama ile tahmin edilen yeni şiddet değerleri sonuçları ve tüm bu sonuçlara ilişkin yorumlar yer almaktadır.

4.1 Homojenlik Analizi Sonuçları

Çalışmada kullanılan 5dk, 15dk, 30dk, 1s, 2s, 3s, 6s, 12s ve 24s' lik yıllık maksimum yağmurların homojenliğinin test edilmesi için Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. MWU testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir. MWU testi sonuçları yorumlanırken, hesaplanan Z değerlerinin standart normal dağılıma göre karşılaştırması yapılmaktadır. Bu amaçla elde edilen Z değerlerinin, standart normal dağılımın %5 önem seviyesindeki ± 1.96 değeri ile kıyaslanmaktadır. Yani hesaplanan Z değeri ± 1.96 değerinden daha büyük veya hesaplanan Z değerinin olasılığı 0.05'ten daha küçük olduğu koşullarda standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların homojenliğinin bozulduğu yönündeki hipotez kabul edilmektedir. Çizelge 4.1 incelendiğinde farklı standart sürelerde 18 istasyonun 8'inde homojenlik bozulmuştur. 5dk standart süre için Malatya istasyonu; 30dk standart süre için Tunceli istasyonu; 1s ve 2s standart süreler için Bitlis ve Tunceli istasyonları; 3s standart süre için Elazığ, Hakkari, Tunceli istasyonları; 6s standart süreler için Diyarbakır, Elazığ, Hakkari istasyonları; 12s standart süreler için Ağrı, Elazığ, Hakkari, Siirt istasyonlarının yıllık maksimum yağmurları homojenlik koşulunu sağlamamıştır. 15dk ve 24s'lik standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurlarda ise tüm istasyonlar homojenlik koşulunu sağlamıştır.

Çizelge 4.1. İstasyonlara ait standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların Mann-Whitney U testi sonuçları

İstasyonlar	Standart Süreler																	
	5dk		15dk		30dk		1s		2s		3s		6s		12s		24s	
	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	P	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
Adıyaman	-0.56	0.57	-0.18	0.85	-1.04	0.30	-1.03	0.3	-1.13	0.26	-1.26	0.21	-0.66	0.50	-0.09	0.93	-0.25	0.80
Ağrı	-1.37	0.17	-0.37	0.71	-0.22	0.82	-0.3	0.76	-0.53	0.35	-0.92	0.35	-1.79	0.07	-2.21	0.03	-1.15	0.25
Batman	-1.25	0.21	-0.48	0.63	-0.14	0.88	-1.29	0.20	-1.45	0.15	-0.93	0.34	-1.14	0.25	-1.22	0.22	-0.42	0.67
Bingöl	-0.18	0.85	-1.18	0.23	-1.41	0.16	-1.26	0.21	-1.63	0.10	-1.58	0.11	-1.04	0.30	-0.48	0.62	-0.48	0.63
Bitlis	-0.22	0.82	-1.04	0.29	-1.84	0.65	-2.31	0.02	-2.17	0.03	-1.71	0.08	-0.03	0.96	-1.31	0.19	-0.66	0.50
Diyarbakır	-0.55	0.58	-0.84	0.39	-1.7	0.08	-1.22	0.22	-1.4	0.16	-1.60	0.11	-1.99	0.04	-1.24	0.21	-0.97	0.33
Elazığ	-0.62	0.53	-0.2	0.83	-0.48	0.62	-0.17	0.86	-1.31	0.18	-2.01	0.04	-2.47	0.01	-3.01	0.00	-1.69	0.09
Erzincan	-0.88	0.37	-0.45	0.65	-0.94	0.34	-1.61	0.10	-1.44	0.14	-1.21	0.22	-0.31	0.75	-0.62	0.53	-1.85	0.06
Erzurum	-1.55	0.11	-0.03	0.97	-0.51	0.60	-0.16	0.87	-0.22	0.82	-0.34	0.73	-0.76	0.44	-0.65	0.51	-0.55	0.58
Gaziantep	-0.60	0.54	-1.01	0.31	-1.53	0.12	-1.64	0.10	-0.8	0.42	-1.09	0.27	-0.94	0.34	-0.97	0.33	-1.3	0.19
Hakkari	-1.04	0.29	-0.45	0.65	-0.34	0.73	-0.7	0.48	-1.84	0.06	-1.99	0.04	-2.50	0.01	-2.55	0.01	-1.48	0.13
Kilis	-1.42	0.15	-1.31	0.19	-1.12	0.26	-1.03	0.29	-0.62	0.53	-0.58	0.56	-0.39	0.69	-1.00	0.30	-0.14	0.88
Malatya	-3.01	0.00	-1.71	0.08	-0.98	0.32	-1.12	0.26	-1.22	0.22	-0.61	0.53	-0.05	0.96	-0.31	0.75	-1.65	0.09
Mardin	-0.96	0.33	-0.72	0.47	-0.48	0.63	-0.51	0.61	-1.09	0.27	-0.95	0.34	-1.10	0.27	-0.94	0.34	-2.94	0.03
Muş	-1.46	0.14	-1.2	0.22	-0.01	0.99	-0.47	0.63	-0.12	0.90	-0.14	0.88	-0.52	0.60	-0.39	0.71	-1.40	0.15
Siirt	-1.18	0.27	-0.91	0.36	-0.09	0.92	-0.65	0.51	-0.52	0.59	-1.17	0.24	-1.63	0.10	-2.05	0.04	-1.32	0.18
Şanlıurfa	-1.5	0.13	-0.83	0.40	-0.63	0.52	-0.73	0.46	-0.5	0.61	-0.26	0.79	-0.20	0.84	-0.54	0.58	-1.26	0.20
Tunceli	-0.71	0.47	-1.43	0.15	-2.15	0.03	-2.67	0.00	-2.74	0.00	-2.12	0.03	-1.90	0.06	-1.50	0.13	-0.69	0.48

Yukarıda Çizelge 4.1’de verilen farklı standart sürelerde homojenlik koşulunu sağlamayan istasyonların yıllık maksimum yağmurları çift birikimli eğri yöntemi ile homojen hale dönüştürülmüştür. Çizelge 4.2’den de görüleceği üzere çift birikimli eğri yöntemi uygulandıktan sonra verilerin homojen hale geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Çift birikimli eğri yöntemiyle elde edilen yağmur değerinin Mann-Whitney U testi sonuçları

Standart Süreler		İstasyonlar							
		Ağrı	Bitlis	Diyarbakır	Elazığ	Hakkari	Siirt	Malatya	Tunceli
5dk	Z							-1.19	
	p							0.23	
30dk	Z								-1.10
	p								0.26
1s	Z		-0.94						-0.49
	p		0.34						0.61
2s	Z		-1.37						-0.72
	p		0.16						0.46
3s	Z				-0.05	-0.42			-0.31
	p				0.95	0.67			0.75
6s	Z			-0.07	-0.099	-0.99			
	p			0.94	0.91	0.31			
12s	Z	-1.3			-0.43	-1.36	-0.77		
	p	0.17			0.66	0.17	0.49		

4.2 Verilere Homojenlik Analizi Uygulamadan Önceki Bölgesel Frekans Analizi Sonuçları

4.2.1 L-moment ve l-moment oranları

Çalışmada kullanılan 5dk, 15dk, 30dk, 1s, 2s, 3s, 6s, 12s ve 24s’lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinin gerçekleştirilmesindeki ilk aşama L-moment ve L-moment oranlarının elde edilmesidir. Standart sürelerde gözlenen yıllık maksimum yağışların L-moment ve L-moment oranları sırasıyla Çizelge 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	5.531	0.2830	0.2261	0.1518
Ağrı	4.727	0.2400	0.1361	0.1204
Batman	4.413	0.2987	0.1631	0.0822
Bingöl	4.614	0.3028	0.1627	0.0805
Bitlis	4.614	0.2444	0.1889	0.2016
Diyarbakır	4.776	0.2917	0.1607	0.0644
Elazığ	3.915	0.2534	0.1595	0.1500
Erzincan	3.829	0.2685	0.1123	0.1078
Erzurum	4.368	0.2871	0.1671	0.1106
Gaziantep	5.227	0.3227	0.3016	0.1887
Hakkari	2.723	0.3458	0.2816	0.1872
Kilis	6.076	0.2653	0.1337	0.0886
Malatya	4.751	0.2704	0.2925	0.2441
Mardin	5.329	0.3800	0.3997	0.2944
Muş	4.312	0.2981	0.2217	0.1297
Siirt	5.746	0.2651	0.1867	0.1642
Şanlıurfa	5.061	0.2855	0.2163	0.1920
Tunceli	5.188	0.2578	0.1630	0.0657

Çizelge 4.4. 15dk'lık yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	10.253	0.2798	0.2457	0.2188
Ağrı	8.218	0.2461	0.1740	0.0703
Batman	7.315	0.2649	0.1537	0.0609
Bingöl	7.552	0.2832	0.1654	0.0911
Bitlis	7.614	0.2326	0.2356	0.2271
Diyarbakır	8.453	0.2847	0.1390	0.0830
Elazığ	7.215	0.2572	0.2066	0.2122
Erzincan	6.517	0.2460	0.2125	0.1798
Erzurum	7.832	0.2758	0.2043	0.1388
Gaziantep	9.527	0.3002	0.3436	0.2178
Hakkari	4.514	0.2543	0.2217	0.1204
Kilis	10.850	0.2714	0.2246	0.1833
Malatya	8.235	0.2437	0.2484	0.1953
Mardin	9.020	0.3502	0.3459	0.1995
Muş	6.830	0.2706	0.2328	0.1363
Siirt	8.979	0.2341	0.1199	0.1431
Şanlıurfa	8.818	0.2774	0.2340	0.1993
Tunceli	8.033	0.2584	0.3074	0.1821

Çizelge 4.5. 30dk'lık yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	13.773	0.2664	0.1963	0.1920
Ağrı	10.927	0.2667	0.2440	0.1128
Batman	9.668	0.2656	0.1916	0.1274
Bingöl	10.114	0.2791	0.2538	0.1275
Bitlis	10.334	0.2289	0.2308	0.2103
Diyarbakır	10.628	0.2771	0.1926	0.1357
Elazığ	8.905	0.2441	0.1412	0.1713
Erzincan	8.321	0.2559	0.3630	0.2082
Erzurum	9.691	0.2591	0.1563	0.0868
Gaziantep	12.798	0.3073	0.3338	0.1902
Hakkari	5.895	0.2169	0.2577	0.2017
Kilis	14.072	0.2836	0.2686	0.1922
Malatya	10.051	0.2341	0.2512	0.2237
Mardin	12.006	0.3716	0.3978	0.2348
Muş	8.432	0.2385	0.2125	0.1357
Siirt	11.304	0.2156	0.1137	0.1447
Şanlıurfa	11.544	0.2596	0.2831	0.2126
Tunceli	10.249	0.2949	0.3611	0.2156

Çizelge 4.6. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	16.071	0.2332	0.1740	0.2147
Ağrı	13.312	0.2744	0.3060	0.1642
Batman	11.451	0.2497	0.1607	0.1108
Bingöl	13.338	0.2666	0.2777	0.1051
Bitlis	13.044	0.2289	0.3112	0.2056
Diyarbakır	12.677	0.2443	0.2231	0.1480
Elazığ	11.105	0.2053	0.1418	0.1634
Erzincan	10.134	0.2430	0.3794	0.2933
Erzurum	11.396	0.2341	0.1979	0.1351
Gaziantep	15.320	0.2891	0.3503	0.1965
Hakkari	7.788	0.1970	0.2447	0.2852
Kilis	17.192	0.2878	0.3099	0.2114
Malatya	11.596	0.2102	0.2173	0.2200
Mardin	15.280	0.3539	0.3772	0.2478
Muş	10.618	0.2116	0.1130	0.0684
Siirt	13.691	0.2034	0.1232	0.1148
Şanlıurfa	14.579	0.2551	0.2631	0.1541
Tunceli	12.995	0.2869	0.4352	0.2065

Çizelge 4.7. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	19.427	0.2023	0.2219	0.2192
Ağrı	14.963	0.2595	0.3268	0.2266
Batman	14.013	0.2340	0.1955	0.1216
Bingöl	17.138	0.2361	0.2886	0.1366
Bitlis	17.004	0.1925	0.2560	0.1852
Diyarbakır	15.209	0.2186	0.1552	0.1422
Elazığ	14.286	0.1942	0.1825	0.1766
Erzincan	12.164	0.2102	0.3506	0.2754
Erzurum	12.993	0.2273	0.1959	0.1286
Gaziantep	18.978	0.2649	0.3291	0.1798
Hakkari	10.495	0.2214	0.1140	0.1136
Kilis	19.458	0.2557	0.3331	0.2387
Malatya	14.773	0.1821	0.2119	0.1483
Mardin	18.318	0.3377	0.3513	0.2265
Muş	13.714	0.1903	0.0887	0.1804
Siirt	17.128	0.1941	0.1273	0.0881
Şanlıurfa	18.098	0.2612	0.2901	0.1995
Tunceli	16.300	0.2631	0.3845	0.1996

Çizelge 4.8. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	21.563	0.1981	0.2372	0.2051
Ağrı	15.782	0.2447	0.2928	0.2433
Batman	15.274	0.2316	0.1994	0.1479
Bingöl	19.316	0.2261	0.2416	0.1660
Bitlis	20.124	0.1703	0.1788	0.1970
Diyarbakır	17.172	0.2283	0.1762	0.1310
Elazığ	16.334	0.1909	0.1105	0.1258
Erzincan	13.597	0.1945	0.2442	0.2425
Erzurum	14.235	0.2060	0.1844	0.1572
Gaziantep	20.931	0.2506	0.2873	0.1771
Hakkari	13.126	0.2453	0.1483	0.1347
Kilis	20.980	0.2474	0.2902	0.2243
Malatya	16.651	0.1744	0.1312	0.1360
Mardin	20.457	0.3332	0.3246	0.1964
Muş	15.572	0.1924	0.1051	0.1807
Siirt	19.040	0.1857	0.1003	0.1183
Şanlıurfa	19.912	0.2643	0.3233	0.2160
Tunceli	18.547	0.2322	0.3621	0.1791

Çizelge 4.9. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	27.872	0.2116	0.2198	0.1996
Ağrı	18.093	0.2162	0.2467	0.2511
Batman	18.595	0.2310	0.1395	0.1171
Bingöl	25.183	0.2362	0.2301	0.1611
Bitlis	25.720	0.1637	0.1403	0.0855
Diyarbakır	21.257	0.2363	0.1502	0.0908
Elazığ	20.082	0.2059	0.1095	0.1257
Erzincan	17.243	0.1890	0.1180	0.1278
Erzurum	16.550	0.1794	0.1027	0.1881
Gaziantep	24.586	0.2471	0.2683	0.1796
Hakkari	18.825	0.2793	0.1603	0.1192
Kilis	23.700	0.2344	0.2510	0.1202
Malatya	20.861	0.1985	0.0800	0.1161
Mardin	24.735	0.3445	0.2976	0.1951
Muş	19.736	0.2158	0.2331	0.2086
Siirt	23.978	0.2016	0.1606	0.2077
Şanlıurfa	24.019	0.2675	0.3544	0.2335
Tunceli	21.853	0.2230	0.1907	0.1558

Çizelge 4.10. 12s'lik yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	35.233	0.2182	0.2099	0.1901
Ağrı	21.500	0.2194	0.1784	0.1273
Batman	23.330	0.2536	0.2213	0.2055
Bingöl	34.690	0.2222	0.2456	0.1542
Bitlis	34.444	0.2044	0.1378	0.0308
Diyarbakır	25.191	0.2442	0.1852	0.1182
Elazığ	24.792	0.2221	0.2384	0.1603
Erzincan	20.283	0.1865	0.1557	0.2309
Erzurum	19.035	0.1772	0.1093	0.1596
Gaziantep	27.598	0.2314	0.1789	0.1553
Hakkari	25.584	0.3195	0.1760	0.1297
Kilis	26.820	0.2151	0.1363	0.1201
Malatya	25.553	0.2059	0.0933	0.1351
Mardin	29.233	0.3658	0.2977	0.1757
Muş	26.402	0.2474	0.2368	0.1508
Siirt	30.774	0.2319	0.2608	0.2590
Şanlıurfa	28.647	0.2761	0.3413	0.2592
Tunceli	28.730	0.1918	0.2711	0.0715

Çizelge 4.11. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların L-moment ve L-moment oranları

İSTASYONLAR	L-1	L-CV	L-CS	L-CK
Adıyaman	53.316	0.1664	0.0822	0.1287
Ağrı	31.331	0.2169	0.2901	0.1703
Batman	35.330	0.2092	0.1293	0.1020
Bingöl	59.938	0.1738	0.2340	0.2278
Bitlis	65.488	0.1542	0.0516	0.2377
Diyarbakır	38.986	0.1622	0.1369	0.1475
Elazığ	34.121	0.1825	0.1893	0.1641
Erzincan	28.497	0.1561	0.1030	0.1461
Erzurum	26.875	0.1840	0.2212	0.1789
Gaziantep	42.590	0.1792	0.0559	0.1273
Hakkari	48.900	0.1569	0.1102	0.1856
Kilis	39.980	0.1821	0.0904	0.0842
Malatya	33.229	0.1572	0.1752	0.1324
Mardin	53.916	0.2456	0.2396	0.2422
Muş	46.47	0.1676	0.1671	0.2125
Siirt	47.165	0.2120	0.2794	0.2856
Şanlıurfa	45.958	0.2116	0.3271	0.2233
Tunceli	48.814	0.1104	-0.0035	0.1977

Çizelgeler incelendiğinde Çizelge 4.3'te en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla Kilis, Mardin istasyonlarında, en küçük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Hakkari, Ağrı, Erzincan ve Diyarbakır istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.4'te en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla Kilis, Mardin ve Bitlis istasyonlarında, en küçük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Hakkari, Bitlis, Siirt ve Batman istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.5'te en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla Kilis, Mardin istasyonlarında, en küçük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Hakkari, Siirt ve Ağrı istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.6'da en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla Kilis, Mardin, Tunceli ve Erzincan istasyonlarında, en küçük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Hakkari, Muş ve Batman istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.7'de en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla Kilis, Mardin, Tunceli ve Erzincan istasyonlarında, en küçük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Hakkari, Malatya, Muş ve Siirt istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.8'de en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla Adıyaman, Mardin, Tunceli ve Ağrı istasyonlarında, en küçük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Hakkari, Bitlis ve Siirt istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.9'da en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla

Adıyaman, Mardin, Şanlıurfa ve Ağrı istasyonlarında, en küçük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Erzurum, Bitlis, Malatya ve Bitlis istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.10'da en büyük L-1, L-CV değerleri sırasıyla Adıyaman, Mardin istasyonlarında. L-CS ve L-CK değerleri Şanlıurfa istasyonunda, en küçük L-1, L-CV değerleri Erzurum istasyonunda. L-CS, L-CK değerleri ise sırasıyla Malatya ve Bitlis istasyonlarında görülmektedir. Çizelge 4.11'de en büyük L-1, L-CV, L-CS, L-CK değerleri sırasıyla Bitlis, Mardin, Ağrı ve Siirt istasyonlarında, en küçük L-1 değeri Erzurum istasyonunda. L-CV ve L-CS değerleri Tunceli istasyonunda, L-CK değeri ise Kilis istasyonunda görülmektedir.

4.2.2 Bölgesel frekans analizi

Analizlere ilk olarak her bir standart süre için istasyonların tümünün homojen olduğu varsayımı ile başlanmıştır. Bu varsayımdan yola çıkarak tüm standart sürelerde bölgedeki istasyonların hepsi tek bölge olarak kabul edilmiştir ve düzensizlik ölçüsü değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. İstasyonlara ait standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların düzensizlik ölçüsü sonuçları

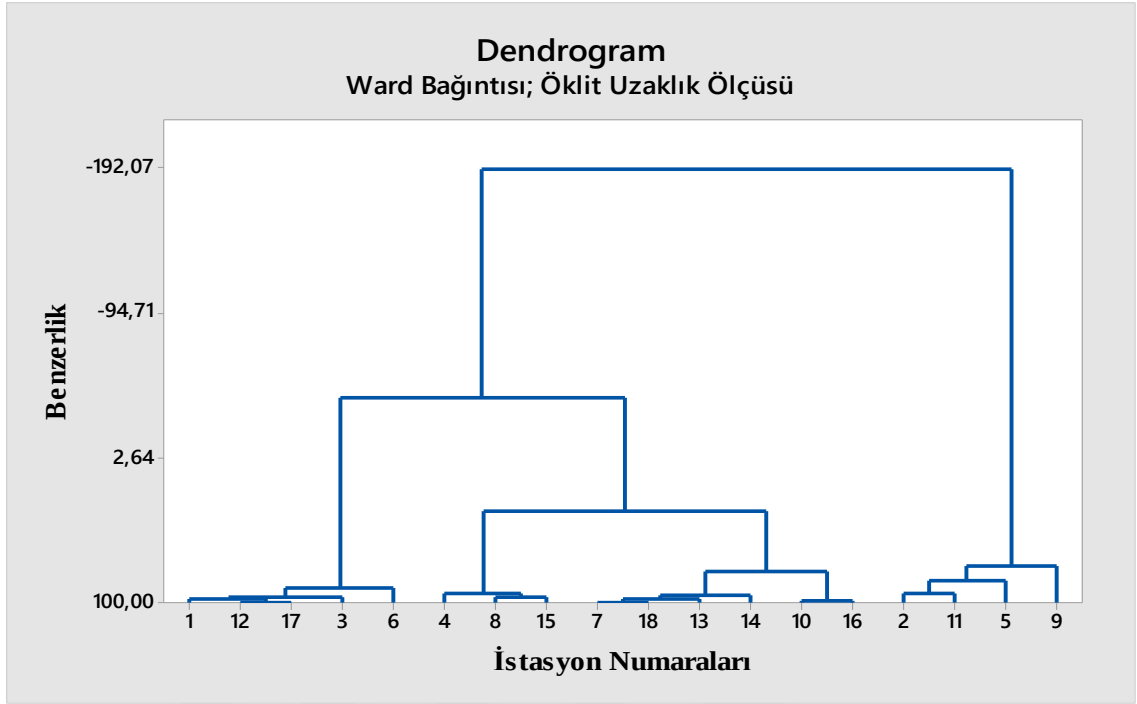
İstasyonlar	Standart Süreler								
	5dk	15dk	30dk	1s	2s	3s	6s	12s	24s
Adıyaman	0.33	0.74	0.95	1.26	0.82	0.49	0.42	0.19	0.33
Ağrı	0.62	1.45	1.20	0.29	0.41	1.09	1.31	0.11	1.83
Batman	0.63	1.13	0.44	0.77	0.53	0.25	1.13	0.26	1.27
Bingöl	0.78	1.85	0.73	1.08	1.13	0.21	0.06	0.33	0.72
Bitlis	1.43	1.27	0.75	0.82	0.72	0.92	1.63	1.65	1.74
Diyarbakır	0.86	1.43	0.55	1.10	0.42	0.54	0.86	0.25	0.29
Elazığ	0.54	0.93	1.27	0.63	0.41	0.71	0.25	0.23	0.22
Erzincan	1.62	0.31	1.82	1.60	2.10	1.53	0.45	1.45	0.28
Erzurum	0.23	0.12	1.39	0.21	0.36	0.12	1.31	1.01	0.41
Gaziantep	1.01	1.33	0.57	0.44	0.56	0.44	1.39	0.07	0.65
Hakkari	1.09	0.69	1.17	1.99	1.06	1.12	1.72	2.14	0.22
Kilis	0.34	0.17	0.59	0.49	0.56	0.55	1.75	0.40	1.14
Malatya	2.15	0.64	0.90	0.59	0.88	0.74	1.09	1.08	1.11
Mardin	3.11*	3.19*	3.35*	3.64*	3.20*	3.05*	2.96	2.84	2.05
Muş	0.32	0.22	0.54	1.28	2.25	1.56	0.23	0.13	0.26
Siirt	0.31	1.40	1.13	0.76	1.17	0.90	0.56	1.19	1.60
Şanlıurfa	0.52	0.42	0.32	0.13	0.25	0.62	1.46	1.84	1.51
Tunceli	2.11	1.73	0.74	1.93	1.17	3.18*	1.39	2.84	2.35

Çizelge 4.13. 6s, 12s ve 24s’lik yıllık maksimum yağmur değerlerinin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Zaman Serileri	Heterojenlik Ölçüsü		
	H(1)	H(2)	H(3)
6 Saat	4.57**	1.21	0.46
12 Saat	6.25**	0.83	0.03
24 Saat	2.98**	1.19	0.65

Çizelge 4.12 incelendiğinde 5dk, 15dk, 30dk, 1s, 2s sürelerindeki yıllık maksimum yağmur değerleri için Mardin istasyonunda, 3s’lik yıllık maksimum yağmur değerleri için Mardin ve Tunceli istasyonlarının D(İ) sonuçları Çizelge 3.2’de belirtilen kritik değer aralığından büyük çıkmıştır. 6s, 12s ve 24s’lik yıllık maksimum yağmur değerlerinde ise belirtilen kritik değer aralığında olduğu görülmektedir. İstasyonlar düzensizlik ölçüsünü sağladıktan sonra homojen bölgelerin oluşturulması için heterojenlik ölçüsü incelenmelidir. 6s, 12s, 24s’lik yıllık maksimum yağmur değerlerinin heterojenlik ölçüsü sonuçları Çizelge 4.13’te verilmiştir. Söz konusu standart süreler için bölgenin homojenliğinin belirlenmesinde gerekli olan heterojenlik ölçüsü (H) değerlerinden H1 bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu ifade ederken, H2 ve H3 değerleri bölgenin homojen veya muhtemel heterojen olduğunu ifade etmektedir. Ancak heterojenlik ölçüsünde H2 ve H3 istatistikleri homojen ve heterojen bölgeler arasında ayırım yapmada, ilk test istatistiği (H1) değerlendirme sonuçlarına göre daha zayıftır. Çizelge 4.12 ve 4.13’te verilen sonuçlara göre tüm standart süreler için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bundan sonraki aşamada Yukarı Fırat-Dicle Havzası’nın tüm standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurları için alternatif homojen bölgelerin oluşturulmasında kümeleme analizi yöntemine gidilmiştir.

Kümeleme analizi Minitab 17 paket programında yapılmıştır. Analizde Ward bağıntısı, Öklid uzaklık ölçüsü ve Çizelge 3.1’de verilen istasyonlara ait bazı özellikler (enlem, boylam, yükseklik, uzun yıllar maksimum yağış ortalamaları) kullanılmıştır (Anlı. 2009). Kümeleme analizi sonunda standart sürelerin hepsi için elde edilen dendrogram Şekil 4.1’de verilmiştir. Elde edilen bu dendrogram kullanılarak her bir standart süre için havza alt homojen bölgelere ayrılmıştır.



Şekil 4.1. Standart sürelerin her biri için kümeleme analizi sonucu elde edilen dendrogram

Dendrograma göre 4 adet 2’li alt bölge, 1 adet 3’lü alt bölge oluşturulabilmektedir. Çizelge 4.14’te 2’li alt bölge oluşması durumundaki istasyonlar, Çizelge 4.15’te 3’lü alt bölge oluşması durumundaki istasyonlar verilmiştir.

Çizelge 4.14. Kümeleme analizi sonucuna göre oluşturulan 2’li alt kümeler

1. Seçenek		2. Seçenek	
1. Bölge	2. Bölge	1. Bölge	2. Bölge
Adıyaman (1)	Bingöl (4)	Adıyaman (1)	Elazığ (7)
Kilis (12)	Erzincan (8)	Kilis (12)	Tunceli (18)
Şanlıurfa (17)	Muş (15)	Şanlıurfa (17)	Malatya (13)
Batman (3)	Elazığ (7)	Batman (3)	Mardin (14)
Diyarbakır (6)	Tunceli (18)	Diyarbakır (6)	Gaziantep (10)
	Malatya (13)	Bingöl (4)	Siirt (16)
	Mardin (14)	Erzincan (8)	Ağrı (2)
	Gaziantep (10)	Muş (15)	Hakkari (11)
	Siirt (16)		Bitlis (5)
	Ağrı (2)		Erzurum (9)
	Hakkari (11)		
	Bitlis (5)		
	Erzurum (9)		

Çizelge 4.14. Kümeleme analizi sonucuna göre oluşturulan 2'li alt kümeler (Devam)

3. Seçenek		4. Seçenek	
1. Bölge	2. Bölge	1. Bölge	2. Bölge
Adıyaman (1)	Gaziantep (10)	Adıyaman (1)	Bingöl (4)
Kilis (12)	Siirt (16)	Kilis (12)	Erzincan (8)
Şanlıurfa (17)	Ağrı (2)	Şanlıurfa (17)	Muş (15)
Batman (3)	Hakkari (11)	Batman (3)	Elazığ (7)
Diyarbakır (6)	Bitlis (5)	Diyarbakır (6)	Tunceli (18)
Bingöl (4)	Erzurum (9)	Ağrı (2)	Malatya (13)
Erzincan (8)		Hakkari (11)	Mardin (14)
Muş (15)		Bitlis (5)	Gaziantep (10)
Elazığ (7)		Erzurum (9)	Siirt (16)
Tunceli (18)			
Malatya (13)			
Mardin (14)			

Çizelge 4.15. Kümeleme analizi sonucuna göre oluşturulan 3'lü alt kümeler

1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge
Adıyaman (1)	Bingöl (4)	Gaziantep (10)
Kilis (12)	Erzincan (8)	Siirt (16)
Şanlıurfa (17)	Muş (15)	Ağrı (2)
Batman (3)	Elazığ (7)	Hakkari (11)
Diyarbakır (6)	Tunceli (18)	Bitlis (5)
	Malatya (13)	Erzurum (9)
	Mardin (14)	

Çizelge 4.14 incelendiğinde 2'li alt bölge oluşturulması durumunda birinci seçenek için 1. bölgede 5, 2. bölgede 13 istasyon; ikinci seçenek için 1. bölgede 8, 2. bölgede 10 istasyon; üçüncü seçenek için 1. bölgede 12, 2. bölgede 6 istasyon; dördüncü seçenek için 1. bölgede 9, 2. bölgede 9 istasyon bulunmaktadır. Çizelge 4.15 incelendiğinde 3'lü alt bölge oluşturulması durumunda 1. bölgede 5, 2. bölgede 7 ve 3. bölgede 6 istasyon bulunmaktadır.

Dendrogram sonucu elde edilen 2'li ve 3'lü alt bölgeler, her bir standart süre için en uygun homojen bölgenin veya bölgelerin oluşturulmasında yardımcı olacaktır.

5dk, 15dk ve 30dk'lık standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

5dk, 15dk ve 30dk'lık yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak Çizelge 4.12'de verildiği gibi Mardin istasyonu düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 5dk, 15dk ve 30dk'lık yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

5dk, 15dk ve 30dk'lık yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir. Tüm değerlendirmelerin sonuçlarının verilmesi tezde büyük alan kaplayacağından dolayı örnek olarak 5dk'lık yıllık maksimum yağmurlar için, Çizelge 4.14'de 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 1.seçenek ve 4.15'te 3'lü alt bölge oluşturulması durumunun düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.16-4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.19	Bingöl (4)	0.47
Kilis (12)	0.78	Erzincan (8)	1.19
Şanlıurfa (17)	1.31	Muş (15)	0.41
Batman (3)	0.54	Elazığ (7)	0.31
Diyarbakır (6)	1.18	Tunceli (18)	0.77
		Malatya (13)	0.82
		Mardin (14)	1.73
		Gaziantep (10)	0.22
		Siirt (16)	0.04
		Ağrı (2)	0.97
		Hakkari (11)	1.39
		Bitlis (5)	0.37
		Erzurum (9)	2.30

Çizelge 4.17. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	-1.21	-0.85	0.10
2. Bölge	2.51**	1.49*	1.08*

Çizelge 4.16 ve 4.17 incelendiğinde iki alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 13 istasyon bulunmaktadır.
- İstasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemişlerdir.
- 1. bölgenin H1 değeri -1.21, H2 değeri -0.85 ve H3 değeri 0.10 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 2.51, H2 değeri 1.49 ve H3 değeri 1.08 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin kesinlikle heterojen, H2 ve H3 değeri ise kabul edilebilir düzeyde homojen olduğu göstermektedir.

Çizelge 4.18. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)	3. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.19	Bingöl (4)	0.70	Gaziantep (10)	1.62
Kilis (12)	0.78	Erzincan (8)	1.14	Siirt (16)	0.12
Şanlıurfa (17)	1.31	Muş (15)	0.24	Ağrı (2)	0.78
Batman (3)	0.54	Elazığ (7)	0.64	Hakkari (11)	1.33
Diyarbakır (6)	1.18	Tunceli (18)	1.19	Bitlis (5)	1.23
		Malatya (13)	1.36	Erzurum (9)	0.91
		Mardin (14)	1.73		

Çizelge 4.19. 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	-1.21	-0.85	0.10
2. Bölge	2.33*	1.86*	2.15*
3. Bölge	1.73*	0.46	-0.31

Çizelge 4.18 ve 4.19 incelendiğinde 3 alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 7 ve 3. bölgede 6 istasyon bulunmaktadır.
- İstasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemişlerdir.
- 1. bölgenin H1 değeri -1.21, H2 değeri -0.85 ve H3 değeri 0.10 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 2.33, H2 değeri 1.86 ve H3 değeri 2.15 olarak bulunmuştur. H1 ve H3 değeri bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu, H2 değeri ise bölgenin muhtemel heterojen olduğunu göstermektedir.
- 3. bölgenin H1 değeri 1.73, H2 değeri 0.46 ve H3 değeri -0.31 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin muhtemel heterojen olduğunu, H2 değeri ise bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar incelendiğinde 5dk, 15dk ve 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurlar için Çizelge 4.14 ve 4.15'teki tüm durumlar değerlendirilmiştir fakat homojen bölgeler sağlanamamıştır. İstenilen homojenliğin sağlanması için aşağıda sıralanmış olan alternatif yola başvurulmuştur.

1. 5dk, 15dk ve 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurlar tek bölge olarak değerlendirdiğinde Mardin istasyonunun düzensizlik meydana getirdiği Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bundan dolayı 5dk,15dk ve 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde Mardin istasyonu gözardı edilerek her bir standart süre için tek homojen bölge sağlanmıştır.

Çizelge 4.20'de 5dk,15dk, 30dk için oluşturulan homojen bölgeler ve düzensizlik ölçüsü sonuçları, Çizelge 4.21'de ise heterojenlik ölçüsü sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.20. 5dk, 10dk, 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvuru olarak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları

	5dk	15dk	30dk
Tek Bölge İstasyonlar	D(İ)	D(İ)	D(İ)
Adıyaman (1)	0.31	0.95	1.18
Ağrı (2)	0.80	1.52	1.15
Batman (3)	0.58	1.05	0.40
Bingöl (4)	0.73	0.94	0.69
Bitlis (5)	1.33	1.43	0.73
Diyarbakır (6)	0.82	1.47	0.64
Elazığ (7)	0.51	0.86	1.19
Erzincan (8)	1.52	0.35	1.72
Erzurum (9)	0.20	0.20	1.35
Gaziantep (10)	1.51	2.47	1.36
Hakkari (11)	2.36	0.65	1.44
Kilis (12)	0.40	0.23	0.60
Malatya (13)	2.16	0.66	0.83
Muş (15)	0.33	0.25	0.73
Siirt (16)	0.28	1.78	1.36
Şanlıurfa (17)	0.71	0.57	0.36
Tunceli (18)	2.45	1.63	1.26

Çizelge 4.21. 5dk, 10dk, 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvuru olarak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Heterojenlik Ölçüsü Sonuçları				
Standart Süreler	Bölge	H1	H2	H3
5dk	Tek bölge	0.32	-0.42	0.01
15dk	Tek bölge	-1.32	-1.28	-0.44
30dk	Tek bölge	-0.05	0.21	-0.30

Çizelge 4.20 ve 4.21 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 5dk, 15dk ve 30dk standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 5dk için H1 değeri 0.32, H2 değeri -0.42, H3 değeri 0.01, 15dk için H1 değeri -1.32, H2 değeri -1.28, H3 değeri -0.44 ve 30dk için H1 değeri -0.05, H2 değeri

0.21, H3 değeri -0.30 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü değerleri tüm bölgelerin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak 5dk, 15dk ve 30dk standart süreler için yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgeye göre gerçekleştirilmiştir.

Homojen bölge için uygun dağılımın belirlenmesi uyum iyiliği ölçüsü Z^{DIST} e dayanmaktadır. Her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmektedir. Oluşturulan homojen bölge için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22. 5dk, 15dk ve 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Standart Süreler	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
5dk	Genel Lojistik	4.81
	Genel Ekstrem Değer	1.71
	Genel Normal	1.10*
	Pearson Tip3	-0.26*
	Genel Pareto	-5.28
15dk	Genel Lojistik	3.36
	Genel Ekstrem Değer	0.73*
	Genel Normal	-0.33*
	Pearson Tip3	-1.53*
	Genel Pareto	-5.41
30dk	Genel Lojistik	2.79
	Genel Ekstrem Değer	0.50*
	Genel Normal	-0.40*
	Pearson Tip3	-2.06
	Genel Pareto	-5.03

5dk standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GNO ve P3 dağılımları, 15dk standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV, GNO ve P3 dağılımları, 30dk standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. Bir bölge için birden fazla dağılım uygun bulunduğunda, uygun bulunan her bir dağılıma göre bölgesel frekans analizi yapılabilir. Ancak literatür de uygun bulunan dağılımlar arasından en küçük Z^{DIST} değerine sahip olan dağılıma göre

bölgesel frekans analizi gerçekleştirmenin daha doğru olacağı bildirilmiştir. Buna göre 5dk, 15dk ve 30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurlar için en uygun dağılımlar sırasıyla P3, GNO ve GNO dağılımı olarak belirlenmiştir.

1s'lik standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

1s'lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak Çizelge 4.12'de verildiği gibi Mardin istasyonu düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 1s'lik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

1s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir. 1s'lik yıllık maksimum yağmurlar için, Çizelge 4.14'de 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 1.seçenek ve 4.15'te 3'lü alt bölge oluşturulması durumunun düzensizlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.23 ve 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.30	Bingöl (4)	0.91
Kilis (12)	1.31	Erzincan (8)	1.16
Şanlıurfa (17)	1.30	Muş (15)	1.15
Batman (3)	0.66	Elazığ (7)	0.66
Diyarbakır (6)	0.42	Tunceli (18)	1.58
		Malatya (13)	0.47
		Mardin (14)	3.44*
		Gaziantep (10)	0.33
		Siirt (16)	0.70
		Ağrı (2)	0.23
		Hakkari (11)	1.57
		Bitlis (5)	0.56
		Erzurum (9)	0.23

Çizelge 4.23 incelendiğinde iki alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 13 istasyon bulunmaktadır.
- 1. bölge deki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmezken 2. bölgede bulunan Mardin istasyonu bulunduğu bölgede düzensizlik meydana getirmiştir.

Çizelge 4.24. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)	3. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.30	Bingöl (4)	0.77	Gaziantep (10)	0.93
Kilis (12)	1.31	Erzincan (8)	1.05	Siirt (16)	1.06
Şanlıurfa (17)	1.30	Muş (15)	0.92	Ağrı (2)	0.40
Batman (3)	0.66	Elazığ (7)	0.60	Hakkari (11)	1.65
Diyarbakır (6)	0.42	Tunceli (18)	1.12	Bitlis (5)	0.32
		Malatya (13)	0.56	Erzurum (9)	1.64
		Mardin (14)	1.98**		

Çizelge 4.24 incelendiğinde 3 alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 7 ve 3. bölgede 6 istasyon bulunmaktadır.
- 1. bölge ve 3. bölgedeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemişlerdir. 2. Bölgede bulunan Mardin istasyonu düzensizlik meydana getirmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde 1 saatlik standart süreli yıllık maksimum yağmurlar için Çizelge 4.14 ve 4.15'teki tüm durumlar değerlendirilmiştir fakat homojen bölgeler sağlanamamıştır. İstenilen homojenliği sağlamak amacıyla Çizelge 4.23'te verilen 2'li alt bölgeye aşağıda sıralanmış olan alternatif yollar uygulanmıştır.

1. İlk olarak 2. bölgede düzensizlik ölçüsünü sağlamayan Mardin istasyonu 1. bölgeye alınmıştır. Ancak 1. bölgede de düzensizlik meydana getirmiştir. Bundan dolayı Mardin istasyonu çalışmada gözardı edilmiştir.
2. 2. bölgeden Mardin istasyonu çıkarıldığında yine homojen bölge sağlanamamıştır ve dendrogram yardımıyla 2. bölgede bulunan Gaziantep (10) ve Siirt (16) istasyonları 1. bölgeye aktarılmıştır.

Yukarıda sıralanan alternatif yollar uygulanarak 1 s'lik yıllık maksimum yağmurlar 2 alt homojen bölgeye ayrılmıştır. Oluşturulan homojen bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.25 ve 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularda oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.73	Bingöl (4)	0.73
Kilis (12)	0.74	Erzincan (8)	0.90
Şanlıurfa (17)	0.41	Muş (15)	1.53
Batman (3)	1.88	Elazığ (7)	0.70
Diyarbakır (6)	1.16	Tunceli (18)	1.31
Gaziantep (10)	0.88	Malatya (13)	0.36
Siirt (16)	1.19	Ağrı (2)	1.52
		Hakkari (11)	1.15
		Bitlis (5)	1.47
		Erzurum (9)	0.33

Çizelge 4.26. 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularda oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.98	0.87	0.27
2. Bölge	0.74	1.64*	1.38*

Çizelge 4.25 ve 4.26 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1s'lik standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 1. bölgede H1 değeri 0.98, H2 değeri 0.87, H3 değeri 0.27 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü değerleri bölgelerin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 0.74, H2 değeri 1.64, H3 değeri 1.38 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu, H2 ve H3 değerleri ise muhtemel heterojen olduğunu ifade etmektedir.

Sonuç olarak 1 s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar iki homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgelere göre gerçekleştirilmiştir.

Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. 1 saatlik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1. Bölge	Genel Lojistik	2.12
	Genel Ekstrem Değer	0.53*
	Genel Normal	-0.05*
	Pearson Tip3	-1.13*
	Genel Pareto	-3.25
2. Bölge	Genel Lojistik	1.57*
	Genel Ekstrem Değer	0.12*
	Genel Normal	-0.63*
	Pearson Tip3	-1.65
	Genel Pareto	-3.51

1. bölgede 1s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 2. bölgede 1s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GLO, GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. En küçük Z^{DIST} değerine sahip olan dağılım en uygun dağılım olacağına göre, 1. bölgede GNO dağılımı, 2. bölgede GEV dağılımı en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

2s’lik standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

2s’lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak Çizelge 4.12’de verildiği gibi Mardin istasyonu düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 2s’lik yıllık maksimum yağmurlar için 18

istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

2s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir. 2s'lik yıllık maksimum yağmurlar için, Çizelge 4.14'te 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 1.seçenek ve 4.15'te 3'lü alt bölge oluşturulması durumunun düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.28-4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.17	Bingöl (4)	0.84
Kilis (12)	0.73	Erzincan (8)	2.01
Şanlıurfa (17)	0.70	Muş (15)	2.01
Batman (3)	1.33	Elazığ (7)	0.37
Diyarbakır (6)	1.07	Tunceli (18)	0.86
		Malatya (13)	0.59
		Mardin (14)	2.66
		Gaziantep (10)	0.42
		Siirt (16)	1.02
		Ağrı (2)	0.42
		Hakkari (11)	0.97
		Bitlis (5)	0.50
		Erzurum (9)	0.32

Çizelge 4.29. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.16	0.37	0.06
2. Bölge	4.07**	2.75**	1.19*

Çizelge 4.28 ve 4.29 incelendiğinde iki alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 13 istasyon bulunmaktadır.

- Her iki bölgede bulunan istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir
- 1. bölgenin H1 değeri 0.16, H2 değeri 0.37 ve H3 değeri 0.06 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 4.07, H2 değeri 2.75 ve H3 değeri 1.19 olarak bulunmuştur. H1 ve H2 değeri bölgenin kesinlikle heterojen, H3 değeri ise bölgenin muhtemel heterojen olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.30. 2'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)	3. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.17	Bingöl (4)	0.85	Gaziantep (10)	1.25
Kilis (12)	0.73	Erzincan (8)	1.75	Siirt (16)	0.84
Şanlıurfa (17)	0.70	Muş (15)	1.31	Ağrı (2)	1.08
Batman (3)	1.33	Elazığ (7)	0.24	Hakkari (11)	1.22
Diyarbakır (6)	1.07	Tunceli (18)	0.56	Bitlis (5)	1.44
		Malatya (13)	0.55	Erzurum (9)	0.16
		Mardin (14)	1.73		

Çizelge 4.31. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.16	0.37	0.06
2. Bölge	3.86**	2.06**	0.91
3. Bölge	1.39*	1.83*	1.15*

Çizelge 4.30 ve 4.31 incelendiğinde 3 alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 7 ve 3. bölgede 6 istasyon bulunmaktadır.
- Her üç bölgede bulunan istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir
- 1. bölgenin H1 değeri 0.16, H2 değeri 0.37 ve H3 değeri 0.06 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

- 2. bölgenin H1 değeri 3.86, H2 değeri 2.06 ve H3 değeri 0.91 olarak bulunmuştur. H1 ve H2 değeri bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu, H3 değeri ise bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 3. bölgenin H1 değeri 1.39, H2 değeri 1.83 ve H3 değeri 1.15 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin muhtemel heterojen olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar incelendiğinde 2 saatlik standart süreli yıllık maksimum yağmurlar için Çizelge 4.14-4.15'teki tüm durumlar değerlendirilmiştir fakat homojen bölgeler koşulu sağlanamamıştır. İstenilen homojenliği sağlamak amacıyla Çizelge 4.28'de verilen 2'li alt bölgeye aşağıda sıralanmış olan alternatif yollar uygulanmıştır.

1. İlk olarak Mardin istasyonu her iki bölgede de düzensizlik meydana getirmesinden dolayı çalışmada gözardı edilmiştir.
2. 2. bölgeden Mardin istasyonu çıkarıldığında yine homojen bölge sağlanamamıştır ve dendrogram yardımıyla 2. bölgede bulunan Gaziantep (10) ve Siirt (16) istasyonları 1. bölgeye aktarılmıştır.

Yukarıda sıralanan alternatif yollar uygulanarak 2 s'lik yıllık maksimum yağmurlar 2 alt homojen bölgeye ayrılmıştır. Oluşturulan homojen bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.32 ve 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.32. 2s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.53	Bingöl (4)	0.87
Kilis (12)	0.66	Erzincan (8)	1.62
Şanlıurfa (17)	0.65	Muş (15)	1.59
Batman (3)	0.46	Elazığ (7)	0.27
Diyarbakır (6)	1.10	Tunceli (18)	1.09
Gaziantep (10)	1.18	Malatya (13)	1.16
Siirt (16)	1.41	Ağrı (2)	1.25
		Hakkari (11)	1.08
		Bitlis (5)	0.62
		Erzurum (9)	0.45

Çizelge 4.33. 2s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.99	1.31*	0.86
2. Bölge	0.86	1.65*	0.67

Çizelge 4.32 ve 4.33 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 2s’lik standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 1. bölgede H1 değeri 0.99, H2 değeri 1.31, H3 değeri 0.86 olarak bulunmuştur. H1 ve H3 değerleri bölgelerin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu, H2 değeri muhtemel heterojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 0.86, H2 değeri 1.65, H3 değeri 0.67 olarak bulunmuştur. H1 ve H3 değerleri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu, H2 ise muhtemel heterojen olduğunu ifade etmektedir.

Sonuç olarak 2s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar iki homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgelere göre gerçekleştirilmiştir.

Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.34’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.34. 2 saatlik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1.Bölge	Genel Lojistik	1.89
	Genel Ekstrem Değer	0.35*
	Genel Normal	-0.23*
	Pearson Tip3	-1.30*
	Genel Pareto	-3.35
2.Bölge	Genel Lojistik	1.57*
	Genel Ekstrem Değer	-0.05*
	Genel Normal	-0.71*
	Pearson Tip3	-1.93
	Genel Pareto	-3.99

1. bölgede 2s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 2. bölgede 2s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GLO, GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. En küçük Z^{DIST} değerine sahip olan dağılım en uygun dağılım olacağına göre, 1. bölgede GNO dağılımı, 2. bölgede GEV dağılımı en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

3s'lik standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

3s'lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.12'de verildiği gibi Mardin ve Tunceli istasyonları düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 3s'lik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

3s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir. 3s'lik yıllık maksimum yağmurlar için, Çizelge 4.14'de 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 1.seçenek ve 4.15'te 3'lü alt bölge oluşturulması durumunun düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.35-4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.35. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.33	Bingöl (4)	0.18
Kilis (12)	1.13	Erzincan (8)	1.47
Şanlıurfa (17)	1.13	Muş (15)	1.08
Batman (3)	0.33	Elazığ (7)	0.58
Diyarbakır (6)	0.69	Tunceli (18)	2.44
		Malatya (13)	0.56
		Mardin (14)	2.61
		Gaziantep (10)	0.40
		Siirt (16)	0.76
		Ağrı (2)	1.15
		Hakkari (11)	0.94
		Bitlis (5)	0.74
		Erzurum (9)	0.08

Çizelge 4.36. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.10	0.03	-0.37
2. Bölge	4.46**	2.01**	0.51

Çizelge 4.35 ve 4.36 incelendiğinde iki alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 13 istasyon bulunmaktadır.
- Her iki bölgede bulunan istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir
- 1. bölgenin H1 değeri 0.10, H2 değeri 0.03 ve H3 değeri -0.37 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 4.46, H2 değeri 2.01 ve H3 değeri 0.51 olarak bulunmuştur. H1 ve H2 değeri bölgenin kesinlikle heterojen, H3 değeri ise bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.37. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)	3. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.33	Bingöl (4)	0.10	Gaziantep (10)	1.44
Kilis (12)	1.13	Erzincan (8)	1.59	Siirt (16)	0.73
Şanlıurfa (17)	1.13	Muş (15)	0.76	Ağrı (2)	1.30
Batman (3)	0.33	Elazığ (7)	0.71	Hakkari (11)	1.06
Diyarbakır (6)	0.69	Tunceli (18)	1.45	Bitlis (5)	0.16
		Malatya (13)	0.53	Erzurum (9)	1.31
		Mardin (14)	1.87		

Çizelge 4.38. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.10	0.03	-0.37
2. Bölge	4.96**	2.15**	0.99
3. Bölge	1.66*	0.68	-0.08

Çizelge 4.37 ve 4.38 incelendiğinde 3 alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 7 ve 3. bölgede 6 istasyon bulunmaktadır.
- Her üç bölgede bulunan istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir
- 1. bölgenin H1 değeri 0.10, H2 değeri 0.03 ve H3 değeri -0.37 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 4.96, H2 değeri 2.15 ve H3 değeri 0.99 olarak bulunmuştur. H1 ve H2 değeri bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu, H3 değeri ise bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 3. bölgenin H1 değeri 1.66, H2 değeri 0.68 ve H3 değeri -0.08 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin muhtemel heterojen olduğunu, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar incelendiğinde 3 saatlik standart süreli yıllık maksimum yağmurlar için Çizelge 4.14 ve 4.15'teki tüm durumlar değerlendirilmiştir; fakat homojen bölgeler sağlanamamıştır. İstenilen homojenliği sağlamak amacıyla Çizelge 4.35'te verilen 2'li alt bölgeye aşağıda sıralanmış olan alternatif yollar uygulanmıştır.

1. İlk olarak Mardin ve Tunceli istasyonları her iki bölgede de düzensizlik meydana getirmesinden dolayı çalışmada göz ardı edilmiştir.
2. 2. bölgeden Mardin ve Tunceli istasyonları çıkarıldığında yine homojen bölge sağlanamamıştır ve dendrogram yardımıyla 2. bölgede bulunan Gaziantep (10) ve Siirt (16) istasyonları 1. bölgeye aktarılmıştır.
3. Daha sonra 2. bölgeye ilk aşamada göz ardı edilen Mardin ve Tunceli istasyonları tek tek eklenmiştir ancak Mardin istasyonu tekrar düzensizlik oluşturmamasından dolayı çalışmada göz ardı edilmiştir.

Yukarıda sıralanan alternatif yollar uygulanarak 3s'lik yıllık maksimum yağmurlar 2 alt homojen bölgeye ayrılmıştır. Oluşturulan homojen bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.39 ve 4.40'ta verilmiştir.

Çizelge 4.39. 3s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.70	Bingöl (4)	0.28
Kilis (12)	1.34	Erzincan (8)	1.10
Şanlıurfa (17)	0.64	Muş (15)	0.83
Batman (3)	0.26	Elazığ (7)	0.64
Diyarbakır (6)	0.56	Tunceli (18)	2.10
Gaziantep (10)	1.35	Malatya (13)	0.84
Siirt (16)	1.15	Ağrı (2)	1.56
		Hakkari (11)	1.71
		Bitlis (5)	0.83
		Erzurum (9)	0.08

Çizelge 4.40. 3s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.90	0.72	0.12
2. Bölge	0.90	0.57	-0.15

Çizelge 4.39 ve 4.40 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 3s’lik standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 1. bölge de H1 değeri 0.90, H2 değeri 0.72, H3 değeri 0.12 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 0.90, H2 değeri 0.57, H3 değeri -0.15 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak 3s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar iki homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgelere göre gerçekleştirilmiştir.

Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.41’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.41. 3 saatlik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1.Bölge	Genel Lojistik	1.61*
	Genel Ekstrem Değer	0.07*
	Genel Normal	-0.47*
	Pearson Tip3	-1.50*
	Genel Pareto	-3.60
2.Bölge	Genel Lojistik	0.96*
	Genel Ekstrem Değer	-0.95*
	Genel Normal	-1.36*
	Pearson Tip3	-2.24
	Genel Pareto	-5.27

1. bölgede 3s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GLO, GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 2. bölgede 3s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GLO, GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. En küçük Z^{DIST} değerine sahip olan dağılım en uygun dağılım olacağına göre, her iki bölgede GEV dağılımı en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

6s'lik standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

6 saatlik maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.12'de verildiği gibi düzensizlik ölçüsünü sağlayıp çizelge 4.13'te verilmiş olan heterojenlik ölçüsü koşulunu sağlamamasından dolayı 6 saatlik maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

6s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir. 6s'lik yıllık maksimum yağmurlar için, Çizelge 4.14'te 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 4.seçenek ve Çizelge 4.15'te 3'lü alt bölge oluşturulması durumunun düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.42-4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.42. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2'li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	0.24	Bingöl (4)	0.06
Kilis (12)	0.64	Erzincan (8)	0.45
Şanlıurfa (17)	1.46	Muş (15)	0.63
Batman (3)	0.88	Elazığ (7)	0.31
Diyarbakır (6)	0.62	Tunceli (18)	1.85
Ağrı (2)	0.77	Malatya (13)	1.35
Hakkari (11)	1.57	Mardin (14)	2.46*
Bitlis (5)	1.69	Gaziantep (10)	0.49
Erzurum (9)	1.13	Siirt (16)	1.41

Çizelge 4.42 incelendiğinde iki alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölgede yer alan tüm istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemişlerdir. Ancak 2. Bölgede bulunan Mardin istasyonu bulunduğu bölgede düzensizlik meydana getirmiştir.
- 2. Bölgenin düzensizlik ölçüsü sağlanamadığı için heterojenlik ölçüsü incelenmemiştir.

Çizelge 4.43. 6'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)	3. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.08	Bingöl (4)	0.09	Gaziantep (10)	0.76
Kilis (12)	0.95	Erzincan (8)	0.29	Siirt (16)	1.54
Şanlıurfa (17)	1.09	Muş (15)	1.67	Ağrı (2)	1.59
Batman (3)	1.28	Elazığ (7)	0.20	Hakkari (11)	1.07
Diyarbakır (6)	0.59	Tunceli (18)	1.79	Bitlis (5)	0.82
		Malatya (13)	1.05	Erzurum (9)	1.21
		Mardin (14)	1.90		

Çizelge 4.44. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	-0.23	0.70	0.76
2. Bölge	5.24**	1.59*	0.41
3. Bölge	2.45**	0.23	0.10

Çizelge 4.43 ve 4.44 incelendiğinde 3 alt bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. bölge de 5, 2. bölgede 7 ve 3. bölgede 6 istasyon bulunmaktadır. Her üç bölgede bulunan istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir
- 1. bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları incelendiğinde H1 değeri -0.23, H2 değeri 0.70, H3 değeri 0.76 olarak bulunmuştur. Bulunan heterojenlik ölçüsü sonuçlarına bakılarak 1. bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.
- 2. bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları incelendiğinde H1 değeri 5.24, H2 değeri 1.59, H3 değeri 0.41 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin kesinlikle heterojen, H2 değeri muhtemel heterojen ve H3 değeri kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 3. bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları incelendiğinde H1 değeri 2.45, H2 değeri 0.23, H3 değeri 0.10 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin kesinlikle heterojen, H2 ve H3 değerleri ise kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu ifade etmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde 6 saatlik standart süreli yıllık maksimum yağmurlar için Çizelge 4.14 ve 4.15'teki tüm durumlar değerlendirilmiştir; fakat homojen bölgeler sağlanamamıştır. İstenilen homojenliği sağlamak amacıyla Çizelge 4.42'de verilen 2'li alt bölgeye aşağıda sıralanmış olan alternatif yollar uygulanmıştır.

1. 1. bölgede bulunan Bitlis istasyonu 2. bölgeye alınmıştır.
2. 2. Bölgede bulunan Bingöl ve Gaziantep istasyonları 1.bölgeye alınmıştır.
3. 2. bölgede bulunan Mardin istasyonun hem bulunduğu bölgede hem de 1. bölgeye alınması durumunda 1.bölgede düzensizlik meydana getirmesinden dolayı çalışma alanında dikkate alınmamıştır.

Alternatif yollar uygulandıktan sonra oluşturulan iki alt homojen bölgenin düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla çizelge 4.45 ve 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.45. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	0.35	Erzincan (8)	0.20
Kilis (12)	1.19	Muş (15)	0.70
Şanlıurfa (17)	1.47	Elazığ (7)	0.61
Batman (3)	1.25	Tunceli (18)	1.64
Diyarbakır (6)	1.04	Malatya (13)	1.07
Ağrı (2)	0.82	Siirt (16)	1.16
Erzurum (9)	1.58	Bitlis (5)	1.63
Hakkari (11)	1.93		
Bingöl (4)	0.27		
Gaziantep (10)	0.10		

Çizelge 4.46. 6s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.89	0.24	0.06
2. Bölge	-0.07	-0.04	-0.02

Çizelge 4.45 ve 4.46 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 6s'lik standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 1. bölge de H1 değeri 0.89, H2 değeri 0.24, H3 değeri 0.06 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri -0.07, H2 değeri -0.04, H3 değeri -0.02 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak 6s'lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar iki homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgelere göre gerçekleştirilmiştir. Her iki homojen bölge için uygun dağılımın belirlenmesi uyum iyiliği ölçüsü Z^{DIST} e dayanmaktadır. Her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST}

değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmektedir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.47’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.47. 6 saatlik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölgeler	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1	Genel Lojistik	1.95
	Genel Ekstrem Değer	0.04*
	Genel Normal	-0.49*
	Pearson Tip3	-1.55*
	Genel Pareto	-4.38
2	Genel Lojistik	1.84
	Genel Ekstrem Değer	-0.33*
	Genel Normal	-0.41*
	Pearson Tip3	-0.91*
	Genel Pareto	-4.92

1. bölgede 6s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 2. bölgede 3s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. En küçük Z^{DIST} değerine sahip olan dağılım en uygun dağılım olacağına göre, her iki bölgede GEV dağılımı en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

12s’lik standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

12 saatlik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.12’de verildiği gibi düzensizlik ölçüsünü sağlayıp, Çizelge 4.13’te verilmiş olan heterojenlik ölçüsü koşulunu sağlamamasından dolayı 12 saatlik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

12s’lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15’te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir. 12s’lik yıllık maksimum yağmurlar için, Çizelge 4.14’de 2’li alt bölge oluşturulması durumunda 1.seçenek ve Çizelge 4.15’te 3’lü alt bölge oluşturulması

durumunun düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.48-4.49’de verilmiştir.

Çizelge 4.48. 12s’lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2’li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman	1.32	Bingöl	0.33
Batman	0.70	Erzincan	1.21
Kilis	0.74	Muş	0.13
Şanlıurfa	1.17	Elazığ	0.25
Diyarbakır	1.07	Tunceli	2.14
		Malatya	0.99
		Mardin	2.30
		Gaziantep	0.05
		Siirt	1.52
		Ağrı	0.08
		Hakkari	1.57
		Bitlis	1.59
		Erzurum	1.84

Çizelge 4.49. 12s’lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2’li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.95	0.21	0.12
2. Bölge	6.67**	1.24**	0.14

Çizelge 4.48 ve 4.49 incelendiğinde iki bölge oluşturulması durumundaki bölgesel analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. ve 2. bölgede yer alan tüm istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemişlerdir.
- 1. bölgenin H1 değeri 0.95. H2 değeri 0.21 ve H3 değeri 0.12 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü sonuçları bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. Bölgenin H1 değeri 6.67. H2 değeri 1.24 ve H3 değeri 0.14 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin kesinlikle heterojen. H2 değeri muhtemelen heterojen. H3 değeri ise kabul edilebilir düzeyde homojen olduğu göstermektedir.

Çizelge 4.50. 12’lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3’lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)	3. Bölge	D(İ)
Adıyaman	1.32	Bingöl	0.18	Gaziantep	0.01
Batman	0.70	Erzincan	1.48	Siirt	0.40
Kilis	0.74	Muş	0.03	Ağrı	0.14
Şanlıurfa	1.17	Elazığ	0.15	Hakkari	0.59
Diyarbakır	1.07	Tunceli	1.42	Bitlis	1.28
		Malatya	1.95*	Erzurum	1.58
		Mardin	1.78		

Çizelge 4.50 incelendiğinde üç bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. ve 3. bölgedeki istasyonlar düzensizlik meydana getirmemişlerdir.
- 2. bölgede bulunan Malatya istasyonu düzensizlik meydana getirmiştir.
- 2. bölge için düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanamadığı için heteronlik ölçüsü sonucu incelenmemiştir.

Sonuçlar incelendiğinde 12 saatlik standart süreli yıllık maksimum yağmurlar için Çizelge 4.14 ve 4.15’teki tüm durumlar değerlendirilmiştir; fakat homojen bölgeler sağlanamamıştır. İstenilen homojenliği sağlamak amacıyla Çizelge 4.48’de verilen 2’li alt bölgeye aşağıda sıralanmış olan alternatif yollar uygulanmıştır.

1. 2. bölgede bulunan Hakkari ve Mardin istasyonları bulundukları bölgeden çıkarılmıştır. Bu iki istasyon 1. bölgeye verildiğinde ise düzensizlik meydana getirmemiştir ancak heterojenlik ölçüsü istenilen aralıkta elde edilememiştir. Bundan dolayı Hakkari ve Mardin istasyonları çalışma alanında dikkate alınmamıştır.

Alternatif yol uygulandıktan sonra oluşturulan iki alt homojen bölgenin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.51 ve 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. 12s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman	1.32	Bingöl	0.28
Batman	0.70	Erzincan	1.43
Kilis	0.74	Muş	0.98
Şanlıurfa	1.17	Elazığ	0.21
Diyarbakır	1.07	Tunceli	2.45
		Malatya	1.01
		Gaziantep	0.48
		Siirt	1.39
		Ağrı	0.15
		Bitlis	1.42
		Erzurum	1.21

Çizelge 4.52. 12s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.95	0.21	0.12
2. Bölge	0.21	0.09	0.26

Çizelge 4.51 ve 4.52 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 12s’lik standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 1. bölge de H1 değeri 0.95, H2 değeri 0.21, H3 değeri 0.12 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 0.21, H2 değeri 0.09, H3 değeri 0.26 olarak bulunmuştur. H1, H2 ve H3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak 12s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar iki homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgelere göre gerçekleştirilmiştir. Her iki homojen bölge için uygun dağılımın belirlenmesi uyum iyiliği ölçüsü Z^{DIST} e dayanmaktadır. Her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST}

değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmektedir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.53' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.53. 12s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölgeler	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1	Genel Lojistik	1.05*
	Genel Ekstrem Değer	-0.26*
	Genel Normal	-0.67*
	Pearson Tip3	-1.46*
	Genel Pareto	-3.35
2	Genel Lojistik	2.60
	Genel Ekstrem Değer	0.25*
	Genel Normal	-0.19*
	Pearson Tip3	-1.18*
	Genel Pareto	-5.02

1. bölgede 12s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GLO, GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 2. bölgede 12s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 1. bölge için en uygun dağılım GEV dağılımı ve 2. bölge için en uygun dağılım GNO dağılımı olarak belirlenmiştir.

24s'lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

24 saatlik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak Çizelge 4.12'de verildiği gibi düzensizlik ölçüsünü sağlayıp, Çizelge 4.13'te verilmiş olan heterojenlik ölçüsü koşulunu sağlamamasından dolayı 24 saatlik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

24s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir. 24s'lik yıllık maksimum yağmurlar için, Çizelge 4.14'te 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 4.seçenek ve Çizelge 4.15'te 3'lü alt bölge oluşturulması

durumunun düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.54-4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.54. 24s’lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2’li alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman	0.37	Bingöl	0.65
Batman	0.84	Erzincan	0.28
Kilis	0.87	Muş	0.14
Şanlıurfa	1.96	Elazığ	0.36
Diyarbakır	0.49	Tunceli	2.18
Ağrı	1.87	Malatya	1.21
Hakkari	0.45	Mardin	1.61
Bitlis	1.72	Gaziantep	1.44
Erzurum	0.44	Siirt	1.13

Çizelge 4.55. 24s’lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 2’li alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	1.12*	0.86	0.44
2. Bölge	3.20**	0.72	0.30

Çizelge 4.54 ve 4.55 incelendiğinde iki bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1. ve 2. bölgede yer alan tüm istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemişlerdir.
- 1. bölgenin H1 değeri 1.12. H2 değeri 0.86 ve H3 değeri 0.44 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin muhtemel heterojen. H2 ve H3 değerleri ise kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. Bölgenin H1 değeri 3.20. H2 değeri 0.72 ve H3 değeri 0.30 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin kesinlikle heterojen. . H2 ve H3 değerleri ise kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.56. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)	3. Bölge	D(İ)
Adıyaman	1.18	Bingöl	1.41	Gaziantep	0.64
Batman	0.93	Erzincan	0.63	Siirt	1.36
Kilis	0.86	Muş	0.23	Ağrı	1.26
Şanlıurfa	1.25	Elazığ	0.30	Hakkari	0.47
Diyarbakır	0.79	Tunceli	1.70	Bitlis	0.97
		Malatya	0.93	Erzurum	1.30
		Mardin	1.80		

Çizelge 4.57. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların kümeleme analizi ile oluşturulan 3'lü alt bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	1.22*	1.78	1.20
2. Bölge	3.35**	0.01	-0.39
3. Bölge	0.77	1.20*	0.71

Çizelge 4.56 ve 4.57 incelendiğinde üç bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Tüm bölgelerdeki istasyonlar düzensizlik meydana getirmemişlerdir.
- 1. bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları incelendiğinde H1 değeri 1.22. H2 değeri 1.78. H3 değeri 0.20 olarak bulunmuştur. H1 ve H2 değerleri bölgenin muhtemel heterojen. H3 değerinin ise kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları incelendiğinde H1 değeri 3.35. H2 değeri 0.01. H3 değeri -0.39 olarak bulunmuştur. H1 değeri bölgenin kesinlikle heterojen. H2 ve H3 kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 3. bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları incelendiğinde H1 değeri 0.77. H2 değeri 1.20. H3 değeri 0.71 olarak bulunmuştur. H1 ve H3 değerleri bölgenin ise kabul edilebilir düzeyde homojen. H2 değeri muhtemel heterojen olduğunu göstermektedir.
- Üç bölge oluşturulması durumunda homojenliğin sağlanması için tüm alternatif yollar denenmiştir fakat üç bölgenin de homojenliği sağlanamamıştır.

24 saatlik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde homojen bölgeler oluşturmak için yukarıdaki tüm düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sonuçları değerlendirildiğin kümeleme analizi yöntemiyle oluşturulan iki ve üç alt bölge homojen bölgeler oluşturmamıştır. 24 saatlik yıllık maksimum yağmurların homojenliğin sağlanması için aşağıda verilmiş olan alternatif yola başvurulmuştur.

1. 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge oluşturması durumu çizelge 4.12 ve 4.13' de değerlendirilmiştir ve homojenlik koşulunu sağlamadığı belirtilmiştir. Ancak bölgede bulunan Tunceli(18) ve Mardin(14) istasyonları çalışmada dikkate alınmadığında bölgenin homojenliği sağlanmıştır.

Alternatif yol uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgenin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.58 ve 4.59'ta verilmiştir.

Çizelge 4.58. 24s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

Tek Bölge	D(İ)
Adıyaman	0.34
Batman	1.47
Kilis	0.98
Şanlıurfa	1.81
Diyarbakır	0.33
Bingöl	0.64
Erzincan	0.44
Muş	0.35
Elazığ	0.17
Malatya	1.15
Gaziantep	0.60
Siirt	2.05
Ağrı	2.34
Hakkari	0.48
Bitlis	2.50
Erzurum	0.35

Çizelge 4.59. 24s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurulacak oluşturulan bölgesi için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
Tek Bölge	0.64	0.80	0.42

Çizelge 4.58 ve 4.59 incelendiğinde tek bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışma alanından Mardin ve Tunceli istasyonları çıkarıldıktan sonra tüm bölgede düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır.
- Bölgenin H1 değeri 0.64. H2 değeri 0.80 ve H3 değeri 0.42 olarak bulunmuştur. Bulunan heterojenlik ölçüsü sonuçlarına bakılarak tüm bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

Sonuç olarak 24s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgeye göre gerçekleştirilmiştir. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.60’de gösterilmiştir. Bölgedeki 24s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde sadece GLO uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.60. 24s’lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1	Genel Lojistik	0.85*
	Genel Ekstrem Değer	-2.17
	Genel Normal	-2.36
	Pearson Tip3	-3.16
	Genel Pareto	-8.65

4.2.3 Bölgesel olasılık dağılımının değerlendirilmesi

Fırat-Dicle Havzası'na ait standart süreli yıllık maksimum yağmurları homojen bölgelere ayırıp, her bölgeye ait uygun dağılım belirlendikten sonra bu dağılıma göre bölgesel büyüme eğrisinin farklı tekrarlanma sürelerine karşılık gelen $q(F)$ değerleri ve bu değerlere bağlı olarak gösterge taşkın yönteminden elde edilen günlük en büyük yağmur miktarları $Q_i(F)$ belirlenmiştir. Bu değerler Çizelge 4.61'de verilmiştir.

Çizelge 4.61. Standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların bölgesel büyüme eğrisi değeri ve bölgesel olasılık dağılım miktarı (mm)

Std Süre	Bölge	Olasılık Dağılımları	Tekrarlanma Süreleri, Yıl				
			2	5	10	100	1000
5dk	Tek Bölge	P3 - $q(F)$	0.902	1.697	1.989	2.624	3.474
		P3 - $Q_i(F)$	4.25	7.99	9.37	12.36	16.37
15dk	Tek Bölge	GNO - $q(F)$	0.900	1.644	1.944	2.655	3.754
		GNO - $Q_i(F)$	7.28	13.30	15.73	21.49	30.38
30dk	Tek Bölge	GNO - $q(F)$	0.892	1.632	1.941	2.692	3.893
		GNO - $Q_i(F)$	18.63	34.08	40.53	56.22	81.30
1s	I.Bölge	GNO - $q(F)$	0.897	1.614	1.910	2.627	3.762
		GNO - $Q_i(F)$	12.88	23.17	27.42	37.71	54.01
	II.Bölge	GEV - $q(F)$	0.896	1.559	1.860	2.658	4.129
		GEV - $Q_i(F)$	10.33	17.98	21.45	30.65	47.61
2s	I.Bölge	GNO - $q(F)$	0.904	1.568	1.843	2.510	3.571
		GNO - $Q_i(F)$	15.74	27.29	32.08	43.69	62.16
	II.Bölge	GEV - $q(F)$	0.911	1.517	1.783	2.464	3.651
		GEV - $Q_i(F)$	13.08	21.78	25.60	35.38	52.42
3s	I.Bölge	GEV - $q(F)$	0.909	1.551	1.826	2.517	3.684
		GEV - $Q_i(F)$	17.47	29.81	35.10	48.38	70.81
	II.Bölge	GEV - $q(F)$	0.929	1.496	1.725	2.269	3.103
		GEV - $Q_i(F)$	15.12	24.35	28.07	36.93	50.50
6s	I.Bölge	GEV - $q(F)$	0.911	1.581	1.859	2.538	3.627
		GEV - $Q_i(F)$	20.47	35.52	41.77	57.02	81.49
	II.Bölge	GEV - $q(F)$	0.934	1.500	1.720	2.227	2.963
		GEV - $Q_i(F)$	19.90	31.97	36.65	47.46	63.14
12s	I.Bölge	GEV - $q(F)$	0.911	1.557	1.829	2.501	3.604
		GEV - $Q_i(F)$	25.24	43.15	50.68	69.31	99.87
	II.Bölge	GNO - $q(F)$	0.928	1.517	1.745	2.271	3.054
		GNO - $Q_i(F)$	24.63	40.26	46.31	60.27	81.05
24s	Tek Bölge	GLO - $q(F)$	0.955	1.406	1.597	2.106	3.076
		GLO - $Q_i(F)$	40.08	59.00	67.02	88.38	129.09

4.3 Homojenlik Analizinden Önceki Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağmur Verilerinin Genetik Programlama ile Yeni Şiddet Değerlerinin Tahmin Edilmesi

4.3.1 Şiddet değerlerinin elde edilmesi

Fırat-Dicle havzasındaki her bir standart süre için yıllık maksimum yağmurlar L-moment yöntemi ile bölgeselleştirildikten sonra elde edilen homojen bölgeler için en uygun dağılım belirlenmiştir. Daha sonra her bölge için uygun dağılım kullanılarak farklı tekrarlama periyotlarına karşılık gelen yağmur miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Çizelge 4.61’de verilmiştir. Hesaplanan yağmur miktarları süreye bölündüğünde farklı tekrarlama periyotlarına karşılık gelen şiddet değerleri elde edilmiş olacaktır. Hesaplanan şiddet değerleri Çizelge 4.62’te verilmiştir.

Çizelge 4.62. Standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların farklı tekrarlama periyotlarına karşılık gelen şiddet değerleri (mm/saat)

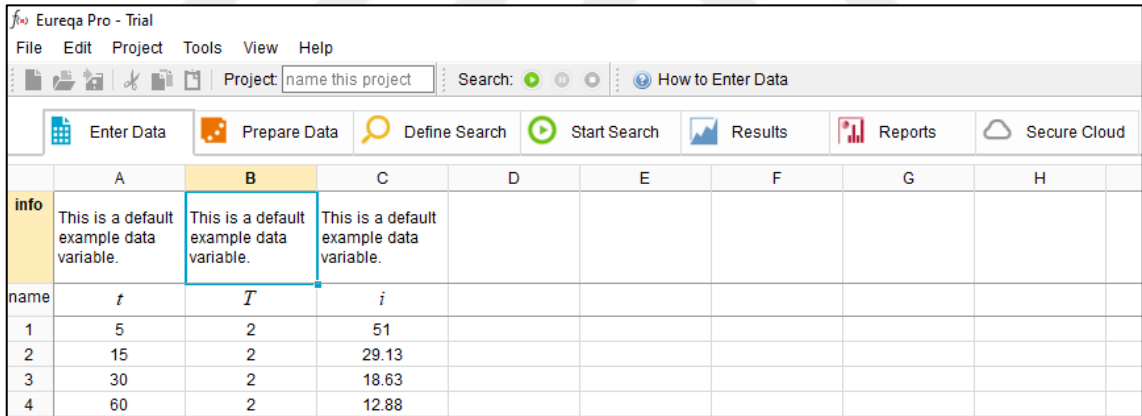
Standart Süre	Bölge	Tekrarlanma Süreleri, Yıl				
		2	5	10	100	1000
5dk	Tek Bölge	51.00	95.96	112.47	148.37	196.44
15dk	Tek Bölge	29.13	53.22	62.93	85.94	121.52
30dk	Tek Bölge	18.63	34.08	40.53	56.22	81.30
1s	I.Bölge	12.88	23.17	27.42	37.71	54.01
	II.Bölge	10.33	17.98	21.45	30.65	47.61
2s	I.Bölge	7.87	13.65	16.04	21.84	31.08
	II.Bölge	6.54	10.89	12.80	17.69	26.21
3s	I.Bölge	5.82	9.94	11.70	16.13	23.60
	II.Bölge	5.04	8.12	9.36	12.31	16.83
6s	I.Bölge	3.41	5.92	6.96	9.50	13.58
	II.Bölge	3.32	5.33	6.11	7.91	10.52
12s	I.Bölge	2.10	3.60	4.22	5.78	8.32
	II.Bölge	2.05	3.35	3.86	5.02	6.75
24s	Tek Bölge	1.67	2.46	2.79	3.68	5.38

4.3.2 Genetik programlama ile yeni yağmur şiddeti tahmini

Çalışmada genetik programlama uygulaması için Eureqa yazılımı kullanılmıştır. Standart sürelerin hepsi için homojen bölgeleri temsil edecek en iyi IDF eşitliğini elde etmek amacıyla kullanılan GP yazılımında temel matematiksel işlem olarak '+, -, *, /' ve temel üssel işlemlerden doğal logaritma (log) kullanılmıştır. Toplamda 70 satır kadar veri girilmiştir. Verilerin %75'i eğitim için, %25'i doğrulama için programda rastgele seçilmiştir. Şiddet (i) ve şiddeti etkileyen değişkenler (t, T) arasındaki ilişkiyi elde etmek için Eşitlik 4.1.' deki fonksiyon kullanılmıştır.

$$i = f(t, T) \quad (4.1)$$

Eureqa yazılımının arayüzü Şekil 4.2'de verilmiştir.



	A	B	C	D	E	F	G	H
info	This is a default example data variable.	This is a default example data variable.	This is a default example data variable.					
name	t	T	i					
1	5	2	51					
2	15	2	29.13					
3	30	2	18.63					
4	60	2	12.88					

Şekil 4.2. GP uygulaması için kullanılan Eureqa yazılımının arayüzü

'Enter Data' sekmesinde veri girişi, 'Prepare Data' sekmesinde veri hazırlığı (uç değerlerin atılması, verilerin normalleştirilmesi, verilerin ayrılması vb.) 'Define Search' sekmesinde fonksiyonun yazılması ve formülde kullanılacak matematiksel işlemlerin seçimi yapılmaktadır. 'Start Search' sekmesinde fonksiyon üretme işlevi başlar ve son olarak 'Result' sekmesinde en uygun fonksiyon olmak üzere GP'nın ürettiği tüm fonksiyonlar elde edilmektedir.

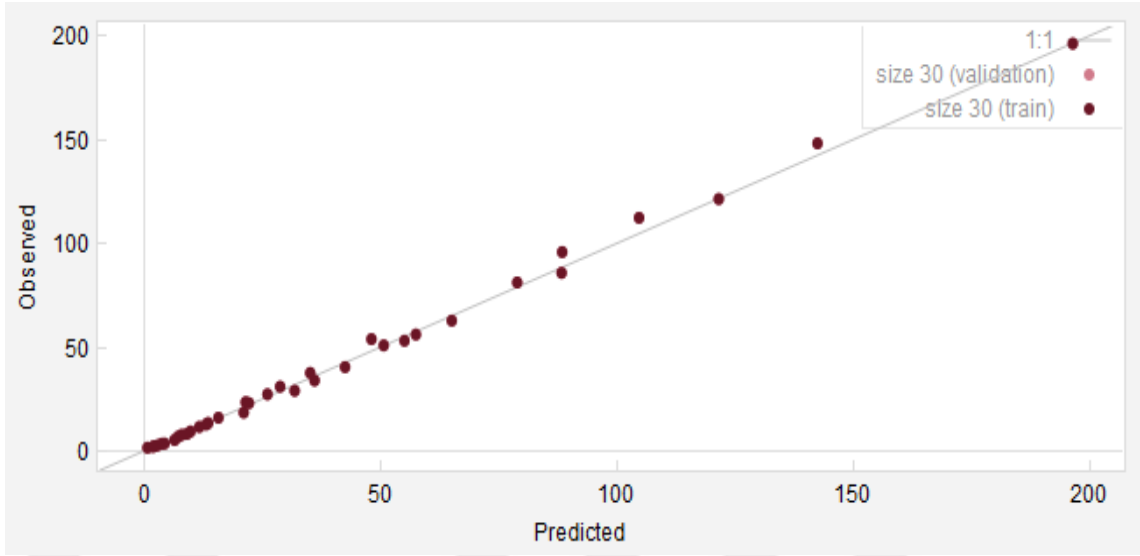
Bölgesel dağılımdan elde edilen veriler ile geliştirilen fonksiyon çıktıları karşılaştırılarak en uygun GP modeli belirlenmektedir. Çizelge 4.63'te elde edilen bazı modeller

çözümlemiş şekliyle verilmiştir. Çizelge incelendiğinde verilen tüm çözümlerin her biri şiddet tahmininde kullanmaya uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca GP'nın ürettiği modeller literatürde IDF hesaplamalarında yangın şekilde kullanılan eşitliklere oldukça benzerdir.

Çizelge 4.63. Verilerin homojenlik analizinden önceki en uygun genetik programlama modelleri

No	Model	R ²	MSE
1	$i = 7.01 + 0.685\ln(T) + \frac{442 + 347\ln(T)}{10.2 + t} - \ln(t)$	0.996	5.62
2	$i = 0.629 + 0.63\ln(T) + \frac{566 + 377\ln(T)}{11.6 + t}$	0.996	6.12
3	$i = 0.738\ln(T) + \frac{575 + 375\ln(T)}{11.5 + t}$	0.996	6.04
4	$i = \frac{537 + 346\ln(T)}{10.4 + t} + \ln(T)$	0.996	5.88
5	$i = 2.29 + \frac{541 + 397\ln(T)}{11.9 + t}$	0.995	7.71

Tüm çözümlerin R² değerleri eşittir ancak en küçük MSE oranı 1. modele aittir. Şekil 4.3'te 1. model için performans kriter değerlerini doğrulayan, bölgesel dağılımdan elde edilen ve tahmin edilen veriler arasındaki ilişkiyi görsel olarak sunan saçılma grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde gözlenen ve tahmin edilen değerlerin mükemmel model çizgisi üzerinde dağıldığı görülmektedir. Bu da GP ile geliştirilen fonksiyonun çok güçlü olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle çalışmada yeni şiddet değerlerinin tahmin edilmesinde 1. model tercih edilmiştir.



Şekil 4.3. Verilerin homojenlik analizinden önceki bölgesel dağılımdan elde edilen ve tahmin edilen veriler arasındaki saçılma grafiği (Model 1)

4.4 Verilere Homojenlik Analizi Uyguladıktan Sonraki Bölgesel Frekans Analizi Sonuçları

4.4.1 L-moment ve L-moment oranları

Homojenlik analizinden sonra homojenlik koşulunu sağlamayan 5dk standart süre için Malatya istasyonu; 30dk standart süre için Tunceli istasyonu; 1s ve 2s standart süreler için Bitlis ve Tunceli istasyonları; 3s standart süre için Elazığ, Hakkari, Tunceli istasyonları; 6s standart süreler için Diyarbakır, Elazığ, Hakkari istasyonları; 12s standart süreler için Ağrı, Elazığ, Hakkari, Siirt istasyonlarının yıllık maksimum yağmurları, çift birikimli eğri yöntemi ile homojen hale getirildikten sonra hesaplanan L-moment ve L-moment oranları Çizelge 4.64’te verilmiştir.

Çizelge 4.64. Homojen hale getirilen istasyonların yıllık maksimum yağmurlarının L-moment ve L-moment oranları

Standart Süreler	İstasyonlar	L-1	L-C _v	L-C _s	L-C _k
12s	Ağrı	18,971	0,2169	0,2669	0,2455
1s	Bitlis	12,032	0,2202	0,2803	0,1964
2s		16,302	0,1851	0,2323	0,1730
6s	Diyarbakır	19,083	0,2268	0,1712	0,1379
3s	Elazığ	14,877	0,1834	0,1748	0,1466
6s		17,829	0,2047	0,2220	0,1954
12s		21,336	0,2033	0,2551	0,1697
3s	Hakkari	14,430	0,2267	0,1157	0,0827
6s		21,128	0,2470	0,1254	0,1039
12s		28,896	0,2833	0,1748	0,1538
12s	Siirt	26,657	0,2229	0,2017	0,2258
5dk	Malatya	5,404	0,2421	0,2739	0,2088
30dk	Tunceli	13,216	0,3369	0,4559	0,3343
1s		10,892	0,2613	0,3799	0,2418
2s		22,294	0,3318	0,5277	0,3769
3s		23,692	0,2961	0,5241	0,3927

Verilerin homojenliği sağlandıktan sonra ve Çizelge 65'te verilen yeni L-moment ve L-moment oranları kullanılarak bölgesel frekans analizi gerçekleştirilmiştir.

4.4.2 Bölgesel frekans analizi

Analizlere ilk olarak her bir standart süre için istasyonların tümünün homojen olduğu varsayımı ile başlanmıştır. Bu varsayımdan yola çıkarak tüm standart sürelerde bölgedeki istasyonların hepsi tek bölge olarak kabul edilmiştir ve düzensizlik ölçüsü değerleri Çizelge 4.65'te verilmiştir.

Çizelge 4.65. İstasyonlara ait standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların düzensizlik ölçüsü sonuçları

İstasyonlar	Standart Süreler								
	5dk	15dk	30dk	1s	2s	3s	6s	12s	24s
Adıyaman	0.19	0.74	0.83	1.53	0.73	0.43	0.36	0.12	0.33
Ağrı	0.57	1.45	1.05	0.42	0.17	0.36	1.27	0.99	1.83
Batman	0.61	1.13	0.38	0.79	0.48	0.20	1.18	0.31	1.27
Bingöl	0.73	1.85	0.71	1.37	1.42	0.52	0.08	0.28	0.72
Bitlis	1.51	1.27	0.68	0.76	0.79	0.81	1.69	1.56	1.74
Diyarbakır	0.89	1.43	0.54	0.10	0.40	0.33	0.22	0.23	0.29
Elazığ	0.56	0.93	1.29	0.70	0.40	0.80	0.37	0.67	0.22
Erzincan	1.33	0.31	2.00	1.61	1.71	0.81	0.49	1.29	0.28
Erzurum	0.50	0.12	1.02	0.20	0.32	0.11	1.31	0.89	0.41
Gaziantep	0.90	1.33	0.54	0.60	0.76	0.93	0.35	0.10	0.65
Hakkari	0.99	0.69	1.19	1.92	0.99	1.12	1.67	1.02	0.22
Kilis	0.34	0.17	0.09	0.48	0.22	0.14	0.79	0.38	1.14
Malatya	3.15*	0.64	0.75	0.57	0.84	0.54	1.25	1.00	1.11
Mardin	3.23*	3.19*	2.45	3.62*	2.42	3.11*	3.49*	4.02*	2.05
Muş	0.27	0.22	0.44	1.25	2.59	3.36*	0.18	0.17	0.26
Siirt	0.34	1.40	1.10	0.77	0.73	0.57	0.52	0.53	1.60
Şanlıurfa	0.57	0.42	0.21	0.19	0.14	0.50	1.38	1.60	1.51
Tunceli	1.63	1.73	2.72	1.11	2.87	3.34*	1.40	2.84	2.35

Çizelge 4.66. 30dk, 2s ve 24s’lik yıllık maksimum yağmur değerlerinin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Zaman Serileri	Heterojenlik Ölçüsü		
	H(1)	H(2)	H(3)
30dk	2.65**	1.24*	0.46
2 Saat	4.46**	2.74**	1.39*
24 Saat	2.98**	1.19	0.65

Çizelge 4.65 incelendiğinde 5dk yıllık maksimum yağmur değerleri için Malatya ve Mardin istasyonunda, 15dk, 1s, 6s ve 12 s sürelerindeki yıllık maksimum yağmur değerleri için Mardin istasyonunda, 3s’lik yıllık maksimum yağmur değerleri için Mardin, Muş ve Tunceli istasyonlarının D(İ) sonuçları Çizelge 3.2’de belirtilen kritik değer aralığından büyük çıkmıştır. 30dk, 2s ve 24s’lik yıllık maksimum yağmur değerlerinde ise belirtilen kritik değer aralığında olduğu görülmektedir. İstasyonlar düzensizlik ölçüsünü sağladıktan sonra homojen bölgelerin oluşturulması için heterojenlik ölçüsü incelenmelidir. 30dk, 2s ve 24s’lik yıllık maksimum yağmur

değerlerinin heterojenlik ölçüsü sonuçları Çizelge 4.66'da verilmiştir. Söz konusu standart süreler için bölgenin homojenliğinin belirlenmesinde gerekli olan heterojenlik ölçüsü (H) değerlerinden H1 bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu ifade ederken, bazı H2 ve H3 değerleri bölgenin homojen veya muhtemel heterojen olduğunu ifade etmektedir. Ancak heterojenlik ölçüsünde H2 ve H3 istatistikleri homojen ve heterojen bölgeler arasında ayırım yapmada, ilk test istatistiği (H1) değerlendirme sonuçlarına göre daha zayıftır. Çizelge 4.65 ve 4.66'da verilen sonuçlara göre tüm standart süreler için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bundan sonraki aşamada Yukarı Fırat-Dicle Havzası'nın tüm standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurları için alternatif homojen bölgelerin oluşturulmasında kümeleme analizi yöntemine gidilmiştir. Verilerin homojenlik koşulu oluşturulmadan önceki kümeleme analizi sonucu elde edilen ve Şekil 4.1'de verilen dendrogram, verilerin homojenlik koşulu oluşturulduktan sonra da geçerlidir. Aynı dendrogramın geçerli olmasının sebebi ise kümeleme analizi için kullanılan verilerin değişmemesidir. Elde edilen bu dendrogram kullanılarak her bir standart süre için havza, alt homojen bölgelere ayrılmıştır.

Dendrogram aracılığıyla oluşturulan alt bölgeler Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilmiştir. Standart sürelerin hepsi için homojen bölgeler oluşturabilmek amacıyla dendrogram ile elde edilen tüm alt bölgeler denenmiştir. Ancak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen alt bölgeler kullanılarak homojen bölgeler elde edilememiştir. Bu nedenle standart sürelerin hepsi için alternatif yollar uygulayarak homojen bölgeler oluşturulmuştur. Alternatif yollar aşağı bölümlerde detaylı olarak ele alınmıştır. Çalışmada büyük yer kaplayacağı düşünüldüğü için sadece alternatif yollara başvurularak oluşturulan sonuçlara yer verilmiştir. Homojenlik analizinde MWU testi sonuçlarına göre 15dk ve 24s'lik standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların homojenliği bozulmamıştır. Söz konusu standart süreler için homojenlik bozulmadığı için sonuçlar aynı kalacaktır. Bu sonuçlara, verilerin homojenlik analizinden önceki bölgesel frekans analizi sonuçları başlığı altında ulaşılabilir. Bu nedenle bu bölümde 15dk ve 24s'lik standart sürelerin bölgesel frekans analizi sonucuna yer verilmemiştir.

5dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

5dk yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.66'da verildiği gibi Mardin istasyonu düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 5dk'lık yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir ancak homojen bölgeler sağlanamamıştır.

Çizelge 4.65'te tek bölge oluşturulması durumu dikkate alınarak aşağıda verilen alternatif yola başvurarak 5dk'lık yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölge koşulu sağlanmıştır.

- Bölgede bulunan ve düzensizlik meydana getiren Malatya (13) ve Mardin (14) istasyonları çalışmada dikkate alınmadığında bölgenin düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sağlanmıştır .

Alternatif yol uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgenin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla çizelge 4.67 ve 4.68'de verilmiştir.

Çizelge 4.67. Homojenlik analizinden sonra 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

Tek Bölge	D(İ)
Adıyaman	0.54
Ağrı	0.78
Batman	0.66
Kilis	0.39
Şanlıurfa	0.75
Diyarbakır	0.82
Bingöl	0.85
Erzincan	1.65
Muş	0.35
Elazığ	0.51
Gaziantep	1.90
Siirt	0.36
Hakkari	2.21
Bitlis	1.65
Erzurum	0.20
Tunceli	2.38

Çizelge 4.68. Homojenlik analizinden sonra 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvuru olarak oluşturulan bölgesi için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
Tek Bölge	0.65	-0.80	-0.46

Çizelge 4.67 ve 4.68 incelendiğinde tek bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışma alanından Malatya(13) ve Mardin(14) istasyonları çıkarıldıktan sonra tüm bölgede düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır.
- Bölgenin H1 değeri 0.65, H2 değeri -0.80 ve H3 değeri -0.46 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü sonuçlarına bakıldığında tüm bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

Sonuç olarak 5dk'lık standart süre için yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgeye göre gerçekleştirilmiştir. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiksel dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.69'da gösterilmiştir. Bölgedeki 5dk'lık standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GNO ve PE3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. Bölge için en uygun dağılım ise en küçük Z^{DIST} değerlerine sahip olan PE3 dağılımıdır.

Çizelge 4.69. Homojenlik analizinden sonra 5dk'lık yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1	Genel Lojistik	5.29
	Genel Ekstrem Değer	2.11
	Genel Normal	1.57*
	Pearson Tip3	0.28*
	Genel Pareto	-4.99

30dk standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

30dk'lık yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.65'te verilen düzensizlik ölçüsünü sağlayıp, Çizelge 4.66'da verilen heterojenlik ölçüsü sağlamamasından dolayı 30dk'lık yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir; ancak homojen bölgeler sağlanamamıştır.

Çizelge 4.65'te tek bölge oluşturulması durumu dikkate alınarak aşağıda verilen alternatif yola başvurarak 30dk'lık yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölge koşulu sağlanmıştır.

1. Bölgede bulunan Mardin (14) ve Tunceli (14) istasyonlarının $D(\bar{I})$ değerleri, bölgedeki diğer istasyonların $D(\bar{I})$ değerinden büyüktür. Bundan dolayı Mardin (14) ve Tunceli (14) istasyonları çalışmada dikkate alınmadığında bölgenin homojenliği sağlanmıştır .

Alternatif yol uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgenin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.70 ve 4.71'de verilmiştir.

Çizelge 4.70. Homojenlik analizinden sonra 30dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

Tek Bölge	$D(\bar{I})$
Adıyaman	1.13
Ağrı	1.07
Batman	0.36
Bingöl	0.68
Bitlis	0.67
Diyarbakır	0.59
Elazığ	1.12
Erzincan	1.84
Erzurum	1.30
Gaziantep	1.79
Hakkari	1.34
Kilis	0.74
Malatya	0.79
Muş	0.68
Siirt	1.45
Şanlıurfa	0.45

Çizelge 4.71. Homojenlik analizinden sonra 30dk'lık yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
Tek Bölge	-0.06	-0.08	-0.48

Çizelge 4.70 ve 4.71 incelendiğinde tek bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışma alanından Mardin ve Tunceli istasyonları çıkarıldıktan sonra tüm bölgede düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır.
- Bölgenin H1 değeri -0.06, H2 değeri -0.08 ve H3 değeri -0.48 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü sonuçlarına bakıldığında bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

Sonuç olarak 30dk'lık standart süre için yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgeye göre gerçekleştirilmiştir. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.72'de gösterilmiştir. Bölgedeki 30dk'lık standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. Bölge için en uygun dağılım ise en küçük Z^{DIST} değerlerine sahip olan GNO dağılımıdır.

Çizelge 4.72. Homojenlik analizinden sonra 30dk'lık yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
Tek Bölge	Genel Lojistik	2.77
	Genel Ekstrem Değer	0.47*
	Genel Normal	-0.37*
	Pearson Tip3	-1.92
	Genel Pareto	-5.03

1s standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

1s'lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.65'te verilen düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 1s'lik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir; ancak homojen bölgeler sağlanamamıştır.

Çizelge 4.65'te tek bölge oluşturulması durumu dikkate alınarak aşağıda verilen alternatif yola başvurarak 1s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölge koşulu sağlanmıştır.

1. Bölgede bulunan ve düzensizlik meydana getiren Mardin (14) istasyonu çalışmada dikkate alınmadığında bölgenin homojenliği sağlanmıştır.

Alternatif yol uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgenin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.73 ve 4.75'te verilmiştir.

Çizelge 4.73. Homojenlik analizinden sonra 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

Tek Bölge	D(İ)
Adıyaman	2.10
Ağrı	0.51
Batman	0.96
Bingöl	1.29
Bitlis	1.11
Diyarbakır	0.09
Elazığ	0.66
Erzincan	1.51
Erzurum	0.18
Gaziantep	0.99
Hakkari	1.83
Kilis	1.68
Malatya	0.54
Muş	1.45
Siirt	0.90
Şanlıurfa	0.17
Tunceli	1.03

Çizelge 4.74. Homojenlik analizinden sonra 1s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
Tek Bölge	0.87	1.35*	0.89

Çizelge 4.73 ve 4.74 incelendiğinde tek bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışma alanından Mardin istasyonu çıkarıldıktan sonra tüm bölgede düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır.
- Bölgenin H1 değeri 0.87, H2 değeri 1.35 ve H3 değeri 0.89 olarak bulunmuştur. H1 ve H3 değerleri bölgelerin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu, H2 değeri muhtemel heterojen olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak 1s'lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgeye göre gerçekleştirilmiştir. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiksel dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.75'te gösterilmiştir. Bölgedeki 1s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. Bölge için en uygun dağılım ise en küçük Z^{DIST} değerlerine sahip olan GEV dağılımıdır.

Çizelge 4.75. Homojenlik analizinden sonra 1s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
Tek Bölge	Genel Lojistik	2.32
	Genel Ekstrem Değer	0.17*
	Genel Normal	-0.74*
	Pearson Tip3	-2.40
	Genel Pareto	-5.06

2s standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

2s'lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.65'te verilen düzensizlik ölçüsünü sağlayıp, Çizelge 4.66'da verilen heterojenlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 2s'lik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir; ancak homojen bölgeler sağlanamamıştır. Çizelge 4.14'te 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 1.seçenek dikkate alınarak aşağıda verilen alternatif yollar uygulanarak 2s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturulmuştur.

1. 2. bölgede bulunan Gaziantep ve Siirt istasyonları 1. bölgeye alınmıştır.
2. 2. bölgede bulunan Mardin(14) ve Tunceli(18) istasyonları düzensizlik meydana getirmelerinden dolayı çalışmada göz ardı edilmiştir.

Alternatif yollar uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgelerin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.76 ve 4.77'de verilmiştir.

Çizelge 4.76. Homojenlik analizinden sonra 2s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularda oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.53	Bingöl (4)	1.11
Kilis (12)	0.66	Erzincan (8)	1.58
Şanlıurfa (17)	0.65	Muş (15)	1.58
Batman (3)	0.46	Elazığ (7)	0.21
Diyarbakır (6)	1.10	Malatya (13)	0.91
Gaziantep (10)	1.18	Ağrı (2)	1.57
Siirt (16)	1.41	Hakkari (11)	0.95
		Bitlis (5)	0.64
		Erzurum (9)	0.45

Çizelge 4.77. Homojenlik analizinden sonra 2s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvuru olarak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.97	1.31*	0.86
2. Bölge	0.69	0.97	0.21

Çizelge 4.76 ve 4.77 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 2s’lik standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 1. bölgede H1 değeri 0.97, H2 değeri 1.31, H3 değeri 0.86 olarak bulunmuştur. H1 ve H3 değerleri bölgelerin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu, H2 değeri muhtemel heterojen olduğunu göstermektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 0.69, H2 değeri 0.97, H3 değeri 0.21 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü değerleri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu ifade etmektedir.

Sonuç olarak 2s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar iki homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgelere göre gerçekleştirilmiştir. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.78’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.78. Homojenlik analizinden sonra 2s’lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1.Bölge	Genel Lojistik	1.89
	Genel Ekstrem Değer	0.34*
	Genel Normal	-0.25*
	Pearson Tip3	-1.33*
	Genel Pareto	-3.40
2.Bölge	Genel Lojistik	1.42*
	Genel Ekstrem Değer	-0.23*
	Genel Normal	-0.78*
	Pearson Tip3	-1.82
	Genel Pareto	-4.13

1. bölgede 2s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 2. bölgede 2s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GLO, GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. En küçük Z^{DIST} değerine sahip olan dağılım en uygun dağılım olacağına göre, 1. bölgede GNO dağılımı, 2. bölgede GEV dağılımı en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

3s standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

3s’lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.65’te verilen düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 3s’lik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15’te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir; ancak homojen bölgeler sağlanamamıştır. Çizelge 4.14’te 2’li alt bölge oluşturulması durumunda 1.seçenek dikkate alınarak aşağıda verilen alternatif yollar uygulanarak 3s’lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölgeler oluşturulmuştur.

1. 2. bölgede bulunan Gaziantep ve Siirt istasyonları 1. bölgeye alınmıştır.
2. 2. bölgede bulunan Mardin(14) ve Tunceli(18) istasyonları düzensizlik meydana getirmelerinden dolayı çalışmada göz ardı edilmiştir.

Alternatif yollar uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgelerin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla çizelge 4.79 ve 4.80’de verilmiştir.

Çizelge 4.79. Homojenlik analizinden sonra 3s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgelerin düzensizlik ölçüsü sonuçları

1. Bölge	D(İ)	2. Bölge	D(İ)
Adıyaman (1)	1.70	Bingöl (4)	0.77
Kilis (12)	1.34	Erzincan (8)	0.77
Şanlıurfa (17)	0.64	Muş (15)	2.09
Batman (3)	0.26	Elazığ (7)	0.64
Diyarbakır (6)	0.56	Malatya (13)	0.61
Gaziantep (10)	1.35	Ağrı (2)	1.64
Siirt (16)	1.15	Hakkari (11)	1.71
		Bitlis (5)	0.71
		Erzurum (9)	0.07

Çizelge 4.80. Homojenlik analizinden sonra 3s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgeleri için heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
1. Bölge	0.90	0.72	0.12
2. Bölge	0.76	-0.43	-0.73

Çizelge 4.79 ve 4.80 incelendiğinde oluşturulan bölgelerin düzensizlik ve heterojenlik sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 3s’lik standart süreler için oluşturulan bölgelerdeki istasyonlar bulundukları bölgelerde düzensizlik meydana getirmemiştir.
- 1. bölgede H1 değeri 0.90, H2 değeri 0.72, H3 değeri 0.12 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü değerleri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu ifade etmektedir.
- 2. bölgenin H1 değeri 0.76, H2 değeri -0.43, H3 değeri -0.73 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü değerleri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu ifade etmektedir.

Sonuç olarak 3s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar iki homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgelere göre gerçekleştirilmiştir.

Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.81’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.81. Homojenlik analizinden sonra 3s’lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
1.Bölge	Genel Lojistik	1.61*
	Genel Ekstrem Değer	0.07*
	Genel Normal	-0.47*
	Pearson Tip3	-1.50*
	Genel Pareto	-3.60
2.Bölge	Genel Lojistik	1.93
	Genel Ekstrem Değer	-0.99*
	Genel Normal	-1.33*
	Pearson Tip3	-2.11
	Genel Pareto	-5.28

1. bölgede 3s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GLO, GEV, GNO ve P3 dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. 2. bölgede 3s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. En küçük Z^{DIST} değerine sahip olan dağılım en uygun dağılım olacağına göre, her iki bölgede de GEV dağılımı en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

6s standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

6s’lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.65’te verilen düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 6s’lik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14ve 4.15’te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir; ancak homojen bölgeler sağlanamamıştır.

Çizelge 4.65’te tek bölge oluşturulması durumu dikkate alınarak aşağıda verilen alternatif yola başvurarak 6s’lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölge koşulu sağlanmıştır.

1. Bölgede bulunan ve düzensizlik meydana getiren Mardin (14) istasyonu çalışmada dikkate alınmadığında bölgenin homojenliği sağlanmıştır .

Alternatif yol uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgenin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.82 ve 4.83’te verilmiştir.

Çizelge 4.82. Homojenlik analizinden sonra 6s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

Tek Bölge	D(İ)
Adıyaman	0.34
Ağrı	1.19
Batman	1.40
Bingöl	0.21
Bitlis	2.41
Diyarbakır	0.33
Elazığ	0.40
Erzincan	0.54
Erzurum	1.43
Gaziantep	0.53
Hakkari	2.50
Kilis	0.78
Malatya	1.16
Muş	0.15
Siirt	0.48
Şanlıurfa	1.82
Tunceli	1.33

Çizelge 4.83. Homojenlik analizinden sonra 6s’lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
Tek Bölge	0.82	0.12	-0.21

Çizelge 4.82 ve 4.83 incelendiğinde tek bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışma alanından Mardin istasyonu çıkarıldıktan sonra tüm bölgede düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır.
- Bölgenin H1 değeri 0.82, H2 değeri 0.12 ve H3 değeri -0.21 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü değerleri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu ifade etmektedir.

Sonuç olarak 6s'lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgeye göre gerçekleştirilmiştir. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{\text{DIST}}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.84'te gösterilmiştir. Bölgedeki 6s'lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. Bölge için en uygun dağılım ise en küçük Z^{DIST} değerlerine sahip olan GEV dağılımıdır.

Çizelge 4.84. Homojenlik analizinden sonra 6s'lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
Tek bölge	Genel Lojistik	2.32
	Genel Ekstrem Değer	0.17*
	Genel Normal	-0.74*
	Pearson Tip3	-2.40
	Genel Pareto	-5.06

12s standart süreli yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizi

12s'lik yıllık maksimum yağmurların bölgesel frekans analizinde ilk olarak tüm bölge homojen kabul edilmiştir. Ancak çizelge 4.65'te verilen düzensizlik ölçüsünü sağlamamasından dolayı 12s'lik yıllık maksimum yağmurlar için 18 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Homojen bölgeler oluşturmak amacıyla dendrogram kullanılarak Çizelge 4.14 ve 4.15'te verilen tüm durumlar değerlendirilmiştir; ancak homojen bölgeler sağlanamamıştır.

Çizelge 4.65'te tek bölge oluşturulması durumu dikkate alınarak aşağıda verilen alternatif yola başvurarak 12s'lik yıllık maksimum yağmurlar için homojen bölge koşulu sağlanmıştır.

- Bölgede bulunan ve düzensizlik meydana getiren Mardin (14) istasyonu çalışmada dikkate alınmadığında bölgenin homojenliği sağlanmıştır .

Alternatif yol uygulandıktan sonra oluşturulan homojen bölgenin düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü sonuçları sırasıyla Çizelge 4.85 ve 4.86'da verilmiştir.

Çizelge 4.85. Homojenlik analizinden sonra 12s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan bölgenin düzensizlik ölçüsü sonuçları

Tek Bölge	D(İ)
Adıyaman	0.10
Ağrı	0.98
Batman	0.86
Bingöl	0.26
Bitlis	1.47
Diyarbakır	0.22
Elazığ	0.77
Erzincan	1.73
Erzurum	1.33
Gaziantep	0.26
Hakkari	1.29
Kilis	0.38
Malatya	0.93
Muş	0.64
Siirt	0.48
Şanlıurfa	2.40
Tunceli	2.90

Çizelge 4.86. Homojenlik analizinden sonra 12s'lik yıllık maksimum yağmurların alternatif yollara başvurularak oluşturulan homojen bölgenin heterojenlik ölçüsü sonuçları

Bölgeler	Heterojenlik ölçüsü sonuçları		
	H1	H2	H3
Tek Bölge	0.77	-0.04	0.32

Çizelge 4.85 ve 4.86 incelendiğinde tek bölge oluşturulması durumundaki bölgesel frekans analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışma alanından Mardin(14) istasyonu çıkarıldıktan sonra tüm bölgede düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır.
- Bölgenin H1 değeri 0.77, H2 değeri -0.04 ve H3 değeri 0.32 olarak bulunmuştur. Tüm heterojenlik ölçüsü değerleri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu ifade etmektedir.

Sonuç olarak 12s’lik standart süre için yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölgeye ayrılmıştır ve bundan sonra uygulanacak olan uyum iyiliği ölçüsü bu homojen bölgeye göre gerçekleştirilmiştir. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için her bir bölgedeki dağılımlara karşılık gelen Z^{DIST} değeri $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ kritik değeri ile karşılaştırılarak uygun dağılımlar belirlenmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için bazı istatistiki dağılımlarla ilgili Z^{DIST} değerleri Çizelge 4.87’de gösterilmiştir. Bölgedeki 12s’lik standart süre için her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde GEV ve GNO dağılımları uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir. Bölge için en uygun dağılım ise en küçük Z^{DIST} değerlerine sahip olan GEV dağılımıdır.

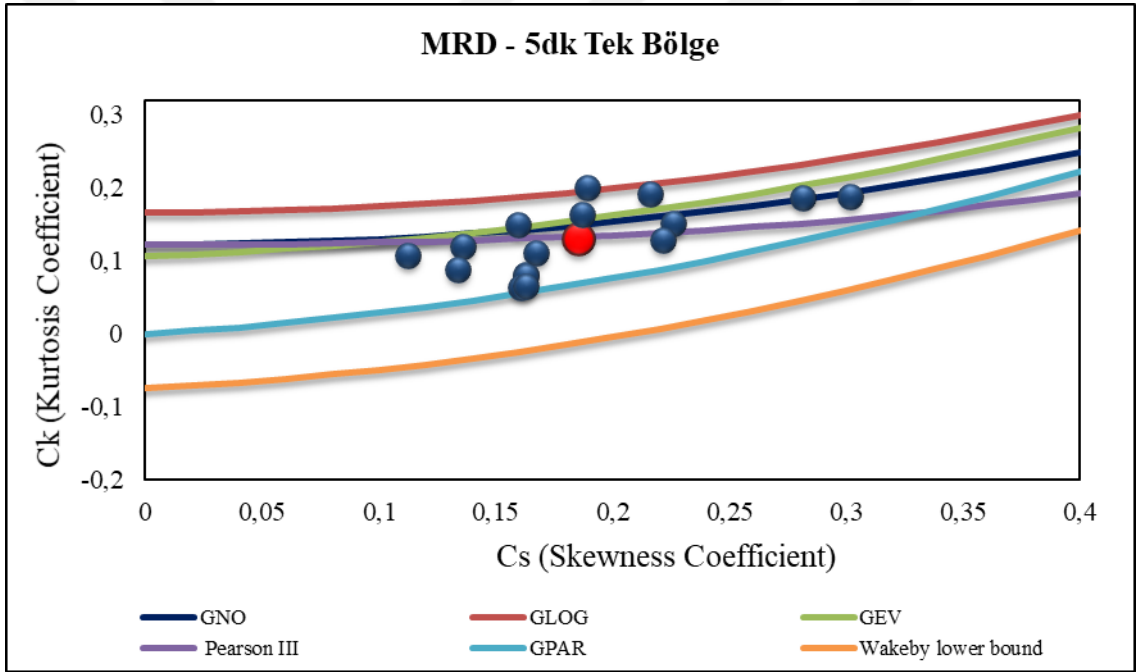
Çizelge 4.87. Homojenlik analizinden sonra 12s’lik yıllık maksimum yağmurların uyum iyiliği test sonuçları

Bölge	İstatistiksel Dağılımlar	Z^{DIST}
Tek Bölge	Genel Lojistik	2.59
	Genel Ekstrem Değer	-0.13*
	Genel Normal	-0.73*
	Pearson Tip3	-2.00
	Genel Pareto	-6.33

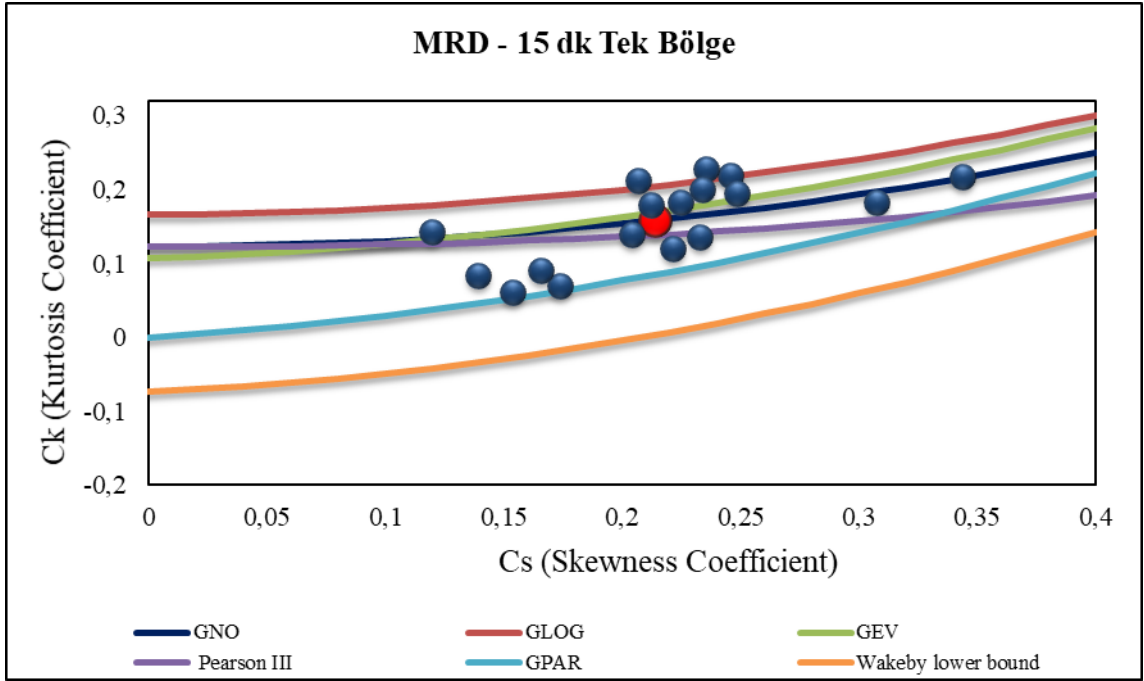
4.4.3 L-moment oran diyagramları

Fırat-Dicle Havzasında bulunan 18 yağmur istasyonuna ait standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurları homojenlik analizinden sonra uygun bölgelere ayırdıktan sonra her bölgeye uyan dağılımın görsel olarak belirlenmesinde Rao ve Hamed (2000) tarafından verilen L-moment oranları diyagramı kullanılmıştır. Bu yöntem uyum iyiliği testine göre daha kolay bir yöntemdir. Araştırmada göz önüne alınan üç parametrelili dağılımların L-CS ve L-CK değerlerine bağlı olarak teorik grafikleri elde edilmiştir. Bu

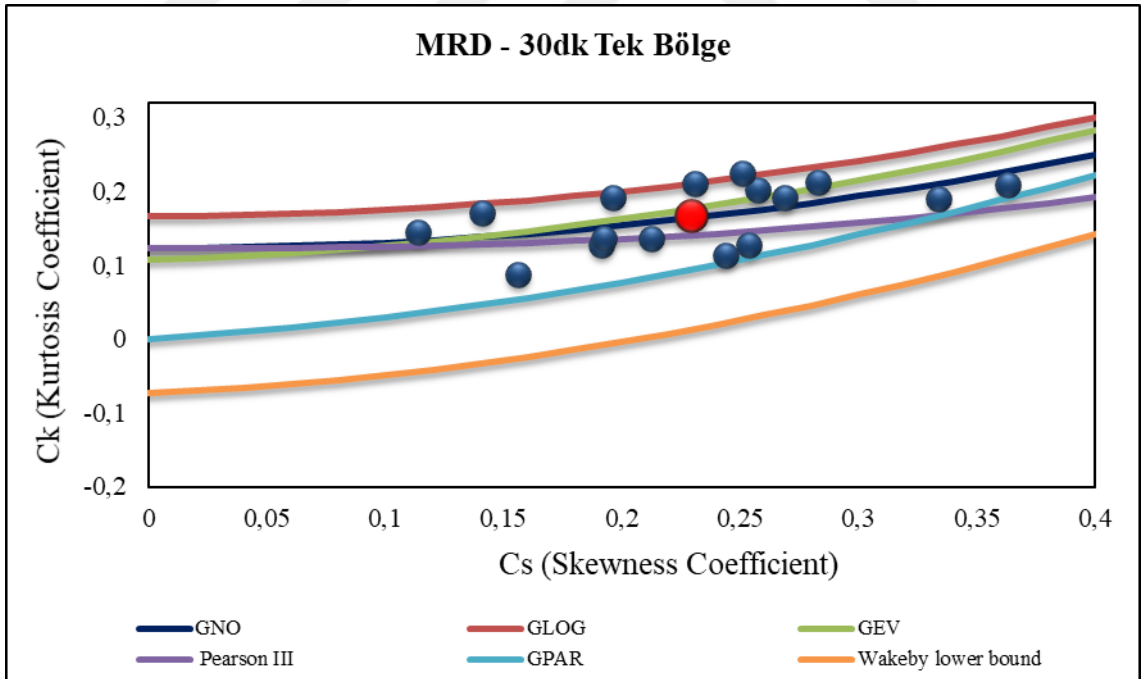
grafikler üzerinde her bölgenin bölgesel L-CS ve L-CK ortalama değeri (RWA) ile her bölgede bulunan istasyonlara ait L-CS ve L-CK değeri grafik üzerine noktasal olarak işaretlenmiştir. En uygun bölgesel dağılımın seçimi ise bölgesel L-CS ve L-CK ortalama değerine karşılık gelen RWA noktasal değerine en yakın olan dağılım bölgesel dağılım olarak belirlenmiştir. Uyum iyiliği testine göre belirlenen en uygun dağılım sonuçları ile L-moment oranları diyagramı ile belirlenen en uygun dağılım sonuçları tüm bölgeler için benzer sonuçlar göstermiştir. Tüm homojen bölgeler için elde edilen moment oran diyagramları (MRD) Şekil 4.4-4.14'te verilmiştir.



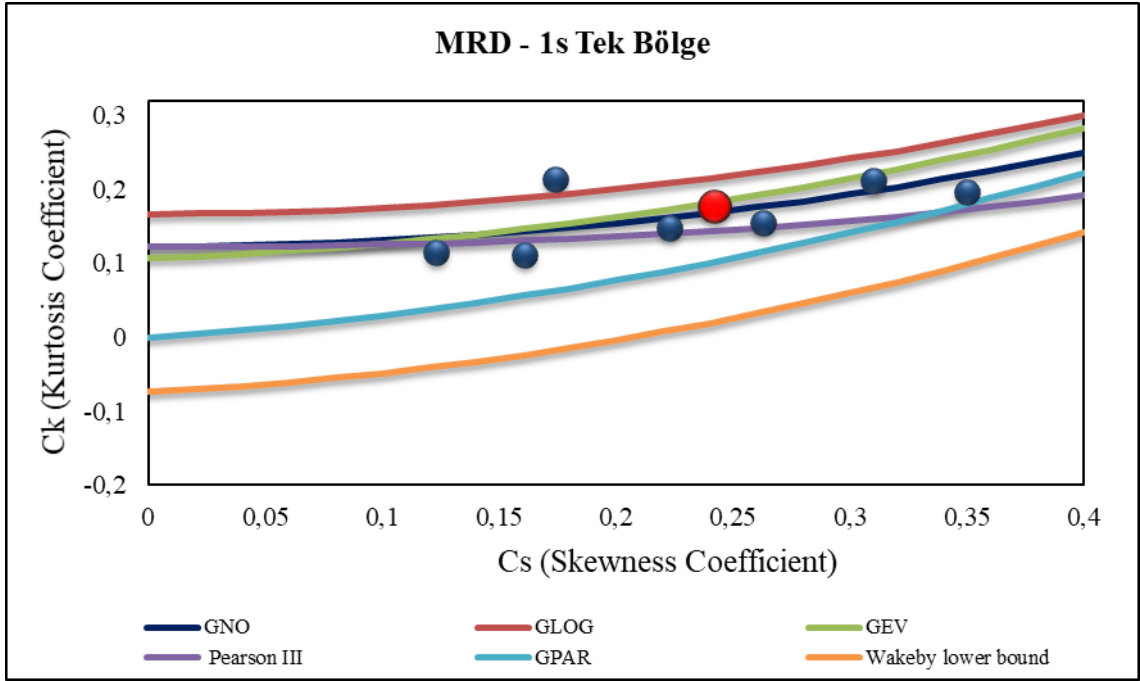
Şekil 4.4. 5dk'lık tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



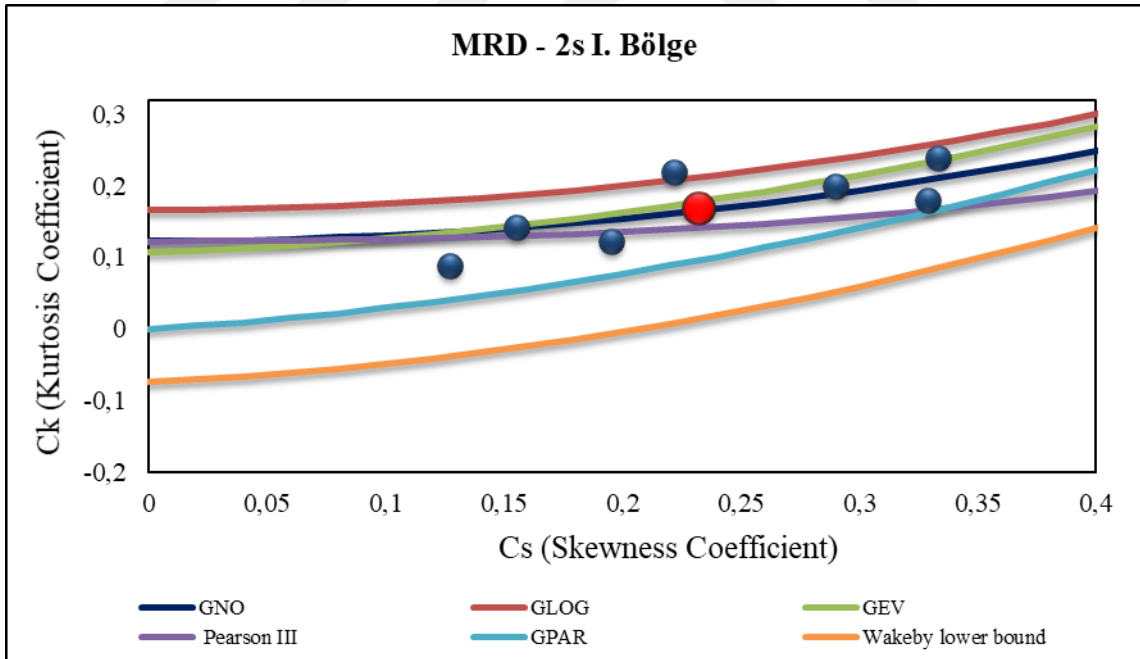
Şekil 4.5. 15dk'lık tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



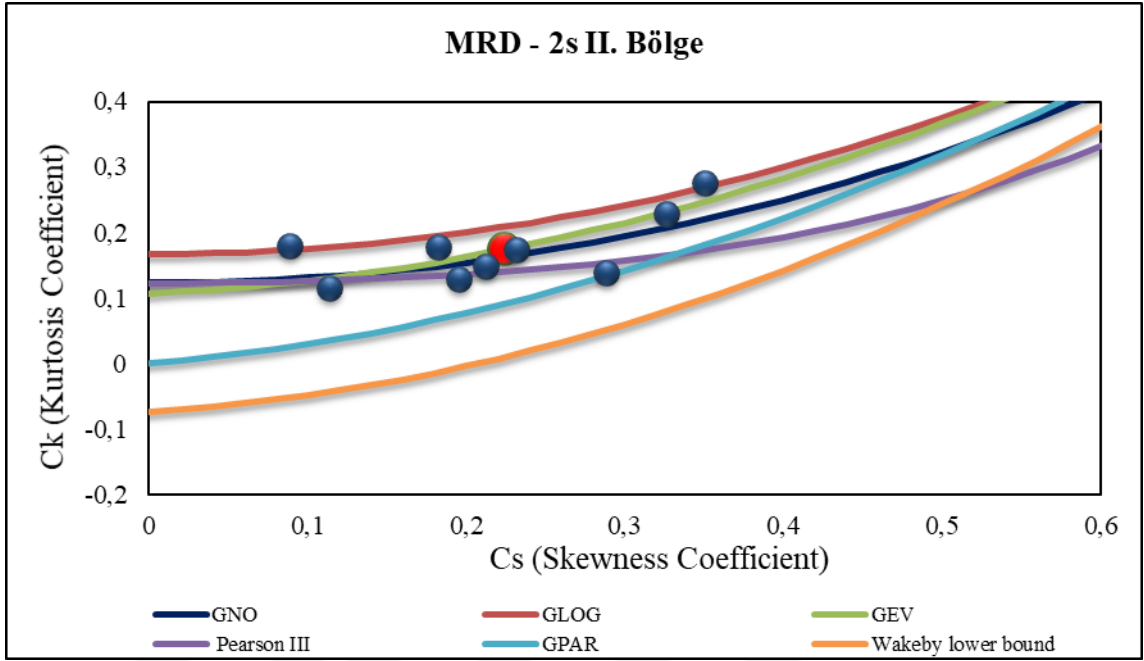
Şekil 4.6. 30dk'lık tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



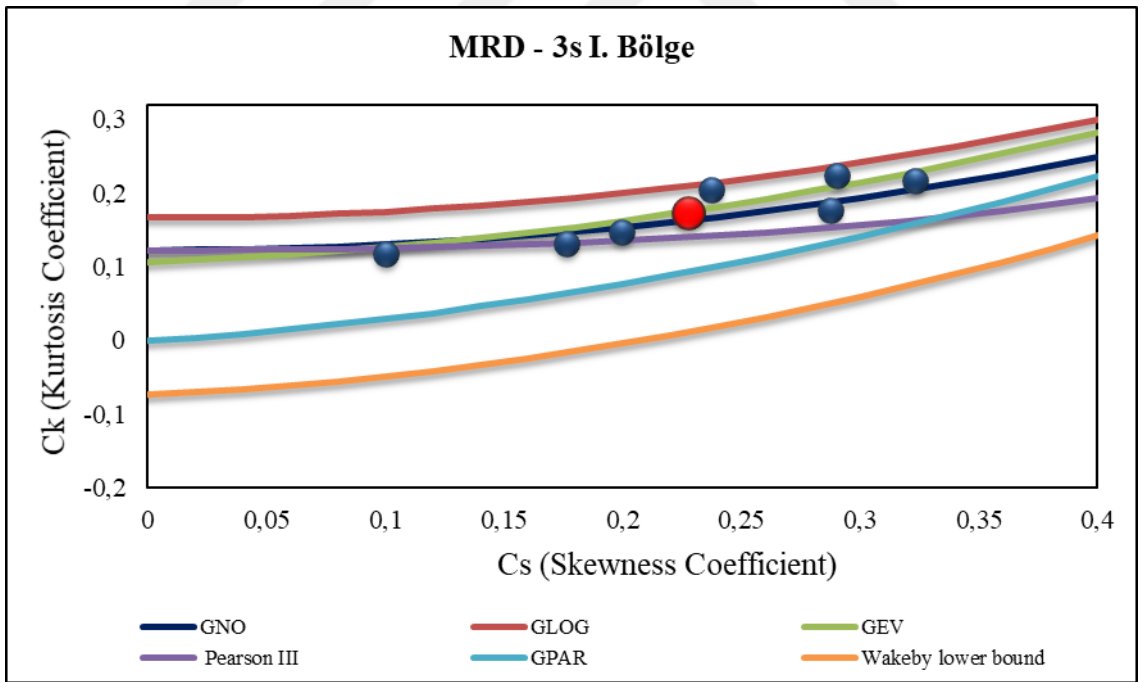
Şekil 4.7. 1s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



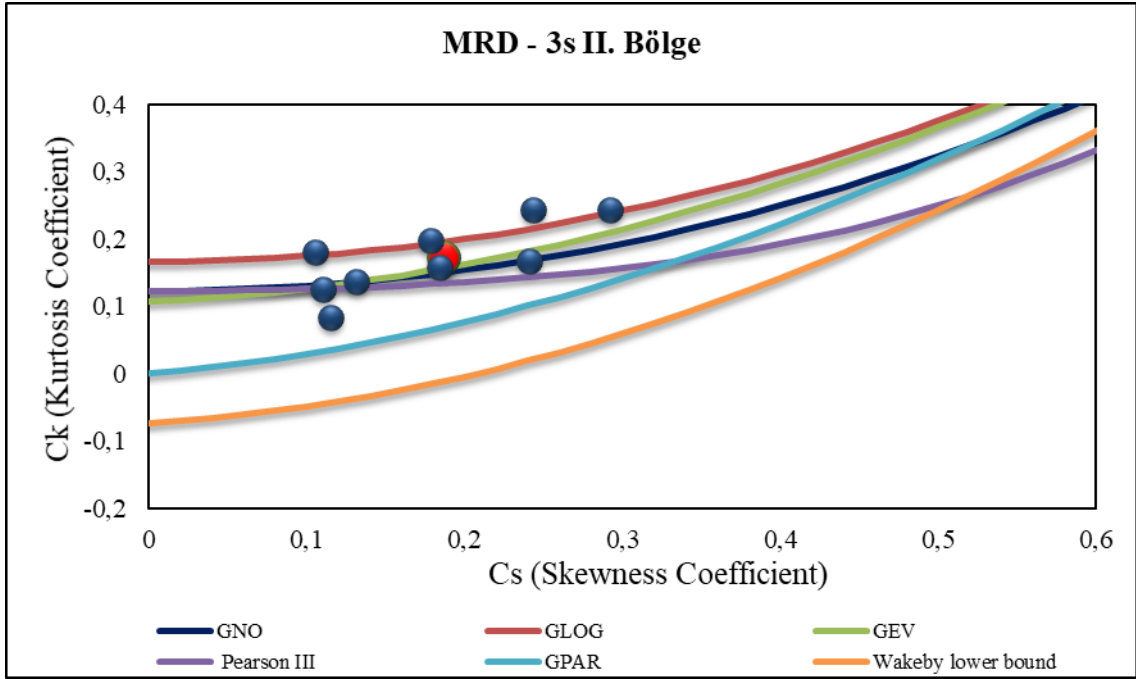
Şekil 4.8. 2s'lik I. Bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



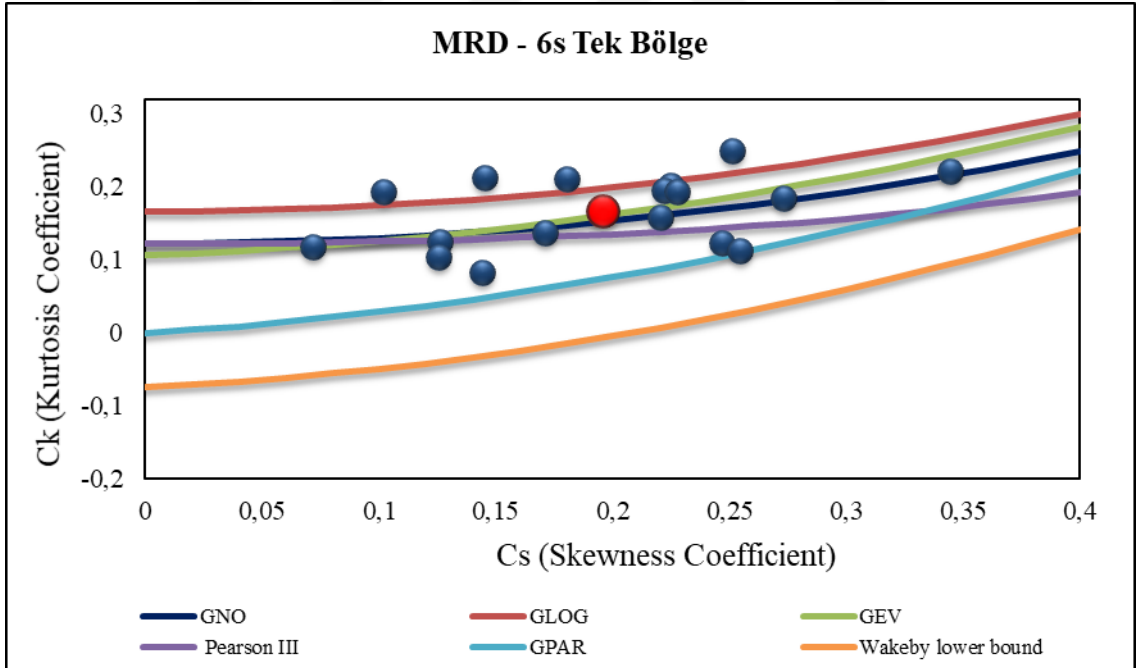
Şekil 4.9. 2s'lik II. bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



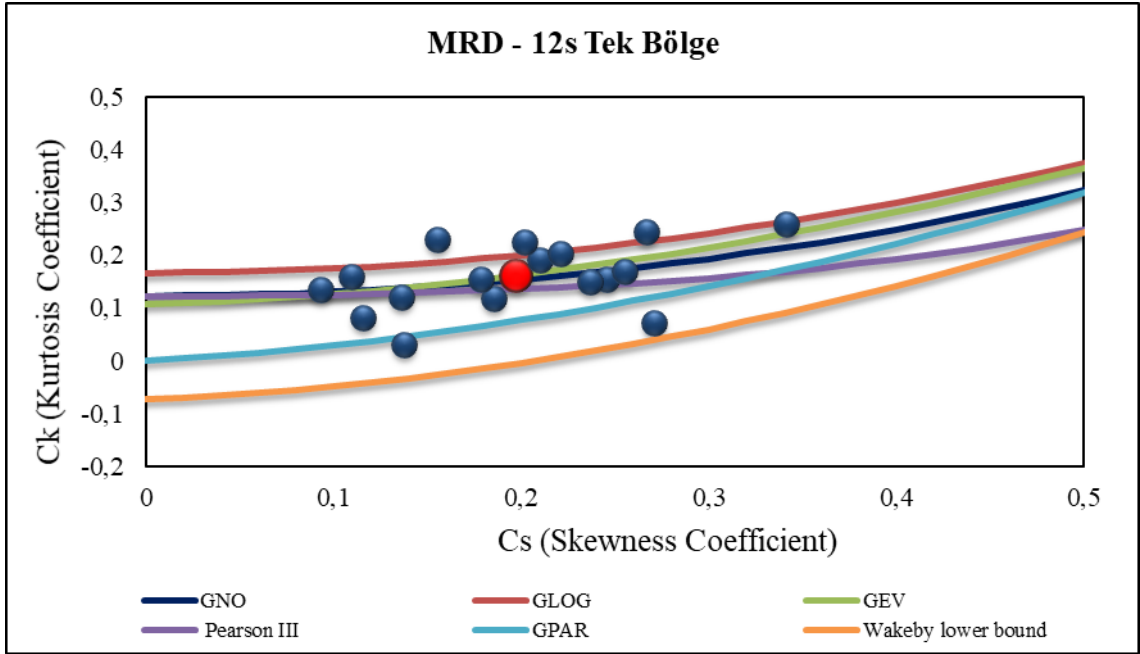
Şekil 4.10. 3s'lik I. bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



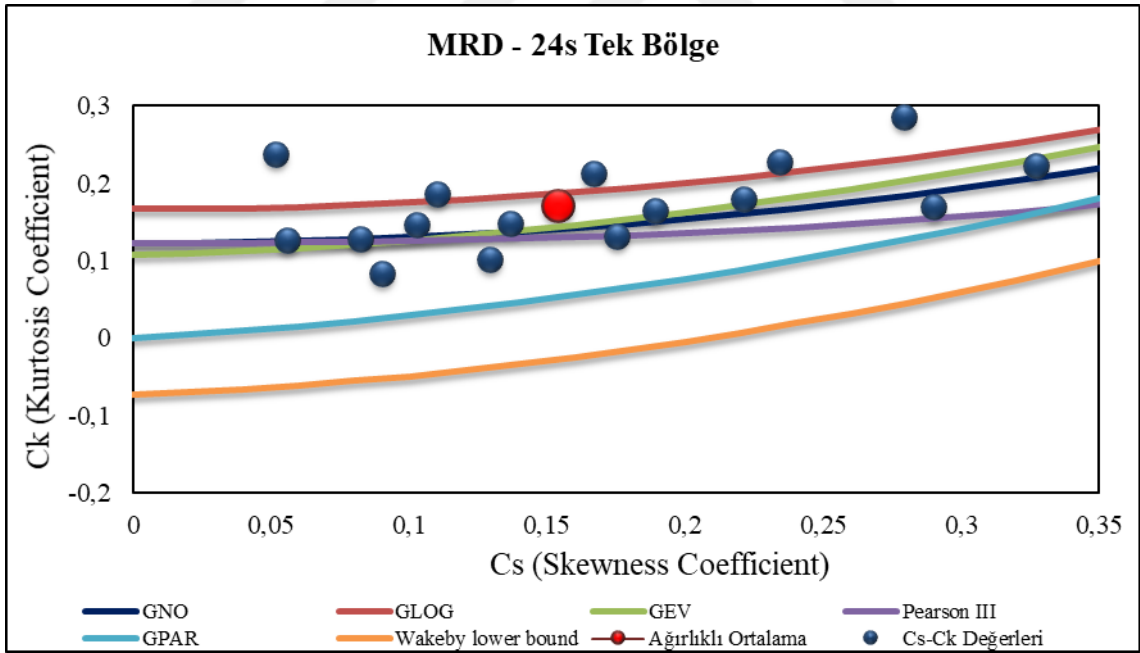
Şekil 4.11. 3s'lik II. bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



Şekil 4.12. 6s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



Şekil 4.13. 12s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD)



Şekil 4.14. 24s'lik tek bölgenin moment oran diyagramı (MRD)

Şekiller incelendiğinde 5dk tek bölge için P3; 15dk, 30dk ve 1s'lik tek bölge için GNO; 2s'lik I. Bölge için GNO, II. Bölge için GEV; 3s'lik I. ve II. Bölgeler için GEV; 6 ve

12s'lik tek bölge için GEV; 24s'lik tek bölge için GLOG dağılımlarının en uygun dağılım olduğu görülmektedir.

4.4.4 Bölgesel olasılık dağılımının değerlendirilmesi

Fırat-Dicle Havzası'na ait standart süreli yıllık maksimum yağmurları, homojenlik analizinden sonra bölgesel frekans analizi ile homojen bölgelere ayrılmıştır. Her homojen bölgeye ait uygun dağılımı belirledikten sonra bu dağılıma göre bölgesel büyüme eğrisinin farklı tekrarlanma sürelerine karşılık gelen $q(F)$ değerleri ve bu değerlere bağlı olarak gösterge taşkın yönteminden elde edilen günlük en büyük yağmur miktarları $Q_i(F)$ belirlenmiştir. Bu değerler Çizelge 4.88'de verilmiştir.

Çizelge 4.88. Homojenlik analizinden sonra standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların bölgesel büyüme eğrisi değeri ve bölgesel olasılık dağılım miktarı (mm)

Standart Süre	Bölge	Olasılık Dağılımları	Tekrarlanma Süreleri, Yıl				
			2	10	20	100	1000
5dk	Tek Bölge	P3 - $q(F)$	0,905	1,696	1,986	2,611	3,445
		P3 - $Q_i(F)$	4,25	7,97	9,34	12,27	16,19
15dk	Tek Bölge	GNO - $q(F)$	0.900	1.644	1.944	2.655	3.754
		GNO - $Q_i(F)$	7.28	13.30	15.73	21.49	30.38
30dk	Tek Bölge	GNO - $q(F)$	0,895	1,627	1,930	2,660	3,817
		GNO - $Q_i(F)$	9,35	17,00	20,17	27,80	39,89
1s	Tek Bölge	GNO - $q(F)$	0,9	1,575	1,872	2,638	3,983
		GNO - $Q_i(F)$	11,34	19,85	23,59	33,25	50,20
2s	I.Bölge	GNO - $q(F)$	0,904	1,568	1,843	2,510	3,571
		GNO - $Q_i(F)$	15,98	26,23	30,58	41,44	59,53
	II.Bölge	GEV - $q(F)$	0,918	1,507	1,757	2,381	3,420
		GEV - $Q_i(F)$	12,95	21,26	24,78	33,59	48,24
3s	I.Bölge	GEV - $q(F)$	0,909	1,551	1,826	2,517	3,684
		GEV - $Q_i(F)$	17,47	29,81	35,10	48,38	70,81
	II.Bölge	GEV - $q(F)$	0,934	1,485	1,702	2,210	2,966
		GEV - $Q_i(F)$	14,95	23,77	27,24	35,37	47,47
6s	Tek Bölge	GEV - $q(F)$	0,925	1,522	1,762	2,332	3,205
		GEV - $Q_i(F)$	19,87	32,69	37,85	50,09	68,85
12s	Tek Bölge	GEV - $q(F)$	0,924	1,524	1,766	2,342	3,227
		GEV - $Q_i(F)$	24,28	40,05	46,41	61,55	84,81
24s	Tek Bölge	GLO - $q(F)$	0.955	1.406	1.597	2.106	3.076
		GLO - $Q_i(F)$	40.08	59.00	67.02	88.38	129.09

4.5 Homojenlik Analizinden Sonraki Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağmur Verilerinin Genetik Programlama ile Yeni Şiddet Değerlerinin Tahmin Edilmesi

4.5.1 Şiddet değerlerinin elde edilmesi

Fırat-Dicle havzasındaki her bir standart süre için yıllık maksimum yağmurlar L-moment yöntemi ile bölgeselleştirildikten sonra elde edilen homojen bölgeler için en uygun dağılım belirlenmiştir. Daha sonra her bölge için uygun dağılım kullanılarak farklı tekrarlama periyotlarına karşılık gelen yağmur miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Çizelge 4.88’de verilmiştir. Hesaplanan yağmur miktarları süreye bölündüğünde farklı tekrarlama periyotlarına karşılık gelen şiddet değerleri elde edilmiş olacaktır. Hesaplanan şiddet değerleri Çizelge 4.89’da verilmiştir.

Çizelge 4.89. Standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurların homojenlik analizinden sonra farklı tekrarlama periyotlarına karşılık gelen şiddet değerleri (mm/saat)

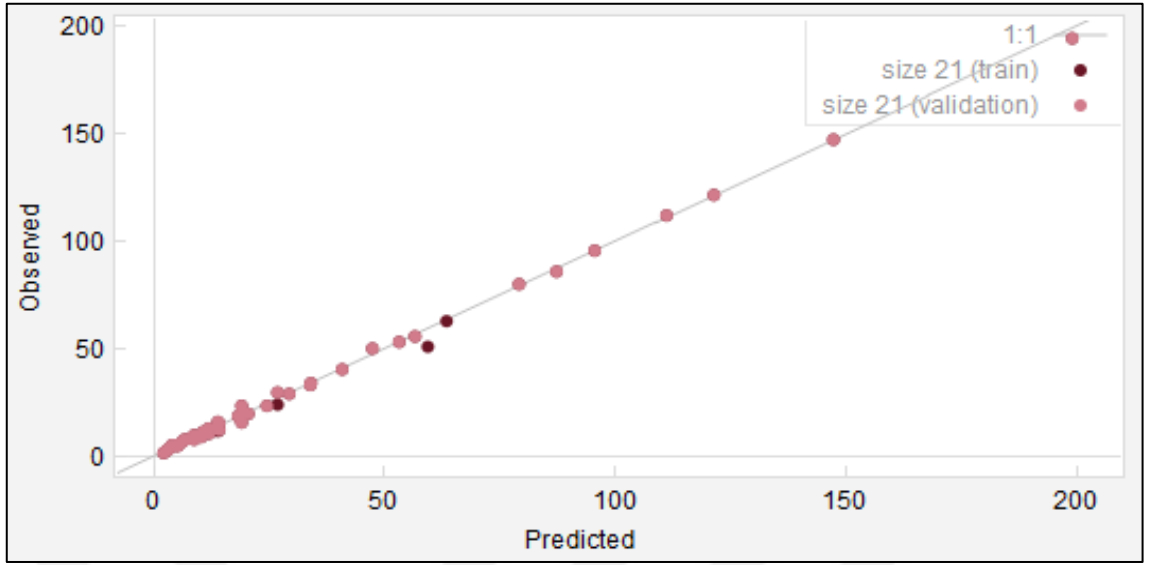
Standart Süre	Bölge	Tekrarlanma Süreleri, Yıl				
		2	5	10	100	1000
5dk	Tek Bölge	51,05	95,67	112,03	147,29	194,33
15dk	Tek Bölge	29.13	53.22	62.93	85.94	121.52
30dk	Tek Bölge	18,78	34,14	40,50	55,82	80,10
1s	I.Bölge	11,34	19,85	23,59	33,25	50,20
2s	I.Bölge	7,99	13,12	15,29	20,72	29,76
	II.Bölge	6,47	10,63	12,39	16,79	24,12
3s	I.Bölge	5,82	9,94	11,70	16,13	23,60
	II.Bölge	4,98	7,92	9,08	11,79	15,82
6s	I.Bölge	3,31	5,45	6,31	8,35	11,47
12s	I.Bölge	2,02	3,34	3,87	5,13	7,07
24s	Tek Bölge	1.67	2.46	2.79	3.68	5.38

4.5.2 Genetik programlama ile yeni yağmur şiddeti tahmini

Standart sürelerin hepsi için homojen bölgeleri temsil edecek en iyi IDF eşitliğini elde etmek amacıyla kullanılan GP yazılımında temel matematiksel işlem olarak '+, -, *, /' ve temel üssel işlemlerden doğal logaritma (log) kullanılmıştır. Toplamda 55 satır kadar veri girilmiştir. Verilerin %75'i eğitim için, %25'i doğrulama için programda rastgele seçilmiştir. Bölgesel dağılımdan elde edilen veriler ile geliştirilen fonksiyon çıktıları karşılaştırılarak en uygun GP modeli belirlenmektedir. Çizelge 4.90'da elde edilen bazı model çözümlenmiş şekliyle verilmiştir. Çizelge incelendiğinde verilen tüm çözümlerin her biri şiddet tahmininde kullanmaya uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca GP' nın ürettiği modeller literatürde IDF hesaplamalarında yangın şeklinde kullanılan eşitliklere oldukça benzerdir. Tüm çözümlerin R^2 değerleri eşittir ancak en küçük MSE oranı 1. modele aittir. Şekil 4.15'te 1. model için performans kriter değerlerini doğrulayan, gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki ilişkiyi görsel olarak sunan saçılma grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde gözlenen ve tahmin edilen değerlerin mükemmel model çizgisi üzerinde dağıldığı görülmektedir. Bu da GP ile geliştirilen fonksiyonun çok güçlü olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle çalışmada yeni şiddet değerlerinin tahmin edilmesinde 1. model tercih edilmiştir.

Çizelge 4.90. Verilerin homojenlik analizinden sonraki en uygun genetik programlama modelleri

No	Model	R^2	MSE
1	$i = 1.74 + \frac{159}{t} + \frac{199 + 434\ln(T)}{14.3 + t} - \ln(t)$	0.996	2.15
2	$i = 1.69 + 0.00175(T) + \frac{465 + 353\ln(T)}{9.7 + t}$	0.996	5.92
3	$i = 1.89 + \frac{456 + 358\ln(T - 0.193)}{9.47 + t}$	0.996	6.50
4	$i = 1.81 + \frac{451 + 358\ln(T)}{9.44 + t}$	0.996	6.64
5	$i = \frac{5851 + 384\ln(T)}{11.7 + t}$	0.995	7.63



Şekil 4.15. Verilerin homojenlik analizinden sonraki bölgesel dağılımdan elde edilen ve tahmin edilen veriler arasındaki saçılma grafiği (Model 1)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu bölümde Fırat-Dicle havzasında ölçülen standart süreli maksimum yağmurların homojenlik analizinden önce ve sonraki bölgesel frekans analizi sonuçlarının karşılaştırılmasına ve genetik programlama ile tahmin edilen IDF ilişkisini kullanarak elde edilen yeni şiddet değerlerinin sonuçları ile ilgili genel yorumlara yer verilmiştir.

5.1 Homojenlik Analizinin Değerlendirilmesi

Hidrolojik çalışmalarda ilk olarak verilerin homojenliğini kontrol edilmesi gerekmektedir. Verilerin homojenliği parametrik ve non-parametrik testler ile kontrol edilebilmektedir. Bu çalışmada literatürde yaygın olarak kullanılan ve non-parametrik test olan Mann-Whitney U testi tercih edilmiştir. MWU testi sonuçlarına göre 8 istasyonun farklı standart sürelerdeki maksimum yağmur verilerinin homojenlik koşulunu sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunlar 5dk standart süre için Malatya istasyonu; 30dk standart süre için Tunceli istasyonu; 1s ve 2s standart süreler için Bitlis ve Tunceli istasyonları; 3s standart süre için Elazığ, Hakkari, Tunceli istasyonları; 6s standart süreler için Diyarbakır, Elazığ, Hakkari istasyonları; 12s standart süreler için Ağrı, Elazığ, Hakkari, Siirt istasyonlarıdır. Çift birikimli eğri yöntemi kullanılarak homojenlik koşulunu sağlamayan istasyonlar homojen hale getirilmiştir.

5.2 Bölgesel Frekans Analizinde Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Standart sürelerin hepsi için homojenlik analizinden önce ve sonraki düzensizlik, heterojenlik ve uyum iyiliği ölçüsü sonuçları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Homojenlik analizinden önce ve sonra, standart süreli yıllık maksimum yağmurlar ilk aşamada tek homojen bölge olarak düşünülmüştür ve bölgesel frekans analizi uygulanmıştır. Homojenlik analizinden önce 5dk, 15dk, 30dk, 1s ve 2s'lik sürelerde Mardin istasyonu, 3s'lik sürede ise Mardin ve Tunceli istasyonları düzensizlik çıkmıştır. 6s, 12s ve 24s'lik sürelerde ise düzensizlik ölçüsü istenen kritik değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir ancak bu sürelerde de heterojenlik

ölçüsü, homojenlik kriterini sağlamamıştır. Homojenlik analizinden sonra ise 5dk standart süre için Malatya ve Mardin istasyonları; 15dk, 1s, 6s ve 12s standart sürelerindeki yıllık maksimum yağmur değerleri için Mardin istasyonu; 3s'lik yıllık maksimum yağmur değerleri için Mardin, Muş ve Tunceli istasyonları düzensizlik ölçüsü koşulunu sağlamamıştır. 30dk, 2s ve 24s standart sürelerde ise düzensizlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır ancak heterojenlik koşulu istenilen homojenlik kriterini sağlamamıştır Bu sebeplerden dolayı tüm standart süreli yıllık maksimum yağmurlar tek homojen bölge olarak değerlendirilememiştir.

- Tek homojen bölge koşulu sağlanamamasından dolayı alt homojen bölgeler oluşturmak için kümeleme analizi yapılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda elde edilen dendrograma göre 4 adet 2'li alt bölge ve 1 adet 3'lü alt bölge oluşturulmuştur.
- Oluşturulan tüm alt bölgeler, standart sürelerin hepsi için tek tek denenmiştir.
- 5dk standart süre için; homojenlik analizinden önce ve sonra dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Söz konusu bu süre için homojen bölge oluşturmak amacıyla tek bölge oluşturulması durumu tekrar değerlendirilmiştir. Homojenlik analizinden önce ilk durumda düzensizlik kriterini sağlayamayan Mardin istasyonu, homojenlik analizinden sonra ise Malatya ve Mardin istasyonları homojen bölge sağlamak maksadıyla çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır. Homojen bölgeler oluşturulduktan sonra bu homojen bölgeye uyan dağılımın veya dağılımların belirlenmesi amacıyla uyum iyiliği ölçüsü sonuçları değerlendirilmiştir. Homojenlik analizinden önce ve sonra her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde bölge için en uygun dağılım P3 dağılımı olarak belirlenmiştir.
- 15dk standart süre için; homojenlik analizinde tüm istasyonlar homojenlik koşulunu sağlamıştır. Bu nedenle homojenlik analizinden önce ve sonraki durumlarda bölgesel frekans analizi için kullanılacak veriler aynı kalacaktır. Söz konusu standart süre için dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Homojen bölge oluşturmak amacıyla tek bölge oluşturulması durumu tekrar değerlendirilmiştir. İlk durumda düzensizlik kriterini sağlayamayan Mardin istasyonu, ikinci durumda homojen bölge sağlamak

maksadıyla çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır. Homojen bölgeler oluşturulduktan sonra, Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde bölge için en uygun dağılım GNO dağılımı olarak belirlenmiştir.

- 30dk standart süre için; homojenlik analizinden önce ve sonra dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Söz konusu bu süreler için homojen bölge oluşturmak amacıyla tek bölge oluşturulması durumu tekrar değerlendirilmiştir. Homojenlik analizinden önce düzensizlik kriterini sağlayamayan Mardin istasyonu, homojenlik analizinden sonra ise Mardin ve Tunceli istasyonları homojen bölge sağlamak maksadıyla çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlanmıştır. Homojen bölgeler oluşturulduktan sonra bu homojen bölgeye uyan dağılımın veya dağılımların belirlenmesi amacıyla uyum iyiliği ölçüsü sonuçları değerlendirilmiştir. Homojenlik analizinden önce ve sonra her bir dağılıma ait Z^{DIST} değerleri değerlendirildiğinde bölge için en uygun dağılım GNO dağılımı olarak belirlenmiştir.
- 1s standart süre için; homojenlik analizinden önce ve sonra dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Homojenlik analizinden önce, homojen bölge oluşturmak amacıyla Çizelge 4.14’de verilen 2’li alt bölge oluşturulması durumunda 2. Seçenek tekrar göz önüne alınmıştır. Mardin istasyonu her iki bölgeye de uyum sağlayamadığı için çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlayan iki homojen bölge oluşturulmuştur. I. ve II. bölge için en uygun dağılımlar sırasıyla GNO ve GEV dağılımı olarak belirlenmiştir. Homojenlik analizinden sonra ise, homojen bölge oluşturmak amacıyla tek bölge oluşturulması durumu tekrar değerlendirilmiştir. Düzensizlik kriterini sağlayamayan Mardin istasyonu çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlayan tek bölge elde edilmiştir. Elde edilen tek homojen bölge için en uygun dağılım GEV dağılımı olarak belirlenmiştir.
- 2s standart süre için; homojenlik analizinden önce ve sonra dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Her iki durum için homojen bölge oluşturmak amacıyla Çizelge 4.14’de verilen 2’li alt bölge

oluşturulması durumunda 2. Seçenek tekrar göz önüne alınmıştır. Gaziantep ve Siirt istasyonları I. bölgeye alınarak I. bölgenin düzensizlik ve heterojenlik koşulu sağlanmıştır. II. bölge için homojenlik analizinden önce Mardin istasyonu, homojenlik analizinden sonra Mardin ve Tunceli istasyonları çalışmada göz ardı edilerek bölgenin homojenliği sağlanmıştır. Her iki durumda I. bölge için GNO, II. bölge için GEV dağılımları uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

- 3s standart süre için; homojenlik analizinden önce ve sonra dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Her iki durum için homojen bölge oluşturmak amacıyla Çizelge 4.14'de verilen 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 2. Seçenek tekrar göz önüne alınmıştır. Gaziantep ve Siirt istasyonları I. bölgeye alınarak I. bölgenin düzensizlik ve heterojenlik koşulu sağlanmıştır. II. bölge için homojenlik analizinden önce Mardin istasyonu, homojenlik analizinden sonra Mardin ve Tunceli istasyonları çalışmada göz ardı edilerek bölgenin homojenliği sağlanmıştır. Her iki durumda I. bölge için GEV, II. bölge için GEV dağılımları uygun dağılım olarak belirlenmiştir.
- 6s standart süre için; homojenlik analizinden önce ve sonra dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Homojenlik analizinden önce, homojen bölge oluşturmak amacıyla Çizelge 4.14'de verilen 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 2. Seçenek tekrar göz önüne alınmıştır. Mardin istasyonu her iki bölgeye de uyum sağlayamadığı için çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlayan iki homojen bölge oluşturulmuştur. Her iki bölge için en uygun dağılım, GEV dağılımı olarak belirlenmiştir. Homojenlik analizinden sonra ise, homojen bölge oluşturmak amacıyla tek bölge oluşturulması durumu tekrar değerlendirilmiştir. Düzensizlik kriterini sağlayamayan Mardin istasyonu çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlayan tek bölge elde edilmiştir. Elde edilen tek homojen bölge için en uygun dağılım GEV dağılımı olarak belirlenmiştir.
- 12s standart süre için; homojenlik analizinden önce ve sonra dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Homojenlik analizinden önce, homojen bölge oluşturmak amacıyla Çizelge 4.14'de verilen 2'li alt bölge oluşturulması durumunda 2. Seçenek tekrar göz önüne alınmıştır.

Mardin ve Hakkari istasyonları her iki bölgeye de uyum sağlayamadığı için çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlayan iki homojen bölge oluşturulmuştur. I. bölge için en uygun dağılım GEV, II. bölge için GNO dağılımı olarak belirlenmiştir. Homojenlik analizinden sonra ise, homojen bölge oluşturmak amacıyla tek bölge oluşturulması durumu tekrar değerlendirilmiştir. Düzensizlik kriterini sağlayamayan Mardin istasyonu çalışmada göz ardı edilerek düzensizlik ölçüsü ve heterojenlik ölçüsü koşulu sağlayan tek bölge elde edilmiştir. Elde edilen tek homojen bölge için en uygun dağılım GEV dağılımı olarak belirlenmiştir.

- 24s' lik süre için; homojenlik analizinde tüm istasyonlar homojenlik koşulunu sağlamıştır. Bu nedenle homojenlik analizinden önce ve sonraki durumlarda bölgesel frekans analizi için kullanılacak veriler aynı kalacaktır. Söz konusu standart süre için dendrograma göre oluşturulan alt bölgeler ile homojen bölgeler sağlanamamıştır. Homojen bölge oluşturmak amacıyla tek bölge oluşturulması durumu tekrar değerlendirilmiştir. Bölgede düzensizlik oluşturmamayan ancak heterojenlik ölçüsünün büyük çıkmasına neden olan Mardin ve Tunceli istasyonları çalışmada göz ardı edilerek bölgenin düzensizlik ve heterojenlik ölçüsü sağlanmıştır. Elde edilen bu homojen bölgeye uyan tek dağılım GLO dağılımıdır.

5.3 Genetik Programlama (GP) ile Elde Edilen Şiddet-Süre-Frekans (IDF) İlişkilerinin Değerlendirilmesi

Standart sürelerdeki yıllık maksimum yağmurlar homojenlik analizinden önce ve sonra bölgeselleştirilip en uygun dağılım belirlendikten sonra uygun dağılıma göre farklı tekrarlama olasılıklarında yağmur miktarları hesaplanmıştır. Yağmur miktarı hesaplandıktan sonra yine farklı tekrarlama periyotlarında şiddet değerleri belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise, standart süreler, tekrarlama periyot değerleri ve bölgesel frekans analizi sonucunda elde edilen şiddet değerleri kullanılarak GP ile yeni şiddet değerlerinin tahmini için modeller oluşturulmuştur. GP ile oluşturulan modeller literatürdeki IDF ilişkileriyle oldukça benzer çıkmıştır ve oluşturulan modeller regresyon katsayısı (R^2) ve hata kareleri ortalaması (MSE) performans kriterlerine göre

değerlendirilmiştir. Verilerin homojenlik analizinden önce ve sonraki tüm değerlendirmeler sonucunda sırasıyla beş parametrelili Eşitlik 5.1.'de ve Eşitlik 5.2.'de verilen IDF ilişkilerinin Fırat-Dicle Havzası'nı en iyi temsil edeceği sonucuna ulaşılmıştır. Her iki durum içinde R^2 sonuçları eşit çıksa da, MSE sonuçlarına göre homojenlik analizinden sonraki bölgesel dağılım sonucu elde edilen veriler ile geliştirilen IDF ilişkisi daha güçlü tahminler yaptığı görülmüştür.

$$i = a + b \ln(T) + \frac{c + d \ln(T)}{e + t} - \ln(t) \quad (5.1)$$

$$i = a + \frac{b}{t} + \frac{c + d \ln(T)}{e + t} \quad (5.2)$$

Sonuç olarak yapay zeka uygulamaları her alanda olduğu gibi hidroloji alanında da büyük öneme sahiptir. Bu konudaki bilimsel çalışmalar son yıllarda daha da artmıştır. Bu artışın sebebi son zamanlarda adından sürekli bahsedilen ve her geçen gün etkisini daha da artıran iklim değişikliğidir. İklim değişikliği sebebiyle dünyanın farklı yerlerinde çeşitli doğal afetler meydana gelmektedir. Doğal afetlere örnek olarak sel, taşkın, tsunami, heyelan, çığ, kuraklık, deprem verilebilir. Meydana gelebilecek bu doğal afetlerden dolayı hidroloji mühendisliğinde tahmin ve modelleme çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Yapılan bu tahmin ve modelleme çalışmaları, hangi bölge veya bölgeler için yapıldıysa o bölgede dikkate alınarak ileride yapımı düşünülen herhangi bir hidrolojik tasarımların planlanması veya projelenmesi aşamasında fikir sahibi olunmasına yardımcı olabilmektedir.

Su kaynaklarının geliştirilmesi ve kontrolü için yapılan hidrolojik yapıların gerek tasarım gerekse inşasından sonraki işletme aşamalarında suyun alan ve zaman içindeki dağılımı, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve su ile ilgili çevre ilişkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Büyük ve küçük hidrolik yapıların tasarımında proje değerlerinin tahmin edilmesi önemlidir. Hidrolojik çevrimin bileşenlerinden biri olan akış değişkeni bu manada önemlidir. Hidrolik yapıların tasarımında akış değişkeninin gelecekteki değerleri kullanılmaktadır. Akış ve akışı meydana getiren yağışın gelecekteki miktarını kesin olarak tahmin etmek zordur. Bunun için olasılık veya frekans temelli bir yaklaşım yaygın olarak benimsenmektedir. Frekans analizi için yeterli uzunlukta hidrolojik kayıtlar

mevcut olduğunda, bunların gelecekte meydana gelme olasılıkları tahmin edilebilir. Bir hidrolojik olayın rasgele davranışı tespit edildiğinde, olay büyüklüğü belirli bir tekrarlanma süresi için tasarım değeri olarak kullanılmaktadır (Chow, 1988). Tasarım değeri belirlenirken en önemli faktörler maliyet ve güvenlidir. Örneğin; çok büyük debi için menfezler gibi küçük yapıların tasarlanması yapıyı yetersiz kılarken, büyük bir barajda dolusavak gibi bir hidrolik yapı çok küçük bir taşkın için tasarlandığında çok büyük maliyet ve barajın başarısızlığı ile sonuçlanabilir. Chow (1988) tarafından bu tür maliyet ve güvenlik sorunlarının yaşanmaması amacıyla, su kontrol yapıları için bazı genelleştirilmiş tasarım kriterleri geliştirilmiştir ve bu tasarım kriterleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Su kontrol yapıları için bazı genelleştirilmiş tasarım kriterleri

Yapının Tipi		Tekrarlanma Periyodu (yıl)
Otoyol Menfezi	Düşük trafik	5-10
	Orta seviye trafik	10-25
	Yoğun trafik	50-100
Otoyol Köprüsü	İkincil sistem	10-50
	Birincil sistem	50-100
Tarla Drenajı	Menfezler	5-50
	Hendekler	5-50
Şehir Drenajı	Küçük şehirlerdeki taşkın kanalı	2-25
	Büyük şehirlerdeki taşkın kanalı	25-50
Havaalanı	Düşük trafik	5-10
	Orta seviye trafik	10-25
	Yoğun trafik	50-100
Sedde	Tarla kenarına	2-50
	Kent çevresine	50-200
Barajlar (Düşük Tehlikeli)	Küçük barajlar	50-100
	Orta barajlar	100+
	Büyük barajlar	-
Barajlar (Önemli Tehlikeli)	Küçük barajlar	100+
	Orta barajlar	-
	Büyük barajlar	-
Barajlar (Ciddi Tehlikeli)	Küçük barajlar	-
	Orta barajlar	-
	Büyük barajlar	-

Yapılan bu çalışma ile Fırat-Dicle havzası için Çizelge 5.1’de verilen ve yapımı planlanan her türlü hidrolik yapının proje kriterlerinin saptanmasında önemlidir. Böylece yapılması düşünülen hidrolik yapıdan beklenen fayda ve emniyetin doğru olarak saptanmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu alanda çalışan akademisyenlere de yapacakları çalışmalarda faydalı olabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Akbaş, Z., 2015. Türkiye'nin Fırat ve Dicle sınıraşan sularından kaynaklanan güvenlik sorunu ve çatışma riski. Bilig / Türk Dünyası Sosyal Bilimler Dergisi, 72, 93–116.
- Anlı, A. S., Apaydın, H. ve Öztürk, F., 2006. Advanced methods applied in regional frequency analysis, 3rd International Conference on Water Resources in Mediterranean Basin, 1-3 November, Tripoli, Lebanon.
- Anlı, A. S., Yurekli, K. Hınıs, M. A. ve Apaydin, H., 2011. Regional Frequency Analysis for Annual Rainfall Totals of Konya Closed Basin in Turkey, 5th Atmospheric Science Symposium – ATMOS 2011 Proceedings, (301-312), 27-29 April 2011. Istanbul Technical University, Istanbul – Turkey.
- Anlı, A.S. ve Öztürk, F., 2011. Ankara'da Ölçülen Yıllık Maksimum Yağmurların Bölgesel Frekans Analizi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1), 61-71.
- Anlı, A.S., 2009. Ankara'da Meydana Gelen Yağmurların L Moment Yöntemleri ile Bölgesel Frekans Analizi. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Anlı, A.S., Apaydın, H. ve Öztürk, F., 2007. Regional Flood Frequency Estimation For The Göksu River Basin Through L-Moments, International Congress on River Basin Management International River Basin Management Conference, State Hydraulic Works, 22-24 March, Gloria Golf Resort Hotel, Belek, Antalya.
- Anlı, A.S., Apaydın, H. ve Öztürk, F., 2009. Trabzon İlinde Gözlenen Yıllık Maksimum Yağmurların Bölgesel Frekans Analizi. Tarım Bilimleri Dergisi, 15(3), 240-248.
- Anonim , 2019a. <https://www.tarimorman.gov.tr> (01.08.2019)
- Anonim , 2019b. <http://www.gap.gov.tr> (01.08.2019)
- Aydın, M., 2018. Batı Akdeniz Havzası Taşkın Debilerinin L-momentler Yöntemi ve Noktasal Taşkın Frekans Analizi ile Belirlenmesi. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(1), 117-125.
- Bhattarai, S., Zhou, Y., Zhao, C. ve Zhou, H., 2018. Predicting Temperature Drop Rate of Mass Concrete during an Initial Cooling Period Using Genetic Programming. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 311.
- Çıtakoğlu, H. ve Güney, M., 2017. L–Momentler Yöntemiyle Türkiye'ye Ait Açık Yüzey Buharlaşma Değerlerinin Bölgeselleştirilmesi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 546-559.
- Çıtakoğlu, H., Demir, V. ve Haktanır, T., 2017. L-Moment Yöntemiyle Karadeniz'e Dökülen Akarsulara Ait Yıllık Anlık Maksimum Akım Değerlerinin Bölgesel Frekans Analizi. Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 571-580.
- Değirmenci, S., 2007. Türkiye'de Sınır Aşan Sular ve Fırat - Dicle - Asi Nehileri Bağlamında Orta Doğu'da Su Sorunu. (Y.Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Denizli.
- Dejong, K.A., 1975, An Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems. (Ph.D. thesis), University of Michigan.
- Demir, A.F. ve Pamukçu, Ö. K., 1996. Fırat Dicle Havzasında Türkiye'nin Su Politikası. Değişen Dünya ve Türkiye Der. Faruk Sönmezoğlu. İstanbul: Bağlam Yayınları. 267-286.

- Dodangeh, S., Sattari, M.T. ve Seçkin, N., 2011. Minimum Akımların L-Momentler Yöntemi ile Bölgesel Frekans Analizi. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 17 (2011), 43-58.
- Emel, G.G. ve Taşkın, Ç., 2002. Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(1), 129-152.
- Engin O., 2001. Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözüm Performansının Arttırılmasında Parametre Optimizasyonu. (Doktora Tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Enginsu, M., 2015. Orta Karadeniz Bölgesinde Taşkına Neden Olan Günlük En Büyük Yağmur Miktarlarının Bölgesel Frekans Analizi. (Y.Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat.
- Ghiaci, F., Kankal, M., Anılan T. ve Yüksek, Ö., 2018. Regional Intensity–Duration–Frequency Analysis in the Eastern Black Sea Basin, Turkey, by using L-moments and Regression Analysis. Theor Appl Climatol, 131, 245–257.
- Greenwood, J. A., Landwehr, J. M., Matalas, N. C. ve Wallis, J. R., 1979. Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Several Distributions Expressable in Inverse Form. Water Resources Research, 15, 1049-54.
- Greis, N. P. ve Wood, E. F., 1981. Regional Flood Frequency Estimation and Network Design. Water Resources Research, 17, 1167-77.
- Guttman, N. B., Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1993. Regional Precipitation Quantile Values for the Continental United States Computed From L-Moments. Journal of Climate, 6(12), 2326-2340.
- Haddah, K., Rahman, A. ve Green, J., 2011. Design Rainfall Estimation in Australia: A Case Study Using L-Moments and Generalized Least Squares Reggession. Stoch Environ Res Risk Assess, 25, 815-825.
- Holland, J. H., 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems (Ann Arbor: University of Michigan Press).
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1997. Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 224p.
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., Wood, E. F., 1985. An Appraisal of the Regional Flood Frequency Procedure in the UK Flood Studies Report. Hydrological Sciences Journal, 30, 85-109.
- 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(1), 105-124.
- Hosking, J. R. M., 2006. On the Characterization of Distributions by Their L-Moments. Journal of Statistical Planning and Inference, 136, 193–198.
- Kar, K. K., Yang, S. K. ve Khadim, F. K., 2017. Regional Frequency Analysis for Consecutive Hour Rainfall Using L-Moments Approach in Jeju Island, Korea. Geoenvironmental Disasters, 4, 18.
- Koza, J., R., 1992. Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection. MIT Press, Cambridge MA.
- Kysely, J., Picek, J. ve Huth, R., 2006. Formation of Homogeneous Regions for Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation Events in the Czech Republic. Studia Geophysica et Geodaetica, 51 (2007), 327–344.

- Landwehr, J. M., Matalas, N. C. ve Wallis, J. R., 1979a. Probability-Weighted Moments Compared with Some Traditional Techniques in Estimating Gumbel Parameters and Quantiles. *Water Resources Research*, 15, 1055-64.
- Landwehr, J. M., Matalas, N. C. ve Wallis, J. R., 1979b. Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions. *Water Resources Research*, 15, 1361-79.
- Müftüoğlu, F., 1997. Ortadoğu Su Meseleleri ve Türkiye. İstanbul: Marifet Yayınları.
- Nachar, N., 2008. The Mann Whitney U: A Test for Assessing Whether Two Independent Samples Come from the Same Distribution. *Quant. Meth. Psych.* 4, 13-20.
- Öziş, Ü. ve Özdemir, Y., 2008. Fırat-Dicle Havzası ve Türkiye. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi.
- Parida, B.P., 1999. Modelling of Indian Summer Monsoon Rainfall Using a Four-Parameter Kappa Distribution. *International Journal of Climatology*, 19, 1389–1398.
- Rostami, R., 2013. Regional Flood Frequency Analysis Based on L-Moment Approach (Case Study West Azarbayjan Basins). *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 3(3), 107-113.
- Saf, B., 2009. Batı Akdeniz Havzalarının L-Momentlere Dayalı Bölgesel Taşkın Frekans Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 153-165.
- Sahrin, S., Ismail, N. ve Alias, N.E., 2018. Regional Frequency Analysis on Peninsular Malaysia Using L-Moments. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 103(8), 1379-1398.
- Santos, J. F., Portela, M. M. ve Pulido-Calvo, I., 2011. Regional Frequency Analysis of Droughts in Portugal. *Water Resour Manage*, 25, 3537–3558.
- Seçkin, N. ve Topçu, E., 2016. Adana ve Çevre İllerde Gözlenen Yıllık Maksimum Yağmurların Bölgesel Frekans Analizi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(4), 1049-1062.
- Seçkin, N. ve Yurtal, R., 2008. L-Momentlere Dayalı Gösterge-Sel Metodu ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Shabri, A. B., Daud, Z. M. ve Ariff, N. M., 2011. Regional Analysis of Annual Maximum Rainfall Using TL-Moments Method. *Theor Appl Climatol*, 104, 561–570.
- Shahzadi, A., Akhter, A.S. ve Saf, B., 2013. Regional Frequency Analysis of Annual Maximum Rainfall in Monsoon Region of Pakistan using L-moments. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, 9(1), 111-136.
- Şorman, A.Ü., 2004. Bölgesel frekans analizindeki son gelişmeler ve Batı Karadeniz’de bir uygulama. *İMO Teknik Dergi*, 15(2).
- Yürekli, K. ve Modarres, R., 2006. Regionalization of Maximum Daily Rainfall Data over Tokat Province, Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(2), 01-07.
- Yürekli, K. ve Modarres, R., Öztürk, F., 2009. Regional Daily Maximum Rainfall Estimation for Cekerek Watershed by L-Moments. *Meteorological Applications*, 16, 435–444.
- Yürekli, K., 2005a. Regional Frequency Analysis Of Maximum Daily Rainfalls Based on L-Moment Approach. *GOU. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 37-44.
- Yürekli, K., 2005b. Regional Analysis of Monthly Rainfalls over Amasya Province via L Moments Method. *GOU. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 51-56.

Yürekli, K., Köse, Ö. ve Hınıs, M.A., 2011. Yüzey Drenaja Neden Olan Maksimum Yağmurların Bölgesel Frekans Analizi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(2), 27-30.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Müberra ERDOĞAN
Doğum Tarihi ve Yer : 22.02.1995- Pazar/TOKAT
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 05413628733
E-Posta : muberra.erdogan@gop.edu.tr
muberra.erdgmn@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Eğitim birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana bilim Dalı	2017-Devam
Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Lisans Programı	2013-2017
Lise	Tokat Reşadiye Sebahat-İsmet Erdem Anadolu lisesi	2009-2013

İŞ DENEYİMİ

Yıl	YER	GÖREV
2019-Devam	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü	Araştırma Görevlisi

YAYINLAR

- Yurekli, K., Cömert, M.M., **Erdogan, M.**, Demir, S., 2019. Determination of Seasonal Variation in Reference Evapotranspiration Using Regression Analysis. *Akademik Ziraat Dergisi*. 8, 59-62.
- Erdogan, M.**, Yurekli, K., Comert, M.M., 2019. Comparison of the Observed Rainfall with Rainfall Estimated by CLIGEN Climate Model in terms of Drought Analysis. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(Special Issue), 6-12.
- Yurekli, K., **Erdogan, M.**, Karaca, Ö.F, 2019. Use of Different Statistic Approaches on Variability in Hydrologic Variables. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(Special Issue), 1-5.
- Yurekli, K., **Erdogan, M.**, Demir, S., 2019. Regional Frequency Analysis of 6 Hours Maximum Rainfall over the Upper Euphrates–Tigris basins, Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 36(3), 236-242.
- Yurekli, K., **Erdogan, M.**, 2019. Estimate of Antalya Province Precipitation with Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, 1. *Uluslararası Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi (TURJAF)*, 08-10 Kasım 2019, Antalya.
- Ciba, Ö.F., Demir, S., **Erdogan, M.**, 2019. Simulation of Climate Change with CLIGEN in Kayseri Province, 4. *Uluslararası Anadolu Tarım, Gıda, Çevre ve Biyoloji Kongresi*, 20-22 Nisan 2019, Afyonkarahisar.
- Tasova, M., **Erdogan, M.**, 2019. Determination of Waste and Biogas Energy Potential of Poultry by Projection Coefficient Method: The Case of Antalya Province, 1. *Uluslararası Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi (TURJAF)*, 08-10 Kasım 2019, Antalya.
- Cömert, M.M., Yurekli, K., **Erdogan, M.**, 2019. Determination by Parametric and Non-Parametric Methods of Monthly, Seasonal and Annual Reference Evapotranspiration Change of Tokat Province, 1. *Uluslararası Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi (TURJAF)*, 08-10 Kasım 2019, Antalya.
- Erdogan, M.**, Yurekli, K., Basakın, E.E., Cömert, M.M., 2019. Estimate of Tokat Province Drought with Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, 3. *Uluslararası Ünidoakap Karadeniz Sempozyumu*, 21-23 Haziran 2019, Tokat.