

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**L-MOMENTLERİ YÖNTEMİYLE ÇORUH HAVZASININ BÖLGESEL  
FREKANS ANALİZİNİN YAPILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Dinçer AYDOĞAN**

**AĞUSTOS 2008  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**L-MOMENTLERİ YÖNTEMİYLE ÇORUH HAVZASININ BÖLGESEL  
FREKANS ANALİZİNİN YAPILMASI**

**İnş. Müh. Dinçer AYDOĞAN**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“İnşaat Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.07.2008  
Tezin Savunma Tarihi : 06.08.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hızır ÖNSOY  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Murat İ. KÖMÜRCÜ  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cemal BIYIK**

**Enstitü Müdürü V. : Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

“L-momentleri Yöntemiyle Çoruh Havzasının Bölgesel Frekans Analizinin Yapılması” adlı bu çalışma; Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Ana Bilim Dalı’nda hazırlanmıştır.

Çalışmam süresince bilgi, görüş ve önerilerinden yararlandığım ayrıca tez danışmanlığımı üstlenerek bana her konuda yardımcı olan saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. Hızır ÖNSOY’a şükranlarımı sunarım.

Çalışmamda verilerin elde edilmesinde yardımlarından dolayı Arş. Gör. Murat KANKAL’a, öneri ve desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ ve İnş. Yük. Müh. Mustafa Haluk FİLİZ’e teşekkür ederim.

Bilgisayar programının hazırlanmasında değerli katkılarından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e, Dr. Yasemin BAYRAM’a ve J.R.M.HOSKING’e teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca iyi ve kötü günümde yanımda olan maddi ve manevi her türlü desteği benden esirgemeyen aileme ve tez süresince yaşadığım her türlü sıkıntıyı beraber aştığım eşime de teşekkürü bir borç bilirim.

Dinçer AYDOĞAN

Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Literatür Çalışması.....	3
1.4. Frekans Analizleri.....	5
1.4.1. Olasılık Dağılım Fonksiyonları Parametrelerinin Tayini.....	5
1.4.1.1. Momentler Yöntemi.....	5
1.4.1.2. Maksimum Olabilirlik Yöntemi.....	7
1.4.1.3. Olasılık Ağırlık Momentleri.....	7
1.4.2. Olasılık Dağılım Fonksiyonları.....	10
1.4.2.1. Normal Dağılım (Gauss Dağılımı).....	10
1.4.2.2. Log-normal Dağılım.....	11
1.4.2.3. Gamma Dağılımı.....	12
1.4.2.4. Gumbel Dağılımı (Ekstrem Değer Tip I).....	12
1.4.2.5. Pearson Tip III Dağılımı.....	13
1.4.2.6. Log-Pearson Tip III Dağılımı.....	13
1.4.2.7. Weibull Dağılımı.....	13
1.5. Noktasal Frekans Analizi.....	14
1.6. Bölgesel Frekans Analizleri.....	14
1.6.1. İndeks-Taşkın Metodu.....	16
1.7. L-momentler.....	18
1.7.1. Genel.....	18

1.7.2.	L-momentlerin Özellikleri.....	19
1.7.3.	L-momentleri Kullanılarak Parametre Tahmini.....	21
1.4.5.1.	L-momentlerinin Avantajları.....	22
1.7.5.	Bölgesel Frekans Analizinde L-momentlerinin Kullanımı.....	25
1.7.5.1.	Verilerin Değerlendirilmesi.....	25
1.7.5.1.1.	Verilerin Değerlendirilmesinin Önemi .....	25
1.7.5.1.2.	Uyumsuzluk Ölçüsü .....	25
1.7.5.2.	Homojen Bölgelerin Tanımlanması .....	27
1.7.5.2.1.	Bölge Oluşturma Metotları.....	27
1.7.5.2.2.	Bölgesel Homojenlik Testleri .....	28
1.7.5.2.3.	Heterojenlik Ölçüsü.....	28
1.7.5.2.4.	Diğer Heterojenlik Ölçüsü Kıstasları .....	31
1.7.5.2.5.	Heterojenlik Ölçüsünün Kullanımı.....	32
1.7.5.3.	Bölgesel Frekans Analizi İçin Dağılımın Seçimi .....	33
1.7.5.4.	Uygunluk Testi .....	34
1.7.5.4.1.	Uygunluk Testinin Hesabı.....	34
1.7.5.4.2.	Uygunluk Testinin Hesabının Kullanımı .....	37
1.7.5.5.	Frekans Dağılımı Değerleri.....	39
1.7.5.5.1.	Homojen Bölgesel İçin Tahminler.....	39
1.7.5.5.2.	Bölgesel L-moment Algoritması.....	40
1.7.5.5.3.	Karakteristik Değerlerinin Doğruluğunu Tayini.....	42
1.8.	Kullanılacak Bilgisayar Programı.....	47
1.8.1.	Programa Verilerin Girilmesi .....	49
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	50
2.1.	Proje Yerinin Tanıtılması.....	50
2.2.	Yıllık Maksimum Akımlar .....	53
2.3.	L-momentler Yöntemiyle Çoruh Havzasının Bölgesel Frekans Analizi.....	55
3.	BULGULAR.....	64
3.1.	L-momentler Yöntemiyle Çoruh Havzasının Bölgesel Frekans Analizi.....	64
3.1.1.	Bir Bölge Olarak Uygulama.....	64
3.1.2.	Yukarı Çoruh Havzası .....	67
3.1.3.	Orta Çoruh Havzası.....	77
3.1.3.1.	Yusufeli Bölgesi.....	78

3.1.3.2.	Oltu ayı Bölgesi .....	87
3.1.4.	Aşağı Çoruh Havzası .....	98
4.	İRDELEME.....	110
5.	SONUÇLAR.....	123
6.	ÖNERİLER.....	125
7.	KAYNAKLAR.....	126
8.	EKLER .....	129
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Çoruh Havzası gibi önemli ve büyük havzalarda yapılacak su yapılarının projelendirilmesinde, çeşitli yineleme aralıklarına göre gelebilecek debilerin bilinmesi, projelerin en önemli aşamalarından bir tanesini oluşturmaktadır. Ancak, bu gibi büyük havzalarda kurulmuş olan akım gözlem istasyonlarının sayısı ve veri uzunlukları çoğu zaman yeterli sayıda değildir. Bu durumlarda bölgesel frekans analizlerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada Çoruh havzasının bölgesel frekans analizi, yeni bir metot olan L-momentler yöntemiyle yapılmıştır.

Çoruh havzası öncelikle bir bütün olarak incelenmiştir. Ancak havzanın bir bütün olarak heterojen olduğu tespit edilmesi ile dört bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgelerin ilk olarak noktasal ve bölgesel L-moment katsayıları elde edilmiştir. Daha sonra her bölge için yapılan uyumsuzluk ölçüsü testi sonucunda tüm istasyonlar uyumlu oldukları tespit edilmiştir. Bölgelerin homojenlikleri, heterojenlik ölçüsü testi ile belirlenmiştir. Uygunluk testi ile Yukarı ve Aşağı Çoruh havzaları için Pearson Tip III, Yusufeli bölgesi için Ekstrem Değer ve Oltu Çayı bölgesi için Lojistik değer dağılımların en uygun dağılımlar oldukları bulunmuştur. Her bölge için bu dağılımlar kullanılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler hesaplanmış, Monte Carlo benzeşimi ile de bu karakteristik değerlerin doğrulukları tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çoruh Havzası, Bölgesel Frekans Analizi, L-moment, Heterojenlik Ölçüsü, Uygunluk Testi, Karakteristik Değer

## SUMMARY

### **Regional Frequency Analysis of Çoruh Basin Through L-moments**

During design studies of the hydraulic structures to be built at the large and important basins like Çoruh Basin, knowing the discharges at the various return periods constitutes important stages of the projects. However, number and the data length of the flow observation stations installed at these large basins are not sufficient. In such cases, importance of regional frequency analysis becomes evident. In this study, regional frequency analysis of the Çoruh basin has been carried out by a new method, L-moments method.

First of all, Çoruh basin has been reviewed as a whole. However, by defining the basin being heterogeneous as a whole, it has been divided in four areas. Firstly, at-site and regional L-moments coefficient of these areas are obtained. Afterwards, based on the discordance test conducted for each area, it is noted that all stations are suitable. Homogeneous of the areas is defined by heterogeneous test. With the goodness-of-fit test, Pearson Type III for Upper and Lower Çoruh Basins, Extreme Value for Yusufeli area and Logistic value distribution for Oltu Creek area are found to be most suitable distributions. By using these distributions for each area, quantiles are calculated as per various return periods and confirmation of these quantiles values are defined by Monte Carlo simulation.

**Key Words :** Çoruh Basin, Regional Frequency Analysis, L-moment, Heterogeneity Test, Goodness-Of-Fit Test, Quantile



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Farklı dağılımlar için moment diyagramları .....	23
Şekil 1.2. Uyumsuzluk ölçüsünün grafikte gösterilmesi .....	26
Şekil 1.3. L-Cv - L-çarpıklık grafiğinde gözlenen ve benzeşim yapılan verilerin gösterimi .....	29
Şekil 1.4. Uygunluk testi grafiği.....	35
Şekil 1.5. Program akış şeması.....	48
Şekil 2.1. Türkiye akarsu havzaları .....	51
Şekil 2.2. Çoruh havzası .....	52
Şekil 2.3. Çoruh havzası bölümlere ayrılmış genel görünümü.....	57
Şekil 3.1. Yukarı Çoruh havzası %90 güvenilirlik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği .....	76
Şekil 3.2. Yusufeli bölgesi %90 güvenilirlik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği.....	86
Şekil 3.3. Oltu Çayı bölgesi %90 güvenilirlik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği .....	97
Şekil 3.4. Aşağı Çoruh havzası %90 güvenilirlik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği .....	108
Şekil 4.1. Yukarı Çoruh havzası 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri.....	111
Şekil 4.2. Yukarı Çoruh havzasında her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerlerinin grafiksel gösterimleri .....	112
Şekil 4.3. Yusufeli bölgesi 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri.....	113
Şekil 4.4. Yusufeli bölgesi her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerlerinin grafiksel gösterimleri .....	114
Şekil 4.5. Oltu Çayı bölgesi 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri.....	115
Şekil 4.6. Oltu Çayı bölgesi her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerlerinin grafiksel gösterimleri .....	116
Şekil 4.7. Aşağı Çoruh havzası 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri.....	118
Şekil 4.8. Aşağı Çoruh havzasında her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerlerinin grafiksel gösterimleri .....	120

Şekil 4.9.	Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre ABBIAS değerleri.....	121
Şekil 4.10.	Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri .....	122

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo.1.1. Konum değerleri ve kullanım yerleri .....	9
Tablo.1.2. Dağılımlara göre karakteristik değer fonksiyonları ve L-moment katsayıları .....	22
Tablo 1.3. İstasyon sayısına göre $D_{cr}$ değerleri.....	27
Tablo 2.1. Çoruh havzasında bulunan akım gözlem istasyonları .....	54
Tablo 2.2. Yukarı Çoruh havzası akım gözlem istasyonları.....	55
Tablo 2.2. Yusufeli bölgesi akım gözlem istasyonları .....	56
Tablo 2.3. Oltu Çayı bölgesi akım gözlem istasyonları.....	56
Tablo 2.4. Aşağı Çoruh havzası akım gözlem istasyonları .....	56
Tablo 2.5. Yukarı Çoruh havzası istasyonlara göre popülasyon $L - Cv$ değerleri....	61
Tablo 2.6. Yusufeli bölgesi istasyonlara göre popülasyon $L - Cv$ değerleri.....	61
Tablo 2.7. Oltu Çayı bölgesi istasyonlara göre popülasyon $L - Cv$ değerleri.....	62
Tablo 2.8. Aşağı Çoruh havzası istasyonlara göre popülasyon $L - Cv$ değerleri.....	62
Tablo 3.1. AGI L-moment katsayıları .....	65
Tablo 3.2. AGI bölgesel L-moment katsayıları .....	65
Tablo 3.3. AGI uyumsuzluk ölçüleri .....	66
Tablo 3.4. Kappa dağılımı parametreleri ve heterojenlik ölçüsü (H).....	66
Tablo 3.5. Yukarı Çoruh havzası AGI L-moment katsayıları .....	67
Tablo 3.6. Yukarı Çoruh havzası bölgesel L-moment katsayıları .....	68
Tablo 3.7. Yukarı Çoruh havzası uyumsuzluk ölçüsü değerleri.....	68
Tablo 3.8. Yukarı Çoruh havzası kappa dağılımı parametreleri.....	69
Tablo 3.9. Yukarı Çoruh havzası heterojenlik ölçüsü değerleri .....	69
Tablo 3.10. Yukarı Çoruh havzası uygunluk ölçüsü değerleri .....	70
Tablo 3.11. Yukarı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler.....	71
Tablo 3.12. Yukarı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler.....	71
Tablo 3.13. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre bulunan karakteristik değerler.....	72
Tablo 3.14. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri.....	73

Tablo 3.15. Yukarı Çoruh havzası, Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	74
Tablo 3.16. Yukarı Çoruh havzası, Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	75
Tablo 3.17. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri..	75
Tablo 3.18. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III parametreleri .....	77
Tablo 3.19. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı ile çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri .....	77
Tablo 3.20. Yusufeli bölgesi L-moment katsayıları .....	78
Tablo 3.21. Yusufeli bölgesi bölgesel L-moment katsayıları.....	78
Tablo 3.22. Yusufeli bölgesi uyumsuzluk ölçüsü değerleri .....	79
Tablo 3.23. Yusufeli bölgesi kappda dağılımı parametreleri .....	79
Tablo 3.24. Yusufeli bölgesi heterojenlik ölçüsü değerleri.....	80
Tablo 3.25. Yusufeli bölgesi uygunluk ölçüsü değerleri.....	81
Tablo 3.26 Yusufeli bölgesi uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler.....	81
Tablo 3.27. Yusufeli bölgesi uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler.....	82
Tablo 3.28. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre bulunan karakteristik değerler.....	82
Tablo 3.29. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri .....	83
Tablo 3.30. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri .....	84
Tablo 3.31. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	85
Tablo 3.32. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri.....	85
Tablo 3.33. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılım parametreleri .....	86
Tablo 3.34. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı ile çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri .....	86
Tablo 3.35. Oltu Çayı bölgesi L-moment katsayıları .....	87
Tablo 3.36. Oltu Çayı bölgesel L-moment katsayıları .....	88

Tablo 3.37. Oltu Çayı bölgesi uyumsuzluk ölçüsü değerleri.....	88
Tablo 3.38. Oltu Çayı bölgesi kapa dağılımı parametreleri.....	89
Tablo 3.39. Oltu Çayı bölgesi heterojenlik ölçüsü değerleri .....	89
Tablo 3.40. Oltu Çayı bölgesi 2325 AGI revize L-moment katsayıları .....	90
Tablo 3.41. Oltu Çayı bölgesi revize bölgesel L-moment katsayıları .....	90
Tablo 3.42. Oltu Çayı bölgesi revize kapa dağılımı parametreleri.....	91
Tablo 3.43. Oltu Çayı bölgesi revize heterojenlik ölçüsü değerleri .....	91
Tablo 3.44. Oltu Çayı bölgesi uygunluk ölçüsü değerleri .....	92
Tablo 3.45. Oltu Çayı bölgesi uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler.....	92
Tablo 3.46. Oltu Çayı bölgesi uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler.....	93
Tablo 3.47. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre bulunan karakteristik değerler .....	94
Tablo 3.48. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri .....	94
Tablo 3.49. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri .....	95
Tablo 3.50. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	96
Tablo 3.51. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri .....	96
Tablo 3.52. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılım parametreleri.....	97
Tablo 3.53. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı ile çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri .....	98
Tablo 3.54. Aşağı Çoruh havzası AGI L-moment katsayıları .....	98
Tablo 3.55. Aşağı Çoruh havzası bölgesel L-moment katsayıları.....	99
Tablo 3.56. Aşağı Çoruh havzası uyumsuzluk ölçüsü değerleri .....	99
Tablo 3.57. Aşağı Çoruh havzası kapa dağılımı parametreleri .....	100
Tablo 3.58. Aşağı Çoruh havzası heterojenlik ölçüsü değerleri.....	100
Tablo 3.59. Aşağı Çoruh havzası uygunluk ölçüsü değerleri.....	101
Tablo 3.60. Aşağı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler.....	102
Tablo 3.61. Aşağı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler.....	102

Tablo 3.62.	Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre bulunan karakteristik değerler.....	103
Tablo 3.63.	Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri.....	104
Tablo 3.64.	Aşağı Çoruh havzası, Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	105
Tablo 3.65.	Aşağı Çoruh havzası, Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	107
Tablo 3.66.	Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri..	107
Tablo 3.67.	Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III parametreleri .....	108
Tablo 3.68.	Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı ile çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri .....	109
Tablo 4.1.	Yukarı Çoruh havzası çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri.....	112
Tablo 4.2.	Yusufeli bölgesi çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri .....	114
Tablo 4.3.	Oltu Çayı bölgesi çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri .....	116
Tablo 4.4.	Aşağı Çoruh havzası çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri.....	119
Tablo 4.5.	Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre ABSBIAS değerleri .....	121
Tablo 4.6.	Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri .....	122

## SEMBOLLER DİZİNİ

ABSBIAS	: Mutlak değer taraflılık
AGI	: Akım gözlem istasyonu
BIAS	: Taraflılık
DIST	: Kullanılan dağılımın adı
GEV	: Ekstrem Değer dağılım
GLO	: Lojistik dağılım
GNO	: Normal dağılım
GPA	: Pareto dağılımı
KAP	: Kappa dağılımı
NREP	: Benzeşim yapılan bölgelerin tekrarlama sayısı
NSIM	: Benzeşim sayısı
NSITE	: Bir bölgedeki istasyon sayısı
OAM	: Olasılık ağırlık momentleri
PE3	: Pearson Tip III dağılımı
RMSE	: Ortalama en küçük hata değeri
SEED	: Rastgele sayı yaratıcı
$D_i$	: Uyumsuzluk ölçüsü
$H$	: Heterojenlik ölçüsü
$Z$	: Uygunluk testi
$Z^{DIST}$	: Aday dağılımın uygunluk testi
$A$	: Çizim parametresi
$B$	: Konum parametresi
$i$	: İstasyon no
$n$	: Veri uzunluğu
$l_1^{(i)}$	: $i$ istasyonunun aritmetik ortalaması
$t^{(i)}$	: $i$ istasyonunun noktasal L-değişim katsayısı
$t_3^{(i)}$	: $i$ istasyonunun noktasal L-çarpıklık katsayısı
$t_4^{(i)}$	: $i$ istasyonunun noktasal L-basıklık katsayısı
$t^R$	: Bölgesel ortalama L-değişim katsayısı
$t_3^R$	: Bölgesel ortalama L-çarpıklık katsayısı

$t_4^R$	: Bölgesel ortalama L-basıklık katsayısı
$\lambda_1$	: L- Moment aritmetik ortalaması
$\lambda_2$	: L- Moment ölçeği
$\tau$	: L-değişim katsayısı
$L - C_v$	: L-değişim katsayısı
$\tau_3$	: L-çarpıklık katsayısı
$\tau_4$	: L-basıklık
$q(F)$	: Bölgesel büyüme eğrisi
$S$	: Heterojenlik Testi
$V$	: Noktasal $L - C_v$ 'in ağırlıklı standart sapması
$V_2$	: Noktasal $L - C_v$ ve L-çarpıklığın ağırlıklı standart sapması
$V_3$	: Noktasal L-çarpıklık ve L-basıklığın ağırlıklı standart sapması
$F$	: Aşılmama olasılığı
$\sigma_4$	: $t_4^R$ 'in standart sapması
$B_4$	: $t_4^R$ 'in taraflılık değeri
$T_r$	: Yineleme Aralığı
$\bar{x}$	: Aritmetik Ortalama
$Var(x)$	: Varyans
$\sigma$	: Standart Sapma
$C_s$	: Çarpıklık katsayısı
$C_k$	: Basıklık katsayısı
$F(x)$	: Yığılımlı dağılım fonksiyonu
$\alpha_r$	: Olasılık ağırlık momentleri(veriler küçükten büyüğe sıralandığında)
$\beta_r$	: Olasılık ağırlık momentleri(veriler büyükten küçüğe sıralandığında)
$b_r$	: $\beta_r$ 'in noktasal değeri
$X$	: Rastgele değişken
$j$	: Gözlem sırası
$z$	: Standart normal değişken
$\alpha$	: Beklenen değer
$N_{sim}$	: Benzeşim sayısı
$q$	: Karakteristik değer fonksiyonu



$\xi$	: Kappa dağılımı 1. parametresi
$\alpha$	: Kappa dağılımı 2. parametresi
$k$	: Kappa dağılımı 3. parametresi
$h$	: Kappa dağılımı 4. parametresi
$Q_0$	: Ortalama taşkın
$A$	: Drenaj havzası
$\mu_i$	: $i$ istasyonunun indeks-taşkın katsayısı
$\gamma$	: Weibull dağılımı şekil parametresi
cdf	: Yığışımli dağılım fonksiyonu
$\theta$	: Olasılık dağılım parametresi ( homojen bölgelerde sabit)
$\hat{\theta}^{(i)}$	: $i$ istasyonu için $\theta$ noktasal değeri
$\hat{\theta}^{(R)}$	: Bölgesel $\theta$ değeri
$\hat{\theta}(F)$	: $F$ aşılmama olasılığına karşılık gelen karakteristik değer
$K$	: Çapraz çarpım ve kareler toplam matrisi
$u_i$	: $i$ istasyonunun noktasal $L - C_v$ , L-çarpıklık ve L-basıklık değer vektörü
$x(u)$	: Karakteristik değer fonksiyonu
$q_{ij}$	: Tekrar ölçeklendirilmiş veri değeri
$R$	: Korvaryans matrisi
$\phi$	: Standart normal dağılımın yığışımli dağılım fonksiyonu
$Q_i^{(m)}(F)$	: $m$ . tekrarlama $F$ aşılmama olasılığına karşılık gelen karakteristik değer
$B_i(F)$	: $i$ istasyonunun $F$ aşılmama olasılığına karşılık gelen taraflılık değeri
$R_i(F)$	: $i$ istasyonunun $F$ aşılmama olasılığına karşılık gelen ortalama en küçük hata değeri
$B^R(F)$	: $F$ aşılmama olasılığına karşılık gelen bölgesel taraflılık değeri
$A^R(F)$	: $F$ aşılmama olasılığına karşılık gelen bölgesel mutlak değer taraflılık değeri
$R^R(F)$	: $F$ aşılmama olasılığına karşılık gelen bölgesel ortalama en küçük hata değeri

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Hidrolik yapıların projelendirilmesinde çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen debilerin tahmini önemli bir yer tutmaktadır. Yanlış bir proje debisi seçimi yapılması durumunda istenmeyen iki durum ortaya çıkabilir. Bunlardan birincisi gereğinden büyük seçilen bir proje debisi nedeniyle yapı ekonomik olmayacaktır. İkincisi ve daha tehlikelisi de küçük seçilen proje debisi nedeniyle projelendirilen yapı proje debisinden daha büyük gelebilecek taşkın debileri durumunda yıkılma riskine maruz kalarak büyük can kayıplarına ve maddi zararlara neden olacaktır. Dolayısıyla su yapılarının projelendirilmesinde debilerin büyüklüğünün yeterince doğru olarak tahmin edilmesi, diğer bir deyişle proje debilerinin optimizasyonlarının çok hassas yapılması gerekmektedir.

Akımlar, hidrolojik çevrim içerisinde, çok önemli bir parametre olup diğer çevrim faktörleri ile yakından veya doğrudan ilişkilidir. Yağıştan akışa geçiş sürecinde olasılığa bağlı birkaç faktör akışı etkilemektedir. Bu faktörlerin hepsi birden bilinmeyeceğinden en azından belirsizliği azaltmak için istatistik yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemler, doğada var olan hidrolojik olayların mümkün olduğunca doğru yorumlanmasına olanak veren ve gelmesi olası değerlerin tahmininde yardımcı olan yöntemler olarak kabul edilir (McCuen, 2002).

İstatistik yöntemlerde kullanılan frekans analiz yöntemleri, olasılığa bağlı olayların yineleme aralıklarının tahmininde kullanılan bir metottur. Bu yöntemlerin amacı, herhangi bir bölgede belli bir zaman aralığında gelmesi olası olayın büyüklüğü  $Q$  olmak üzere herhangi bir yineleme aralığında ( $T$ ) meydana gelen frekanslı debisini ( $Q_T$ ) tahmin etmektir. Frekans analizleri, işletme sırasında gelmesi olası ekstrem hidrolojik olayların tahmin edilmesinde de kullanılmaktadır. Ayrıca bu analizler, hidrolik yapıları için uygun proje ölçütlerini belirlenmesinde de kullanılır.

Frekans analizleri gözlem ve ölçüm verilerine dayanan istatistik modellerdir. Veri uzunluğu arttıkça analizin doğruluğu da artar. Çalışılan havzada önemli bir değişiklik olmadığı sürece, yeterince veri var ise bu bölge için yapılan frekans analizleri daima doğru sonuçlar verecektir. Ancak bölgede hidrolik yapıların yapılması, yeni tarım arazilerinin

kullanılmaya başlanması vs. gibi doğrudan yağış-akış ilişkisini etkileyebilecek değişikliklerin olması durumunda frekans analizlerinin tekrar gözden geçirilmesi zorunludur. Yağış-akış ilişkisini etkileyen birçok parametrenin bulunması ve zamanla bu ilişkinin değişebilmesi olasılığına karşı projeciler bu riskleri elimine edebilecek en uygun istatistik metodunu bulmaya (optimizasyon) yönelmişlerdir.

Geçmişten günümüze dek belirli  $T$  yineleme aralığına karşılık gelen debilerinin hesaplanmasında birçok yöntem kullanılmıştır. Ancak genellikle akış kayıtlarının yetersiz olması nedeniyle bu debilerinin doğru şekilde hesabını yapmak mümkün olamamaktadır. Bu yüzden projeciler havza akım kayıtlarını kullanarak sınırlı ölçüm bilgilerinin çoğaltılması (benzeşim) yoluyla alternatif çözümler bularak istenen debileri tahmin etmeye çalışmışlardır (bölgesel frekans analizi). Bölgesel frekans analizleri sadece verilerin yetersizliği durumunda kullanılmaz. Ayrıca ölçüm bulunmayan yerlerdeki akımlar hakkında da fikir edinmemizi sağlar. Eğer herhangi bir yerin belli  $T$  yineleme aralığına sahip debilerini bulmaya çalışıyorsak bulunacak değer, aşılmama olasılığına karşılık gelen debilerdir  $(1 - 1/T)$  (Pokhrel, 2002).

Son 40 yıldır bölgesel frekans analizleri kullanılarak debiler hesap edilmeye çalışılmaktadır. Debilerin süreçlerine etkileyen faktörler çok karmaşık olduğundan modelleme yapmak oldukça zordur. Bununla beraber etüt edilen havzada akım verileri ile havza karakteristiklerine bağlı olarak bölgesel frekans analizleri yoluyla karakteristik debi değerleri doğru bir şekilde bulunabilir. Yine de bölgesel frekans analizleri içersindeki bazı aşamalar sonuç üzerinde önemli rol oynarlar. Bunlardan en önemlileri homojen bölgelerin tanımlanması ve incelenen bölgeye bölgesel akım bilgilerinin transferidir. Bu nedenle elde edilen her veri sisteme aktarılmalı en doğru sonucu veren istatistiksel yöntem kullanılarak analiz sürekli güncellenmelidir (Okur, 1999).

## **1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Bu çalışmanın amacı, L-momentleri yöntemi kullanılarak Çoruh havzasının bölgesel frekans analizi yapılmasıdır. Çoruh havzası ilk olarak bir bütün olarak düşünülmesine rağmen bölgenin homojen bir yapı gösteremeyeceği tespit edilerek dört bölüme ayrılmış ve bu dört bölüm için ayrı ayrı bölgesel frekans analizi yapılmıştır. İlk olarak bu bölgelerin içersinde bulunan istasyonların noktasal L-moment katsayıları bulunmuştur. Bölgelerde bulunan her bir istasyonlar için uyumsuzluk ölçütleri hesaplanmıştır. Daha sonra bölgelerin

homojenliği test edilmiş ve bölgeler için en uygun olasılık dağılları elde edilmiştir. Bu olasılık dağıllarının bölgesel parametreleri bulunduktan sonra, her bir istasyonun ve bölgenin,  $T$  yineleme aralığına karşılık gelen karakteristik değerleri ve akım değerleri hesaplanmıştır. Sonunda da benzeşim programı kullanılarak hesaplanan karakteristik değerlerinin doğruluğu incelenmiştir.

### 1.3. Literatür alışması

Bu bölümde, L-momentleri konusu hakkında yapılan araştırma ve çalışmaların zet bilgileri tarih sırasına göre verilmiştir:

Hosking (1990), indeks-taşkın metodunun bir türü olan L-momentleri metodunu geliştirmiştir. Bu metot ile, Hosking ve Wallis (1993) tarafından yeni istatistik teknikleri de eklenerek bölgesel frekans analizleri yapmışlardır. Bölgesel frekans analizleri yapılırken Fortran dilinde yazılmış 73 adet alt program kullanılmıştır (URL-1, 2008).

Adamovski (2000), parametrik olmayan yöntemler ve L- momentleri yöntemiyle yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizini incelemiştir. Adamovski, yıllık maksimum yağışlara ilaveten kısmi yağış sürelerini dikkate alarak Quabec ve Ontario bölgeleri 9 bölgeye ayrılmış ve her bir bölge için ayrı ayrı bölgesel frekans analizleri yapmıştır.

Rao ve Hamed (2000), L-momentler kullanarak Amerika Birleşik Devletlerinde Wabash Nehri için bölgesel frekans analizi yapmışlardır. Çalışmacılar, Wabash Nehri'ni ilk olarak bir bütün daha sonra da 4 bölgeye ayırarak (Upper Wabash River, Middle Wabash River, West Fork ve East Fork) her bir bölge için en uygun dağılları elde etmişlerdir.

Pokhrel (2002), Kanada Newfoundland Adası için L-momentler kullanarak bölgesel frekans analizi yapmıştır. Newfoundland Adası ilk aşamada dört daha sonrada iki bölgeye ayrılmıştır. İlk ve ikinci aşamalar için Ekstrem Değer Dağılımı, Lojistik Dağılımı ve Pearson Tip III dağılları uygun bulunmuş ve bu dağıllara göre 50 ve 100 yıllık yineleme aralıklarına göre akım değerleri hesaplanmıştır.

Norbiato (2003), İtalya Doğu Alplerinde ekstrem yağışlara göre ve L- momentleri yöntemiyle bölgesel frekans analizi yapmıştır. Bu alışmada Tagliamento Havzası 3 bölgeye ayrılarak 1, 3, 6, 12 ve 24 saat saatlik yağışlar dikkate alınmış ve her bir bölge için Ekstrem Değer Dağılımı ile Lojistik Dağıllarının uygun olduğu hesaplanarak çeşitli yineleme aralıklarına göre akım değerleri edilmiştir.

Jaiswal (2003), Hindistan Bias havzasının L-momentleri yöntemiyle bölgesel frekans analizini yapmıştır. Bias Havzası, İndus nehrinin bir kolu olan Bias nehrinin oluşturduğu havzadır. Bu nehir üzerinde bulunan ve veri uzunluğu 20'den fazla olan 8 istasyon incelenmiş, yapılan hesaplamalarda Ekstrem Değer dağılımının en uygun dağılım olduğu bulunmuştur.

Lee ve Maeng (2004), Güney Kore'de 38 akım gözlem istasyonu için yıllık maksimum yağışlara göre bölgesel frekans analizi yapmış ve Ekstrem Değer dağılımı ile Lojistik dağılımın en uygun dağılımlar olduğu tespit edilerek bu dağılımlara göre elde edilen akım değerleri karşılaştırılmıştır.

Kumar ve Chatterjee (2005), L-momentleri kullanarak Hindistan Kuzey Brahmaputra bölgesi için bölgesel frekans analizi yapmışlardır. Bu bölge için Ekstrem Değer dağılımı, Normal dağılım ve Pearson Tip III dağılımları uygun bulunmuş ve çeşitli yineleme aralıklarına göre akım değerleri elde edilmiştir.

Modarres (2007), Kuzey İran bölgesi havzasının L- momentleri yöntemiyle bölgesel frekans analizi yaparak bu havzayı doğu ve batı olarak ikiye ayırmıştır. Yapılan hesaplamalarda doğu bölgesi heterojen, batı bölgesi ise homojen bulunmuştur. Yapılan uygunluk testi sonucunda batı bölgesi için en uygun dağılımın Lojistik dağılım olduğu belirlenmiştir. Ayrıca batı bölgesi için yapılan test sonucunda 2- parametrelili log-Normal, Normal ve Gamma dağılımlarının en uygun dağılım olduğu hesaplanmıştır. Batı bölgesi için hem noktasal hem de bölgesel büyüme eğrileri bulunarak dağılım üst ve alt sınırları için bulunan karakteristik değerlerinin çok farklı olduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizde ise;

Uraz (1998), Güvenç Havzası Bölgesinin bölgesel frekans analizini L-momentleri tekniğini kullanarak yapmıştır. Bu çalışmada bu havzada bulunan 5 istasyon incelenmiş olup bölgesel frekans analizi için en uygun dağılımların Ekstrem Değer Dağılımı ile Lojistik Dağılım olduğu belirtilmiştir. Bu yöntemle bulunan debi değerleri ile geleneksel yöntemlerle bulunan akım değerleri karşılaştırılmıştır.

Daha kapsamlı bir çalışma Okur (1999) tarafından Batı Karadeniz bölgesi için yapılmıştır. 16 istasyon için L-momentler yöntemiyle bölgesel frekans analizi yapılarak bölgenin homojenliği test edilmiştir. Pareto Dağılımının en uygun dağılım olduğu bulunmuş ve farklı yineleme aralıkları için akım değerleri elde edilmiştir.

Şorman (2002), Batı Karadeniz Filyos Havzası için L-momentleri yöntemiyle bölgesel frekans analizi çalışması yapmıştır. Yapılan çalışmada uç noktaların ve benzeşim sayısının

etkisi incelenmiştir. Ayrıca her bir istasyonun ölçüm noktasının ve tüm ortalama en küçük hata değerleri hesap edilerek güven aralıkları araştırılmıştır.

Anlı, Apaydın ve Öztürk (2006), Göksu Havzası için L-momentleri yöntemiyle bölgesel frekans analizi yapmışlardır. Bu analizde Ekstrem Değer dağılımı en uygun dağılımı olarak bulunmuş, çeşitli yinleme aralıklarına ve benzeşim sayılarına göre akım değerleri elde edilmiştir.

Yürekli, Anlı ve Öztürk (2007), standart süreli maksimum yağışların L-momentleri yöntemiyle ile bölgesel frekans analizi yapmışlardır. Bu analize göre 15, 30 ve 120 dakikalık yağışlar için Normal, 60 dakikalık yağışlar için Pearson Tip III dağılımın en uygun bölgesel dağılım olduğu saptanmıştır.

#### **1.4. Frekans Analizleri**

Toplumun tümünü gözlemlemek mümkün olmadığı için bir rastgele değişkenin, olasılık dağılımının mevcut örneğin analizi ile elde edilen frekans dağılımına eş değer olduğu kabul edilir.

Taşkınların çevresel ve ekonomik zararların oldukça büyük olması nedeniyle özellikle son 40 yıl içerisinde frekans analizleri üzerine önemli çalışmalar yapılmıştır.

Frekans analizlerinin ayrıntılı açıklamalara geçmeden aşağıda hem olasılık dağılım parametrelerinin tayin yöntemleri hem de olasılık dağılım türleri hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

##### **1.4.1. Olasılık Dağılım Fonksiyonları Parametrelerinin Tayini**

###### **1.4.1.1. Momentler Yöntemi**

Bir olasılık dağılım fonksiyonunun parametreleri moment tipindeki parametrelerin fonksiyonu olarak belirlendikten sonra momentlerin değerleri aşağıda verilen formüllerle tahmin edilir ve bu değerler, fonksiyonda yerlerine konarak istenen parametreler hesaplanmış olur.

Rastgele değişkenlerin beklenen değeri olan ortalama  $N$  elemanlı bir örnekten elemanlarının aritmetik ortalaması olarak tahmin edilir. Ortalamanın  $\bar{x}$  ile gösterilen istatistik değeri:

$$\bar{x} = \left( \sum_{i=1}^N x_i \right) / N \quad (1.1)$$

şeklinde hesaplanır.

Varyans, rastgele değişkenin ortalamadan farkının karesinin beklenen değeri olduğuna göre aşağıdaki gibi tahmin edilebilir:

$$Var(x) = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 / N \quad (1.2)$$

Aynı şekilde 3. mertebeden moment (çarpıklık katsayısı) ve 4. mertebeden moment (basıklık katsayısı) istatistik değerleri de benzer şekilde hesaplanabilir:

$$C_s = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 / N \quad (1.3)$$

$$C_k = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4 / N \quad (1.4)$$

Tarafsız tahmin etmek için küçük örneklere 1.3. denkleminde  $N$  yerine  $(N-1)(N-2)/N$ , 1.4. denkleminde ise  $N$  yerine  $(N-1)(N-2)(N-3)/N^2$  ile bölmek gerekir.

Momentler yöntemi pratikte en kolay parametre tahmin yöntemidir. Özellikle iki parametrelili dağılım fonksiyonları için önerilir. (Ekstrem Değer Tip I ve log-Normal Dağılım) Ancak tüm bilgileri kapsamadığı için özellikle üç parametrelili dağılımlarda kullanılmazlar (Bayazıt ve Oğuz,1994).

### 1.4.1.2. Maksimum Olabilirlik Yöntemi

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

$$L = \prod_{i=1}^N f(x_i; \alpha, \beta, \dots) \quad (1.5)$$

ile orantılı olacaktır.

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

Çalışmanın konusu olan L-momentleri'nin temelini olasılık ağırlık momentleri oluşturduğu için "Olasılık Ağırlık Momentleri" hakkında aşağıda ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

### 1.4.1.3. Olasılık Ağırlık Momentleri (OAM)

Olasılık Ağırlık Momentleri, L-momentlerinin hesabında kullanılır. Greenwood (1979) tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:



$$M_{p,r,s} = E\left[X^p \{F(X)\}^r \{1 - F(X)\}^s\right] \quad (1.6)$$

Burada,  $X$  rastgele değişken ve  $F(X)$  ise yığışımli dağılım fonksiyonudur. Özellikle en uygun durumlar olasılık ağırlık momentlerinin  $\alpha_r = M_{1,0,r}$  ve  $\beta_r = M_{1,r,0}$  olduğu durumlar olarak kabul edilir.

$F(X)$  yığışımli dağılım fonksiyonunun tersi, karakteristik değer fonksiyonu olarak adlandırılır.  $p$  olasılığı için,  $x(p)$ 'in  $p$ 'yi aşmama olasılığının karakteristik değeridir. Burada karakteristik değer,  $X$ 'in  $x(p)$ 'yi aşmama olasılığının  $p$  olduğu değerdir.

$x(u)$  karakteristik değer fonksiyonuna sahip bir dağılım için;

$$\alpha_r = \int_0^1 x(u)(1-u)^r du \quad (1.7)$$

$$\beta_r = \int_0^1 x(u)u^r du \quad (1.8)$$

Bu eşitlikler, aşığıdaki gibi yazılabilen momentler ile karşılaştırılabilir:

$$E(X^r) = \int_0^1 \{x(u)\}^r du \quad (1.9)$$

Yukarıdaki eşitlikler incelendiği zaman geleneksel momentler,  $x(u)$  karakteristik değer fonksiyonunun yüksek mertebeli kuvvetlerini başarıyla içerebildiğini gözlemlenmiştir. Buna karşılık olasılık ağırlık momentleri,  $u$ 'nun veya  $(1-u)$ 'nun büyük mertebelerini daha iyi içerir ve  $u^r$  veya  $(1-u)^r$  polinomları tarafından ağırlıklı hale getirilen  $x(u)$ 'un integrali olarak kabul edilir.

Veriler büyükten küçüğe sıralandığı zaman  $\beta_r$ , küçükten büyüğe sıralandığı zaman ise  $\alpha_r$  kullanılır. Genellikle veriler büyükten küçüğe sıralandıkları için  $\beta_r$  kullanılmakta olup, aşığıdaki eşitlikle tanımlanır:

$$\beta_r = E\{X[F(X)]^r\} \quad (1.10)$$

$r=0$  ise  $\beta_0$  popülasyonun ortalaması olur.  $\beta_r$ 'nin örnek değerleri  $b_r$  ile tanımlanır ve  $b_0$  örneğin ortalamasına eşit olur.

Diğer olasılık ağırlık momentleri tahmin etmek içinse  $n$  boyutlu bir gözlemede sıralanmış gözlemler  $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq X_{(3)} \dots \leq X_n$  için sıralı istatistik veya sıralı gözlemler uygulanır.  $\beta_r$ 'nin örnek değeri  $r \geq 1$  için şu şekildedir:

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{(j)} \left[ \frac{j+A}{n+B} \right]^r \quad (1.11)$$

(1.11) eşitliğinde köşeli parantez içerisindeki  $\frac{j+A}{n+B}$  çizilen konum değeridir ve bu  $F(X_{(j)})$ 'in dağılım serbest değeridir. Çizilen konum değeri, Wakeby dağılımının parametrelerini tahmin etmede kullanılır. Özellikle  $(j-0.35)/n$  konumu Wakeby dağılımı, Ekstrem değer ve Pareto dağılımı için iyi sonuçlar vermektedir. Konum tahmin edicide,  $B > A > -1$  şartı vardır. Bazı konum değerleri ve kullanım yerleri Tablo 1.1'de verilmiştir:

Tablo 1.1. Konum değerleri ve kullanım yerleri (Maidment, 1993)

ADI	FORMÜLÜ	KULLANIM YERLERİ
Weibull	$\frac{j}{n+1}$	Tüm dağılımlar için tarafsız aşma olasılıklarıyla
Median	$\frac{j-0.3175}{n+0.03650}$	Tüm dağılımlar için tarafsız medyan olasılıklarıyla
APL	$\frac{j-0.35}{n}$	Olasılık ağırlık momentleri ile birlikte
Blom	$\frac{j-\frac{3}{8}}{n+\frac{1}{2}}$	Tarafsız normal değerlerle
Cunnane	$\frac{j-0.40}{n+0.2}$	Tarafsız karakteristik değerlerle
Gringorten	$\frac{j-0.44}{n+0.12}$	Gumbel Dağılımıyla
Hazen	$\frac{j-0.50}{n+0.2}$	Geleneksel yöntemlerle

Olasılık ağırlık momentleri iki kategoride incelenir. Bunlar taraflı ve tarafsız olasılık ağırlık momentleri değerlerdir. Tarafsız değerlerde A ve B parametreleri 0'a eşittir (Hosking ve Wallis, 1997). Bu çalışmada da tarafsız değerler kullanılmıştır. Taraflı olasılık ağırlık momentlerinde değerler A ve B parametreleri 0 olmadığı zaman hesaplanır. Örneğin, çizilen konum  $(j - 0.35)/n$  ise, bu karakteristik değerleri tahmin etmede ve dağılımı her bir istasyona uydurulması istendiğinde uygulanır. Olasılık ağırlık momentleri  $\alpha_r$  ve  $\beta_r$  olasılık dağılımlarının parametrelerini tahmin etmede en basit metot olarak kullanılır. Fakat olasılık dağılımlarının şeklini ve ölçeğin ölçüsünü tanımlamak zordur. Bu bilgiler olasılık ağırlık momentlerinin lineer kombinasyonu olarak taşınır ve bu kombinasyonlar L- momenti olarak adlandırılır.

#### 1.4.2. Olasılık Dağılım Fonksiyonları

##### 1.4.2.1. Normal Dağılım (Gauss Dağılımı)

Normal dağılım simetrik bir çan eğrisi biçimindedir. Gauss dağılımı olarak da bilinir. Rastgele ve birbirinden bağımsız birçok değişkeni tanımlama da kullanılmaktadır. Pratikte karşılaşılan rastgele değişkenlerin büyük bir çoğunluğu normal dağılıma uymaktadır. İki önemli parametresi vardır. Bunlar  $\mu$  aritmetik ortalama ve  $\sigma$  standart sapmadır. Bu iki parametre basit bir dönüşüm ile tek parametrelili fonksiyona dönüştürebilir:

$$z = (x - \mu) / \sigma, dx = \sigma dz \quad (1.12)$$

olarak tanımlandığında olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad (1.13)$$

olarak tanımlanır.

Buna göre yığılımlı olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-u^2/2} du \quad (1.14)$$

Burada  $z$  standart normal değişken olarak adlandırılır. Normal dağılıma sahip, aritmetik ortalama 0 standart sapması ise 1'e eşittir (Yevjevich, 1972).

#### 1.4.2.2. Log-normal Dağılım

Normal dağılımın özelliklerinin iyi bilinmesi ve kullanımının kolay oluşu, normal dağılıma uygun olmayan değişkenlerin logaritmalarının alınarak normal dağılıma dönüştürülmesi yoluna gidilir.  $X$  rastgele değişkenine,  $y = \ln x$  dönüşümü uygulandığında dönüştürülmüş  $y$  değişkeninin dağılımı normal ise  $x$ 'in dağılımına log-normal dağılım denir. Bu dağılımında  $\mu_y$  aritmetik ortalama,  $\sigma_y$  standart sapma ve  $\alpha$  log-normal değişkenin beklenen değeri olmak üzere aşağıdaki eşitlikler kurulur:

$$\mu = \exp(\mu_y + \sigma_y^2 / 2) \quad (1.15)$$

$$\sigma^2 = \mu^2 [\exp(\sigma_y^2) - 1] \quad (1.16)$$

$$\alpha = [\exp(3\sigma_y^2) - 3\exp(\sigma_y^2) + 2] C_v^3 \quad (1.17)$$

$$C_v = [\exp(\sigma_y^2) - 1]^{1/2} \quad (1.18)$$

$$C_s = 3C_v + C_v^3 \quad (1.19)$$

log-normal dağılımda,  $x$ 'in olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(\ln x - \mu_y)^2 / 2\sigma_y^2\right], \quad 0 < x < \infty \quad (1.20)$$

Pozitif değerlerin logaritması tanımlandığından  $x$ , sadece pozitif değerler olabilir. Bu dağılımda kullanılan dönüşümler ve normal dağılım olarak kullanılma avantajıyla log-normal dağılım geniş bir alanda kullanılmaktadır. Hem normal hem de log-normal dağılım iki parametreye sahip olduklarından yalnızca aritmetik ortalama ile standart sapmayı

hesaplamak yeterlidir. Literatürde 3 parametrelili log-normal dağılımlarda bulunabilir (Viessman ve Lewis, 2003).

#### 1.4.2.3. Gamma Dağılımı

Gamma dağılımı matematiksel istatistikte geniş bir uygulama alanına sahiptir. Giderek aratan bir oranda hidrolojik araştırmalarda kullanılmaktadır. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} * e^{-x} \quad (1.21)$$

şeklindedir (Bayazıt, 1981).

$\alpha$  parametresinin, büyümesiyle gamma dağılımı normal dağılıma yaklaşır. Gamma dağılımın sadece bir parametresi olması ve hidrolojik olaylara uydurulması zorluğu iki ve üç parametrelili gamma dağılımı tanımlanması yoluna gidilmiştir.

Buna göre iki parametrelili gamma dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x) = 1/(\beta^\alpha * \Gamma(\alpha)) * x^{\alpha-1} * e^{-x/\beta} \quad x \geq 0 \quad (1.22)$$

Üç parametrelili gamma dağılımın olasılık fonksiyonu ise :

$$f(x) = 1/(\beta^\alpha * \Gamma(\alpha)) * (x - x_0)^{\alpha-1} * e^{(-x-x_0)/\beta}, \quad x \geq x_0 \quad (1.23)$$

olarak tanımlanır (Viessman ve Lewis,2003).

#### 1.4.2.4. Gumbel Dağılımı (Ekstrem Değer Tip I)

Ekstrem değerler teorisinde, en büyük veya en küçük gözlemler dikkate alınmaktadır. Ekstrem değerlerin olasılık modelleri olarak günümüzde en çok kullanılan olasılık dağılımı Gumbel dağılımıdır. İstatistiğin ekstrem değerler teorisine göre eleman sayısının sonsuza gitmesi halinde örneklerdeki en büyük değerler Gumbel Dağılıma yaklaşacaktır. Gumbel

dağılım sabit bir çarpıklığa sahip log-normal bir dağılımdır. Olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$P(X \leq x) = F(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-u)]\} \quad (1.24)$$

Burada  $\alpha$  aritmetik ortalama,  $u$  ise standart sapmadır (Viessman ve Lewis, 2003).

#### 1.4.2.5. Pearson Tip-III Dağılımı

Üç parametrelili Gumbel dağılımında  $x$  yerine doğrudan  $Q_{pik}$  değeri alınırsa Pearson Tip-III dağılım elde edilmiş olur. Verilere kolayca uydurabileceğinden ve parametreleri momentler yöntemiyle hesaplanabildiğinden Pearson Tip-III dağılımı geniş bir kullanım alanı vardır. Bu yöntemde kullanılan  $K$  frekans faktörü tablolaştırılmıştır. Tablodan bulunan  $K$  değeri ile rastgele değişken aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$x = \mu_x + K * \sigma_x \quad (1.25)$$

#### 1.4.2.6. Log-Pearson Tip-III Dağılımı

Yıllık taşkın debilerinin olasılık yoğunluk fonksiyonunun bulunmasında log-Pearson dağılımı sıkça kullanılmaktadır. Eğer çarpıklık katsayısı  $C_s$ , 0'a yakın bir değer alıyorsa olasılık yoğunluk fonksiyonu log-normal dağılıma dönüşür. Ayrıca bu dağılım aylık yağış yüksekliğinin bulunmasında, beton yapılarının dayanımlarının hesaplanmasında da kullanılır.

#### 1.4.2.7. Weibull Dağılımı

Fisher-Tippet Tip III dağılımı olarak da bilinen bu dağılım Gumbel dağılımındaki benzer şartlarda en küçük değerlerin uyması beklenen teorik dağılımdır. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ve olasılık dağılım fonksiyonu şu ifadelerle verilmiştir:

$$p(x) = \frac{\alpha}{(x - x_0)} y \exp(-y), \quad x \geq x_0 \quad (1.26)$$

$$F(x) = 1 - \exp(-y), \quad x \geq x_0 \quad (1.27)$$

$y$  aşağıdaki denklemde tanımlanan dönüştürülmüş değişkendir:

$$y = \left( \frac{x - x_0}{\beta - x_0} \right)^\alpha, \quad \alpha > 0, \beta > x_0, x \geq x_0 \quad (1.28)$$

Bu dağılım hidrolojide en küçük debiler için kullanılmaktadır.  $x_0$  alt sınırı çoğunlukla 0 alınır (Bayazıt,1981).

### 1.5. Noktasal Frekans Analizi

Frekans analizleri üzerine son elli yıldır birçok araştırmacı ve kuruluşun önemli katkıları olmuştur. 1970'lerde ve 1980'lerde noktasal taşkın analizleri üzerine birçok çalışmalar yapılmış yeni dağılımlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Ancak özellikle son 20 yıldır bu konuda yapılan çalışmalarda bir yavaşlama görülmektedir. Araştırmacılar noktasal frekans analizlerinin doğru sonuçlar verebilmesi için eldeki hidrolojik verilerin yeterince uzun olması gerektiğini sonucuna varmışlardır. Bu nedenle frekans analizleri için yeni yöntemler geliştirmek yerine mevcut yöntemleri karşılaştırmak ve diğer bilgi kaynaklarından bulmak daha anlamlı hale gelmiştir. Bölgesel frekans analizleri çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen debi tahminlerini daha doğru elde etmek için uygulanabilecek en uygun yöntem olarak görülmüş ve araştırmacılar bu yöntem üzerine daha yoğun bir şekilde çalışmalar yapmaya başlamışlardır.

### 1.6. Bölgesel Frekans Analizleri

Genel bir tanımlama yapılacak olursa frekans analizi, belli bir olayın ne kadar sıklıkta meydana gelmesi olasılığının tahminidir. Bu nedenle ekstrem değerlerin frekansının tahmini çok önemlidir. Çünkü gözlemlenen olaya etki eden fiziksel oluşumlar hakkında birçok belirsizlik mevcuttur. İstatistiksel bir yaklaşımla olayları izlemek çoğunlukla tatmin

edici sonuçlar verir. İstatistiksel metotlar belirsizliklerin varlığını kabul eder ve etkilerini hesaba koyar.

İstatistiksel frekans analizlerinde veri takımlarının iyi bir şekilde düzenlenmiş olması gerekir. Yine de birçok değişken, analizler için elimizde mevcuttur. Farklı ölçüm istasyonlarındaki meteorolojik ve çevre ile ilgili gözlemler örnek verilebilir. Eğer farklı istasyonlar için benzer frekanslar hesaplanıyorsa tek bir istasyondan örnek kullanmaktansa tüm veriler toplanarak analiz yaparak çok daha sağlıklı sonuçlar elde edilir. Bu yaklaşıma Bölgesel Frekans Analiz adı verilir. Analiz edilecek veri örneklemeleri, bir bölge içerisindeki ölçüm istasyonlarının benzer değişkenlerinin gözlemleridir. Ama bölgesel frekans analizleri benzer veri örnekleri kullanılarak uygulanabilir.

Bölgesel frekans analizi, incelenen bölgede benzer dağılıma sahip istasyonlardan alınan bilgiler ile yapılır. Pratikte bu mümkün değildir. Çünkü hiçbir zaman bir istasyonun frekans dağılımı diğer istasyonlardaki frekans dağılımları ile aynı olmaz. Hatta farklı istasyonlarda meydana gelen olaylar istatistik olarak benzer olmayabilir.

Bölgesel frekans analizi, benzer frekans dağılımlarına sahip bölgeler için kullanılırsa daha iyi sonuçlar verir. Bölge terimi, birçok istasyonu içerir ancak coğrafik sınıflandırma frekans dağılımının benzerliği için bir gösterge değildir.

Frekans dağılımına etki eden değişkenleri hesaplayarak bölgeleri tanımlamak daha iyi bir yaklaşımdır. Uygun olarak tanımlanan istasyonlar bir araya getirilerek bölge oluşturulur.

Bölgeselleştirme konusunda en basit olan ve en çok kullanılanlardan biri rasyonel metot adı ile bilinir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$Q_0 = cA^d \text{ veya } q_0 = Q_0 / A = aA^b \quad (1.29)$$

Burada  $Q_0$  ortalama taşkın,  $A$  ise drenaj havzası ve  $a, b, c, d$  sabit değerlerdir. Başka ampirik formüllerle de taşkınla yağışın şiddeti arasında ilişki kurularak aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$Q = CIA \quad (1.30)$$



Tüm bu eşitliklerin amacı, ölçüm yapılamayan istasyonlar hakkında, ölçüm yapılan istasyonlardan tahmin edilen parametrelerden hareketle tahminlerde bulunmaktır (Bayazit, 1995).

### 1.6.1. İndeks-Taşkın Metodu

İndeks-taşkın metodu temel alınarak yapılan ilk bölgesel frekans analizi (Darlymple, 1960) U.S. Geographic Survey tarafından yapılmıştır. Bu çalışma bölgesel frekans analiz çalışmaları için bir temel oluşturmuştur. Bu çalışmalarda benzer frekans eğimlerine sahip coğrafik bölgeler tanımlamalarında güçlükler yaşanılmış ve bölgeselleştirme için regresyon yöntemi kullanılarak frekans eğrileri ile havza karakteristikleri arasında ilişkiler tayin edilmiştir. Ayrıca indeks-taşkın metodu son zamanlarda geliştirilerek birçok indeks-taşkın metodu temelli bölgesel frekans analizleri çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalardan biri de L- momentleri yöntemidir (Uraz, 1998).

Hidroloji ve frekans analizlerinde, indeks-taşkın metodu basit bir bölgeselleştirme tekniğidir. İndeks-taşkın metodu, verilerin ekstrem değerlerini dikkate aldığı için bu adı almıştır. Bu metod, güvenilir karakteristik değerleri oluşturmak için birçok istasyondan veriler alır.

$N$  adet istasyonda veriler mevcut olsun.  $n_i$  veri uzunluğuna sahip  $i$  istasyonunda gözlemlenen veriler  $Q_{ij}$  olmak üzere,  $j = 1, 2, \dots, n_i$  olsun.  $Q_i(F), 0 < F < 1$ ,  $i$  istasyonunun frekans dağılımının karakteristik değeri olsun. İndeks-taşkın metodundaki ana varsayım, istasyonların homojen bölgeler oluşturduğudur.  $N$  istasyonların frekans dağılımları ölçek faktörü dışında aynıdır. Buna göre:

$$Q_i(F) = \mu_i q(F), \quad i = 1, \dots, N \quad (1.31)$$

Burada,  $\mu_i$  indeks-taşkın katsayısıdır. Bu katsayı, dağılımın yer parametresi olarak kullanılmasına rağmen frekans dağılımının ortalaması olarak da alınır. İndeks-taşkın metodunda önemli özelliği de havzanın yağış, akış ve boyutunu yansımasıdır. Eşitlikteki diğer faktörde  $q(F)$  bölgesel büyüme eğrisidir. Bu değer boyutsuz karakteristik değer

fonksiyonudur. Bölgesel frekans dağılımının karakteristik değer fonksiyonu da  $Q_{ij} / \mu_i$  dir.

İndeks-Taşkın  $\mu_i = \overline{Q_i}$  hesaplanır ( $i$  istasyonlarındaki verilerin ortalamasıdır ).

$j = 1, 2, \dots, n_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ , olmak üzere boyutsuz tekrar ölçeklendirilmiş veriler,  $q_{ij} = Q_{ij} / \hat{\mu}_i$  bölgesel büyüme eğrisi ( $q(F), 0 < F < 1$ ) değerini tahmin etmede bir temel oluşturur. Burada  $q(F)$ ,  $\theta_1, \dots, \theta_p$  saptanamayan  $p$  parametresi ile birlikte düşünülür. Bu nedenle,  $q(F)$ ,  $q(F; \theta_1, \dots, \theta_p)$  olarak yazılabilir. Örneğin bu parametreler değişim katsayısı ve dağılımın çarpıklık katsayısı olabilir. Bölgesel taşkın dağılımının ortalaması bilinmeyen bir parametredir. Çünkü bölgesel frekans dağılımının ortalamasını 1 olması sağlamak için  $i$  istasyonundaki frekans dağılımının ortalamaları için  $\mu_i$  hesaba katılır. Bu yaklaşımda parametreler her bir istasyonda ayrı olarak tahmin edilir.  $i$  istasyonundaki parametre  $\theta_k$  olmak üzere  $1 \leq k \leq p$  aralığında  $\hat{\theta}_k^i$  olarak gösterilir. Böylece her bir istasyon için bulunan değerler, bölgesel değerleri bulmak için bir araya getirirler.

$$\theta_k^r = \sum_{i=1}^N n_i \theta_k^{(i)} / \sum_{i=1}^N n_i \quad (1.32)$$

Yukarıdaki eşitlik veri uzunluğuna göre ağırlıklı hale getirilmiştir. Çünkü istatistik modellere göre,  $\hat{\theta}_k^{(i)}$ 'nin değişimi  $n_i$  ile ters orantılıdır. Bu değerler  $q(F)$  ile yer değiştirilmesi ile bölgesel büyüme eğrisi elde edilir:

$$\hat{q}(F) = q(F, \hat{Q}_1^R, \dots, \hat{Q}_p^R) \quad (1.33)$$

$i$  istasyonundaki karakteristik değer,  $\mu_i$  ve  $q(F)$  değerlerinin birleştirilmesi ile elde edilir:

$$\hat{Q}_i(F) = \hat{\mu}_i \hat{q}(F) \quad (1.34)$$

İndeks-taşkın metodunda aşağıdaki kabuller yapılmaktadır:

1. Bir istasyondaki gözlemler benzer dağılım gösterir.
2. Bir istasyondaki gözlemler seri olarak birbirinden bağımsızdırlar.
3. Farklı istasyonlardaki gözlemler birbirinden bağımsızdır.
4. Farklı istasyonlardaki frekans dağılımları ölçek faktörü dışında aynıdır.
5. Bölgesel büyüme eğrisinin matematiksel biçimi doğru bir şekilde yapılmıştır.

İlk kabul, geçmişteki gözlemlerin gelecekte aynı şekilde bekleneceğidir. Bu, gözlemlenen bir yerde herhangi bir değişikliğin olmayacağı varsayımına dayanır. Ancak örneğin, akış verileri için oluşturulan frekans dağılımları, toprak kullanımı akışın insan tarafından düzenlenmesi gibi değişimlerden etkilenir.

Noktasal frekans dağılımlarında serisel bağıllık genellikle az bir taraflılık gösterir ve değerler standart sapmasında küçük bir artış gözlemlenir. Eğer periyodik değişim veya serisel bağımlılık verilerde yüksek miktarda mevcut ise zaman serilerine bağlı analizler yapmak çok daha uygun olacaktır.

Son üç varsayım ise çevresel olaylarla desteklenmemektedir. Birbirine yakın istasyonlar arasında birçok ilişki kurulabilir. Fırtınalar ve kuraklık gibi meteorolojik olaylar, muhtemelen birbirini pozitif yönde etkileyen komşu istasyonları benzer şekilde etkilemektedir. Bu nedenle son iki varsayım uygulanması tam olarak mümkün değildir. Yapılacak en iyi şey bölge olarak kabul edilecek istasyonların uygun bir şekilde belirlenmesi ve verilerle tutarlı olacak frekans dağılımının seçilmesidir. Bu nedenle indeks-taşkın metodu bu son üç varsayımdan fiziksel olarak makul bir ayrıma karşı olmakla birlikte uygun olarak kabul edilir (Okur,1999).

## **1.7. L-momentler**

### **1.7.1. Genel**

İstatistiksel metotlar, gözlemlenen verilerin özetlenerek istenen bilgilerin bulunmasında kullanılır. Bulunan momentler ve bunların aritmetik ortalama, varyans, çarpıklık katsayısı ve basıklık katsayıları değerleri de bu amaç için kullanılır. Bu değerlere ek olarak L-momentleri, hidrolojik verilerin istatistiksel özelliklerini özetlemede ve olasılık dağılımlarının şeklini tanımlanmasında kullanılır.

L-momentleri, olasılık ağırlık momentlerinin (OAM) temelinde ancak ondan biraz daha farklı biçimdedir. Olasılık ağırlık momentleri, sıralanmış gözlemlerden

hesaplanmaktadır. Bu gözlemler küçükten büyüğe ya da büyükten küçüğe olacak şekilde sıralanır.

Sıralanmış gözlemlerden elde edilen bilgiler, gözlemler arasındaki ilişkiler ve momentler (aritmetik ortalama veya yer parametresi, varyans veya ölçek parametresi, çarpıklık ve basıklık katsayısı) L-momentlerinin temellerini oluşturur. Olasılık ağırlık momentleri, sıralı istatistikler temel alınarak yapılan matematik formüller ile açıklanılır. Olasılık ağırlık momentleri bu sıralı istatistiklerinden elde edilen bilgilerin uygulanabilir formu olarak da düşünülebilir. L-momentleri de tümüyle olasılık ağırlık momentlerine bağlıdır.

### 1.7.2. L-momentlerinin Özellikleri

L-momentler, olasılık ağırlık momentleri yardımıyla bulunan istatistiksel değerler olup olasılık ağırlık momentleri tabanlı analizlerin kullanımı kolaylaştıran ve doğruluğunu arttıran bir metottür. L-momentler  $\lambda$  ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\lambda_1 = \alpha_0 = \beta_0 \quad (1.35)$$

$$\lambda_2 = \alpha_0 - 2\alpha_1 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (1.36)$$

$$\lambda_3 = \alpha_0 + 6\alpha_1 + 6\alpha_2 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (1.37)$$

$$\lambda_4 = \alpha_0 + 12\alpha_1 + 30\alpha_2 - 20\alpha_3 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (1.38)$$

L-momentleri boyutsuz bir şekilde tanımlamak uygundur. Bunun için yüksek mertebeden L-momentlerini  $\lambda_2$  ölçek ölçüsüne bölmek gerekir:

$$\tau_r = \lambda_r / \lambda_2, \quad r=3,4,\dots \quad (1.39)$$

L-momentleri oranları ölçüm ölçeğinden bağımsız olarak dağılımın şeklini ölçer.  $L - C_v$ ,  $C_v$  değişim katsayısından daha güçlü olup aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\tau = \lambda_2 / \lambda_1 \quad (1.40)$$

Noktasal L-moment değerleri  $b_r$  ile  $\beta_r$ ,  $l_r$  ile  $\lambda_r$ ,  $t_r$  ile  $\tau_r$  yer değiştirmesi ile elde edilir. Bulunan bu L-moment oranları tarafsız kabul edilir.

L-momentleri  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  ve L-moment oranları  $L-C_v(\tau)$ , L-ęarpıklık katsayısı ( $\tau_3$ ), L-basıklık ( $\tau_4$ ) olasılık dağılımını tanımlamada en yararlı karakteristik değerlerdir.  $\lambda_1$ , dağılımın ortalaması olup verilerin yeri hakkında bilgi verir.  $\lambda_2$  ise dağılımın ölçeği ya da sapmasıdır.  $\tau_3$  L-ęarpıklık ve  $\tau_4$  L-basıklık olarak adlandırılır. Bunlar moment, ęarpıklık katsayısı ve basıklık katsayısı türetmede çok uygun olup dağılımın sınırı ve ęarpıklık ölçüsünü veren değerlerdir.

L-momentlerinin özellikleri aşağıda tanımlanmıştır (Hosking ve Wallis,1997).

1. Var Olma: Eğer dağılımın bir ortalaması varsa, L-momentlerinin hepsi mevcuttur.
2. Tekliği ( Benzersiz Oluşu ) : Eğer dağılımın bir ortalaması varsa, o zaman L-momentleri benzersiz olarak dağılımı tanımlar ve hiçbir dağılım aynı L-momentlerine sahip olmaz.

3. Terminoloji:

$\lambda_1$ =dağılımın ortalaması veya L-yeri,

$\lambda_2$ =L-ölçeği

$\tau$  = L-değişim katsayısı

$\tau_3$  = L-ęarpıklık ve

$\tau_4$ =L-basıklık

4. Sayısal Değerler:

$\lambda_1$ , herhangi bir değer olabilir.

$\lambda_2 \geq 0$ .

$\tau$ , dağılımlarda sadece pozitif değerler olabilir ( $0 < \tau < 1$ ).

L-moment oranları  $r \geq 3$  için  $|\tau_r| < 1$  şartını sağlamalıdır.

Tüm  $\tau_r$  'ler için sıkı ilişkiler kurulabilir. Örneğin  $\tau_4$  ile  $\tau_3$  arasında aşağıdaki ilişki kurulabilir:

$$\frac{1}{4}(5\tau_3^2 - 1) \leq \tau_4 < 1 \quad (1.41)$$

5. Linear Dönüşümler:  $X$  ve  $Y$  rastgele değişkenli L-momentler  $(\lambda_r)$  ve  $(\lambda_r)^*$  olsun ve  $Y=aX+b$  olursa:

$$(\lambda_1)^* = a(\lambda_1) + b \quad (1.42)$$

$$(\lambda_2)^* = |a|(\lambda_2) \quad (1.43)$$

$$(\tau_r)^* = (\text{signa})^r (\tau_r) \quad (1.44)$$

6. Simetri:  $X$ ,  $\mu$  aritmetik ortalamasına sahip simetrik rastgele değişken olsun. Tüm  $x$  için,  $\Pr(X \geq \mu + x) = \Pr(X < \mu - x)$  ise  $X$ 'in tek sayılı L-moment oranları 0 olacaktır.

$$(\tau_r) = 0, r=3,5,\dots \quad (1.45)$$

### 1.7.3. L-momentleri Kullanarak Parametre Tahmini

Parametre tahmini istatistik yöntemlerin en önemli ancak en zor aşamalarından biridir.  $N$  veri boyutuna sahip bir rastgele değişkenin  $p$  kadar parametre içerdiğini varsayalım. Geleneksel yöntemlerden çok daha iyi sonuçlar veren L-momentleri yöntemi, ilk  $p$  değerinin L-momentlerini ilgili popülasyon karakteristik değerlerine eşitleyerek parametre tahmini yapar. L-momentleri cinsinden yazabilmek için bazı eşitliklere ihtiyaç vardır. Bu eşitlikler önemli olasılık dağılımlar için Tablo 1.2'de verilmiştir.

Hosking ve Wallis (1987), az ve orta uzunluktaki örnekler için L-momentler metodunun maksimum olasılık metoduna göre çok daha etkili olduğu sonucu çıkarmıştır. Bu sonuçlar veriler tek başına incelendiği durumlar içindir. Bölge frekans analizleri ile doğrudan bir bağlantısı yoktur. Fakat L-momentleri yöntemi, etkili ve uygun parametre ve karakteristik değer tahmini yapar ve bölgesel frekans analizi için indeks-taşkın prosedürlerinde bu değerleri kullanmak mantıklı bir yaklaşımdır.

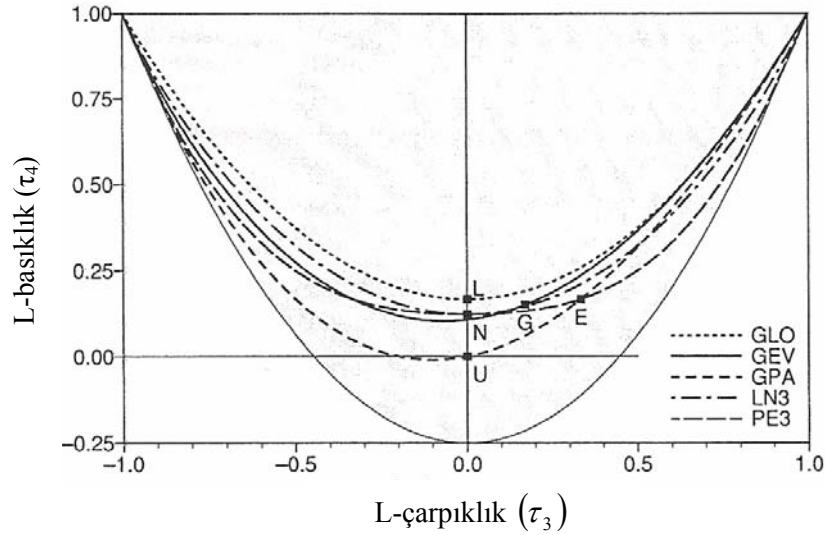
Tablo 1.2. Dağılımlara göre karakteristik değer fonksiyonları ve L-moment katsayıları (Maidment, 1993)

Dağılımlar	Yığılımlı dağılım fonksiyonunun tersi	L-moment katsayıları
Üniform	$x = \alpha + (\beta - \alpha)F$	$\lambda_1 = (\alpha + \beta)/2$ $\lambda_2 = (\beta - \alpha)/6$ $\tau_3 = \tau_4 = 0$
Üssel	$x = \xi - \frac{\ln[1 - F]}{\beta}$	$\lambda_1 = \xi + \frac{1}{\beta}$ $\lambda_2 = \frac{1}{2\beta}$ $\tau_3 = \frac{1}{3}$ $\tau_4 = \frac{1}{6}$
Normal	$x = \mu + \sigma\phi^{-1}[-\ln F]$	$\lambda_1 = \mu$ $\lambda_2 = \frac{\sigma}{\sqrt{\pi}}$ $\tau_3 = 0$ $\tau_4 = 0.1226$
Gumbel	$x = \xi - \alpha \ln[-\ln F]$	$\lambda_1 = \xi + 0.5772\alpha$ $\lambda_2 = \alpha \ln 2$ $\tau_3 = 0.1699$ $\tau_4 = 0.1504$
Pareto	$x = \xi + \frac{\alpha}{K} \{1 - [1 - F]^K\}$	$\lambda_1 = \xi + \frac{\alpha}{1 + K}$ $\lambda_2 = \frac{\alpha}{(1 + K)(2 + K)}$ $\tau_3 = \frac{(1 - K)}{(3 + K)}$ $\tau_4 = \frac{(1 - K)(2 - K)}{(3 + K)(4 + K)}$

#### 1.7.4. L-momentlerin Avantajları

L-momentler, sıralanmış gözlemlerin lineer biçimleridir. Bu nedenle gözlemlerin kareleri, küpleri geleneksel yöntemlerde olduğu gibi alınmaz. Boyutsuz olarak hesaplanan değişim katsayısı ve çarpıklık katsayısı değerleri tarafsız olup normal dağılıma sahiptir. Diğer moment yöntemleri ise taraflı olup düşük sayıdaki örneklerde bile değişkendir. Birçok hidrolojik uygulamalarında, L-moment basit ve uygun hidrolojik verilerden ve dağılım parametrelerinden tahmin yapılmasını sağlar.

Geleneksel yöntemlere göre L-momentleri daha az taraflı olduklarından dolayı, moment diyagramı oluşturma da çok daha uygun sonuçlar verir. Farklı dağılımlar için L-moment diyagramı aşağıda gösterilmektedir:



Şekil 1.1. Farklı dağılımlar için moment diyagramları (Hosking ve Wallis, 1997)

E: Üssel

G: Gumbel

L-Lojistik

N: Normal

U: Üniiform

GPA: Pareto Dağılımı

GEV: Ekstrem Değer Dağılımı

GLO: Lojistik Dağılımı

LN3: Log-Normal Dağılımı

PE3: Pearson Tip III Dağılımı

Grafikte, L-moment oranları olan L-çarpıklık( $\tau_3$ ) ve L-basıklık ( $\tau_4$ ) katsayıları eksenleri vardır. Yer ve ölçek parametresine sahip iki parametrelili dağılımlar diyagramda nokta olarak gösterilmektedir. Çünkü yalnızca yeri ve ölçek parametresi farklı olan ve X,Y rastgele değişkenli iki dağılımın ( $Y=aX+b$ ) L-çarpıklık ve L-basıklık değerleri aynıdır.



Ancak, yer, ölçek parametresi ve şekil parametresine sahip 3-parametrelili dağılımlar diyagramda farklı değerler alır.

Bu diyagramlar üzerinde örnek istatistikler çizmek, dağılımlar arasında bir seçim yapma olanağını sağlar.  $\tau_3 - \tau$  diyagramı iki parametrelili dağılımlar arasında seçim yapma olanağını sağlar.  $\tau_4 - \tau_3$  diyagramı, üç parametrelili dağılımlar arasında seçim yapma olanağını sağlar. Bu nedenle L-momentleri kullanımı, özellikle çarpıklığı fazla olan dağılımlar için önerilir.

Olasılık dağılımlarının seçimi, frekans analizlerinin ilk adımıdır. L-momentlerinin katkısı bu bağlamda çok önemlidir.

Eğer bir dağılımın ortalaması var ise L-momentleri de vardır. Bu yüksek mertebede moment üretme de başarısız olduğu zaman içinde geçerlidir. Örneğin, Ekstrem Değer dağılım için üçüncü ve dördüncü mertebeden momentler, şekil parametresi  $k \leq -1/3$  ve  $k \leq -1/4$  durumları için oluşturulamaz. Bu k değerleri için L-moment oranları  $\tau_3 = 0.403$  ve  $\tau_4 = 0.241$  orta değerlerini alır.

Geleneksel moment yöntemlerinde moment oranları sınırsızdır. Ancak, L-moment oranlarının belli bir sınırı vardır  $|\tau_r| < 1$ . L-momentlerinin sınırının olması bir avantajdır. Çünkü boyutunun yorumlanması daha kolaylaşır.

L-momentleri ile geleneksel momentler arasındaki en önemli farkı L-momentlerinin ekstrem değerlerden daha az etkilenmesidir.

L-momentler, geleneksel yöntemlere göre dağılımların düzenini daha iyi tanımlar. Bir örnekten L-momentler tahmin edilirken, verilerin içersindeki aykırı değerlere karşı çok daha güvenlidir. L-momentlerinden elde edilen dağılımların parametre tahminleri, genelde az sayıdaki veriler için daha güvenilir sonuçlar verir. Geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında L-momentin önemli avantajlarından biri de verilerin lineer biçimi olup, örneklerin değişkenliğinden daha az etkilenmesidir. L-moment yöntemi, bölgesel tahminlerde de rahatlıkla kullanılır. L-momentleri tekniği, akım gözlem istasyonlarından sağlanan verilerle bölgesel parametreleri tahmin etmede de kullanılabilir.

### 1.7.5. Bölgesel Frekans Analizinde L-momentlerinin Kullanımı

L- momentleri kullanılarak yapılacak bölgesel frekans analizinde birçok aşama vardır. Bunlar:

1. Verilerin Değerlendirilmesi
2. Homojen Bölgelerin Tanımlanması
3. Frekans Dağılımının Seçimi
4. Uygunluk Testlerinin Tatbik Edilmesi
5. Frekans Dağılımı Değerleridir.

#### 1.7.5.1. Verilerin Değerlendirilmesi

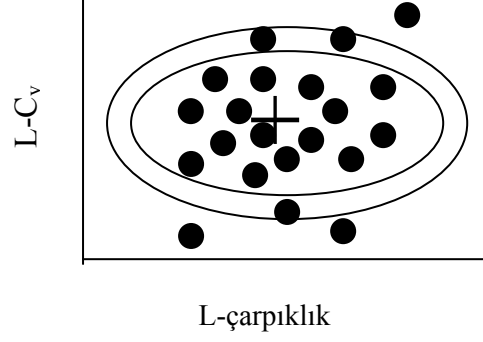
##### 1.7.5.1.1. Verilerin Değerlendirilmesinin Önemi

Bir istatistik analizdeki ilk adım, analiz için kullanılacak olan verilerin uygunluğunun kontrol edilmesidir. Frekans analizleri için, istasyonda toplanan verilerin, ölçülen miktarı temsil etmesi ve tüm verilerin aynı frekans dağılımından çıkarılması gerekir. Çevresel birçok faktör verilerin doğruluğunu etkilemektedir. Bu faktörler geçmişte alınan veri değerlerinin zamanla geçerliliğini yitirmesine neden olabilir.

##### 1.7.5.1.2. Uyumsuzluk Ölçüsü

Uyumsuzluk ölçüsü, verilerin gözden geçirilmesinden sonra bir bölge içerisinde kabul edilen istasyonlar ile bölgenin geneli arasında uyumsuz olan istasyonların saptanması amacıyla kullanılırlar. İstasyondaki veriler L-momentleri cinsinden ölçülür.

L-moment oranlarından eksenleri  $L - C_v$ , L-çarpıklık, L-basıklık olan koordinat sistemleri düşünelim. İstasyondan elde edilen veriler bir bulut kümesi oluşturur. Bu bulut kümesinin uzağında bulunan her nokta uyumsuz olarak kabul edilir. Uzaklık, L-moment oranları arasında bir ilişki sağlanması için bir yol olarak değerlendirilir.



Şekil 1.2. Uyumsuzluk Ölçüsünün Grafikte Gösterilmesi  
(Hosking ve Wallis, 1997)

Örneğin  $L-C_v$  ve  $L$ -çarpıklık eksenlerini göz önüne alalım. Noktalar kümesinin merkezi(+), nokta koordinatlarının  $L-C_v$  ile  $L$ -çarpıklık değerlerinin ortalamasıdır. Şekildeki elipsler, verilere uydurulmak için seçilir. Uyumsuz noktalar en dış elipsin dışarısında kalan noktalardır.

Bir grupta  $N$  adet istasyon olduğunu varsayalım.  $i$  istasyonu için,  $t, t_3, t_4$  içeren  $\mu_i = [t^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)}]^T$  vektörü olsun. Üst simge durumundaki  $T$ , matris veya vektörün tersidir.

$\bar{\mu} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \mu_i$ , ağırlıklı olmayan grubun ortalaması olsun. Çapraz çarpım ve karelerin

toplam matrisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$K = \sum_{i=1}^n (\mu_i - \bar{\mu})(\mu_i - \bar{\mu})^T \quad (1.46)$$

$i$  istasyonu için uyumsuzluk ölçüsü aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$D_i = \frac{1}{3} N (\mu_i - \bar{\mu})^T K^{-1} (\mu_i - \bar{\mu}) \quad (1.47)$$

$D_i$  sayısının büyük çıkması durumunda  $i$  istasyonunun uyumsuz olduğu kabul edilir. Büyüklük tanımı, bir bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. Tablo 1.3'te verilen kritik değerleri geçen  $D_i$  değerleri uyumsuz olarak kabul edilir.

Tablo 1.3. İstasyon sayısına göre  $D_{cr}$  değerleri (Pokhrel, 2002)

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

### 1.7.5.2. Homojen Bölgelerin Tanımlanması

#### 1.7.5.2.1. Bölge Oluşturma Metotları

Bölge frekans analizi oluşturan bölgelerin her birinde birden fazla istasyon vardır ( $N \geq 5$ ). Bu nedenle homojen bölgelerin tanımı genellikle en zor ve çok miktarda subjektif bir varsayım gerektirir. Bölge tanımlamasının amacı, homojenlik durumunu az çok sağlayan istasyonların bir araya getirilmesidir. Bu da ölçek faktörü dışında, frekans dağılımının aynı olmasıdır.

Bölgesel tanımlama için elde mevcut olan bilgiler o bölgenin her bir istasyonunda yapılan noktasal ölçümlerdir. Bunlar, noktasal istatistikler ve diğer istasyon tanımlayıcıları olan saha karakteristikleridir. Saha karakteristikleri, sahanın coğrafik konumunu, kotunu, fiziksel özelliklerini içermektedir. Saha karakteristikleri genellikle deterministik miktarlarmış gibi düşünülerek güvenilir oldukları varsayılır.

Noktasal istatistikler ve saha karakteristikleri arasındaki fark önemlidir. Çünkü bölgenin tanımlanması saha karakteristikleri temel alınarak yapılır ve nihai bölge tanımlaması noktasal istatistiklerden hesaplanan istatistik yöntemleri ile test edilir. Bu test benzer veriler ile hem bölge oluşturmak hem de onları test etmek için kullanılırsa daha uygun olacaktır.

Bölgesel frekans analizinde istasyonları bir araya getirerek bölge oluşturma da birçok metot vardır. Bunlar aşağıdaki gibi gruplar haline getirebilir:

1. Coğrafik Uygunluk
2. Sübjektif Bölümleme
3. Objektif Bölümleme
4. Kümeleme Analizi
5. Diğer Çok Değişkenli Analiz Metotları

#### 1.7.5.2.2. Bölgesel Homojenlik Testleri

Bölgeler tanımlanmak için yapılacak ilk adım bölgelerin uygun olup olmadıklarının test edilmesidir. Homojenlik, frekans dağılımlarının ölçek faktörü dışında her yerde aynı olduğu varsayımına dayanır

Bir bölgenin homojen olup olmadığını belirlemek amacıyla birçok test mevcuttur. Testlerin çoğu frekans dağılımlarının bazı özelliklerini ölçebilen  $\theta$  değerini içerir ve bu değer homojen bölgeler için sabit değerdir.  $\theta$ ,  $L - C_v$  ya da  $L - C_v$ , L-çarpıklık ve L-basıklık değerlerinin bir kombinasyonudur.  $\theta$  değeri şu şekilde hesaplanır:

$\hat{\theta}^{(i)}$ ,  $i$  istasyonundaki veri bağlı olan noktasal tahmindir.  $\hat{\theta}^{(R)}$ , tüm istasyonlarından elde edilen veriler kullanılarak bulunan bölgesel değerdir. Bir  $S$  istatistiği kurulur ve bu değer noktasal değerler ile bölgesel değerler arasındaki farkı ölçer ve aşağıdaki gibi gösterilir:

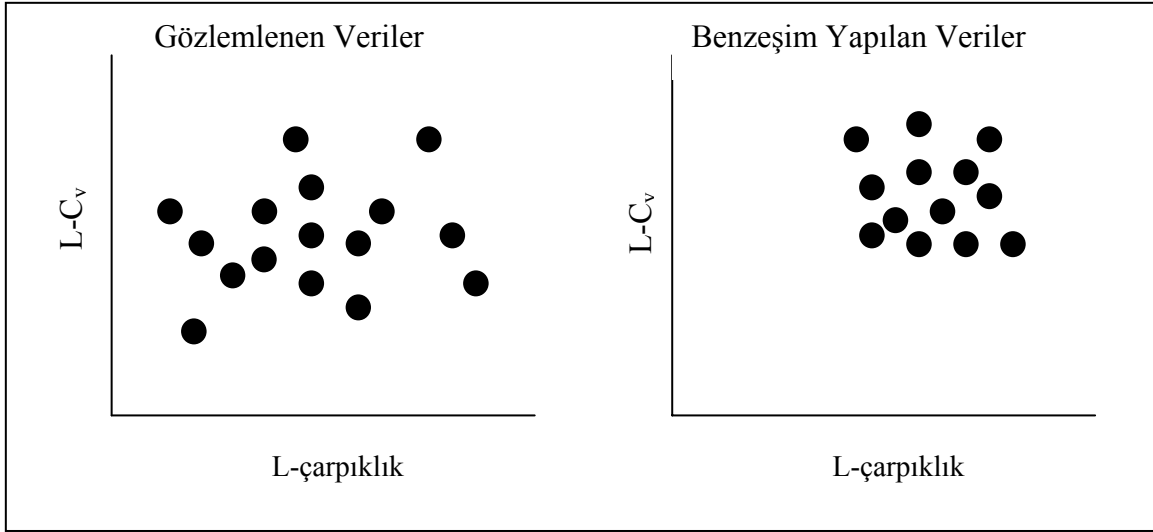
$$S = \sum_{i=1}^N (\hat{\theta}^{(i)} - \hat{\theta}^{(R)})^2 \quad (1.48)$$

#### 1.7.5.2.3. Heterojenlik Ölçüsü

Heterojenlik ölçüsünün amacı, bir gruptaki heterojenlik ölçüsünü belirlemek ve istasyonların homojen olarak davranıp davranmayacağını belirlemektir. Heterojenlik ölçüsü, homojen olarak davranması beklenen bir bölgedeki istasyonların L-momentlerin değişimlerini karşılaştırır.

Bir homojen bölgede tüm istasyonlar aynı bölgesel L-moment oranlarına sahiptir. Bunların noktasal L-moment oranları ise veri değerlerinin farklılığı nedeni ile aynı olmayacaktır. Bu nedenle, bir grubun noktasal L-moment oranlarının arasındaki

sapmaların homojen bölgede beklenen değerinden büyük olup olmadığını sorusuna cevap verir.



Şekil 1.3.  $L - C_v$  -  $L$ -çarpıklık grafiğinde gözlenen ve benzeşim yapılan verilerin gösterimi

Noktasal  $L$ -moment oranlarının sapmalarının gerçekçi bir yaklaşımla değerlendirilmesi için  $L$ -çarpıklık- $L - C_v$ ,  $L$ -çarpıklık- $L$ -basıklık grafiklerinden yararlanır. Bu grafiklere bağlı olarak bulunacak sapma miktarın değerleri istasyonun çizilen noktasından grubun ortalamasını gösteren nokta arasındaki ortalama mesafedir. Az veriye sahip  $L$ -moment oranlarının daha büyük değişime sahip olması için, ortalamalar istasyonların veri uzunluklarına göre ağırlıklı halde düşünülmesi gerekir. Örnek  $L$ -moment sapmalarının bir ölçümü de noktasal  $L - C_v$ 'lerin standart sapmasıdır (veri uzunluklarına göre ağırlıklı hale getirilmelidir).  $L - C_v$  üzerine yoğunlaşmak mantıklıdır. Çünkü  $L - C_v$ 'deki değişimin  $L$ -çarpıklık veya  $L$ -basıklıktaki değişime göre özellikle ekstrem değerler üzerinde çok daha büyük etkisi vardır.

Neyin bekleneceğini belirlemek için benzeşim yapılır. Homojen bölgenin benzeşim ile gözlenen verilerin benzeşimi aynı yapılarak seçilen sapma ölçüsünün aritmetik ortalaması ile standart sapması elde edilir. Gözlemlenmiş ve benzeşim yapılmış dağılımları karşılaştırmak için 1.49. eşitliği gibi bir istatistik kullanılır:

$$\text{Heterojenlik(H)} = \frac{[(\text{gözlemlenen verilerin sapması}) - (\text{benzeşimlerin ortalaması})]}{(\text{benzeşimlerin standart sapması})} \quad (1.49)$$

Bu istatistiğin büyük pozitif değerler alması gözlemlenen L-momentlerinin homojenlik testleri ile uygun olması gereken değerinden çok fazla saptığını gösterir.

Eğer gözlemlenen yer homojen ise, bölgenin L-moment oranları, istasyonların L-moment oranlarının ortalamasına yakın olacaktır. İki veya üç parametrelili dağılımlar yerine dört parametrelili Kappa dağılımı benzeşimler için kullanılır (Hosking, 1994). Kappa dağılımı, Lojistik, Ekstrem Değer ve Pareto dağılımlarının özel bir türü gibidir. Bu nedenle birçok dağılımı temsil etme yeteneğine sahiptir. L-moment oranları gözlemlenmiş verilerin L-basıklık, L-çarpıklık ve  $L - C_v$  grup ortalamasına eşleştirmek için seçilirler.

Bir bölge  $N$  adet istasyona sahip olsun. Her bir  $i$  istasyonu  $n_i$  veri uzunluğuna sahip olup L-moment oranları da  $t^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)}$  olsun.  $L - C_v$ , L-çarpıklık ve L-basıklığın bölgesel ortalamaları  $t^{(R)}, t_3^{(R)}, t_4^{(R)}$  ise istasyonların veri boyutuna göre ağırlıklı hale getirilerek hesaplanır:

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (1.50)$$

Örnek  $L - C_v$ 'in noktasal standart sapmasının ağırlıklı hali de;

$$V = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N n_i (t^{(i)} - t^R)^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \right\}^{1/2} \quad (1.51)$$

$t^{(R)}, t_3^{(R)}, t_4^{(R)}$ , bölgesel L-moment oranlarına Kappa dağılımı uygulanır. Frekans dağılımı olarak Kappa dağılımı seçilmiş  $N$  adet istasyonlu bir bölgenin  $N_{sim}$  adet benzeşim yapılır. Benzeşim yapılmış bölgeler homojendir ve ne çapraz ilişki ne de serisel bir ilişki vardır. İstasyonlar gerçeğindeki gibi aynı veri uzunluğuna sahiptirler. Her benzeşim yapılmış bölge için  $V$  hesaplanır. Benzeşimlerden  $V$ 'nin  $N_{sim}$  değerinin aritmetik ortalaması ve standart sapması ile belirlenir ve bunlara  $\mu_v$  ve  $\sigma_v$  adı verilir. Heterojenlik ölçüsü de aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$H = \frac{(V - \mu_v)}{\sigma_v} \quad (1.52)$$

Eğer  $H$  değeri çok büyük çıkarsa bölge heterojen olarak kabul edilir. Bu nedenle  $H < 1$  ise bölge homojen,  $1 \leq H < 2$  ise bölge muhtemelen heterojen,  $H \geq 2$  ise bölge heterojen kabul edilir.

#### 1.7.5.2.4. Diğer Heterojenlik Ölçüsü Kısıtları

Yukarıda gösterilen eşitlikteki  $V$  değeri, hangi L-moment oranının sapmasını bulmak istiyorsak onun ile yer değiştirir.

$L - C_v$  ile L-çarpıklığa bağlı olarak yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \left\{ (t^{(i)} - t^R)^2 + (t_3^{(i)} - t_3^R)^2 \right\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (1.53)$$

L-basıklık ve L-çarpıklık katsayısına bağlı olarak da:

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \left\{ (t_3^{(i)} - t_3^R)^2 + (t_4^{(i)} - t_4^R)^2 \right\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (1.54)$$

$V_2$ ,  $t - t_3$  grafiği üzerinde herhangi bir istasyondan bölgenin ağırlıklı ortalamasına olan ağırlıklı ortalama mesafedir.

Aynı şekilde  $V_3$  de  $t_3 - t_4$  grafiği üzerinde herhangi bir istasyondan bölgenin ağırlıklı ortalamasına olan ağırlıklı ortalama mesafedir.

Hem gerçek veriler hem de benzeşim yapılmış veriler için,  $V_2$  ve  $V_3$ 'e bağlı olarak bulunan  $H$  istatistiği, homojen ve heterojen bölgelerini ayırmada çok güçlü değildir. Nadiren  $H$  değeri 2'yi aşar.  $V$ 'ye bağlı olarak yapılan  $H$  istatistiği çok daha iyi ayırıcı gücüne sahiptir. Heterojenlik testinin temelini oluşturur.

$V$  hesabı, aynı  $L - C_v$ , ancak farklı L-çarpıklık değerine sahip istasyonların heterojenliklerine karşı güvenli değildir. Ancak heterojenliğin bu biçimi ekstrem durumlar hariç karakteristik değer tahminlerinin doğruluğu üzerinde de küçük bir etkisi vardır. Çünkü verilerin birçok türünde yüksek L-çarpıklığa sahip istasyonlarının  $L - C_v$ 'leri de



yüksektir. İndeks-taşkın için gerekli olan L-moment oranlarının istasyonlar arası karşılaştırılmasında,  $V$  'nin  $V_2$  ve  $V_3$  'den daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 1.7.5.2.5. Heterojenlik Ölçüsünün Kullanımı

Heterojenlik ölçüsü testi, bir bölgenin homojen olup olmadığını tespit etmek için  $H$  istatistiği kullanılmasıdır. Eğer bölge homojen olmadığı sonucuna varılırsa bölgenin tekrar tanımlanması gerekir. Bölge 2 veya daha fazla bölgeye bölünerek, bazı istasyonlar bölgeden kaldırılarak veya bazı istasyonların bu bölgeye katılması ile bölge homojen hale getirilebilir.

Yinede bir bölgedeki heterojenliğinin varlığı bu bölgede bulunan istasyonlarının çok az sayıda olanlarının diğerlerine benzemediğinin sonucudur. Bu durumlarda istasyonların karakteristikleri dikkatlice incelenmelidir. Bölge özellikleri birbirlerine benzeyen istasyonlarla yeniden teşkil edilebilir. Ancak bazı istasyonların diğer istasyonlardan farklı olabileceğini gösteren fiziksel durumlar görülmeyebilir. O zamanda fiziksel kanıtları istatistikten önce ele almak ve istasyonları ilk önerildiği şekilde tutmak doğru çözümdür. Bu yaklaşım verilerde değişimin homojenliği saklasa bile homojen bölgelerin tanımını olanaklı hale getirir.

Örneğin, ekstrem meteorolojik durumlar ile ekstrem olayların beraber olduğu durumlar bir bölgedeki istasyonların çoğunda meydana gelebilir. Fakat gerçekte istasyonların çoğunda ölçüm esnasında böyle durumlarla karşılaşılmaz. Eğer fiziksel bilgiler, bölgenin homojen olarak tanımlanmasına olanak sağlayacak kadar sağlıklı bilgiler içeriyorsa bölgeselleştirmeden maksimum şekilde yararlanma fırsatı doğar. Ancak ekstrem olaylarda noktasal veriler doğru yol göstermez. Çünkü olağan dışı çevresel faktörlerin varlığından veya yokluğundan etkilenirler. Bu nedenle bölgesel ortalama frekans dağılımı bize gelecekteki ekstrem olayların tahmininde en iyi sonuçları verirler.

$H$  istatistiği, bölgenin homojen olduğuna kabul eden hipotezin güvenilirlik testiymiş gibi kullanılır. Yine de bu şekilde kullanılması önerilmez. Bu gibi testlerde yapılan güven seviyesi ancak aşağıda verilen varsayımlarla uygun olabilir:

- Veriler hem seri olarak hem de istasyonlar arasında bağımsız olmalı
- Kullanılacak bölgesel dağılım Kappa dağılımı olmalıdır.

Heterojenlik ölçüsü bu varsayımları sağlamayan bölgeler içinde tanımlanabilir. Bu nedenle  $H$ , güvenilirlik testi için kullanılması tercih edilmez. Düzeltilecek benzeşim yapılmış veriler elde etmek muhtemeldir ancak bu da çok fazla hesap ister. Güvenilirlik testi doğruluğu her zaman tartışma konusu olmuştur. Çünkü kısmen heterojen bölgelerde bile doğru karakteristik değer tahminleri yapılabilir. Bu nedenle homojenlik testlerine çok ilgi gösterilmez.

$H = 1$  ve  $H = 2$  şartları rastgele seçilmiş değerler olsa bile rehberlik etme bakımından yararlı olurlar. Eğer  $H$  testi güvenilirlik testi olarak kullanılsaydı  $V$  istatistiği normal dağılmış farz edilerek %10 güven aralığında homojenlik testinin ret edilmesi için kıstas  $H = 1,28$  olacaktı.  $H = 1$  şartı, karşılaştırmalar için çok sınırlı görülebilir ancak yukarıda da belirtildiği gibi  $H$  istatistiği güvenilirlik testi için kullanılmaz. Benzeşimden elde edilen sonuçlardan heterojen olduğu kabul edilen bir bölgede hesaplanacak olan karakteristik değeri,  $H \approx 1$  şartını sağlayan homojen bölgeye göre %20–40 oranında daha az güvenilir olacaktır. Heterojenliğin bu miktarı bölgenin tekrar tanımlanması halinde karakteristik değerinin doğruluğunu arttırıp arttırmama noktasında bir sınır çizgisi olarak kabul edilir. Böyle bir bölge için, bölgesel tahmin yönteminin noktasal tahmin yöntemine göre çok daha doğru karakteristik değer tahmini yapacağı muhtemeldir. Ancak bölgeleri alt sınıflandırmaya almak veya birkaç istasyonu kaldırmak heterojenliği azaltabilir. Bu sebeple  $H = 1$  değeri bölgeyi tekrar tanımlamak için bir sınır olarak kabul etmek uygun olacaktır. Benzer olarak  $H = 2$  değeri de saha karakteristikleri elde verdiği sürece bölgenin yeniden tanımlama noktasıdır (Hosking ve Wallis,1997).

### 1.7.5.3. Bölgesel Frekans Analizi İçin Dağılımın Seçimi

Bölgesel frekans analizinde, tek bir frekans dağılımı istasyonların her birine uygulanmaktadır. Genelde bölgeler tam olarak homojen değildir ve her bir istasyona yalnızca bir dağılımın uygulanması mümkün değildir. Amaç bu nedenle her bir istasyon için gerçek dağılımı bulmak yerine bize en doğru tahminlerde bulunabilecek dağılımı bulmaktır.

Veriler ile yakın ilişkiler kuran bir dağılım bulunsa bile bu dağılımın gelecekteki olayları geçmişteki olaylarla ilişkilendirilebileceği hususunda bir garanti yoktur. Noktasal frekans dağılımlarının bölgesel frekans dağılımlarından farklı olduğu durumlarda bile en

uygun karakteristik değer tahmini veren dağılıma bağlı yaklaşımları tercih etmek en uygun çözümdür.

Bir uygulama için birden fazla dağılım arasında en uygunu seçmek, dağılımlarının hangisinin verilere en uygun bir biçimde uygulanabileceğine bağlıdır. Genelde verilerle beraber uyum göstermeyen dağılımın kullanılması istenmez. Yine de verilerle en iyi uyum gösteren dağılımın seçilmesi gerektiği de söylenemez. Bölgesel frekans analizini amacı, verilere uygunluk sağlamak değil gelecekte meydana gelecek veriler için dağılımın doğru karakteristik değer tahminlerini vermesidir. Eğer birçok dağılım verilere uygun olarak uygulanabiliyor ise bunlar arasından en güvenilir olanının seçmek uygun olacaktır. Burada önemli olan seçilen dağılımın doğru karakteristik değer tahmini yapmasıdır.

#### **1.7.5.4. Uygunluk Testi**

Uygunluk testi yapmada birçok metot vardır. Bunlardan bazıları ki-kare testi, Kolmogorov-Smirnov testi, diğer uygunluk testleri ve L-momentlerine bağlı olarak yapılan testlerdir. Bu metotların bazıları bölgesel frekans analizi için düşünülebilir. Her bir istasyonun verilerine uygulanacak olan frekans dağılımının doğruluğu her bir istasyon için hesaplanan uygunluk testleri ile elde edilir ve hesaplanan istatistikler bölgesel istatistiğe katılır.

##### **1.7.5.4.1. Uygunluk Testinin Hesabı**

Homojen olduğu kabul edilen bir bölge için verilen bir dağılımın uygun olup olmadığını kontrol etmek için uygunluk testi yapılır. Öncelikli amaç mevcut dağılımlar arasından en uygunun seçilmesidir.

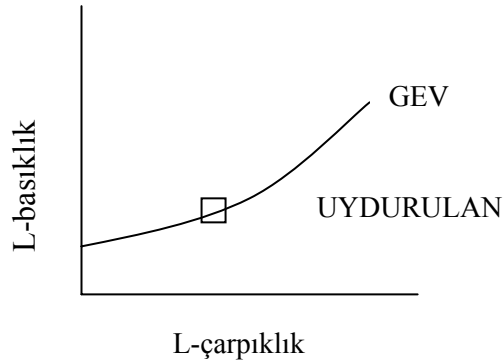
Bölge homojen olarak varsayıлып, bu homojen bölgedeki istasyonların L-momentleri de bölgesel ortalamalarla ifade edilebilir. Bölgesel aritmetik ortalama  $L - C_v$  ile karşılaştırılmalarda kullanılacak olan yer ve ölçek parametreleri dağılımların çoğunda vardır. Uygunluk testleriyle, kullanılan dağılımın L-çarpıklık ve L-basıklık değeri ile gözlemlenen verilerin bölgesel ortalama L-çarpıklık ve L-basıklık değerinin ne kadar iyi eşleşip eşleşmediğine hakkında bir sonuca varılır.

Uygunluk testi hesabı aşağıdaki gibi yapılır;

Üç parametrelili Ekstrem Değer dağılımı (GEV) bizim dağılımımız olduğunu varsayalım. Örnek L-çarpıklık ve L-basıklık değerleri de tarafsız olsun. L-momentler yöntemiyle uygun hale getirilmiş GEV dağılımı, bölgesel ortalama L-çarpıklığa eşit olan L-çarpıklığa sahiptir. Bu nedenle dağılımın uygunluğu dağılımının (GEV)  $\tau_4^{GEV}$  L-basıklık ile bölgesel ortalama  $t_4^R$  arasındaki fark ile karar verilir. Bu farklılığın önemini tayin etmek için  $t_4^R$  örnek değişimi ile karşılaştırılır.  $t_4^R$ 'ün standart sapması  $\sigma_4$  ile gösterilmiş olup homojen bölgenin benzeşiminden elde edilir. Benzeşim yapılmış bölgenin istasyonları GEV frekans dağılıma sahip olup, aynı gerçeğindeki gibi veri uzunluğuna sahiptir. Bu nedenle:

$$Z^{GEV} = (t_4^R - \tau_4^{GEV}) / \sigma_4 \quad (1.55)$$

bir uygunluk hesabıdır.  $Z^{GEV}$ 'in küçük değerleri GEV ile uygun sonuçlar verir.



Şekil 1.4. Uygunluk Testi Grafiği (Hosking ve Wallis, 1997)

Noktasal L-moment oranları  $t_3$  ve  $t_4$  şimdiye kadar tarafsız olarak dikkate alındı.  $t_3$ 'ün tarafsız olması iyi bir yaklaşım olmakla beraber, veri uzunluğunun az ( $n_i \leq 20$ ) ve bölge L-çarpıklığının çok büyük ( $\tau_3 \geq 0.4$ ) olduğu durumlarda  $t_4$ 'ü tarafsız kabul etmek uygun düşmez. Bu problemi çözmek için  $t_4$  için bir taraflılık düzenlemesi yapılır. Burada uydurulmuş  $\tau_4^{GEV}$  L-basıklık ile bölgesel ortalama  $t_4^R$  karşılaştırılmaz. Onun yerine  $t_4^R - B_4$  taraflılık düzeltilmesi yapılır. Burada  $B_4$ , gözlemlenilen verilerdeki gibi aynı veri

uzunluğuna ve aynı istasyon sayısına sahip bölgeler için bölgesel ortalama L-basıklıktaki taraflılıktır. Bu taraflılık,  $\sigma_4$  elde edildiği şekilde benzer benzeşimlerden da elde edilebilir.

Bir bölge  $N$  istasyona sahip ve her  $i$  istasyonu  $n_i$  veri uzunluğu ve noktasal L-moment oranları  $t^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)}$  olsun. İstasyonların veri uzunluklarına göre ağırlıklı hale getirilmiş bölgesel  $L-C_v$ , L-çarpıklık ve L-basıklık ise  $t^{(R)}, t_3^{(R)}, t_4^{(R)}$  ifade edilsin. Kullanabilecek birçok üç parametrelı dağılım vardır. Bunlar Lojistik(GLO), Ekstrem Değer (GEV), Pareto (GPA), Normal (GNO), Pearson Tip III dağımlarıdır. Bölgesel ortalama L-momentleri  $1, t^{(R)}, t_3^{(R)}$  değerleri her bir dağılıma uydurulur. Uydurulan dağılımın L-basıklık değerı  $\tau_4^{DIST}$  ile ifade edilir. Burada DIST, üstte belirtilen dağılımdan herhangi biri olabilir.

L-moment oranları cinsinden Kappa dağılımının parametrelerinin bulunması için  $1, t^{(R)}, t_3^{(R)}, t_4^{(R)}$  ortalama bölgesel L-moment oranları Kappa dağılımına uydurulur.  $N$  sayıda istasyonu bulunan bölgenin  $N_{sim}$  değerlerine kadar benzeşim yapıldıktan sonra frekans dağılımındaki her bir istasyon ayrı bir Kappa dağılımına sahip olur. Benzeşim yapılan bölgeler homojendir ve ne çapraz ilişki ne de serisel bir ilişkiye sahiptirler. İstasyonlar gerçeğinde olduğu gibi aynı veri uzunluğuna sahiptir. Kappa dağılımının uydurulması ve Kappa bölgelerinin benzeşimi heterojenlik ölçütünde aynı hesaplamaları kullanılır.  $m$  . benzeşim yapılmış bölge için bölgesel ortalama L-çarpıklık  $t_3^{(m)}$  ve L-basıklık  $t_4^{(m)}$  hesaplanır.

$t_4^{(R)}$  'ün taraflılık hesabı:

$$B_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{(m)} - t_4^{(R)}) \quad (1.56)$$

$t_4^{(R)}$  'ün standart sapması da :

$$\sigma_4 = \left[ (N_{sim}^{-1} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{(m)} - t_4^{(R)})^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{1/2} \quad (1.57)$$

Her dağılım için uygunluk testinin hesabı:

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - t_4^R + B_4) / \sigma_4 \quad (1.58)$$

$|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlayan dağılımının uygun olarak kabul edilir.

Gerçekte  $|Z| \leq 1.64$  değeri rastgele seçilmiş bir değerdir.  $Z$  istatistiği, uygunluk testinin güven aralığı biçimine sahip olup, uygun şartlar altında normal dağılıma sahiptir.  $|Z| \leq 1.64$  şartı %90 güven aralığında hipotez edilmiş olan dağılımın kabulü şeklindedir. Yine de standart normal olarak kabul edilen  $Z$  istatistiği için gerekli kabullerden iki tanesi pratik hayatta tam olarak gerçekleşmesi mümkün değildir. Bunlar istasyonlar arası herhangi bir bağımlılığın olmaması ve bölgelerin tamamen homojen olmasıdır. Bu nedenle bu kıstas uygunluk testinin kaba bir göstergesi olup resmi bir form olarak önerilmez.

Verilerde serisel bir ilişki veya çapraz ilişki olması durumunda  $|Z| \leq 1.64$  şartı güvenilir değildir. Düzeltme  $t_4^R$  değişkenini artırma eğilimindedir. Çünkü benzeşim yapılmış Kappa dağılımında bir düzeltme yoktur.  $\sigma_4$  sonuçları çok küçük ve  $Z$  değerleri çok büyüktür. Buda yanlış bir uygunluk göstergesi verebilir. Bu problemi çözmek için çok fazla zaman istemesine rağmen düzeltilmiş benzeşim yapılmış veriler meydana getirmek mümkündür.

#### 1.7.5.4.2. Uygunluk Testinin Hesabının Kullanımı

Bir bölge homojen olduğu kabul edilirse tüm aday dağılımlar için  $Z$  hesaplanır.  $|Z| \leq 1.64$  şartını sağlayan tüm dağılımlar “kabul edilebilir” olarak işaretlenir. Kabul edilen dağılımlar için büyüme eğrisi hesaplanır. Eğer dağılımların büyüme eğrileri az çok birbirine eşit çıkıyorsa bu dağılımların herhangi birisi kullanılır. Bölgenin yanlış seçilmiş olma ihtimaline karşılık bu yanlış seçime karşı en güvenli olacak olan dağılımın seçilmesi en uygun çözümdür. Eğer büyüme eğrileri eşit değilse verilerde eksiklik problemi vardır. İki model, istatistiksel olarak önemli olmasa da işletim açısından önemli olan farklı şeyleri gösterebilir. Bu durumda en iyi modeli kurmak muhtemel değildir. Onun yerine güvenilirlik önem kazanır. üç parametrelili dağılımlar seçmek yerine dört parametrelili Kappa

veya beş parametrelili Wakeby dağılımları homojen bir bölgede frekans dağılımlarının yanlış seçimine karşı daha güvenlidir.

Z şartı ile aday dağılımların hiçbiri de kabul edilmeyeceği durumlarla da karşılaşılabilir. Bu durumlar genellikle bir bölgedeki istasyon sayısının veya istasyon veri uzunluklarının fazla olmasından kaynaklanabilir. Bu şartlarda bölgesel ortalama L-çarpıklık ve L-basıklık aday dağılımlardan birisine çok yakın olsa bile  $\sigma_4$  sonuçları çok küçük ve Z değerleri çok büyüktür. Eğer  $t_3^{(R)}, t_4^{(R)}$  bölgesel ortalama noktaları, büyüme eğrileri az çok birbirine eşit olan iki dağılımın arasına düşüyorsa ( üç veya daha fazla dağılımın arasına da düşebilir ) bu durum verilerin aşırı fazla olma durumundan ortaya çıkan bir problemdir. İki model, istatistiksel olarak önemli olmasa da işletim açısından önemli olan farklı şeyleri gösterebilir. Bu durumda verilere kabul edilebilir uygunluğu sağlayacak birbirine eşdeğer dağılımlardan herhangi birini tekrar sınıflandırmak mantıklı bir çözüm olacaktır. Bazen de bölgesel ortalama noktası birbirine eşdeğer iki dağılım arasında kalmaz. Örneğin Lojistik hattının üstünde yer alabilir. Bu durumlarda ise üç parametrelili hiçbir dağılım kabul edilmez, Kappa veya Wakeby dağılımı gibi daha genel dağılımlar kullanılır.

Eğer bölge homojen değilse, tek bir dağılım tüm istasyon verileri için kullanılmaz. Yine de tek bir dağılımı istasyonlara uygulamak istasyonların her biri için ayrı dağılım uygulamaktan daha doğru karakteristik değer sonuçları verir. Dağılımın seçimi kuvvetlik düşüncesinden etkilenebilir. Noktasal dağılımlarda heterojenliği azaltan bir dağılım kullanmak özellikle önemlidir. Kappa ve Wakeby dağılımları önerilen dağılımlardır.

Bölgenin heterojen olduğu durumlarda noktasal L-momentleri, dağılımları daha iyi ayırdığı için daha çok kullanılır. Bölge homojen olması durumunda bölgesel ortalamalar veriler hakkında yeterince bilgi verebilir. Ancak bölgenin heterojen olduğunda bu durum geçerli olmayacaktır. Yine de heterojen bölgeler için de uygunluğun üst noktada yapılması da önemlidir. Bu nedenle heterojen bölgeler için Wakeby dağılımı tercih edilir.

Bir bölge için seçilen frekans dağılımı diğer bölgedekini de etkileyebilir. Eğer bir dağılım bölgelerin hepsine birden uygulanabiliyorsa tek olarak düşünüldüğünden en uygun dağılım olmasa bile tüm bölgeler göz önüne alındığında bu dağılımı kullanmak uygun olacaktır.

### 1.7.5.5. Frekans Dağılımı Değerleri

#### 1.7.5.5.1. Homojen Bölgeler İçin Tahminler

Son dört kısmında tanımlanan metotların başarıyla ifa edilmesinden sonra bölgesel frekans analizi için mevcut olan verilere sahip istasyonlar homojen kabul edilen bölgelere katılır. Bu bölgelerdeki istasyonlar ölçek faktörü dışındaki tüm özellikler benzerdir ve her bir bölgenin verilerinin uydurulması için olasılık dağılımı seçilir. Farklı istasyonlardaki frekans dağılımları arasındaki ilişki bölgesel frekans analizi için bir destektir. Bu ilişki farklı istasyonlardan elde edilen verilerin bir araya getirilmesi ile elde edilen karakteristik değer ve dağılım parametreleri her bir istasyonun ayrı ayrı dikkate alınması elde edilenle karşılaştırıldığında çok daha doğru değerler elde edilir.

Homojen bir bölgedeki verilere bir dağılımın uygulanmasının birçok metodu vardır. Bir bölge  $N$  adet istasyona sahip olsun. Her  $i$  istasyonunun veri uzunluğu  $n_i$  olsun. Gözlemlenen veriler  $Q_{ij}, j = 1, \dots, n_i, i$  istasyonunun frekans dağılımının karakteristik değer fonksiyonu  $Q_i(F), 0 < F < 1$  olarak gösterilsin. 1.28. eşitliğinden  $\mu_i$  bağımsız ölçek faktörü olmak üzere  $\hat{\mu}_i$   $i$  istasyonunun ölçek faktörü olsun. Boyutsuz tekrar ölçeklendirilmiş veri ise  $q_{ij} = Q_{ij} / \hat{\mu}_i, j = 1, \dots, n_i; i = 1, \dots, N$  eşitliğiyle bulunur.

Frekans dağılımlarının tahmininde üç metot vardır. İstasyon-yıl, indeks-taşkın ve maksimum-olabilirlik metotlarıdır. Bölgesel frekans analizleri, indeks-taşkın metodunu kullanmaktadır.

İndeks-Taşkın metodu, her bir istasyondan alınan verilerin istatistik özetlerini kullanır ve bunları 1.29'da verilen eşitliğe göre bölgesel tahminlerde kullanılmak üzere bir araya getirir. Özet istatistiklerine noktasal verilerin L-momentleri, sonuç aşamasına Bölgesel L-momentleri Algoritması adı verilir. İndeks-taşkın metodunun diğer olasılık dağılım metotlarına göre hiçbir teorik üstünlüğü yoktur. Ancak maksimum-olabilirlik metoduna göre hesaplamalar daha basittir. Çünkü bölgesel verilerin tümünün aynı anda alınması gerekmez. Bölgesel L-moment algoritmasında hesaplanan Bölgesel ortalama L-moment oranları bölgesel veri takımlarının özelliklerini özetlemede çok kullanışlıdır.



İndeks-Taşkın metodunda farklı istasyonlar gözlemler arasında bir bağımlılığın olmadığı ve aynı istasyon içerisindeki gözlemler içerisinde serisel bir ilişkinin bulunmadığı varsayılmaktadır.

#### 1.7.5.5.2. Bölgesel L-moment Algoritması

Homojen bir bölgeden elde edilen verilerden yapılan Bölgesel L-moment algoritmasının amacı noktasal ölçek faktörü (indeks taşkın) ile ölçeklendirmeden sonra her bir istasyondaki gözlemlerin dağılımlarını tahmin edecek olan tek bir frekans dağılımının uygulanmasıdır. Bu dağılım, noktasal frekans dağılımlarının karakteristik değerlerini tahmin etmek için her istasyon için ölçeklendirilir.

Dağılımlar L-moment metoduyla bulunur ve parametreleri verilerden hesaplanan L-momentlerinin bölgesel L-momentlerine eşitlenmesi ile hesaplanır. Bölgenin homojen olduğu düşünüldüğünde farklı istasyonlardan alınıp tekrar ölçeklendirilmiş verilerden hesaplanan örnek L-momentleri, bölge ortalama L-moment oranlarının bulunması için bir araya getirilir. Örnek L-moment oranlarından elde edilen verilerin doğruluğunu arttırmak için veri uzunluklarına göre ortalamalar ağırlıklı hale getirilir (Şorman ve Okur, 2000).

Basite indirmek için, indeks taşkın her istasyonda bulunan frekans dağılımlarının aritmetik ortalaması olup bu değer noktasal verilerin aritmetik ortalamaları ile hesaplanır. Her istasyon için yeniden ölçeklendirilen verilerin ortalaması 1'dir. Bu nedenle bu değerlerin bölgesel ortalaması da 1'dir. Ayrıca her bir istasyon için noktasal L-moment oranları  $t$  ve  $t_r$ ,  $r \geq 3$ , ister yeniden ölçeklendirilmiş verilerden  $\{q_{ij}\}$  isterse asıl verilerden  $\{Q_{ij}\}$  hesaplandığı zaman hep aynı değeri verecektir. Bu nedenle yeniden ölçeklendirilen veriler için tam bir hesap yapılması gereksizdir (Okur, 1999).

Yukarıda belirtilen varsayımların geçerli olduğunu varsayalım. Bir bölge  $N$  adet istasyona sahip olsun. Her  $i$  istasyonunun veri uzunluğu  $n_i$  olsun. Noktasal aritmetik ortalama  $l_1^{(i)}$ , L-moment oranları  $t^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)}$  olmak üzere, istasyonların veri uzunluklarına göre ağırlıklı hale getirilmiş bölgesel ortalama L-moment oranları  $t^R, t_3^{(R)}, t_4^{(R)}$  olarak gösterilirse:

$$t^R = \sum_{i=1}^N n_i t^{(i)} / \sum_{i=1}^N n_i \quad (1.59)$$

$$t_r^R = \sum_{i=1}^N n_i t_r^{(i)} / \sum_{i=1}^N n_i, r = 3, 4 \quad (1.60)$$

Bölgesel ortalama 1 olarak düşünüldüğü için  $l_1^R = 1$  olarak alınır. Bölgesel ortalama L-moment oranlarına  $(l_1^{(R)}, t^R, t_3^{(R)}, t_4^{(R)})$ , L-moment oranları  $(\lambda_1, \tau, \tau_3, \tau_4)$  eşitlenerek dağılımlar uygun hale getirilir. Uygun hale getirilen bölgesel frekans dağılımının karakteristik değer fonksiyonu  $\hat{q}(\cdot)$  olarak gösterilir.

$i$  istasyonundaki karakteristik değerleri,  $\mu_i$  ve  $q(\cdot)$  değerlerinin bir araya getirilmesi ile hesaplanır. F aşılıma olasılığına karşılık gelen karakteristik değeri:

$$\hat{Q}_i(F) = l_1^{(i)} \hat{q}(F) \quad (1.61)$$

olarak hesaplanır.

Değişik L-moment algoritmaları uygulanabilir. Örneğin indeks-taşkın metodunda noktasal frekans dağılımının ortalaması veya bazı değerler değiştirilebilir (Medyan veya dağılımın karakteristik değerleri gibi). O zamanda uygun hale getirilecek frekans dağılımları da dağılımın indeks taşkının ortalaması 1 haline getirilmesi için tekrar ölçeklendirilmesi gerekir.  $\hat{q}(\cdot)$ , tekrar ölçeklendirilmiş dağılımın karakteristik değer fonksiyonu ve  $\hat{\mu}_i$ ,  $i$  istasyonunun indeks taşkın katsayısı olmak üzere 1.58'deki eşitlikte verilen karakteristik değerleri  $\hat{\mu}_i$  ile  $l_1^{(i)}$  yer değiştirildiğinde:

$$\hat{Q}_i(F) = \hat{\mu}_i \hat{q}(F) \quad (1.62)$$

yeniden hesaplanabilir.

### 1.7.5.5.3. Karakteristik Değerlerinin Doğruluğunun Tayini

İstatistiksel analizlerden elde edilen sonuçlar doğal olarak kesin değildir. Bu nedenle sonuçlar için bazı değerlendirmeler yapılması zorunludur. Geleneksel istatistik yöntemlerde parametre ve karakteristik değerleri için bir güven aralığı yapılarak sonuçların yeterliliği için bir sınır konabilir. L-moment algoritması kullanılarak yapılan Bölgesel frekans analizlerinde ise homojen bölgeler için bir güven aralığı oluşturmak muhtemeldir.

Böyle bir güven aralığı oluşturmak her zaman çok mümkün değildir. Çünkü bölgesel L-moment algoritmasında indeks-taşkın metodunun temelini oluşturan varsayımlarının hemen hepsinin verilere uygulanabileceğini söylemek zordur. L-moment algoritması kullanılarak yapılan bölgesel frekans analizlerinin en güçlü yanlarından biri, varsayımların tümü gerçekleşmese bile kullanılabilmesidir. Değerlerin doğruluğunun gerçekçi bir değerlendirmesi için, bölgenin heterojen olması, dağılımın yanlış tanımlanması ve farklı istasyonlar arasında istatistiksel bağımlılık olması durumlarının da göz önüne alması gerekir.

Monte Carlo benzeşimi karakteristik değer tahminlerini doğruluğunu saptama da kullanılır. Benzeşimler, tahminlerin hesaplandığı yerden alınan verilerin karakteristikleri ile eşleştirmek gerekir. Benzeşimlerde kullanılan bölge gerçeğinde olduğu gibi aynı istasyon sayısına, her istasyondaki veri uzunluğuna ve bölgesel ortalama L-moment oranına sahip olmalıdır. Heterojenlik, yanlış tanımlama ve istasyonlar arası bağımlılık veya kombinasyonlarını içine alacak şekilde benzeşim yapılacak bölge için uygun olacaktır.

Bir önemli noktada benzeşim yapılacak bölgede popülasyon  $L-C_v$  değerinin istasyonlar arası değişiminin gerçek verilerden elde edilen örnek  $L-C_v$  değerinden daha az olması gerektiğidir. Çünkü örnekleme değişkenliği, örnek  $L-C_v$  değerini popülasyon  $L-C_v$  değerine göre daha geniş alana yayacaktır. Bu etki benzeşim programlarında veri olarak girilecek olan  $L-C_v$  değerleri için hesaba katılır. Bu sebeple istasyonlar arası değişimi daha az olan yeni popülasyon  $L-C_v$  değerleri girilir. Ancak bu  $L-C_v$  değerlerinin ağırlıklı ortalaması gerçeğiyle aynı olmalıdır. Noktasal karakteristik değerlerinin doğru elde edilmesi için gözlemlenen  $L-C_v$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak  $L-C_v$  değerleri her istasyon için belirlenir.

Kullanılacak benzeşimin algoritması aşağıdaki gibidir:

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

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

3. Benzeşim aşamasında  $M$  tekrarlama için aşağıdaki adımlar izlenir.

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

3.1.1. Noktasal veri uzunluğunun en büyük olanı  $n_0 = \max n_i$  olsun.  $k = 1, \dots, n_0$  her zaman noktası için, ortalama vektör  $0$ , kovaryans matrisi  $R$  olan  $i = 1, \dots, n$  olmak üzere  $y_{ik}$  elementli  $y_k$  rastgele değişken meydana getirmek

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

3.2 Bölgesel L-moment algoritmasının bölgesel örnek verilerine uygulanması.

3.2.1 Noktasal L-momentlerinin ve bölgesel ortalama L-moment oranlarının hesaplanması

3.2.2 Seçilen dağılımının uygulanması

3.2.3 Bölgesel büyüme eğrisi ve noktasal karakteristik değerlerinin hesaplanması

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

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

Her bir benzeşim, yalnızca bir dağılım için yapılır ve en küçük uygunluk testi değeri ( $Z$ ) bulunan dağılım seçilir.

Güven aralığı oluşturularak yapılan karakteristik değerlerin doğruluğunu değerlendirme de iki parametre kullanılır. Bunlar ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve taraflılıktır (BIAS).

Karakteristik değerler çeşitli yineleme aralıklarına göre hesap edilir.  $i$  istasyonunda  $m$ .tekrarlama  $F$  aşılması olasılığı için karakteristik değer  $Q_i^{(m)}(F)$  olsun. Bu karakteristik değerlerin rölatif hatası;

$$\frac{Q_i^{(m)}(F) - Q_i(F)}{Q_i(F)} \quad (1.63)$$

olarak hesaplanır.

Bu değerlerin tüm  $M$  tekrarlama sayısına göre ortalamasının alınması ile hem taraflılığının (BIAS) hem de ortalama en küçük hata değerinin (RMSE) yaklaşık değerleri elde edilir. Elde edilecek değerler çok küçük olacaklarından yüzde şeklinde yazılmasında yarar vardır. Buna göre hem BIAS hem de RMSE yüzde cinsinden tanımlanır. Buna göre her bir  $i$  istasyonu için  $M$  tekrarlama suresine bağlı olarak BIAS ve RMSE değerleri hesaplanır.

$$B_i(F) = M^{-1} \sum_{m=1}^M \frac{\hat{Q}_i^{(m)}(F) - Q_i(F)}{Q_i(F)} \times 100\% \quad (1.64)$$

$$R_i(F) = \left[ M^{-1} \sum_{m=1}^M \left\{ \frac{\hat{Q}_i^{(m)}(F) - Q_i(F)}{Q_i(F)} \right\}^2 \right]^{1/2} 100\% \quad (1.65)$$

Tüm istasyonlar için bu değerler hesaplanır ve toplam değer istasyon sayısına bölünürse karakteristik değerlerin bölgesel ortalama taraflılık ve ortalama en küçük hata değeri bulunur.

$$B^R(F) = N^{-1} \sum_{i=1}^N B_i(F) \quad (1.66)$$

$$R^R(F) = N^{-1} \sum_{i=1}^N R_i(F) \quad (1.67)$$

Bölgesel olarak değerlendirme de BIAS ve RMSE değerleri ile birlikte bölgesel mutlak değer taraflılık değeri de (ABSBIAS) hesaplanır.

$$A^R(F) = N^{-1} \sum_{i=1}^N |B_i(F)| \quad (1.68)$$

Bölgesel ortalama taraflılık  $B^R(F)$ , karakteristik değerlerin ortalama taraflılığını ölçer. Bu eğilim yorumlanması kolaydır. Eğer bir dağılım üst sınıra doğru ise frekans dağılımı da üst sınıra yakın olacaktır.

Bölgesel mutlak değer taraflılık değeri  $A^R(F)$ , bazı istasyonlarda çok düşük bazı istasyonlarda çok yüksek olan karakteristik değerlerin eğilimlerini ölçer. Bu durumlar genelde heterojen bölgelerde oluşur. Bölgesel büyüme eğrileri, noktasal büyüme eğrilerini gereğinden düşük ya da yüksek hesaplayabilir. Böyle durumlarda  $A^R(F)$  taraflılığın büyüklüğünü ölçer. Düşük taraflılık değerlerinin önüne geçilmesi için negatif ve pozitif değerleri bir araya getirildiğinden  $B^R(F)$ 'den daha kullanışlıdır.

Bölgesel ortalama en küçük değer  $R^R(F)$  gerçek karakteristik değerlerden yeni karakteristik değerlerinin ne kadar saptığını ölçer.

Bu hesaplamalar dışında büyüme eğrileri ile karakteristik değerlerin doğrulukları kontrol edilebilir.  $i$  istasyonunun büyüme eğrisi  $q_i(F)$  olmak üzere;

$$Q_i(F) = \mu_i q_i(F) \quad (1.69)$$

olarak tanımlanır.

Heterojen bölgelerde  $q_i(F)$  değeri gereklidir. Bu değerler homojen bölgelerde bölgesel büyüme eğrilerine ( $q(F)$ ) eşittir.  $m$ . tekrarda bölgesel büyüme eğrisi değeri  $\hat{q}^{(m)}(F)$  olsun. Bu büyüme eğrisinin doğruluk kontrolü 1.61. ve 1.62. eşitlikleri ile tanımlanır. Yalnız burada  $q_i(F)$  ile  $Q_i(F)$  ve  $\hat{q}^{(m)}(F)$  ile  $Q_i^{(m)}(F)$  yer değişecektir. Bölgesel büyüme eğrileri özellikle veri ölçümlerinin yapılamadığı yerlerde ve noktasal veri kullanımının olanaksız olduğu durumlarda indeks-taşkın değerlerini hesaplamada kullanılır.

Bir diğer hesap yöntemi de özellikle dağılımların çok çarpıklı olduğu durumlar kullanılan dağılımların karakteristik ampirik değerleridir. Bunun için karakteristik değerler için  $\hat{Q}_i(F)/Q_i(F)$ , büyüme eğrileri içinde  $\hat{q}(F)/q_i(F)$  değerleri hesaplanır. Örneğin  $F$  aşılmama olasılığı için  $\hat{Q}_i(F)/Q_i(F)$  benzeşim yapılmış değerlerin %5'i  $L_{.05}(F)$ 'in üstünde  $U_{.05}(F)$ 'in altında olursa,  $\hat{Q}_i(F)/Q_i(F)$  dağılımının %90'ı

$$L_{.05}(F) \leq \frac{\hat{Q}(F)}{Q(F)} \leq U_{.05}(F) \quad (1.70)$$

aralıklarında olur.

Başka bir ifadeyle de

$$\frac{\hat{Q}(F)}{U_{.05}(F)} \leq Q(F) \leq \frac{Q(F)}{L_{.05}(F)} \quad (1.71)$$

yazılabilir.

1.68. nolu eşitlik istatistiksel bir güven aralığıdır. Gerçek ve tahmini karakteristik değerler arasında en uygun tahmini yapar. Bu eşitlik için  $\hat{Q}(F)$  değerinin %90 güven aralığının alt ve üst sınırları olarak adlandırılır. Ancak dağılımın alt sınırı için bu formül yararlı olmayabilir. Çünkü  $L_{.05}(F)$  değeri çok küçük veya negatif değere sahip olabilir. Buda sınır aralığını sonsuz denebilecek büyüklükte yapabilir. Bu durumda  $R^{(R)}(F)$  değeri kullanılır. 1.68. eşitlikle kurulan benzeşim temelli güven aralığı normal güven aralıklarına göre daha az kesin sonuç verir. Fakat gene de karakteristik değerlerin tahmininde ve bölgesel büyüme eğrilerinin hesaplanmasında tatmin edici sonuçlar verir. Hata değerleri benzeşimde kullanılacak olan  $m$  tekrarlar sayısına bağlıdır.  $m = 100$  değeri, hatanın büyüklüğünü göstermede yeterli bir değerdir. Fakat  $m$  tekrarlar sayısı arttıkça daha doğru hata değerleri elde edilir (Hosking ve Wallis, 1997) .

## 1.8. Kullanılacak Bilgisayar Programı

Yukarıda detayları ile birlikte anlatılan tüm aşamalar birçok uzun ve yinmeli hesaplamaların yapılmasını gerektirmektedir. Tüm bu hesaplamalar Hosking (Version 3.04, July 2005) tarafından Fortran dilinde programlanmıştır. 73 adet altprogram ana bir program altında toplanarak istenen hesaplar yapılabilir (URL-1, 2008). Programda kullanılacak olan alt programlar ve bunların kullanılma amaçları aşağıda gösterilmektedir:

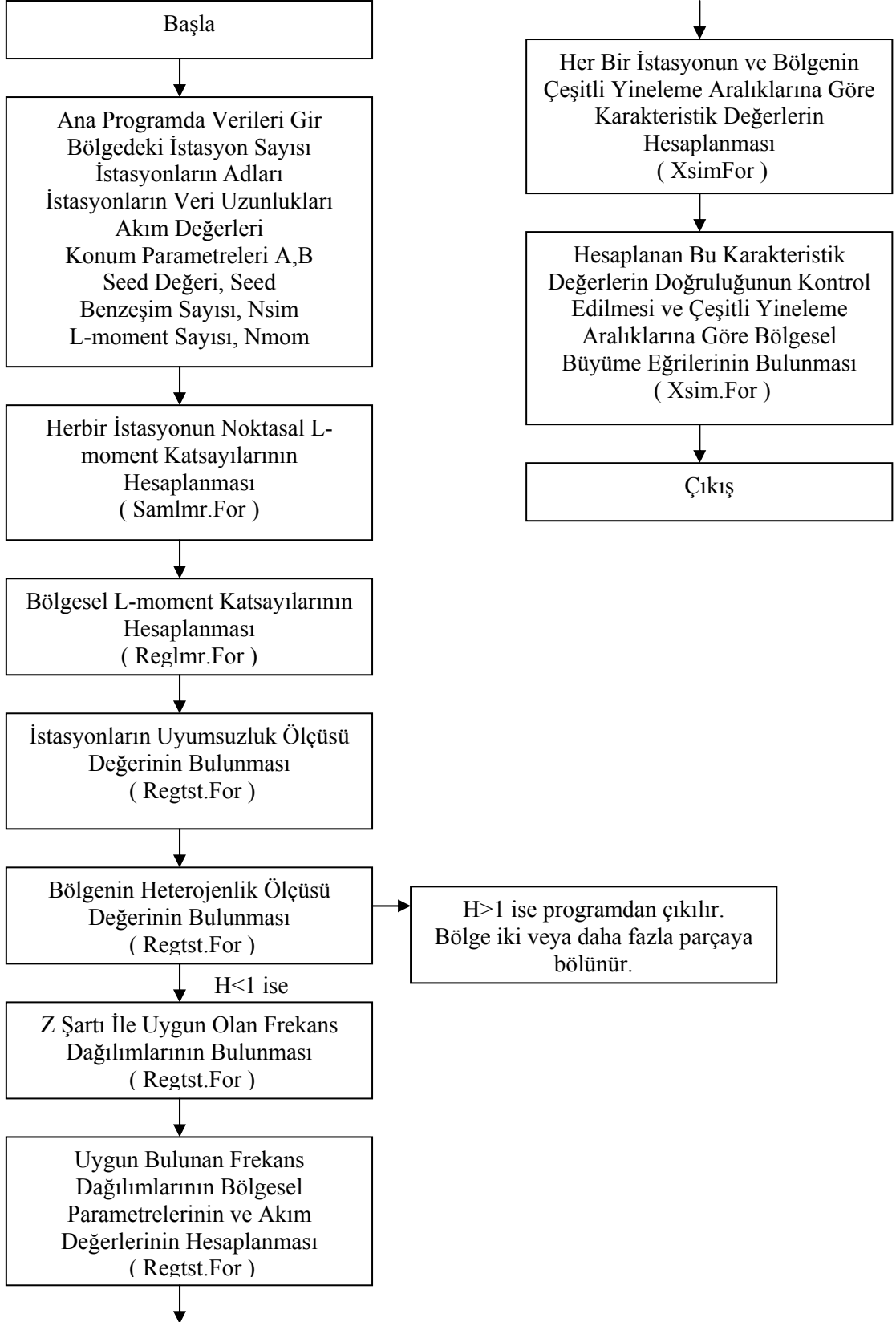
- Noktasal L- moment katsayılarının hesaplanması (Samlmr.For)
- Bölgesel L-moment katsayılarının hesaplanması (Reglmr.For)
- Her bir istasyon için  $D_i$  uyumsuzluk ölçüsünün hesaplanması (Regtst.For)
- $H$ , heterojenlik ölçüsünün hesaplanması (Regtst.For)
- $Z$ , uygunluk testinin hesaplanması (Regtst.For)
- Uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametrelerin hesaplanması ve bu parametrelere göre çeşitli yineleme aralıkları için akım değerlerinin hesaplanması (Regtst.For)
- Noktasal ve bölgesel olarak karakteristik değerlerin hesaplanması (Xsim.For)
- Monte Carlo benzeşimi yapılarak karakteristik değerlerinin doğruluğunun incelenmesi ve bölgesel büyüme eğrilerinin hesaplanması (Xsim.For)

Ayrıca gerçek verilere göre noktasal olarak da dağılımların parametreleri ve buna bağlı olarak akım değerleri de hesaplanabilir. Bunun için PelXXX.for ve QuaXXX.for alt programları çalıştırılır. Burada XXX işareti dağılımların tipidir. Dağılımların kısaltmaları aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

1. Gamma Dağılımı (GAM)
2. Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)
3. Lojistik Dağılımı (GLO)
4. Normal (3 parametrelili log-normal) (GNO)
5. Pareto Dağılımı (GPA)
6. Gumbel Dağılımı (GUM)
7. Kappa Dağılımı (KAP)
8. Normal Dağılım (NOR)
9. Pearson Type III Dağılımı (PE3)
10. Wakeby Dağılımı (WAK)



Programın akış şeması Şekil 1.5. de verilmiştir.



Şekil 1.5. Program Akış Şeması

### 1.8.1. Programa Verilerin Girilmesi

Yukarıda belirtilen Fortran dilinde yazılmış olan alt programlar bir ana program altında derlenip çalışır hale getirilmesi gerekmektedir. Ana programda girilen verilere göre çağrılan alt programlarda gerekli hesaplamalar yapılarak sonuca ulaşılır. Ana programda bir bölgedeki istasyon sayısı, adı, her bir istasyonun veri uzunluğu ve buna bağlı olarak akım değerleri, konum parametreleri (A,B), rastgele sayı yapıcı (SEED) ve en son olarak da benzeşim sayısı (NSIM) girilir. Bu çalışmada olasılık ağırlık momentleri tarafsız olarak kabul edildiği için A ve B değeri 0 olarak alınmıştır. Benzeşim sayısı ve SEED ise 500 olarak alınmıştır.

Benzeşim programında (Xsim.for) veri olarak girilecek olan istasyonlar arası düzeltme katsayısı da (RMED) Hosking(1994) tarafından önerildiği gibi 0.64 olarak alınmış olup bu her istasyon için aynı olduğu varsayılmıştır. Tekrarlanma sayısı bu çalışmada 100 alınmıştır (NREP). Ayrıca bölgesel ağırlıklı L-çarpıklık katsayısı tüm istasyonların çarpıklık katsayı olacak ve bu değer benzeşim programına veri olarak girilecektir. Ayrıca gerçek  $L - C_v$  yerine popülasyon  $L - C_v$  değerleri benzeşim programında veri olarak girilecektir. Programın içeriği hakkında ayrıntılı bilgiler “Yapılan Çalışmalar” bölümünde verilmiştir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1 Proje Yerinin Tanıtılması

Türkiye’de toplam 26 adet büyük akarsu havzası vardır. Türkiye’nin büyük akarsu havzalarının genel vaziyet planı Şekil 2.1’de yer almaktadır. Büyük akarsu havzalarından bir tanesi olan Çoruh havzasının genel görünümü ve akım gözlem istasyonlarının vaziyet planı da Şekil 2.2’de verilmektedir.

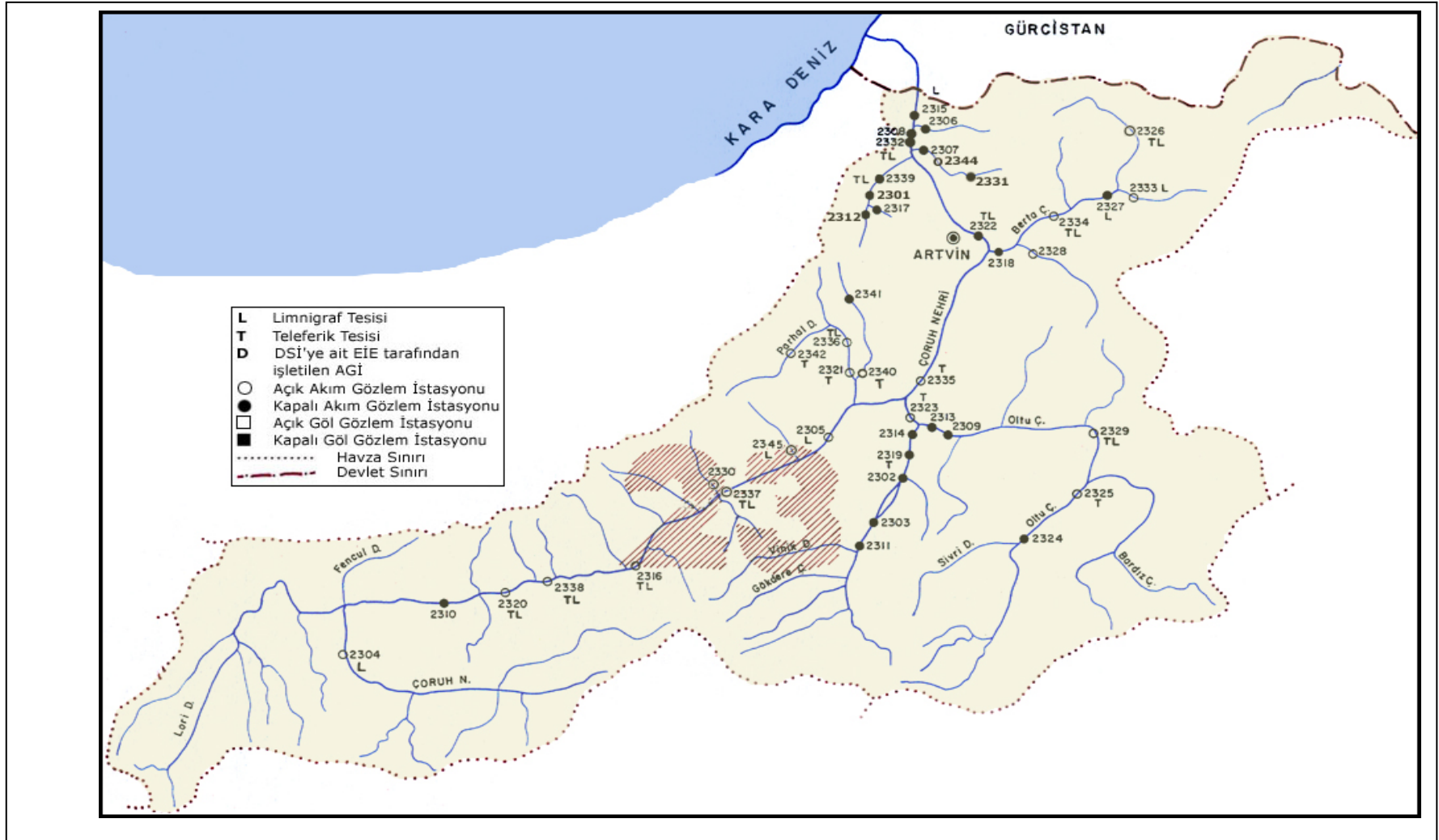
Çoruh Nehri Türkiye’nin kuzey-doğusunda  $39^{\circ}55'-41^{\circ}32'$  kuzey enlemleri ile  $39^{\circ}40'-42^{\circ}39'$  doğu boyları arasında yer almaktadır. Havza kuzeyden Doğu Karadeniz Dağları, kuzey batıdan Giresun Dağları, güneybatı ve güneyden Otlukbeli Dağları, Dumlu Dağı, güneydoğudan da Allahuekber Dağları ve doğudan Yalnızçam Dağları ile sınırlanmaktadır. Çoruh Nehri, Türkiye sınırını terk ettiği noktada yağış alanı yaklaşık 20 000 km<sup>2</sup> olup bu alanın büyük bölümü Doğu Karadeniz Bölgesine kalan bölümü de Doğu Anadolu Bölgesine girmektedir.

Çoruh Havzası genellikle dik yamaçlı dağlık bir yapıda olup Doğu Anadolu Bölgesinden sonra Türkiye’nin en yüksek dağları bu havzada yer almaktadır. Havzada yükseklikleri 3000 m’yi aşan bazı önemli dağlar; Kaçkar Dağı (3932m), Marsis Tepe (3334m), Demirkapı Tepesi (3376m), Karakaya Tepesi (3193m), Mescit Tepesi (3239m), Kurt Dağı (3224m), Karçal Dağı (3415m), Ziyaret Tepesi (3200m), Eğripınar Tepesi (3054m), Göze Dağı (3167m), Deve Dağı’dır (3202m). Dağların yüksek kısımları ibre yaprak ormanları ile örtülüdür. Tüm havzada Bayburt Ovası dışında düzlükler bulunmamaktadır.

Proje yağış alanlarının akarsuları Çoruh Nehri ve kollarından oluşmaktadır. Çoruh Nehri, Mescit Dağlarının Çivilikaya Tepesinin yaklaşık 3200 m. kotundan doğarak Güney (Kırık) Bucağından geçtikten sonra Çermeli Çayı adını almaktadır. Çermeli Çayı Masat Köyü yakınlarında Kop Dağı ve Akbaba Dağlarından çıkan Kurt Çayı ile birleşerek Masat Çayını oluşturur. Masat Çayı batı yönünde akar ve güneyden gelen Kop suyunu alır. Bayburt’un yaklaşık 15 km. kuzeyinden doğuya yönelmektedir. Bu noktadan Bayburt Ovasından gelen Gökçedere, Başpınar Deresi, Sarıhan Deresi gibi yan kollarından oluşan



Şekil 2.1. Türkiye Akarsu Havzaları (URL-2, 2008)



Şekil 2.2. Çoruh Havzası (URL-2, 2008)

Büyük Çay ile birleşerek Çoruh Nehri adını alır. Kuzeydoğu yönünde akan Çoruh Nehrine kuzeyden katılan ve dorukları sürekli buzullarla kaplı Kaçkar Dağlarından beslenen önemli yan kollarının bazıları; Aksu Deresi, Çamlıkaya Deresi, Sırakonaklar Deresi ve Altıparmak Deresidir. Daha sonra önemli yan kolu olan Oltu Çayını alan Çoruh Nehri aynı yönde akan Berta Suyunu da alarak Borçka ilçesinden kuzeye yönelmekte ve Muratlı'dan sonra 50 m kotlarında sınırlarını terk ederek Gürcistan sınırları içerisinde Batum'dan Karadeniz'e dökülmektedir (Temelsu, 1988).

Çoruh Nehrinin toplam uzunluğu 431 km'dir. Nehrin 410 km'lik kısmı ülkemiz sınırları içerisinde, 21 km'lik kısmı ise Gürcistan sınırları içerisinde. Enerji üretilebilecek toplam düşü 1.420 m.'dir. Ülkemizin en hızlı akan nehri olup yıllık ortalama 6,3 milyar m<sup>3</sup>'lük akış hacmine sahiptir. Ayrıca Çoruh Nehri, yılda 5,8 milyon m<sup>3</sup> rusubat taşımaktadır.

## 2.2. Çoruh Nehri İçin Yıllık Maksimum Akımlar

Çoruh Nehri ortalama 200 m<sup>3</sup>/s akışa sahiptir. Fakat bu akış yıl içerisinde çok büyük farklılıklar göstermektedir. Yıl içerisinde en çok debi miktarlarının gözlemlendiği Mayıs-Temmuz ayları arasındaki 3 aylık dönemde yıllık toplam akışın % 85'i meydana gelmektedir. Dolayısıyla taşkın sezonunda çok yüksek akış okumaları gözlenirken, diğer dönemlerde debi çok aşağılara inmektedir. Çoruh Nehri'nin debisinin kısa dönemde ani olarak yükselmesi sebebiyle bölgede taşkınlar meydana gelmektedir.

Çoruh havzası içerisinde 29 adet akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. Bu akım gözlem istasyonlarından 5 ile 56 yıl arasında değişen veri uzunluğunda maksimum akım değerleri elde edilmiştir (EİE, 2007). Bu akım değerleri Ek 1'de verilmektedir. En uzun veri uzunluğu 2304 nolu Bayburt akım gözlem istasyonu, en kısa veri uzunluğu da 2314 nolu Çatak ve 2319 nolu Uluboğa akım gözlem istasyonlarıdır. Veri uzunluğu 5'ten az olan akım istasyonları bölgesel frekans analizlerinde kullanılmadıkları için tabloda gösterilmemiştir.

Tablo 2.1'de Çoruh Nehri'nde mevcut olan akım gözlem istasyonları hakkında özet bilgiler verilmektedir. Geleneksel yöntemlere göre L-momentler az taraflı oldukları için, istasyonlar için veri uzatma işlemi yapılmamıştır. Ayrıca iki istasyon arasında ilişki kurularak veri uzunluğu artırılması istasyonlar arası bağımlılığın artmasına neden olmaktadır. Bu da L-momentleri hesaplamalarında istenmeyen bir durumdur.

Tablo 2.1. Çoruh havzasında bulunan akım gözlem istasyonları

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Yağış alanı	Yaklaşık Kot	Gözlem Periyodu	Veri Uzunluğu
2302	Tortum Çayı	1744,8	960	1940-1969	27
2304	Bayburt	1734	1545	1942-2000	56
2305	Peterek	7272	654	1963-2001	39
2306	Aralık	71,4	90	1945-1956	12
2307	Deviskel	177,2	98	1945-1961	16
2314	Çatak	1965,2	610	1963-1967	5
2315	Karşıköy	19654,4	57	1965-2000	36
2316	İspir köprüsü	5502,2	1170	1965-2000	36
2319	Uluboğa	1824	775	1970-1974	5
2320	Laleli	4759,2	1365	1970-2000	31
2321	Dutdere	586	705	1972-2000	29
2322	Altınsu	18326,4	201	1972-2000	29
2323	İşhan	6854	572	1963-2000	37
2325	Aşağıkumlu	1762	1129	1974-2000	26
2326	Dutlu	248	875	1982-1998	17
2327	Çiftehanlar	1216	570	1982-1998	17
2328	Ferhatlı	546,4	245	1982-2000	19
2330	Çamlıkaya D.	113,6	995	1982-2000	19
2331	Gündoğdu	99,7	560	1988-2000	13
2332	Borçka	19085,4	97	1993-2000	7
2333	Mansurat D.	322,6	830	1990-2000	9
2334	Bağlık	1472,6	366	1990-2000	11
2335	İnanlı	15687,6	435	1993-2000	8
2336	İkizkavak	541,3	805	1993-2000	8
2337	Çamlıkaya	6634,2	892	1990-2000	11
2338	Pazaryolu	5168,2	1265	1990-2000	9
2339	Erenköy	297,7	213	1991-1999	9
2340	Uysallar	202	682	1992-2000	9
2341	Esental	129,8	1150	1993-1998	6

### 2.3. L-momentleri Yöntemiyle Çoruh Havzasının Bölgesel Frekans Analizi

Bu çalışmada L-momentleri yöntemiyle Çoruh havzasının bölgesel frekans analizi yapılmıştır. İlk olarak Çoruh havzası bir bütün olarak düşünülmüştür. Bulgular bölümünden de görülebileceği üzere Çoruh havzasının heterojenlik ölçüsü değeri ( $H$ ) 4,22 olarak hesaplanmış ve bu değer 1'den büyük çıktığı için havza heterojen olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle Çoruh havzası üç alt bölgeye ayrılmıştır. Bunlar;

- 1- Yukarı Çoruh Havzası
- 2- Orta Çoruh Havzası
- 3- Aşağı Çoruh Havzası'dır.

Orta Çoruh havzasının heterojen olacağı yapılan ön incelemede tespit edilmiş ve bu havza da Yusufeli Bölgesi ve Oltu Çayı Bölgesi olarak iki bölgeye ayrılmıştır. Bu dört bölgenin sınırları Şekil 2.3'te verilmiştir.

Bölgesel frekans analizinde, bölgeselleştirme yapılırken izlenecek birçok metot vardır. Bunlardan bir tanesi de coğrafik uygunluktur. Çoruh havzasında da havzanın coğrafi konumu dikkate alınarak bölgeselleştirme yapılmıştır.

Yukarı Çoruh havzasında 6 adet, Yusufeli ve Oltu Çayı bölgesinde 5'er adet ve Aşağı Çoruh havzasında 13 adet akım gözlem istasyonu bulunmaktadır.

Bu dört bölgenin her biri içerisinde bulunan akım gözlem istasyonlarının karakteristikleri sırasıyla Tablo 2.2, 2.3, 2.4 ve 2.5'de gösterilmektedir. Bu dört bölgenin sınırları da Şekil 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.2. Yukarı Çoruh havzası akım gözlem istasyonları

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Yağış alanı	Yaklaşık Kot	Gözlem Periyodu	Veri Uzunluğu
2304	Bayburt	1734	1545	1942-2000	56
2316	İspir köprüsü	5502,2	1170	1965-2000	36
2320	Laleli	4759,2	1365	1970-2000	31
2330	Çamlıkaya D.	113,6	995	1982-2000	19
2337	Çamlıkaya	6634,2	892	1990-2000	11
2338	Pazaryolu	5168,2	1265	1990-2000	9



Tablo 2.3. Yusufeli bölgesi akım gözlem istasyonları

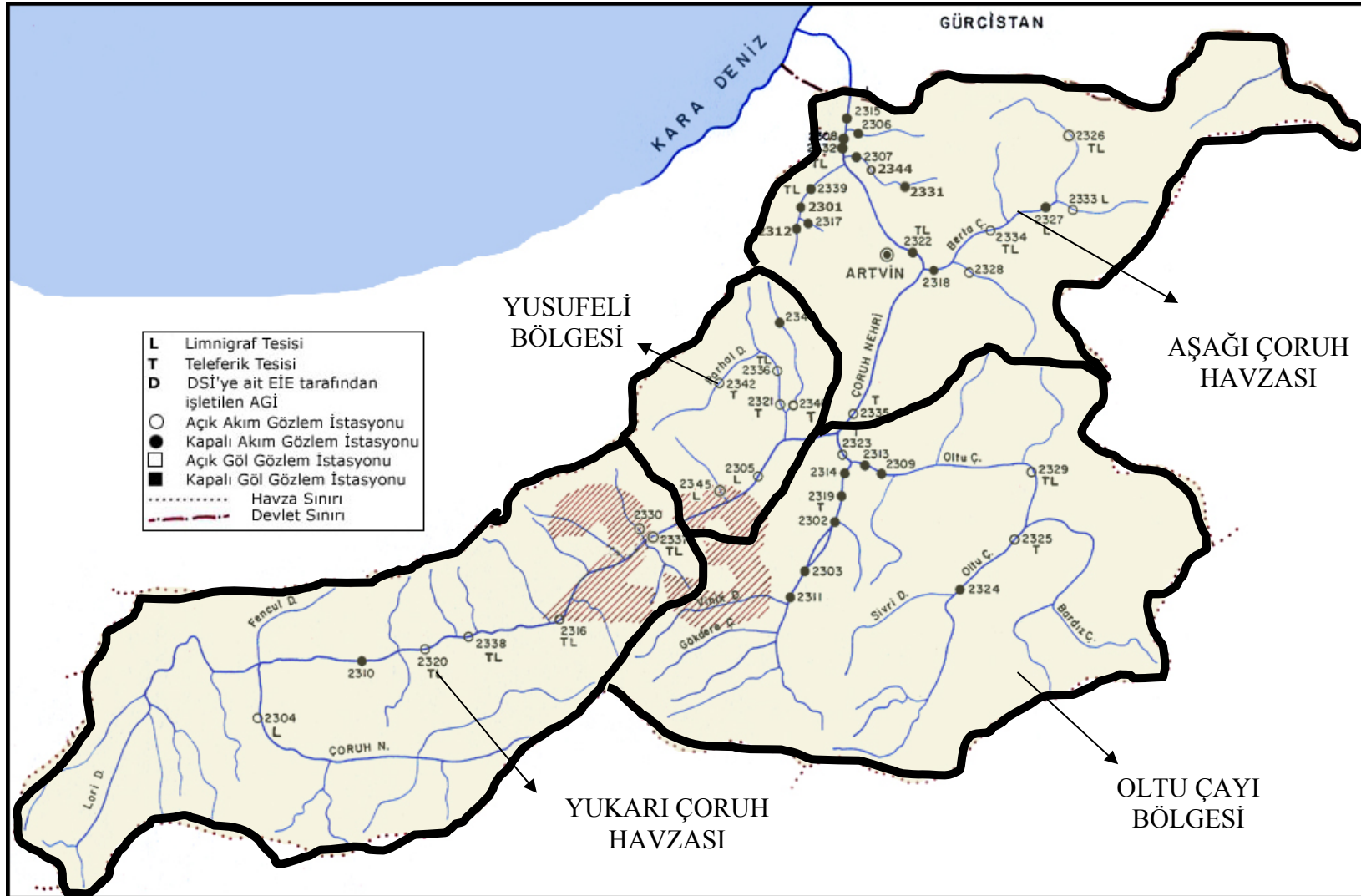
İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Yağış alanı	Yaklaşık Kot	Gözlem Periyodu	Veri Uzunluğu
2305	Peterek	7272	654	1963-2001	39
2321	Dutdere	586	705	1972-2000	29
2336	İkizkavak	541,3	805	1993-2000	8
2340	Uysallar	202	682	1992-2000	9
2341	Esendal	129,8	1150	1993-1998	6

Tablo 2.4. Oltu Çayı bölgesi akım gözlem istasyonları

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Yağış alanı	Yaklaşık Kot	Gözlem Periyodu	Veri Uzunluğu
2302	Tortum Çayı	1744,8	960	1940-1969	27
2314	Çatak	1965,2	610	1963-1967	5
2319	Uluboğa	1824	775	1970-1974	5
2323	İşhan	6854	572	1963-2000	37
2325	Aşağıkumlu	1762	1129	1974-2000	26

Tablo 2.5. Aşağı Çoruh havzası akım gözlem istasyonları

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Yağış alanı	Yaklaşık Kot	Gözlem Periyodu	Veri Uzunluğu
2306	Aralık	71,4	90	1945-1956	12
2307	Deviskel	177,2	98	1945-1961	16
2315	Karşıköy	19654,4	57	1965-2000	36
2322	Altınsu	18326,4	201	1972-2000	29
2326	Dutlu	248	875	1982-1998	17
2327	Çiftehanlar	1216	570	1982-1998	17
2328	Ferhatlı	546,4	245	1982-2000	19
2331	Gündoğdu	99,7	560	1988-2000	13
2332	Borçka	19085,4	97	1993-2000	7
2333	Mansurat D.	322,6	830	1990-2000	9
2334	Bağlık	1472,6	366	1990-2000	11
2335	İnanlı	15687,6	435	1993-2000	8
2339	Erenköy	297,7	213	1991-1999	9



Şekil 2.3. Çoruh havzası bölümlere ayrılmış genel görünümü

L-momentleri ile bölgesel frekans analizi yapılırken oldukça karmaşık ve yinelemeli hesaplar yapılmaktadır. Bu hesaplar yapılırken Fortran dilinde yazılmış alt programlar kullanılmaktadır. Bu bölümde Çoruh havzının bölgesel frekans analizi yapılırken Genel Bilgiler bölümünde ana hatları ile verilen alt programların detaylı açıklamaları verilmektedir.

Genel Bilgiler bölümünde de belirtildiği gibi mevcut olan bu alt programlar bir ana program tarafından derlenip bir araya getirilmesi ile hesaplamalar yapılmaktadır. Ana programa bölge içerisinde bulunan akım gözlem istasyon sayısı (NSITES), bu istasyonların adları (NNAMES), her birinin veri uzunluğu (LEN), akım değerleri (X), konum parametreleri (A,B), rastgele sayı yaratıcısı (SEED), benzeşim sayısı (NSIM) ve bulunacak L-moment sayısı (NMOM) veri olarak girilmektedir.

Akım gözlem istasyon sayısı (NSITES), Yukarı Çoruh havzası için 6, Yusufeli ve Oltu Çayı bölgeleri için 5 ve Aşağı Çoruh havzası için 13 alınmıştır. Akım gözlem istasyonlarına göre her bir istasyonun veri uzunlukları ve akım değerleri girilmiştir. Bu çalışmada L-moment katsayıları tarafsız oldukları kabul edildiğinden konum parametreleri (A;B) 0 olarak alınmıştır. Ayrıca SEED ve NSIM değerleri 500 olarak alınarak ana programa veri olarak girilmiştir.

Ana programa veriler girildikten sonra noktasal L-moment katsayılarının hesaplanması için ana program, Samlmr.for alt programını çağırır. Samlmr.for alt programı içerisinde konum parametreleri 0 olarak alındığı için olasılık ağırlık momentlerinin tarafsız değerleri elde edilmektedir. Bu değerlere bağlı olarak her bir istasyon için noktasal L-moment katsayıları hesaplanır. Bu alt program içerisinde 4'ten 20'ye kadar L-moment katsayıları elde edilebilir. Bu çalışmada NMOM değeri her bölge için 4 alınmıştır. Bu nedenle 4 adet L-moment katsayısı hesaplanmıştır (aritmetik ortalama, L-Cv, L-çarpıklık ve L-basıklık). Bunlar, noktasal değerler oldukları için her zaman sabittirler ve değişmezler.

Noktasal L-moment katsayıları bulunduktan sonra her bölgenin bölgesel L-momentleri elde edilmiştir. Bunun için ana programdan Reglmr.for alt programı çağırılmıştır. Bu alt programdan her bölge içerisinde bulunan istasyonların L-moment katsayılarının ağırlıklı ortalamaları alınarak toplam veri sayısına bölünmesi ile bölgesel ortalamalar hesaplanmıştır. Reglmr.for alt programı diğer programlara göre çok basittir. Bölgesel L-momentlerini kullanıcılar başka programlar yardımıyla da kolayca elde edebilirler.

Bölgesel frekans analizinin ilk aşamasının verilerin değerlendirilmesi olduğu Genel Bilgiler bölümünde belirtilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi sırasında uyumsuzluk ölçüsü testi yapılmaktadır. Bu test Regtst.for alt programı içerisinde olup, ana programdan bu alt programın çağırılması ile yapılmaktadır. Genel Bilgiler bölümünde Tablo 1.3’de verilen  $D_{cr}$  değerleri Regtst.for alt programına veri olarak girilmiştir. Programda her bir bölge için girilen istasyon sayısına bağlı olarak  $D_{cr}$  değerini otomatik olarak seçilmektedir. İstasyonların  $D$  değerlerini hesaplanırken kareler toplamı matrisi elde edilir. Bu matrisin daha sonra tersi alınarak 1.47 eşitliğinde de görülebileceği üzere her bir istasyon için uyumsuzluk ölçüsü değerleri elde edilir.

Bu çalışmada da 4 alt bölge için ayrı ayrı olarak istasyonların uyumsuzluk ölçüsü değerleri hesaplanmış ve tüm istasyonlar uyumlu olarak belirlenmiştir. Bu değerler Bulgular bölümünde verilmiştir.

Bölgeler içerisindeki tüm istasyonların uygun oldukları belirlendikten sonra bölgesel frekans analizinin ikinci aşaması olan bölgesel homojenlik testi yapılmıştır. Homojenlik testinde de tıpkı uyumsuzluk ölçüsü testi gibi Regtst.for alt programı çalıştırılarak hesaplanır. İlk olarak Reglmr.for alt programıyla hesaplanmış olan bölgesel L-moment katsayıları kullanılarak kappanın dağılımı parametreleri elde edilmektedir. Bu parametreler Regtst.for alt programı içerisinde Pelkap.for alt programı çalıştırılarak hesaplanmaktadır. Çoruh havzasında yer alan tüm bölgeler içinde kappanın dağılımı parametreleri hesaplanmış olup Bulgular bölümünde verilmektedir. Genel Bilgiler bölümünde heterojenlik ölçüsü hesabında kappanın dağılımı kullanılarak bölgenin benzeşim yapıldığı ve benzeşim yapılan veriler ile gözlemlenen verilerin karşılaştırılması ile elde edildiği belirtilmiştir. Bu çalışmada benzeşim sayısı (NSIM) 500 alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Regtst.for programıyla benzeşim yapılan verilerin ortalaması (VBAR), benzeşim yapılan verilerin standart sapması (VSD) ve gözlemlenen verilerin ortalaması (VOBS) değerleri hesaplanmaktadır. 1.49 eşitliğine göre de heterojenlik ölçüsü (H) elde edilmektedir. Buna göre Çoruh havzasının alt bölgelerinin heterojenlik ölçüsü değerleri hesaplanmıştır. Yukarı Çoruh, Yusufeli ve Aşağı Çoruh havzalarındaki H değerleri 1’in altında değerler aldıkları tespit edilerek bu bölgeler homojen olarak kabul edilmiştir. Ancak Oltu Çayı bölgesinin heterojenlik ölçüsü değeri 1’den büyük çıkmıştır (H=1.2). Oltu Çayı içerisinde bulunan istasyonların detaylı incelenmesinde 2325 nolu istasyonun diğer istasyonlara göre yüksek bir çarpıklık katsayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeninin de 1987 yılı

verisinin diğer yıllardaki verilere göre çok farklı olduğu tespit edilmiştir 1987 yılı verisinin 2325 nolu istasyondan çıkartılması ile yeniden yapılan heterojenlik testine göre Oltu Çayı bölgesi de homojen olarak belirlenmiştir.

Tüm bölgelerin homojen oldukları tespit edildikten sonraki aşama homojen bölgeler için en uygun dağılım bulunmasıdır. Bunun içinde uygunluk testi ( $Z$ ) yapılmaktadır. Uygunluk testi yapılırken Regtst.for alt programı çalıştırılmaktadır. Program içerisinde üç parametrelili beş dağılımın (Lojistik, Ekstrem Değer, Pareto, Normal ve Pearson Tip III)  $Z$  değerleri hesaplanmaktadır.  $|Z| \leq 1.64$  şartını sağlayan her dağılım uygun olarak kabul edilmektedir. Uygun bulunan dağılımların  $Z$  değeri 0'a en yakın olan dağılım en uygun dağılım olarak belirlenir. Buna göre her bölge için beş dağılımın  $Z$  değerleri hesaplanmış ve 0 değerine en yakın dağılımlar uygun olarak kabul edilmiştir. Yukarı ve Aşağı Çoruh havzaları için Pearson Tip III, Yusufeli bölgesi için Ekstrem Değer ve Oltu Çayı içinde Lojistik dağılımlar en uygun dağılımlar olarak bulunmuştur. Ayrıca Regtst.for alt programı içerisinde Pelxxx.for alt programı çalıştırılarak bu beş dağılımının bölgesel parametreleri hesaplanmış ve Quaxxx.for alt programı çalıştırılarak çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler elde edilmiştir. Yineleme aralıkları Regtst.for alt programında veri olarak girilmektedir. Öncelikle yineleme aralığı sayısı (NPROB) daha sonra da NPROB sayısı kadar yineleme aralığı değerleri (PROB) verilmelidir. Ancak örneğin yineleme aralığı 2 olan Prob değeri girerken  $1/2 = 0.5$  aşılması olasılığı değeri girilmelidir. Bu çalışmada da NPROB=6 olarak alınarak 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür aralıklarına karşılık gelen 0.5, 0.8, 0.9, 0.96, 0.98 ve 0.99 aşılması olasılığı değerleri verilmiştir.

Bölgesel frekans analizinde kullanılacak en uygun dağılım belirlendikten sonra benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler ve bu karakteristik değerlerin uygunluğu hesaplanmaktadır. Bunun içinde Xsim.for alt programı çalıştırılmaktadır. Bu programın diğerlerinden farkı bağımsız bir program olmasıdır. Bu programa birçok veri girilmektedir. Öncelikle benzeşim yapılırken bölgeyi heterojen yapma olasılığı yüzünden her bir istasyon için gözlemlenen verilerin  $L - Cv$  değerleri yerine popülasyon  $L - Cv$  değerleri kullanılmaktadır. Çünkü popülasyon  $L - Cv$  değerleri arasındaki fark gözlemlenmiş verilerin  $L - Cv$  değerleri arasındaki farktan daha küçüktür. Bu nedenle bölgeyi heterojen yapma olasılığı azdır. Ancak iki  $L - Cv$  değerlerinin ağırlıklı ortalaması birbirine eşit olması gerekir. Buna göre her bölge için kullanılan popülasyon

$L - C_v$  değerleri sırasıyla Tablo 2.8, 2.9, 2.10 ve 2.11'de verilmektedir. Ayrıca her istasyonun çarpıklık katsayıları birbiri ile aynı olup bölgesel çarpıklık katsayısına eşittir.

Bu program içerisinde yer alan benzeşim sayısı (NSIM) ve rastgele sayı yaratıcı (SEED) değeri bu çalışmada 500 alınmıştır. Ayrıca her benzeşimde tekrarlanma sayısı (NREP) 100 ve istasyonlar arası bağımlılık katsayısı (RMED) 0.64 olarak programa girilmiştir. Ayrıca hesaplanacak karakteristik değer sayısı (NQ) 6 ve bu değere bağlı olarak aşılmama olasılıkları (FVAL) 0.5, 0.8, 0.9, 0.96, 0.98 ve 0.99 olarak girilmiştir. Benzeşim yapılırken istasyon sayısı (NSITES) ve bu istasyonlara bağlı olarak veri uzunlukları da (LEN) gerçeği ile aynı olarak programa verilmesi gerekmektedir.

Tablo 2.8. Yukarı Çoruh havzası istasyonlara göre popülasyon  $L - C_v$  değerleri

$L - C_v$	İstasyon Adı						Ortalama
	2304	2316	2320	2330	2337	2338	
<b>Gözlemlenen</b> $L - C_v$	0.2583	0.2052	0.2385	0.3031	0.1978	0.2230	<b>0.4419</b>
<b>Popülasyon</b> $L - C_v$	0.2547	0.2162	0.2372	0.2864	0.2062	0.2309	<b>0.4419</b>

Tablo 2.9. Yusufeli bölgesi istasyonlara göre popülasyon  $L - C_v$  değerleri

$L - C_v$	İstasyon Adı					Ortalama
	2305	2321	2336	2340	2341	
<b>Gözlemlenen</b> $L - C_v$	0.1804	0.1338	0.1967	0.1664	0.1252	<b>0.1619</b>
<b>Popülasyon</b> $L - C_v$	0.1745	0.1421	0.1900	0.1615	0.1397	<b>0.1619</b>

Tablo 2.10. Oltu Çayı bölgesi istasyonlara göre popülasyon  $L - Cv$  değerleri

$L - Cv$	İstasyon Adı					Ortalama
	2302	2314	2319	2323	2325	
<b>Gözlemlenen</b> $L - Cv$	0.2848	0.1225	0.1889	0.2115	0.3191	<b>0.2530</b>
<b>Popülasyon</b> $L - Cv$	0.2657	0.1836	0.1976	0.2425	0.2799	<b>0.2530</b>

Tablo 2.11. Aşağı Çoruh havzasında istasyonlara göre popülasyon  $L - Cv$  değerleri

İstasyon Adı	Gözlemlenen $L - Cv$	Popülasyon $L - Cv$
2306	0.2040	0.1885
2307	0.2323	0.2257
2315	0.1811	0.1788
2322	0.1451	0.1695
2326	0.2184	0.2032
2327	0.1965	0.1869
2328	0.1967	0.1929
2331	0.1750	0.1698
2332	0.1474	0.1583
2333	0.2791	0.2497
2334	0.1441	0.1687
2335	0.2206	0.2128
2339	0.1264	0.1496
Ağırlıklı Ortalama	<b>0.1871</b>	<b>0.1871</b>

Verilerin girilmesinden sonra her bir bölge için uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler hesaplanmaktadır. Bunun için Xsim.for programı içerisinde Pelxxx.for ve Quaxxx.for programları çalıştırılmaktadır. Daha sonra da bu karakteristik değerlerin doğrulukları aynı program içerisinde incelenmektedir. Karakteristik değerlerin doğrulukları incelenirken Monte Carlo benzeşimi yapılarak her istasyonun taraflılık (BIAS) ve ortalama en küçük hata değerleri (RMSE) elde

edilmektedir. Bölgesel olarak incelendiğinde ise bu parametrelerin yanında mutlak değer taraflılık (ABSBIAS) değeri de hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada da her bölgenin çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerleri hesaplanmış ve doğrulukları kontrol edilmiştir. Bu hesaplamaların sonuçları ayrıntılı olarak “Bulgular” bölümünde verilmiştir.



### 3. BULGULAR

#### 3.1. L-momentler Yöntemiyle Çoruh Havzası Bölgesel Frekans Analizi

Bu bölümde “Yapılan Çalışmalar” bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan işlemlerden elde edilen bulgular verilmektedir. L-momentleri yöntemiyle Çoruh havzası için yapılan bölgesel frekans analizinde Çoruh havzası ilk olarak bir bütün olarak incelenmiştir. Buna göre yapılan çalışmalarla ilgili elde edilen bulgular aşağıdaki alt başlıkta verilmektedir.

##### 3.1.1. Bir Bölge Olarak Uygulama

Çoruh havzasında mevcut olan akım gözlem istasyonlarının genel karakteristikleri Tablo 2.1’de verilmiştir. Bu akım gözlem istasyonlarının L-moment katsayıları da ana programdan Samlmr.for alt programı çağrılarak hesaplanmış olup Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Noktasal L-moment katsayıları hesaplandıktan sonra Çoruh havzasının bölgesel L-moment katsayıları ana programdan Reglmr.for alt programı çağrılarak elde edilerek Tablo 3.2’de verilmiştir.

Akım gözlem istasyonlarının noktasal ve bölgesel L-moment katsayıları bulunduğundan sonra her bir istasyon için uyumsuzluk ölçüsü değerleri hesaplanmıştır. Uyumsuzluk ölçüsü değerleri ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak elde edilir. Çoruh havzasında 29 adet akım gözlem istasyonu bulunduğundan Tablo 1.3’ten görülebileceği üzere  $D_{cr}$  değeri 3 alınmıştır ( $n \geq 15$ ). İstasyonların her biri için hesaplanan uyumsuzluk ölçüsü değerleri Tablo 3.3’te verilmiştir. Tablodan görülebileceği üzere istasyon sayısı 15 den fazla ise  $D_{cr} = 3$  olduğundan bu değeri sadece 2319 nolu akım gözlem istasyonu geçmiştir ( $D = 3.38$ ). 29 adet istasyon göz önüne alındığında sadece bir akım gözlem istasyonunun kritik değeri geçmesi bölgede büyük bir sapmanın olmadığına işaretler. Yüksek  $D$  değerlerine sahip istasyonlar her zaman dikkatlice incelenmelidir. 2319 nolu istasyon işaretlenerek bölgeden çıkartılmış bölgenin homojenliğinin belirlenmesi için yapılan heterojenlik ölçüsü testi 2319 nolu istasyon olmadan yapılmıştır.

Tablo 3.1. AGI L-moment katsayıları

İstasyon		Veri Uzunluğu N	$\lambda_1$ Ortalama	$\tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ $L_{CV}$	$\tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}$ L-çarpıklık	$\tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2}$ L-basıklık
No	Adı					
2302	Tortum Ç.	27	80.285	0.2848	0.3124	0.2919
2304	Bayburt	56	93.810	0.2583	0.2569	0.1498
2305	Peterek	39	376.923	0.1804	0.1316	0.0932
2306	Aralık	12	18.295	0.2040	0.2933	0.2089
2307	Deviskel	16	32.137	0.2323	0.1051	0.1480
2314	Çatak K.	5	64.160	0.1225	0.3308	0.3257
2315	Karşıköy	36	1098.111	0.1811	0.2352	0.1574
2316	İspir K.	36	246.555	0.2052	0.1695	0.0726
2319	Uluboğa	5	55.160	0.1889	-0.4511	0.0499
2320	Laleli	31	163.100	0.2385	0.0988	0.1302
2321	Dutdere	29	78.100	0.1338	0.1271	0.1101
2322	Altınsu	29	906.655	0.1451	0.1059	0.0129
2323	İşhan	37	239.854	0.2115	0.1778	0.2940
2325	Aşağıkumlu	26	90.153	0.3276	0.0926	-0.026
2326	Dutlu	17	79.147	0.2184	-0.0982	0.0267
2327	Çiftehanlar	17	148.235	0.1965	0.1639	0.2595
2328	Ferhatlı	19	51.684	0.1967	0.1208	0.0209
2330	Çamlıkaya D.	19	20.673	0.3031	0.2747	0.1996
2331	Gündoğdu	13	52.915	0.1750	0.0329	-0.1057
2332	Borçka	7	1145.857	0.1474	-0.0803	-0.3561
2333	Mansurat D.	9	36.355	0.2791	0.6152	0.4652
2334	Bağlık	11	176.509	0.1441	-0.0217	0.1446
2335	İnanlı	8	677.125	0.2206	0.1932	0.2329
2336	İkizkavak	8	74.950	0.1967	0.0462	-0.1642
2337	Çamlıkaya	11	346.363	0.1978	0.0148	0.0959
2338	Pazaryolu	9	204.433	0.2230	-0.1594	0.2867
2339	Erenköy	9	113.544	0.1264	-0.1501	0.2326
2340	Uysallar	9	22.866	0.1664	0.1470	-0.1595
2341	Esental	6	21.683	0.1252	0.3067	0.1595

Tablo 3.2. AGI bölgesel L-moment katsayıları

Bölge Adı	Ortalama $l_1$	L-Cv $\tau^R$	L-çarpıklık $\tau_3^R$	L-basıklık $\tau_4^R$
Çoruh Havzası	1	0.2113	0.1478	0.1250

Tablo 3.3. AGI uyumsuzluk ölçüleri

İstasyon No	N	$D_i$	İstasyon No	N	$D_i$	İstasyon No	N	$D_i$
2302	27	1.04	2321	29	0.60	2333	9	2.73
2304	56	0.48	2322	29	0.49	2334	11	0.61
2305	39	0.07	2323	37	0.39	2335	8	0.17
2306	12	0.31	2325	26	2.65	2336	8	1.02
2307	16	0.14	2326	17	0.57	2337	11	1.10
2314	5	1.97	2327	17	0.28	2338	9	2.01
2315	36	0.23	2328	19	0.14	2339	9	1.94
2316	36	0.09	2330	19	1.27	2340	9	1.33
2319	5	3.38	2331	13	0.61	2341	6	1.38
2320	31	0.20	2332	7	2.75			

Heterojenlik ölçüsü testi yapılırken bölgesel L-moment katsayıları ile kullanılmak üzere iki veya üç parametreleri dağılımlar yerine dört parametrelili kappa dağılımı tercih edilmektedir. Bu nedenle kappa dağılımının parametreleri ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak hesaplanmaktadır. Aynı alt program içerisinde elde edilen kappa dağılım parametreleri kullanılarak Çoruh havzasında 500 defa benzeşim yapılmış, benzeşimle elde edilen sonuçlar gerçek veriler ile karşılaştırılarak heterojenlik ölçüsü ( $H$ ) değeri hesaplanmıştır. Kappa dağılım parametreleri ve  $H$  değeri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Kappa dağılımı parametreleri ve heterojenlik ölçüsü değeri ( $H$ )

Bölge Adı	Veri Uzunluğu	Kappa parametreleri				Heterojenlik Ölçüsü ( $H$ )
		$\xi$	$\alpha$	$k$	$h$	
Çoruh Havzası	29	0.8012	0.4124	0.0016	0.1250	4.22

Tablo 3.4'te görülebileceği üzere  $H$  değeri 4.22 olarak hesaplanmış ve bu değer, 1'den büyük çıktığı için bölge tamamıyla heterojen olduğu tespit edilmiştir.  $H$  değerinin

1'den büyük çıkması durumunda havzanın iki veya daha fazla bölgeye ayrılmalıdır. Bu nedenle Çoruh havzası da üç ana havzaya ayrılarak her bir bölge için ayrı ayrı bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Bunlar;

- 1- Yukarı Çoruh Havzası
- 2- Orta Çoruh Havzası
- 3- Aşağı Çoruh Havzasıdır.

### 3.1.2. Yukarı Çoruh Havzası

Yukarı Çoruh havzasında 6 adet akım gözlem istasyonu bulunmakta olup bu istasyonların karakteristikleri Tablo 2.2'de verilmiştir. Bu akım gözlem istasyonlarının L-moment katsayıları da ana programdan Samlmr.for alt programı çağrılarak hesaplanmış olup Tablo 3.5'de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Yukarı Çoruh havzası AGI L-moment katsayıları

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	$\lambda_1$ Ortalama	$\tau = \lambda_2 / \lambda_1$ $L_{CV}$	$\tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2$ L-çarpıklık	$\tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2$ L-basıklık
2304	56	93.8107	0.2583	0.2569	0.1498
2316	36	246.5555	0.2052	0.1695	0.0726
2320	31	163.1000	0.2385	0.0988	0.1302
2330	19	20.6737	0.3031	0.2747	0.1996
2337	11	346.3636	0.1978	0.0148	0.0959
2338	9	204.4333	0.2230	-0.1594	0.2867

Ana programdan Reglmr.for alt programı çağrılarak havzanın bölgesel L-moment katsayıları bulunmuş olup Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Yukarı Çoruh havzası bölgesel L-moment katsayıları

Bölge Adı	Ortalama $l_1$	L-Cv $\tau^R$	L-çarpıklık $\tau_3^R$	L-basıklık $\tau_4^R$
Yukarı Çoruh Havzası	1	0.2419	0.1697	0.1386

Bölgesel L-moment katsayıları hesaplandıktan sonra her bir istasyonun uyumsuzluk ölçüsü değerleri bulunmuştur. Yukarı Çoruh havzasında 6 adet akım gözlem istasyonunun olması sebebiyle  $D_{cr}$  değeri 1.648 olarak alınmıştır. Her bir istasyon için hesaplanan uyumsuzluk ölçüsü değerleri Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Yukarı Çoruh havzası uyumsuzluk ölçüsü değerleri

Uyumsuzluk Ölçüsü (D)	İstasyon Adı					
	2304	2316	2320	2330	2337	2338
	0.76	0.96	0.66	1.18	0.78	1.64

Tablodan da görülebileceği üzere her bir istasyon için bulunan  $D$  uyumsuzluk ölçüsü değerleri de  $D_{cr}$  değerinden küçük çıktığı tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm istasyonlar uygun olarak kabul edilmiştir.

İstasyonların uyumsuzluk ölçüsü değerleri hesaplandıktan sonra bölgenin homojen olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için ana programdan Regtst.for alt programı çalıştırılır.  $H$  değerini bulmak için ilk olarak benzeşimde kullanılmak üzere kapa dağılımı parametreleri hesaplanmıştır. Yukarı Çoruh havzası için kullanılacak kapa dağılımı parametreleri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Yukarı Çoruh havzası kappa dağılımı parametreleri

Bölge Adı	İstasyon Sayısı	Kappa dağılımı parametreleri			
		$\xi$	$\alpha$	$k$	$h$
Yukarı Çoruh Havzası	6	0.7672	0.3835	0.0435	0.1434

Kappa dağılımı parametreleri hesaplandıktan sonra havzanın heterojenlik ölçüsü değerleri bulunmuş olup Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Yukarı Çoruh havzası heterojenlik ölçüsü değerleri

$H_1$	Gerçek verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0314
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin aritmetik ortalaması	0.0283
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0094
	$H_1$ değeri	<b>0.32</b>
$H_2$	Gerçek verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.0096
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.0072
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0021
	$H_2$ değeri	<b>1.05</b>
$H_3$	Gerçek verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1039
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.0920
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0245
	$H_3$ değeri	<b>0.48</b>

Yukarı Çoruh Havzasında yapılan heterojenlik ölçüsü testi sonucunda  $H_1$  ve  $H_3$  değerleri 1'den küçük çıkmış,  $H_2$  değeri ise 1'e çok yakın bir değer almıştır.  $H_1$  istatistiğinin diğer istatistiklere göre homojenliği test etmede daha güçlü olması ve diğer istatistiklerinde 1'den küçük ve 1'e çok yakın çıkması göz önüne alındığında Yukarı Çoruh havzası homojen olarak kabul edilmiştir

Yukarı Çoruh havzasının homojen olduğu tespit edildikten sonra bu bölge için kullanılacak en uygun dağılım  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri ile belirlenmiştir.  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlayan dağılımlar o bölge için uygun olarak kabul edilir. Ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak beş dağılım için  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri hesaplanmış olup Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Yukarı Çoruh havzası uygunluk ölçüsü değerleri

$\tau_4^R$		0.1386
$\beta_4$		0.1403
$\sigma_4$		0.0314
<b>Dağılımlar</b>	$\tau_4^{DIST}$	$Z^{DIST}$
Lojistik Dağılım (GLO)	0.191	1.71
Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)	0.150	<b>0.41</b>
Normal Dağılım (GNO)	0.145	<b>0.26</b>
Pearson Tip III Dağılımı (PE3)	0.131	<b>-0.16</b>
Pareto Dağılım (GPA)	0.061	-2.42

Tablo 3.10'da görüleceği üzere Yukarı Çoruh havzası için Ekstrem Değer, Normal ve Pearson Tip III dağılımı  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlamıştır. Bu dağılımlar içerisinde 0 değerine en yakın olan Pearson Tip III dağılımı bölgesel frekans analizi için kullanılmıştır.

Uygun bulunan tüm dağılımlar ve Wakeby dağılımının bölgesel parametreleri ve çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerleri yine ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.11. ve Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.11. Yukarı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler

Dağılımlar	Bölgesel Parametreler				
	$\xi$	$\alpha/\sigma$	$k$	$\gamma$	$\Delta$
Ekstrem Değer Dağılımı	0.799	0.349	0.000		
Normal Dağılım	0.927	0.407	-0.350		
Pearson Tip III Dağılımı	1.000	0.443		1.030	
Wakeby Dağılımı	-3.346	1207.9856	314.455	0.646	-0.250

Tablo 3.12. Yukarı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler

Dağılımlar	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
Ekstrem Değer Dağılımı	0.924	1.320	1.585	1.922	2.174	2.425
Normal Dağılım	0.924	1.324	1.587	1.918	2.164	2.409
Pearson Tip III Dağılımı	0.922	1.333	1.597	1.916	2.144	2.364
Wakeby Dağılımı	0.906	1.348	1.626	1.931	2.123	2.287

Homojen bölgeler içerisinde bulunan akım gözlem istasyonları için en uygun dağılımın belirlenmesinden sonra her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler hesaplanmaktadır. Bunun için de benzeşim yapılmaktadır. Ancak benzeşim yapılırken istasyonlar arası değişim katsayıları arasındaki farkın daha az olduğu yeni (popülasyon) değişim katsayılarının girilmesi gerekmektedir. Ancak bu yeni değişim katsayılarının ağırlıklı ortalaması da gerçeği ile aynı değildir. Yukarı Çoruh havzası için yeni değişim katsayıları değerleri, Yapılan Çalışmalar bölümünde Tablo 2.3'te verilmektedir.

Benzeşim yapılırken Xsim.for programı çalıştırılır. Bu programdan diğer alt programlardan farklı olarak bağımsız çalışmaktadır. Burada her bir istasyonun değişim katsayıları ve çarpıklık katsayıları programa doğrudan yazılır. İstasyonların çarpıklık katsayıları birbirine eşit olup bölgesel çarpıklık katsayısına eşittir. Bu çalışmada benzeşim sayısı (NSIM) 500, her benzeşim için yapılacak olan tekrarlanma sayısı da (NREP) 100



alınmıştır. Benzeşim sayısı ve tekrarlanma sayısının arttırılması halinde daha doğru sonuçlara ulaşılabacağı bir gerçektir. Benzeşim için kullanılan dağılım Pearson Tip III dağılımıdır. Xsim.for giriş verilerinden önemli bir tanesi olan istasyonlar arası etkileşim katsayısı da 0.64 olarak alınmıştır. Xsim.for programı çalıştırılarak elde edilen dağılım parametreleri ve çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler Tablo 3.13'te gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Pearson Tip III Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları					
	$\xi$	$\sigma$	$\gamma$	2	5	10	25	50	100
				Karakteristik Değerler					
2304	1,000	0.446	1.030	0.921	1.352	1.626	1.956	2.192	2.419
2316	1,000	0.396	1.030	0.933	1.299	1.531	1.812	2.012	2.205
2320	1,000	0.434	1.030	0.927	1.328	1.583	1.891	2.110	2.322
2330	1,000	0.451	1.030	0.924	1.340	1.605	1.925	2.153	2.373
2337	1,000	0.377	1.030	0.936	1.285	1.506	1.774	1.965	2.149
2338	1,000	0.423	1.030	0.929	1.319	1.567	1.867	2.081	2.287
<b>İstasyonların Ortalaması (Aritmetik Ortalama)</b>				0.928	1.320	1.570	1.871	2.096	2.293
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)</b>				0.928	1.320	1.569	1.869	2.083	2.289

Her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler ile o istasyonun aritmetik ortalaması çarpımıyla akım değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2304	86.400	126.832	152.536	183.494	205.633	226.928
2316	230.036	320.275	377.476	446.758	496.069	543.654
2320	151.194	216.597	258.187	308.422	344.141	378.718
2330	19.102	27.703	33.181	39.797	44.510	49.059
2337	324.196	445.077	521.624	614.449	680.604	744.335
2338	189.919	269.648	320.347	381.677	425.426	467.539

Tablo 3.13'teki karakteristik değerlerin doğruluğu Monte Carlo benzeşimi ile kontrol edilmiştir. Bu değerlerinin doğruluğunun tespiti için her bir istasyonun taraflılık (BIAS) ve ortalama en küçük hata parametreleri (RMSE) hesaplanmaktadır. Bölgesel bağlamda kontrol için bu parametrelerin yanında mutlak değer taraflılık parametresi de (ABSBIAS) elde edilmektedir. Bu parametreler elde edildikten sonra %90 güvenilirlik aralığında benzeşim yapılmış bölgelerin büyüme eğrileri istenilen her bir dağılım için bulunmaktadır. Güvenilirlik aralığının alt ve üst sınırları değerleri (%5 ve %95), bulunan bölgesel gelişim eğrisi değerinin daha önceden Xsim.for programında bulunmuş olan %5 ve %95 aşılma olasılığına karşılık gelen değere bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Buna göre her bir istasyonun taraflılık, ortalama en küçük hata değerleri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.15'de, yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık, taraflılık, ortalama en küçük hata değeri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.16'da ve bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri Tablo 3.17'de gösterilmiştir.

Tablo 3.15. Yukarı Çoruh havzası, Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	10	25	50	100
<b>2304 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.006	-0.016	-0.023	-0.029	-0.032	-0.034
<b>RMSE</b>	0.062	0.066	0.077	0.091	0.102	0.111
<b>0.050 P.T.</b>	0.905	0.880	0.853	0.825	0.810	0.795
<b>0.950 P.T.</b>	1.095	1.085	1.087	1.100	1.115	1.130
<b>2316 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.002	0.030	0.043	0.055	0.061	0.066
<b>RMSE</b>	0.059	0.075	0.092	0.113	0.127	0.140
<b>0.050 P.T.</b>	0.890	0.918	0.910	0.910	0.900	0.890
<b>0.950 P.T.</b>	1.093	1.140	1.180	1.235	1.260	1.275
<b>2320 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.004	-0.001	0.000	0.001	0.002	0.003
<b>RMSE</b>	0.076	0.083	0.093	0.107	0.117	0.126
<b>0.050 P.T.</b>	0.888	0.873	0.854	0.833	0.820	0.810
<b>0.950 P.T.</b>	1.095	0.145	0.155	0.170	0.183	0.195
<b>2330 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.000	-0.022	-0.012	-0.014	-0.015	-0.016
<b>RMSE</b>	0.111	0.119	0.128	0.141	0.149	0.158
<b>0.050 P.T.</b>	0.800	0.810	0.805	0.785	0.770	0.752
<b>0.950 P.T.</b>	1.200	1.205	1.230	1.235	1.250	1.265
<b>2337 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.025	0.009	0.039	0.056	0.065	0.073
<b>RMSE</b>	0.108	0.120	0.135	0.154	0.167	0.179
<b>0.050 P.T.</b>	0.790	0.840	0.835	0.830	0.825	0.820
<b>0.950 P.T.</b>	1.180	1.250	1.295	1.325	1.345	1.380
<b>2338 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.026	-0.015	-0.010	-0.006	-0.003	-0.001
<b>RMSE</b>	0.127	0.1331	0.140	0.151	0.159	0.166
<b>0.050 P.T.</b>	0.786	0.802	0.775	0.760	0.750	0.738
<b>0.950 P.T.</b>	1.150	1.203	1.225	1.267	1.285	1.305

Tablo 3.16. Yukarı Çoruh havzası, Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

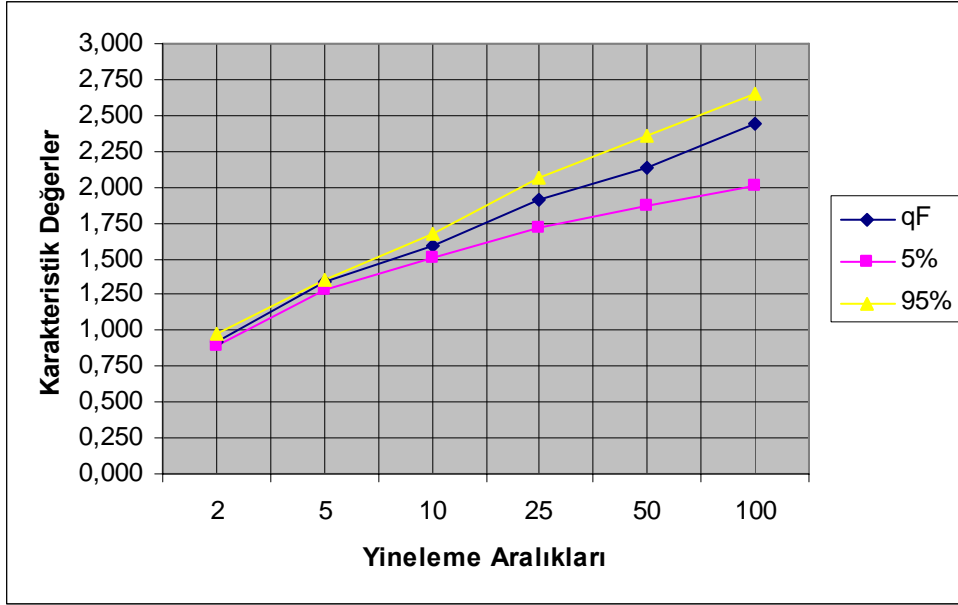
T	2	5	10	25	50	100
<b>Tüm İstasyonlar İçin Ortalama</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.011	0.015	0.021	0.027	0.030	0.032
<b>BIAS</b>	-0.009	0.002	0.006	0.011	0.013	0.015
<b>RMSE</b>	0.090	0.099	0.111	0.126	0.137	0.147
<b>0.050 P.T.</b>	0.885	0.895	0.885	0.855	0.835	0.830
<b>0.950 P.T.</b>	1.095	1.133	1.160	1.190	1.195	1.210
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.005	0.015	0.023	0.030	0.034	0.037
<b>BIAS</b>	-0.002	0.007	0.011	0.015	0.018	0.020
<b>RMSE</b>	0.029	0.025	0.044	0.067	0.081	0.094
<b>0.050 P.T.</b>	0.953	0.981	0.955	0.925	0.905	0.885
<b>0.950 P.T.</b>	1.040	1.035	1.060	1.110	1.140	1.165

Tablo 3.17. Yukarı Çoruh havzası, Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	$q^F$	RMSE	Hata Aralığı	
0.50	2	0.925	0.029	0.889	0.971
0.80	5	1.334	0.025	1.289	1.360
0.90	10	1.594	0.044	1.504	1.669
0.96	25	1.908	0.067	1.719	2.063
0.98	50	2.132	0.081	1.870	2.356
0.99	100	2.438	0.094	2.016	2.653

Yukarıdaki tablolardan görülebileceği üzere mutlak değer taraflılık, taraflılık ve ortalama en küçük hata değeri küçük çıkmıştır. Bu sebeple karakteristik değerlerin doğruluğu uygun olarak kabul edilmiştir.

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



Şekil 3.1. Yukarı Çoruh havzası %90 güvenirlilik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği

Bölgesel frekans analizinde bağımsız olarak gerçek verilere göre noktasal olarak da çeşitli yineleme aralıklarına göre akım değerleri hesaplanabilir. Bu çalışmada benzeşim yapılarak elde edilen verilere göre hesaplanan akım değerleri ile noktasal olarak gözlemlenen verilere göre hesaplanan akım değerleri karşılaştırılmıştır. Bu nedenle bölgesel frekans analizinde Yukarı Çoruh havzası için en uygun dağılım olan Pearson Tip III dağılımı noktasal olarak yapılan hesaplamalar da kullanılmıştır. Bunun için ana programdan PelPe3.for alt programı çağrılarak dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak QuaPe3.for çağrılması ile de akım değerleri hesaplanmış olup Tablo 3.18. ve Tablo 3.19’da verilmiştir.

Tablo 3.18. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılım parametreleri

İstasyon Adı	Pearson Tip III Dağılımı Parametreleri		
	$\xi$	$\sigma$	$\gamma$
2304	93.8107	46.2323	1.5459
2316	246.5555	92.6801	1.0288
2320	163.1000	88.6264	0.6039
2330	20.6717	12.0763	1.6509
2337	346.3636	121.4633	0.0908
2338	204.4333	83.2022	-0.9685

Tablo 3.19. Yukarı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı ile çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2304	82.373	125.521	155.573	193.725	221.847	249.536
2316	230.936	316.444	370.808	436.501	483.310	528.413
2320	156.119	218.829	255.759	298.395	327.763	355.426
2330	17.517	28.733	39.692	46.893	54.459	61.937
2337	344.524	448.016	503.158	562.757	601.697	637.017
2338	217.662	275.365	298.770	319.158	330.047	338.450

### 3.1.3. Orta Çoruh Havzası

Yapılan çalışmalar bölümünde de belirtildiği gibi yapılan ön incelemede bu bölgenin heterojen olduğu tespit edilmiş olduğundan Orta Çoruh havzası iki alt bölgeye ayrılmıştır.

### 3.1.3.1. Yusufeli Bölgesi

Yusufeli bölgesinde 5 adet akım gözlem istasyonu bulunmakta olup bu istasyonların karakteristikleri Tablo 2.4'te verilmiştir. Bu akım gözlem istasyonlarının L-moment katsayıları da ana programdan Samlmr.for alt programı çağrılarak hesaplanmış olup Tablo 3.20'de gösterilmiştir.

Tablo 3.20. Yusufeli bölgesi AGI L-moment katsayıları

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	$\lambda_1$ Ortalama	$\tau = \lambda_2 / \lambda_1$ $L_{CV}$	$\tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2$ L-çarpıklık	$\tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2$ L-basıklık
2305	39	376.9231	0.1804	0.1316	0.0932
2321	29	78.1000	0.1338	0.1271	0.1101
2336	8	74.9500	0.1967	0.0462	-0.1642
2340	9	22.8667	0.1664	0.1470	-0.1595
2341	6	21.6833	0.1252	0.3067	0.1595

Ana programdan Reglmr.for alt programı çağrılarak havzanın bölgesel L-moment katsayıları bulunmuş olup Tablo 3.21'de verilmiştir.

Tablo 3.21. Yusufeli bölgesi bölgesel L-moment katsayıları

Bölge Adı	Ortalama $l_1$	L-Cv $\tau^R$	L-çarpıklık $\tau_3^R$	L-basıklık $\tau_4^R$
Yusufeli Bölgesi	1	0.1619	0.1357	0.1405

Bölgesel L-moment katsayıları hesaplandıktan sonra her bir istasyonun uyumsuzluk ölçüsü değerleri bulunmuştur. Yusufeli bölgesinde 5 adet akım gözlem istasyonunun olması sebebiyle  $D_{cr}$  değeri 1.333 olarak alınmıştır. Her bir istasyon için hesaplanan uyumsuzluk ölçüsü değerleri Tablo 3.22'de gösterilmiştir.

Tablo 3.22. Yusufeli bölgesi uyumsuzluk ölçüsü değerleri

Uyumsuzluk Ölçüsü (D)	İstasyon Adı				
	2305	2321	2336	2340	2341
	1.23	1.33	0.76	0.53	1.13

Tablodan da görülebileceği üzere her bir istasyon için bulunan  $D$  uyumsuzluk ölçüsü değerleri de  $D_{cr}$  değerinden küçük çıktığı tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm istasyonlar uygun olarak kabul edilmiştir.

İstasyonların uyumsuzluk ölçüsü değerleri hesaplandıktan sonra bölgenin homojen olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için ana programdan Regtst.for alt programı çalıştırılır.  $H$  değerini bulmak için ilk olarak benzeşimde kullanılmak üzere kappanın dağılımı parametreleri hesaplanmıştır. Yusufeli bölgesinde kullanılacak kappanın dağılımı parametreleri Tablo 3.23'te verilmiştir.

Tablo 3.23. Yusufeli bölgesi kappanın dağılımı parametreleri

Bölge Adı	İstasyon Sayısı	Kappanın dağılımı parametreleri			
		$\xi$	$\alpha$	$k$	$h$
Yusufeli Bölgesi	5	0.8755	0.2399	0.0439	-0.0322

Kappanın dağılımı parametreleri bulunduğundan sonra havzanın heterojenlik ölçüsü değerleri hesaplanmıştır. Bunun için bölgesel L-moment katsayılarına kappanın dağılımı uygulanmış ve daha sonra bölgeye 500 defa benzeşim yapılarak 1.52 eşitliğine göre heterojenlik ölçüsü hesaplanmıştır. Heterojenlik ölçüsü testi sonuçları Tablo 3.24'te verilmiştir.



Tablo 3.24. Yusufeli bölgesi heterojenlik ölçüsü değerleri

$H_1$	Gerçek verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0244
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin aritmetik ortalaması	0.0246
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0092
	$H_1$ değeri	<b>-0.03</b>
$H_2$	Gerçek verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.0386
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.0857
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0292
	$H_2$ değeri	<b>-1.61</b>
$H_3$	Gerçek verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1439
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.1202
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0324
	$H_3$ değeri	<b>0.73</b>

Yusufeli bölgesinde yapılan heterojenlik ölçüsü testi sonucunda tüm  $H_1$  ve  $H_3$  değerleri 1'den küçük çıkmıştır. Bu nedenle Yusufeli bölgesi homojen olarak kabul edilmiştir.

Yusufeli bölgesinin homojen olduğu tespit edildikten sonra bu bölge için kullanılacak en uygun dağılım  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri ile belirlenmiştir.  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlayan dağılımlar o bölge için uygun olarak kabul edilir. Ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak beş dağılım için  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri hesaplanmış olup Tablo 3.25'de gösterilmiştir.

Tablo 3.25. Yusufeli bölgesi uygunluk ölçüsü değerleri

$\tau_4^R$		0.1405
$\beta_4$		0.1388
$\sigma_4$		0.0466
<b>Dağılımlar</b>	$\tau_4^{DIST}$	$Z^{DIST}$
Lojistik Dağılım (GLO)	0.182	<b>0.85</b>
Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)	0.137	<b>-0.09</b>
Normal Dağılım (GNO)	0.137	<b>-0.11</b>
Pearson Tip III Dağılımı (PE3)	0.128	<b>-0.29</b>
Pareto Dağılım (GPA)	0.044	-2.08

Tablo 3.25’de görüleceği üzere Yusufeli bölgesi için Lojistik, Ekstrem Değer, Normal ve Pearson Tip III dağılımı  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlamıştır. Bu dağılımlar içerisinde 0 değerine en yakın olan Ekstrem Değer dağılımı bölgesel frekans analizi için kullanılmıştır.

Uygun bulunan tüm dağılımlar ve Wakeby dağılımının bölgesel parametreleri ve çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerleri yine ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.26. ve Tablo 3.27’de verilmiştir.

Tablo 3.26. Yusufeli bölgesi uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler

Dağılımlar	Bölgesel Parametreler				
	$\xi$	$\alpha / \sigma$	$k$	$\gamma$	$\Delta$
Lojistik Dağılımı	0.964	0.157	-0.136		
Ekstrem Değer Dağılımı	0.871	0.245	0.054		
Normal Dağılım	0.961	0.278	-0.279		
Pearson Tip III Dağılımı	1.000	0.293		0.827	
Wakeby Dağılımı	0.249	11.482	28.203	0.429	-0.269

Tablo 3.27. Yusufeli bölgesi uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler

Dağılımlar	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
Lojistik Dağılım	0.964	1.204	1.366	1.588	1.770	1.966
Ekstrem Değer Dağılımı	0.960	1.224	1.390	1.591	1.733	1.869
Normal Dağılım	0.960	1.224	1.392	1.587	1.723	1.853
Pearson Tip III	0.969	1.228	1.412	1.600	1.714	1.809
Wakeby Dağılımı	0.906	1.348	1.626	1.931	2.123	2.287

Ekstrem Değer dağılımının bölgesel frekans analizi için en uygun dağılım olduğu tespit edildikten sonra çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler Xsim.for programıyla hesaplanmıştır. Bunun için gözlemlenen değişim katsayıları yerine Yapılan Çalışmalar bölümünde Tablo 2.5’de verilen popülasyon değişim katsayıları kullanılmıştır. Benzeşim yapılarak her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler Tablo 3.28’de verilmiştir.

Tablo 3.28. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Ekstrem Değer Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları					
	$\xi$	$\alpha$	$\gamma$	2	5	10	25	50	100
				Karakteristik Değerler					
2305	0.861	0.264	0.054	0.957	1.241	1.420	1.637	1.790	1.936
2321	0.886	0.216	0.054	0.965	1.198	1.345	1.522	1.648	1.768
2336	0.849	0.287	0.054	0.953	1.263	1.458	1.693	1.860	2.020
2340	0.871	0.244	0.054	0.960	1.223	1.389	1.589	1.731	1.867
2341	0.889	0.211	0.054	0.965	1.192	1.337	1.510	1.632	1.750
<b>İstasyonların Ortalaması (Aritmetik Ortalama)</b>				0.960	1.224	1.390	1.590	1.732	1.868
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)</b>				0.960	1.223	1.388	1.587	1.728	1.863

Her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler ile o istasyonun aritmetik ortalaması çarpımıyla akım değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 3.29’da verilmiştir.

Tablo 3.29. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yinelemeli aralıklara göre elde edilen akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2305	360.715	467.762	535.231	617.023	674.692	729.723
2321	75.367	93.564	105.045	118.868	128.709	138.081
2336	71.427	94.662	109.277	126.890	139.407	151.399
2340	21.952	27.966	31.762	36.335	39.582	42.692
2341	20.924	25.846	28.991	32.742	35.387	37.946

Tablo 3.28’deki karakteristik değerlerin noktasal ve bölgesel olarak doğruluğu Monte Carlo benzeşimi yapılarak kontrol edilmiştir. Buna göre her bir istasyonun taraflılık, ortalama en küçük hata değerleri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.30’da, yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık, taraflılık, ortalama en küçük hata değeri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.31’de ve bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri Tablo 3.32’de verilmiştir.

Tablo 3.30. Yusufeli bölgesi, Ekstrem Değer dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	10	25	50	100
<b>2305 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.007	-0.010	-0.016	-0.019	-0.019	-0.018
<b>RMSE</b>	0.053	0.053	0.059	0.075	0.092	0.112
<b>0.050 P.T.</b>	0.910	0.905	0.885	0.860	0.835	0.815
<b>0.950 P.T.</b>	1.095	1.078	1.078	1.095	1.118	1.160
<b>2321 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.004	0.024	0.037	0.052	0.063	0.074
<b>RMSE</b>	0.055	0.064	0.076	0.097	0.118	0.143
<b>0.050 P.T.</b>	0.909	0.940	0.932	0.913	0.897	0.883
<b>0.950 P.T.</b>	1.075	1.127	1.155	1.210	1.243	1.308
<b>2336 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.003	-0.039	-0.053	-0.064	-0.068	-0.069
<b>RMSE</b>	0.115	0.119	0.127	0.139	0.151	0.165
<b>0.050 P.T.</b>	0.825	0.775	0.750	0.745	0.740	0.720
<b>0.950 P.T.</b>	1.190	1.145	1.143	1.205	1.245	1.230
<b>2340 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.009	0.011	0.013	0.017	0.021	0.026
<b>RMSE</b>	0.096	0.100	0.106	0.118	0.133	0.152
<b>0.050 P.T.</b>	0.860	0.860	0.855	0.850	0.830	0.790
<b>0.950 P.T.</b>	1.172	1.170	1.175	1.225	1.302	1.320
<b>2341 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.005	0.028	0.045	0.063	0.076	0.088
<b>RMSE</b>	0.095	0.108	0.123	0.148	0.171	0.198
<b>0.050 P.T.</b>	0.845	0.855	0.850	0.845	0.835	0.828
<b>0.950 P.T.</b>	1.163	1.210	1.245	1.275	1.340	1.375

Tablo 3.31. Yusufeli bölgesi, Ekstrem Değer dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

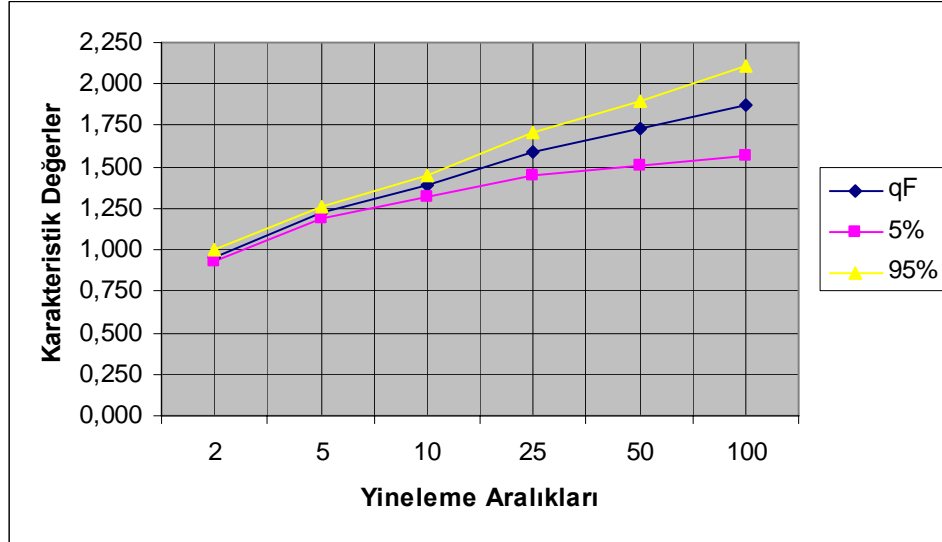
T	2	5	10	25	50	100
<b>Tüm İstasyonlar İçin Ortalama</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.005	0.022	0.033	0.043	0.049	0.055
<b>BIAS</b>	0.001	0.003	0.005	0.010	0.014	0.020
<b>RMSE</b>	0.083	0.089	0.098	0.116	0.133	0.154
<b>0.050 P.T.</b>	0.907	0.895	0.890	0.875	0.865	0.825
<b>0.950 P.T.</b>	1.093	1.090	1.125	1.170	1.195	1.235
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.004	0.019	0.029	0.039	0.045	0.051
<b>BIAS</b>	-0.001	0.001	0.003	0.007	0.011	0.017
<b>RMSE</b>	0.021	0.027	0.043	0.070	0.093	0.118
<b>0.050 P.T.</b>	0.960	0.972	0.957	0.932	0.915	0.887
<b>0.950 P.T.</b>	1.028	1.032	1.052	1.100	1.145	1.195

Tablo 3.32. Yusufeli bölgesi, Ekstrem Değer dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	$q^F$	RMSE	HATA ARALIĞI	
0.50	2	0.960	0.021	0.934	1.000
0.80	5	1.224	0.027	1.185	1.260
0.90	10	1.390	0.043	1.321	1.453
0.96	25	1.591	0.070	1.446	1.706
0.98	50	1.733	0.093	1.513	1.894
0.99	100	1.869	0.118	1.564	2.106

Yukarıdaki tablolardan görülebileceği üzere mutlak değer taraflılık, taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri oldukça küçük çıkmıştır. Bu sebeple karakteristik değerlerin doğruluğu uygun olarak kabul edilmiştir.

Çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel büyüme eğrisi değerleri ve bu değerlere karşılık gelen sınır aralığı değerleri grafiği Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Yusufeli bölgesi %90 güvenirlilik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği

Yukarı Çoruh havzasında olduğu gibi Yusufeli bölgesinde de gözlemlenen verilere göre noktasal olarak akım değerleri elde edilmiştir. Yusufeli bölgesinde bölgesel frekans dağılımı yapılırken gerçekleştirilen Z uygunluk testi sonucunda en uygun dağılım olarak Ekstrem Değer dağılımı bulunmuştur. Bu nedenle ana programdan PelGev.for alt programı çağrılarak dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak QuaGev.for çağrılması ile de akım değerleri hesaplanmış olup Tablo 3.33. ve Tablo 3.34’te verilmiştir.

Tablo 3.33. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılım parametreleri

İstasyon Adı	Ekstrem Değer Dağılım Parametreleri		
	$\xi$	$\alpha$	$k$
2305	323.092	103.431	0.061
2321	69.880	15.989	0.068
2336	64.828	24.846	0.202
2340	19.790	5.669	0.036
2341	19.105	3.127	-0.202

Tablo 3.34. Yusufeli bölgesi Ekstrem Değer dağılımı ile çeşitli yineleme aralıklarına göre akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2305	360.583	471.396	540.689	623.857	682.543	738.375
2321	75.668	92.685	103.253	115.861	124.703	133.073
2336	73.605	96.969	109.736	123.326	131.849	139.189
2340	21.854	28.068	32.044	36.917	40.427	43.823
2341	20.294	24.584	28.016	33.168	37.682	42.844

### 3.1.3.2. Oltu Çayı Bölgesi

Oltu Çayı bölgesinde 5 adet akım gözlem istasyonu bulunmakta olup bu istasyonların karakteristikleri Tablo 2.6.'de verilmiştir. Bu akım gözlem istasyonlarının L-moment katsayıları da ana programdan Samlmr.for alt programı çağrılarak hesaplanmış olup Tablo 3.35'de gösterilmiştir.

Tablo 3.35. Oltu Çayı bölgesi AGI L-moment katsayıları

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	$\lambda_1$ Ortalama	$\tau = \lambda_2 / \lambda_1$ $L_{CV}$	$\tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2$ L-çarpıklık	$\tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2$ L-basıklık
2302	27	80.2851	0.2848	0.3124	0.2919
2314	5	64.1600	0.1225	0.3308	0.3257
2319	5	55.1600	0.1889	-0.4511	0.0499
2323	37	239.8541	0.2115	0.1778	0.2940
2325	26	90.1538	0.3276	0.0926	-0.0260

Ana programdan Reglmr.for alt programı çağrılarak havzanın bölgesel L-moment katsayıları bulunmuş olup Tablo 3.36'da verilmiştir.



Tablo 3.36. Oltu Çayı bölgesi bölgesel L-moment katsayıları

Bölge Adı	Ortalama $l_1$	L-Cv $\tau^R$	L-çarpıklık $\tau_3^R$	L-basıklık $\tau_4^R$
Oltu Çayı Bölgesi	1	0.2559	0.1682	0.1996

Bölgesel L-moment katsayıları hesaplandıktan sonra her bir istasyonun uyumsuzluk ölçüsü değerleri bulunmuştur. Oltu Çayı bölgesinde 5 adet akım gözlem istasyonunun olması sebebiyle  $D_{cr}$  değeri 1.333 olarak alınmıştır. Her bir istasyon için hesaplanan uyumsuzluk ölçüsü değerleri Tablo 3.37’de gösterilmiştir.

Tablo 3.37. Oltu Çayı bölgesi uyumsuzluk ölçüsü değerleri

Uyumsuzluk Ölçüsü (D)	İstasyon Adı				
	230	2314	2319	2323	2325
	0.89	1.25	1.28	0.27	1.31

Tablodan da görülebileceği üzere her bir istasyon için bulunan  $D$  uyumsuzluk ölçüsü değerleri de  $D_{cr}$  değerinden küçük çıktığı tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm istasyonlar uygun olarak kabul edilmiştir.

İstasyonların uyumsuzluk ölçüsü değerleri hesaplandıktan sonra bölgenin homojen olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için ana programdan Regtst.for alt programı çalıştırılır.  $H$  değerini elde etmek için ilk olarak benzeşimde kullanılmak üzere kappa dağılımı parametreleri hesaplanmıştır. Oltu Çayı bölgesi için kullanılacak kappa dağılımı parametreleri Tablo 3.38’de verilmiştir.

Tablo 3.38. Oltu Çayı bölgesi kappda dağılımı parametreleri

Bölge Adı	İstasyon Sayısı	Kappa dağılımı parametreleri			
		$\xi$	$\alpha$	$k$	$h$
Oltu Çayı Bölgesi	5	0.9302	0.2441	-0.1681	-1.0000

Kappa dağılımı parametreleri hesaplandıktan sonra havzanın heterojenlik ölçüsü değerleri bulunmuş olup Tablo 3.39'da gösterilmiştir.

Tablo 3.39. Oltu Çayı bölgesi heterojenlik ölçüsü değerleri

$H_1$	Gerçek verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0583
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin aritmetik ortalaması	0.0416
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0163
	$H_1$ değeri	<b>1.02</b>
$H_2$	Gerçek verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1252
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.1031
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0369
	$H_2$ değeri	<b>0.60</b>
$H_3$	Gerçek verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1853
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.1356
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0418
	$H_3$ değeri	<b>1.18</b>

Tablo 3.39'dan görüleceği üzere  $H_1$  ve  $H_3$  değerleri 1 değerinden yüksek çıkmıştır. Bu nedenle bölge kısmen heterojen olarak kabul edilir. Bu durumda izlenecek iki yol vardır. Bunlar bölgeyi ikiye bölmek veya bölge içerisinde bulunan akım gözlem istasyonlarını incelemektir.  $H_1$  ve  $H_3$  değerleri 1 değerine çok yakın değerler aldıkları için ikinci yol izlenmiştir. Akım gözlem istasyonlarının uyumsuzluk ölçüsü değerlerine bakıldığında 2325 nolu istasyonun  $D_{cr}$  değerine çok yakın değer aldığı görülmüş ve bu istasyonun verileri incelenmiştir. Bu istasyonun 1987 yılı verisinin diğer yıllara göre çok farklı olduğu anlaşıl原因 bu değer sebebiyle 2325 nolu istasyonun değişim katsayısı değerinin diğer istasyonlardan fazla olduğu görülmüş bunun da heterojenlik değerini arttırdığı tespit edilmiştir. Bu nedenle 2325 nolu istasyondan 1987 yılı verisi çıkartılmıştır. 2325 nolu istasyondan 1987 yılı verisi çıkartıldığından noktasal L-moment katsayıları tekrar hesaplanmış olup Tablo 3.40'da verilmiştir.

Tablo 3.40. Oltu Çayı bölgesi 2325 AGI revize L-moment katsayıları

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	$\lambda_1$ Ortalama	$\tau = \lambda_2 / \lambda_1$ $L_{CV}$	$\tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2$ L-çarpıklık	$\tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2$ L-basıklık
2325 <sup>r</sup>	25	85.9200	0.3191	0.0687	-0.0636

2325 nolu istasyonun noktasal L-moment katsayıları değiştiği için Oltu Çayı bölgesinin bölgesel L-moment katsayıları yeniden hesaplanmış olup Tablo 3.41'de gösterilmiştir.

Tablo 3.41. Oltu Çayı bölgesi revize bölgesel L-moment katsayıları

Bölge Adı	Ortalama $l_1$	L-Cv $\tau^R$	L-çarpıklık $\tau_3^R$	L-basıklık $\tau_4^R$
Oltu Çayı Bölgesi <sup>r</sup>	1	0.2530	0.1629	0.1923

Yeni bölgesel L-moment katsayılarına göre kappanın dağılımı parametreleri yeniden hesaplanmış olup Tablo 3.42'de verilmiştir.

Tablo 3.42. Oltu Çayı bölgesi revize kappa dağılımı parametreleri

Bölge Adı	İstasyon Sayısı	Kappa dağılımı parametreleri			
		$\xi$	$\alpha$	$k$	$h$
Oltu Çayı Bölgesi <sup>f</sup>	5	0.9331	0.24241	-0.1629	-1.0000

Oltu Çayı bölgesi için revize bölgesel L-moment katsayıları ile kappa dağılımı parametrelerine göre yapılan heterojenlik test sonuçları Tablo 3.43'te gösterilmiştir.

Tablo 3.43. Oltu Çayı bölgesi revize heterojenlik ölçüsü değerleri

$H_1$	Gerçek verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0556
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin aritmetik ortalaması	0.0411
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0161
	$H_1$ değeri	<b>0.90</b>
$H_2$	Gerçek verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1291
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.1016
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0399
	$H_2$ değeri	<b>0.81</b>
$H_3$	Gerçek verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1989
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.1354
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0391
	$H_3$ değeri	<b>1.63</b>

Yapılan düzeltmeyle  $H_1$  ve  $H_2$  istatistikleri 1'den küçük çıkmıştır. Sadece  $H_3$  istatistiği  $1 < H < 2$  arasındadır. Burada en önemli istatistik  $H_1$  olduğu için bölge homojen olarak kabul edilir.

Oltu Çayı bölgesinin homojen olduğu tespit edildikten sonra bu bölge için kullanılacak en uygun dağılım  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri ile belirlenmiştir.  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlayan dağılımlar o bölge için uygun olarak kabul edilir. Ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak beş dağılım için  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri hesaplanmış olup Tablo 3.44'te verilmiştir.

Tablo 3.44. Oltu Çayı bölgesi uygunluk ölçüsü değerleri

$\tau_4^R$		0.1923
$\beta_4$		0.1824
$\sigma_4$		0.0547
<b>Dağılımlar</b>	$\tau_4^{DIST}$	$Z^{DIST}$
Lojistik Dağılım (GLO)	0.189	<b>-0.24</b>
Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)	0.147	<b>-1.00</b>
Normal Dağılım (GNO)	0.143	<b>-1.01</b>
Pearson Tip III Dağılımı (PE3)	0.131	<b>-1.30</b>
Pareto Dağılım (GPA)	0.058	-2.65

Tablo 3.44'te görüleceği üzere Oltu Çayı bölgesi için Lojistik, Ekstrem Değer, Normal ve Pearson Tip III dağılımı  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlamıştır. Bu dağılımlar içersinde 0 değerine en yakın olan Lojistik dağılım bölgesel frekans analizi için kullanılmıştır.

Uygun bulunan tüm dağılımlar ve Wakeby dağılımının bölgesel parametreleri ve çeşitli yinleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerleri yine ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.45. ve Tablo 3.46'da gösterilmiştir.

Tablo 3.45. Oltu Çayı bölgesi uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler

Dağılımlar	Bölgesel Parametreler				
	$\xi$	$\alpha/\sigma$	$k$	$\gamma$	$\Delta$
Lojistik Dağılım	0.933	0.242	-0.163		
Ekstrem Değer Dağılımı	0.791	0.369	0.011		
Normal Dağılım	0.926	0.428	-0.336		
Pearson Tip III Dağılımı	1.000	0.462		0.990	
Wakeby Dağılımı	-0.568	46.104	41.557	0.546	-0.125

Tablo 3. 46. Oltu Çayı bölgesi uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler

Dağılımlar	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
Lojistik Dağılım	0.930	1.310	1.578	1.854	2.270	2.620
Ekstrem Değer Dağılımı	0.923	1.340	1.616	1.964	2.222	2.470
Normal Dağılım	0.923	1.343	1.617	1.960	2.212	2.464
Pearson Tip III Dağılımı	0.921	1.353	1.627	1.957	2.193	2.420
Wakeby Dağılımı	0.900	1.339	1.640	2.000	2.247	2.474

Lojistik dağılımının bölgesel frekans analizi için en uygun dağılım olduğu tespit edildikten sonra çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler Xsim.for programıyla hesaplanmıştır. Bunun için gözlemlenen değişim katsayıları yerine Yapılan Çalışmalar bölümü Tablo 2.7’de verilen popülasyon değişim katsayıları kullanılmıştır. Her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler Tablo 3.47’de verilmiştir.

Tablo 3.47. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Lojistik Dağılım Parametreleri			Yineleme Aralıkları					
	$\xi$	$\sigma$	$\gamma$	2	5	10	25	50	100
				Karakteristik Değerler					
2302	0.930	0.254	-0.163	0.930	1.325	1.601	1.988	2.311	2.668
2314	0.951	0.176	-0.163	0.951	1.225	1.416	1.683	1.906	2.153
2319	0.947	0.189	-0.163	0.948	1.242	1.447	1.735	1.975	2.243
2323	0.936	0.232	-0.163	0.936	1.297	1.549	1.902	2.197	2.523
2325	0.926	0.268	-0.163	0.926	1.343	1.634	2.041	2.381	2.757
<b>İstasyonların Ortalaması (Aritmetik Ortalama)</b>				0.938	1.286	1.529	1.870	2.154	2.418
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)</b>				0.938	1.286	1.525	1.859	2.138	2.145

Her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler ile o istasyonun aritmetik ortalaması çarpımıyla akım değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 3.48’de gösterilmiştir.

Tablo 3.48. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yinelemeli aralıklarına göre elde edilen akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2302	74.665	106.378	128.536	159.607	185.539	214.201
2314	61.016	78.596	90.851	107.981	122.289	138.136
2319	52.292	297.899	347.069	416.147	473.712	537.993
2323	224.503	311.091	371.534	456.202	526.959	605.152
2325	83.482	121.077	147.311	184.004	214.656	248.554

Tablo 3.47’deki karakteristik değerlerin noktasal ve bölgesel olarak doğruluğu Monte Carlo benzeşimi yapılarak kontrol edilmiştir. Buna göre her bir istasyonun taraflılık, ortalama en küçük hata değerleri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.49’da,

yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık, taraflılık, ortalama en küçük hata değeri ve güvenilirlik aralığı sınır değeri Tablo 3.50’de ve bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri Tablo 3.51’de verilmiştir.

Tablo 3.49. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	10	25	50	100
<b>2302 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.003	-0.024	-0.031	-0.038	-0.040	-0.039
<b>RMSE</b>	0.101	0.107	0.124	0.155	0.180	0.221
<b>0.050 P.T.</b>	0.845	0.815	0.803	0.755	0.745	0.713
<b>0.950 P.T.</b>	1.185	1.145	1.190	1.225	1.335	1.400
<b>2314 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.014	0.068	0.106	0.146	0.173	0.198
<b>RMSE</b>	0.132	0.155	0.184	0.229	0.269	0.314
<b>0.050 P.T.</b>	0.755	0.825	0.880	0.900	0.900	0.880
<b>0.950 P.T.</b>	1.190	1.325	1.375	1.455	1.500	1.610
<b>2319 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.015	0.051	0.081	0.113	0.134	0.155
<b>RMSE</b>	0.125	0.151	0.182	0.230	0.271	0.319
<b>0.050 P.T.</b>	0.785	0.848	0.859	0.835	0.825	0.820
<b>0.950 P.T.</b>	1.190	1.350	1.440	1.588	1.660	1.728
<b>2323 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.003	0.004	0.007	0.011	0.015	0.020
<b>RMSE</b>	0.076	0.078	0.093	0.124	0.156	0.193
<b>0.050 P.T.</b>	0.880	0.875	0.845	0.820	0.785	0.760
<b>0.950 P.T.</b>	1.120	1.155	1.178	1.255	1.300	1.420
<b>2325 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.000	-0.038	-0.053	-0.066	-0.072	-0.075
<b>RMSE</b>	0.114	0.113	0.124	0.147	0.171	0.199
<b>0.050 P.T.</b>	0.845	0.818	0.797	0.766	0.740	0.707
<b>0.950 P.T.</b>	1.220	1.150	1.130	1.155	1.260	1.325



Tablo 3.50. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

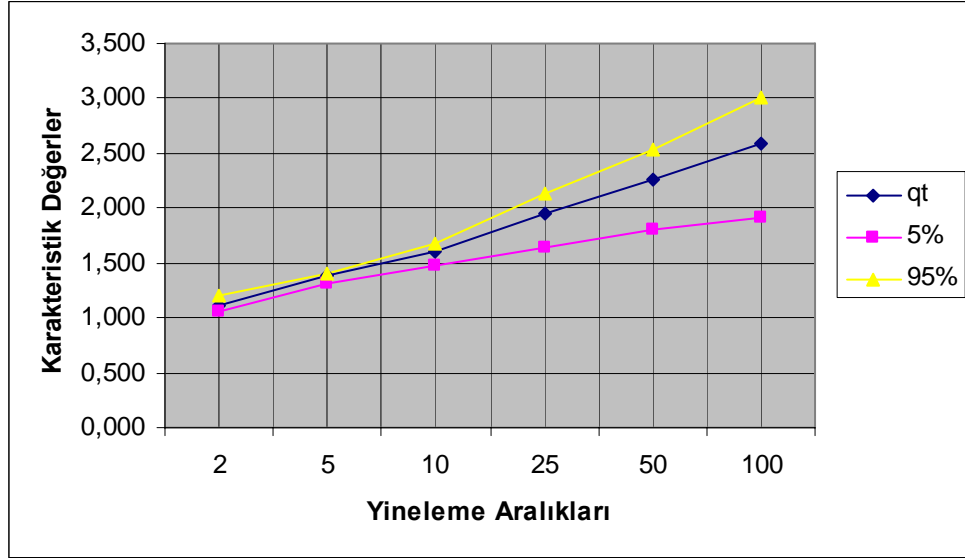
T	2	5	10	25	50	100
<b>Tüm İstasyonlar İçin Ortalama</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.007	0.037	0.056	0.075	0.087	0.098
<b>BIAS</b>	-0.007	0.012	0.022	0.033	0.042	0.052
<b>RMSE</b>	0.110	0.121	0.141	0.173	0.211	0.249
<b>0.050 P.T.</b>	0.855	0.878	0.880	0.860	0.830	0.802
<b>0.950 P.T.</b>	1.107	1.135	1.170	1.300	1.420	1.505
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.009	0.033	0.052	0.071	0.083	0.097
<b>BIAS</b>	-0.002	0.016	0.025	0.036	0.044	0.053
<b>RMSE</b>	0.041	0.043	0.071	0.116	0.153	0.194
<b>0.050 P.T.</b>	0.920	0.978	0.956	0.920	0.890	0.860
<b>0.950 P.T.</b>	1.048	1.053	1.090	1.195	1.255	1.353

Tablo 3.51 Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	$q^F$	RMSE	HATA ARALIĞI	
0.50	2	1.111	0.041	1.060	1.207
0.80	5	1.379	0.043	1.309	1.410
0.90	10	1.609	0.071	1.477	1.683
0.96	25	1.958	0.116	1.638	2.128
0.98	50	2.258	0.153	1.799	2.537
0.99	100	2.591	0.194	1.914	3.016

Yukarıdaki tablolardan görülebileceği üzere mutlak değer taraflılık, taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri küçük çıkmıştır. Bu sebeple karakteristik değerlerin doğruluğu uygun olarak kabul edilmiştir.

Çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel büyüme eğrisi değerleri ve bu değerlere karşılık gelen sınır aralığı değerleri grafiği Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Oltu Çayı bölgesi %90 güvenirlilik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği

Oltu Çayı bölgesinde gözlemlenen verilere göre noktasal olarak akım değerleri de elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda Oltu Çayı bölgesinde bölgesel frekans dağılımı yapılırken gerçekleştirilen Z uygunluk testi sonucunda en uygun dağılım olarak bulunan Lojistik dağılım kullanılmıştır. Bunun için ana programdan PelGlo.for alt programı çağrılarak dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak QuaGlo.for çağrılması ile de akım değerleri hesaplanmış olup Tablo 3.52. ve Tablo 3.53'te gösterilmiştir.

Tablo 3.52.. Oltu Çayı bölgesi Lojistik dağılım parametreleri

İstasyon Adı	Lojistik Dağılım Parametreleri		
	$\xi$	$\alpha$	$k$
2302	69.0082	19.3673	-0.3124
2314	60.1083	6.5193	-0.3308
2319	62.1514	7.2659	0.4511
2323	225.2471	48.1319	-0.1778
2325	80.9008	26.5714	-0.0687

Tablo 3.53. Oltu Çayı Bölgesi Lojistik dağılımı ile çeşitli yineleme aralığına göre akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2302	69.088	102.689	130.251	174.409	216.203	267.585
2314	60.108	71.575	81.167	96.792	111.810	130.515
2319	62.151	69.640	72.28	74.418	75.475	76.232
2323	225.247	300.915	354.637	430.864	495.316	567.349
2325	80.901	119.548	143.921	175.274	199.455	224.471

### 3.1.4. Aşağı Çoruh Havzası

Aşağı Çoruh havzasında 13 adet akım gözlem istasyonu bulunmakta olup bu istasyonların karakteristikleri Tablo 2.8’de verilmiştir. Bu akım gözlem istasyonlarının L-moment katsayıları da ana programdan Samlmr.for alt programı çağrılarak hesaplanmış olup Tablo 3.54’te gösterilmiştir.

Tablo 3.54. Aşağı Çoruh havzası AGI L-moment katsayıları

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	$\lambda_1$ Ortalama	$\tau = \lambda_2 / \lambda_1$ $L_{CV}$	$\tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2$ L-çarpıklık	$\tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2$ L-basıklık
2306	12	18.2958	0.2040	0.2933	0.2089
2307	16	32.1375	0.2323	0.1051	0.1480
2315	36	1098.1111	0.1811	0.2352	0.1574
2322	29	906.6551	0.1451	0.1059	0.0129
2326	17	79.1471	0.2184	-0.0982	0.0267
2327	17	148.2353	0.1965	0.1639	0.2595
2328	19	51.6842	0.1967	0.1208	0.0209
2331	13	52.9154	0.1750	0.0329	-0.1057
2332	7	1145.8571	0.1474	-0.0803	-0.3561
2333	9	36.3555	0.2791	0.6152	0.4652
2334	11	176.5091	0.1441	-0.0217	0.1446
2335	8	677.125	0.2206	0.1932	0.2329
2339	9	113.5444	0.1264	-0.1501	0.2326

Ana programdan Reglmr.for alt programı çağrılarak havzanın bölgesel L-moment katsayıları bulunmuş olup Tablo 3.55’de verilmiştir.

Tablo 3.55. Aşağı Çoruh havzası bölgesel L-moment katsayıları

<b>Bölge Adı</b>	<b>Ortalama</b> $l_1$	<b>L-Cv</b> $\tau^R$	<b>L-çarpıklık</b> $\tau_3^R$	<b>L-basıklık</b> $\tau_4^R$
Aşağı Çoruh Havzası	1	0.1871	0.1312	0.1084

Bölgesel L-moment katsayıları hesaplandıktan sonra her bir istasyonun uyumsuzluk ölçüsü değerleri bulunmuştur. Aşağı Çoruh havzasında 13 adet akım gözlem istasyonunun olması sebebiyle  $D_{cr}$  değeri 2.869 olarak alınmıştır. Her bir istasyon için hesaplanan uyumsuzluk ölçüsü değerleri Tablo 3.56’da gösterilmiştir.

Tablo 3.56. AGI uyumsuzluk ölçüsü değerleri

<b>İstasyon Adı</b>	$D_i$
2306	<b>0.32</b>
2307	<b>0.82</b>
2315	<b>0.36</b>
2322	<b>0.65</b>
2326	<b>2.02</b>
2327	<b>0.22</b>
2328	<b>0.15</b>
2331	<b>0.45</b>
2332	<b>2.44</b>
2333	<b>2.45</b>
2334	<b>0.69</b>
2335	<b>0.25</b>
2339	<b>2.08</b>

Tablodan da görülebileceği üzere her bir istasyon için bulunan uyumsuzluk ölçüsü değerleri de  $D_{cr}$  değerinden küçük çıktığı tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm istasyonlar uygun olarak kabul edilmiştir.

İstasyonların uyumsuzluk ölçüsü değerleri hesaplandıktan sonra bölgenin homojen olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için ana programdan Regtst.for alt programı çalıştırılır.  $H$  değerini elde etmek için ilk olarak benzeşimde kullanılmak üzere kappanın dağılımı parametreleri hesaplanmıştır. Aşağı Çoruh havzası için kullanılacak kappanın dağılımı parametreleri Tablo 3.57’de verilmiştir.

Tablo 3.57. Aşağı Çoruh havzası kappanın dağılımı parametreleri

Bölge Adı	İstasyon Sayısı	Kappa dağılımı parametreleri			
		$\xi$	$\alpha$	$k$	$h$
Aşağı Çoruh Havzası	13	0.7903	0.3596	0.1741	0.3106

Kappa dağılımı parametreleri hesaplandıktan sonra havzanın heterojenlik ölçüsü değerleri bulunmuş olup Tablo 3.58’de gösterilmiştir.

Tablo 3.58. Aşağı Çoruh havzası heterojenlik ölçüsü değerleri

$H_1$	Gerçek verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0358
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin aritmetik ortalaması	0.0299
	Benzeşim yapılan verilerin $L_{cv}$ değerlerinin standart sapması	0.0064
	$H_1$ değeri	<b>0.92</b>
$H_2$	Gerçek verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1173
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.0981
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau - \tau_3$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.1990
	$H_2$ değeri	<b>0.97</b>

Tablo 3.58'in devamı

$H_3$	Gerçek verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafeleri	0.1767
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin aritmetik ortalaması	0.1335
	Benzeşim yapılan verilerin $\tau_3 - \tau_4$ grafiği üzerindeki bölge ortalamasına olan mesafelerinin standart sapması	0.0214
	$H_3$ değeri	<b>2.00</b>

Aşağı Çoruh havzasında hem  $H_1$  hem de  $H_2$  istatistikleri 1'den küçük çıkmıştır.  $H_3$  değeri ise 1'den büyük çıkmıştır.  $H_3$  değerinin yüksek değer almasının nedeni 2333 nolu istasyonun L-basıklık değerinin diğer istasyonlara göre çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.  $H_1$  ve  $H_2$  istatistikleri göz önüne alındığında Aşağı Çoruh havzası homojen olarak kabul edilir.

Aşağı Çoruh havzasının homojen olduğu tespit edildikten sonra bu bölge için kullanılacak en uygun dağılım  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri ile belirlenmiştir.  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlayan dağılımlar o bölge için uygun olarak kabul edilir. Ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak beş dağılım için  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri hesaplanmış olup Tablo 3.59'da verilmiştir.

Tablo 3.59. Aşağı Çoruh havzası uygunluk ölçüsü değerleri

$\tau_4^R$		0.1084
$\beta_4$		0.1123
$\sigma_4$		0.0291
<b>Dağılımlar</b>	$\tau_4^{DIST}$	$Z^{DIST}$
Lojistik Dağılım (GLO)	0.181	2.63
Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)	0.136	<b>1.08</b>
Normal Dağılım (GNO)	0.136	<b>1.09</b>
Pearson Tip III Dağılımı (PE3)	0.128	<b>0.80</b>
Pareto Dağılım (GPA)	0.043	-2.13

Tablo 3.59’da görüleceği üzere Aşağı Çoruh havzasında Ekstrem Değer, Normal ve Pearson Tip III dağılımı  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  şartını sağlamıştır. Bu dağılımlar içerisinde 0 değerine en yakın olan Pearson Tip III dağılımı bölgesel frekans analizi için kullanılmıştır.

Uygun bulunan tüm dağılımlar ve Wakeby dağılımının bölgesel parametreleri ve çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerleri yine ana programdan Regtst.for alt programı çağrılarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.60. ve Tablo 3.61’de gösterilmiştir.

Tablo 3.60. Aşağı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlara göre bölgesel parametreler

Dağılımlar	Bölgesel Parametreler				
	$\xi$	$\alpha / \sigma$	$k$	$\gamma$	$\Delta$
Ekstrem Değer Dağılımı	0.852	0.285	0.061		
Normal Dağılım	0.956	0.322	-0.269		
Pearson Tip III Dağılımı	1.000	0.339		0.799	
Wakeby Dağılımı	0.196	14.398	36.337	0.570	-0.362

Tablo 3.61. Aşağı Çoruh havzası uygun bulunan dağılımlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler

Dağılımlar	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
Ekstrem Değer Dağılımı	0.957	1.262	1.450	1.675	1.833	1.981
Normal Dağılım	0.958	1.261	1.448	1.672	1.831	1.986
Pearson Tip III Dağılımı	0.957	1.265	1.451	1.670	1.823	1.969
Wakeby Dağılımı	0.944	1.287	1.481	1.671	1.779	1.862

Pearson Tip III dağılımının bölgesel frekans analizi için en uygun dağılım olduğu tespit edildikten sonra çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler Xsim.for programıyla hesaplanmıştır. Bunun için gözlemlenen değişim katsayıları yerine “Yapılan Çalışmalar” bölümünde Tablo 2.9’da verilen popülasyon değişim katsayıları kullanılmıştır.

Her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler Tablo 3.62’de verilmiştir.

Tablo 3.62. Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için çeşitli yineleme aralığına göre bulunan karakteristik değerler

İstasyon Adı	Pearson Tip III Dağılımı Parametreleri			Yineleme Aralıkları					
	$\xi$	$\alpha$	$\gamma$	2	5	10	25	50	100
				Karakteristik Değerler					
2306	1.000	0.341	0.799	0.955	1.266	1.455	1.679	1.836	1.985
2307	1.000	0.408	0.799	0.946	1.318	1.545	1.813	2.001	2.180
2315	1.000	0.323	0.799	0.957	1.252	1.432	1.644	1.793	1.935
2322	1.000	0.306	0.799	0.960	1.239	1.410	1.611	1.752	1.886
2326	1.000	0.367	0.799	0.952	1.287	1.491	1.732	1.901	2.062
2327	1.000	0.338	0.799	0.955	1.264	1.452	1.674	1.829	1.977
2328	1.000	0.349	0.799	0.954	1.272	1.466	1.695	1.856	2.008
2331	1.000	0.307	0.799	0.959	1.239	1.410	1.612	1.753	1.888
2332	1.000	0.286	0.799	0.962	1.223	1.383	1.570	1.702	1.827
2333	1.000	0.451	0.799	0.940	1.352	1.603	1.900	2.107	2.305
2334	1.000	0.305	0.799	0.960	1.238	1.408	1.608	1.748	1.882
2335	1.000	0.385	0.799	0.949	1.300	1.514	1.767	1.944	2.112
2339	1.000	0.270	0.799	0.964	1.211	1.361	1.539	1.663	1.782
<b>İstasyonların Ortalaması (Aritmetik Ortalama)</b>				0.955	1.266	1.456	1.680	1.837	1.987
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi (Harmonik Ortalama)</b>				0.955	1.265	1.453	1.675	1.830	1.977

Her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler ile o istasyonun aritmetik ortalaması çarpımıyla akım değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 3.63’te verilmiştir.



Tablo 3.63. Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı ile benzeşim yapılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre elde edilen akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2306	17.472	23.162	26.620	30.719	33.591	36.317
2307	30.402	42.357	49.652	58.265	64.307	70.060
2315	1050.892	1374.835	1572.495	1805.295	1968.913	2124.845
2322	870.389	1123.346	1278.384	1460.621	1588.460	1709.952
2326	75.348	101.862	118.008	137.083	150.459	163.201
2327	141.565	187.369	215.238	248.146	271.122	293.061
2328	49.307	65.742	75.769	87.605	95.926	103.782
2331	50.746	65.562	74.611	85.300	92.761	99.904
2332	1102.315	1401.383	1584.720	1798.996	1950.249	2093.481
2333	34.74	49.152	58.277	69.075	76.600	83.798
2334	169.449	218.518	248.525	283.827	308.538	332.190
2335	642.592	880.263	1025.167	1196.480	1316.331	1430.088
2339	109.457	137.502	154.534	174.745	188.824	202.336

Tablo 3.62'deki karakteristik değerlerin noktasal ve bölgesel olarak doğruluğu Monte Carlo benzeşimi yapılarak kontrol edilmiştir. Buna göre her bir istasyonun taraflılık, ortalama en küçük hata değerleri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.64'te, yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık, taraflılık, ortalama en küçük hata değeri ve güvenilirlik aralığı sınır değeri Tablo 3.65'de ve bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri Tablo 3.66'da verilmiştir.

Tablo 3.64. Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	2	5	10	25	50	100
<b>2306 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.008	0.002	-0.002	-0.006	-0.009	-0.012
<b>RMSE</b>	0.098	0.099	0.102	0.106	0.110	0.114
<b>0.050 P.T.</b>	0.855	0.850	0.850	0.845	0.843	0.825
<b>0.950 P.T.</b>	1.185	1.160	1.165	1.170	1.170	1.177
<b>2307 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.019	-0.036	-0.058	-0.078	-0.089	-0.097
<b>RMSE</b>	0.103	0.108	0.119	0.133	0.143	0.151
<b>0.050 P.T.</b>	0.863	0.802	0.775	0.750	0.735	0.723
<b>0.950 P.T.</b>	1.188	1.130	1.115	1.095	1.090	1.105
<b>2315 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.009	0.016	0.017	0.018	0.018	0.018
<b>RMSE</b>	0.056	0.063	0.070	0.080	0.087	0.093
<b>0.050 P.T.</b>	0.863	0.802	0.910	0.900	0.893	0.878
<b>0.950 P.T.</b>	1.085	1.135	1.152	1.170	1.165	1.188
<b>2322 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.004	0.025	0.032	0.037	0.040	0.042
<b>RMSE</b>	0.055	0.069	0.078	0.090	0.098	0.105
<b>0.050 P.T.</b>	0.913	0.925	0.920	0.917	0.915	0.913
<b>0.950 P.T.</b>	1.095	1.130	1.140	1.177	1.203	1.228
<b>2326 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.009	-0.017	-0.028	-0.039	-0.045	-0.051
<b>RMSE</b>	0.100	0.102	0.107	0.114	0.120	0.126
<b>0.050 P.T.</b>	0.860	0.833	0.825	0.790	0.780	0.770
<b>0.950 P.T.</b>	1.185	1.170	1.152	1.133	1.130	1.140
<b>2327 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.009	0.005	0.002	-0.001	-0.004	-0.006
<b>RMSE</b>	0.084	0.084	0.086	0.092	0.097	0.102
<b>0.050 P.T.</b>	0.895	0.892	0.877	0.865	0.855	0.848
<b>0.950 P.T.</b>	1.165	1.170	1.160	1.165	1.185	1.190

Tablo 3.64'ün devamı

<b>2328 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.001	-0.011	-0.017	-0.023	-0.027	-0.030
<b>RMSE</b>	0.081	0.088	0.094	0.103	0.109	0.115
<b>0.050 P.T.</b>	0.877	0.870	0.855	0.833	0.823	0.818
<b>0.950 P.T.</b>	1.155	1.140	1.150	1.180	1.198	1.210
<b>2331 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.004	0.024	0.030	0.036	0.038	0.040
<b>RMSE</b>	0.073	0.081	0.088	0.097	0.104	0.110
<b>0.050 P.T.</b>	0.910	0.905	0.900	0.895	0.890	0.885
<b>0.950 P.T.</b>	1.147	1.150	1.155	1.175	1.192	1.210
<b>2332 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.005	0.031	0.045	0.057	0.063	0.068
<b>RMSE</b>	0.113	0.124	0.134	0.145	0.153	0.160
<b>0.050 P.T.</b>	0.830	0.845	0.860	0.869	0.877	0.880
<b>0.950 P.T.</b>	1.230	1.290	1.330	1.340	1.340	1.335
<b>2333 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.011	-0.074	-0.106	-0.133	-0.148	-0.160
<b>RMSE</b>	0.152	0.156	0.170	0.186	0.197	0.206
<b>0.050 P.T.</b>	0.760	0.715	0.680	0.655	0.640	0.625
<b>0.950 P.T.</b>	1.280	1.157	1.115	1.080	1.070	1.055
<b>2334 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.001	0.020	0.027	0.033	0.036	0.038
<b>RMSE</b>	0.083	0.086	0.090	0.097	0.102	0.108
<b>0.050 P.T.</b>	0.890	0.907	0.915	0.910	0.910	0.907
<b>0.950 P.T.</b>	1.143	1.175	1.178	1.185	1.915	1.215
<b>2335 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	0.020	-0.019	-0.035	-0.059	-0.059	-0.066
<b>RMSE</b>	0.143	0.139	0.142	0.148	0.153	0.157
<b>0.050 P.T.</b>	0.830	0.803	0.790	0.770	0.762	0.750
<b>0.950 P.T.</b>	1.275	1.240	1.220	1.195	1.210	1.195
<b>2339 Nolu İstasyon Karakteristik Değerleri</b>						
<b>BIAS</b>	-0.009	0.039	0.058	0.075	0.085	0.092
<b>RMSE</b>	0.091	0.102	0.114	0.129	0.138	0.147
<b>0.050 P.T.</b>	0.855	0.880	0.895	0.915	0.935	0.925
<b>0.950 P.T.</b>	1.150	1.205	1.235	1.265	1.280	1.295

Tablo 3.65. Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

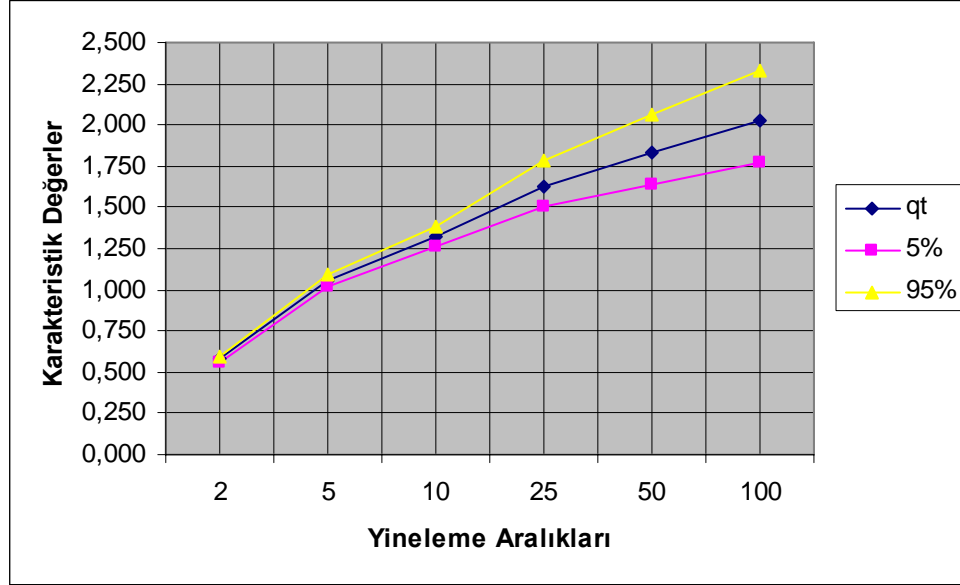
T	2	5	10	25	50	100
<b>Tüm İstasyonlar İçin Ortalama</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.008	0.024	0.035	0.045	0.051	0.055
<b>BIAS</b>	0.006	0.000	-0.003	-0.006	-0.008	-0.009
<b>RMSE</b>	0.095	0.100	0.107	0.117	0.124	0.130
<b>0.050 P.T.</b>	0.907	0.900	0.887	0.875	0.867	0.860
<b>0.950 P.T.</b>	1.135	1.115	1.125	1.155	1.155	1.145
<b>Bölgesel Büyüme Eğrisi</b>						
<b>ABS.BIAS</b>	0.006	0.024	0.035	0.045	0.051	0.056
<b>BIAS</b>	0.005	-0.001	-0.004	-0.007	-0.009	-0.011
<b>RMSE</b>	0.018	0.033	0.050	0.067	0.079	0.088
<b>0.050 P.T.</b>	0.970	0.965	0.940	0.922	0.910	0.893
<b>0.950 P.T.</b>	1.031	1.036	1.049	1.070	1.080	1.090

Tablo 3.66. Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılımı için yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	$q^F$	RMSE	HATA ARALIĞI	
0.50	2	0.955	0.018	0.926	0.985
0.80	5	1.264	0.033	1.220	1.310
0.90	10	1.452	0.050	1.385	1.545
0.96	25	1.674	0.067	1.565	1.815
0.98	50	1.830	0.079	1.694	2.011
0.99	100	1.978	0.088	1.815	2.216

Yukarıdaki tablolardan görülebileceği üzere mutlak değer taraflılık, taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri küçük çıkmıştır. Bu sebeple karakteristik değerlerin doğruluğu uygun olarak kabul edilmiştir.

Çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel büyüme eğrisi değerleri ve bu değerlere karşılık gelen sınır aralığı değerleri grafiği Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Aşağı Çoruh havzası %90 güvenirlilik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği

Diğer havzalarda olduğu gibi Aşağı Çoruh havzasında da gözlemlenen veriler kullanılarak çeşitli yineleme aralıklarına göre noktasal olarak akım değerleri de hesaplanmıştır. Bölgesel frekans analizinde Aşağı Çoruh havzası için en uygun dağılım olan Pearson Tip III dağılımı olarak bulunmuştur. Bunun için ana programdan PelPe3.for alt programı çağrılarak dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak QuaPe3.for çağrılması ile de akım değerleri hesaplanmış olup Tablo 3.67. ve Tablo 3.68'de verilmiştir.

Tablo 3.67. Aşağı Çoruh havzası Pearson Tip III dağılım parametreleri

İstasyon Adı	Pearson Tip III Dağılımı Parametreleri		
	$\xi$	$\sigma$	$\gamma$
2306	18.2958	7.2732	1.7611
2307	32.1375	13.4038	0.6421
2315	1098.1111	375.1090	1.4179
2322	906.6551	236.2449	0.6469

Tablo 3.67'nin devamı

2326	79.1471	30.9849	-0.6003
2327	148.2353	53.2480	0.9954
2328	51.6842	18.3275	0.7359
2331	52.9154	16.4342	0.2019
2332	1145.8571	301.6350	-0.4916
2333	36.3555	26.6670	4.0162
2334	176.5091	45.1073	-0.1332
2335	677.1250	276.2776	1.1696
2339	113.5440	26.1084	-0.9129

Tablo 3.68. Aşağı Çoruh havzası Pearson Tıp III dağılımı ile çeşitli yinelemeli akım değerleri

İstasyon Adı	Yineleme Aralığı (yıl)					
	2	5	10	25	50	100
2306	16.286	23.021	27.897	34.208	38.919	43.592
2307	30.712	42.801	49.971	58.284	64.030	69.454
2315	1012.589	1361.642	1599.302	1897.482	2115.561	2329.228
2322	881.345	1094.501	1221.028	1367.923	1469.319	1565.165
2326	82.230	105.706	116.336	126.497	132.446	137.400
2327	139.542	188.600	219.605	256.947	283.489	309.024
2328	49.452	66.097	76.138	87.908	96.168	103.892
2331	42.362	66.569	74.299	82.793	88.413	93.567
2332	1170.479	1404.187	1513.089	1619.622	1683.651	1737.366
2333	25.357	42.406	62.958	95.997	123.694	152.941
2334	177.510	214.734	233.634	253.372	265.894	277.007
2335	624.496	880.601	1047.518	1252.060	1399.249	1541.985
2339	117.463	135.837	143.425	150.139	153.789	156.634

#### 4. İRDELEME

Bu bölümde L-momentleri yöntemiyle Çoruh havzasının bölgesel frekans analizi yapılması sonucunda elde edilen bir takım veriler irdelenmiştir. Uygunluk testi sonucunda bir bölge için en uygun dağılımın belirlenip bu dağılımın benzeşimde kullanılarak elde edilen akım değerleri ile gerçek verilere göre noktasal olarak hesaplanan akım değerleri karşılaştırılmıştır.

Ayrıca Monte Carlo benzeşimi kullanılarak karakteristik değerlerinin doğrulukları kontrol edilmiştir. Karakteristik değerlerin doğruluklarını kontrol etmede kullanılan parametrelerden biri olan ortalama en küçük hata değerinin istasyon ve bölgesel bağlamda çeşitli yineleme aralıklarına göre eğilimi irdelenmiştir. Sonunda da bölgesel olarak çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan mutlak değer taraflılık (ABSBIAS) ve ortalama en küçük hata değerlerinin (RMSE) bölgeler arası değişimi de incelenmiştir. Çoruh havzası bir bütün olarak heterojen olduğu tespit edildiğinden irdeme yapılmamıştır. Buna göre bölümlere ayrılmış bölgelere göre yapılan irdemeler aşağıdaki alt bölümlerde verilmiştir.

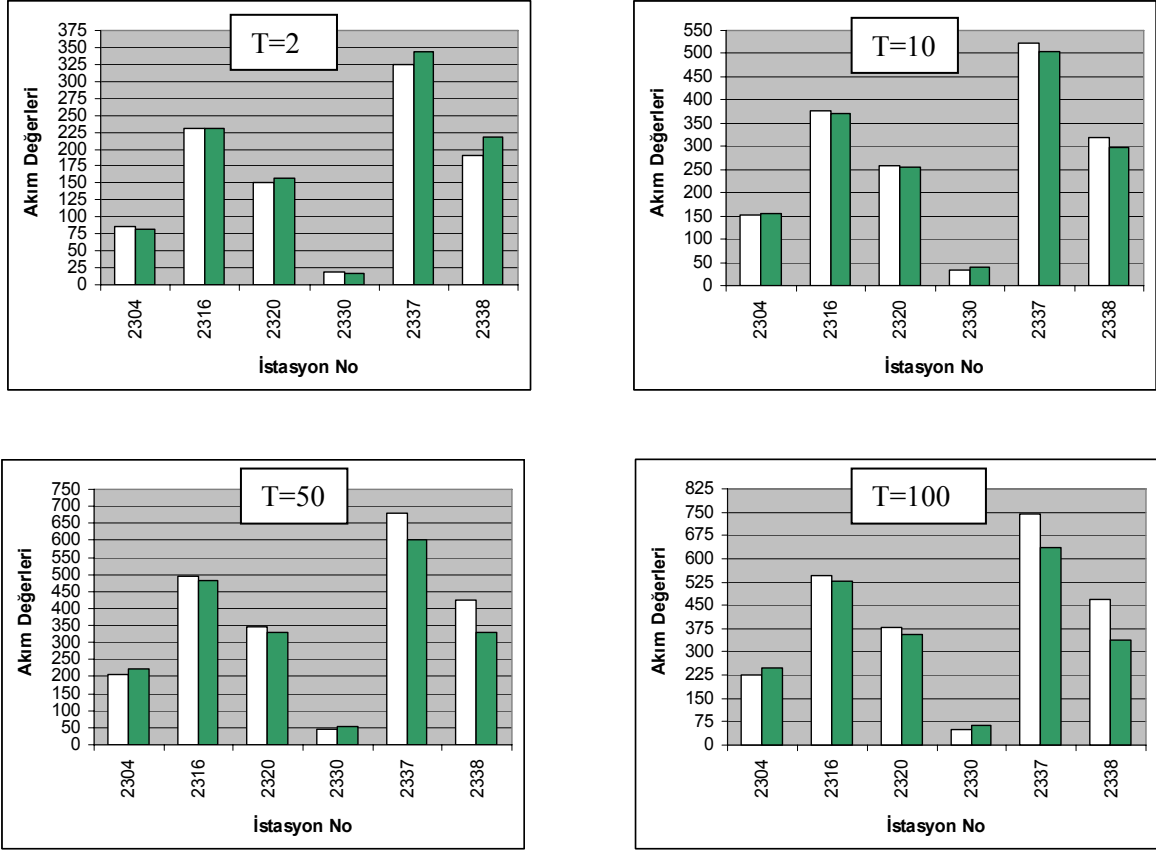
##### a) Yukarı Çoruh Havzası'nın İrdelenmesi

Yukarı Çoruh havzasında bölgesel frekans analizi için en uygun dağılımın Pearson Tip III dağılımı olduğu belirlenmiştir. Pearson Tip III dağılıma göre benzeşim yapılarak elde edilen akım değerleri Tablo 3.14'te gösterilmiştir. Ayrıca noktasal olarak gerçek verilere göre Pearson Tip III dağılımı için her bir istasyonun dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen akım değerleri hesaplanarak Tablo 3.18 ve Tablo 3.19'da verilmiştir.

Buna göre hesaplanan iki akım değerlerinin 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre karşılaştırılması Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

2304 ve 2330 nolu istasyonlar yineleme aralığı arttıkça benzeşim yapılarak elde edilen akım değerlerinin gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha az değerler aldıkları gözlenmiştir. 2316, 2320, 2337 ve 2338 nolu istasyonlarda ise benzeşim yapılarak elde edilen akım değerlerinin yineleme aralığı arttıkça gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha büyük değerler aldıkları gözlenmiştir. Ancak 2304, 2316 ve 2320 nolu istasyonlar için gerçek verilere göre bulunan akım değerleri ile benzeşim yapılarak elde edilen akım değerleri birbirine çok yakındır. Bu istasyonların ortak özelliği veri

uzunluklarının fazla olmasıdır. Veri uzunluğu arttıkça noktasal olarak yapılan analizlerin daha güvenilir değerler verdiği sonucuna varılmaktadır.



Şekil 4.1. Yukarı Çoruh havzası 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri

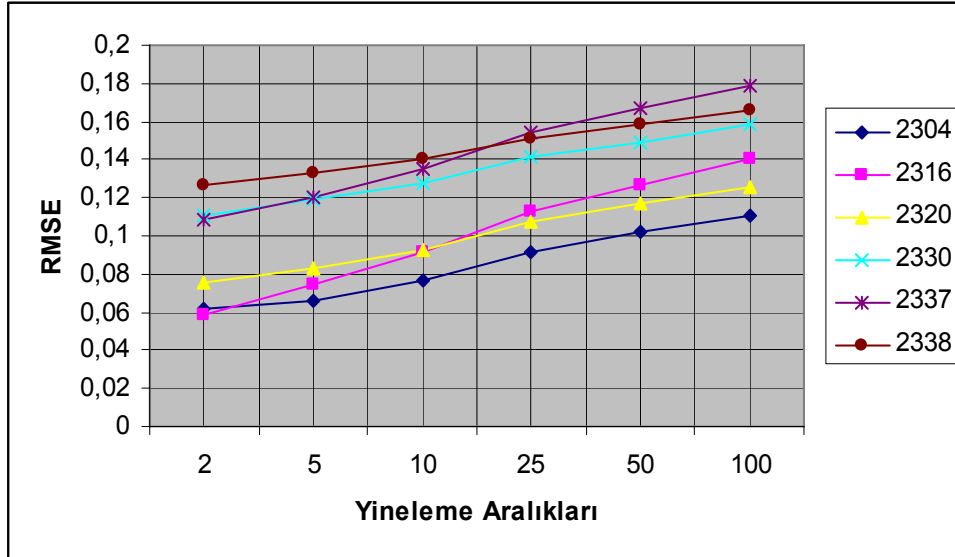
Ayrıca Yukarı Çoruh havzasında bulunan istasyonların Monte Carlo benzeşimi yapılarak hesaplanan ortalama en küçük hata değerleri irdelenmiştir Yukarı Çoruh havzasındaki istasyonların çeşitli yineleme aralıklarına göre ortalama en küçük hata değerleri (RMSE) Tablo 4.1’de verilmektedir.



Tablo 4.1. Yukarı Çoruh havzası çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri

İstasyon No	Yineleme Aralığı					
	2	5	10	25	50	100
2304	0.062	0.066	0.077	0.091	0.102	0.111
2316	0.059	0.075	0.092	0.113	0.127	0.140
2320	0.076	0.083	0.093	0.107	0.117	0.126
2330	0.111	0.119	0.128	0.141	0.149	0.158
2337	0.108	0.120	0.135	0.154	0.167	0.179
2338	0.127	0.133	0.140	0.151	0.159	0.166

Bu değerlerin her bir istasyona göre grafiksel gösterimleri de Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Yukarı Çoruh havzasında her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerlerinin grafiksel gösterimleri

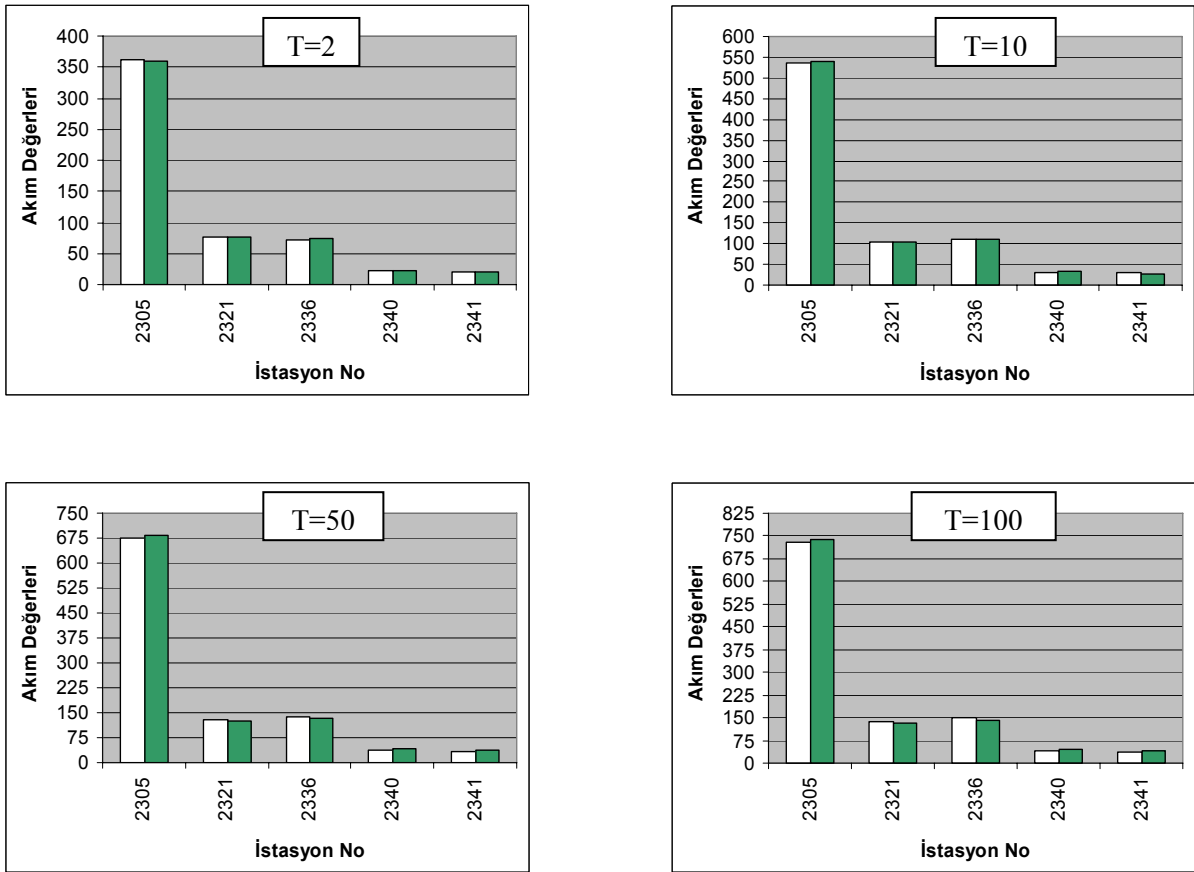
Yukarı Çoruh havzasında bulunan istasyonların ortalama en küçük hata değerleri irdelendiğinde en yüksek RMSE değerini 2337 nolu istasyon almaktadır (%18). Ancak tüm istasyonların ortalama en küçük hata değerleri %50 değerinin çok altında kalmıştır. Bu nedenle hesaplanmış karakteristik değerler doğru oldukları kabul edilmektedir.

Aynı şekilde veri uzunlukları fazla olan istasyonların ortalama en küçük hata değerlerinin veri uzunlukları az olan istasyonlara göre düşük olduğu Şekil 4.2’de de görülmektedir. Ayrıca tüm istasyonlar için yineleme aralıkları arttıkça ortalama hata değerleri yükseliş eğilimindedir.

### b) Yusufeli Bölgesi'nin İrdelenmesi

Yusufeli bölgesinde bölgesel frekans analizi için en uygun dağılımın Ekstrem Değer dağılımı olduğu belirlenmiştir. Ekstrem Değer dağılıma göre benzeşim yapılarak elde edilen akım değerleri Tablo 3.29'da gösterilmiştir. Ayrıca noktasal olarak gerçek verilere göre Ekstrem Değer dağılımı için her bir istasyonun dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen akım değerleri hesaplanarak Tablo 3.33 ve Tablo 3.34'te verilmiştir.

Buna göre hesaplanan iki akım değerlerinin 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre karşılaştırılması Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Yusufeli bölgesi 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri

2305 ve 2341 nolu istasyonlar yineleme aralığı arttıkça benzeşim yapılarak elde edilen akım değerlerinin gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha az değerler aldıkları gözlemlenmektedir. 2321, 2336 ve 2340 nolu istasyonlarda ise benzeşim yapılarak elde edilen

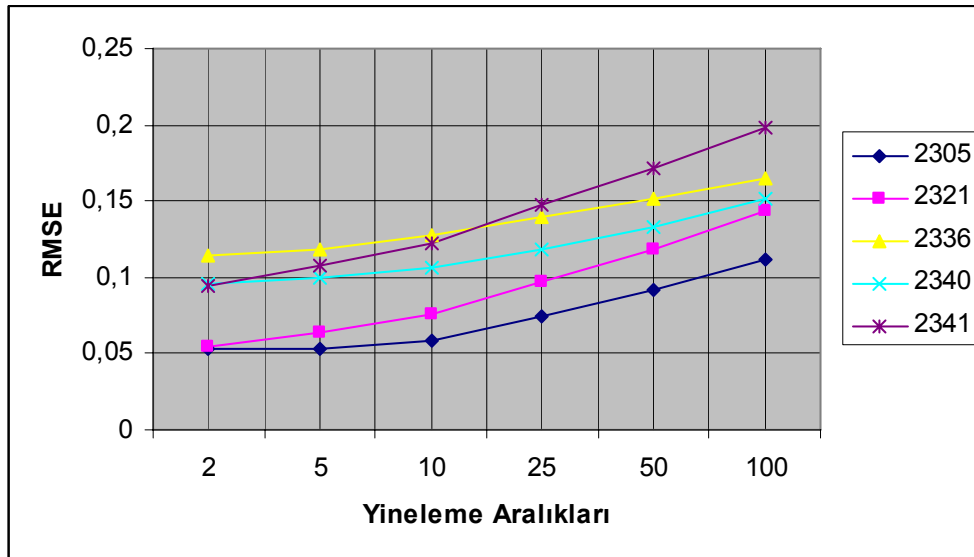
akım değerlerinin yineleme aralığı arttıkça gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha büyük değerler aldıkları gözlenmiştir.

Yukarı Çoruh havzasında olduğu gibi Yusufeli bölge içinde çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan ortalama en küçük hata değerleri irdelenmiştir Yusufeli bölgesindeki istasyonların çeşitli yineleme aralıklarına göre ortalama en küçük hata değerleri Tablo 4.2’de verilmektedir.

Tablo 4.2. Yusufeli bölgesi çeşitli yineleme aralıklarına göre ortalama en küçük hata değerleri

İstasyon No	Yineleme Aralığı					
	2	5	10	25	50	100
2305	0.053	0.053	0.059	0.075	0.092	0.112
2321	0.055	0.064	0.076	0.097	0.118	0.143
2336	0.115	0.119	0.127	0.139	0.151	0.165
2340	0.096	0.100	0.106	0.118	0.133	0.152
2341	0.095	0.108	0.123	0.148	0.171	0.198

Bu değerlerin her bir istasyona göre grafiksel gösterimleri Şekil 4.4’te verilmiştir.



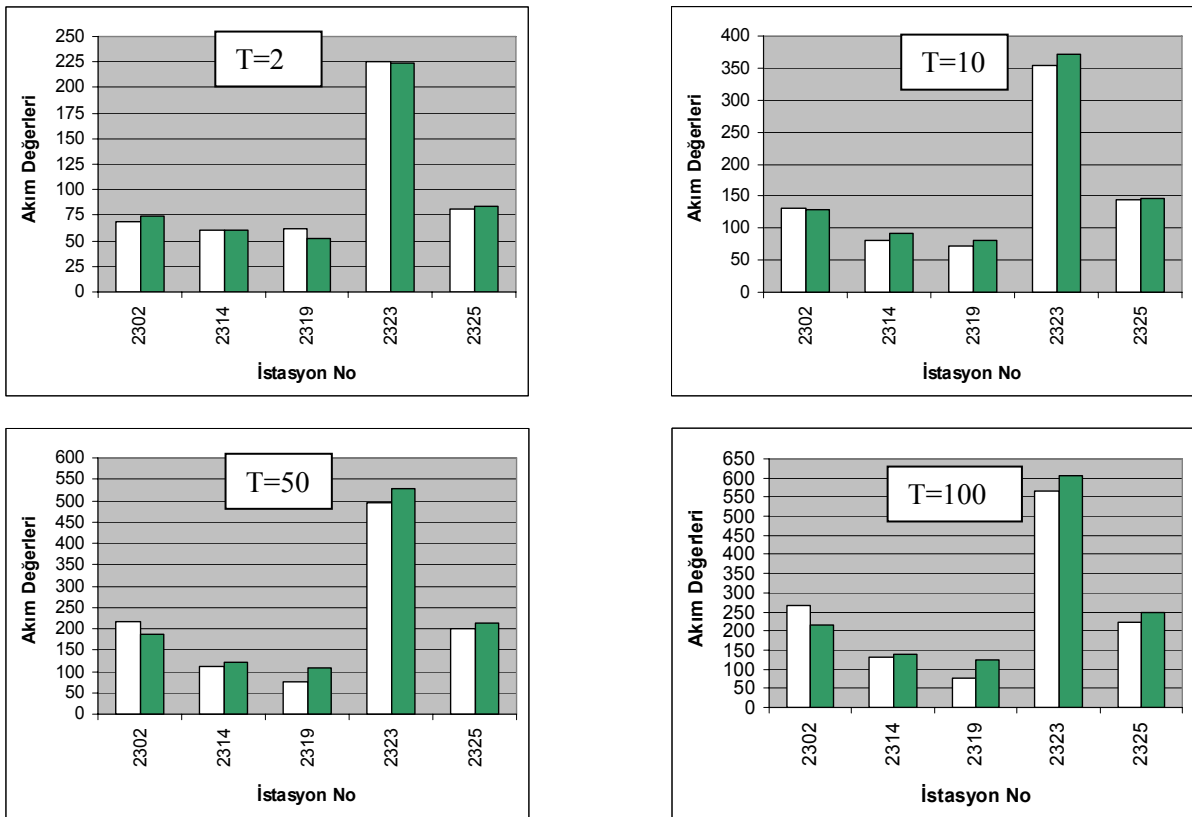
Şekil 4.4. Yusufeli bölgesinde her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerlerinin grafiksel gösterimleri

Yusufeli bölgesinde bulunan istasyonların ortalama en küçük hata değerlerine bakıldığında en yüksek değeri 2341 nolu istasyon almaktadır (%20). Veri uzunluğu az olan istasyonların akım ortalama en küçük hata değerinin fazla olduğu tablo ve grafiklerden anlaşılmaktadır. Ayrıca yineleme aralıkları arttıkça ortalama en küçük hata değerleri de artmaktadır. Ancak tüm istasyonların ortalama en küçük hata değerleri %50 değerinin altında kalmıştır. Bu nedenle hesaplanmış olan karakteristik değerler doğru oldukları kabul edilir.

### c) Oltu Çayı Bölgesi'nin İrdelenmesi

Oltu Çayı bölgesinde bölgesel frekans analizi için en uygun dağılımın Lojistik dağılım olduğu belirlenmiştir. Lojistik dağılıma göre benzeşim yapılarak elde edilen akım değerleri Tablo 3.48'de gösterilmiştir. Ayrıca noktasal olarak gerçek verilere göre Lojistik dağılımı için her bir istasyonun dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen akım değerleri hesaplanarak Tablo 3.52 ve Tablo 3.53'te verilmiştir.

Buna göre hesaplanan iki akım değerlerinin 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre karşılaştırılması Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Oltu Çayı bölgesi 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri

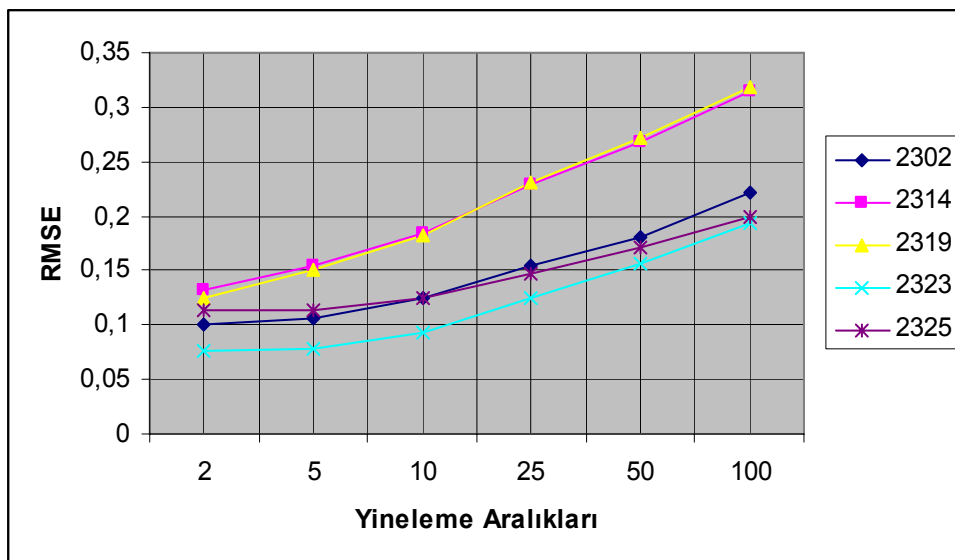
2302 nolu istasyon yineleme aralığı arttıkça benzeşim yapılarak elde edilen akım değerlerinin gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha az değerler aldıkları gözlenmiştir. 2314, 2319, 2323 ve 2325 nolu istasyonlarda ise benzeşim yapılarak elde edilen akım değerlerinin yineleme aralığı arttıkça gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha büyük değerler aldıkları görülmüştür. Ancak grafiklerden de görülebileceği üzere iki şekilde hesaplanan akım değerleri arasında büyük bir değişim yoktur.

Oltu Çayı bölgesinde de çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan ortalama en küçük hata değerleri irdelenmiştir. Tablo 4.3'de Oltu Çayı bölgesindeki istasyonların çeşitli yineleme aralıklarına göre ortalama en küçük hata değerleri (RMSE) verilmektedir.

Tablo 4.3. Oltu Çayı bölgesi çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri

İstasyon No	Yineleme Aralığı					
	2	5	10	25	50	100
2302	0.101	0.107	0.124	0.155	0.180	0.221
2314	0.132	0.155	0.184	0.229	0.269	0.314
2319	0.125	0.151	0.182	0.230	0.271	0.319
2323	0.076	0.078	0.093	0.124	0.156	0.193
2325	0.114	0.113	0.124	0.147	0.171	0.199

Bu değerlerin her bir istasyona göre grafiksel gösterimleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Oltu Çayı'nda her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri

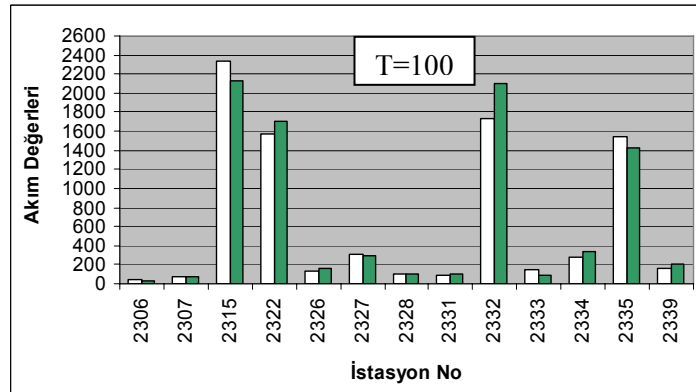
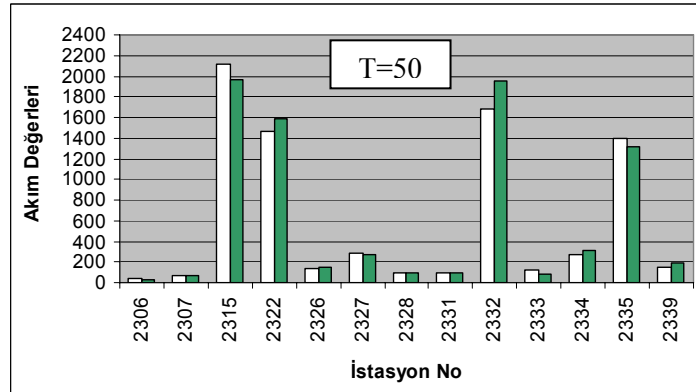
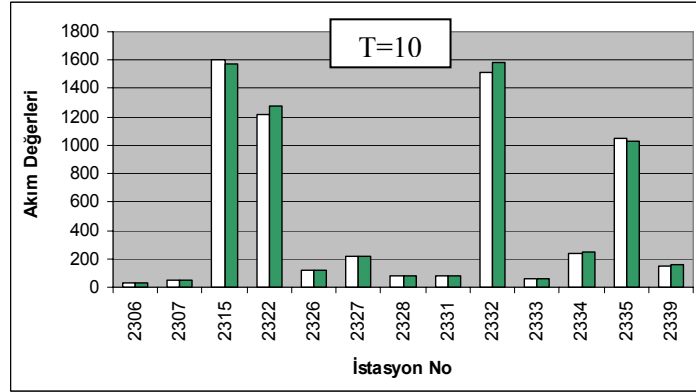
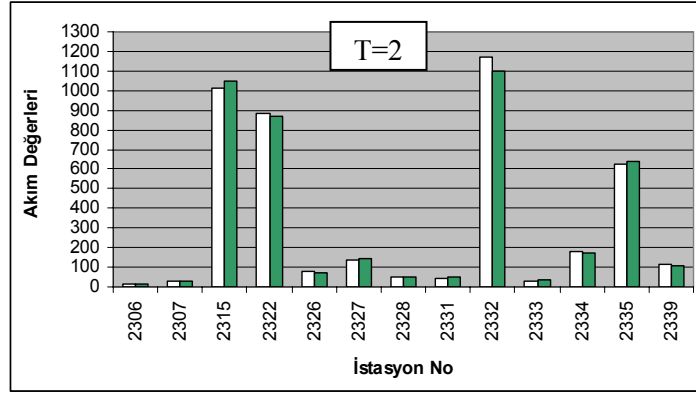
Oltu Çayı bölgesinde 2314 ve 2319 nolu istasyonların ortalama hata değerleri yineleme aralıkları arttıkça hızla yükselen bir eğilim çizmektedir. T=100 yineleme aralığında bu değer %30'lar mertebesine çıkmaktadır. Bu değerler %50 sınırının altında kabul edilse dahi hesaplanan karakteristik değerler diğer istasyonlara göre daha az hassasiyet gösterdiği anlamına gelmektedir.

d) Aşağı Çoruh Havzası'nın İrdelemesi

Aşağı Çoruh havzasında bölgesel frekans analizi için en uygun dağılımın Pearson Tip III dağılımı olduğu belirlenmiştir. Pearson Tip III dağılıma göre benzeşim yapılarak elde edilen akım değerleri Tablo 3.63'te gösterilmiştir. Ayrıca noktasal olarak gerçek verilere göre Pearson Tip III dağılımı için her bir istasyonun dağılım parametreleri ve bu parametreler kullanılarak çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen akım değerleri hesaplanarak Tablo 3.67. ve Tablo 3.68'de verilmiştir.

Buna göre hesaplanan iki akım değerlerinin 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre karşılaştırılması Şekil 4.7'de gösterilmektedir.

2306, 2315, 2327, 2328, 2331, 2333 ve 2335 nolu istasyon yineleme aralığı arttıkça benzeşim yapılarak elde edilen akım değerlerinin gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha az değerler aldıkları görülmüştür. 2307, 2322, 2326, 2332, 2334 ve 2339 nolu istasyonlarda ise benzeşim yapılarak elde edilen akım değerlerinin yineleme aralığı arttıkça gerçek verilerle elde edilen akım değerlerinden daha büyük değerler aldıkları gözlenmiştir.



Şekil 4.7. Aşağı Çoruh havzası 2, 10, 50, 100 yıl yineleme aralıklarına göre akım değerleri grafikleri

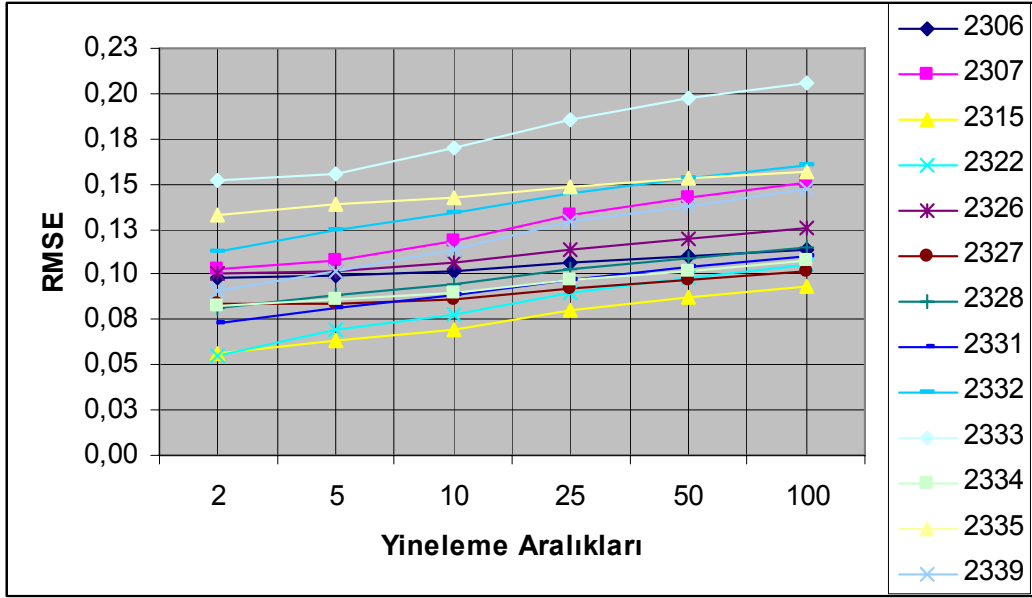
Aşağı Çoruh havzasında çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan ortalama en küçük hata değerleri de incelenmiştir. Çeşitli yineleme aralıklarına göre ortalama en küçük hata değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Aşağı Çoruh havzasında çeşitli yineleme aralıklarına göre RMSE değerleri

İstasyon No	Yineleme Aralığı					
	2	5	10	25	50	100
2306	0.098	0.099	0.102	0.106	0.110	0.114
2307	0.103	0.108	0.119	0.133	0.143	0.151
2315	0.056	0.063	0.070	0.080	0.087	0.093
2322	0.055	0.069	0.078	0.090	0.098	0.105
2326	0.100	0.102	0.107	0.114	0.120	0.126
2327	0.084	0.084	0.086	0.092	0.097	0.102
2328	0.081	0.088	0.094	0.103	0.109	0.115
2331	0.073	0.081	0.088	0.097	0.104	0.110
2332	0.113	0.124	0.134	0.145	0.153	0.160
2333	0.152	0.156	0.170	0.186	0.197	0.206
2334	0.083	0.086	0.090	0.097	0.102	0.108
2335	0.143	0.139	0.142	0.148	0.153	0.157
2339	0.091	0.102	0.114	0.129	0.138	0.147

Bu değerlerin her bir istasyona göre grafiksel gösterimleri aşağıda verilmiştir.





Şekil 4.8. Aşağı Çoruh havzasında her bir istasyon için yineleme aralıklarına göre RMSE değerlerinin grafiksel gösterimleri

Aşağı Çoruh havzasındaki tüm istasyonların ortalama en küçük hata değerleri düşük çıkmaktadır. Ortalama en küçük hata değeri en yüksek 2333 nolu istasyon çıkmıştır (%20). Ancak, yine de tüm istasyonlar için hesaplanmış olan karakteristik değerlerinin doğru olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu havza içerisinde bulunan istasyon sayısının fazla olması ortalama en küçük hata değerinin düşük çıkmasında bir etken olduğu sonucu çıkarılmıştır. Homojen bölgeler tanımlanırken mümkün olan en fazla istasyonun bu bölgelere dahil edilmesi ortalama en küçük hata değerini düşürmekte ve daha doğru karakteristik değerler elde edilmesini sağlamaktadır.

#### e) Bölgesel İrdeleme

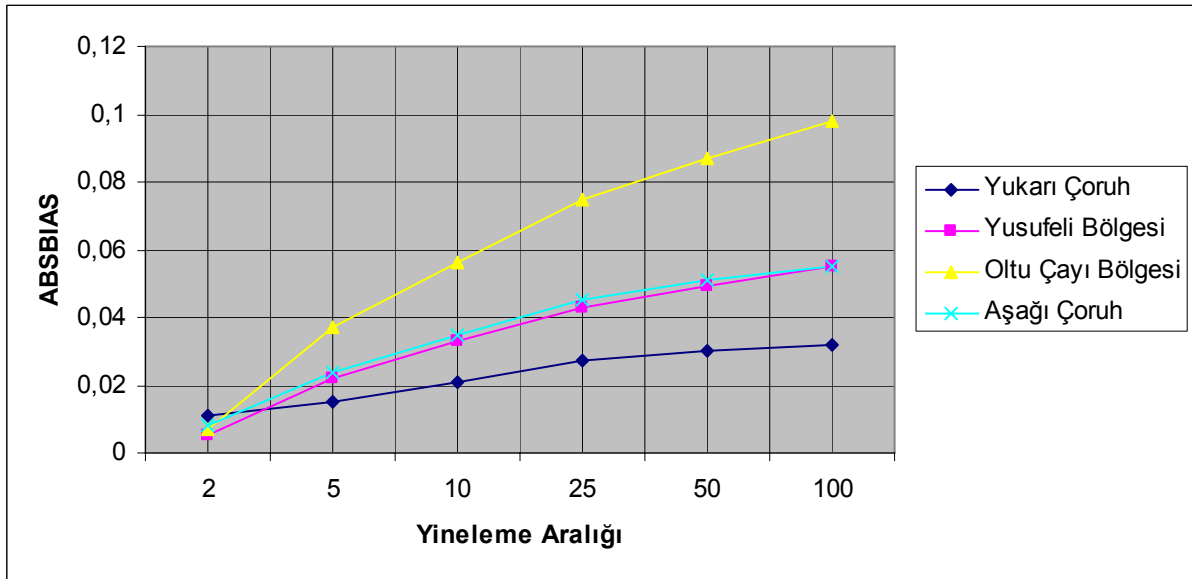
Bu bölümde mutlak değer taraflılık (ABSBIAS) ve ortalama en küçük hata değerlerinin çeşitli yineleme aralıklarına göre değişimlerinin bölgesel olarak irdelenmesi yapılmıştır.

Buna göre bölgelere göre mutlak değer taraflılık değerleri (ABSBIAS) Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre ABSBIAS değerleri

Bölge	Yineleme Aralığı					
	2	5	10	25	50	100
Yukarı Çoruh Havzası	0.011	0.015	0.021	0.027	0.030	0.032
Yusufeli Bölgesi	0.005	0.022	0.033	0.043	0.049	0.055
Oltu Çayı Bölgesi	0.007	0.037	0.056	0.075	0.087	0.098
Aşağı Çoruh Havzası	0.008	0.024	0.035	0.045	0.051	0.055

Tablo 4.5'ten de görüleceği üzere tüm bölgelerin mutlak değer taraflılık değerleri düşük seviyelerde kalmıştır. Ancak, Oltu Çayı bölgesinin mutlak değer taraflılık değerleri diğer bölgelere göre yüksek seviye kaldığı belirlenmiştir. Özellikle istasyon sayısı fazla olan bölgelerde mutlak değer taraflılık değerinin düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca her bölge için mutlak değer taraflılık değerlerinin grafiksel gösterimleri de Şekil 4.9'da verilmiştir.



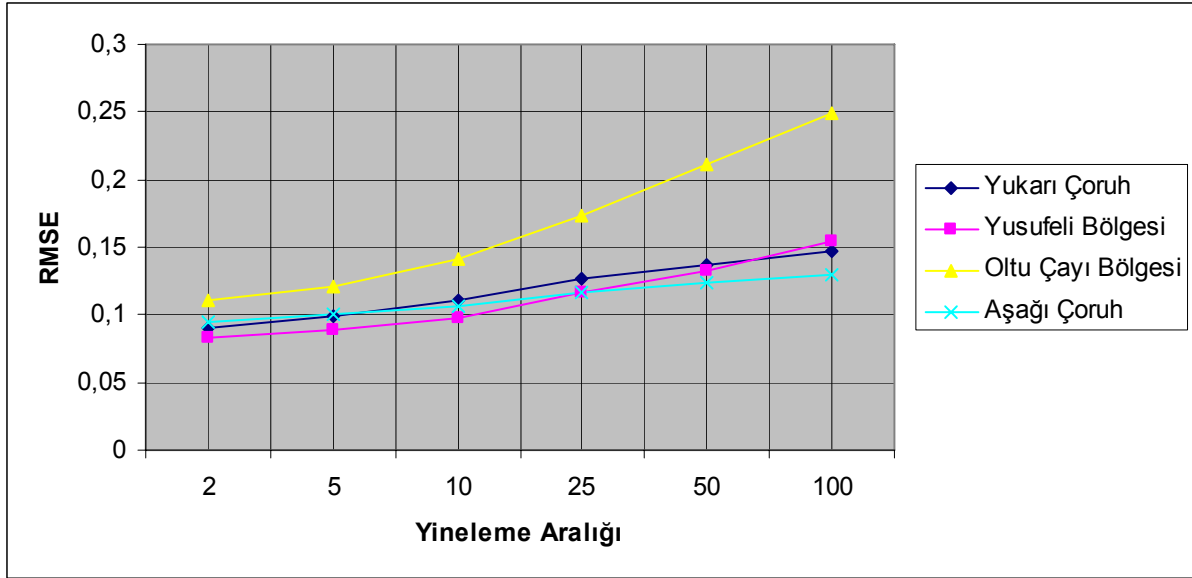
Şekil 4.9. Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre ABSBIAS değerleri

Ayrıca bölgelere göre bölgesel ortalama en küçük hata değerleri (RMSE) irdelenmiş olup her bölgenin çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel ortalama en küçük hata değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel RMSE değerleri

Bölge	Yineleme Aralığı					
	2	5	10	25	50	100
Yukarı Çoruh Havzası	0.090	0.099	0.111	0.126	0.137	0.147
Yusufeli Bölgesi	0.083	0.089	0.098	0.116	0.133	0.154
Oltu Çayı Bölgesi	0.110	0.121	0.141	0.173	0.211	0.249
Aşağı Çoruh Havzası	0.095	0.100	0.107	0.117	0.124	0.130

Her bölge için bölgesel ortalama en küçük hata değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Her bölge için çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel RMSE değerleri

Dört bölgede yapılan çalışmalardan ve grafikten de görülebileceği üzere bölgelerdeki istasyon sayısı arttıkça ortalama en küçük hata değerlerinin azaldığı gözlemlenilmektedir. Bu nedenle homojen bölge oluşturulurken mümkün olan en fazla istasyonun bölgenin içersine alınması hesapların doğruluğu açısından önem arz etmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada L-momentleri yöntemiyle Çoruh havzasının bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Çoruh havzası öncelikle bir bütün olarak düşünülmüştür. Ancak havzanın heterojen olduğu tespit edilmesi üzerine Çoruh havzası dört bölgeye ayrılarak bölgesel frekans analizi yapılmıştır.

Bu dört bölge için yapılan uyumsuzluk ölçüsü testleri sonucunda her bölge içerisinde yer alan istasyonların uyumlu oldukları tespit edilmiştir.

Bölgeler için yapılan heterojenlik testlerine göre Yukarı Çoruh, Yusufeli ve Aşağı Çoruh bölgelerinin homojen oldukları belirlenmiştir. Oltu Çayı bölgesi için yapılan heterojenlik testi sonucunda ise bölgenin heterojen olduğu tespit edilmiştir.

Oltu Çayı bölgesi içerisinde yer alan 2325 nolu akım gözlem istasyonununun 1987 yılı verisinin çıkarılması ile yeniden yapılan heterojenlik testine göre bölgenin homojen olduğu belirlenmiştir.

Yapılan uygunluk testine göre bölgeler için kullanılacak en uygun dağılımlar, Yukarı ve Aşağı Çoruh havzası için Pearson Tip III, Yusufeli bölgesi için Ekstrem Değer ve Oltu Çayı bölgesi içinde Lojistik dağılımlarıdır.

Bu dağılımlara göre her bir bölge içerisinde yer alan istasyonların çeşitli yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler ve akım değerleri hesaplanmıştır.

Bulunan bu karakteristik değerlerin doğrulukları Monte Carlo benzeşimi ile kontrol edilmiştir. Yukarı Çoruh, Yusufeli ve Aşağı Çoruh bölgelerinin taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri düşük düzeyde kaldıkları belirlenmiş ve karakteristik değerlerin doğru oldukları sonucuna varılmıştır.

Oltu Çayı bölgesinde ise hesaplanan ortalama en küçük hata değerlerinin diğer bölgelere göre daha yüksek değerler aldıkları belirlenmiştir. Bu değerler %50 sınır değerinden düşük olmakla beraber diğer bölgelere göre daha düşük doğrulukta oldukları sonucuna varılmıştır.

Tüm bölgeler için yineleme aralıkları arttıkça ortalama en küçük hata değerleri de artmaktadır.

Bölgesel olarak mutlak değer taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri irdelenmesi sonucunda istasyon sayısı fazla olan bölgelerin daha düşük değer aldıkları

tespit edilmiştir. Buna göre homojen bölgeler tanımlanırken mümkün olan en fazla istasyonun bölgelere dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Benzeşim yapılarak ve gözlemlenen verilerin irdelenmesi sonucunda veri uzunluğu fazla olan istasyonların daha güvenilir sonuçlar verdikleri belirlenmiştir.

## 6. ÖNERİLER

L-momentleri yöntemi ile yapılan bölgesel frekans analizleri son yıllarda sıkça kullanılmaya başlanan bir yöntemdir. Uzun ve yinelemeli hesaplar gerektirdiğinden bu yöntemde tüm işlemler bilgisayar programları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bilgisayar programlarının kodları yenilenmekte ve programlar sürekli olarak güncellenmektedir. Program kodları Fortran dilinde yazılmıştır. Günümüz görsel programlamalar ile program görsel hale getirilerek kullanıcılar için kullanımı kolay hale getirilebilir.

Programın son versiyonuna bölge oluşturma metotlarından bir tanesi olan kümeleme analizi (cluster analysis) dahil edilmiştir. Bu analiz kullanılarak homojen bölgeler oluşturularak bölgesel frekans analizi yapılması önerilmektedir.

Monte Carlo benzeşimi ile hesaplanan ortalama en küçük hata değerleri için sınır değeri %50 olarak verilmektedir. Bu değerın aşağıya çekilmesi ile hesaplanan karakteristik değerlerinin doğruluklarının daha hassas yapılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada benzeşim sayısı 500 olarak alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Benzeşim sayısının artması halinde daha doğru sonuçlar elde edileceği düşünüldüğünde benzeşim sayısı arttırılarak hesaplamalar tekrar yapılması önerilmektedir. Ayrıca bu çalışmada istasyonlar arası bağımlılık katsayısı 0.64 alınmıştır. Değişik katsayılar kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.

Bölgesel frekans dağılımı seçiminde 5 adet dağılım kullanılmaktadır. Amerika gibi bazı gelişmiş ülkelerde kullanımı yaygın olan log-Pearson Tip III dağılımı gibi logaritmik fonksiyonlu dağılımlar programa ilave edilmelidir.

## 7. KAYNAKLAR

- Adamowski, K., 2000. Regional Frequency Analysis of Annual Maximum and Partial Duration Flood Data by nonparametric and L-moment methods, Journal of Hydrology, 219-229.
- Apaydın, H., Anlı, A. ve Öztürk, F., 2006. Regional Flood Frequency Estimation for the Göksu River Basin through L-moments, International River Basin Management, Antalya, 2, 424-437
- Bayazıt, M., 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B., 1994. Mühendisler için İstatistik, 2.Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, M., 1995. Hidroloji, 6. Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Cunnane, C., 1988. Methods and Merits of Regional Frequency Analysis, Journal of Hydrology, 100, 269-290.
- Darlymple, T., 1960. Flood Frequency Methods, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1453, 11-51.
- EİE, 2007. Elektrik Etüt İdaresi Akım Değerleri Albümü, 583-618.
- Greenwood, J.A., Landwehr J.M., Matalas N.C. ve Wallis J.R., 1979. Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Distributions Expressible in Inverse Form, Water Resources Research, 15, 1049-1054
- Hosking, J.R.M., 1986. The theory of Probability Weighted Moments, Research Report RC12210, IBM Research Division, Yorktown Heights, Newyork
- Hosking, J.R.M. ve Wallis J.R., 1988. The effect of Intersite Dependence on Regional Flood Frequency Analysis, Water Resources Research, 24, 4, 588-600.
- Hosking, J.R.M., 1990. L-moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics, J. Royal Statistical Society, 52, 2, 105-124
- Hosking, J.R.M., 1991. Fortran Subroutines for use with the method of L- Moments. Research Report RC-17097, IBM Research Division, Yorktown Heights, Newyork.
- Hosking, J.R.M. ve Wallis J.R., 1993. Some Statistic Useful in Regional Frequency Analysis, Water Resources Research, 29, 2, 271-281.

- Hosking, J.R.M. 1994. The Four Parameter Kappa Distribution. IBM Journal of Research and Development 38,151-8.
- Hosking, J.R.M. ve Wallis J.R, 1997. Regional Frequency Analysis: An approach based on L-moments, IBM Research Division, Yorktown Heights, Newyork, Cambridge University Pres 224 s.
- Kumar, R. ve Chatterjee, C., 2005. Regional Flood Frequency Analysis Using L- moments for North Brahmaputra Region of India, Journal of Hydrological Enginnering, Ocak, Şubat 2005, 1-7.
- Lee, S. H. ve Maeng S.J. 2003. Frequency Analysis of Extreme Rainfall using L-moment, Irrigation and Dranaige 52, 219-230
- Maidment, D.R., Stedinger J.R., Vogel R.M. ve Georgiou E.F., 1993. Handbook of Hydrology, McGRAW-HILL Publications.
- McCuen, R., 1998. Hydrologic Analysis and Design, Civil Engineering Deparment, University of Maryland, Prentice Hall, New Jersey, 813 s.
- Norbiato, D., Barga M., Sangati M. ve Zanon F., 2007. Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in the Eastern Itilian Alps and the August 29, 2003 Flash Flood, Journal of Hydrology, 345, 149-166.
- Okur, A., 1999. Application of Regional Flood Frequency Analysis through Method of L-Moments, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pokhrel, J., 2002. Regional Flood Frequency Analysis for the Newfoundland Canada Using L-moments, Yüksek Lisans Tezi, Memorial University of Newfoundland, Kanada.
- Rao A. R. ve Hamed K.H. 2000. Flood Frequency Analysis, CRC Pres, Londra 385 s.
- Şorman, Ü. ve Okur, A., 2000. L- Momentler Tekniği Kullanılarak Bölgesel Frekans Analizinin Uygulanması, İMO Teknik Dergi, 2199-2216.
- Şorman, Ü., 2004. Bölgesel Frekans Analizlerindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadeniz'de Bir Uygulama, İMO Teknik Dergi, 3155-3169.
- Uraz, E., 1998. A Regional Frequency Analysis for Rainfalls Using Method of L-moments, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Viessman, W. ve Lewis G., 2003. Introduction to Hydrology, Pearson Education Inc., Upper Saddle River.
- Yevjevich, V., 1972. Probability and Statistic in Hydrology, Water Resources Publications, Colorado, 302 s.



Yürekli, K., Anlı, A. ve Öztürk, F., 2007. Standart Süreli Maksimum Yağmurların L-Moment Yaklaşımı ile Bölgesel Frekans Analizi, V. Ulusal Hidroloji Kongresi, Ankara, 229-237.

URL-1, <http://lib.stat.cmu.edu/general/lmoments>, Fortran Routines for Use with The L-moments, 14.04.2008

URL-2, <http://www.eie.gov.tr>, 11.03.2008

## 8. EKLER

Ek 1. Çoruh Havzasında Bulunan İstasyonların Yıllara Göre Akım Değerleri

Yıl	İSTASYON NO										
	2302	2304	2305	2306	2307	2314	2315	2316	2319	2320	2321
1940											
1941	122										
1942	227	169									
1943	65,3	72,0									
1944	166	201									
1945	64,1	61,0		12,4	20,1						
1946	76,3	61,0		26,7	53,2						
1947	28,5	37,2		9,95	13,8						
1948	83,7	65,4		33,2	49,7						
1949	80,5	61,0		13,8	22,5						
1950	66,5	63,2		19,3	35,0						
1951	58,6	50,4		15,5	12,4						
1952	66,5	80,0		18,8	42,0						
1953	77,0	65,4		16,4	35,0						
1954	84,5	102,0		24,1	56,0						
1955	60,5	21,0		14,7	28,2						
1956	43,2	76,0		14,7	31,4						
1957	52,8	69,8			29,0						
1958	43,2	62,1			23,9						

Ek 1'in devamı

<b>1959</b>	80,5				32,7						
<b>1960</b>	113,0				29,3						
<b>1961</b>	20,7										
<b>1962</b>	49,7	78,7									
<b>1963</b>	90,9	140	489			63					
<b>1964</b>	88	121	480			85,3					
<b>1965</b>	47,1	117	350			51,3	950	263			
<b>1966</b>	53,6	82,1	337			55,3	932	244			
<b>1967</b>		95,3	332			65,9	885	189			
<b>1968</b>	158	179	679				2431	449			
<b>1969</b>		173	395				1298	433			
<b>1970</b>		67,1	276				652	144	27,7	22,3	
<b>1971</b>		63,3	310				847	178	69,9	127	
<b>1972</b>		57,9	256				775	153	64,0	129	70,1
<b>1973</b>		44,8	238				786	147	47,2	80,1	89,0
<b>1974</b>		108,0	310				863	221	67,0	162	80,6
<b>1975</b>		66,0	241				775	165		192	69,8
<b>1976</b>		103,0	369				1097	285		151	86,0
<b>1977</b>		130,0	402				924	282		224	62,0
<b>1978</b>		97,7	412				1260	317		281	64,4
<b>1979</b>		67,5	247				655	157		116	80,1
<b>1980</b>		216,0	580				1139	416		328	66,1
<b>1981</b>		69,3	267				728	175		126	77,9

Ek 1'in devamı

<b>1982</b>		154	390				915	215		209	60,3
<b>1983</b>		26,0	205				594	135		69,3	54,8
<b>1984</b>		104,0	342				905	192		153	47,0
<b>1985</b>		70,5	264				815	232		179	61,6
<b>1986</b>		63,2	365				843	179		129	91,6
<b>1987</b>		139,0	574				1385	305		236	76,3
<b>1988</b>		126,0	523				1370	269		227	112,0
<b>1989</b>		58,4	334				1074	196		118	87,5
<b>1990</b>		105,0	595				1753	315		118	98,0
<b>1991</b>		77,2	470				1455	310		118	71,2
<b>1992</b>		95,0	352				1215	203		118	61,0
<b>1993</b>		120,0	460				1604	394		202	95,0
<b>1994</b>		68,7	201				974	121		76,4	61,0
<b>1995</b>		78,0	378				1051	228		181	87,5
<b>1996</b>		98,0	406				1000	255		199	55,8
<b>1997</b>		157,0	458				1560	333		231	112,0
<b>1998</b>		197,0	546				1334	360		282	81,3
<b>1999</b>		67,3	401				1482	270		164	122,0
<b>2000</b>		56,6	228				1206	146		108	83,0
<b>2001</b>			238								

Ek 1'in devamı

Yıl	İSTASYON NO										
	2322	2323	2325	2326	2327	2328	2330	2331	2332	2333	2334
1963		286									
1964											
1965		154									
1966		191									
1967		249									
1968		472									
1969		378									
1970		146									
1971		165									
1972	764	174									
1973	697	205									
1974	735	231	94,5								
1975	654	99,8	130								
1976	1018	227	146								
1977	866	220	157								
1978	970	295	140								
1979	577	230	134								
1980	1060	263	148								
1981	679	196	27,7								
1982	831	224	31,2	49,0	72,5	52,6	35,5				









## ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini 24 Şubat İlkokulunda, orta öğrenimini Cumhuriyet Ortaokulu'nda ve lise öğrenimini Trabzon Lisesi'nde tamamladı. 1993 yılında yüksek öğrenimine başladığı K.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 1997 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2004 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümünde ikinci üniversite öğrenimine başladı ve 2008 yılında bu bölümden mezun oldu. 2006–2007 eğitim-öğretim yılında yabancı dil sınavından muaf olarak K.T.Ü. Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı. 2000 yılının Temmuz ayından itibaren Devlet Su İşleri'nde, İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır. İngilizce ve Fransızca bilmektedir. Evlidir.