

Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadenizde Bir Uygulama

A. Ünal ŞORMAN*

ÖZ

Hidrolojik süreçler için toplanan verilerin rastgele (random) özellik göstermelerinden dolayı probabilistik bir yaklaşımla analiz edilirler. Bu sebeple de istatistiksel yaklaşım hidrolojide frekans analiz çalışmalarında gerçek araç olarak kullanılır.

Bu bildiri ile klasik parametre tahmin yöntemleri (momentler yöntemi, maksimum olabilirlik yöntemi), olasılık ağırlıklı momentler yöntemi (Probability Weighted Moments, PWM) ile karşılaştırılacak ve bu karşılaştırmaya uygunluk testleri de dahil edilecektir.

L-momentler yöntemi ile bulunacak noktasal dağılım parametreleri ile 4 ve 5 parametrelilik dağılım fonksiyonları bu çalışmada denenecek ve Batı Karadeniz'deki akım verileri ile örneklenecektir. Daha sonra bölgesel frekans analiz çalışmasına geçilerek bölge büyüme oranları (hem istasyon bazında, hem de ağırlıklı olarak bölge bazında) bulunacaktır. Her bir ölçüm noktasının ve tüm noktaların ortalama en küçük hata değerleri (rmse) hesap edilerek güven aralıkları araştırılacaktır. Bölgeselleştirme ve mevcut kaydedici istasyonlar arası korelasyon katsayısı, sayıları ve kayıt süreleri de bu çalışmada hesaba katılmış olacaktır.

Anahtar kelimeler: Bölgesel frekans, L-Moment, Batı Karadeniz Filyos Havzası

ABSTRACT

The Recent Techniques In Regional Frequency Analysis With Application In Western Black-Sea

The hydrologic processes are analysed by probabilistic methods due to their random characteristics. These approaches are real tools used in hydrology for frequency analysis.

In this paper, the classical parameter estimation methods (method of moments, maximum likelihood procedure) will be compared with the probabilistic weighted moment technique (PWM) including the goodness of fit tests.

The L-moment procedure is used for the point frequency analysis of streamflow records considering frequency distribution functions with four to five parameters and applied to the streamflow data in Western Black-Sea region. The regional frequency analysis is also discussed using regional and point growth rate ratios. The root mean square errors (rmse) are determined at a site and for all the data points in a regional scale including the

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 31.05.2002 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2004 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Ankara – sorman@metu.edu.tr

confidence intervals. Such an approach uses the cross correlation value among the existing monitoring stations, their numbers and record lengths.

Key words: Regional frequency, L-moment, Western Black- Sea Filyos Basin

1. NOKTA VE BÖLGESEL FREKANS ANALİZİNE GENEL BAKIŞ

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

Ölçüm noktasındaki veriler rastgele örneklemeler (random sample) olup ait oldukları toplum (population) dağılım fonksiyonları bilinmemektedir.

Bu sebeple örnekleme noktalarına uygun toplum dağılım fonksiyonları ile yapılan tahmin değerleri sınırlı olmaktadır. Bunun sebepleri; ölçüm nokta değerlerinin kısıtlı olması ve bunun sonucunda da örnekleme hatalarının yüksek olmasıdır.

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

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

Bu analizler için kullanılan yöntemler :

- Momentler yöntemi
- Maksimum olabirlik yöntemi
- Olasılık Ağırlıklı moment (PWM) / L-Moment yöntemi (L-Moment) dir.

Bölgesel frekans analiz çalışmalarında ister index yöntemi isterse L-momentler metodu olsun aşağıdaki adımlar takip edilir [1] ve [2].

- 1) Boyutsuz (Q_T / \bar{Q}) oranına karşı frekans (T) değerleri arasındaki ilişki araştırılır. Bunun için :
 - a) Nokta bazındaki boyutsuz (Q_T / \bar{Q}) tahmin değerlerinin bölgesel ortalaması alınır.
 - b) Boyutsuz momentlerin (değişim katsayısı, C_v veya çarpıklık katsayısı, C_s) bölgesel ortalaması bulunur.
 - c) Regresyon-olasılık yaklaşımı ile (ister grafiksel isterse sayısal olsun) dağılım fonksiyonu uyarlanır ve herbir ölçüm noktasındaki boyutsuz $x_i = Q_i / \bar{Q}$ oranlarının bölgesel ortalaması “veri uzunlukları ile orantılı olarak” alınır.
 - d) İstasyon-yıl yaklaşımı kullanılarak tek bir örnekleme gibi boyutsuz Q_T / \bar{Q} değerleri çıkarılır

- e) Olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ile boyutsuz bölge ortalamaları hesaplanır. Homojen havzalarda, frekans dağılımlarının N sayıdaki istasyon için aynı fakat noktaya özel ölçek faktörü ile değiştiği varsayılır. Bu nedenle de i istasyonun F olasılığına karşı gelen değer $Q_i(F) = \mu_i q(F)$ olarak ifade edilebilir. Burada $\mu_i = Q_i$ (index taşkın), $q(F)$ ise her bir istasyon için aynı olan boyutsuz çeşitli tekerrürlü (kuantile) fonksiyonunu belirler ve bölgesel gelişme eğrisi olarak adlandırılır.
2. $\bar{Q} = Q_{T=2.33}$ değerleri bölge bazında ve havza karakteristikleri (alan, eğim, morfoloji, klimatoloji) kullanılarak çok değişkenli regresyon analizleri ile " X_T " = Q_T/Q oranlarından yararlanılarak Q_T bulunur. Buradaki \bar{Q} değerleri hesaplanırken herhangi bir dağılım fonksiyonunun ortalaması hesaplanır.

2. OLASILIK AĞIRLIKLI MOMENTLER (PWM) VE L-MOMENTLER YÖNTEMİ İLE BÖLGESEL FREKANS ANALİZİ

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

L-momentler, sıralanmış verilerden elde edilen olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal (linear) bileşimidir ve adını da buradan alır. Bu nedenle L-momentler, çarpım momentlerinde olduğu gibi verilerin karesinin ve kübünün alınmasını gerektirmezler. Bu sayede, çarpım momentleri yöntemi ile elde edilmiş çarpıklık ve varyans katsayıları fazla taraflı ve küçük örneklerde fazla değişken iken aynı L-momentler hemen tarafsızdır ve yaklaşık normal dağılıma sahiptir. Hidrolojik uygulamaların büyük bir bölümünde L-momentler hidrolojik verilerin özelliklerini ve bir dağılımın parametrelerini basit ve etkin bir biçimde ortaya koyarlar. Bu konuda daha fazla bilgi kaynak [2]' den elde edilebilir.

2.1 Güncel Yaklaşım

Bu metodun uygulanması için aşağıda sıralanan hususlar aranır:

1. Frekans analizi yansız ve robust olmalıdır. Bunun anlamı: Bir modelleme yönteminin robust olabilmesi için yöntemin gerçek fiziksel sürecin modelin kabullerinden farklılaşma göstermesi durumunda bile tahmin edilen değer (Q_T) gerçekten çok fazla ayrılmaması (randımanı iyi ve oldukça tarafsız) olmasıdır. Aksi halde Q_T nin bulunmasındaki yöntem ile zayıf tahmin yapılıyorsa bunun robust olamayacağı anlaşılmalıdır.
2. Frekans analiz yöntemi simulasyon'a dayandırılmalıdır.
3. Bölgeselleştirmenin önemli ölçüde bu tür çalışmada katkısı vardır.
4. Bölgelerin Coğrafik baza dayandırılma zorunluluğu yoktur.
5. Frekans dağılımlarının tipi klasik dağılımlar olmayabilir.
6. L-moment istatistik parametreleri dağılımın geniş bir alanını kapsar ve taraflı olma özelliği azdır.

2.2 Olasılık Ağırlıklı Momentler (PWM)

Ortalama, varyans ve çarpıklık katsayılarının $E(X)$, $E(X^2)$, $E(X^3)$ momentlerinin fonksiyonları olması gibi L-momentleride olasılık ağırlıklı momentlerin fonksiyonudur. Momentler şu şekilde tanımlanır [2].

$$\beta_r = E \{X [F(X)]^r\}, \quad r = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Bu denklemde x istatistiksel veri, $F(X)$ ise X 'in eklenik dağılım fonksiyonudur (cdf). Olasılık ağırlıklı moment, X verisinin $F(X)$ eklenik dağılım fonksiyonunun kuvvetleri ile çarpımına eşittir. Burada $F(X)$ fonksiyonu değişik r değerleri için X 'in değişik ağırlıkta alındığı olasılık fonksiyonunu temsil etmektedir. $r = 0$ değeri için elde edilen β_0 değeri toplum ortalamasına eşittir. Olasılık ağırlıklı momentlerin örnekten elde edilmesi için

n adet veri $X(1)$ en küçük, $X(n)$ en büyük olacak şekilde küçükten büyüğe doğru dizilir; $X(1) < X(2) < \dots < X(n)$. Toplum olasılık ağırlıklı momentini olan β_r 'in örnek tahmini olan b_r 'nin denklemi aşağıdaki gibidir.

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i [F(X_{(i)})]^r \quad (2)$$

Burada $F(X)$ noktalama pozisyonunu (plotting position) gösteren bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun genel hali 3 nolu eşitlik ile tanımlanır.

$$F(X)_{(i)} = \frac{i - A}{n - B} \quad B > A > -1 \quad (3)$$

A ve B parametrelerinin sıfır alınması tarafsız olasılık ağırlıklı momentlerini verir. Tarafsız olasılık ağırlıklı momentler L-moment diagramlarında ve tarafsızlığın önemli olduğu bölgeselleştirme uygulamalarında kullanılabilir. A ve B parametrelerinin sıfır olması yukarıdaki formülün tarafsız olasılık ağırlıklı momentler için şu şekilde genelleştirilmesine imkan sağlamaktadır.

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-r} \frac{\binom{n-i}{r} X_{(i)}}{\binom{n-1}{r}} \quad (4)$$

Belirli dağılımlar için özellikle önerilen A ve B parametreleri olduğu için A ve B 'nin sıfırdan farklı olduğu bu değerler kullanılarak taraflı olasılık ağırlıklı momentleri elde edilir. Bu momentler kullanılarak noktasal frekans analizi yapılır. Bu momentler taraflı olmasına rağmen tarafsız olanlara göre daha düşük hata değeri verirler. Hata değeri, hata karelerinin ortalamasının karekökü (rmse) ile hesaplanmaktadır. Cunnane, [3] tarafından

yapılan bir çalışmada, bölgesel olasılık ağırlıklı momentler algoritmasının 12 ayrı bölge frekans analiz metodlarının en iyisi olduğu söylenmiştir.

L-momentler

Olasılık ağırlıklı momentler elde edildikten sonra L-momentlerini bulmak kolaydır. λ ile sembolize edilen L-momentlerin ilk dördünün bulunuşu aşağıda verilmiştir. Daha geniş bilgi [2] ve [4] de yayınlanan referanslarda mevcuttur.

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= \beta_0 & \lambda_3 &= 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \\ \lambda_2 &= 2\beta_1 - \beta_0 & \lambda_4 &= 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0\end{aligned}\tag{5}$$

2.3 Bölgeselleştirme

Hidrolojide frekans analizi çalışmaları zordur çünkü bir istasyonda görülebilecek ekstrem bir olayın frekansını belirlemek için yeterli veri nadiren bulunabilir. Hatta bazı istasyonlar için hiç veri olmayabilir. Bu nedenle o istasyonun etrafındaki istasyonları da kullanarak bölgesel frekans analizi yapmak daha yararlı olur.

Bölgeselleştirmede tek bir istasyonun verilerinden daha fazla veri kullanıldığı için elde edilen sonuçların daha doğru olması beklenir. Bir bölgesel frekans analiz yöntemi olan gösterge index taşkın yöntemi (index-flood method) (ilk defa akım verilerine uygulandığı için bu ismi almıştır) bölge olarak kabul edilen istasyonlardaki frekans dağılımlarının o istasyona ait olan belirli bir ölçek faktörü dışında aynı olması prensibidir. Yapılan çalışmalar bölgenin biraz heterojen olduğu durumlarda bile bölgesel frekans analizinin noktasal frekans analizinden daha iyi sonuçlar verdiğini kanıtlamıştır.

Bölge olarak kabul edilen istasyonlara ait olan homojen havzaların, coğrafik olarak bitişik olmaları gerekmez çünkü coğrafik yakınlık istasyonlardaki frekans dağılımının aynı olmasını gerektirmez. Bu durum bölgesel frekans analizi için büyük avantajlar sağlar ve istasyonlar coğrafi yakınlık koşulu olmaksızın bir bölge olarak kabul edilebilirler. Bu durumun bir diğer avantajı da istasyonlar arasındaki korelasyonu azaltmasıdır.

Herhangi bir frekans analiz yönteminin özelliklerinin anlaşılmasında ve yöntemlerin karşılaştırılmasında simülasyon kullanılabilir. Burada bölgesel frekans analizinde Monte Carlo simülasyon tekniği kullanılmıştır. Doğal olaylarda verileri oluşturan mekanizmalar tam olarak bilinmediği için simülasyon kullanılarak elde edilen yeni veriler gerçek verilerden bir parça sapsada bu sapma kabul edilebilir düzeydedir. Simule edilmiş veriler gözlenmiş değerlerle aynı istatistiksel özelliklere sahip olacak şekilde yaratılır ve öngörülen modelleme yönteminin yeterliliğinin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu amaçla simule edilmiş veri kullanılmasının avantajı frekans dağılımının gerçek tekerrür değerleri bilindiğinden modelleme yönteminin (bölgesel frekans analizinin) gerçek davranışının değerlendirilmesini sağlaması özelliğidir.

2.3.1 Gösterge Taşkın Yöntemi (Index Flood Method)

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

Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadenizde Bir Uygulama

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

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

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

Gösterge taşkın yönteminin varsayımları şunlardır:

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

Bölgesel taşkın frekans analizi çalışmalarında takip edilecek yöntem :

- 1) Verilerin derlenerek incelenmesi, verilerdeki büyük hataların ve tutarsızlıkların giderilmesi ve zaman içinde var olan değişimlerden dolayı verilerin istatistiksel karakterinin değişip değişmediğinin araştırılması.
- 2) Homojen bölgelerin saptanması, uygun olmayan istasyonların çıkarılması, iki bölgenin birleştirilmesi veya bu bölgenin alt bölgelere ayrılması.
- 3) İstatistiksel dağılımın seçilmesi, bu aşamada veriler, 4 parametrelili Kappa ve 5 parametrelili Wakeby dağılımı kullanılarak simule edilmesi. Kappa ve Wakeby dağılımlarının kullanılmasının başlıca nedenleri ana frekans dağılım tiplerinin özelliklerinden kaynaklanır. Genel lojistik, ekstrem ve pareto dağılımlarının özel bir halidir. τ_3 ve τ_4 değerlerinin bilinmesi durumunda birçok dağılımı temsil edebilmektedirler. Ayrıca Wakeby 5 parametrelili olması nedeniyle serbest parametre sayısı fazladır ve uç dağılımının geniş bir aralığını ifade eder. Elde edilen sonuçlarla seçilen dağılımın gözlenmiş değerlere uyarlanması ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak dağılımın uygunluğuna karar verilir.
- 4) Seçilen dağılım parametrelerinin istasyonların gözlem değerlerinin uzunluğuna göre ağırlıklı ortalaması kullanılarak bulunması.

2.3.2 Bölgesel L-moment Algoritmasında Takip Edilen Yol

1. Her bir istasyon için örnekleme ortalaması (I_1^i) ve L-moment ortalamaları $t^{(i)}$, $t_3^{(i)}$, $t_4^{(i)}$ bulunur ve bu değerlere bağlı olarak N adet gözlem istasyonu için bölgesel ortalama L-moment oranları (t^R , t_r^R vb) tayin edilir:

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (6)$$

2. Bölgesel ortalamayı $I_1^R = 1$ olarak

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

3. Bölgesel kitle (λ_i ve τ_i) ve örnekleme L-moment oranları (I_1^R, t_1^R) yazılır.

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= I_1^R \\ \tau &= t^R \\ \tau_3 &= t_3^R \end{aligned} \quad (7)$$

4. Aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak bölgesel boyutsuz gelişme eğrileri bulunur.

$$Q_i(F) = I_1^{(i)} q(F; I_1^R, t^R, t_3^R, t_4^R) \quad (8)$$

Bu konu hakkında daha açıklayıcı bilgiler referans [2] de mevcuttur.

3. NOKTA/BÖLGE FREKANS ANALİZ ÇALIŞMALARINI İLE İLGİLİ UYGULAMALAR

3.1 Rasat Süresinin Etkisi

Filyos ve Bartın havzalarını kapsayan Batı Karadeniz bölgesinde seçilmiş uzun rasatlı akım gözlem istasyonlarının anlık maksimum akımlarına noktasal ve bölgesel frekans analizi uygulanmıştır. Bu bölgedeki rasat istasyonları 1963-98 yılları arasında değişen kayıt sürelerine sahiptir.

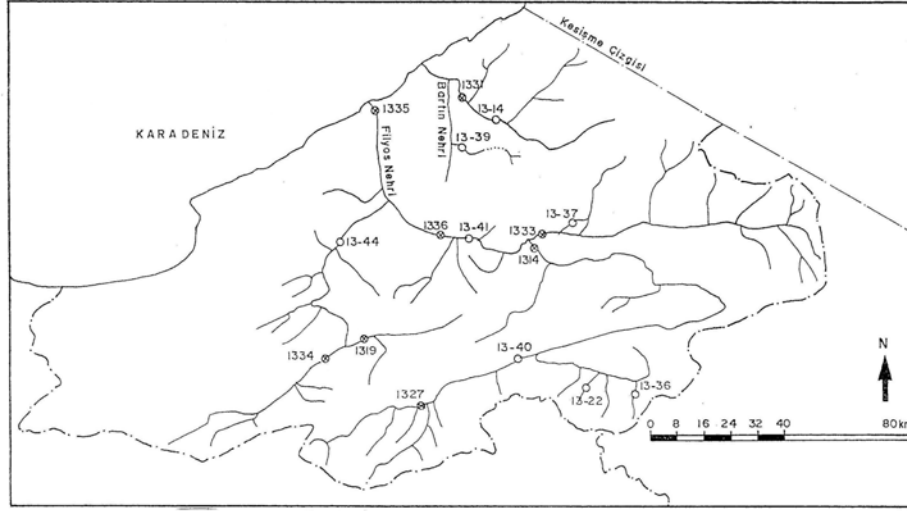
1990 yılı itibarı ile Batı Karadeniz bölgesindeki 16 akım ölçüm istasyonunun (Bkz. Şekil 1) gözlem parametreleri ve L-Moment oranları L-Moment programı takip edilerek hesaplanmıştır [5]. REGTEST alt programı aracılığı ile ortalama, $L-C_v$, (değişim), $L-C_s$ (çarpıklık) ve $L-C_k$ (sivrilik) değerleri ve bunların ağırlıklı ortalamaları hesaplatılmış ve her bir istasyon için düzensizlik ölçüsü $D(I)$, bölgenin heterojenlik ölçüsü (H) ve aday dağılımların her biri için dağılımın uygunluğu ölçüsü $Z(I)$ hesaplatılmıştır.

Dağılım tipleri ve bunlara ait ölçüm değerlerinin tartışmalarına geniş olarak [6] da yer verilmiştir. En uzun taşkın örneklerine uyan dağılım fonksiyonları ise [7] tarafından ele alınmıştır. Diskortant denilen düzensizlik ölçüsü (D) , τ_3 ile τ arasındaki ilişkide bir istasyonun diğer noktalarla olan uyumsuzluğunu veya bölgeden kaldırılmasını belirler; heterojenlik ölçüsü (H) ise simulasyon değerlerinin ortalama ve standart sapması ile standardize edilmiş halidir ve birden küçük olması kabul edilebilir homojenliği gösterir.

Diğer taraftan her bir dağılımın uygunluk ölçüsü olarak kullanılan Z parametresi ise τ_4 (L -sivrilik) değerlerinin bölgesel ortalama sivrilik değerlerinden olan farklılaşmalarının bir ölçüsüdür ve 1.64 den küçük olması aranır. Genelleştirilmiş Pareto dağılımının (GPA) bu dizi için uygunluğu bulunmuş ve bu frekans dağılım modeli kullanılarak Mayıs 1998

Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadenizde Bir Uygulama

taşkınında ölçülen taşkın değerlerine karşı gelen eklenik dağılım fonksiyonu değerleri (cumulative distributon function, cdf), buradan da tekerrür süreleri (T_r) bulunmuştur. Bu çalışmaların yanı sıra aynı dağılım fonksiyonu için belirli tekerrür sürelerine (2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl) karşılık gelen istasyonların taşkın debileri de hesaplatılmıştır.



Şekil 1 – Bölgede Seçilmiş Bulunan Akım Gözlem İstasyonları ve Bölgenin Nehir Ağını Gösteren Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesinin Haritası

Bu tür işlemler, 8 yıllık (1998 yılı itibari ile) ilave verilerin çalışmaya sokulması ile tekrarlanmış; akım ölçüm istasyonlarının uzatılan gözlem değerleri ile yeniden L-Moment oranları ve dağılım parametreleri hesaplanmıştır. İlave verilerin de analize dahil edilmesi ile uygunluğu $Z(I)$ ile kabul edilebilen olasılık fonksiyonlarının sayısının arttığı gözlenmiştir. Ayrıca önceden kabul edilen Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılım fonksiyonu (GEV) kullanılarak tahminler yeniden yapılmış ve alınan sonuçlar GPA ile karşılaştırılmıştır. 1990 sonrası gözlenen taşkınların artması sonunda istasyon bazında ve genel ortalama olarak ortalama değerlerin $252.9 \text{ m}^3/\text{sn}$ den $276.61 \text{ m}^3/\text{sn}'ye$ çıktığı ve buna bağlı olarakta tekerrür sürelerinin genel eğilim olarak azaldığı dikkat çekmiştir (Bkz. Tablo 1).

3.2. Simülasyon Çalışmalarından Alınan Sonuçlar

Bölge frekans dağılım fonksiyonuna geçilebilmesi için bağımsız bir program olan XSIM programı çalıştırılmıştır. Burada Monte Carlo simülasyonu kullanılmıştır. Gerçek dağılım miktarlarının bilinmesi ile model yönteminin performansı hakkında kolayca bilgi sahibi olunur. Performans ölçümleri ise D, H ve Z değerleri olup bu değerler simülasyon değerleri ile hesaplanır. Yaklaşık her bir bölge için 500 ile 1000 tekrarlamaya değerleri alınmıştır. Farklı tekerrür süreleri için noktasal/bölgesel bazda ve çeşitli dağılım fonksiyonları kullanılarak tahminler yapılmıştır. Hem Genelleştirilmiş Pareto (GPA) ve hem de Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımları ile nokta bazında gözlenen değerlerle yapılan tahminler, simülasyon program çıktıları ile yine 100 yıl tekerrürlü debilerle altı akım istasyonu için

karşılaştırılmış ve bu arada Mayıs 1998 taşkın ölçüm değerleri de aynı tabloda gösterilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2 değerleri dikkatle incelendiğinde, GEV dağılımının seçilmesi ile istasyonlarda 100 yıllık taşkın değerlerin, ister gözlenmiş olsun ister ise simülasyon yöntemi ile elde edilmiş olsunlar, 1998 yılındaki gözlenmiş taşkın değerlerine daha yakın olduğu izlenmiştir.

Bulunan sonuçlara göre GPA dağılımı kullanılarak bulunan değerler, GEV dağılımı kullanılarak bulunan 100 yıllık tekerrüre karşı gelen tahmin değerlerinden çok daha düşük bulunmuştur. Dolayısı ile GEV dağılımı çalışmalarına ağırlık verilerek bir sonraki araştırma konusuna geçilmiştir.

3.3 . Bölgesel Frekans Çalışmasına Ait Uygulamalar

Genel Ekstrem dağılımı ile hata karelerinin ortalamasının karekökleri (rmse) hem 1990 hem de 1998 serisi için hesaplatılmıştır. Hata karelerinin ortalamalarının karekökleri $\{E(\theta - \theta)^2\}^{1/2}$ olup burada θ tarafsız tahmin edilen değer, $E(\theta) = \theta$ gerçek değeri gösterir ve rmse (θ) ise ortalama sayısının karekökü ile ters oranlıdır. Boyutsuz gelişme oranlarının, $q(F)$ 2 yıl~100 yıl oranı tekerrür değerleri için güvenilirlik bantlarının alt ve üst limit (q_L, q_u) değerleri hesaplanmış ve bulunan sonuçlar Tablo 3 de gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre uzun süreli veriler için bulunan rmse değerlerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Gelişme oranları 1998'e kadar kullanılan verilerle 0.81 ile 3.87 arasında değişim gösterirken, bu oranların 0.96 dan başlayıp 2.63'e kadar yükseldiği dolayısı ile aynı tip dağılım kullanılsa bile 1998 taşkınlarının 1990 verileri kullanılması halinde daha yüksek tekerrür değerleri vereceği söylenebilir.

3.4 Bölgesel, Q (F) ve boyutsuz gelişme oranlarının, q (F) istasyon sayısı (N) ile değişimi

İlk olarak bölgede seçilen 16 adet 1998 yılı itibari ile alınan kayıtların 0.64 ile 0.20 arasında değişen istasyonlar arası korelasyon değerlerine (ρ) bağlı olarak 2 yıl ve 100 yıl tekerrürler için hata değerlerindeki değişimler ele alınmıştır. (Bkz.Tablo 4)

Daha sonra istasyon sayısında yapılan azaltmalarla bölgedeki istasyon sayısı kendi aralarında yüksek korelasyon veren istasyonların çıkarılması ile ilk aşamada 10 ve sonra da 6 rakamına indirilmiş ve bu arada korelasyon katsayısındaki düşmelerde göz önünde bulundurularak $N = 10$ için; $\rho = 0.55$ ve 0.50 , $N = 6$ istasyon için; $\rho = 0.50$ ve 0.20 değerlerine karşılık gelen hata payları bulunmuştur. Bu arada istasyonlar arası korelasyona bakılmaksızın rasatları en kısa olan 6 adet istasyon seçilmiş (13-44, 13-40, 13-41, 13-36, 13-39 ve 1336) ve korelasyon değerleri de bir üst ve birde alt limit olarak $0.60-0.20$ arasında değiştiği varsayılarak bir simülasyon çalışması daha gerçekleştirilmiştir. En yüksek hata değerlerinin bu son durum için gerçekleştiği, 100 yıl tekerrür için 0.60 ve 0.20 korelasyon katsayılarına karşılık gelen hata değerleri $rmse=0.374$ ve $rmse = 0.302$ olarak saptanmıştır. Daha sonra gelen yüksek hata değeri yine 6 istasyonla fakat bu sefer rasat süreleri daha uzun ve içsel korelasyon değerleri düşük istasyonlarla (13-40, 13-36, 13-22, 1333, 1327 ve 1331) sağlanmış olması durumunda yine 100 yıl tekerrür için ve korelasyon katsayısının $0.50 \sim 0.20$ arasında değişmesi durumunda, rmse değerlerinin bölgesel ortalama için 0.294 ($\rho = 0.50$) ve 0.257 ($\rho = 0.20$) ye düşürülebileceği görülmüştür.

Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadenizde Bir Uygulama

Tablo 1. Taşkın Debileri ve Tekerrür Periyotları

İstasyon No,	1998 Debisi, Q_p (m^3/sn)	Birinci Aşama (1990'a kadar)				İkinci Aşama (1998'e kadar)			
		Gözlem periyodu	Ortalama Debi, Q_a (m^3/sn)	Q_p/Q_a	Dönüş Aralığı T_r , (yıl)	Gözlem periyodu	Ortalama Debi, Q_a (m^3/sn)	Q_p/Q_a	Dönüş Aralığı T_r , (yıl)
DSİ									
13-14	900	18	237,80	3,78	63	26	266,42	3,38	67
13-22	20	21	5,93	3,37	68	28	6,53	3,06	36
13-36	180	15	39,42	4,57	56	23	37,57	4,79	38
13-37	230	19	51,53	4,46	105	27	58,60	3,92	100
13-39	460	13	116,23	3,96	56	19	120,04	3,83	55
13-40	284	15	89,00	3,19	25	23	109,77	2,59	38
13-41	1800	11	504,10	3,57	49	19	587,79	3,06	48
13-44	892	8	199,40	4,47	55	16	246,50	3,62	53
EİE									
1331	1431	21	402,90	3,55	54	29	489,24	2,92	44
1314	688	28	320,50	2,15	29	36	320,52	2,15	26
1333	631	25	204,60	3,08	75	33	214,96	2,94	37
1334	264	21	61,70	4,28	116	29	69,25	3,81	110
1335	2805	26	1053,90	2,66	50	34	1059,03	2,65	37
1336	1527	12	552,70	2,76	40	20	626,75	2,44	28
1327	227	23	133,70	1,70	31	31	129,93	1,75	23
1319	372	26	72,23	5,15	80	34	82,84	4,49	83
Bölge Ort.	794	-	252,90	3,54	-	-	276,61	3,21	51

Tablo 2. İki farklı dağılım için hesaplanan ve simule edilen Q_{100} değerlerinin istasyonlarda ölçülen değerlerle karşılaştırılması

İstasyon No	Alan (km ²)	Seviye (m)	1998'de ölçülen Q_p m ³ /sn	GPA		GEV	
				$T_r=100$ yıl		$T_r=100$ yıl	
				Gözlenmiş değ. göre	Simule edilmiş	Gözlenmiş değ. göre	Simule edilmiş
13-14	890,0	80	900	495,0	658	1.009,0	1.101,0
13-22	76,5	1.180	20	24,6	19	26,9	29,1
13-36	88,0	1.179	180	301,0	129	309,0	135,0
13-37	537,0	322	230	135,0	130	227,0	175,0
13-39	332,0	130	460	288,0	332	585,0	368,0
13-40	1.262,0	1.095	284	152,0	223	352,0	489,0
13-41	8.310,0	150	1.800	921,0	1.134	2.241,0	2.681,0
13-44	2.640,0	95	892	283,0	397	1.169,0	808,0
1314	5.086,0	271	688	812,0	860	905,0	1.051,0
1319	766,4	507	372	257,0	225	404,0	360,0
1331	1.342,0	15	1.431	1.218,0	1.046	1.854,0	2.284,0
1333	2.833,0	273	631	905,0	619	944,0	728,0
1334	1.102,8	541	264	136,0	128	250,0	242,0
1335	13.300,4	2	2.805	1.837,0	2.243	3.692,0	3.585,0
1336	8.613,6	120	1.527	1.225,0	1.488	2.171,0	2.456,0
1327	953,6	1.141	227	217,0	289	258,0	398,0

Tablo 3. Boyutsuz bölge frekans, üst ve alt limitler ve rmse değerleri (GEV kullanılarak)

T_r	$F = (1-1/T_r)$	1990				1998			
		rmse	q_u	$q(F)$	q_L	rmse	q_u	$q(F)$	q_L
2	0,50	0,046	0,95	0,96	0,81	0,056	0,87	0,81	0,73
5	0,80	0,033	1,47	1,43	1,37	0,023	1,41	1,36	1,31
10	0,90	0,048	1,87	1,78	1,67	0,032	1,92	1,81	1,73
25	0,96	0,089	2,44	2,18	1,84	0,074	2,91	2,50	2,32
50	0,98	0,126	2,82	2,42	1,89	0,110	3,90	3,13	2,83
100	0,99	0,166	3,15	2,63	1,91	0,148	5,22	3,87	3,38

Tablo 4. Bölgesel ortalama ve gelişme oranlarının, istasyon sayısı ve korelasyon katsayısı ile değişimi

İst. Sayısı N	Korelasyon ρ	Bölgesel Ortalama, Q(F)		Gelişme Oranı, q(F)	
		2 yıl	100 yıl	2 yıl	100 yıl
16	0,64	0,143	0,262	0,680	0,190
16	0,60	0,150	0,269	0,710	0,189
16	0,20	0,168	0,231	0,055	0,155
10	0,55	0,143	0,262	0,620	0,187
10	0,50	0,143	0,254	0,060	0,181
6 ⁽¹⁾	0,60	0,210	0,374	0,117	0,231
6	0,20	0,219	0,302	0,093	0,182
6 ⁽²⁾	0,50	0,151	0,294	0,078	0,212
6	0,20	0,156	0,257	0,065	0,178
20 ⁽³⁾	0,60	0,154	0,238	0,056	0,158
20	0,50	0,146	0,214	0,050	0,119
10 ⁽⁴⁾	0,50	0,156	0,278	0,061	0,167

Açıklamalar :

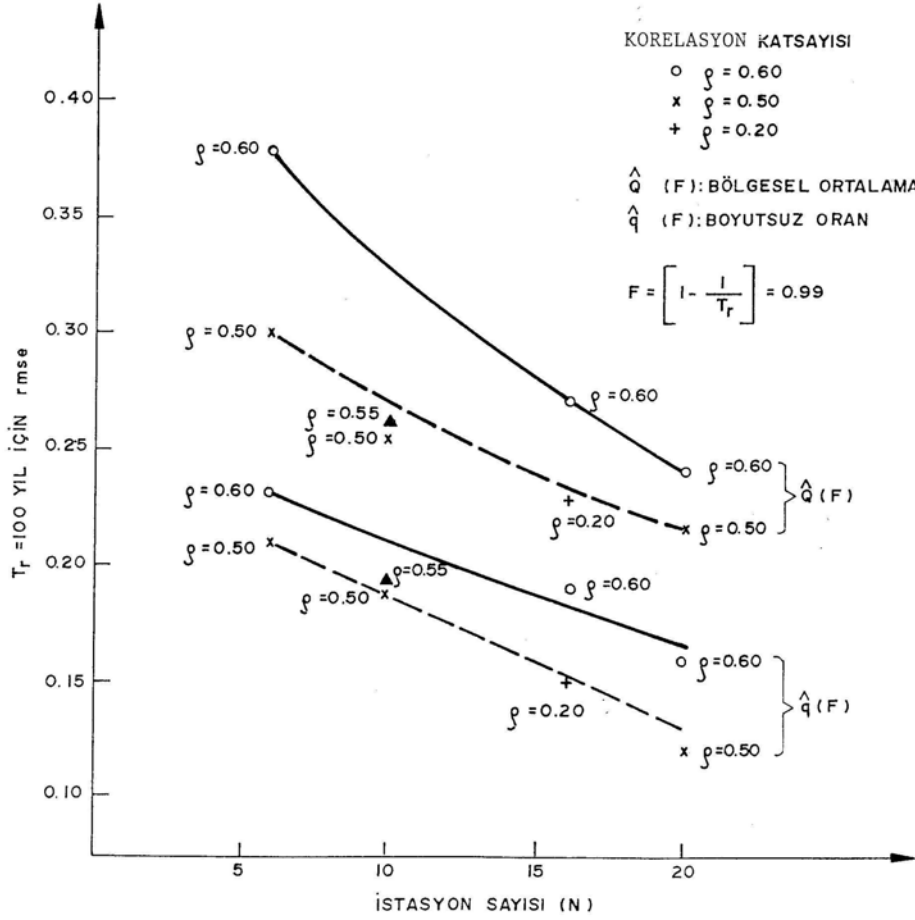
- (1) Katılan AGI 13-44, 13-40, 13-41, 13-36, 13-39 ve 1336
- (2) “ “ 13-40, 13-22, 1333, 1327 ve 1331, 13-36
- (3) “ “ 16 adedi mevcut 4 adedi yeni
- (4) “ “ 6 adedi mevcut 4 adedi yeni

Mevcut istasyon sayısının aynı kalması (16) ve dört (4) yeni açılacak istasyonlarında ölçüm ağına katılımı halinde, istasyonlar arasındaki korelasyonun da 0.60 – 0.50 arasında kalacağı varsayılırsa, bölgesel ortalama hata payındaki değerin 0.238 ile 0.214 arasında değişeceği gözlenmiştir. Diğer bir ekstrem durumunda ise altı adet baz istasyona 4 yeni istasyon daha eklenirse toplam 10 istasyon ile 100 yıllık debideki bölge ortalama hata miktarının 0.278 değerine ulaşacağı halbuki boyutsuz gelişme oranındaki ortalama hatanın karekökünün q (F) 0.167 de kaldığı ve bu değerin 20 istasyona göre hata artışının 40 % fakat mevcut 10 istasyona göre ise 7.7 % daha az olduğu görülmüştür.

Varılan bu bulgulardan hareketle makalenin son bölümünde sonuç ve öneriler kısmı ele alınacaktır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yukarıda açıklanan ve Tablo 4 de gösterilen bölgesel ortalama ve boyutsuz gelişme oran değerlerin daha anlaşılır olması için rmse karşı istasyon sayısındaki değişimler iki durum için grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 2). Bu grafikte değişken olarak da istasyonlar arası korelasyon katsayısındaki azalmanın rmse nasıl etkileyebileceği gösterilmiştir. Şekilde iki tip çalışma birlikte noktalanarak bölgesel ortalama tahmin değerleri için yapılan hata payının, boyutsuz gelişme eğrilerine göre daha yüksek olduğu bununda bu çalışmada kullanılan ve Bölge Frekans yaklaşımının anlatıldığı referanstan [2] yararlanılarak aşağıda sıralanan bulgularla açıklanabilirliği ortaya konmuştur.



Şekil 2. rmse değerlerinin istasyon sayısı ve korelasyon katsayısı ile değişimi (Q_{100} için)

1) Gelişme eğrisi için kullanılan doğruluk birimi, yalnızca gelişme eğrisinin tahmini göz önünde bulundurulduğunda geçerlidir. Bu da iki durum için söz konusu olabilir.

- İndeks hesaplanmasında, nokta bazında verilerin gözönünde bulundurulmaması durumu ve/veya
- Ölçümü olmayan noktalar için çeşitli tekerrürlü değerlerinin hesaplanması durumu

Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadenizde Bir Uygulama

- 2) Tahmin edilen gelişme eğrilerinin [q (F)] hata karelerinin ortalamalarının karekökleri, ayrıca bu eğrilerin tahminindeki değişikliklerin de katkısını içerir
- 3) Q_i(F) ile gösterilen bölgesel ortalama değerlerinin hata karelerinin ortalamalarının karekökleri ise yukarıdaki açıklamaya ilave olarak index taşkın'ın tahmindeki değişkenliklere ve ayrıca örnek ortalamasının değişkenliği ile tahmini bölgesel gelişme oran değerinin değişkenliğine bağlıdır.
- 4) Homojen bir bölgede, 20 ölçüm noktasından daha fazla bir istasyon ile akım ölçülüyorsa kazanılan doğruluk azdır. Bu sebeple de bölgede az sayıda ve birbirleri arasındaki ilişkinin en az düzeyde olduğu fakat kayıt uzunluklarının en fazla olması göz önünde bulundurulmalı ve istasyon tasarımı ona göre yapılmalıdır. Ölçek faktöründen ayrı (bağımsız) olarak farklı ölçüm istasyonlarında frekans dağılım fonksiyonu testler sonucunda aynı olarak kabul edilmiş ise bu bölge homojen bölge olarak adlandırılabilir.

Semboller

A, B	=	parametre
b _r	=	örnek ihtimal ağırlık momenti
C _s	=	çarpıklık katsayısı
C _v	=	değişim katsayısı
D	=	düzensizlik ölçüsü
H	=	heterojenlik ölçüsü
N	=	istasyon sayısı
n	=	gözlem periyodu
P _T	=	yağış miktarı
Q _T	=	anlık taşkın değeri
Q(F)	=	F frekansına sahip debi
q(F)	=	F frekansına karşı boyutsuz kuantile
q _{u, L}	=	üst ve alt sınır değerleri
T _r	=	dönüş aralığı (Frekans)
t _r ^R	=	bölgesel r mertebeden L-moment ortaması
Z	=	uygunluk ölçüsü
β _r	=	ihtimal ağırlıklı r moment
λ _i	=	i. L-moment
α _i	=	istasyon değerlerinin ortalaması
Θ	=	tarafsız tahmin değeri
ρ	=	korelasyon katsayısı

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmasında L-Momentler tekniğini kullanarak bölgesel frekans analizi uygulamasını yapan tez öğrencim Altan Okur'a ve makalenin yeniden gözden geçirilmesi aşamasındaki katkılarından dolayı asistan arkadaşşıma teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- [1] Dalrymple, T.; Flood Frequency Analysis, Water Supply Paper, 1543-A, U.S. Geological Survey, Washington, D.C., 1960.
- [2] Hosking, J.R.M. and Wallis J.R.; Regional Frequency Analysis, Cambridge University Press. 1997.
- [3] Cunnane, C.; Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis, Operational Hydrology Report No. 33, World Meteorological Organization; 1989.
- [4] Rao, A.R. and Hamed K.H.; Regional Frequency Analysis of Wabash River Flood Data by L-Moments, Journal of Hydrologic Engineering, Vol 2(4), p 169- 179, 1997.
- [5] Şorman, A.Ü. ve Okur, A.; L-Momentler Tekniği Kullanılarak Noktasal ve Bölgesel Frekans Analizinin Uygulanması, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergisi, Temmuz 2000.
- [6] Adamowski, K.; Regional Analysis of Annual Maximum and Partial Duration Flood Data by Nonparametric and L-Moment methods, Journal of Hydrology, vol 229, p 219-231, 2000.
- [7] Önöz, B. and Bayazit M.; Best Fit Distributions for Largest Available Flood Samples, Journal of Hydrology, vol 167, p 195-208, 1995.