
Araştırma Makalesi / Research Article

Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Yöntemi ile Türkiye Akarsularındaki Askı Maddesi Konsantrasyonu ve Miktarının Sınıflandırılması

Mahmut FIRAT^{*1}, Ö. Faruk DURSUN¹, Mahmut AYDOĞDU², Fatih DİKBAŞ³

¹*İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya*
²*İnönü Üniversitesi Darende MYO İnşaat Programı, Malatya*
³*Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli*

Özet

Barajlarda ölü hacimlerinin güvenilir şekilde hesaplanması için akarsularda taşınan katı madde miktarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Akarsuların belli kesitlerinde yapılan sediment ölçümleri ile ortalama sediment miktarları belirlenmektedir. Gözlem değeri olmayan ya da eksik olan havzalarda ise genellikle komşu havzalarda yapılan ölçümlerden faydalanılmaktadır. Ancak bunun için hidrolojik olarak homojen yapıya sahip bölgelerin kullanılması önerilmektedir. Bu çalışmada, K-Ortalamalar yöntemi ile Türkiye akarsularında taşınan askı madde konsantrasyonunun ve miktarının sınıflandırılması ve homojen bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. En basit ve en çok uygulanan kümeleme yöntemi olan K-Ortalamalar yöntemi; her bir özellik vektörü ile ona en yakın merkez arasındaki Öklid mesafesinin toplamını en küçükleyerek veri setini kümelere ayırmaktadır. Kümeleme analizi için Türkiye genelinde Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen katı madde gözlem istasyonlarından alınan askı maddesi, drenaj alanı, enlem ve boylam gibi veriler dikkate alınmıştır. Kümeleme analizi sonunda küme sayısı 5 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kümeleme analizi, K-ortalamalar, Sediment, Sediment konsantrasyonu.

Classification of Sediment Amount and Concentration at Turkey Basin using Non-Hierarchical Clustering Method

Abstract

It is important to determine the sediment amount transported at streams for calculation of dead storage of dams safely. The average sediment amount is determined by measuring the sediment at certain cross-section of stream. The sediment data recorded at neighbor basins has been used for prediction of sediment amount at un-gauged basins. It is proposed that the hydrological homogenous regions should be used for this aim. In this study, K-means method, called non-hierarchical clustering method, was used for defining of hydrological homogenous sub-regions and classification of sediment amount and concentration recorded at Turkey basins. The K-means clustering method, which is the simplest and commonly used clustering method, divides a data set into clusters by minimizing the sum of the Euclidean distance between each feature vector and its closest cluster center. The annual sediment amount and concentration records and longitude, latitude and altitude values obtained of stations operated by the General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration (EIE) throughout Turkey were considered for clustering analysis. The number of clusters was determined as 6.

Keywords: Clustering, K-means Method, Sediment, Sediment Concentration

1. Giriş

Akarsularda taşınan toplam katı madde miktarının önemli bir kısmı havza erozyonundan kaynaklanan askı maddesidir. Bir bölgede su kaynaklarının planlanması ve yönetimi, baraj hazne hacminin ve diğer su yapılarının güvenilir bir şekilde tasarımı ve işletilmesi için taşınan katı madde miktarının doğru bir şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Bunun için bölgede gözlenmiş yeterli uzunluğa sahip verilere

* Sorumlu yazar: mahmut.firat@inonu.edu.tr

ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, bazen çeşitli sebeplerden dolayı veriler eksik ya da gözlem süreleri kısa olmaktadır. Bölgesel tahmin çalışmalarının en önemli ve en zor adımı homojen bölgelerin belirlenmesidir. Çoğu zaman bölgelerin sınıflandırılması coğrafi olarak birbirine yakın istasyonların aynı bölgede yer alması şeklinde yapılmaktadır. Ancak bu tür sınıflandırma ile oluşturulan bölgelerin, hidrolojik olarak homojen olduğu söylenemez. Bu nedenle daha güvenilir bir bölgesel çalışma için, hidrolojik olarak birbirine benzerlik gösteren bölgelerin belirlenmesi gerekmektedir. Homojen bölgelerin belirlenmesi ve sınıflandırma amacıyla hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Kümeleme yöntemleri özellikle, bölgesel taşkın frekans analizi için homojen bölgelerin belirlenmesi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], yağış değişkeninin sınıflandırılması ve homojen yağış bölgelerinin belirlenmesi [8, 9] amacıyla kullanılmıştır. Demirel [10], hiyerarşik kümeleme yöntemi ile Türkiye akarsu havzalarının sınıflandırılmasını ve benzer özelliklere sahip bölgelerin oluşturulmasını amaçlamıştır. Turan [11], tarafından yapılan çalışmada, Ward yöntemi ile Türkiye akarsu verimlerinin sınıflandırılması amaçlanmıştır. Kahya vd. [12], K-Ortalamlar yöntemi ile Türkiye’de akarsu akımlarının konumsal olarak sınıflandırılmasını amaçlamıştır. Demirel vd. [13], Türkiye akarsu havzalarında temel kuraklık bileşenlerinin sınıflandırılmasında K-Ortalamlar yöntemini uygulamıştır. Isik ve Singh [14], aylık ortalama akım verilerini dikkate alarak Ward ve K-ortalamlar yöntemleri ile Türkiye havzalarını sınıflandırmıştır. Yonarlar [15] tarafından yapılan çalışmada Türkiye akarsu havzalarındaki sediment verimlerinin hiyerarşik kümeleme yöntemleri (Ward’s, yöntemi) ile sınıflandırılması amaçlanmıştır. Kümeleme testleri ve dendogram kullanılarak en uygun küme sayısı 7 olarak belirlenmiştir.

Önerilen bu çalışmada, hiyerarşik olmayan K-Ortalamlar kümeleme yöntemi ile Türkiye akarsularında taşınan askı maddesi miktarının ve konsantrasyonunun sınıflandırılması ve homojen alt bölgelerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için Türkiye genelinde ölçüm değerine sahip 178 katı madde gözlem istasyonunda alınan askı madde verileri ile istasyonlara ait veriler kullanılmış ve kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir.

2. K-Ortalamlar Kümeleme Yöntemi

Kümeleme analizi, çok değişkenli istatistiksel bir teknik olup, verilerin benzerliklerine göre sınıflandırılması ve homojen alt gruplara ayrılması için kullanılmaktadır. K-Ortalamlar yöntemi, en çok bilinen kümeleme yöntemlerinden biri olup hiyerarşik olmayan bir yapıya sahiptir [7, 16]. K-Ortalamlar yöntemi, bir X veri setine ait d adet değişkeni ve N adet özellik vektörünü C adet kümeye ayırma ve sınıflandırma özelliğine sahiptir [6, 17]. Bu yöntemde, önceden belirlenen C adet kümeye ait merkezlerin belirlenmesi ile başlanır ve her bir değişken benzerlik ölçütü yardımıyla en yakın küme merkezine atanır. Giriş veri setindeki her bir değişkenin bir kümeye atanmasından sonra, her bir küme için küme merkezi yeniden hesaplanarak değişkenler bu yeni küme merkezlerinin yerleşimine bağlı olarak yeni farklı kümeler atanabilir. Bu işlem küme üyeliklerinde herhangi bir değişim olmayana kadar tekrarlanır [17]. İncelenen bir problemde, N adet özellik vektörüne ve d adet değişkene sahip bir X veri seti $X = \{x_k | k=1,2,\dots,N\}$ şeklinde tanımlanabilir. Bu veri setinde k . özellik vektörü $x_k = [x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kd}]$, $x_k \in R^d$ şeklinde yazılabilir [18]. K-Ortalamlar yönteminde, veri seti alt kümeler ayrılırken denklem (1)’de verilen amaç fonksiyonunun en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. Bu denklemde verilen amaç fonksiyonunun en küçüklenmesi, her bir özellik vektörü ile en yakın küme merkezi arasındaki mesafe ölçütünün en küçüklenmesini ve dolayısıyla benzer yapıya sahip verilerin aynı kümede toplanmasını sağlamaktadır. Literatürde mesafe ölçütü için genellikle denklem (2)’de verilen Öklid mesafe ölçütü kullanılmaktadır [17].

$$J(S : X) = \sum_{i=1}^C \sum_{k=1}^N \|x_k^{(i)} - s_i\|^2 \quad (1)$$

$$d_{ik}^2 = \|x_k^{(i)} - s_i\|^2 \quad (2)$$

$$s_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k^{(i)} \quad (3)$$

Burada, C küme sayısı, m_{ik} k . özellik vektörünün i . kümedeki üyelik derecesi, S küme merkezlerini içeren matris ($S = \{s_1, s_2, \dots, s_C\}$), s_i i . kümenin merkezi, d_{ik}^2 i . kümeye ait k . özellik vektörü ile i . küme merkezi arasındaki mesafe şeklinde tanımlanabilir. K-Ortalamlar yönteminin en önemli avantajı olarak uygulanmasının basit olması gösterilebilir. Diğer taraftan, bu yöntemin performansının başlangıçta seçilen küme sayısına ve küme merkezlerine bağlı olarak değişmesi bu yöntemin en önemli dezavantajı olarak verilebilir. K-Ortalamlar yönteminin işlem adımları; (i) Küme sayısının ve merkezlerinin başlangıç değerlerinin rastgele belirlenmesi, (ii) Her bir değişken için belirlenen küme merkezlerinden olan mesafelerin hesaplanması, (iii) Her bir değişkenin en yakın küme merkezine göre bir kümeye atanması, (iv) Amaç fonksiyonunun en küçüklenmesi, (v) Küme merkezlerinin yeniden hesaplanması ve yeni kümelerin belirlenmesi, (vi) Küme üyeliklerinde herhangi bir değişim olmayana kadar analizin devam ettirilmesi şeklindedir.

3. Çalışma Alanı ve Veri

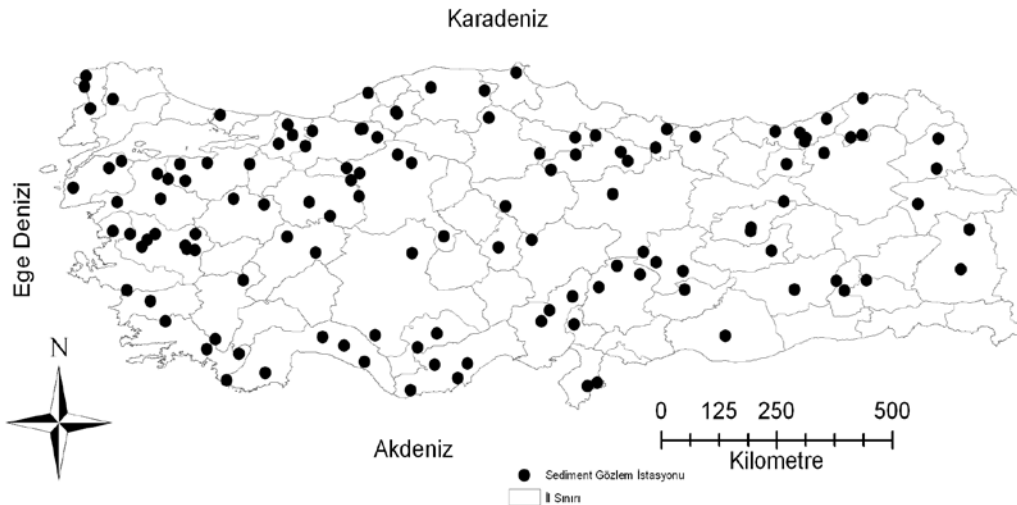
Bu çalışmada, kümeleme analizi için Türkiye genelinde Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen katı madde gözlem istasyonlarından alınan katı madde verileri ile istasyonlara ait enlem ve boylamlar kullanılmıştır. Gözlem istasyonlarının ve kullanılacak verilerin belirlenmesi, kümeleme analizi sonuçları üzerinde oldukça etkili olduğu için ölçüm yapılan yağış gözlem istasyonlarında, eksik veri durumu, gözlem süresi ve verilerin güvenilirliği incelenmiştir. Bu durum dikkate alınarak analizler için, en az 5 yıl gözlem değerine sahip 178 katı madde gözlem istasyonu seçilmiş ve bu istasyonların dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Literatürde, farklı ölçeklere sahip değişkenlerin kümeleme sonuçlarını etkilediği belirtilmiş ve verilerin uygun dönüşüm fonksiyonları ile normalize edilmesi gerektiği önerilmiştir [19, 20]. Bu çalışmada da, veriler kümeleme analizinde kullanılmadan önce denklem (4) ve (5)'te verilen dönüşüm fonksiyonları kullanılarak normalize edilmiştir.

$$P_{yi} = (P_i - P_{\min}) / (P_{\max} - P_{\min}) \quad (4)$$

$$Y_{yi} = (Y_i - Y_{\min}) / (Y_{\max} - Y_{\min}) \quad (5)$$

$$Z_{yi} = (Z_i - Z_{\min}) / (Z_{\max} - Z_{\min}) \quad (6)$$

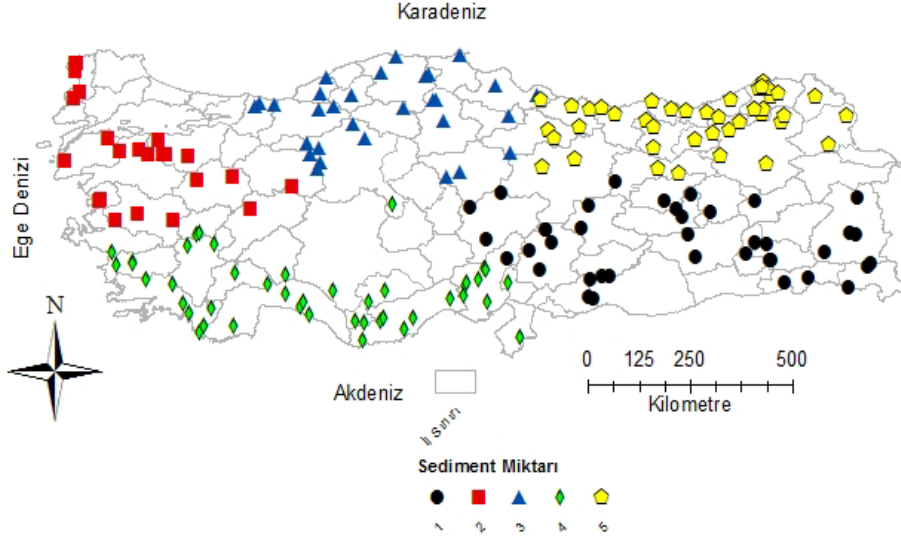
Burada P_i i istasyonundaki katı madde miktarı, P_{yi} i istasyonunda normalize edilmiş katı madde miktarı, P_{\max} maksimum katı madde miktarı, P_{\min} minimum katı madde miktarı, Y_i i istasyonuna ait enlem ya da boylam Y_{yi} i istasyonuna ait normalize edilmiş enlem ya da boylam, Y_{\max} maksimum enlem ya da boylam, Y_{\min} minimum enlem ya da boylam, Z_i i istasyonuna ait yükselti, Z_{yi} i istasyonuna ait normalize edilmiş yükselti, Z_{\max} maksimum yükseltidir.



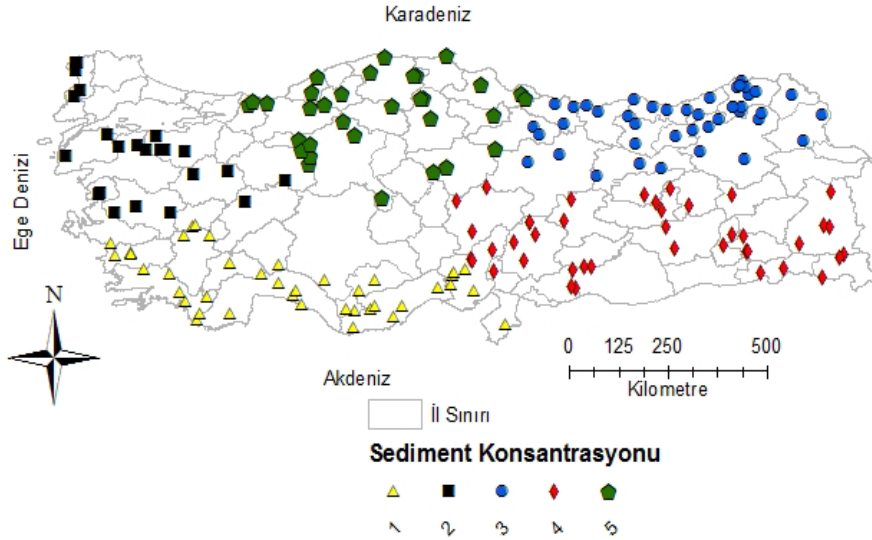
Şekil 1. Kümeleme analizinde kullanılan sediment gözlem istasyonları

4. Bulgular ve Tartışma

K-Ortalamlar yöntemi ile Türkiye akarsularında askı maddesi konsantrasyonunun sınıflandırılmasında, askı maddesi konsantrasyonu, istasyona ait enlem ve boylamlar kullanılmıştır. Ayrıca, askı maddesi miktarının sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ise istasyonda gözlenen askı maddesi, istasyona ait enlem ve boylamlardır. Askı maddesi konsantrasyonu için yapılan sınıflandırma sonucunda 5 alt havza, askı maddesi miktarının sınıflandırılmasında ise yine 5 alt havza belirlenmiştir. K-Ortalamlar yöntemi ile yapılan sınıflandırmada Matlab R.14'de yazılan program kullanılmıştır. şekil 2'de K-Ortalamlar yöntemi ile belirlenen kümelerdeki istasyonların dağılımı gösterilmektedir.



şekil 2. Sediment miktarının sınıflandırılması için elde edilen sonuçlar



şekil 3. Konsantrasyon sınıflandırılması için elde edilen sonuçlar

şekil 2 ve 3'te verilen sonuçlar incelendiğinde takriben; 1'inci alt küme; Meriç, Ege Suları, Susurluk, Marmara Suları ve Gediz Havzası, 2'nci alt küme; Doğu Karadeniz Havzasının batı kısmı, Yeşilırmak Havzasının bir kısmı, Kızılırmak Havzası, Batı Karadeniz ve Sakarya Havzasının bir kısmı, 3'üncü alt küme; Büyük Menderes, Küçük Menderes, Batı Akdeniz, Orta Anadolu, Burdur Gölü, Afyon Suları, Orta Akdeniz, Doğu Akdeniz, Seyhan ve Hatay suları Havzaları, 4'üncü alt küme; Çoruh, Aras, Doğu Karadeniz Havzasının doğu kısmı, Yeşilırmak Havzasının kuzey kısmı, 5'inci alt küme; Fırat ve Dicle

Havzası ile Van gölü Havzası şeklinde verilebilir. Bu alt kümeler incelendiğinde aynı alt kümede bulunan havzaların genellikle komşu havzalar olduğu, birbirine yakın iklimsel faktörlere sahip oldukları, arazi engebe durumları ve havza ortalama yüksekliklerinin birbirlerine yakın olduğu ve yüzey bitki örtüsü çeşitliliğinin de çok fazla değişmediği görölmektedir. Bu sonuç sediment oluşumu ve akarsularda katı madde hareketinin teorik izahı ile de örtüşmektedir. K-Ortalamlar yöntemi ile belirlenen kümeler için hesaplanan, bölgesel ortalama, maksimum değer, standart sapma ve değişkenlik katsayısı gibi çeşitli istatistikler Çizelge 1 ve 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Askı maddesi miktarının sınıflandırılmasında belirlenen bölgeler için istatistikler

Bölge	İstasyon Sayısı	S_{ort}^R (ton/yıl)	S_m^R (ton/yıl)	σ_{S-ort}^R (ton/yıl)	σ_{S-m}^R (ton/yıl)	Cv_{S-ort}^R	Cv_{S-m}^R
1	23	1414.67	7698.88	5183.58	19459.96	4.04	7.11
2	30	6918.61	49474.73	16428.67	94611.30	4.16	8.59
3	44	1632.63	10158.74	6446.39	57852.32	3.66	8.71
4	42	3794.04	29649.39	11541.67	89183.13	3.69	8.86
5	39	13795.89	177324.57	39342.33	381332.03	3.60	8.04

Çizelge 2. Askı maddesi konsantrasyonunun sınıflandırılmasında belirlenen bölgeler için istatistikler

Bölge	İstasyon Sayısı	K_{ort}^R (ppm)	K_m^R (ppm)	σ_{K-ort}^R (ppm)	σ_{K-m}^R (ppm)	Cv_{K-ort}^R	Cv_{K-m}^R
1	23	289.75	1354.25	568.90	1845.17	1.91	3.67
2	30	550.26	2555.42	989.49	5097.40	2.18	6.14
3	44	237.91	918.69	499.43	1556.89	2.21	4.15
4	42	594.69	10631.15	887.14	7828.43	2.18	4.69
5	39	426.09	1061.91	896.97	1999.09	2.13	5.44

Tablolarda, S_{ort}^R ; askı maddesi miktarının bölgesel ortalaması (ton/yıl), S_m^R ; askı maddesi miktarının maksimum değer (ton/yıl), σ_{S-ort}^R ; askı maddesi miktarının standart sapmasının bölgesel ortalaması (ton/yıl), σ_{S-m}^R ; askı maddesi miktarının standart sapmasının maksimum değer (t/yıl), Cv_{S-ort}^R ; askı maddesi miktarının değişkenlik katsayısının bölgesel ortalaması, Cv_{S-m}^R ; askı maddesi miktarının değişkenlik katsayısının maksimum değer, K_{ort}^R ; askı maddesi konsantrasyonunun bölgesel ortalaması (ppm), K_m^R ; askı maddesi konsantrasyonunun maksimum değer (ton/yıl), σ_{K-ort}^R ; askı maddesi konsantrasyonunun standart sapmasının bölgesel ortalaması (ton/yıl), σ_{K-m}^R ; askı maddesi konsantrasyonunun standart sapmasının maksimum değer (ton/yıl), Cv_{K-ort}^R ; askı maddesi konsantrasyonunun değişkenlik katsayısının bölgesel ortalaması, Cv_{K-m}^R ; askı maddesi konsantrasyonunun maksimum değerini göstermektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye genelinde askı maddesi konsantrasyonu ve miktarının sınıflandırılması ve homojen bölgelerin belirlenmesi amacıyla K-Ortalamlar yöntemi uygulanmıştır. Bunun için Türkiye genelinde yeterli ölçüm uzunluğuna sahip 178 adet sediment gözlem istasyonuna ait veriler kullanılarak yapılan sınıflandırma yapılmıştır. Her iki veri seti için yapılan sınıflandırma sonucunda akarsu havzaları 5 alt havzaya ayrılmıştır. Kümeleme analizi ile gerek askı maddesi konsantrasyonu ve gerekse de askı maddesi miktarına göre Türkiye’nin konumsal olarak sediment dağılımı elde edilmiştir. Yapılan bu sınıflandırma ile elde edilen alt kümeler yardımıyla eksik gözlem değerine sahip ya da gözlem değer olmayan havzalarda katı matı madde miktarının veya konsantrasyonunun tahmin edilmesinde kullanılabilir. Böylelikle akarsularda baraj haznelerine taşınan ve haznede biriken toplam katı madde miktarının belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca, akarsular üzerinde inşa edilecek köprü ve mahmuz gibi yapıların projelendirilmesinde taşınan katı madde miktarının belirlenmesi önemlidir. Bu alt kümeler incelendiğinde aynı alt kümede bulunan havzaların genellikle komşu

havzalar olduğu, birbirine yakın iklimsel faktörlere sahip oldukları, arazi engebe durumları ve havza ortalama yüksekliklerinin birbirlerine yakın olduğu ve yüzey bitki örtüsü çeşitliliğinin de çok fazla değişmediği görülmektedir. Bu sonuç sediment oluşumu ve akarsularda katı madde hareketinin teorik izahı ile de örtüşmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma 2010/08 nolu proje kapsamında İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (İÜBAP) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, desteğinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne, veri ve bilgi noktasında katkılarından dolayı Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne (EİE) ve değerli görüş ve önerilerinden dolayı Editör ve danışmanlara teşekkür etmektedir.

Semboller Listesi

C	: Küme sayısı
d	: Değişken sayısı
d_{ik}^2	: i . kümeye ait k . özellik vektörü ile i . küme merkezi arasındaki mesafe
K_{ort}^R	: Askı maddesi konsantrasyonunun bölgesel ortalaması (ppm)
K_m^R	: Askı maddesi konsantrasyonunun maksimum değeri (ton/yıl)
N	: Özellik vektör sayısı
n	: İstasyona ait veri uzunluğu
P_i	: i istasyonundaki katı madde miktarı
P_{yi}	: i istasyonunda normalize edilmiş katı madde miktarı
P_{mak}	: Maksimum katı madde miktarı
P_{min}	: Minimum katı madde miktarı
S	: küme merkezlerini içeren matris
S_{ort}^R	: Askı maddesi miktarının bölgesel ortalaması (ton/yıl)
S_m^R	: Askı maddesi miktarının maksimum değeri (ton/yıl)
s_i	: i . Kümenin merkezi
Y_i	: i istasyonuna ait enlem ya da boylam
Y_{yi}	: i istasyonuna ait normalize edilmiş enlem ya da boylam
Y_{mak}	: Maksimum enlem ya da boylam
Y_{min}	: Minimum enlem ya da boylam
Z_i	: i istasyonuna ait yükselti
Z_{yi}	: i istasyonuna ait normalize edilmiş yükselti
Z_{mak}	: Maksimum yükselti
X	: Veri seti
x_k	: Veri setinde k . özellik vektörü
Cv_{S-ort}^R	: Askı maddesi miktarının değişkenlik katsayısının bölgesel ortalaması
Cv_{S-m}^R	: Askı maddesi miktarının değişkenlik katsayısının maksimum değeri
Cv_{K-ort}^R	: Askı maddesi konsantrasyonunun değişkenlik katsayısının bölgesel ortalaması
Cv_{K-m}^R	: Askı maddesi konsantrasyonunun maksimum değeri
σ_{S-ort}^R	: Askı maddesi miktarının standart sapmasının bölgesel ortalaması (ton/yıl)
σ_{S-m}^R	: Askı maddesi miktarının standart sapmasının maksimum değeri (ton/yıl)
σ_{K-ort}^R	: Askı maddesi konsantrasyonunun standart sapmasının bölgesel ortalaması
σ_{K-m}^R	: Askı maddesi konsantrasyonunun standart sapmasının maksimum değeri (ton/yıl)

Kaynaklar

1. Mosley M.P. 1981. Delimitation of New Zealand Hydrologic Regions, *Journal of Hydrology*, 49: 173–192.
2. Acreman M.C., Sinclair C. D. 1986. Classification of Drainage Basins According to Their Physical Characteristics, An Application for Flood Frequency Analysis in Scotland. *Journal of Hydrology*, 84(3-4): 365-380.
3. Burn D.H. 1989. Cluster Analysis as Applied to Regional Flood Frequency, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 115: 567–582.
4. Burn D. H. 1997. Catchment Similarity for Regional Flood Frequency Analysis using Seasonality Measures. *Journal of Hydrology*, 202: 212–230.
5. Lecce S.A. 2000. Spatial Variations in the Timing of Annual Floods in the Southeastern United States, *Journal of Hydrology*, 235: 151–169.
6. Burn D.H., Goel N.K. 2000. The Formation of Groups for Regional Flood Frequency Analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 45(1): 97–112.
7. Burn D. H., Zrinji Z., Kowalchuk M. 1997. Regionalization of Catchments for Regional Flood Frequency Analysis. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2(2): 76–82.
8. Guttman N.B. 1993. The use of L-Moments in the Determination of Regional Precipitation Climates. *Journal of Climate*, 6: 2309–2325.
9. Soltani S., Modarres R. 2006. Classification of Spatio-Temporal Pattern of Rainfall in Iran Using A Hierarchical and Divisive Cluster Analysis, *Journal of Spatial Hydrology*, 6(2): 1-12.
10. Demirel M.C. 2004. Cluster Analysis of Streamflow Data over Turkey. İstanbul Technical University, Master of Science Thesis, 119p., İstanbul.
11. Turan A. 2005. Türkiye Akarsu Verimlerinin Küme Analizi ile Sınıflandırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 155s., Sakarya.
12. Kahya E., Demirel M.C., Piechota T.C. 2007. Spatial Grouping of Annual Streamflow Patterns in Turkey. *Hydrology Days*, 169-176.
13. Demirel M.C., Mariano A.J., Kahya E. 2007. Performing K-Means Analysis to Drought Principal Components of Turkish Rivers. *Hydrology days*, 145-151.
14. Isik S., Singh V.P. 2009. Hydrologic Regionalization of Watersheds in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*, 13(9): 824-834.
15. Yonarlar, A. 2006. Türkiye Akarsu Sediment Verimlerinin Küme Analizi Yöntemi ile Sınıflandırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118s, Sakarya.
16. Lin G-F., Chen L-H. 2006. Identification of Homogeneous Regions for Regional Frequency Analysis using the Self-Organizing Map. *Journal of Hydrology*, 324, 1-9.
17. Rao A., Srivinas V.V. 2006. Regionalization of Watersheds by Fuzzy Cluster Analysis, *Journal of Hydrology*, 318, 57-79.
18. Hall M.J., Minns A.W. 1999. The Classification of Hydrologically Homogeneous Regions, *Hydrological Sciences Journal*, 44(5): 693–704.
19. Cannarozzo M., Noto L.V., Viola, F., La Loggia, G., 2009. Annual Runoff Regional Frequency Analysis in Sicily, *Physics and Chemistry of the Earth*, 34: 679–687.
20. Lim Y.H., Voeller D.L. 2009. Regional Flood Estimations in Red River using L-Moment-Based Index-Flood and Bulletin 17B Procedures, *Journal of Hydrologic Engineering*, 14(9): 1002-1016.