

Bulanık C Ortalamalar Yöntemi ile Karadeniz Bölgesi Standart Süreli Yağış Şiddetlerinin Kümelenmesi

Clustering of Standard Duration Rainfall Intensity of the Black Sea Region by Fuzzy C Means Method

Utku ZEYBEKOĞLU*

Sinop Üniversitesi, Boyabat Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 57200, Boyabat, Sinop

• Geliş tarihi / Received: 15.08.2017

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 05.12.2017

• Kabul tarihi / Accepted: 05.12.2017

Öz

Hidrometeorolojik veriler kullanılarak yapılan mühendislik çalışmalarında, verilerin eksiksiz ve yeterli uzunlukta olması çalışmaların verimliliğini arttırmaktadır. Bölgesel mühendislik çalışmalarda ise verilerin istenen şekilde olmasının yanında uygun bölgelerin de belirlenmesi tasarım ve uygulama çalışmalarının daha verimli olmasını sağlayacaktır. Bu bölgelerin belirlenmesinde hidrometeorolojik verilerin yanında coğrafi konum verilerin de kullanılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında Karadeniz bölgesindeki Devlet Meteoroloji İşlerine ait meteoroloji gözlem istasyonlarında gözlemlenen, Standart Süreli Yağışların Şiddetlerine ait veriler kullanılarak bölgesel kümelerin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla Bulanık C Ortalamalar yöntemi kullanılmıştır. . Kümeleme çalışmaları iki farklı küme sayısı için yapılmış olup en uygun küme sayısı 4 olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bulanık C Ortalamalar, Karadeniz Bölgesi, Kümeleme Analizi, Standart Süreli Yağış Şiddeti, Türkiye

Abstract

In the engineering studies using hydrometeorological data, the efficiency of the studies which are complete and sufficient length of the data increases. In the case of regional engineering studies, designation of the appropriate areas as well as the desired data will ensure that the design and application works are more efficient. Geographical location data should be used in addition to hydrometeorological data. Within the scope of this study, it was aimed to create regional clusters by using the data related to the intensity of Standart Periodic Precipitation observed in meteorological observation stations belonging to the State Meteorological Works in the Black Sea region. For this purpose, the fuzzy c-means method was used. Clustering studies were carried out for two different sets of numbers and the optimal number of sets was 4.

Keywords: Fuzzy C Means Blacksea Region, Clustering Analysis, Rainfall Intensity Series of Standart Duration, Turkey

*Utku ZEYBEKOĞLU; utkuz@sinop.edu.tr; Tel: (0368) 315 01 01; orcid.org/0000-0001-5307-8563

1. Giriş

Yağışın süresi, şiddeti, alansal ve zamansal değişimi vb. özelliklerinin bilinmesi; su kaynakları, tarım, kentleşme, drenaj, taşkın kontrolü ve ulaşım gibi farklı sektörler için planlama çalışmaları ile bu sistemler üzerindeki çeşitli mühendislik yapılarının güvenli ve ekonomik olarak boyutlandırılması ve işletilmesi için gereklidir. Hidro-meteorolojik verilerin (yağış, akış, buharlaşma, sıcaklık...) eksiksiz ve düzenli olarak kayıt altına alınması birçok sektör açısından önem arz etmektedir. Bu kayıtlar ile ilgili yapılmış basılı son çalışma DSİ ve DMİ tarafından 1990 yılında yapılmıştır ve güncel verileri içermediğinden sağlıklı çalışmalar gerçekleştirilememektedir. (Karahan, 2011)

Kümeleme analizinde genel olarak, aynı özelliklere sahip benzer verilerin bir araya toplanması ve ortak bir grup altında sınıflandırılması esas alınmaktadır. Her bir küme bir küme merkezi ile ifade edilmekte ve küme merkezinin yakınındaki veri noktaları gruplandırılarak o kümeye dahil edilmektedir. Bu işlem, veri noktaları ile küme merkezleri arasında hesaplanan uzaklıkların minimize, küme merkezleri arasındaki uzaklıkların ise maksimize edilmesi esasına dayanmaktadır.

Hidrolojik kümeleme çalışmalarında, hidro-meteorolojik veriler yerine coğrafi özellikler kullanıldığından, bu çalışmalar sonucu elde edilen kümeler hidrolojik açıdan homojen olmazlar. Hidro-meteorolojik verilerin coğrafi konum ile birlikte kullanılması hidrolojik kümeleme çalışmalarının daha iyi sonuç vermesini sağlayabilmektedir.

Ülkemizde ve dünyada hidrolojik kümelerin belirlenmesi üzerine bir çok araştırmacı farklı hidro-meteorolojik veriler üzerine farklı kümeleme yöntemleri kullanarak homojen kümeleri belirlemişlerdir. Bu çalışmalardan başlıcaları Mosley (1981), Acreman ve Sinclair (1986), Burn (1989,1997, 2000); Lecce (2000); Burn vd. (1997), Guttman, (1993); Soltani ve Modarres, (2006), Demirel (2004), Turan (2005), Kâhya vd. (2007), Demirel vd. (2007), Isik ve Singh (2009) Fırat vd. (2012,2013), Dikbaş vd. (2011), Karahan (2011), Alemaw ve Chaoka (2016) gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarıdır.

Ancak yazarın literatür araştırması sonucunda yağış şiddetleri verileri kullanarak yapılmış kümeleme çalışmalarının sınırlı sayıda bulunduğu görülmüştür.

Önerilen bu çalışmada Bulanık C Ortalamalar kümeleme yöntemi kullanılarak Karadeniz bölgesindeki istasyonların Standart Süreli Yağış Şiddeti (SSYŞ) verilerine göre homojen alt bölgelere ayrılması amaçlanmaktadır. Bunun için Karadeniz bölgesinde yer alan 15 ile ait 18 meteoroloji gözlem istasyonuna ait veriler kullanılmış olup kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye Maksimum Yağışları ve Tekerrür Analizlerinde, en az 10 yıl güvenilir gözlemi olan plüviyografli istasyonların yağış verileri kullanılmaktadır. Yıllık olarak Standart Zamanlardaki (5. 10. 15. 30. 60. 120. 180. 240. 300. 360. 480. 720. 1080 ve 1440 dakika) Maksimum Yağış Değerleri (SSMY) tespit edilmektedir. Örnek veri seti Tablo 1 de bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Karadeniz Bölgesine ait gözlem yapılan 15 ile ait 18 istasyonun Standart Sürelerde Gözlenen Maksimum Yağış Değerleri (SSMY) verilerinden elde edilen Standart Süreli Yağış Şiddetleri (SSYŞ) verileri kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan istasyonların coğrafi konum ve gözlem periyotlarına ilişkin bilgiler Tablo 2’de verilmiştir. İstasyonların çalışma alanındaki dağılımı Şekil 1’de verilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Bulanık C Ortalamalar

Bu çalışmada ortak özellik taşıyan veri setlerinin kümeleme işlemi, literatürde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan Bulanık C-Ortalamalar (Fuzzy C-Means) yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Bezdek, 1981).

Fuzzy c-means algoritmasının en önemli özelliği olan üyelik matrisinin kümeleme üzerinde olumlu etkileri vardır. Bu matris belirsiz durumların tanımlanmasını kolaylaştırır (Azem, 2013). Ayrıca üyelik dereceleri düşük olduğundan sıra dışı verilerin etkisi azdır. Esnek bir yapıya sahiptir. Örtüşen kümeleri bulma kabiliyeti diğer bölünmeli algoritmalarla göre daha fazladır.

Bulanık c-ortalamalar yönteminde, kümeleme işlemi tanımlanan bir amaç fonksiyonunun

minimize edilmesiyle yapılmaktadır. Yöntem, aşağıdaki hesap adımlarına göre kümeleme işlemini yapmaktadır:

$X = \{x_j\}_{j=1}^n \subseteq R^d$ kümelenen n adet veri setini ve c küme sayısını göstermek üzere, X veri setinin

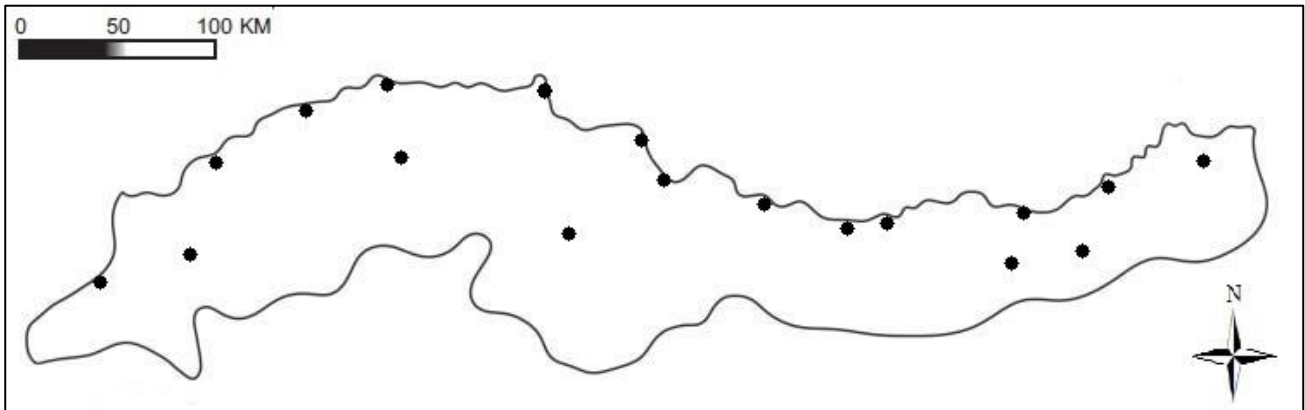
c adet kümeye bölünebilmesi için $c \times n$ boyutunda ve aşağıdaki koşulları sağlayan üyelik fonksiyonu matrisinin, $U = [u_{ij}]$ başlangıçta rastgele olarak oluşturulmaktadır.

Tablo 1. SSMY Örnek Veri Seti (mm)

Gözlem Yılı	5	10	15	30	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440
1957	3.9	7.7	9.2	17.7	18.9	22.7	23	23.6	23.9	23.9	24.8	37.7	38.6	39.7
1958	5	8	8.8	12.1	12.1	12.5	13.6	14.7	16	16.4	18.6	23.4	35.2	46.9
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2009	8.2	10.6	13.3	15.9	19.4	21.2	21.2	25.4	26.8	32.4	42.8	51.5	58.4	61
2010	5.9	7.1	8.5	11.2	13.9	16.8	18.5	25.6	27.4	31.7	36.4	41.8	56.7	67.2

Tablo 2. İstasyonların Konum ve Gözlem Bilgileri

Sıra No	İstasyon No	İstasyon Adı	Gözlem Periyodu	Rakım (m.)	Enlem (K)	Boylam (D)
1	17045	Artvin	1965-2010	613	41.1752	41.8187
2	17020	Bartın	1966-2010	33	41.6248	32.3569
3	17089	Bayburt	1966-2010	1584	40.2547	40.2207
4	17070	Bolu	1949-2010	743	40.7329	31.6022
5	17084	Çorum	1958-2010	776	40.5461	34.9362
6	17072	Düzce	1965-2010	146	40.8437	31.1488
7	17034	Giresun	1966-2010	38	40.9227	38.3878
8	17088	Gümüşhane	1966-2010	1216	40.4598	39.4653
9	17024	İnebolu	1959-2010	64	41.9789	33.7636
10	17074	Kastamonu	1948-2010	800	41.371	33.7756
11	17033	Ordu	1965-2010	5	40.9838	37.8858
12	17624	Ünye	1966-2010	16	41.143	37.293
13	17040	Rize	1940-2010	3	41.04	40.5013
14	17622	Bafra	1965-2010	103	41.5515	35.9247
15	17030	Samsun	1957-2010	4	41.3435	36.2553
16	17026	Sinop	1965-2010	32	42.0299	35.1545
17	17037	Trabzon	1957-2010	25	40.9985	39.7649
18	17022	Zonguldak	1945-2010	135	41.4492	31.7779



Şekil 1. İstasyonların Coğrafyada Dağılımı

$$0 \leq u_{ij} \leq 1; i = 1, 2, 3, \dots, c; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^c u_{ij}; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n u_{ij} > 0; i = 1, 2, 3, \dots, c \quad (3)$$

burada, u_{ij} , i -nolu küme merkezinden j -nolu veri noktasına olan üyelik değerini göstermektedir. Hesaplanan üyelik değerleri kullanılarak aşağıdaki amaç fonksiyonunun minimize edilmesiyle kümeleme işlemi yapılmaktadır.

$$J_m(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n u_{ij}^m \|x_j - v_i\|^2 \quad (4)$$

Burada m üyelik değerlerinin ağırlıklarını ayarlamakta kullanılan bulanıklık terimini ($1 \leq m \leq 2$), $\|\bullet\|$, normu ve $V = \{v_i\}_{i=1}^c \subset R^d$ ise her bir küme merkezini içeren çözüm vektörünü göstermektedir. Bu çalışmada; Öklid normu kullanılmıştır. Küme merkezleri,

Denklem (4)'ün V 'ye göre kısmi türevinin alınıp sıfıra eşitlenmesiyle aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m x_j}{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m} \quad i = 1, 2, 3, \dots, c \quad (5)$$

Bu aşamadan sonra, hesaplanan küme merkezleri için yeni uygunluk değerleri, Denklem (4)'ün U 'ya göre kısmi türevinin alınarak sıfıra eşitlenmesi sonucu Denklem (6) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$u_{ij} = \left(\sum_{k=1}^c \left(\frac{\|x_j - v_i\|}{\|x_j - v_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right)^{-1} \quad i = 1, 2, 3, \dots, c; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

Denklem 6 kullanılarak güncellenen üyelik değerleri ile Denklem 4 ile 6 arasındaki işlemler tekrar yapılmakta ve aşağıda tanımlanan durma koşulu sağlanıncaya kadar devam etmektedir.

$$\|V^{(l+1)} - V^{(l)}\| < \zeta \quad (7)$$

Denklem 7'de, $V^{(l+1)}$ ve $V^{(l)}$ değerleri sırasıyla $l+1$ ve l -inci iterasyonlardaki küme merkezlerini, ζ ise iki iterasyon arasında sağlanması gereken hoşgörü değerini ifade etmektedir.

Bulanık C Ortalamalar yöntemi ile literatürde kullanılan diğer kümeleme yöntemlerinin tümünde karşılaşılan en önemli sorun, hesap başlangıcında ki küme sayısının seçilmesidir. Ancak, gerçekte küme sayısının ne olması gerektiği de bilinmeyen olup, veri setine bağlı olarak değişim göstermektedir.

Bu nedenle, küme sayısının değerini belirlemek için çeşitli indeksleme yaklaşımları geliştirilmiş ve küme sayıları bu indeks değerlerine göre belirlenmiştir (Pal vd., 1995; Velthuzien vd., 1997; Sugar ve James, 2003; Shen vd., 2005; Zhang vd., 2008). Bu indeksleme yöntemlerinde maksimum küme sayısının önceden seçilmesi gerekmektedir. Ancak; maksimum küme sayısının belirlenmesinde araştırmacılar arasında genel bir uzlaşa bulunmamasına rağmen, araştırmacıların çoğunluğunun maksimum küme sayısının istasyon sayısının karekökünden küçük olması gerektiği konusunda uzlaştıkları Zhang vd. (2008) tarafından ifade edilmektedir.

2.2.2. Standart Normal Homojenlik Testi

Alexandersson tarafından geliştirilen bu yöntem birçok iklimsel ve hidrolojik büyüklüğün test edilmesinde başarı ile kullanılmıştır (Alexandersson, 1986). Bu yöntemin esnek ve basit bir kullanımı vardır. Alexandersson incelenen serinin bir "c" noktasını referans olarak ikiye böler ve Denklem (8) ile $T(c)$ değerini hesaplar.

$$T(c) = c * \overline{Z_1} + (n - c) * c * \overline{Z_2} \quad c = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$\overline{Z_1} = \sum_{i=1}^c \left(\frac{(y_i - \bar{y}) / \sigma}{c} \right) \quad \text{ve} \quad \overline{Z_2} = \sum_{i=1+c}^n \left(\frac{(y_i - \bar{y}) / \sigma}{(n - c)} \right), \text{dir.}$$

Değişim eğer bir "h" noktasında meydana gelirse $c=h$ noktasında $T(c)$ maksimum değere ulaşır. T_0 test istatistiği ise Denklem (9) ile hesaplanmaktadır. T_0 test değeri tablo değerinin aşar ise sıfır hipotezi reddedilir.

$$T_0 = \max_{1 \leq c \leq n} T(c) \quad (9)$$

3. Bulgular

Bulanık C Ortalamalar ile Karadeniz bölgesindeki istasyonların yağış şiddetlerine göre sınıflandırılmasında, istasyonlara ait standart süreli yağış şiddeti verileri ve yükselti verileri kullanılmıştır. Sınıflandırma yapılırken $c=3$ ve $c=4$ olarak alt kümeler belirlenmiştir. Bulanık C Ortalamalar yöntemi ile sınıflandırma yapılırken Matlab R.2015b ortamında yazılan program kullanılmıştır. Bulanık C Ortalamalar yöntemi ile küme sayısı 3 ve 4 olacak şekilde hazırlanan haritalar Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmektedir. Bulanık C Ortalamalar ile kümeleme analizi sonuçlarına göre seçilen küme sayılarına göre

iterasyon sayısı ve fonksiyon değeri sonuçları Tablo 3'te verilmektedir.

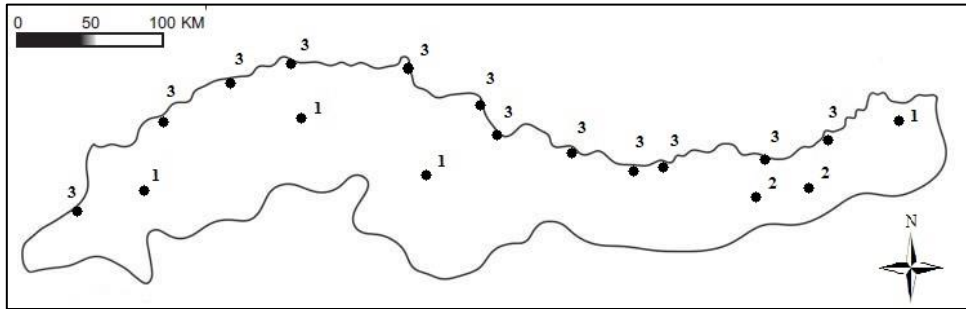
Küme sayısı 3 olarak seçildiğinde Şekil 2'de görüleceği üzere; Karadeniz sahil şeridi bir küme (3 numaralı küme), Bolu, Kastamonu, Çorum ve Artvin istasyonları ikinci kümeyi (1 numaralı küme) ve İç Doğu Karadeniz'de yer alan Gümüşhane ve Bayburt istasyonları üçüncü ve son kümeyi (2 numaralı küme) oluşturmaktadır. Küme sayısı 4 olarak seçildiği zaman Şekil 4'te de görüleceği gibi iç doğu bölümünde yer alan 2 numaralı küme ile sahil şeridindeki 3 numaralı kümelerde bir değişiklik gözükmezken, 1 numaralı kümede yer alan Artvin istasyonu 4 numaralı kümeyi oluştururken, 1 numaralı kümedeki diğer istasyonlar kümeyi oluşturmaktadır.

Tablo 3. Veri Sayısına Bağlı %99 ve % 95 Güven Seviyesi T_0 Değerleri

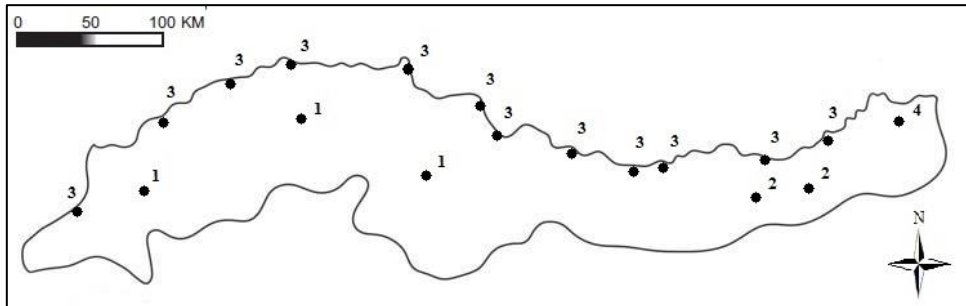
N	20	30	40	50	70	100
%99	9.11	10.15	10.77	11.19	11.73	12.22
%95	6.95	7.75	8.10	8.45	9.80	9.15

Tablo 4. Kümeleme Analizi Sonuçları

Küme Sayısı	İterasyon Sayısı	Fonksiyon Değeri
3	65	10844.582673
4	51	4368.78601



Şekil 2. $c=3$ için kümelerin coğrafyada gösterimi



Şekil 3. $c=4$ için kümelerin coğrafyada gösterimi

Küme sayısının $c=3$ ve $c=4$ olduğu her iki durumda da, alt kümelerdeki istasyonların birbirlerine yakın yağış şiddetlerine ve yükselti değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Bulanık C Ortalamalar yöntemi kullanılarak $c=3$ ve $c=4$ seçilerek belirlenen alt kümelerle ait bölgesel minimum, maksimum ortalama, standart sapma (σ) ve çarpıklık (Sk) katsayısı gibi istatistiksel değerler Tablo 3 ve Tablo 4'te

verilmiştir. Bulanık C Ortalamalar ile alt bölgelerin oluşturulmasından sonra 0.05 anlamlılık seviyesinde Standart Homojenlik Testi belirlenen alt kümelerle uygulanmıştır. Standart Normal Homojenlik Testine ait $C=3$ için bütün alt kümelerle ait sonuçlar ile $c=4$ durumundaki 1 numaralı kümeye ait sonuçlar Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 5. $c=3$ İçin Kümelere Ait İstatistikler (mm/dk)

Küme No	İstasyon Sayısı	I_{min}	I_{maks}	I_{ort}	σ	Sk
1	4	0.009722	4.800000	0.320074	0.479115	2.743539
2	2	0.009630	2.640000	0.236075	0.34559	2.599559
3	12	0.013958	4.880000	0.459322	0.58043	2.13134

Tablo 6. $c=4$ İçin Kümelere Ait İstatistikler (mm/dk)

Küme No	İstasyon Sayısı	I_{min}	I_{maks}	I_{ort}	σ	Sk
1	3	0.009722	4.800000	0.339764	0.506904	2.64285
2	2	0.009630	2.640000	0.236075	0.34559	2.599559
3	12	0.013958	4.880000	0.459322	0.58043	2.13134
4	1	0.013333	2.280000	0.238969	0.32941	2.557973

Tablo 7. $c=3$ ve $c=4$ için SNHT Değerleri ve Kritik Değerler

Küme No	İstasyon Sayısı	SNHT	Kritik Değer
1	4	3.805497	7.5732
2	2	0.097504	6.7947
3	12	1.47909	8.9939

Küme No	İstasyon Sayısı	SNHT	Kritik Değer
1	3	1.01875	7.2398

4. Tartışma ve Sonuç

Araştırmada, Karadeniz bölgesinde yer alan 18 meteoroloji gözlem istasyonunun, standart süreli yağış şiddeti değerleri kullanılarak sınıflandırılması ve homojen alt bölgelerin oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada Bulanık C Ortalamalar yöntemi seçilmiş ve yöntemin girdilerini, istasyonlara ait yükselti ve yağış şiddeti değerleri oluşturmaktadır.

Çalışmanın sonucunda benzer yağış şiddeti ve yükselti özelliklerine sahip alt bölgeler belirlenmiş olup, İki farklı küme sayısı seçilerek yapılan bu çalışmada oluşturulan alt kümelerin ortalama yükseltilerinin birbirlerine yakın, iklimsel ve bitki örtüsü açısından da benzer özellikte olduğu görülmektedir. Seçilen çalışma bölgesi için alt küme sayısı 3 olarak

belirlendiğinde Artvin istasyonunun bulunduğu kümedeki, bu istasyonun küme içi diğer istasyonlara göre coğrafi olarak bütünlük sağlamadığı, yükselti ve yağış şiddeti değerlerinin de farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Küme sayısı 4 olarak seçilmesi halinde Artvin istasyonunun tek başına yeni kümeyi oluşturması, diğer alt kümelerinde kendi aralarında coğrafi olarak ve yağış şiddeti değerleri ile bütünlük sağlanmıştır. Tablo 7'de belirtilen SNHT tablosu incelediğimiz durumda $c=3$ için bütün alt kümelerin homojen yapıda olduğu belirlenmiştir. $c=4$ durumunda 1 numaralı kümeden Artvin İstasyonunun ayrılması durumunda SNHT değerinin daha da küçüldüğü, kümenin daha homojen bir hale geldiği görülmüş olup, 2 ve 3 numaralı kümelerin değerlerinde bir değişim bulunmamaktadır. Karadeniz bölgesi için yağış şiddeti ve yükselti özellikleri kullanılarak belirlenen homojen alt bölgelerin, homojenlik testi

sonuçları ve coğrafi bütünlük açısından alt küme sayısının 4 olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Yazar, çalışmaya katkılarından dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ve değerli görüş, önerilerinden dolayı editörlere, danışmanlara ve hakemlere teşekkürlerini sunar.

5. Kaynakça

- Alexandersson H. 1986. "A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data", *Journal of Climatology*, Cilt 6, s.661-675.
- 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.
- Alemaw, F.B., Chaoka, R.T., 2016. Regionalization of Rainfall Intensity Duration Frequency (IDF) Curves in Botswana, *Journal of Water Resource and Protection*, 2016, 8, 1128-1144.
- Azem, Z., 2013, A Comprehensive Cluster Validity Framework For Clustering Algorithms, MSc Thesis, The University of Guelph, Canada, 15-19.
- Bezdek, J.C., 1981. Pattern Recognition With Fuzzy Objective Function Algorithms, Plenum Press, New York.
- Burn, D.H., 1989. Cluster Analysis as Applied to Regional Flood Frequency. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 115, 567-582.
- Burn, D.H., 1997. Catchment Similarity for Regional Flood Frequency Analysis using Seasonality Measures. *Journal of Hydrology*, 202, 212-230.
- Burn, D.H., Zrinji, Z., ve Kowalchuk, M., 1997. Regionalization of Catchments for Regional Flood Frequency Analysis. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2(2), 76-82.
- Burn, D.H. ve Goel, N.K., 2000. The Formation of Groups for Regional Flood Frequency Analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 45(1), 97-112.
- Demirel, M.C. 2004. Cluster Analysis of Streamflow Data over Turkey. Master of Science Thesis. İstanbul Technical University, 119p.
- Demirel, M.C., Mariano, A.J. ve Kahya, E., 2007. Performing K-Means Analysis to Drought Principal Components of Turkish Rivers. *Hydrology Days*, 145-151.
- Dikbaş, F., Firat, M., Koç, A.C. ve Gungor, M., 2011. Classification of Precipitation Series Using Fuzzy Cluster Method, *International Journal of Climatology* DOI: 10.1002/joc.2350.
- Firat, M., Dikbaş, F., Koç, A.C. ve Gungor, M., 2012. K-Ortalamlar Yöntemi ile Yıllık Yağışların Sınıflandırılması ve Homojen Bölgelerin Belirlenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 6037-6050.
- Firat, M., Dursun, Ö.F., Aydoğdu, M. ve Dikbaş, F., 2013. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Yöntemi ile Türkiye Akarsularındaki Askı Maddesi Konsantrasyonu ve Miktarının Sınıflandırılması, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 61-67.
- Guttman, N.B., 1993. The use of L-Moments in the Determination of Regional Precipitation Climates. *Journal of Climate* 6, 2309-2325.
- Isik, S. Ve Singh, V.P., 2009. Hydrologic Regionalization of Watersheds in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*. 13(9), 824-834.
- Kahya, E., Demirel, M.C. ve Piechota, T.C., 2007. Spatial Grouping of Annual Streamflow Patterns in Turkey. *Hydrology Days*, 169-176.
- Karahan H. "Bölgesel Yağış-Şiddet-Süre-Frekans Bağıntılarının Diferansiyel Gelişim Algoritması Kullanılarak Elde Edilmesi", TÜBİTAK (108Y299), Sonuç Raporu, 2011.
- Lecce, S.A., 2000. Spatial Variations in the Timing of Annual Floods in the Southeastern United States. *Journal of Hydrology*, 235, 151-169.
- Mosley M.P., 1981. Delimitation of New Zealand Hydrologic Regions. *Journal of Hydrology*, 49, 173-192.

- Pal, N.R ve Bezdek, J.C., 1995. on Cluster validity fort he fuzzy c-means model, IEEE Transactions On Fuzzy Systems, 3,370-379.
- Shen, J., Chang, S. I., Lee, E. S., Deng, Y. ve Brown ,S.J., 2005. Determination of cluster number in clustering microarray data Judong, Applied Mathematics and Computation, 169, 1172–1185.
- Soltani, S. ve 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.
- Sugar, C. A. ve James, G.M., 2003. Finding the number of clusters in a data set: an information-theoretic approach, Journal of the American Statistical Association, 98, 750-763.
- Turan, A., 2005. Türkiye Akarsu Verimlerinin Küme Analizi ile Sınıflandırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 155s.
- Velthuizen, R. P., Hall, L. O., Clarke L. P. Ve Silbiger, M.L., 1997. An investigation of mountain method clustering for large data stes, Pattern Recognition, 30, 1121-1135.
- Zhang, Y., Wang, W., Zhang, X. ve Li, Y., 2008. A cluster validity index for fuzzy clustering, Information Sciences, 178,1205–1218.