

Karadeniz Bölgesi Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının Rüzgâr Hızı Değerleri Kullanılarak Kümeleneşmesi

Gürkan Kır¹ , Aslı Ülke Keskin¹ , Utku Zeybekođlu² 

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliđi Bölümü, Samsun

²Sinop Üniversitesi, Boyabat Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Boyabat, Sinop

Geliş Tarihi / Received Date: 02.04.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 22.06.2023

Öz

Son yıllarda küresel iklim değişikliği etkilerinden kaynaklanan afet sayılarında hissedilebilir bir artış görölmektedir. Bu kapsamda iklim değişikliği etkilerini azaltmak amacıyla ölkemizde ve dünyada çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. İklim değişikliğinden etkilenen bölgelerin iklim parametreleri bakımından benzer sınıflara ayrılması bu bölgelerde yapılacak olan çalışmalarda benzer yöntemlerin uygulanması açısından önemlidir. Böylece iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak amacıyla yapılacak olan çalışmalarda doğru bir stratejinin belirlenmesi sağlanacaktır. Çalışma kapsamında değerlendirilen gözlem kayıtları Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait Karadeniz Bölgesinde yer alan 31 istasyondan periyodu 1982-2020 yılları arasını kapsayacak şekilde yıllık ortalama rüzgâr hızı gözlemleri kullanılmıştır. Bulanık C-Ortalamlar ve K-Ortalamlar yöntemleri kullanılarak kümeleme analiz çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda optimum küme sayısı Siluet indeksi ile tespit edilmiştir. Rüzgâr hızı serileri için en uygun sınıflandırma, küme sayısı 5 seçilerek K-Ortalamlar yöntemi ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: kümeleme, rüzgâr hızı, k-ortalamlar, bulanık c-ortalamlar

Clustering of Black Sea Region Meteorology Observation Stations Using Wind Speed Values

Abstract

In recent years, there has been a noticeable increase in the number of disasters caused by the effects of global climate change. In this context, various studies are carried out in our country and in the world in order to reduce the effects of climate change. The classification of regions affected by climate change into similar classes in terms of climate parameters is important in terms of applying similar methods in studies to be carried out in these regions. Thus, a correct strategy will be determined in the studies to be carried out in order to reduce the effects of climate change. Observation records evaluated within the scope of the study, annual average wind speed observations from 31 stations in the Black Sea Region belonging to the General Directorate of Meteorology, covering the period between 1982 and 2020, were used. Cluster analysis was carried out using the Fuzzy C-Means and K-Means methods. As a result of the study, the optimum number of clusters was determined by Silhouette index analysis. The most suitable classification for the wind speed series was obtained by the K-Means method by choosing the number of clusters as 5.

Keywords: clustering, wind speed, k-means, fuzzy c-means

Giriş

Yağış, sıcaklık ve rüzgâr gibi çeşitli meteorolojik parametrelerin ekstrem değerleri olarak tanımlanan iklim, belirli bir zaman aralığında belirli bir konum için atmosferin kolektif durumudur (Demircan vd., 2017). Bu kolektif yapıya ait parametrelerin uzun dönem ortalamalarında 1950'li yılların ortalarına kadar değişim olmadığı kabul edilmekteydi. 20. yüzyıla doğru ilerlerken sanayi alanında yaşanan hızlı gelişmeler; doğal kaynakların plansızca tüketilmesine, çevre kirliliğinin insan sayısı ile orantılı olarak artmasına ve atmosfere yoğun miktarda sera gazı salınımına neden olmuştur. Bu doğrultuda atmosferde ısı tutma özelliğine sahip sera gazı, zamanla iklim parametrelerinde değişiklikler meydana getirmeye başlamıştır. İklim parametrelerinde meydana gelen bu değişiklikler küresel iklim değişikliği olarak adlandırılmaktadır. (Gündüz ve Zeybekoğlu, 2022; Özkoca, 2015; Türkes, 2010).

Küresel ölçekte gerçekleşen iklim değişikliği yerelde etkilerini taşkın, sel, kuraklık ve fırtına gibi farklı afetler şeklinde göstermektedir. Son yıllarda birçok makaleye konu olan küresel iklim değişikliğinin gün geçtikçe etkisini arttırması insan hayatını ekonomik ve sosyal alanda olumsuz etkilemektedir. Bu doğrultuda iklim değişikliğini anlamak ve bu kapsamda önlemler almak için gerçekleştirilen çalışmalar da giderek önem kazanmaktadır. İklim parametreleri bakımından benzerlik gösteren bölgelerin sınıflara ayrılması; iklim değişikliği ile mücadele, su kaynaklarının korunması ve arazi kullanımının planlanması gibi farklı çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Erinç (1949), Thorntwaite yöntemiyle Türkiye'de bulunan 53 meteoroloji istasyonundan alınan yağış ve sıcaklık verilerini 4 farklı iklim bölgesi için sınıflandırmıştır. Bu çalışma ile Türkiye coğrafyasının yeterli veri ile bölgesel ve ayrıntılı sınıflandırılması ilk kez gerçekleştirilmiştir. Türkes (1996), Kraus tarafından 1977 yılında önerilen Normalizasyon Prosedürü yöntemi yardımıyla Türkiye'nin yağış verilerini sınıflandırmıştır. 1930-1993 periyodundaki özelemlerin kullanıldığı çalışmada 7 farklı bölge tespit edilmiştir. Kulkarni ve Kripalani (1998), Bulanık C Ortalamalar yöntemi ile Hindistan yağış verilerinin benzerlik gösteren sınıflarını tespit etmişlerdir. 1871-1984 periyodundaki yağış verileri kullanılarak 306 meteoroloji gözlem istasyonu 4 farklı kümeye ayrılmıştır. Ünal vd. (2003), 5 farklı kümeleme yöntemi ile Türkiye'de yer alan ve periyodu 1951-1998 yılları arasında kapsayan sıcaklık ve yağış verilerinin benzerlik gösteren sınıflarını belirlemişlerdir. Tek Bağlantı, Tam Bağlantı, Merkez, Ward'ın Minimum Varyansı ve Ortalama Mesafe yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada en etkili yöntemin Ward metodu olduğu belirtilmiştir. Soltani ve Modarres (2006), İran'da bulunan 28 adet meteoroloji istasyonuna ait yağış verilerini hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri yardımıyla benzerlik gösteren sınıflara ayırmışlardır. 8 farklı sınıfın belirlendiği çalışmada Ward metodu ve K-Ortalamları algoritması kullanılmıştır. Sönmez ve Kömüçü (2008), Türkiye'nin yağış bölgelerini belirledikleri çalışmalarında K-Ortalamları algoritmasından yararlanmışlardır. 148 meteoroloji istasyonundan temin edilen ve 1977-2006 yılları arasında kapsayan aylık toplam yağış serilerini kullanıldığı çalışmada 6 farklı yağış bölgesi tespit edilmiştir. Şahin (2009), Türkiye'nin benzer iklim sınıflarını belirlemek amacıyla 150 meteoroloji istasyonundan temin edilen aylık ortalama sıcaklık, aylık bağıl nem ve aylık toplam yağış verilerini kullanmıştır. Ward, Kohonen Yapay Sinir Ağı ve Bulanık Yapay Sinir Ağı yöntemlerinden kullanılarak 7 farklı bölge tespit edilmiştir. Dikbaş vd. (2011), Bulanık C-Ortalamları yöntemiyle Türkiye'deki 188 istasyona ait 1967-1998 kayıtlarını kullanarak 6 farklı yağış bölgesi belirlemişlerdir. Şahin ve Cığızoğlu (2012), Ward metodu ve Bulanık Yapay Sinir Ağı yöntemlerini kullanarak Türkiye'nin alt iklim ve alt yağış rejimi sınıflarını belirlemişlerdir. 232 meteoroloji istasyonunun 1974-2002 periyodundaki yağış, sıcaklık ve nem verileri kullanılarak 7 yağış rejimi bölgesi ve 7 iklim bölgesi tespit edilmiştir. Fırat vd. (2012), Türkiye'de bulunan 188 yağış gözlem istasyonunda ölçülmüş olan ve periyodu 1967-1998 yılları arasında kapsayan yıllık toplam yağışların benzer özellik gösteren sınıflarını K-Ortalamları yöntemini kullanarak 7 farklı benzer özellik gösteren bölge belirlemişlerdir. İyigün vd. (2013), Ward metodu kullanarak yağış, sıcaklık ve bağıl nem verileri ile kümeleme analiz çalışması gerçekleştirmişlerdir. Türkiye'de bulunan 244 adet meteoroloji istasyonundan temin edilmiş olup periyodu 1970-2010 yılları arasında kapsamaktadır. Çalışma sonucunda 14 farklı küme tespit edilmiştir. Rau vd. (2017), Peru Pasifik yamacı ve kıyısına ait yağış verilerini benzer özellik gösteren bölgelere ayırmışlardır. Bölgesel Vektör Yöntemi ve K-Ortalamları algoritması kullanılarak 9 farklı yağış bölgesi tespit edilmiştir. Zeybekoğlu ve Ülke Keskin (2020),

Bulanık C-Ortalamlar algoritmasını kullanarak yağış şiddeti serilerini gözlem istasyonlarına ait enlem, boylam ve yükseklik değerlerini de ekleyerek kümeleme analizi gerçekleştirmiştir. Türkiye’de bulunan 95 adet meteoroloji gözlem istasyonunun 5 farklı küme oluşturduğu tespit edilmiştir.

Literatürde iklim sınıflarının belirlenmesi üzerine yurt içinde ve yurt dışında pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde iklim parametresi olarak daha çok yağış ve sıcaklıklar üzerinde durulduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında Bulanık C-Ortalamlar ve K-Ortalamlar yöntemlerinin birlikte kullanılarak elde edilen sonuçların Siluet analizi ile değerlendirilmesine iklim çalışmalarında çok fazla rastlanmamaktadır (Kır, 2021). Bu doğrultuda çalışmanın amacı Karadeniz Bölgesi rüzgâr hızı serilerini farklı kümeleme algoritmaları kullanılarak benzer kümeleri belirlemektir. Bulanık C-Ortalamlar ve K-Ortalamlar yöntemleri ile farklı küme sayıları için gerçekleştirilen analizlerde en uygun küme sayısı Siluet indeksi analizi ile belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinde, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 31 gözlem istasyonunda 1982-2020 (39 yıl) yılları arasında kaydedilen rüzgâr hızı gözlemleri kullanılmıştır. Temin edilen verilerin istatistiki açıdan yeterli olabilmesi için en az 30 yıl kayıt uzunluğuna sahip olmasına dikkat edilmiştir (Kite, 1991). Çalışmada kullanılan gözlem istasyonları Karadeniz Bölgesindeki 17 farklı ilde yer almaktadır. İstasyonlardan 11 tanesi Batı Karadeniz’de (Düzce, Akçakoca, Bolu, Zonguldak, Bartın, Amasra, Kastamonu, İnebolu, Bozkurt, Sinop), 10 tanesi Orta Karadeniz’de (Samsun, Bafra, Çorum, Osmaniye, Amasya, Merzifon, Tokat, Zile, Ordu, Ünye), geriye kalan 10 tanesi ise Doğu Karadeniz’de yer almaktadır (Giresun, Şebinkarahisar, Trabzon, Akçaabat, Gümüşhane, Bayburt, Rize, Pazar, Artvin, Hopa). İstasyonların coğrafyadaki dağılımı Şekil 1’de gösterilmiştir. İstasyonların coğrafi konum bilgileri ile verilere ait temel istatistikleri Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının Dağılımı

Tablo 1. İstasyon Bilgileri

İstasyon	Enlem (K)	Boylam(D)	Rakım (m)
Düzce	40°50'37.3"	31°08'55.7"	146
Akçakoca	41°05'22.2"	31°08'14.6"	10
Bolu	40°43'58.4"	31°36'07.9"	743
Zonguldak	41°26'57.3"	31°46'40.5"	135
Bartın	41°37'29.3"	32°21'24.8"	33
Amasra	41°45'09.4"	32°22'57.7"	73
Kastamonu	41°22'15.6"	33°46'32.2"	800
İnebolu	41°58'44.0"	33°45'49.0"	64
Bozkurt	41°57'34.9"	34°00'13.3"	167
Tosya	41°00'47.5"	34°02'12.1"	870
Çorum	40°32'46.0"	34°56'10.3"	776
Osmancık	40°58'43.3"	34°48'04.0"	419
Sinop	42°01'47.6"	35°09'16.2"	32
Amasya	40°40'00.5"	35°50'07.1"	409
Merzifon	40°52'45.5"	35°27'30.6"	754
Samsun	41°20'39.0"	36°15'23.0"	4
Bafra	41°33'05.4"	35°55'28.9"	103
Tokat	40°19'52.3"	36°33'27.7"	611
Zile	40°17'45.6"	35°53'25.8"	719
Ordu	40°59'01.7"	37°53'08.9"	5
Ünye	41°08'34.8"	37°17'34.8"	16
Giresun	40°55'21.7"	38°23'16.1"	38
Şebinkarahisar	40°17'13.9"	38°25'09.5"	1364
Gümüşhane	40°27'35.3"	39°27'55.1"	1216
Trabzon	40°59'54.6"	39°45'53.6"	25
Akçaabat	41°01'57.0"	39°33'41.4"	3
Bayburt	40°15'16.9"	40°13'14.5"	1584
Rize	41°02'24.0"	40°30'04.7"	3
Pazar	41°10'39.7"	40°53'57.5"	78
Artvin	41°10'30.7"	41°49'07.3"	613
Hopa	41°24'23.4"	41°25'58.8"	33

Tablo 2. Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı Verilerinin Temel İstatistikleri (m s⁻¹)

İstasyon	Ortalama	S. Sapma	Min.	Mak.	Varyasyon	Çarpıklık
Düzce	0.98	0.14	0.69	1.18	0.14	-0.45
Akçakoca	1.86	0.25	1.38	2.48	0.14	0.52
Bolu	1.31	0.14	0.63	1.48	0.11	-3.32
Zonguldak	2.34	0.22	1.92	2.94	0.09	0.16
Bartın	1.29	0.17	0.97	1.67	0.13	0.44
Amasra	4.78	0.46	4.03	5.59	0.10	-0.01
Kastamonu	1.34	0.16	1.08	1.76	0.12	0.82
İnebolu	3.56	0.51	2.64	4.33	0.14	-0.32
Bozkurt	2.21	0.25	1.57	2.89	0.11	0.45
Tosya	1.93	0.36	1.02	3.73	0.19	2.86
Çorum	1.73	0.21	1.18	2.21	0.12	-0.04
Osmancık	1.06	0.47	0.03	1.72	0.45	-1.00
Sinop	2.84	0.35	1.97	3.61	0.12	-0.09
Amasya	1.57	0.32	1.08	1.99	0.20	-0.25
Merzifon	0.95	0.39	0.23	1.55	0.41	-0.26
Samsun	2.14	0.31	1.48	2.67	0.15	-0.36
Bafra	2.19	0.46	0.71	3.23	0.21	-1.09
Tokat	2.19	0.16	1.87	2.56	0.07	0.62
Zile	0.51	0.36	0.13	1.18	0.72	0.76
Ordu	1.47	0.22	1.13	1.91	0.15	0.18
Ünye	1.62	0.22	1.25	2.12	0.14	0.75
Giresun	1.24	0.20	0.63	1.47	0.16	-1.56
Şebinkarahisar	0.92	0.49	0.18	1.72	0.53	-0.09
Gümüşhane	1.70	0.15	1.31	1.93	0.09	-1.02
Trabzon	2.28	0.26	1.52	3.10	0.11	0.05
Akçaabat	1.76	0.37	0.95	2.27	0.21	-0.82
Bayburt	1.67	0.35	1.12	2.21	0.21	-0.16
Rize	1.19	0.22	0.80	1.50	0.19	-0.60
Pazar	1.84	0.31	1.04	2.28	0.17	-0.93
Artvin	1.71	0.24	0.84	1.98	0.14	-2.81
Hopa	2.32	0.21	1.78	2.72	0.09	-0.41

Tablo 2 incelendiğinde en düşük yıllık ortalama rüzgâr hızına sahip olan istasyon 0.51 m s⁻¹ ile Zile istasyonudur. En yüksek yıllık ortalama rüzgâr hızına sahip istasyon ise 4.78 m s⁻¹ ile Amasra istasyonudur.

Bulanık C-Ortalamlar Algoritması

En iyi bilinen bulanık kümeleme algoritması, Bulanık C-Ortalamlar kümeleme tekniğidir. Kesin kümeleme işlevini değiştirerek Bezdek (Bezdek vd., 1984; Bezdek 1980) tarafından tanıtıldı. Kümelerdeki bulanıklık derecesini belirleyen, değeri [1, n] arasında değişen ve n=2 olan bir bulanıklaştırma parametresi (m) fikrini ortaya attı (Vani vd., 2019). Algoritmanın işlem adımları:

Adım 1: Küme merkezlerinin rastgele başlatılması.

$$J_{KM}(X;V)=\sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n D_{ij}^2 \quad (1)$$

Adım 2: Denklem (1) ile Öklid mesafesini kullanarak bir veri noktasından küme merkezlerinin her birine olan uzaklık matrisinin oluşturulması.

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m x_j}{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m}; 1 \leq i \leq c \quad (2)$$

Adım 3: Denklem (3) ile bulanıklaştırma parametresi kullanılarak üyelik matrisinin hesaplanması.

$$u_{ij} = \left(\sum_{k=1}^c \left(\frac{D_{ijA}}{D_{kjA}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right)^{-1}; 1 \leq i \leq c, 1 \leq j \leq n \quad (3)$$

$$J_{KM}(U, \lambda; X) = \sum_{i=1}^c \sum_{t=1}^T u_{it}^m d_{it}^2 \sum_{j=1}^n D_{ij}^2 \quad (4)$$

Adım 4: U_{ij} matrisinin değerleri şuna eşit veya küçük olmalıdır ($U_{ij} \leq 1$).

Adım 5: Yeni ağırlık merkezinin hesaplanması.

Adım 6: Yeni merkezler oluşturularak küme merkezlerini optimize edilmesi.

Adım 7: Veri noktaları için küme atanması.

Girdi: x_1 , veri vektörü; V_i , bulanık kümelerin merkez noktaları; c , bulanık küme sayısı; m , bulanıklaştırma parametresi; U , her örneğe, bir veri örneğinden n 'inci kümeye üyelik değerini gösteren Bulanık üyelik değeri atar; ε - durdurma kriteri; D_{ij} , mesafe ölçüsü ve n , veri noktası sayısı.

Çıktı: Veri noktaları uygun kümelere atanır

Algoritmanın Avantajları (Vani vd., 2019).

- Çakışan veri kümesi için FCM, k-Ortalamalardan daha iyi sonuçlar verir.
- Her bir veri noktası, her küme merkezine bir üyelik değeri ile atanır, sonuç olarak, veri noktası birden fazla küme merkezine ait olabilir.

Algoritmanın Dezavantajları (Vani vd., 2019).

- FCM, küme sayısının önceden belirtilmesini gerektirir.
- Bulanıklaştırıcılık katsayısı ' m 'nin daha düşük değeriyle bile daha fazla yineleme alır.

K-Ortalamalar Algoritması

K-Ortalamalar kümeleme algoritması (Xin vd., 2011), en basit denetimsiz ve zor kümeleme algoritmalarından biridir. Bu yöntem, belirli bir veri setini çeşitli kümelere sınıflandırmak için kullanılır (Vani vd., 2019). Algoritmanın işlem adımları:

Adım 1: Rastgele merkezlerin seçilmesi.

Adım 2: Ağırlık merkezi ve veri noktaları arasındaki mesafenin hesaplanması.

Adım 3: Algoritma gereği, minimum Öklid mesafe ölçüsünü kullanarak veri noktasının kümeye atanması.

$$J_{KM}(X; V) = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n D_{ij}^2 \quad (5)$$

Adım 4: Yeni ağırlık merkezinin hesaplanması.

$$V_i = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{D_{ij}}{n_i}; 1 \leq i \leq c \quad (6)$$

Adım 5: Yeni merkezin eski merkeze eşit olup olmadığının kontrol edilmesi.

Adım 6: Yeni ağırlık merkezi ile eski ağırlık merkezi eşitse program biter, aksi takdirde 2. adıma geçin

Girdi: V merkez numarası; x ve y , ağırlık merkezi ile veri noktaları arasındaki uzaklık merkezi değerleri; x_1 ve y_1 , veri noktasının değerleri; x_{11} ve y_{11} , düzeylerle birlikte yeni merkezin değerleridir; D_{ij} , her veri noktası arasındaki Öklid mesafesi ve merkezler ve n , yineleme sayısı.

Çıktı: Küme sayısı.

Algoritmanın Avantajları (Vani vd., 2019).

- k-ortalamlar algoritmasının anlaşılması daha kolay ve uygulaması basittir.

Algoritmanın Dezavantajları (Vani vd., 2019).

- Çakışan kümeler için etkili değildir
- Heterojen verileri etkili bir şekilde kümeleyemez.
- Karesi alınmış hata fonksiyonunun yerel optimumunu sağlar.
- Küme merkezini rastgele seçmek iyi sonuçlar vermeyebilir.

Silüet Analizi

Rousseeuw (1987) tarafından geliştirilen bu yöntemde veri setindeki her bir elemanın atandığı kümeye uygunluğu $[-1 +1]$ arasında elde edilen silüet indeks değeri ile tanımlanmaktadır. Silüet indeks değerinin pozitif olması elemanın doğru kümeye atandığını, negatif olması ise elemanın yanlış kümeye atandığını ifade etmektedir. Silüet indeks değerinin miktarı ise elemanın atandığı kümeye olan üyelik derecesini göstermektedir (Örneğin tespit edilen Silüet indeks değeri $+1$ ise elemanın kesinlikle doğru kümeye atandığı, -1 ise elemanın kesinlikle yanlış kümeye atandığı anlaşılmaktadır). Silüet indeks değeri Denklem 7 ile hesaplanmaktadır (Günay Atbaş, 2008; Sönmez ve Kömüşçü, 2008).

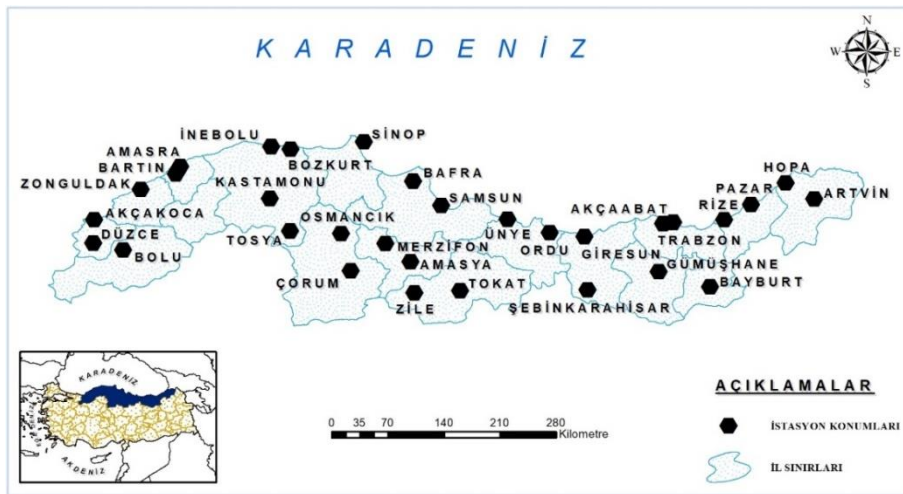
$$S(i) = \frac{\min\{b(i,m)-a(i)\}}{\max\{a(i), \min\{b(i,m)\}\}} \quad (7)$$

Burada, $a(i)$; i . nokta ile aynı kümede yer alan diğer tüm noktalar arasındaki ortalama mesafeyi. $b(i,m)$; i . nokta ile m . kümede yer alan tüm noktalar arasındaki ortalama mesafeyi ifade etmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesindeki 31 istasyona ait periyodu 1982-2020 yılları arasını kapsayan yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin benzer özellik gösteren kümeleri belirlemek amacıyla K-Ortalamlar ve Bulanık C-Ortalamlar algoritmalarından yararlanılmıştır. Analizler bilgisayar ortamında MATLAB R2016a programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada maksimum küme sayısı istasyon sayısının karekökünden küçük olacak şekilde 5 seçilmiştir (Pal ve Bezdek, 1995; Zhang vd., 2008; Karahan, 2011, 2019). Gözlem kayıtları kümeleme analizi yapılmadan önce bu veriler $z = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$ formülü kullanılarak standardize edilmiştir. Burada x_i ; i . sıradaki standardize edilen gözlem. \bar{x} ; veri setinin ortalaması. s , veri setinin standart sapması. z , standardize değer olarak tanımlanmaktadır (Dikbas vd., 2011; Ünal vd., 2003).

2'den başlayarak maksimum küme sayısı olarak belirlenen 5'e kadar her bir küme sayısı için yapılan sınıflandırmada kullanılan istasyonların coğrafyadaki dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kümeleme Analizinde Kullanılan İstasyonların Coğrafyadaki Dağılımı (Kır, 2021)

Karadeniz Bölgesi rüzgâr hızı serilerinin küme sayısı 2, 3, 4 ve 5 seçilerek iki farklı yöntem ile oluşturulan kümeler Şekil 3-9'de, kümelere ait özet bilgiler ise Tablo 3-9'de sunulmaktadır.



Şekil 3. Küme sayısı 2 için K-Ortalamlar ve Bulanık C-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümeler

Yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin K-Ortalamlar ve Bulanık C-Ortalamlar kullanılarak küme sayısı 2 seçildiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçları her iki yöntem için de aynı olup Şekil 3'te gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde A kümesi Batı, Orta ve Doğu Karadeniz'de yer alan 21 istasyondan oluşmaktadır. B kümesi ise Batı, Orta ve Doğu Karadeniz'de yer alan 10 istasyondan oluşmaktadır. Belirlenen kümelerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Küme sayısı 2 için K-Ortalamlar ve Bulanık C-Ortalamlar elde Edilen Kümelerin Özeti ($m s^{-1}$)

Küme	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
A	0.51	1.93	1.41	0.38
B	2.14	4.78	2.68	0.86

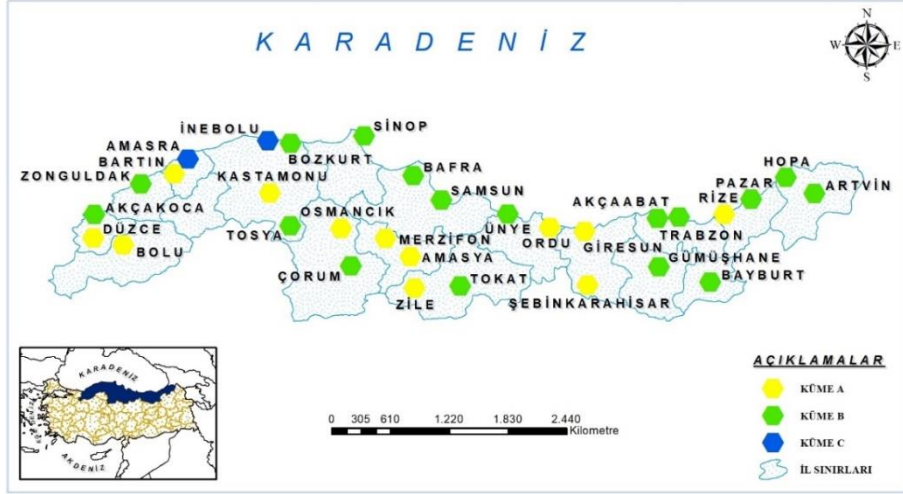


Şekil 4. Küme Sayısı 3 Seçilerek K-Ortalamlar Yöntemi ile Oluşturulan Sınıflar

Yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin K-Ortalamlar kullanılarak küme sayısı 3 seçildiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçları Şekil 4'te gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde C kümesi bir önceki dağılımda yer alan B kümesinin bir alt kümesi olarak ayrıldığı görülmektedir. Burada A ve B kümeleri Batı, Orta ve Doğu Karadeniz'de yer alan sırasıyla 18 ve 11 istasyondan oluşmaktadır. C kümesi ise Batı Karadeniz kıyısında yer alan 2 istasyondan oluşmaktadır. Belirlenen kümelerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Küme Sayısı 3 için K-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümelerin Özeti ($m s^{-1}$)

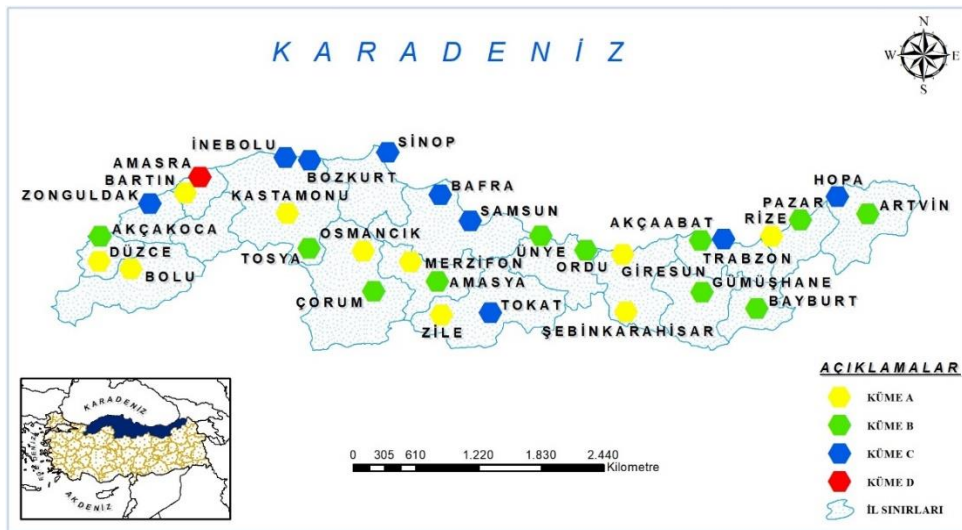
Küme	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
A	0.51	1.76	1.33	0.35
B	1.84	2.84	2.19	0.28
C	3.56	4.78	4.17	0.86

**Şekil 5.** Küme Sayısı 3 için Bulanık C-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümeler

Yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin Bulanık C-Ortalamlar kullanılarak küme sayısı 3 seçildiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçları Şekil 5'te gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde C kümesi bir önceki dağılımda yer alan B kümesinin bir alt kümesi olarak ayrıldığı görülmektedir. Burada A ve B kümeleri Batı, Orta ve Doğu Karadeniz'de yer alan sırasıyla 12 ve 17 istasyondan oluşmaktadır. C kümesi ise Batı Karadeniz'de yer alan 2 istasyondan oluşmaktadır. Belirlenen kümelerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. Küme Sayısı 4 için K-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümelerin Özeti ($m s^{-1}$)

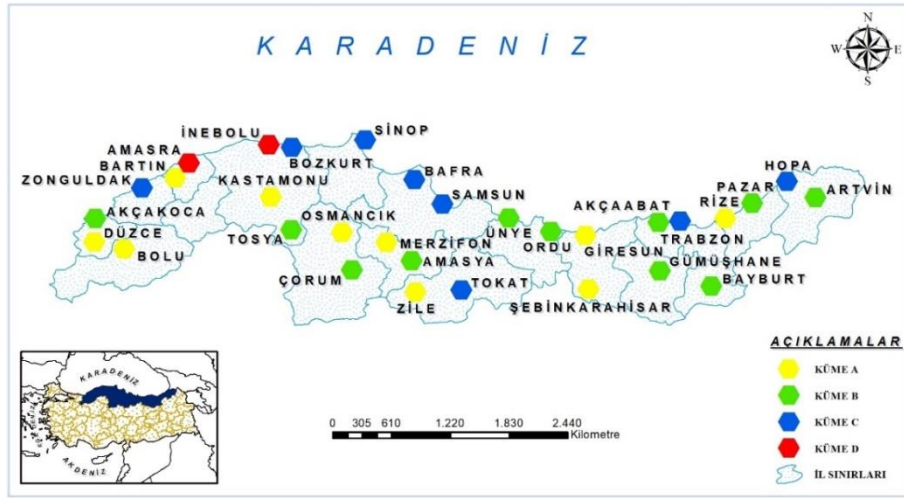
Küme	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
A	0.51	1.57	1.15	0.29
B	1.62	2.84	2.02	0.33
C	3.56	4.78	4.17	0.86

**Şekil 6.** Küme Sayısı 4 için K-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümeler

Yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin K-Ortalamlar kullanılarak küme sayısı 4 seçildiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçları Şekil 6'da gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde D kümesinin bir önceki dağılımda yer alan C kümesinin bir alt kümesi olarak ayrıldığı görülmektedir. Burada A, B ve C kümeleri Batı, Orta ve Doğu Karadeniz'de yer alan sırasıyla 10, 11 ve 9 istasyondan oluşmaktadır. D kümesi ise Batı Karadeniz kıyı kesiminde yer alan 1 istasyondan oluşmaktadır. Belirlenen kümelerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6'da sunulmaktadır.

Tablo 6. Küme Sayısı 4 için K-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümelerin Özeti ($m s^{-1}$)

Küme	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
A	0.51	1.34	1.08	0.25
B	1.47	1.93	1.72	0.13
C	2.14	3.56	2.45	0.47
D	4.78	4.78	4.78	-

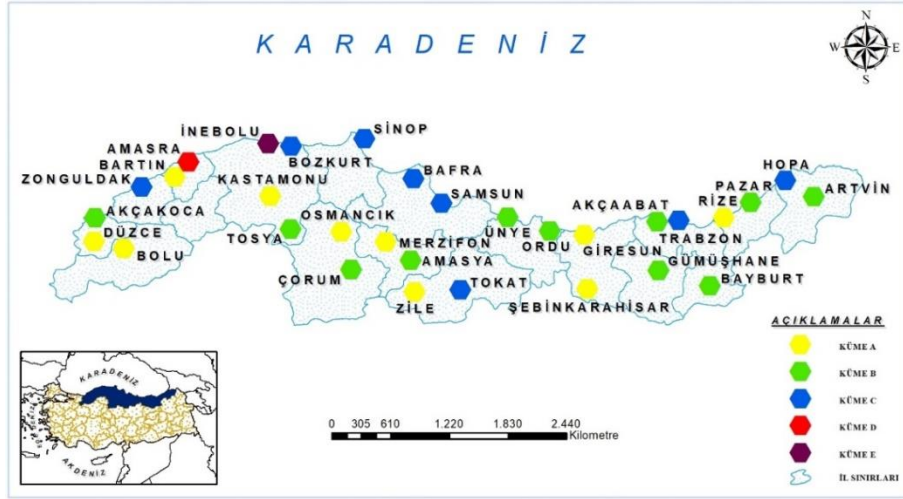


Şekil 7 Küme sayısı 4 için Bulanık C-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümeler

Yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin Bulanık C-Ortalamlar kullanılarak küme sayısı 4 seçildiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçları Şekil 7'de gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde Amasra ve İnebolu istasyonları bir önceki dağılımdaki bütünlüğünü koruyarak D kümesine atandığı görülmektedir. Burada A, B ve C kümeleri Batı, Orta ve Doğu Karadeniz'de yer alan sırasıyla 10, 11 ve 8 istasyondan oluşmaktadır. D kümesi ise Batı Karadeniz kıyı kesiminde yer alan 2 istasyondan oluşmaktadır. Belirlenen kümelerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 7'de sunulmaktadır.

Tablo 7. Küme Sayısı 4 için Bulanık C-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümelerin Özeti ($m s^{-1}$)

Küme	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
A	0.51	1.34	1.08	0.25
B	1.47	1.93	1.72	0.13
C	2.14	2.84	2.31	0.22
D	3.56	4.78	4.17	0.86

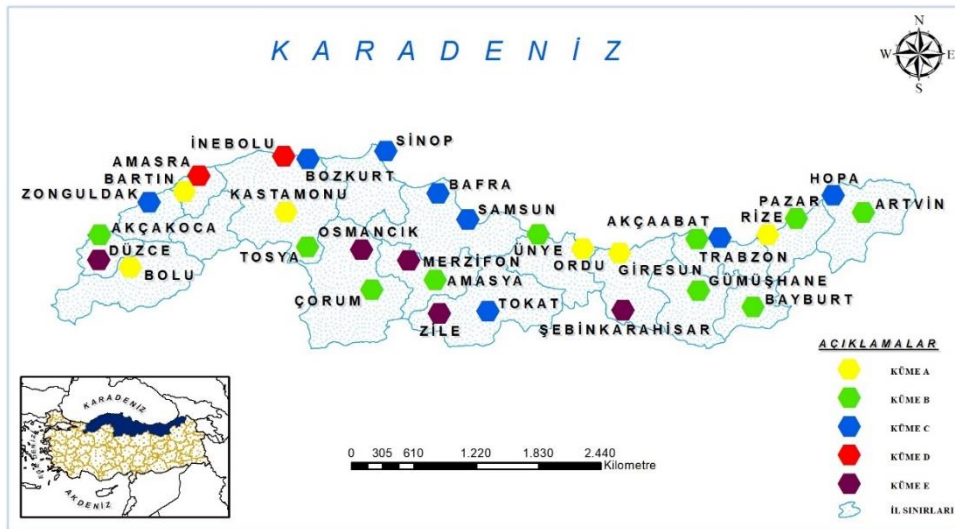


Şekil 8. Küme Sayısı 5 için K-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümeler

Yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin K-Ortalamlar kullanılarak küme sayısı 5 seçildiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçları Şekil 8’de gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde A, B ve D kümelerinin bir önceki dağılımdaki bütünlüklerini korudukları. E kümesinin ise bir önceki dağılımda yer alan C kümesinin bir alt kümesi olarak ayrıldığı görülmektedir. Böylece A, B ve C kümeleri Batı, Orta ve Doğu Karadeniz’de yer alan sırasıyla 10, 11 ve 8 istasyondan oluşmaktadır. D ve E kümeleri Batı Karadeniz’de yer alan 1 istasyondan oluşmaktadır. Belirlenen kümelerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 8’de sunulmaktadır.

Tablo 8. Küme Sayısı 5 için K-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümelerin Özeti ($m s^{-1}$)

Küme	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
A	0.51	1.34	1.08	0.25
B	1.47	1.93	1.72	0.13
C	2.14	2.84	2.31	0.22
D	4.78	4.78	4.78	-
E	3.56	3.56	3.56	-



Şekil 9. Küme Sayısı 5 için Bulanık C-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümeler

Yıllık ortalama rüzgâr hızı serilerinin Bulanık C-Ortalamlar kullanılarak küme sayısı 5 seçildiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçları Şekil 9’da gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde C ve D kümelerinin bir önceki dağılımdaki bütünlüklerini korudukları görülmektedir. E kümesinin ise bir önceki dağılımda yer alan A kümesinin bir alt kümesi olarak ayrıldığı görülmektedir. Böylece A, B ve C kümeleri Batı,

Orta ve Doğu Karadeniz’de yer alan sırasıyla 6, 10 ve 8 istasyondan oluşmaktadır. D kümesi Batı Karadeniz kıyı kesiminde yer alan 2 istasyondan oluşmaktadır. E kümesi ise Batı, Orta ve Doğu Karadeniz’de yer alan 5 istasyondan oluşmaktadır. Belirlenen kümelerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 9’da sunulmaktadır.

Tablo 9. Küme sayısı 5 için Bulanık C-Ortalamlar ile Oluşturulan Kümelerin Özeti ($m s^{-1}$)

Küme	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
A	1.19	1.47	1.31	0.10
B	1.57	1.93	1.74	0.11
C	2.14	2.84	2.31	0.22
D	3.56	4.78	4.17	0.86
E	0.51	1.06	0.88	0.22

2’den başlayıp maksimum küme sayısı olarak belirlenen 5’e kadar her bir küme sayısı için K-Ortalamlar ve Bulanık C-Ortalamlar kullanılarak kümeler belirlenmiştir. Oluşturulan kümelerin doğruluğunu analiz etmek ve optimum küme sayısını belirlemek için Siluet indeks analizinden yararlanılmıştır. Öncelikle her bir küme sayısı için elde edilen sonuçların Siluet indeks değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra her bir kümeye ait ortalama siluet indeks değerleri ve negatif Siluet indeks sayıları belirlenmiştir. Optimum küme sayısı, ortalama siluet indeks değerinin maksimum olması ve negatif Siluet indeks değerinin bulunmaması koşuluna göre tespit edilmiştir (Sönmez ve Kömüşçü, 2008).

Bulanık C- Ortalamalar ve K-Ortalamlar ile 2 küme sayısından 5 küme sayısına kadar belirlenen her bir küme için ortalama Siluet indeks değerleri ve negatif siluet indeks sayıları sırası ile Tablo 10-11’de verilmiştir. Tablolarda Optimum küme sayıları kırmızı renk ile belirtilmektedir. En uygun sınıflandırma altı çizili olarak kalın punto ile gösterilmiştir.

Tablo 10. Bulanık C-Ortalamlar ile Yapılan Sınıflandırmaların Siluet İndeks Sonuçları

Küme sayısı	2	3	4	5
Ortalama Siluet İndeks Değeri	0.618	0.703	0.733	0.719
Negatif Siluet İndeks Sayısı	5	-	-	1

Tablo 11. K-Ortalamlar ile Yapılan Sınıflandırmaların Siluet İndeks Sonuçları

Küme sayısı	2	3	4	5
Ortalama Siluet İndeks Değeri	0.618	0.653	0.584	0.758
Negatif Siluet İndeks Sayısı	5	2	5	-

Rüzgâr hızı serisi için optimum küme sayısı 5 tespit edilmiş olup en uygun sınıflandırma sonucu K-Ortalamlar yöntemi ile elde edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada K-Ortalamlar ve Bulanık C-Ortalamlar kümeleme algoritmaları kullanılarak Karadeniz Bölgesindeki istasyonlara ait rüzgâr hızı gözlem değerleri bakımından benzer özellik gösteren kümeler belirlenmiştir. Kümeleme analizi 2’den 5’ e kadar 4 farklı küme sayısı için gerçekleştirilmiş olup optimum küme sayısı Siluet indeks analizi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda Bulanık C-Ortalamlar yöntemiyle 4 küme, K-Ortalamlar yöntemine göre 5 küme belirlenmiştir. En uygun kümeler ise Siluet indeks analizi sonucunda göre K-Ortalamlar yöntemine ve 5 küme olarak belirlenmiştir. Belirlenen kümelere ait planlanacak rüzgâr enerjisi santrallerinin projelendirme işlemlerinde tip projeler oluşturulabilmesinde bu çalışmanın kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın devamı olarak

- Rüzgâr hızına ek olarak akım, yağış, sıcaklık, nem ve buharlaşma gibi hidro-meteorolojik parametreleri de dahil ederek literatürde yer almayan çeşitli kombinasyonlar ile iklim sınıflarının belirlenmesi önerilmektedir.

- Hiyerarşik olmayan yöntemlerin dışında Ward metodu gibi hiyerarşik yöntemlerin de dahil edildiği kümeleme çalışmalarının yapılması önerilmektedir.
- Kümeleme analizi çalışmasının Türkiye coğrafyasında yer alan diğer bölgeler için de gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, *Aslı Ülke Keskin* danışmanlığında *Gürkan KIR* tarafından tamamlanan "Kümeleme analiz yöntemleri ile Karadeniz Bölgesi meteorolojik verilerinin değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (Tez No. 697832).

Yazar Katkısı

Aslı Ülke Keskin ve *Utku Zeybekoğlu*, konuyu belirleyip ve süreci takip etti. *Gürkan Kır* ve *Utku Zeybekoğlu*, verilerin toplanmasını ve istatistiksel analizlerini gerçekleştirdi. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Gürkan Kır  <https://orcid.org/0000-0001-8156-9431>

Aslı Ülke Keskin  <https://orcid.org/0000-0002-9676-8377>

Utku Zeybekoğlu  <https://orcid.org/0000-0001-5307-8563>

Kaynaklar

- Bezdek, J. C. (1980). A convergence theorem for the Fuzzy ISODATA clustering algorithms. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2(1), 1-8. <http://doi.org/10.1109/TPAMI.1980.4766964>
- Bezdek, J. C., Ehrlich, R., ve Full, W. (1984). FCM: The Fuzzy C-Means Clustering Algorithm. *Computers and Geosciences*, 10(2-3), 191-203. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(84\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(84)90020-7)
- Demircan, M., Arabacı, H., Coşkun, M., Türkoğlu, N. ve Çiçek, İ. (2017, Temmuz, 5-7). *İklim değişikliği ve halk takvimi: Maksimum sıcaklık desenleri ve değişimi* [Sözlü sunum]. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İstanbul, Türkiye. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2017/3.pdf>
- Dikbas, F., Fırat, M., Koc, A. C. ve Gungor, M. (2011). Classification of precipitation series using fuzzy cluster method. *International Journal of Climatology*, 32(10), 1596-1603. <https://doi.org/10.1002/joc.2350>
- Erinç, S. (1949). The climates of Turkey according to Thornthwaite's classifications. *Annals of the Association of American Geographers*, 39, 26-46. <https://doi.org/10.2307/2561098>
- Fırat, M., Dikbaş, F., Koç, A. C. ve Güngör, M. (2012). Classification of annual precipitations and identification of homogeneous regions using k-means Method. *Teknik Dergi*, 23(115), 1609-1622. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tekderg/issue/12744/155143>
- Günay Atbaş, A. C. (2008). *Kümeleme analizinde küme sayısının belirlenmesi üzerine bir çalışma* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi.

- Gunduz, F. ve Zeybekoglu U. (2022, Aralık 2-3). *Classification of Zara droughts by different drought indices* [Sözlü Sunum]. 2. International Congress on Environment, Disaster and Forest, Adana.
- İyigün, C., Türkeş, M., Batmaz, İ., Yozgatlıgil, C., Purutçuoğlu, V., Kartal Koç, E. ve Öztürk, M. Z. (2013). Clustering current climate regions of Turkey by using a multivariate statistical method. *Theoretical and Applied Climatology*, 114, 95-106. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0823-7>
- Karahan H. (2011). Bölgesel yağış-şiddet-süre-frekans bağıntılarının diferansiyel gelişim algoritması kullanılarak elde edilmesi. (TÜBİTAK Proje No. 108Y299). <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/611672/>
- Karahan H. (2019). Determination of homogeneous sub-regions by using intensity-duration-frequency relationships and cluster analysis: An application for the Aegean region. *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg.*, 25(8), 998-1013. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.09365>
- Kır, G. (2021). *Kümeleme Analiz Yöntemleri İle Karadeniz Bölgesi Meteorolojik Verilerinin Değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Kite, G., (1991, April 12–15). *Looking for Evidence of Climatic Change in Hydrometeorological Time Series*. Western Snow Conference. Washington.
- Kulkarni, A. ve Kripalani, R. (1998). Rainfall patterns over India: Classification with fuzzy c-means method. *Theoretical and Applied Climatology*, 59, 137–146. <https://doi.org/10.1007/s007040050019>
- Özkoca, T. (2015). *Orta Karadeniz kıyı illerinin hidrometeorolojik verilerinin trend analizi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- 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. <https://doi.org/10.1109/91.413225>
- Rau, P., Bourrel, L., Labat, D., Melo, P., Dewitte, B, Frappart, F., Lavado, W. ve Felipe, O. (2017). Regionalization of rainfall over the Peruvian Pacific slope and coast. *International Journal of Climatology*, 37(1). 143-158. <https://doi.org/10.1002/joc.4693>
- Rousseuw, P. J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53-65. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
- 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. <https://scholarsarchive.byu.edu/josh/vol6/iss2/1/>
- Sönmez, İ. ve Kömürcü, A. (2008). Redefinition rainfall regions using k-means clustering methodology and changes of sub period. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1, 38–49. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/518063>
- Şahin, S. (2009). *Yapay sinir ağlarının iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılması ve Ward metodu ile karşılaştırılması* [Yayımlanmamış doktora Lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Şahin, S. ve Cığızoğlu, H. K. (2012). The sub-climate regions and the sub-precipitation regime regions in Turkey. *Journal of Hydrology*, 450(451), 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.062>
- Türkeş, M. (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *Int. J. Climatol*, 16(9), 1057-1076. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199609\)16:9<1057::AID-JOC75>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199609)16:9<1057::AID-JOC75>3.0.CO;2-D)

- Türkeş, M. (2010). *Küresel iklim değişikliği: Başlıca Nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler ve etkileri* [Sözlü Sunum] Uluslararası Katılımlı 1. Meteoroloji Sempozyumu, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Ünal, Y., Kındap, T. ve Karaca. M. (2003). Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. *Int. J. Climatol*, 23, 1045–1055. <https://doi.org/10.1002/joc.910>
- Vani, H.Y., Anusuya, M. A. ve Chayadevi, M. L. (2019). Fuzzy Clustering Algorithms-Comparative Studies For Noisy Speech Signals. *Ictact Journal On Soft Computing*, 9(3), 1920-1926. <https://doi.org/10.21917/ijsc.2019.0267>
- Xin, G. L., Min, F. Y. ve Wen, T. H. (2011). *Speech Recognition based on K-Means Clustering and Neural Network Ensembles. 2011 Seventh International Conference on Natural Computation*, 12268384, 614-617, <https://doi.org/10.1109/ICNC.2011.6022159>
- Zeybekoğlu, U. ve Ülke Keskin, A. (2020). Defining rainfall intensity clusters in Turkey by using the fuzzy c-means algorithm. *Geofizika*, 37(2), 181–195. <https://doi.org/10.15233/gfz.2020.37.8>
- Zhang, Y., Wang, W., Zhang, X. ve Li, Y. (2008). A cluster validity index for fuzzy clustering. *Information Sciences*, 178, 1205–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2007.10.004>