

ARAŞTIRMA MAKALESİ K-ortalamları kümeleme yöntemi ile Türkiye yağış bölgelerinin yeniden tanımlanması ve alt-periyodlardaki değişimleri

Yazışma yazarı:

İbrahim SÖNMEZ

isonmez@meteor.gov.tr

İbrahim SÖNMEZ¹, Ali Ümran KÖMÜŞÇÜ¹

¹ DMİ Genel Müdürlüğü, Kalaba, Ankara

Referans:

Sönmez İ., Kömüşçü A. Ü., (2008), K-ortalamları kümeleme yöntemi ile Türkiye yağış bölgelerinin yeniden tanımlanması ve alt-periyodlardaki değişimleri, İklim Değişikliği ve Çevre, 1, 38-49

Makale Gönderimi : 1 OCAK 2008
Online Kabul : 1 ŞUBAT 2008
Online Basım : 1 MART 2008

Özet Yağış, bir yerin iklimini karakterize eden en önemli parametrelerden biridir. Yağışa bağlı olarak farklı iklim bölgelerinin ortaya konması ve sınıflandırılması mümkündür. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda Türkiye üzerinde yağışın coğrafik dağılımı ve yağış rejimine göre birbirinden farklı bölgeler tanımlanmıştır. Bu çalışmada K-ortalamlar (K-means) kümeleme (clustering) yöntemi ile aylık yağış toplamları kullanılarak Türkiye'nin ana yağış bölgeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yağış verilerine homojenlik testi uygulandıktan sonra, 1977-2006 yılları için 148 noktada K-ortalamları kümeleme yöntemi ile yağış verileri sınıflandırmaya tâbi tutularak benzer özellikler gösteren istasyonlara ait yağış bölgeleri tanımlanmıştır. Daha sonra aynı analiz 10 ve 5 yıllık zaman periyodları esas alınarak yeniden yapılmış ve yeni oluşan yağış bölgeleri ve bu bölgelerdeki zamansal değişimler son 30 yıl için belirlenen periyodlarda analiz edilmiştir.

K-ortalamları yöntemi uyumlu istasyonların aynı grupta toplanacağı ve grupların birbirinden mümkün olduğunca bağımsız olacağı şekilde tüm istasyonları k adedince sınıfa ayırmayı amaçlar. En uygun küme sayısının belirlenmesinde en düşük negatif siluet (üyelik değeri) sayısı ve maximum ortalama siluet değerleri dikkate alınmıştır. Yapılan kümeleme analizi sonucunda 1977-2006 periyodu için en uygun yağış bölgesi sayısı (küme sayısı) 6 olarak tesbit edilmiştir. Burada göze çarpan en önemli özellik Ege ve Marmara Bölgeleri ile Doğu Anadolu'nun büyük bir kısmı ve İç Anadolu'nun aynı yağış bölgeleri içinde yer almasıdır. Diğer taraftan 1977-2006 dönemi için veriler 10'ar yıllık periyodlara (1977-1986, 1987-1996 ve 1997-2006) ayrıldığında, herbir alt periyod küme sayısı 5, 6, ve 7 olarak belirlenmiştir. Burada vurgulanması gereken önemli sonuç ise, son 20 yıl veriler ele alındığında Rize civarında Karadeniz kümesinden ayrı bir küme oluşmasıdır. Son olarak kümelerin beşer yıllık periyodlar bazında değişimlerinin incelenebilmesi için 1977-2006 yılları arası altı gruba (1977-1981, 1982-1986, 1987-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006) ayrılmıştır. K-ortalamları metoduna göre en uygun küme sayıları, 1977-1981, 1997-2001 ve 2002-2006 dönemi için 5, 1982-1986, 1987-1991 ve 1992-1996 dönemi için 6 olarak belirlenmiştir. Bu grupta gözlemlenen en önemli değişim, 1987'den başlayan 5-yıllık periyodda özellikle Ege ve İç Anadolu yağış kümelerini ayıran sınırın, İç Anadolu Bölgesi lehine hareket etmesidir.

Anahtar Kelimeler: K-Ortalamlar yöntemi, Kümeleme analizi, Yağış bölgesi.

Redefinition Rainfall Regions using K-means Clustering Methodology and Changes of Sub period

Abstract Rainfall is a commonly used climatic parameter for defining climate types and delineating zones of similar climates. In this study, rainfall regions of Turkey have been redefined by using K-means clustering methodology. Monthly rainfall totals from 148 stations for 1977-2006 periods are used after tested for homogeneity. After the rainfall regions redefined for 30-year period, the clustering has been repeated for 10 and 5-year periods to find out spatial changes in the regions in subsequent temporal scales. The results indicate that 6 rainfall regions are delineated on the basis of monthly rainfall totals. On the contrary to the previous studies, East Anatolia and Central Anatolia are placed in the same cluster. Similarly, the Aegean and Marmara regions are also classified as one single cluster. In the 10-year sub-period analysis, formation of a separate rainfall region is observed around Rize station in the northern Black-Sea during the last 20 years. In 5-year sub period analysis it is noticed that the boundary between Central and Aegean regions has shifted to further west in the last 20 years

Keywords. K-means method, Clustering analysis, Rainfall regions.

1. Giriş

İklim, zaman ve yere göre oldukça değişim gösteren bir özelliğe sahiptir. İklimin bu değişken yapısı alansal olarak farklı iklim tiplerinin ortaya konmasını ve benzer iklim koşullarını taşıyan alanların sınıflandırılmasını oldukça gerekli kılmaktadır. İklim parametreleri arasında özellikle yağış ve sıcaklık değerleri bir yerin ikliminin sınıflandırılmasında en yaygın kullanılan değişkenlerdir. Her iki parametrenin temel meteorolojik değişken olarak günlük olarak ve birçok nokta için ölçülmüş olması bu iki parametrenin iklim çalışmalarında kullanımını artırmıştır.

Türkiye’de yağış koşulları önemli bölgesel farklılıklar gösterir. Topografik koşullar, denize uzaklık ya da yakınlık, yükselti gibi fizikî koşulların yanı sıra hava kütleleri ve genel atmosfer sirkülasyon sistemlerinin etkilerine bağlı olarak Türkiye üzerinde yağışın coğrafik dağılımı ve yağış rejimi birbirinden farklı bölgelerin oluşmasına zemin oluşturmuştur. Türkiye’nin yıllık ortalama yağış dağılışı incelenirse, Türkiye’de en fazla yağış alan yerlerin kıyı bölgeleri olduğu görülür. Buna karşılık iç bölgelerde yağışlar belirgin bir şekilde azalmaktadır.

Türkiye’de iklim bölgelerinin belirlenmesi ile ilgili geçmişte çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan ilk çalışmalar ülkemizi 7 farklı iklim bölgesine ayırmıştır (Erinç, 1984). Son yıllarda yapılan çalışmalarda, kümeleme analizi yöntemi ile yağış ve sıcaklık verilerine dayalı olarak 7 ana iklim bölgesi ortaya konmuş ve sadece yağışa dayalı sınıflandırmada ise 6 ana bölge tesbit edilmiştir (Unal ve diğ., 2003; Unal ve Karaca, 2003). Yine diğer bir çalışmada Türkiye’de yağış rejimlerine göre 7 ana bölge olduğu ortaya konmuştur (Türkeş ve diğ., 2002).

Bu çalışmada, K-ortalamalar (K-means) yöntemi ile aylık yağış toplamları kullanılarak Türkiye’nin ana yağış bölgeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yağış verilerine Kruskal-Wallis homojenlik testi uygulandıktan sonra, 1977-2006 yıllarını kapsayan 148 noktadaki aylık yağış verileri K-ortalamaları kümeleme analizi ile sınıflandırmaya tabi tutularak benzer özellikler gösteren istasyonlara ait yağış bölgeleri tanımlanmıştır ve oluşan yağış bölgeleri 10 ve 5 yıllık zaman periyodları esas alınarak kümeleme tekrar edilmiştir. Bu periyodlarda oluşan yağış kümelerinin zamansal değişimleri coğrafik bazda analiz edilerek, istasyonların dağılımlarındaki bölgesel değişimler yorumlanmıştır.

2. Veri

Bu çalışmada, DMİ Genel Müdürlüğü Büyük Klima istasyonlarından elde edilen aylık toplam yağış değerleri kullanılmıştır. Çalışma için, toplam 231 Büyük Klima istasyonunun yağış verileri incelenmiş ve ilk aşamada bu istasyonlardan en az 30 yıl (1977-2006 yılları) eksiksiz veriye sahip bulunan 156 istasyon seçilmiştir.

Bilimsel çalışmalar için araştırmada kullanılacak olan verinin güvenilir olması kaçınılmazdır. Yapılan meteorolojik ölçümlerin kalite kontrolü ve homojenlik analizleri yapılarak verilerin güvenliği konusunda sağlıklı bilgi elde edilebilir. Şehirleşme, istasyon yerinde değişiklikler ve aletsel problemlerden dolayı klimatolojik veriler zaman zaman homojen olmaktan uzaktır. Diğer taraftan, yağış süresizlik ve normal dağılıma uymaması özellikleri ile diğer birçok meteorolojik parametreden aykırılık gösterir. Yağış parametresinin bu özelliği, dağılımların normal kabul edildiği ve serilerin eşit varyanslara sahip oldukları kabulü üzerine çalışan tek yönlü varyans testinin (ANOVA) homojenlik analizinde kullanılmasını sakıncalı kılmaktadır. Bu sebepten dolayı, istasyonların homojenlik testlerinde, yukarıda bahsi geçen varsayımların gerekli olmadığı Kruskal-Wallis parametrik olmayan tek yönlü varyans testi uygulanmıştır. Herbir istasyon için en yakın beş istasyon belirlenerek, sırasıyla ilgili istasyon ile bu istasyonlar arasında Kruskal-Wallis homojenlik testi uygulanmıştır. Örneğin, A ve B istasyonlarına ait yağış verilerinin medyanlarının karşılaştırılmasıyla aşağıdaki H_0 hipotez testi sorgulanmıştır.

$$H_0 : A \text{ ve } B \text{ istasyonları aynı popülasyondan gelmektedir.}$$

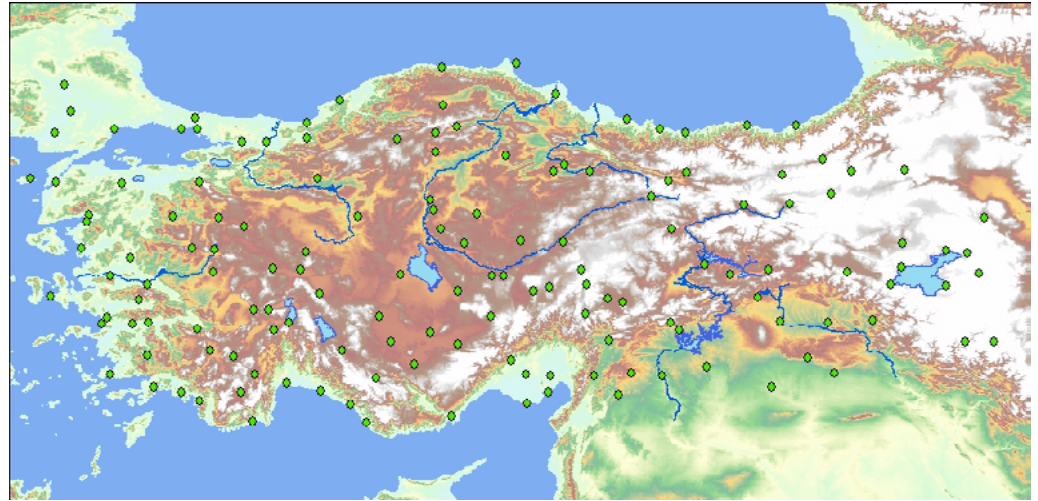
H_0 hipotezine karşılık elde edilen p değeri en az bir komşu istasyon için %99 güven aralığında ise ($p > 0.01$), merkezi istasyonun Kruskal-Wallis homojenlik testini geçtiği kabul edilmiştir. Toplam 156 istasyon için bu test uygulandığında, Tablo 1’de bilgileri verilen istasyonların homojenlik testinde başarısız oldukları gözlenmiştir.

Homojenlik testi civar istasyon verileri ile kıyaslama sonucu yapıldığından, yukarıdaki listede bulunan 17024, 17026, 17622, 17626, 17040 nolu Karadeniz kıyı istasyonlarının buldukları yer için bir mikroklima alanlarını temsil ettikleri düşünülerek homojenlik testinden geçmiş kabul edilmişlerdir. Ayrıca, 17692, 17679 ve 17676 nolu istasyonlar

ise buldukları coğrafyadaki istasyonların seyrek dağılımından dolayı ilgili alanlardaki temsiliğin artırılması ve muhtemel bir mikroklima bölgesini temsil etme olasılığından dolayı homojenlik testinden geçtikleri varsayılmıştır. Diğer istasyonlar ise homojenlik testinden geçemedikleri için toplam 156 olan istasyon listesinden çıkartılmış ve böylece istasyon sayısı 148'e inmiştir. Çalışmada kullanılan bu istasyonların Türkiye coğrafyasındaki dağılımları Şekil 1'de verilmiştir. Şekildeki karasal alanlardaki renklendirme, deniz seviyesinden olan yükseklik bilgisine karşılık gelmektedir.

Tablo 1. Kruskal-Wallis homojenlik testi sonuçlarına göre homojen olmayan istasyonlar

NO	ISTASYON ADI	İL	ENLEM	BOYLAM	RAKIM (m)
17024	İNEBOLU	KASTAMONU	41.97	33.76	64
17026	SİNOP	SİNOP	42.03	35.17	32
17040	RİZE	RİZE	41.04	40.50	9
17140	YOZGAT	YOZGAT	39.82	34.80	1298
17165	TUNCELİ	TUNCELİ	39.12	39.55	981
17619	BAHÇEKÖY	İSTANBUL	41.17	28.98	130
17622	BAFRA	SAMSUN	41.55	35.92	103
17626	AKÇAABAT	TRABZON	41.03	39.56	6
17662	GEYVE	SAKARYA	40.52	30.30	100
17664	KIZILCAHAMAM	ANKARA	40.47	32.65	1033
17676	ULUDAĞ-ZİRVE	BURSA	40.12	29.12	1877
17679	NALLIHAN	ANKARA	40.18	31.37	650
17692	SARIKAMIŞ	KARS	40.33	42.57	2102
17768	ÇEMİŞGEZEK	TUNCELİ	39.07	38.92	953
17848	BİTLİS	BİTLİS	38.37	42.10	1573
17962	DÖRTYOL	HATAY	36.85	36.22	28



Şekil 1. Çalışmada kullanılan istasyonların Türkiye coğrafyasındaki dağılımı

3. Yöntem

Sınıflandırma analizinin temel amacı, birbiri ile aynı özellikleri gösteren nesnelere bir araya toplamak ve benzerlik göstermeyenleri de birbirinden mümkün olduğunca ayırmaktır. Bu tip analizlerde kullanılan metodlar temel olarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler şeklinde ikiye ayrılabilir. Hiyerarşik sınıflandırmalarda, en düşük seviyede oluşturulan gruplar bir üst seviyede ortak grup içerisinde yer alacak şekilde gruplama yöntemi tüm grupların en son tek grup içerisinde yer alacağı biçimde sürdürülür. Ters ağaç yapısını andıran bu tür sınıflandırmalarda her bir seviye farklı sınıf sayısını temsil ettiğinden, optimum sınıf sayısının belirlenmesi zor olmakla birlikte araştırmacıya bırakılmıştır. Hiyerarşik olmayan sınıflandırmalarda ise hedeflenen grup sayısı belli olmakla birlikte, birbiri ile uyumlu nesnelere aynı grup içerisinde toplanmaya çalışılır.

Bu çalışmada, Türkiye coğrafyasındaki alt yağış sınıflarının belirlenmesi için hiyerarşik olmayan sınıflandırma yöntemlerinden 'K-ortalamarı' (K-means) yöntemi kullanılmıştır (MacQueen, 1967). Bu yöntem uyumlu istasyonların aynı grupta toplanacağı ve grupların birbirinden mümkün olduğunca bağımsız olacağı şekilde tüm istasyonları k tane sınıfa ayırmaktadır. Çalışmada, uyumluluk kriteri olarak aylık yağış toplamalarının mutlak fark ortalamalarının en düşük olması seçilmiştir. K-ortalamarı yönteminin uygulanmasında aşağıdaki sıra izlenmiştir.

- i. Toplam 148 istasyondan k tanesi rastgele grup çekirdek istasyonu olarak seçilmiştir
- ii. Herbir istasyon (148-k) sınıf çekirdeğindeki istasyonla mutlak ölçüm farklarının en düşük olacağı uyumluluk kriterine göre kıyaslanmıştır.
- iii. Kıyaslanan istasyon, uyumluluk kriterinin en yüksek olduğu gruba atanmıştır. Herbir grubdaki üye sayısı yenilenecek, sınıfların temsili çekirdek istasyonu yeniden belirlenmiştir.
- iv. En son istasyonun k sınıftan birine atanıncaya kadar ii ve iii adımları tekrarlanmıştır.

Bir istasyonun doğru sınıfa atanıp atanmadığının kontrolü istasyon için siluet değerinin kontrol edilmesiyle yapılabilir. Siluet değeri, i'inci istasyon için,

$$S(i) = \frac{\min\{b(i, m) - a(i)\}}{\max\{a(i), \min(b(i, m))\}} \quad (1)$$

denklemler ile hesaplanabilir. Burada $a(i)$, i'inci istasyon ile aynı sınıftaki diğer istasyonlar arasındaki ortalama uyumluluk, $b(i, m)$ ise, i'inci istasyon ile m'inci sınıftaki istasyonlar arasındaki ortama uyumluluğu göstermektedir. Denklem 1'den de görüldüğü gibi, $S(i)$ değeri -1 ile +1 arasında değişmektedir. $S(i)$ değerinin işareti doğru veya yanlış gruba aitliği, miktarı ise ait olduğu gruba üyelik derecesini göstermektedir. Örneğin +1 değeri istasyonun kesinlikle doğru sınıfa atandığını gösterirken, -1 değeri ise kesinlikle yanlış sınıfa atandığını göstermektedir. Sıfıra yakın değerleri ise, ilgili sınıfa ait olup olması konusunda kesin bir yargı olmadığını göstermektedir. Elde edilecek olan ortalama $S(i)$ değeri ise sınıflandırmanın genel olarak ne kadar başarılı olduğu hususunda bilgi vermektedir.

Bu çalışmada birincil dereceden klima istasyonlarına ait en uygun sınıf sayısının belirlenmesine çalışıldığından, K-ortalamlar yöntemi sınıf sayısı 2 den başlamak üzere 10'a kadar her bir sınıf sayısı için ayrı ayrı uygulanmıştır. Her bir sınıf sayısı için ortalama $S(i)$ değeri ile birlikte sıfırın altında bulunan toplam $S(i)$ değerleri dikkate alınarak en uygun sınıf sayısı tesbit edilmiştir.

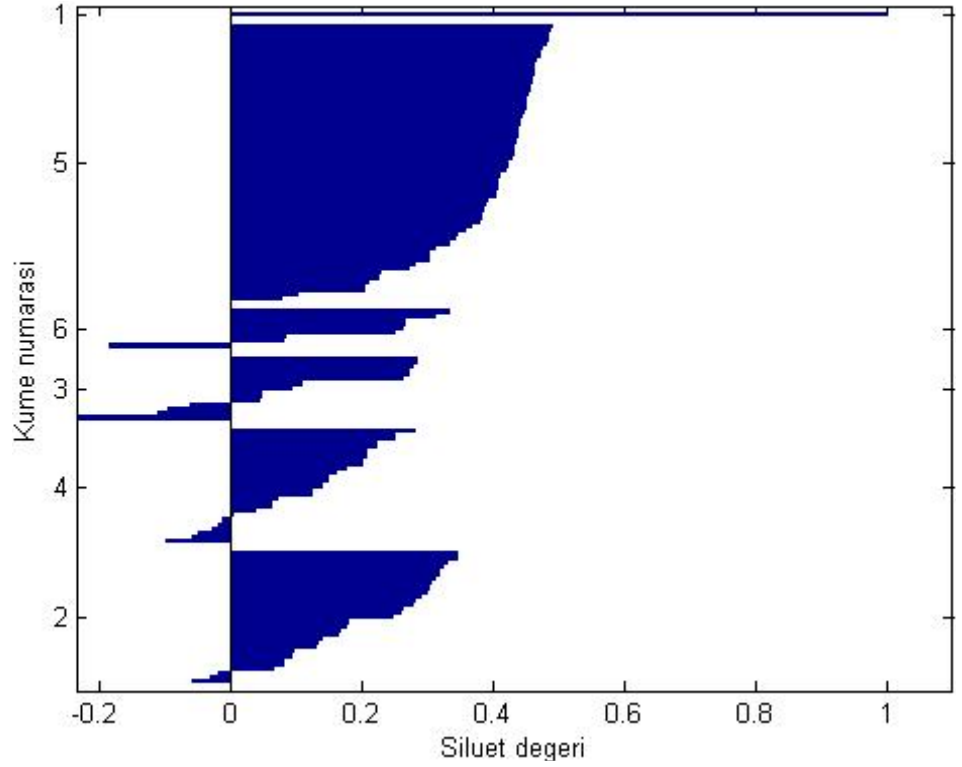
4. Analiz

Birinci basamak olarak 1977-2006 dönemi (30 yıl) yağış verileri dikkate alınarak K-ortalamlar yöntemi uygulanarak alt kümeler belirlenmiştir. Bu yöntemle, sınıf sayısı 2'den başlamak üzere 10 sınıf sayısına kadar çalıştırılarak ortalama siluet değerleri ve negatif siluet değerlerinin sayısı tesbit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. 1977-2006 dönemi için elde edilen K-ortalamlar analiz tablosu

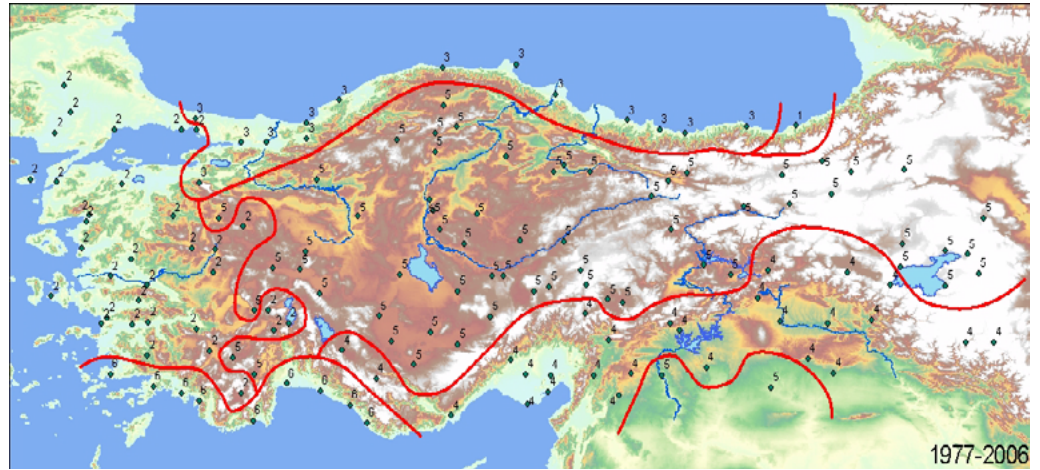
Küme Sayısı	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ortalama siluet değeri	0.235	0.249	0.222	0.247	0.261	0.168	0.201	0.151	0.147
Negatif siluet sayısı	42	30	24	18	14	18	14	16	19

Tablo 2'ye bakıldığında küme sayısı arttıkça ortalama siluet değerinde azalma görülmektedir. Bu da küme sayısının artırılmasının daha başarılı kümeleme getirmediğini göstermektedir. Öte yandan, negatif siluet sayısı, küme sayısının artırılmasıyla birlikte 6 ve 8 küme sayısında lokal minimuma ulaşıp sonrasında artışa geçmektedir. Ortalama siluet değeri ve negatif siluet sayısı göz önüne alındığında, en uygun küme sayısının seçimi için en yüksek ortalama siluet değeri ve en düşük negatif siluet sayısı kriteri kullanılmıştır. Bu durumda 1977-2006 dönemi için en uygun küme sayısı 6 olarak tesbit edilmiştir. Altı küme sayısı esas alınarak, küme elemanları için elde edilen siluet değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. 1977-2006 dönemi için K-ortalamlar yöntemine göre tesbit edilen 6 küme ve her bir küme elemanı için elde edilen silüet değeri.

Elde edilen altı farklı küme içerisinde yer alan düşen istasyonların coğrafik dağılımı ise Şekil 3'de gösterilmiştir. Burada istasyon etiketleri olarak sınıf numaraları (1-6) kullanılmış olup rakamların bağlı bulunduğu sınıf numarasını göstermesinin dışında hiçbir özel anlamı yoktur. Şekillerde yapılan konturlamanın amacı farklı sınıfların birbirinden ayrılmasını sağlamaktan ibarettir. Bu amaç doğrultusunda aynı sınıf etiketine sahip istasyonlar bir arada toplanmaya çalışılmıştır. Bu arada eksi (<0) silüet değeri yanlış gruba aitliğe işaret kabul edildiğinden bu ve bundan sonraki konturlamalarda bu istasyonların sınıf etiketleri dikkate alınmamıştır.



Şekil 3. 1977-2006 dönemi için K-ortalamlar yöntemine göre tesbit edilen 6 küme ve istasyonların bağlı buldukları küme numaraları

Otuz yıllık aylık toplam yağış değerleri dikkate alındığında en uygun küme sayısı 6 olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 3'de görüldüğü gibi İç ve Doğu Anadolu'da ortaya çıkan küme(5 nolu) en çok istasyon sayısına sahip kümedir. Öte yandan, Karadeniz kıyısı kuşağı tek küme(3 nolu) içinde yer almakta olup Rize civarı ayrı bir küme (1 nolu) oluşturmaktadır. Batı Anadolu (Ege ve Marmara bölgeleri) ortak bir küme (2 nolu) oluşturmuş olmakla birlikte Batı Akdeniz kıyısı kuşağının ayrı küme (6 nolu) oluşturduğu gözlemlenmiştir. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu ise aynı yağış kümesi (4 nolu) içinde yer almıştır.

4.1 10'ar yıllık periyodlar için K-Ortalamaları kümelemesi

Çalışmanın bu bölümünde, 1977-2006 dönemi için veriler 10'ar yıllık periyodlara (1977-1986, 1987-1996 ve 1997-2006) ayrılarak, herbir alt periyod için aylık toplam yağış değerleri K-ortalamar yöntemi uygulanarak alt kümelere ayrıştırılmıştır. Herbir on yıllık alt periyodlara ait analiz bilgileri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. 10'ar yıllık periyodlar için elde edilen K-ortalamar analiz tablosu

Periyod	Siluet Bilgisi	Küme Sayısı								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1977-1986	Ortalama siluet değeri	0.251	0.270	0.249	0.241	0.215	0.209	0.205	0.137	0.147
	Negatif siluet sayısı	36	26	20	15	15	13	16	15	13
1987-1996	Ortalama siluet değeri	0.235	0.279	0.212	0.225	0.241	0.232	0.218	0.117	0.142
	Negatif siluet sayısı	39	22	20	17	14	10	17	18	22
1997-2006	Ortalama siluet değeri	0.237	0.251	0.241	0.258	0.252	0.245	0.166	0.167	0.176
	Negatif siluet sayısı	42	30	20	15	14	11	14	14	14

1977-1986 dönemi için ortalama siluet değeri küme sayısı arttıkça azalmaktadır. Bununla birlikte en düşük negatif siluet sayısı ise küme sayısı yedi ve on için elde edilmiştir. Küme sayısı 'on'daki ortalama siluet değeri en düşüklerden biri olduğu için doğrudan elenmiştir. Geriye kalan, en düşük negatif siluet sayısına sahip üç küme sayısı olan yedi, altı ve beş dikkate alındığında, küme sayısı 'beş'teki negatif siluet sayısı küme sayısı 'yedi'dekinden iki fazla olmasına rağmen ortalama siluet değerindeki ciddi artış nedeni ile en uygun küme sayısı beş olarak seçilmiştir. 1987-1996 ve 1997-2006 dönemleri dikkate alındığında ise, en düşük negatif siluet sayısı ve en yüksek ortalama siluet değerine sahip olan küme sayıları dikkate alınarak, en uygun küme sayıları altı ve yedi olarak seçilmiştir. On yıllık periyodlara göre tesbit edilen en uygun kümeler ve kümeler içinde yer alan istasyonlar Şekil 4'te gösterilmiştir.

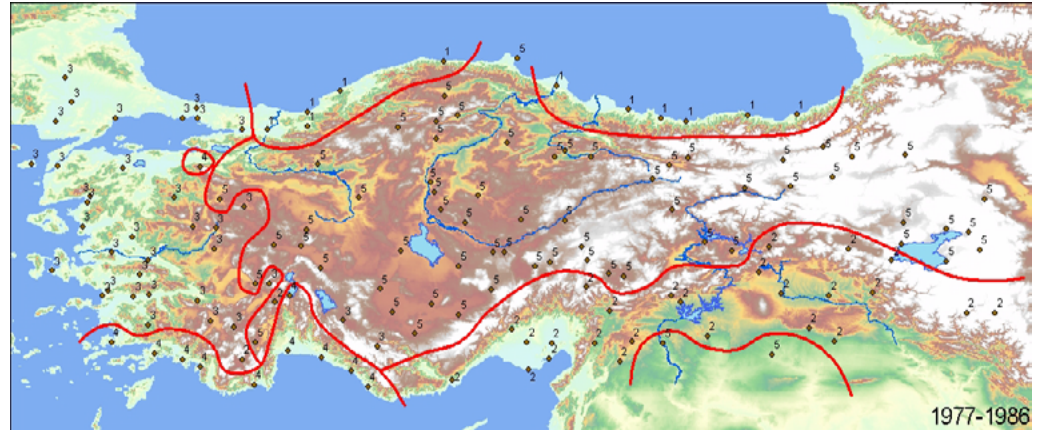
Şekil 4'deki onar yıllık periyodlara göre ortaya çıkan kümeler incelendiğinde, 30 yıllık veriye göre elde edilen kümeleme yapısının genelde korunduğu gözlenmektedir. İlk on yıllık (1977-1986) elde edilen kümeleme (Şekil 4-a) sonucunda Karadeniz kıyı kümesi, Sinop istasyonunun İç Anadolu ve Doğu Anadolu ortak kümesine (2 nolu) dahil olması dışında tek küme oluşturmaktadır. Sonraki on yıllık iki dönemde (Şekil 4-b ve c) ise, Sinop da Karadeniz kıyı kümesine dahil olmuş ve ilave bir küme olarak Rize civarında yeni bir küme ortaya çıkmıştır. Birinci on yıllık dönemde (1977-1986) Doğu Akdeniz bölgesi, otuz yıllık kümelemedekine eşdeğer olarak Güneydoğu Anadolu bölgesi ile aynı küme (Şekil 4-a'da 2 nolu) içerisinde yer alırken, son iki on yıllık dönemlerde (1987-1996 ve 1997-2006) aynı durum gözlenmemiştir. Bunun yerine, ikinci on yıllık dönemde (1987-1996) Batı Akdeniz bölgesi ile aynı kuşakta yer alarak Akdeniz kıyı kuşağı tek bir küme oluşturmuştur (Şekil 4-b). Son on yıllık dönemde (1997-2006) ise yeniden Batı Akdeniz bölgesi ile ayrılarak farklı küme içinde yer almaktadır (Şekil 4-c). Ayrıca, son on yıllık dönemde, Doğu Akdeniz bölgesinin de içinde yer aldığı küme (Şekil 4-c'de 4 nolu) Batı Akdeniz kümesinin (Şekil 4-c'de 5 nolu) üzerinden Batı Anadolu'ya kadar uzandığı görülmektedir. Diğer önemli bir husus ise, Batı Anadolu kümesini İç ve Doğu Anadolu bölgelerinin yer aldığı kümeden (Şekil 4-c'de 6 nolu) ayıran sınırın son on yıllık dönemde diğer onar yıllık periyodlardaki kümelemelere göre belirgin bir şekilde batıya kayması olmuştur.

4.2. 5'er yıllık periyodlar için K-Ortalamaları kümelemesi

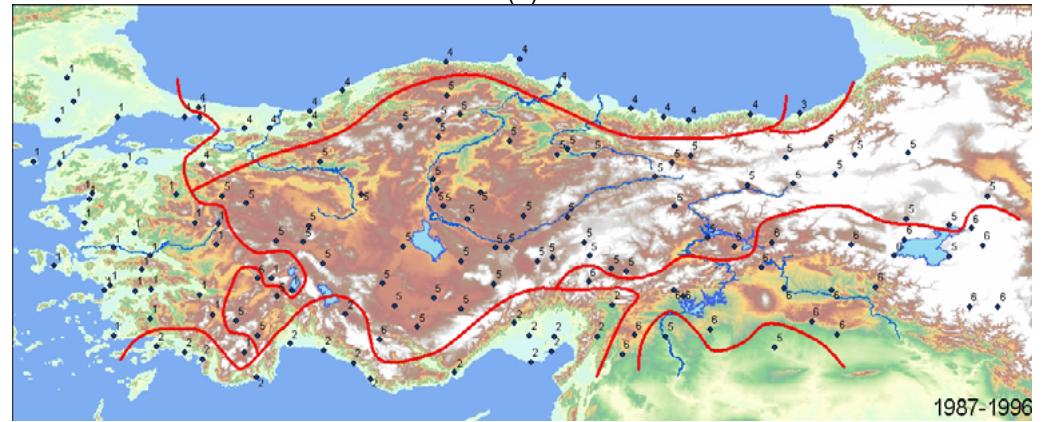
Kümelerin beşer yıllık periyodlar bazında değişimlerinin incelenebilmesi için 1977-2006 yılları arası altı gruba (1977-1981, 1982-1986, 1987-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006) ayrılmıştır. Herbir grup için uygulanan K-ortalamar yönteminden elde edilen analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. 5'er yıllık periyodlar için elde edilen K-ortalamalar analiz tablosu

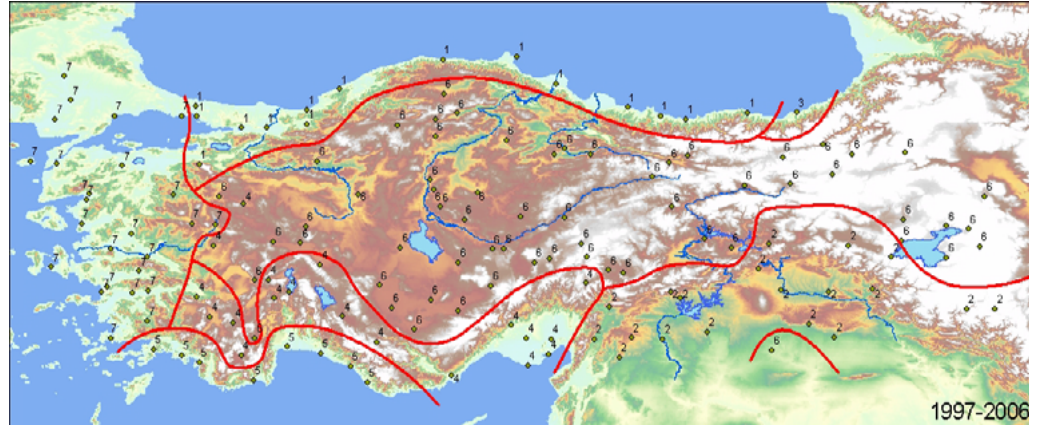
Periyod	Siluet Bilgisi	Küme Sayısı								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1977-1981	Ortalama siluet değeri	0.271	0.219	0.26	0.255	0.222	0.149	0.114	0.149	0.14
	Negatif siluet sayısı	34	35	21	11	12	13	17	18	13
1982-1986	Ortalama siluet değeri	0.231	0.256	0.245	0.214	0.201	0.194	0.123	0.182	0.13
	Negatif siluet sayısı	39	29	19	15	10	14	16	11	18
1987-1991	Ortalama siluet değeri	0.324	0.304	0.183	0.206	0.215	0.203	0.136	0.131	0.141
	Negatif siluet sayısı	23	17	18	13	9	12	14	14	18
1992-1996	Ortalama siluet değeri	0.239	0.209	0.252	0.255	0.263	0.262	0.167	0.154	0.142
	Negatif siluet sayısı	43	34	28	15	11	11	12	14	16
1997-2001	Ortalama siluet değeri	0.261	0.283	0.254	0.248	0.137	0.128	0.133	0.142	0.127
	Negatif siluet sayısı	38	22	16	13	16	19	17	17	16
2002-2006	Ortalama siluet değeri	0.23	0.243	0.233	0.254	0.164	0.158	0.169	0.175	0.176
	Negatif siluet sayısı	36	28	22	13	22	20	18	21	16



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. 10-yıllık periyodlar için K-ortalamalar yöntemine göre tesbit edilen kümeler ve istasyonların bağlı oldukları küme numaraları (a: 1977-1986, b:1987-1996 c: 1997-2006 dönemi).

En uygun küme sayısının belirlenmesinde yine en düşük negatif silüet sayısı ve maksimum ortalama silüet değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Her iki kriterde göze alındığında en uygun küme sayıları, 1977-1981, 1997-2001 ve 2002-2006 dönemi için 5, 1982-1986, 1987-1991 ve 1992-1996 dönemi için 6 olarak tesbit edilmiştir. Beş yıllık periyodlara göre tesbit edilen en uygun kümeler ve kümeler içine yer alan istasyonlar Şekil 5'te gösterilmiştir.

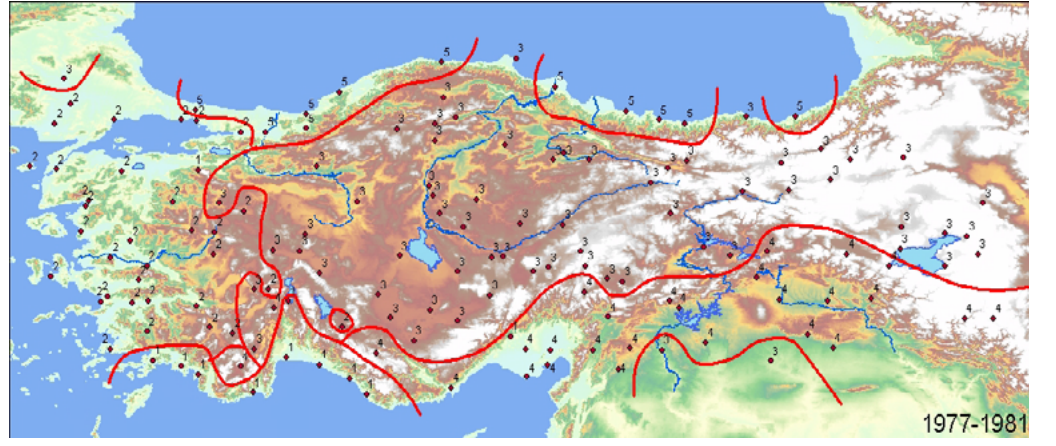
Beşer yıllık periyodlarda onar yıllık periyodlardaki kümelemelere göre daha fazla değişim gözlenmiştir (Şekil 5). Karadeniz kıyı kuşağında ilk beş yıllık dönemden (1977-1981) başlamak üzere İç Anadolu ve Doğu Anadolu'yu kapsayan kümenin etkisi azalarak üçüncü beş yıllık dönemde (1987-1991) ortadan kalkmaktadır (Şekil 5-c). Aynı dönemde Karadeniz kıyı kuşağında Doğu Karadeniz kümesi (Şekil 5-c de 4 nolu) oluşmuş, fakat sonraki beş yıllık dönemlerde bu iki küme birleşerek tek kümeye dönüşmüştür (Şekil 5-d,e,f). Beşer yıllık periyodlar ayrı ayrı göze alındığında Batı Anadolu'nun baskın bir şekilde tek küme içinde yer aldığı gözlenmiştir. Sadece ikinci beş yıllık dönemde (1982-1986), Ege sahili Doğu Akdeniz ile aynı küme (Şekil 5-c de 5 nolu) içinde yer almış ancak bu yapı ileriki beş yıllık dönemlerde ortadan kalkmıştır. Öte yandan, üçüncü beş yıllık dönemden (1987-1991) sonra İç Anadolu ve Doğu Anadolu'yu kapsayan kümelerin batıya doğru genişlemesi ile daralmıştır (Şekil 5-c).

Batı Akdeniz bölgesi küme yapısını ve sınırlarını üçüncü beş yıllık periyod (1987-1991) dışında korumuştur (Şekil 5-c). Bu periyotta ise Doğu Akdeniz bölgesi ile birleşerek Akdeniz kıyı kuşağı kümesini (Şekil 5-c'de 1 nolu) oluşturmuştur. Beşer yıllık kümeleme değişimlerinde en çok dikkate değer husus, Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin ikinci (Şekil 5-b) ve üçüncü (Şekil 5-c) beş yıllık dönemler(1982-1986 ve 1987-1991) haricinde aynı küme içinde yer almış olmasıdır.

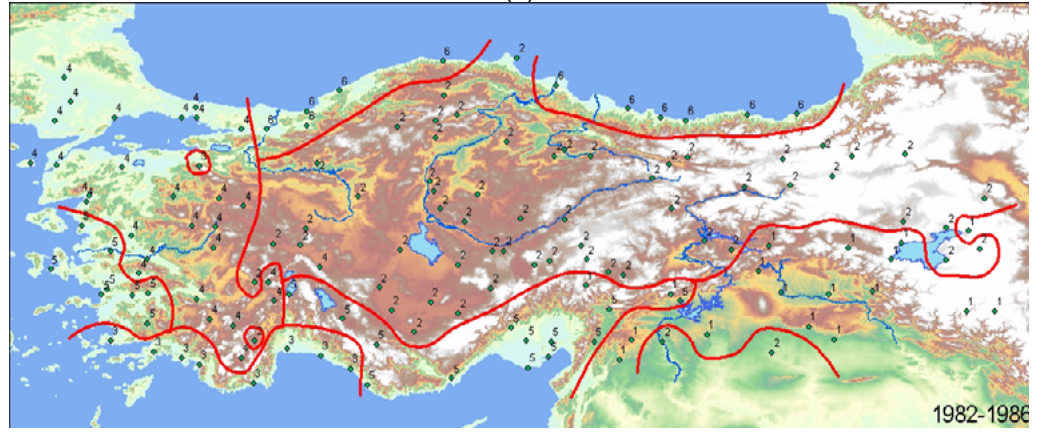
Aynı yapı, otuz yıllık veriler dikkate alındığı kümeleme (Şekil 3) sonucunda da gözlenmiştir. Diğer bir husus ise, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri arasındaki küme sınırları tüm beş yıllık periyodlarda korunmuşken, dördüncü beş yıllık dönemde (1992-1996, Şekil 5-d) bu iki bölge arasında farklı bir küme oluşmuş, ancak sonraki beş yıllık dönemlerde kaybolmuştur.

5. Sonuçlar

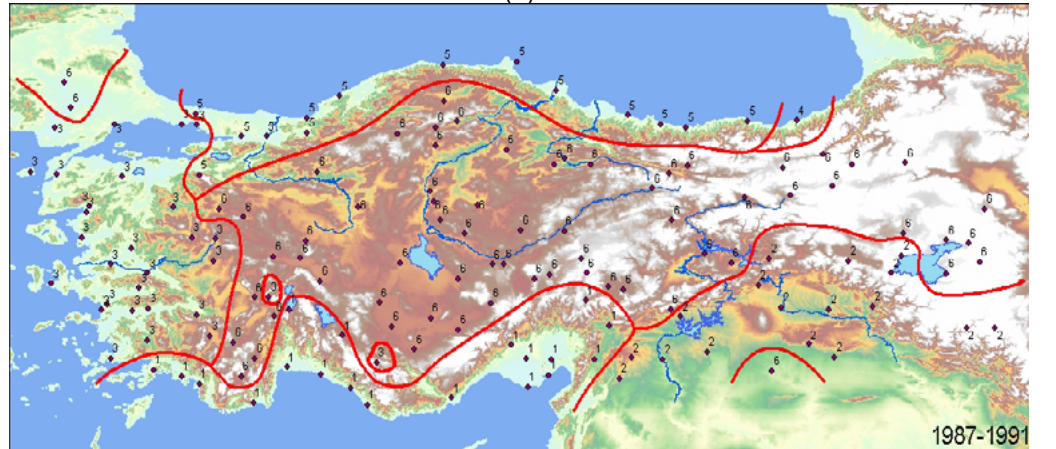
Literatürde yağış verisi dikkate alınarak Türkiye için yapılan değişik kümeleme çalışmaları bulunmaktadır [3-4-5]. Bu çalışmalarda kümeleme analizleri tek bir uzun zaman periyodu dikkate alınarak yapılmıştır. Bu yayınlardan farklı olarak bu çalışmada, 30 yıllık (1977-2006) zaman periyodu ile birlikte 10 ve 5 yıllık zaman periyodları da dikkate alınarak K-ortalamaları (K-means) kümeleme yöntemi uygulanmış ve kümelerin ardışık periyodları arasındaki (zamansal) değişimleri analiz edilmiştir.



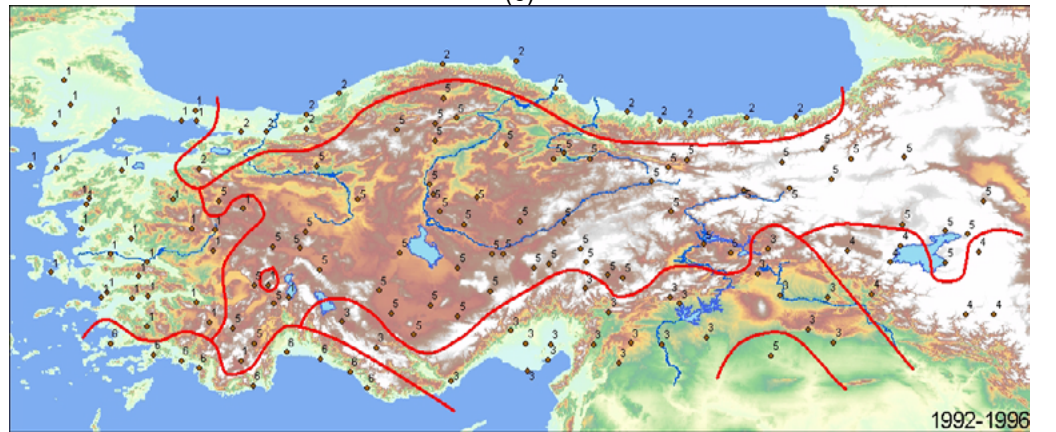
(a)



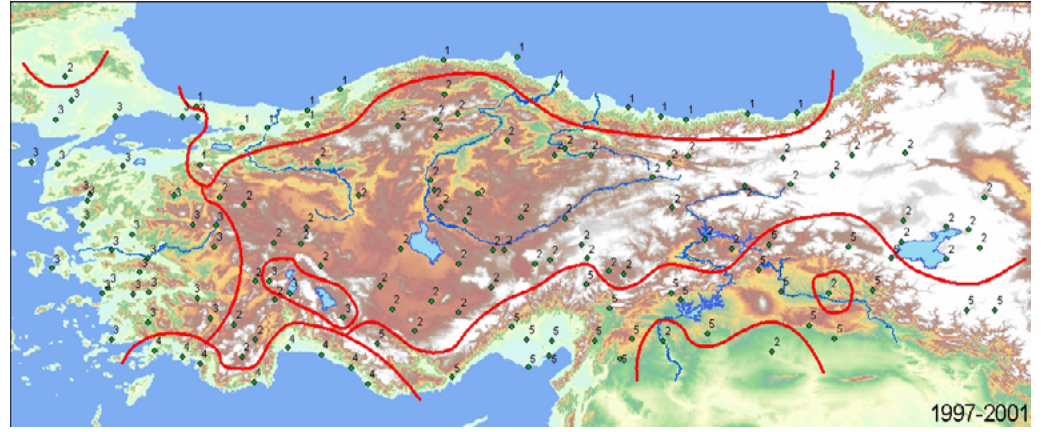
(b)



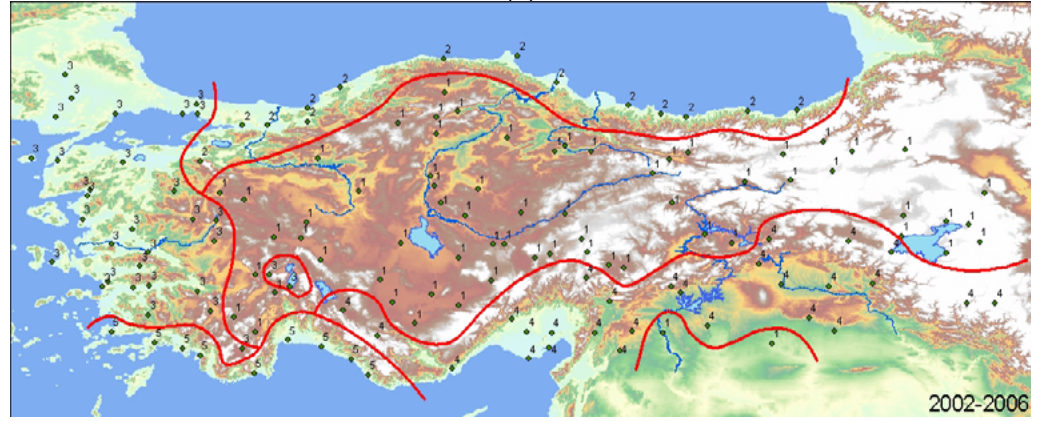
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 5. Beşer yıllık periyodlar için K-ortalamalar yöntemine göre tesbit edilen kümeler ve istasyonların bağlı buldukları küme numaraları (a:1977-1981, b:1982-1986, c:1987-1991, d:1992-1996, e:1997-2001, f:2002-2006 dönemi).

Çalışmanın ilk aşaması olarak 30 yıllık periyod (Şekil 3) dikkate alındığında elde edilen kümeleme sonuçları aşağıdadır.

- i. Toplam küme sayısı 6 olarak tesbit edilmiştir.
- ii. En büyük(en çok sayıda istasyona sahip) küme (5 nolu) İç Anadolu ve Doğu Anadolu'nun büyük bir kısmını içine alan coğrafyayı kaplamaktadır.
- iii. Ege ve Marmara bölgeleri aynı küme (2 nolu) içerisinde yer almıştır.
- iv. Rize civarı Karadeniz Bölgesi'nden ayrı bir küme olarak ortaya çıkmış ve aynı yapı son iki on yıllık döneme (1987-1996 ve 1997-2006) ait kümeleme analizinde de kendini göstermiştir (Şekil 4-b ve 4-c).
- v. Batı Akdeniz ve Doğu Akdeniz farklı kümeler içinde yer almışlardır.
- vi. Doğu Akdeniz ile Güneydoğu Anadolu bölgesi aynı küme içinde yer almaktadır.

Yukarıdaki bulgular incelendiğinde, yayınlanan diğer yağış verisi tabanlı kümeleme çalışmaları ile bazı farklı bulgular ortaya çıkmaktadır. Öncelikle, elde edilen en uygun küme sayısı olan 6, önceki çalışmaların bazıları ile uyumlu iken, küme sayısının 7 olarak elde edildiği diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir (Unal ve diğ., 2003; Unal ve Karaca, 2003; Türkeş ve diğ., 2002). Bahsi geçen her iki çalışmada, Ege ve Marmara bölgeleri ayrı kümelerde yer alırken bu çalışmada aynı kümede yer almaktadır. Ayrıca, önceki çalışmalarda ayrı kümelerde yer alan İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri bu çalışmada aynı küme içinde yer almaktadır. Diğer taraftan ise, Doğu Akdeniz'in ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin aynı kümede yer alması, önceki çalışmaların bazıları ile uyumlu iken bazıları ile uyumlu değildir [3-4-5].

Onar yıllık periyodlardaki kümeler (Şekil 4) incelendiğinde elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- i. En uygun küme sayısı olarak, 1977-1986 dönemi (Şekil 4-a) için 5, 1987-1996 dönemi (Şekil 4-b) için 6, 1997-2006 dönemi (Şekil 4-c) için ise 7 küme belirlenmiştir.
- ii. Karadeniz bölgesinin en doğu kısmında yer alan içinde Rize istasyonunun yer aldığı küme ayrı bir küme olarak ikinci on yıllık periyod (1987-1996) ve sonrasında belirginleşerek varlığını devam ettirmiştir (Şekil 4-b ve c).
- iii. Batı Akdeniz ile Doğu Akdeniz ilk 10 yıllık periyotta (Şekil 4-a) ayrı kümelerde yer alırken, ikinci on yıllık periyotta (Şekil 4-b) aynı kümede yer almışlar, ancak son on yıllık periyotta ise yeniden ayrı kümelere düşmüşlerdir (Şekil 4-c).
- iv. İlk on yıllık dönemde, otuz yıllık kümelemedeki sonuca eşdeğer olarak Doğu Akdeniz ile Güneydoğu Anadolu bölgesi aynı küme içerisinde yer alırken (Şekil 4-a'da 2 nolu), son iki on yıllık dönemde (1987-1996 ve 1997-2006) ayrı kümelere yer almışlardır.
- v. Son on yıllık dönemde, Doğu Akdeniz bölgesinde içinde yer aldığı küme (Şekil 4-c'de 4 nolu) Batı Akdeniz kümesinin (Şekil 4-c'de 5 nolu) üzerinden Batı Anadolu'ya kadar uzanmaktadır.
- vi. Göze çarpan diğer önemli bir husus ise, son on yıllık periyotta Batı Anadolu bölgesine ait kümenin alansal ve istasyon sayısı olarak diğer on yıllık periyotlara göre daralmasıdır.

Zaman periyodunun beş yıla indirilmesiyle elde edilen kümeleme ve kümelerin zamansal değişimleri dikkate alındığında aşağıdaki durumlar gözlenmiştir.

- i. Küme sayısı ikinci, üçüncü ve dördüncü beş yıllık periyotta 6 iken diğer tüm periyotlarda 5 olarak elde edilmiştir (Şekil 5).
- ii. Batı Akdeniz üçüncü beş yıllık dönem (Şekil 5-c) haricinde her bir beş yıllık dönem için Doğu Akdeniz bölgesinden ayrı bir küme oluşturmuştur.
- iii. Karadeniz kıyı kuşağına ait kümeleme yapısında ilk iki beş yıllık dönemde (Şekil 5-a,b) değişiklik gözlenirken, sonraki dönemlerde durağan hale gelmiştir.
- iv. Rize civarının Karadeniz bölgesinden ayrı bir küme olarak gözlenmesi ise sadece üçüncü beş yıllık dönemde (Şekil 5-c) gerçekleşmiştir.
- v. Beşer yıllık periyotlara göre yapılan kümelelerdeki en belirgin yapılardan birisi de Doğu Akdeniz ile Güneydoğu Anadolu bölgesinin aynı kümede yer almasıdır. Bu durum ilk kez birinci beş yıllık periyotta (Şekil 5-a) gözlenmiştir. Sonraki iki beş yıllık periyotta (1982-1986 ve 1987-1991) bu iki bölge ayrı kümelerde yer alırken (Şekil 5-b ve Şekil 5-c), sonraki üç beş yıllık periyotlarda (1992-1996, 1997-2001 ve 2002-2006) yeniden aynı küme içinde yer almışlardır (Şekil 5-d,e,f). Burada dikkate değer husus, Doğu Akdeniz ile Güneydoğu Anadolu bölgesinin 1992 yılından itibaren yağış açısından baskın bir şekilde aynı iklim özelliklerini yansıtmasıdır. Bu konu tek başına ayrı bir çalışma konusu olmakla birlikte, bu durum GAP projesi alanında suyla kaplı alanlarının artmasından dolayı bölgenin yağış özelliklerinin değişebileceği ve söz konusu alanın Doğu Akdeniz bölgesindeki yağış karakterine benzemesine neden olduğu söylenebilir.
- vi. Onar yıllık periyotların analizindeki son on yılda gözlenen Batı Anadolu bölgesinde oluşan kümede meydana gelen daralma ise, üçüncü beş yıllık dönemde (Şekil 5-c) başlayarak kendini göstermiş ve sonraki dönemlerde durağanlaşmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuç, iklim değişikliği açısından yağış bölgelerindeki değişimlerin incelenmesinde uzun yıllara dayalı kümeleme analizi ile birlikte alt periyotlardaki değişimlerin de dikkate alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çünkü alt periyotlardaki değişimlerin sadece uzun yıllar dikkate alındığında maskelenebileceği ortaya çıkmıştır. Dolayısı ile iklim değişikliği üzerinde tetikleyici etkisi bulunan olayların anlaşılmasında çalışmaların bahsedilen ölçeğe indirilmesi gerekliliği muhakkaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan yağış verilerinin sağlanmasındaki katkılarından dolayı DMİ EBİM Şube Müdürlüğü'ne ve veri formatının çözülmesinde yardımcı olan aynı şubeden Selami Yıldırım'a teşekkür ederiz. Ayrıca bu çalışmada sonuçların yorumlanmasındaki katkılarından dolayı DMİ Uzaktan Algılama Şube Müdürü Fatih Demir'e de teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- Eriç, S., (1984). "Klimatoloji ve Metodları", 3. baskı, 540 sayfa, İstanbul.
- MacQueen, J. B., (1967). "Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations", Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Berkeley, University of California Press, 1:281-297.
- Türkeş, M., Sümer, U.M., and Kılıç, G., (2002). " Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights", Climate Research, 21: 59-81.
- Unal, Y., Kindap, T. and Karaca, M., (2003). " Redefining the Climate Zones of Turkey Using Cluster Analysis", International Journal of Climatology, 23: 1045-1055.
- Ünal, Y. Ve Karaca, M., (2003). " Küme Analizi ile Türkiye'de İklim Bölgelerinin Yeniden Belirlenmesi, Kuvaterner Çalışmayı IV.