



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 3A0023

PHYSICAL SCIENCES

Received: May 2009

Accepted: July 2010

Series : 3A

ISSN : 1308-7304

© 2010 www.newwsa.com

Fatih Çemrek

Sevil Şentürk

Levent Terlemez

Eskişehir Osmangazi University

fchemrek@ogu.edu.tr

Eskişehir-Turkey

**BULANIK KÜMELEME ANALİZİ İLE OECD ÜLKELERİNİN CO₂ EMİSYONLARI
BAKIMINDAN İNCELENMESİ**

ÖZET

Günümüzde en önemli çevre konularından birisi iklim değişikliği ve sera gazı salınımlarıdır. Sera gazı salınımları içinde en büyük paya sahip olan gaz ise CO₂'dir. Bu gazın salınımını azaltmak konusunda dünyada önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla, 1997'de KYOTO protokolü imzalanmıştır. Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve programıdır. Protokolün temel özelliği, sera gazı salınımını azaltmak için sanayileşmiş 37 ülke ve Avrupa Birliği ülkeleri için hedefler koymaktadır. Bu azalma miktarı, 2008-2012 dönemi boyunca, 1990 yılı salınımına göre ortalama %5,2'dir. Bu çalışmada OECD'ye üye ülkelerin, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan CO₂ salınım göstergeleri bakımından kümelenebilir çalışılmıştır. Sınıflandırma için ise, Bulanık kümeleme analizi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 4 küme elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık kümeleme, Bulanık c-ortalamlar,
Fanny Algoritması, OECD, CO₂ Emisyonu,

**INVESTIGATION OF OECD COUNTRIES ACCORDING TO CO₂ EMISSIONS BY FUZZY
CLUSTER ANALYSIS**

ABSTRACT

Today, one of the most important environmental studies is climate change and greenhouse emissions. CO₂ has the important share of the greenhouse emissions. To reduce CO₂ emissions, important studies have been done in the world. For this reason, in 1997, Kyoto Protocol was signed. The Kyoto Protocol is an international agreement linked to the United Nations Framework Convention on Climate Change According to protocol, CO₂ emissions The major feature of the Kyoto Protocol is that it sets binding targets for 37 industrialized countries and the European community for reducing greenhouse gas (GHG) emissions. These amount to an average of five per cent against 1990 levels over the five-year period 2008-2012. In this study, we tried to classify the member countries of OECD according to CO₂ emission indicators from fossil fuel consumption. For classification, fuzzy-clustering has been implemented. From the analysis, 4 cluster were obtained.

Keywords: Fuzzy Clustering, Fuzzy c-means, Fanny Algorithm, OECD,
CO₂ emissions.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü): 14 Aralık 1960 tarihinde imzalanan Paris Sözleşmesi'ne dayanılarak, Avrupa'nın Marshall Planı çerçevesinde yeniden yapılandırılması amacıyla 1948 yılında kurulan Avrupa Ekonomik İşbirliği Örgütü'nün (OEEC) yerini alan teşkilatın adı 30 Eylül 1961' de Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) şeklinde değiştirilmiştir. OECD, Fransa'nın başkenti Paris'te faaliyetlerini sürdürmektedir. 2009 yılı bütçesi 320 milyon AVRO olup, 250 çalışana sahip olan bir kuruluştur. OECD'ye üye olan 30 ülke ve üyelik tarihleri (Alfabetik olarak) Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. OECD'ye üye ülkeler ve üyelik tarihleri
(Table 1. OECD member states and accession dates)

Ülke Adı	Üyelik Tarihi	Ülke Adı	Üyelik Tarihi	Ülke Adı	Üyelik Tarihi
ABD	1961	İngiltere	1961	Lüksemburg	1961
Almanya	1961	İspanya	1961	Macaristan	1996
Avustralya	1971	İsveç	1961	Meksika	1994
Avusturya	1961	İsviçre	1961	Norveç	1961
Belçika	1961	İrlanda	1961	Polonya	1996
Çek Cumhuriyeti	1995	İtalya	1961	Portekiz	1961
Danimarka	1961	İzlanda	1961	Slovak Cumhuriyeti	2000
Finlandiya	1969	Japonya	1996	Türkiye	1961
Fransa	1961	Kanada	1961	Yeni Zelanda	1973
Hollanda	1961	Kore	1996	Yunanistan	1961

Tablodan da görüleceği üzere, ABD, Almanya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, İsviçre, İrlanda, İtalya, İzlanda, Lüksemburg, Kanada, Norveç, Portekiz, Yunanistan ve Türkiye kurucu ülkelerdir.

OECD'ye aday ülkeler Şili, Estonya, İsrail, Rusya Federasyonu ve Slovneya olup; genişleme için söz verilen ülkeler ise Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya ve Güney Afrika Cumhuriyeti'dir.

OECD, 40 yıldan fazla bir zamandır, ülkelerin ekonomik ve sosyal gösterge ve istatistiklerine ilişkin olarak dünyanın en geniş ve en güvenilir kaynaklarından birisidir. OECD, veri toplama yanında, ekonomik kalkınmayı izler, eğilimleri inceler, analiz eder ve öngörmeye çalışır. Ayrıca, sosyal değişimleri ve ticaret, çevre, tarım, teknoloji, vergi ve daha fazla konuda meydana gelen gelişmeleri takip eder [1].

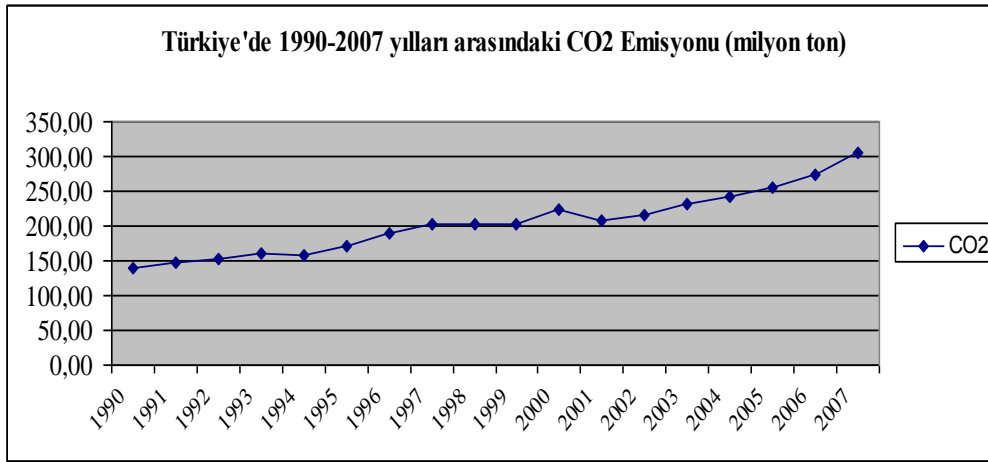
CO₂ Emisyonu: İklim değişikliği dünyamızın karşılaştığı en önemli sorunlardan birisidir. Bu sorunun en önemli kaynağı da havada en çok ısı tutma özelliği olan ve sera gazları içinde %50'nin üzerinde paya sahip olan karbondioksit CO₂ emisyonu (salınımı) olarak gösterilmektedir. CO₂ ve diğer ısı tutan gazların miktarında meydana gelen artış küresel ısınma olarak da bilinen atmosfer ısısının yükselmesine neden olmaktadır. Son 40 yılda ortalama sıcaklık artışı 0.5 santigrat derece olarak gerçekleşmiş olup, yapılan tahminlere göre bu sıcaklık artışı yüzyılın sonunda 1.4 ile 5.8 santigrat derece olacaktır [2].

Türkiye'nin 1990-2007 yılları arasında sera gazları salınımı verileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye’de seragazi emisyonları (milyon ton CO₂ eşdeğeri)
(Table 2. Greenhouse gases emissions in Turkey (million tons CO₂ equivalent))

Yıl	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F Gazları	Toplam	1990 yılına göre değişim %
1990	139,59	29,21	1,26	0,00	170,06	*****
1991	146,55	33,17	2,25	0,00	182,0	4,98
1992	152,93	36,66	4,04	0,00	193,6	9,55
1993	160,91	38,98	4,09	0,00	204,0	15,27
1994	159,10	39,19	2,17	0,00	200,5	13,98
1995	171,85	42,54	6,33	0,00	220,7	23,11
1996	190,67	44,99	6,07	0,37	242,1	36,59
1997	203,72	46,45	4,73	0,61	255,5	45,94
1998	202,71	47,71	5,56	0,66	256,6	45,22
1999	201,71	48,83	5,72	0,52	256,8	44,50
2000	223,81	49,27	5,74	1,14	280,0	60,33
2001	207,38	48,70	4,84	1,18	262,1	48,56
2002	216,43	46,87	5,41	1,90	270,6	55,04
2003	230,99	47,76	5,25	2,29	286,3	65,47
2004	241,88	46,29	5,49	2,93	296,6	73,28
2005	256,43	49,32	3,43	3,24	312,4	83,70
2006	273,70	50,33	4,59	4,05	332,7	96,07
2007	304,47	54,38	9,65	4,13	372,6	118,11

Kaynak: TÜİK, 2009, Seragazi Emisyon Envanteri, 2007 [3].



Şekil 1. Türkiye’de 1990-2007 yılları arasındaki CO₂ emisyonu (Milyon TON)

(Figure 1. CO₂ emissions in Turkey between the years 1997-2007) (million tons)

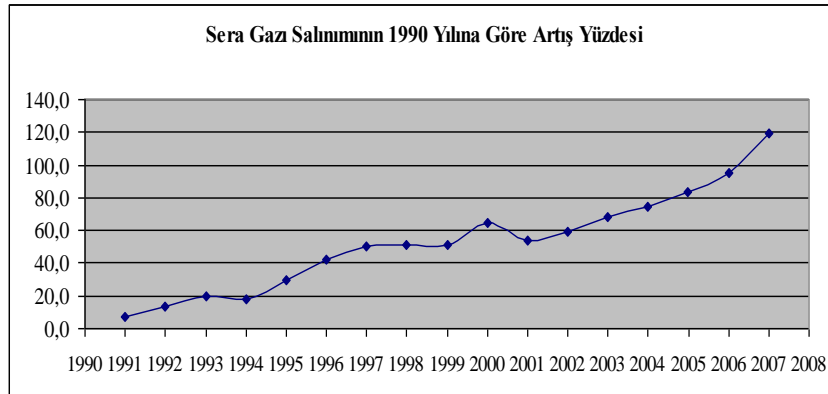
Türkiye’nin 1990-2007 yılları arasında sektörlere göre sera gazları salınımı verileri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Sektörlere göre toplam seragazı emisyonları (milyon ton CO₂ eşdeğeri)

Table 3. Greengases emissions by sectors (million tons CO₂ equivalent)

Yıl	Enerji	Endüstriyel Prosesler	Tarım	Atık	Toplam	1990 yılına göre artış yüzdesi
1990	132,13	13,07	18,47	6,39	170,06	-
1991	137,96	15,22	19,04	9,74	181,96	7,0
1992	144,27	17,23	18,84	13,29	193,64	13,9
1993	150,78	18,59	18,62	15,99	203,98	19,9
1994	148,62	16,93	18,32	16,59	200,46	17,9
1995	160,79	21,64	17,97	20,31	220,72	29,8
1996	178,96	22,45	17,98	22,69	242,09	42,4
1997	191,39	22,17	16,84	25,12	255,51	50,3
1998	190,62	22,62	16,70	26,69	256,63	50,9
1999	190,61	21,45	16,74	27,97	256,78	51,0
2000	212,55	22,23	16,13	29,04	279,96	64,6
2001	196,02	21,20	15,77	29,11	262,10	54,1
2002	204,02	23,42	14,77	28,41	270,62	59,1
2003	218,00	24,12	14,80	29,36	286,28	68,3
2004	227,43	26,45	15,18	27,55	296,60	74,4
2005	241,45	25,39	15,82	29,75	312,42	83,7
2006	258,21	28,04	16,37	30,06	332,67	95,0
2007	288,33	26,18	26,28	31,85	372,64	119,1

Envanter sonuçlarına göre, 2007 yılında toplam seragazı emisyonu CO₂ eşdeğer, olarak 372,6 milyon ton (Mt) olarak tahmin edilmiştir. Envanterde ayrıca, 2007 yılı için emisyonlarda CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %77 ile enerji kaynaklı emisyonların; ikinci sırayı %9 ile atık kaynaklı emisyonların aldığı; tarımsal faaliyetler ve endüstriyel işlemlerden kaynaklı emisyonların payının %7'ser olduğu belirtilmektedir. 2007 yılında CO₂ eşdeğeri olarak toplam sera gazı emisyonunun, 1990 yılına göre %119 artış göstermiştir. 1990-2007 döneminde yıllık ortalama artış %4,8 olarak gerçekleşmiştir. Envanter sonuçlarında belirtilen bir diğer husus ise, 2007 yılı CO₂ emisyonunda 1990 yılına göre, enerji sektöründe %123, endüstriyel işlemlerde ise %71 artışın gözlenmesidir. 2007 yılında toplam CO₂ emisyonlarının %93'ünün enerji kaynaklı, %7'si endüstriyel işlemler kaynaklı olduğu da ifade edilmiştir.



Şekil 2. Toplam Sera Gazı Salınımının 1990 yılına Göre Artış Yüzdesi
(Figure 2. Increase Rate of Total GreenHouse Gases Emissions to 1990)

Türkiye’de doğrudan sera gazı emisyonlarının sektörel dağılımları (%) Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Doğrudan seragazı emisyonlarının sektörel dağılımı (%)
(Table 4. Sectorial Distribution of direct Greenhouse gases emissions) (%)

	1990	1995	2000	2005	2007
CO ₂					
Enerji	90,76	90,40	92,52	92,05	92,77
1.Çevrim ve Enerji Sektörü	24,37	27,53	34,31	34,53	35,01
2.Sanayi	26,89	24,43	26,75	26,17	26,28
3.Ulaştırma	18,59	19,10	15,62	15,80	16,75
4.Diğer Sektörler	20,92	19,33	15,83	15,55	14,73
Endüstriyel İşlemler	9,24	9,60	7,48	7,95	7,23
1.Mineral Üretimi	7,96	8,61	7,08	7,54	7,23
2.Kimya Endüstrisi	0,59	0,56	0,07	0,23	0,00
3.Maden Üretimi	0,69	0,44	0,34	0,18	0,00

Tablo 4’e göre, 2007 yılında enerji kaynaklı CO₂ emisyonu incelenirse, toplam CO₂ emisyonunun %35’inin çevrim ve enerji sektöründen kaynaklandığı, %26’sının sanayiden, %17’sinin ulaştırma sektöründen ve kalan %15’inin ise diğer sektörlerdeki enerji üretiminden kaynaklandığı görülmektedir.

Teknolojinin gelişmesiyle dünyada CO₂ emisyonu hızla artmıştır. Enerji Bilgi Yönetimi (Energy Information Administration)’a göre fosil yakıt kullanımından kaynaklanan kişi başına CO₂ emisyonu 1980 yılında 4.16 ton iken; 2006 yılında bu rakam 4.48 ton olarak gerçekleşmiştir. OECD’ye göre ise bu rakam dünya için 5 ton, OECD ülkeleri için 11 ton olarak ifade edilmektedir. EIA’ya göre Türkiye’de 1980 yılında kişi başına CO₂ emisyonu 1,53 ton iken, 2006 yılına gelindiğinde, yaklaşık olarak iki katına çıkarak, 3,35 ton olarak gerçekleşmiştir.

CO₂ emisyonu dünyada 1971’den bu yana her yıl ortalama %2 artmıştır. 2030’a kadar da %45 oranında ya da her yıl ortalama %1,6 artacağı tahmin edilmektedir. 1971’de OECD ülkelerinin CO₂ emisyonu toplam içindeki payı %66 iken, 2006 yılında toplam içindeki payı %46’ya gerilemiş ve bu durum 2030’a kadar %32’ye gerilemesi beklenmektedir. OECD üyesi olmayan ülkeler içinde CO₂ emisyonunda en büyük artış Çin’de gerçekleşmiştir. Çin’deki CO₂ emisyonu, 1971-2006 döneminde yıllık ortalama %5,7 artış göstermiş. Çin’de kömür kullanımı 35 yıllık dönemde CO₂ emisyonunun 4,8 milyar ton artırmıştır. Fosil yakıtım CO₂ emisyonu içindeki payı 1971-2006 döneminde çok az değişmiştir. Kömürün CO₂ emisyonu içindeki payı %40’dır. Doğal gazın payı ise 1971’de %15 iken, 2006’da %19 olarak gerçekleşmiştir. Petrolün payı ise %49’dan %39’a gerilemiştir. Fosil olmayan enerji kaynaklarının kullanılması ile CO₂/toplam birincil enerji üretimi oranı (TPES), son 35 yılda, %6 azaltmıştır [4].

Kyoto Protokolü: 1990 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BM-İDÇS) için Hükümetler arası Müzakere Komitesi’nin (INC) oluşturulmasını kararlaştırdı. 1992’de Rio de Janeiro’daki Dünya Zirvesi sırasında imzaya açılan sözleşme, Avrupa Topluluğu da dahil olmak üzere 154 ülkenin devlet başkanları ve diğer üst düzey temsilcileri tarafından imzalandı ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girdi.

BM- İDÇS’ne ek olarak 1997 yılında Japonya’da Kyoto Protokolü kabul edilmiştir ve Protokol 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Çünkü protokolün yürürlüğe girebilmesi için, onaylayan ülkelerin 1990’daki emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki

toplam emisyonun %55'ini bulması gerekmektedir ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya'nın katılımıyla ulaşılabilmektedir. Protokol, ülkelerin atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmelerini gerekli kılmaktadır

Türkiye ise, 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olmuş ancak Kyoto Protokolü'nü imzalamamıştır. Protokol'ü imzalayacağını Haziran 2008'de resmen açıklayan ülkemiz, 2009/1479 sayılı TBMM kararı ile 5 Şubat 2009 ve 5836 sayılı Kanunla onaylanan Bakanlar Kurulu kararı uyarınca, 7 Mayıs 2009 tarihinde protokolü imzalamıştır ve Kyoto Protokolüne taraf olan 178. ülke olmuştur. Türkiye'nin 2008-2012 arasında herhangi bir seragazi emisyon azaltım yükümlülüğü bulunmamaktadır. 2012 sonrasında, temiz kalkınma hedeflerini gerçekleştirmeye yardımcı olacak, dış finansman kaynakları ile desteklenmiş politikalar oluşturacak ve sözleşme ilkeleri çerçevesinde üzerine düşen sorumlulukları alacaktır[5, 6, 7 ve 8].

Küresel İklim Değişikliği ve CO₂ emisyonu konusunda daha fazla bilgi için araştırmacılar, Karakaya ve Özçağ [9]), Türkeş ve Kılıç [10], Doğan, [11], Kayhan [12], Türkeş [13], Energy Information Administration, International Energy Outlook [14], gibi kaynaklara başvurabilir. Literatürdeki söz konusu çalışmalara ek olarak, Alvarez-Diaz, Cabellero-Miguez ve Salino [15], Vaziri, [16], Falconett ve Nagasaka, [17], Ruusunen ve Leiviska, [18], Sözen, Gülseven ve Arcaklıoğlu, [19], CO₂ emisyonu ve Yapay Zeka teknikleri üzerine yapılmış çalışmalarını incelenebilir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, OECD ülkelerinin CO₂ emisyonu bakımından kümelermeleri ortaya konulmak istenmiştir. Bu amaçla Bulanık kümeleme yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümeleme yöntemlerinden Bulanık eşitlik ilkesine dayalı Fanny algoritması ile analizler yapılmıştır. Çalışmanın önemi ve hedefi ise, CO₂ emisyonları bakımından OECD ülkelerinin karşılaştırılmasında klasik istatistiksel kümeleme analizine alternatif olarak bulanık kümeleme analizinin de uygulanabileceğini ortaya koymaktır. Bunun nedeni ise, literatürde bulanık kümeleme uygulanarak ülkelerin CO₂ emisyonlarının değerlendirildiği ya da karşılaştırıldığı çalışmaya rastlanmamış olmasıdır. Bulanık kümeleme analizi, kümelerin sınırlarına belirsizliği getirmekte ve bulanık kümeleme analizinde bir eleman birden fazla kümeye ait olabilmektedir. Bu özelliği nedeniyle, CO₂ emisyonları bakımından ülkelerin gruplandırılması konusunda araştırmacılara esneklik sağlamaktadır. Klasik kümeleme analizinde bazı durumlarda karşılaşılan bazı birimlerin bir kümeye ait olamama sorununu gidermesi nedeniyle bulanık kümeleme analizi diğer araştırma ve araştırmacılara ışık tutacak niteliktedir.

Ekolojik çalışmaların önemlisi olduğu günümüzde emisyon miktarına göre istatistik analiz yerine fuzzy-c kullanılarak yapılması yabancı literatürde benzer çalışmaların olmasına rağmen diğer ekolojik çalışmalarda benzer yapay zeka tekniklerine zemin hazırlaması açısından önemlidir.

3. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

3.1. Bulanık Küme Teorisi ve Bulanık Kümeleme Analizi (Fuzzy Sets Theory and Fuzzy Clustering Analysis)

Dünyada hızla gelişen teknoloji ve gitgide mükemmel yaklaşma isteği ve belki de doğanın bir gün ayısının yapay yollarla ortaya çıkarılması arzusu yapay zeka, yapay sinir ağları ve bulanık mantık kavramlarını gündeme getirmektedir. Bulanık mantık, temelde çok

değerli mantık, olasılık kuramı ve yapay zeka alanları üzerine oturtturulmuş bir kavramdır[20].

Bulanık mantık, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesine ihtiyaç gösteren durumlarda geçerli olmaktadır. Belirsizlik anlamına gelen bulanık mantık bu prensipten yola çıkarak kesin olmayan bir bilgiyi basit ve kullanışlı bir hale getirmektedir [21].

Genel özellikleriyle bulanık mantık ifade edilmek istenirse,

- Bulanık mantıkta kesin değerlere dayanan düşünme yerine yaklaşık düşünme kullanılmaktadır.
- Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilmektedir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılmaktadır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilmektedir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için oldukça uygundur.
- Bulanık mantık tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir [22].

Belirsizliğin göstergesi olan bulanıklık kavramı, mantık sistemi ve küme işlemlerinin bir bütünü olmaktadır. İncelenen bir konunun araştıran kişi tarafından tam kesinlikle bilinmemesi durumunda sahip olunan eksik ve belirsiz bilgilerin tümünü, bulanık olarak ifade edebilmekteyiz [23].

Matematik ve mantık kavramlarının esaslarını teşkil eden kümeler insan düşüncesinin en temel öğelerini meydana getirmektedir. Düşünce sisteminde mantığın ve matematiğin kullanılmasıyla küme kavramı gündeme gelmektedir.

Küme kavramı klasik kümeler ve bulanık kümeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bulanık mantık, insan düşüncesinin getirdiği sözel olan bilgileri işleyebilmekte ve bulanık küme teorisi ile açıklayabilmektedir [21,23,ve 24].

Klasik kümeler üye olma ve üye olmama ilişkisi çerçevesinde geliştirilmişlerdir. Bu yaklaşıma göre istediğimiz özelliğe sahip olan bir birey, eleman veya çalışma alanı içerisindeki ölçümler tanımlanmış olan bir kümeye ya aittir ya da değildir. Bu tür kümeleri ifade etmekte ise karakteristik fonksiyonlardan yararlanılmaktadır. Karakteristik fonksiyon her bir elemana 1 ve 0 değerlerinden birini üyelik durumuna göre atayarak evrensel küme üzerinde tanımlanan ve bizim ilgilendiğimiz özelliğe sahip elemanların oluşturduğu kümeyi belirlemektedir. Klasik küme kavramında, bir X kümesindeki A alt kümesi kendisine ait karakteristik fonksiyon olan χ_A ile ifade edilmektedir. Buradaki karakteristik fonksiyon X 'in elemanlarını $\{0,1\}$ kümesine dönüştürmektedir. Klasik bir A kümesini karakteristik ifadesi yardımıyla aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkündür [25]:

$$\chi_A: X \rightarrow \{0,1\}$$
$$\forall x \in X, \chi_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

Söz konusu fonksiyonda görüldüğü gibi A kümesine ait elemanlar 1 değerini alırken, ait olmayan elemanlar ise 0 değerini almaktadır.

Klasik kümelerde bir eleman birden fazla kümeye ait olabilmekte ve ait olduğu kümelere de aynı üyelik derecesi ile yani üyelik derecesi 1 olarak bağlı olabilmektedir. Burada 1 değerini alan elemanlar oluşturulan kümeyi belirlemekte ve klasik kümelerde bir eleman için üyelikten üye olmamaya geçişin çok kesin olduğu görülmektedir [23,25 ve 26].

Görüldüğü gibi klasik küme teorisinde kümelerin sınırları ve küme elemanlarının sıfatları kesin olmaktadır. Oysaki gerçek hayatta her kümenin sınırları ve bu kümelere ait her elemanın sıfatı o kadar kesin olmamaktadır. Böylece klasik küme anlayışının gerçek hayatta karşılaşılan bazı durumlarda yetersiz olduğu görülebilmektedir.

Klasik küme teorisine karşın, bulanık küme teorisi ise bize gerçek hayatta belirsizliklerin ölçülmesinde güçlü ve anlamlı araçlar sunmakta ve doğal dildeki belirsiz kavramların anlamlı bir şekilde ifade edilmesini de sağlamaktadır [24,25].

Bulanık küme teorisinde, bulanık kümeleri içeren bir evrensel küme içerisindeki elemanların üyelik geçişi dereceli olmaktadır. Eğer bir eleman herhangi bir kümeye ait olacaksa, o elemanın o kümeye ait olma derecesi de söz konusu olmaktadır. Bu derecelendirme bulanık kümelerin sınırlarına belirsizlik özelliğini katmaktadır. Bu sebeple bir elemanın bu kümeye aitliği belirsizliğini ölçmeye yarayan bir fonksiyonla tanımlayabilmektedir. Söz konusu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarını belirli bir aralıktaki reel sayılara karşılık getirerek elemanlar arasındaki derecelendirmeyi gerçekleştirmektedir. Küme içerisinde değişkenlerin aldığı yüksek değerler de üyelik derecesinin yüksekliğini göstermektedir. Buradaki fonksiyon üyelik fonksiyonu ve bu fonksiyonun oluşturduğu küme de "Bulanık Küme" olarak ifade edilebilmektedir. Bulanık bir A kümesini aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkün olmaktadır:

X boş olmayan bir küme olmak üzere; X' deki bir bulanık A kümesi

$$\forall x \in X \text{ için ; } \mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

olarak ifade edilebilmektedir. Burada $\mu_A(x)$ 'e, bulanık kümeye karşılık gelen üyelik fonksiyonu adı verilmektedir. $\mu_A(x)$; A'nın elemanlarının istenilen özelliği hangi ölçüde sağladığının ifadesi olmaktadır [25, 27].

Bulanık küme teorisinde bir eleman bir kümeye 0 ve 1 dahil olmak üzere, 0 ile 1 arasında değişen üyelik dereceleri ile ait olmaktadır. Başka bir deyişle bulanık kümelerde bir bulanık küme elemanı bir kümeye biraz aittir veya biraz değildir denilebilmektedir. Aynı zamanda da bir bulanık küme elemanı aynı anda birbirinin aynısı veya farklı üyelik dereceleri ile iki kümeye de aitliği söz konusu olmaktadır. Klasik küme anlayışında olduğu gibi ya hep ya hiç anlayışı bulanık kümelerde geçerli olmamaktadır. Bulanık mantıkta kümenin sınırları ve elemanlarının sıfatları kesin olmadığından bulanık küme anlayışının gerçek hayatın ruhuna daha yakın olduğu söylenebilmektedir [19].

Bulanık kümeleme analizi ise, çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biri olan kümeleme analizine tamamlayıcı bir yaklaşımdır. Bulanık küme teorisini temel alan bu yöntemin kümeleme analizinde ilk kullanımı Bellman, Kalaba ve Zadeh tarafından 1966 yılında gerçekleştirilmiştir [28].

Bulanık kümeleme analizi, kümeleme analizinde kümeler birbirinden belirgin bir şekilde ayrılmadığında ya da küme üyeliklerinde bazı birimler kararsız kaldığında uygulanabilecek bir yöntemdir. Söz konusu yöntem, Bulanık küme teorisini temel almaktadır. Dolayısıyla, küme içerisindeki her bir birimin bir kümeye 0 ve 1 dahil

olmak üzere, 0 ile 1 arasında değişen üyelik dereceleri ile ait olma derecesi söz konusudur. Bu durumda bulanık kümelerin sınırlarına belirsizlik getirmekte ve bir birim aynı zamanda farklı üyelik dereceleri ile birden fazla kümeye ait olabilmektedir. Birbirine çok benzeyen birimler aynı kümede yüksek üyelik derecesine yer almaktadırlar [29].

Bulanık kümeleme analizinin, c bölümelere dayanan "Bulanık c-ortalamalar" ve bulanık eşitlik ilkesine dayanan "Bulanık eşitlik ilkesine dayalı aşamalı kümeleme yöntemi" olmak üzere iki temel yöntemi bulunmaktadır [25]. Bulanık kümeleme yöntemleri diğer kümeleme yöntemlerine benzer olarak uzaklık ölçümlerine dayanmaktadır. Ve bu uzaklık yöntemlerinden hangisinin seçileceği küme yapısına ve kullanılan algoritmaya bağlı olmaktadır [30]. Söz konusu yöntemlerin açıklamasına aşağıdaki iki alt bölümde yer verilmiştir.

• **c-Bölümelere Dayalı Bulanık c-ortalamalar Algoritması**

Bulanık c-ortalamalar algoritması amaç fonksiyonuna dayanan bütün kümeleme tekniklerinin temelini oluşturmaktadır [30].

Bulanık c-ortalamalar algoritması 1973 yılında Dunn tarafından ortaya atılmış ve 1981' de Bezdek tarafından geliştirilen bir algoritmadır. Bulanık c-ortalamalar metodu, nesnelere iki veya daha fazla kümeye ait olabilmesine olanak sağlamaktadır. Bulanık mantık prensibi gereği her veri, kümelerin her birine [0,1] arasında değişen birer üyelik derecesi ile ait olmaktadır. Bir birim hangi küme merkezine yakın ise o kümeye ait olma üyeliği diğer kümelere ait olma üyeliğinden daha büyük olacaktır [31].

Bulanık c-ortalamalar yönteminin hesaplama kriterleri ve algoritması ise aşağıda verildiği şekilde uygulanmaktadır.

c: sınıf sayısı

n:veri sayısı

k: veri indisi

i: sınıf indisi

m: bulanıklığı arttırıcı kontrol parametresi $[m \in \mathbb{C}_{\infty}]$

D_{ki} : k. eleman vektörünün i. sınıfa olan Euclidean uzaklığı
ve

v_i : sınıf merkezi

olmak üzere sınıflara olan üyelikler aşağıda verilen eşitliklerle hesaplanabilmektedir.

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ki})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ki})^m} \quad (3)$$

$$D_{ki}^2 = (x_k - v_i)^T (x_k - v_i) \quad (4)$$

$$u_{ki} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left[\frac{D_{ki}}{D_{kj}} \right]^{\frac{2}{m-1}}} \quad k=1,2,\dots,n \quad i=1,2,\dots,c \quad (5)$$

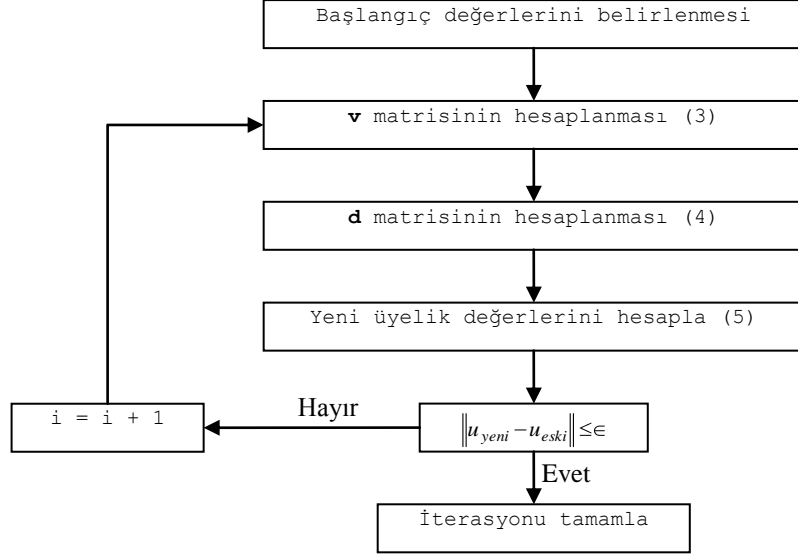
Bulanık c-ortalamalar yönteminin algoritması şu şekilde işlem görmektedir:

Adım 1 : u üyelik değerleri, c sınıf-grup sayısı, ϵ hata değeri ve i iterasyon sayısı olmak üzere başlangıç değerleri belirlenir.

Adım 2 : Bulanık grup merkezleri her grup için (3) hesaplanır.

Adım 3 : (4) ifadesini kullanarak her bir öznitelik vektörü için Euclidean Uzaklığı hesaplanır.

Adım 4 : Yeni üyelik değerlerini (5) ifadesi ile hesaplanır.
Adım 5 : Yeni üyelik değerleri ile eski üyelik değerleri karşılaştırılır. Eğer $\|u_{yeni} - u_{eski}\| \leq \epsilon$ ise durulur. Aksi halde yeni üyelik değerleri ile 2.adıma gidilir ($i=i+1$) [30,31 ve 32].



Şekil 3. Bulanık c-Ortalamalar algoritmasının hesaplama şeması
(Figure 3. Fuzzy c-means algorithms, the calculation schemes)

• Bulanık Eşitlik İlkesine Dayalı Fanny Algoritması

Bulanık eşitlik ilkesine dayalı fanny algoritmasında kullanılan bulanık kümeleme tekniği aşağıdaki amaç fonksiyonunun minimizasyonunu amaçlamaktadır. Söz konusu amaç fonksiyonunda üyelik fonksiyonları şu kısıtlara sahiptir:

$$1. u_{iv} \geq 0 \text{ ise } i=1,2,\dots,n \text{ ve } v=1,2,\dots,k \quad (6)$$

$$2. \sum_{v=1}^k u_{iv} = \%100 \text{ ise } i=1,2,\dots,n \quad (7)$$

Buradaki her bir i birimi ve her bir v kümesi u_{iv} nin bir üyesidir. u_{iv} , i. birimin v kümesine ne kadar ait olduğunu göstermektedir. Bu şartlar altında amaç fonksiyonu;

$$C = \sum_{v=1}^k \frac{\sum_{i,j=1}^n u_{iv}^2 u_{jv}^2 d(ij)}{2 \sum_{j=1}^n u_{jv}^2} \quad (8)$$

şeklindedir.

Burada, $d(ij)$, i. ve j. birimler arasındaki uzaklık (benzerlik), u_{iv} ise i. birimin v. kümeye bilinmeyen üyeliğini tanımlamaktadır. Bulanık kümelemede her bir birimin tüm kümelere olan üyelik katsayıları toplamı daima 1 olacak şekilde pozitifdir. Bulanık kümelemenin, kesin kümelemeden ne kadar uzakta olduğu Dunn ayrıştırma katsayısıyla değerlendirilmektedir. Söz konusu katsayı elde edilen kümenin ne kadar bulanık olduğuna ilişkin bir fikir vermektedir. Dunn

Ayrıştırma Katsayısı, tüm üyelik katsayılarının kareler toplamının birim sayısına bölünmesiyle, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$F_k = \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^k \frac{u_{iv}^2}{n} \quad (9)$$

F_k her zaman $[1/k, 1]$ aralığında bulunur. Böylelikle birimlerin üyelikler matrisi elde edilir. Burada U aşağıdaki tanımlanan tüm üyelikler matrisidir ve her zaman $[1/k, 1]$ aralığında bulunmaktadır.

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & \dots & u_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & u_{iv} & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{k1} & \dots & u_{kk} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Dunn Ayrıştırma Katsayısı, tamamen bulanık kümeleme durumunda tüm $U_{iv} = \frac{1}{k}$ ise $F_k = nk \frac{1}{nk^2} = \frac{1}{k}$ olmaktadır ve kesin kümeleme durumunda tüm

$U_{iv} = 0$ veya $F_k = \frac{n}{n} = 1$ olmaktadır.

Dolayısıyla Dunn katsayısı 0 durumunu tamamen bulanık ve 1 durumunu da kesin küme durumları olarak göstermektedir. Küme sayısından bağımsız olarak 1'den (kesin kümeden) 0'a (bütünüyle bulanık) çeşitlilik göstermek üzere, bu katsayı küme sayısından bağımsız olarak normalleştirilirse,

$$F_k'(u) = \frac{F_k(u) - \frac{1}{k}}{1 - \frac{1}{k}} = \frac{kF_k(u) - 1}{k - 1} \quad (11)$$

şeklinde normalleştirilebilir. Bu şekilde Normalleştirilmiş Dunn Katsayısı elde edilir, bu katsayı $[0-1]$ aralığında yer alır ve Bulanıksızlık Endeksi (Nonfuzziness Index) olarak isimlendirilir. Bulanık kümeleme yönteminde birimlerin ne derece iyi kümelandikleri Siluet Katsayısı (silhouette coefficient), $s(i)$ ile belirlenir. $s(i)$, i . birimin ne derece iyi kümelandiğini gösterir ve $-1 \leq s(i) \leq 1$ arasında yer alır. $\bar{s}(i)$ bir kümedeki tüm birimler için Ortalama Siluet Görüntü katsayısıdır. $\bar{s}(i)$ de; tüm birimler için k küme sayısına göre birimlerin ne derece iyi kümelandiklerini gösteren katsayıdır ve $s(i)$ 'lerin ortalamasına eşittir. En büyük $s(i)$ 'e karşılık gelen küme sayısı k , en uygun küme sayısı olarak seçilir [33,34]

4. BULGULAR (FINDINGS)

Bu çalışmada OECD'ye üye ülkelerin, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan CO₂ salınım göstergeleri ile bulanık kümeleme analizi yapılmıştır. Uygulamada 28 OECD üyesi ülke için kümeleme analizinde altı değişken kullanılmıştır. Analizde yer alan değişkenler Tablo 5'deki gibidir.

Tablo 5. Kullanılan değişkenler
(Table 5. Used variables)

Değişken No	Değişken Adı
X ₁	Ana Elektrik ve Isı Üretimi Faaliyeti (Main activity producer Elec. And Heat)
X ₂	Yerleştirilmemiş Otoprodüktörler (Unallocated Autoproducers)
X ₃	Diğer Enerji Endüstrileri (Other Energy Industries)
X ₄	İmalat Sanayi ve İnşaat (Manufacturing Industries and Construction)
X ₅	Ulaştırma (Transport)
X ₆	Diğer Sektörler (Other Sectors)

Tablo 5' de:

X₁: Isı ve elektrik üretimi ünitelerinden ortaya çıkan emisyon toplamıdır.

X₂: Otoprodüktörler tarafından sağlanan elektrik ve/veya ısı üretiminden ortaya çıkan emisyonlardır.

X₃: Katı yakacak, kömür madenciliği, petrol ve gaz çıkarımı ve diğer enerji üretimi sektörlerinde yakılan yakıtlardan ortaya çıkan emisyon değeridir.

X₄: Sanayide yanan yakıtlardan ortaya çıkan emisyonlardır.

X₅: Uluslar arası havacılık ve deniz taşımacılığı hariç, tüm ulaştırma faaliyetlerinde yakılan yakıtlardan ortaya çıkan emisyonlardır.

X₆: Uluslar arası İklim Değişikliği Protokolünde yer almayan ticari/kurumsal, tarım ormancılık, balıkçılık, konutlardan ortaya çıkan emisyonlardır.

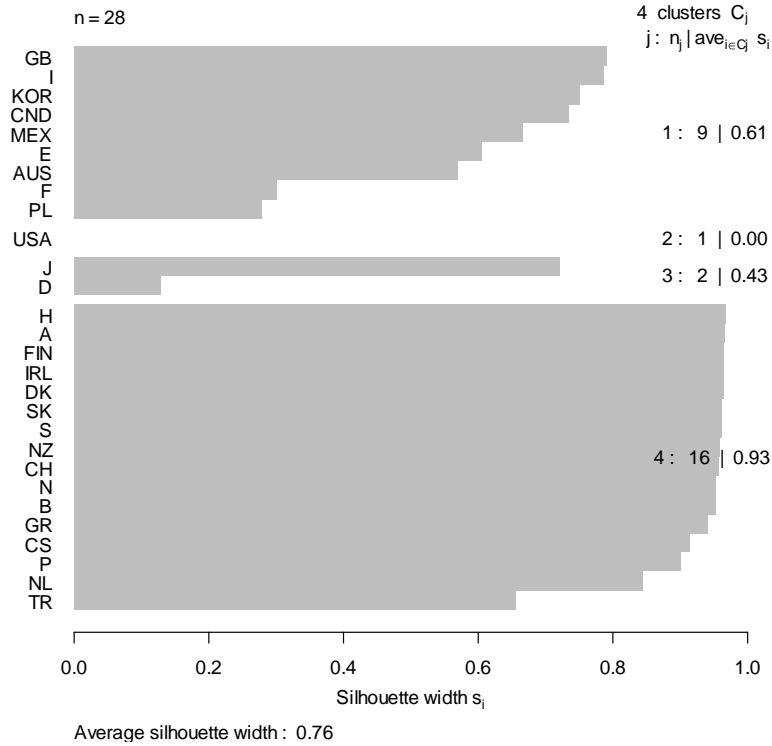
Çalışmanın uygulama bölümünde, bulanık kümeleme analizi gerçekleştirebilmek için R paket programında yer alan cluster kütüphanesindeki fanny fonksiyonundan yararlanılmıştır [33,35]. Analizde, 28 OECD üyesi ülkenin, 6 değişkenin etkisi altında, çeşitli kümelene seçenekleri denenerek, en uygun küme sayısının belirlenmesine çalışılmıştır. Tablo 6'da, küme sayısına ilişkin $\bar{s}(i)$ ve $\bar{\bar{s}}(i)$ değerleri verilmiştir.

Tablo 6. Küme Sayısına ilişkin $\bar{s}(i)$ ve $\bar{\bar{s}}(i)$ değerleri

(Table 6. $\bar{s}(i)$ and $\bar{\bar{s}}(i)$ values for cluster number)

Küme Sayısı	$\bar{s}(i)$										$\bar{\bar{s}}(i)$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2	0,995	0,000										0,960
3	0,150	0,000	0,967									0,611
4	0,609	0,000	0,425	0,927								0,756
5	0,441	0,000	0,439	0,405	0,924							0,698
6	0,412	0,000	0,364	0,405	0,715	0,512						0,543
7	-	0,197	0,481	0,000	0,603	0,000	0,792	0,175				0,424
8	-	0,149	0,831	0,000	0,486	0,000	0,829	0,157	-0,164			0,415
9	-	0,082	0,800	0,000	0,154	0,000	0,000	0,911	0,142	-0,266		0,396
10	-	0,380	0,831	0,000	0,448	0,000	0,858	0,057	0,000	0,736	0,000	0,404

Tablo 6'ya göre, $\bar{s}(i)$ ve $\bar{\bar{s}}(i)$ değerleri dikkate alındığında $k=2$ ve $k=4$ için söz konusu değerlerin en yüksek değer olduğu görülmüştür. Burada, $k=2$ için $\bar{\bar{s}}(i)=0,960$ olmasına rağmen, bu kümelенmede ikinci kümeyi ABD tek başına oluşturması sebebiyle yapay kümelенme olduğu söylenilebilir. Ancak silüet değeri 0.756 olan $k=4$ kümelенmesinin, veri matrisinde yer alan değişkenlerin bir araya gelmesi ile ortaya çıkan doğal sınıflanmayı yansıttığı söylenebilir. Bu durum, $k=4$ kümelенmesi için Şekil 4'de ki silüet grafiğinden de görülmektedir.



Şekil 4. OECD ülkelerinin emisyon kümelенmesi, $k=4$ için silüet grafiği
(Figure 4. Emissions cluster for OECD Countries, Silhouette graphic for $k=4$)

Tablo 7'de ise bulanık kümelенmenin kesin kümelенmeden ne kadar uzakta olduğunu belirlemeye yarayan Dunn katsayısına yer verilmiştir. Bu katsayı, $k=4$ kümelенmesinin $\bar{s}(i)$ ve $\bar{\bar{s}}(i)$ değerleri göz önüne alınarak karar verilmesini desteklemektedir. 0,848 değerine bakarak, $k=4$ kümelенmesinin bulanık kümelенmeye daha yakın olduğu söylenebilir. Ayrıca Tablo 8'de gerek ayrıştırma katsayılarına göre gerekse silüet katsayılarına göre en uygun küme sayısı olarak seçilen $k=4$ küme sayısı için ülkelerin üyelik derecelerine yer verilmiştir.

Tablo 7. Küme sayısına göre Dunn katsayıları
(Table 7. Dunn coefficient according to the number of cluster)

Küme Sayısı	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dunn Katsayısı	0,995	0,850	0,848	0,764	0,696	0,693	0,700	0,696	0,693
Normalleştirilmiş Dunn	0,991	0,775	0,797	0,704	0,635	0,642	0,657	0,658	0,659

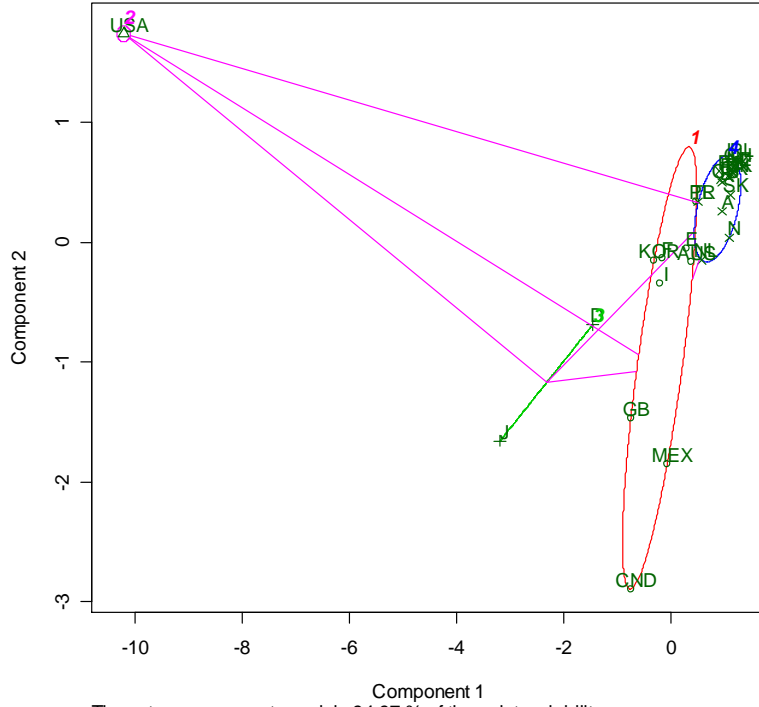
Tablo 8. OECD üyesi ülkelerin kümelere üyelik dereceleri
(Table 8. Cluster membership degrees for OECD member countries)

Ülkeler	Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4
CND (Kanada)	0,847	0,001	0,052	0,100
MEX (Meksika)	0,885	0,000	0,019	0,096
USA (ABD)	0,000	1,000	0,000	0,000
AUS (Avustralya)	0,730	0,001	0,073	0,196
J (Japonya)	0,025	0,001	0,962	0,012
KOR (Güney Kore)	0,923	0,000	0,020	0,057
NZ (Yeni Zelanda)	0,016	0,000	0,002	0,982
A (Avusturya)	0,005	0,000	0,001	0,995
B (Belçika)	0,014	0,000	0,002	0,984
CS (Çek Cumhuriyeti)	0,049	0,000	0,005	0,946
DK (Danimarka)	0,009	0,000	0,001	0,990
FIN (Finlandiya)	0,007	0,000	0,001	0,992
F (Fransa)	0,654	0,001	0,052	0,293
D (Almanya)	0,304	0,002	0,599	0,096
GR Yunanistan)	0,024	0,000	0,003	0,973
H (Macaristan)	0,004	0,000	0,001	0,995
IRL (İrlanda)	0,008	0,000	0,001	0,990
I (İtalya)	0,970	0,000	0,007	0,023
NL (Hollanda)	0,111	0,000	0,009	0,879
N (Norveç)	0,022	0,000	0,003	0,975
PL (Polonya)	0,665	0,001	0,042	0,293
P (Portekiz)	0,067	0,000	0,008	0,925
SK (Slovakya)	0,015	0,000	0,002	0,983
E (İspanya)	0,880	0,000	0,016	0,104
S (İsveç)	0,012	0,000	0,002	0,986
CH (İsviçre)	0,017	0,000	0,002	0,980
TR (Türkiye)	0,261	0,000	0,018	0,721
GB (Büyük Britanya)	0,914	0,000	0,030	0,056

Bu analiz sonucunda elde edilen kümeleri oluşturan ülkeler Tablo 9'daki gibidir. Bu kümelenmeye göre birinci küme, Kanada, Meksika, Avustralya, Kore, Fransa, İtalya, Polonya, İspanya ve Büyük Britanya'dan oluşmaktadır. İkinci kümede sadece Amerika Birleşik Devletleri yer alırken, üçüncü küme, Japonya ve Almanya'dan oluşmaktadır. Son küme ise, Yeni Zelanda, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, Hollanda, Norveç, Portekiz, Slovakya, İsveç, İsviçre ve Türkiye'den oluşmaktadır. Bu kümelenmenin şekilsel gösterimi ise Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 9. Kümelere Göre Ülkeler
(Table 9. Clusters according to the countries)

Ülkeler	Kümeler
CND, MEX, AUS, KOR, F, I, PL, E, GB	1
USA	2
J, D	3
NZ, A, B, CS, DK, FIN, GR, H, IRL, NL, N, P, SK, S, CH, TR	4



Şekil 5.OECD ülkeleri emisyon kümelenmesi, k=4.
(Figure 5. Emissions cluster for OECD countries, k=4)

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

İklim değişikliği ve sera gazı salınımları ile küresel ısınma günümüzde en önemli çevre konuları arasında yer almaktadır. CO₂ gazı ise, sera gazı salınımları içinde en büyük paya sahiptir.

CO₂ salınımını azaltmak için; 1990 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BM-İDÇS)'ne ek olarak 1997 yılında Japonya'da Kyoto Protokolü kabul edilmiş ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu protokolü imzalayan ülkeler, karbondioksit ve sera etkisine neden olan diğer beş gazın salınımını azaltmaya söz vermişlerdir. Türkiye 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olmuş ve protokolü imzalayacağını Haziran 2008'de resmen açıklamış ve, 7 Mayıs 2009 tarihinde protokolü imzalayarak, Kyoto Protokolüne taraf olan 178. ülke olmuştur.

Dünyada CO₂ emisyonu 1971'den bu yana her yıl ortalama %2 arttığı ve 2030'a kadar da %45 oranında ya da her yıl ortalama %1,6 artacağı OECD tarafından tahmin edilmektedir. 1971'de OECD ülkelerinin CO₂ emisyonu toplam içindeki payı %66 olarak gerçekleşmiş, 2006 yılında ise bu oran %46'ya gerilemiş ve bu durum 2030'a kadar %32'ye gerilemesi beklenmekte olduğu yine OECD tarafından belirtilmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yayımlanan, Seragazi Emisyon Envanteri, 2007 raporuna göre, Türkiye'de 2007 yılında toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğer, olarak 372,6 milyon ton (Mt) olduğu belirtilmiştir. Bu envanterde, 2007 yılı için emisyonlarda CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payın %77 ile enerji kaynaklı olduğu ifade edilmiştir. 2007 yılında CO₂ eşdeğeri olarak toplam sera gazı emisyonunun, 1990 yılına göre %119 artış gösterdiği envanterde belirtilirken, 1990-2007 döneminde yıllık ortalama artışın %4,8 olarak gerçekleştiği araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, OECD'ye üye ülkelerin (İzlanda ve Lüksemburg'a ait veriler eksik olduğundan çalışmaya dahil edilmemiştir), fosil yakıt

kullanımından kaynaklanan CO₂ salınım göstergeleri bakımından kümelenmeye çalışılmıştır. Sınıflandırma için ise, Bulanık kümeleme analizi kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, bulanık kümeleme yardımıyla, küme sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Birinci kümede, Kanada, Meksika, Avustralya, Kore, Fransa, İtalya, Polonya, İspanya ve Büyük Britanya'dan oluştuğu belirlenmiştir. İkinci kümede sadece Amerika Birleşik Devletleri yer almış, üçüncü kümede yer alan ülkeler ise, Japonya ve Almanya olduğu görülmüştür. Son kümede yer alan ülkeler ise, Yeni Zelanda, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, Hollanda, Norveç, Portekiz, Slovakya, İsveç, İsviçre ve Türkiye olarak belirlenmiştir.

Kümeleme sonucunda üçüncü kümede yer alan Japonya ve Almanya 2006 yılı CO₂ emisyonu değerlerine göre, 5. ve 6. sırada yer almaktadır. İkinci kümede yer alan Birleşik Krallık 7. sırada, Kanada 8. sırada, Güney Kore 9. sırada, İtalya 10. sırada, Meksika 12.sırada ve Fransa 14. sırada yer almaktadır. 2006 yılı istatistiklerine göre CO₂ emisyonu dünyada 29.195 milyon metrik ton iken, ABD'nin emisyon değeri 6957 milyon metrik ton olarak gerçekleşmiştir. ABD'nin incelenen CO₂ salınımı değişkenleri itibariyle tek başına bir kümede toplanması bu anlamda önemli ve doğrulayıcı bir sonuçtur. ABD, Kyoto Protokolünü imzalamayan ülkeler arasında yer almaktadır. Son olarak 7-18 Aralık 2009 tarihleri arasında Danimarka'nın başkenti Kopenhag'ta yapılan Birleşmiş Milletler İklim Zirvesi'nde, ABD karbondioksit salınımı konusunda yeni bir vaatte bulunmamıştır. İklim Zirvesi'nde küresel ısınmanın +2 derecede tutulması ve yoksul ülkelere yılda 100 milyar dolar yardım yapılması sonucu çıkmıştır.

Yapılan bu analiz sonucunda elde edilen bulguların diğer araştırmacılara, çevre ve iklim değişikliği konusunda karar vericilere ışık tutacağı düşünülmektedir. Ayrıca, Avrupa Birliği ülkeleri için karbondioksit salınım verileri ve/veya diğer enerji diğer enerji istatistikleri kullanılarak çeşitli analizlerin yapılması da mümkündür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. (<http://www.oecd.org>)
2. Kotil, E. ve Eryiğit, M., (2008). Türkiye ve Avrupa Birliği'nde CO₂ Emisyonu ve Gelir İlişkisi, 2. Ulusal İktisat Kongresi, 20-22 Şubat 2008, Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü, İzmir.
3. TÜİK 2009, Seragazi emisyon Envanteri, 2007
4. OECD Factbook 2009: Economic, Environment and Social Statistics, <http://caliban.sourceoecd.org/vl=54185221/cl=12/nw=1/rpsv/factbook2009/08/02/01/index.htm>
5. TÜSİAD, (Türkiye Sanayici ve İşadamları Derneği) (2009). Türkiye'de İklim Değişikliği Politikası Ve Yönetimine İlişkin Tüsiad Görüşü.
6. Gençer, B.B., (2008). Değişen İklimler, Enerji ve Türkiye, Bahçeşehir Üniversitesi Ekonomik ve Toplumsal Araştırmalar Merkezi (BETAM), Araştırma Notu, 13, İstanbul.
7. http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji_cevre_iklim&bn=218&hn=&id=4303
8. <http://www.iklim.cevreorman.gov.tr/kyoto.htm>
9. Karakaya, E., ve Özçağ, M., (2003). Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi Ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi İle CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi, VII: ODTÜ Ekonomi Kongresi Bildirisi.
10. Türkeş, M. ve Kılıç, G., (2004). Avrupa Birliği'nin İklim Değişikliği Politikaları ve Önlemleri), Çevre, Bilim ve Teknoloji, Teknik Dergi, 2, ss:35-52.

11. Seyhun, Doğan, (2005). Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, ss:57-73.
12. Kayhan, M., (2007). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11 - 13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul.
13. Türkeş, M., (2007). Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler, I. TÜRKİYE İklim Değişikliği Kongresi TİKDEK, 11 - 13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul,
14. Energy Information Administration, International Energy Outlook(2009). (<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/emissions.html>)
15. Alvarez-Diaz, M., Cabellero-Miguez, G., and Salino, M., (2009). The Institutional Determinants of CO2 Emissions: a Computational Modeling Approach Using Artificial Neural Networks and Genetic Programming, Environmetrics Published online in Wiley Inter Science (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/env.1025.
16. Vaziri, M., (2001). Modeling Vehicle Air Pollution Attributes by Artificial Neural Network, Scienta Iranica, 8, 1, 10-15.
17. Falconett, I. and Nagasaka, K., (2010). Input Variable Selection for RBFN-based Electric Utility's CO2 Emissions Forecasting, International Journal of Applied Science, Engineering and Technology 6, 1.
18. Ruusunen, M. and Leiviska, K., (2004). Fuzzy Modelling of Carbon Dioxide in a Burning Process Control, Engineering Practice 12, 607-614.
19. Sözen, A., Gülseven, Z. ve Arcaklıoğlu, E., (2009). Estimation of GHG Emissions in Turkey Using Energy and Economic Indicators, Energy Sources, Part A, 31, 1141-1159,
20. Şenol, F., (2000).. Bulanık Mantık Kontrolcüsü, Gazi Üniversitesi Lisans Tezi, Ankara.
21. Timothy, J.R., (1995). Fuzzy Logic with Engineering Applications, Mc Graw-Hill, Newyork.
22. Elmas, Ç., (2003). Bulanık Mantık Denetleyiciler, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
23. Şen, Z., (2001). Bulanık (fuzzy) Mantık Modelleme İlkeleri, Bilge Sanat Yapım Yayınları, İstanbul.
24. Öztürk, C.A., Mercan, D.E., Toprak, F., Kişi, Ö. ve Şahin, U., (2003). Bulanık Mantık Kurs Notları, İTÜ Bulanık Mantık ve Teknoloji Kulübü, İstanbul.
25. Klir, J.G. and Yuan, B., (1995). Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications, Prentice Hall , New Jersey.
26. Tanaka, K., (1997). An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, Springer-Verlag, New York.
27. Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy Sets, Information and Control, No: 8, ss:338-353.
28. Klir, G.J. and Yuan, B., (1996). Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Systems Selected by Papers by Lotfi Zadeh, World Scientific Publishing.
29. Döring, C., Lesot, M.J. and Kruse, R., (2006). Data Analysis with Fuzzy Clustering Methods, Computational Statistics & Data Analysis, 51, ss:192-214.
30. Erilli, N.A., Tunç, T., Öner, Y. ve Yolcu, U., (2009). İllerin Sosyoekonomik Verilere Dayanarak Bulanık Kümeleme Analizi İle Sınıflandırılması, e-Journal of New World Sciences Academy, 4, (1), ss:1-11.
31. Göktepe, A.B., Altun, S. ve Sezer, A., (2005). Soil Clustering by Fuzzy c-Means Algorithm, Advances in Engineering Software, 36, ss:691-698.

32. Koçyiğit, Y. ve Korürek, M., (2005).EMG İşaretlerini Dalgacık Dönüşümü ve Bulanık Mantık Sınıflayıcı Kullanarak Sınıflama, İtü Dergisi, 3, ss:25-31.
33. Şahin, M. ve Hamarat, B., (2002) G10-Avrupa Birliği ve OECD Ülkelerinin Sosyo-Ekonomik Benzerliklerinin Fuzzy Kümeleme Analizi İle Belirlenmesi, VI. International Conference in Economics, Ankara.
34. Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., and Hubert, M., Cluster Analysis Basics and Extensions; unpublished, (2005).
35. R Development Core Team (2007). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>