



Ülkelerin İnsani Özgürlük Endeksine Göre Kümelenmesi Clustering of Countries by Human Freedom Index

Doç. Dr. Meltem KARAATLI¹ - Tuğçe KARATAŞ² - Prof. Dr. Nuri ÖMÜRBEK³

Başvuru Tarihi: 01.07.2019

Kabul Tarihi: 22.08.2020

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Öz

İnsan niteliğinin en önemli parçası olan özgürlük, herhangi bir kısıtlamaya, zorlamaya bağlı olmaksızın düşünme veya davranma durumudur. Bir araştırma kuruluşu olan Kanada merkezli Fraser Enstitüsü 2008 yılından bu yana her yıl İnsani Özgürlük Endeksi isimli küresel açıdan anlamlı bir endeks yayınlamaktadır. Bu endekste yer alan ülkeler; kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük endekslerine göre 10'un daha fazla özgürlüğü temsil ettiği 0-10 arası bir ölçekte İnsani Özgürlük Endekslerine göre sıralanmaktadır. Bu çalışmada, 2018 yılı İnsani Özgürlük Endeksinde yer alan veriler dikkate alınarak öncelikle kriterlerin ağırlık dereceleri Entropi yöntemi ile hesaplanmış ve oluşturulan ağırlıklı endeks değerleri WEKA 3.8 paket programında çözümlenerek kümeleme yapılmıştır. Çalışmada kullanılan kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük endeks puanları Entropi yöntemi ile ağırlıklandırıldığında kişisel özgürlük kriterinin ağırlığının daha fazla olduğu görülmüştür. WEKA programında çeşitli algoritmalar ile yapılan analiz sonucunda en anlamlı sonucu Canopy algoritması vermiştir. Canopy algoritması ile ülkeler 9 kümeye ayrılarak en genel anlamda ülkelerin ekonomik ve kişisel özgürlükleri açısından farklılıklar olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Entropi, Kümeleme Analizi, Canopy Algoritması, İnsani Özgürlük Endeksi

Abstract

Freedom which is the most important part of human nature is a state of thinking or behavior regardless of any constraint or coercion. Since 2008, the Canadian based Fraser Institute publishes a globally meaningful index called the Human Freedom Index every year. The countries in this index are listed according to the Human Freedom Index on a scale of 0-10 where 10 represent more freedom than the index of personal freedom and economic freedom. In this study by taking the data included in the Human Freedom Index for 2018, the weight of the criteria was calculated by using the Entropy method and the weighted index values were analyzed in WEKA 3.8 package program for clustering.

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, meltemkaraatli@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7403-9587

² Süleyman Demirel Üniversitesi, SBE İşletme ABD Doktora Öğrencisi, tugcekaratas07@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-5505-1548

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, nuriomurbek@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0360-4040

The weight of the personal freedom criterion was found more prevalent than the weight of the economic freedom when their scores were weighted by the Entropy method. The most significant results were provided by Canopy algorithm in WEKA program. With the Canopy algorithm, the countries are divided into 9 clusters and it is concluded that there are differences in terms of the economic and personal freedoms of the countries in the most general sense.

Keywords: Entropy, Cluster Analysis, Canopy Algorithm, Human Freedom Index

Giriş

Veri madenciliğinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan kümeleme analizi, değişkenleri veya birimleri sahip oldukları özelliklere göre benzer kümelere veya gruplara ayırmaya yarayan çok değişkenli istatistik yöntemidir (Hair vd. 2014, s.418).

Bireysel özgürlük; adalet, kamu hakları, politik özgürlük, ifade özgürlüğü, ahlaki sorumluluk, özerklik, öz irade kavramlarını karşılayabilen genel bir anlama sahiptir. Ekonomik özgürlük ise; hukuki yapı ve mülkiyet haklarının güvence altına alınması, güçlü paraya erişim, uluslararası ticaret özgürlüğü, kamunun ekonomi içindeki payı ile kredi ve işgücü piyasalarına ve işletmelere yönelik düzenlemelerdir. Ülkelerin özgürlük anlayışı geniş perspektifte ele alındığı zaman bireysel ve toplumsal hakların ön plana çıktığı görülmektedir (Çelik, 2013, s.125-163).

Bu çalışmada, Fraser Enstitüsünün çalışmasında yer alan 162 ülkenin 2018 yılına ait İnsani Özgürlük endeksine ait kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük kriterleri dikkate alınarak, İnsani Özgürlük endeksi açısından birbirine en çok benzeyen ülkeler kümelenebilir çalışılmıştır. Bu çalışmada verileri, birçok farklı boyut ve açıdan analiz edebilen, kümelerine ayıran ve birbirleri ile olan ilişkilerini tanımlayabilen WEKA programının kümeleme yönteminden yararlanılmıştır.

Materyal Metot

Bu bölümde çalışmada kullanılan Entropi Yöntemi, Kümeleme Analizi ve WEKA programından kısaca bahsedilmektedir.

Entropi Yöntemi

Günümüzde fizik, matematik ve mühendislik alanlarında yaygın bir şekilde kullanılan Entropi kavramı 1948 yılında Shannon tarafından enformasyon teorisine kazandırılmıştır. Enformasyon Entropisine göre elde bulunan verilerin sayısı veya kalitesi, karar verme problemlerinde verilecek kararın doğruluğunun ve güvenilirliğinin en önemli belirleyicilerindedir. Bu nedenle Entropi Ağırlık Yöntemi elde edilen verilerin sağladığı yararlı bilginin miktarını ölçmede kullanılmaktadır (Wu vd. 2011, s.5163). Entropi Ağırlık Yöntemi elde edilen verileri kullanarak hesaplama yapabilen objektif bir ağırlık hesaplama yöntemidir.

2009 yılında Wang ve Lee tarafından bir ağırlık hesaplama yöntemi olarak geliştirilen Entropi Ağırlık Yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Li vd. 2011, s.2087; Alp vd. 2015 s.69):

1.Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması: Bir karar verme probleminde m sayıda alternatif, n sayıda kriter olduğu varsayıldığında karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Burada x_{ij} : i. Alternatifin j. kriterine göre başarı değerini ifade etmektedir.

$$(i= 1, \dots, m; j= 1, \dots, n)$$

2.Adım: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi: Karar matrisi eşitlik (1) yardımıyla normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{p=1}^m x_{pj}} \quad (i= 1, \dots, m; j= 1, \dots, n) \quad (1)$$

İndeksler normalize edildikten sonra $R=[r_{ij}]m * n$ matrisinde gösterilir.

3.Adım: Her Bir Kriter İçin Entropi Değerinin Hesaplanması: Kriterlerin Entropi değeri bulunurken eşitlik (2) formülü kullanılmaktadır.

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad (i= 1, \dots, m; j=1, \dots, n) \quad (2)$$

Burada e_j , j. Kriterin Entropi değerini göstermektedir.

4.Adım: Entropi Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması: Entropi kriter ağırlıkları aşağıdaki eşitlik (3) yardımı ile hesaplanır.

$$W_j = \frac{1-e_j}{\sum_{p=1}^n (1-e_p)}, \quad \sum_{j=1}^n W_j = 1 \quad (j=1, \dots, n) \quad (3)$$

Kümeleme Analizi

Veri madenciliği büyük ölçekli veriler arasından bilgiye ulaşma işidir. Diğer bir ifadeyle veri madenciliği tek başına bir şey ifade etmeyen veriler içindeki gizli örüntüleri ve ilişkileri ortaya çıkarmak için istatistik, yapay zeka ve makine öğrenmesi gibi tekniklerin ileri veri çözümlene araçlarıyla kullanılmasını kapsayan süreçlerdir. Veri madenciliği çalışmaları yapmak üzere birçok ticari yazılım üretilmiştir. Bunlar; Oracle DM, Microsoft SQL Server Analysis Services, SPSS Clementine, SAS Enterprise Miner bu ürünlerden birkaçıdır (Bozkır vd. 2009, s.37-43). Veri madenciliğinin amaçları genellikle sınıflandırma, kümeleme, tahmin ve benzer gruplama olarak sıralanabilmektedir. Veri madenciliğinde, kümeleme yöntemi istatistiksel veri analizi, örüntü tanıma ve bunun gibi birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Veri tabanlarındaki verilerin gruplar veya kümeler altında toplanarak, benzer özelliklere sahip nesnelerin bir araya gelmesini sağlayan kümeleme algoritmaları veri madenciliği alanında büyük bir öneme sahiptir (Sarıman, 2011, s.192-202).

Veri madenciliği modelleri tanımlayıcı ve tahmin edici olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Tanımlayıcı modellerde amaç, hedef veri setindeki verilerin özelliklerini karakterize etmek iken, tahmin edici modellerde amaç mevcut veriler üzerinde analizler yaparak tahminler geliştirmektir. Tanımlayıcı modellerde veri özellikleri incelenir ve örüntüler ortaya çıkarılmaya çalışılır. Tahmin edici modellerde ise sonuçları bilinen verilerle modeller oluşturulur ve model sonuçları bilinmeyen durumların tahmininde kullanılır (Han vd. 2012, s.14-15).

Kümeleme analizi, verilerin benzer özelliklerine göre gruplandırılması süreci olarak tanımlanabilir. Kümeleme yöntemi, kümeler arasındaki benzerliği minimuma indirme ve kümeler içindeki birimler arası benzerliği maksimuma çıkarma ilkesine dayanmaktadır (Han vd. 2012, s.444). Kümeleme analizi, araştırmada gözlenen birimlerin, ölçülen tüm değişkenler üzerindeki değerlerini hesaplayarak birbirine benzeyen birimleri aynı küme içine alarak ortaya çıkacak kümelere ve gruplara odaklanır. Elde edilen kümelerin kendi içlerinde homojen, kendi aralarında ise heterojen bir yapıda olmaları beklenir. Kümelemede homojen nesnelere birbiri ile birleştirilerek heterojen gruplar oluşturulur ve birimler hiyerarşik bir düzene sokulur (Yaz, 2014, s.3).

Kümeleme, otomatik sınıflandırma olarak da adlandırılmaktadır. Kümeleme ile sınıflandırma arasındaki en önemli fark, kümelemede grupların otomatik olarak bulunması ve etiketli veri kullanılmamasıdır (Han vd. 2012, s.446). Kümeleme analizinde sınıflandırmanın tam tersi düşünülerek örneklere ait sınıf bilgisi ve etiketler kullanılmamaktadır. Kümeleme analizinde kullanılan öğrenme süreci denetimsizdir ve denetimsiz öğrenmede önceden tanımlanmış bir sınıfa ait olmayan verilerden model oluşturulur. Veri örnekleri, kümeleme sistemleri tarafından tanımlanan bir benzerlik modeline göre gruplandırılır; elde edilen kümelerin anlamları, değerlendirme tekniklerinin yardımıyla kullanıcı tarafından belirlenmektedir. (Aydın, 2007, s.1-134).

Kümeleme analizi; veri madenciliği aracı olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Kümeleme analizinde birbirine en çok benzeyen özelliklerdeki verileri bulup kümeleri oluşturmak için benzerlik ve uzaklık ölçüleri kullanılmaktadır. Kümeleme algoritmaları uygulanırken bu ölçülerin seçilmesi istenmektedir. Veri türüne, boyutuna, yoğunluğuna ve kümeleme amacına en uygun benzerlik ve uzaklık ölçülerinin seçilmesi, doğru kümelerin oluşturulması açısından oldukça önemlidir. Kümeleme analizi yöntemlerini sınıflandırmada genel kabul gören yaklaşım; Han, Kamber ve Pei tarafından ortaya atılan bölümlemeli, hiyerarşik, yoğunluk tabanlı ve ızgara (grid) tabanlı algoritmalar olarak adlandırılan sınıflandırmadır. Hiyerarşik kümeleme yönteminde yaygın olarak kullanılan görselleştirme aracı dendogramdır (Öztürk, 2015, s.22).

Kümeleme analizinde ilk aşamada veri matrisi hazırlanır; veriler, kümelemeye uygun biçimde girilir ve uzaklık matrisi elde edilir. İkinci aşamada, yapılacak olan analize uygun olan kümeleme yöntemi belirlenerek işlem uygulanır ve son aşamada bulunan sonuçlar değerlendirilir. Kümeleme analizinin temel amacı, gözlenen birey ya da nesnelere arasındaki benzerlikleri ya da uzaklıkları tespit etmektir. Benzerlik iki nesne veya iki özellik arasındaki ilişkinin kuvveti olarak açıklanır. Bu nicel değer alınan ölçüğe veya veri tipine göre değişik yollardan elde edilir. Uzaklık ise, iki nesne arasındaki farklılıkları ölçer. Benzerlik ve uzaklık

ölçümleri gözlemlerin birbirinden ayırt edilmesini sağlar ve bu sayede gözlemler gruplara ayrılır. Uzaklık ölçümü, verilerin nicel veya karışık veriler olmasına göre farklılık göstermektedir. Nicel veriler için uzaklık ölçümü Minkowski, Manhattan City-Block Uzaklığı, Mahalanobis ve Öklid uzaklığı gibi çeşitli matematiksel yöntemler ile yapılmaktadır (Yaz, 2014, s.3-22).

WEKA Programı

Genel olarak veri madenciliği, verileri farklı perspektiflerden analiz etme ve faydalı bilgiler halinde özetleme sürecidir. Veri madenciliği yazılımı, verileri analiz etmek için bir dizi analitik araçtan biridir. Kullanıcıların verileri birçok farklı boyut veya açıdan analiz etmelerine, kategorize etmelerine ve tanımlanan ilişkileri özetlemelerine olanak tanır. WEKA adı verilen yazılım da bir veri madenciliği aracıdır, birçok makine öğrenimi algoritması içerir ve verilere çeşitli algoritmalar aracılığıyla sınıflandırma olanağı sağlar. WEKA programı verileri çeşitli tiplerde sınıflandırmak için kullanılan en basit araçtır ve kullanıcının grafiksel kullanıcı ara yüzünü sağlayan ilk modeldir (Sharma vd. 2012, s.73-80). WEKA programının çalışması için, veri madenciliğiyle ilgili çok derin algoritma bilgisine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle WEKA programı, veri madenciliği uygulamaları için daha uygun bir araçtır (Filkov ve Kiena, 2004, s.863-880). İşte WEKA adı verilen bu veri madenciliği programı Waikato Üniversitesi tarafından geliştirilmiş yeni bir yazılımdır ve ilk olarak 1997 yılında Yeni Zelenda'da modern formda uygulanmıştır. Genel Kamu Lisansı'nı (GPL) kullanan WEKA yazılımı Java dilinde yazılmıştır ve veri dosyaları ile etkileşim kurmak ve görsel sonuçlar üretmek için bir GUI içerir (Ng ve Han, 1994, s.144-155).

Bu çalışmaya konu olan veriler WEKA programında var olan çeşitli algoritmalar ile analiz edilmiş ve en anlamlı sonucu veren Canopy Algoritması çalışmaya dahil edilmiştir.

Canopy Agoritması, 2000 yılında Andrew McCallum, Kamal Nigam ve Lyle Ungar tarafından ortaya konulmuştur. Ortaya çıkış nedeni, hiyerarşik ve bölümlenici kümeleme algoritmalarının artan veri hacmi ve boyut sayısı karşısında yetersiz kalmasıdır. Klasik algoritma iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. İlk aşamada veri dizileri basit uzaklık ölçülerini kullanarak kaba olarak kümelendirken, ikinci aşamada k-means gibi bir algoritma kullanılarak birinci aşamada elde edilen kaba kümelerin iyileştirilmesi sağlanır. Birinci aşamada elde edilen kaba kümelere Canopy yani kubbe denilmektedir. İlk aşamada basit uzaklık ölçülerinin kullanılması ve ikinci aşamada her bir Canopy'nin ayrı bir veri dizisi gibi işlenmesinden dolayı kümeleme süreci hızlıdır (Akpınar, 2017, s.401-402).

Literatür İncelemesi

Bu bölümde kümeleme analizi ile yapılan bazı çalışmalardan bahsedilmektedir.

Karabulut vd. (2007), yaptıkları çalışmada Hiyerarşik Kümeleme Analizi yöntemini kullanarak, Türkiye 'nin 81 ilinde, kırsal yerleşmelere ait TÜİK'den alınan 34 değişken yardımıyla, illerin kırsal potansiyelleri değerlendirmiş, benzerlik özelliklerine göre kümeleme yapmış ve bölgesel farklılıklar analiz etmişlerdir. Yeşilbudak, Kahraman ve Karacan (2011), yaptıkları çalışmada

birleştirici hiyerarşik kümeleme analizine yeni bir bakış açısı kazandırarak nesne yönelimli birleştirici hiyerarşik kümeleme modelini geliştirmişlerdir. Sharma, Bajpai ve Litiriya (2012), bu çalışmada WEKA kümeleme algoritmalarını ayrıntılı bir şekilde anlatarak çeşitli kümeleme algoritmalarını incelemişlerdir. Singhal ve Jena (2013), çalışmalarında WEKA programının kullanım adımlarını açıklamak ve veri ön işleme, sınıflandırma ve kümeleme teknikleri gibi sunduğu yöntemleri tanıtmayı amaçlamışlardır.

Uyar Kangalli, Uyar ve Buyrukoğlu (2014), bu çalışmada Heritage Foundation araştırma şirketinin yayınladığı OECD üyesi 34 ülkenin 2011 yılına ait ekonomik özgürlük endeksinde yer alan verileri dikkate alarak bir sınıflandırma yapmışlardır. Akyüz vd. (2016), bu çalışmada imalat sanayi içinde yer alan 18 farklı sektöre ait 2011-2014 yılı kaza istatistikleri ortalamalarını alarak sektörleri hiyerarşik kümeleme analizi ile değerlendirmişlerdir. Güney (2017), yaptığı çalışmada OECD üyesi ülkelerin 1990-2014 yılları arası ekonomik özgürlük değişkeninin beş alt dalının verilerini kullanarak ekonomik özgürlük ile insani gelişmişlik düzeyi ilişkisini analiz etmeye çalışmıştır. Selvi ve Çağlar (2017), yaptıkları çalışmada birleştirici kümeleme analizi, k-ortalama analizi ve k-temsili analizi ile Türkiye'deki üç ayrı yıla ait trafik kaza verilerini kullanarak oluşturulan sınıflar ve üretilen çok değişkenli haritalar kullanarak bu yöntemlerin karşılaştırılmasını yapmışlardır.

Akbaba (2017), yaptığı tez çalışmasında havacılık sektöründe bir firmanın mevcut tedarikçi değerlendirme sürecini incelemiş ve firmanın verilerini analiz ederek, kümeleme analizi ve yapay sinir ağları yöntemleri uygulamıştır. Koşar (2018), bu makalede TÜİK internet sitesinden aldığı Türkiye'nin son 10 yıl içerisinde en çok ihracat ve ithalat yaptığı 20 ülkenin verilerini hiyerarşik kümeleme analizi ile sınıflandırmaya çalışmıştır. Saygı vd. (2018), bu çalışmada Orta Doğu Ülkelerinin su ürünleri yetiştiriciliğinin 2030 yılı için gelecek tahmini yapmak ve Orta Doğu ülkeleri için temel bileşen ve hiyerarşik küme analizi yöntemleri ile su ürünleri üretim, ithalat, ihracat ve tüketim verilerine dayalı bir sınıflandırma ve kümeleme yapmayı amaçlamışlardır. Çelik ve Kırıl (2018), yaptıkları çalışmada 2008-2015 dönemi Türkiye illeri yıllık konut satış sayıları ve konut satışlarını etkileyen faktörleri hiyerarşik kümeleme analizi öklid uzaklığı ve Wards Algoritması ile değerlendirmiş; konut satışında benzerlik gösteren iller ve konut satışlarını etkileyen değişkenleri belirlemeye çalışmışlardır. Gazel ve Akel (2018), bu çalışmada Borsa İstanbul'da çeşitli sektörlerde yer alan 70 farklı hisse senedinin 2012-2015 dönemine ait haftalık verilerini Hiyerarşik Yığınsal Kümeleme analizi ile değerlendirmişlerdir.

Uygulama

Bu çalışmada, Fraser Enstitüsünün çalışmasında yer alan 162 ülkenin 2018 yılına ait İnsani Özgürlük endeksinde yer alan kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük kriterleri dikkate alınarak, İnsani Özgürlük endeksi açısından birbirine en çok benzeyen ülkeler kümelenebilir çalışılmıştır. Çalışmada kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük ana kriterleri kullanılmış ancak bunları oluşturan 79 alt kritere yer verilmemiştir. Bu endekste yer alan ülkeler kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük endekslerine göre 10'un daha fazla özgürlüğü temsil ettiği 0-10 arası bir ölçekte İnsani Özgürlük endekslerine göre sıralanmaktadır. Analize başlarken kriterlerin sağladığı faydalı bilginin miktarını ölçebilmek için öncelikle Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve ağırlıklı veri matrisi oluşturulmuştur. Küme sayısı belirleme ile ilgili

literatürde birçok formül bulunmakta olup, bu çalışmada $\sqrt{n/2}$ denkleminde yararlanılarak küme sayısı 9 olarak belirlenmiştir (Tatlıdil, 2002, s.1-424). Elde edilen matrisin analizleri WEKA3.8 paket programında kümeleme analizinin algoritmaları ile gerçekleştirilmiştir. Algoritmaların kümeleme sonuçları içerisinde en anlamlı sonucu veren Canopy Algoritmasının sonuçlarına çalışmada yer verilmektedir.

Uygulamaya Entropi Yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanarak başlanmıştır. Entropi Yönteminin çözümünde kullanılacak olan veri matrisi Fraser Enstitüsü 2018 yılı İnsani Özgürlük Endeksi çalışması verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 1. Veri Matrisi

Ülkeler	İnsani Özgürlük Endeksi Kriterleri		Ülkeler	İnsani Özgürlük Endeksi Kriterleri	
	Kişisel Özgürlük Endeksi	Ekonomik Özgürlük Endeksi		Kişisel Özgürlük Endeksi	Ekonomik Özgürlük Endeksi
Arnavutluk	7.60	7.54	Kıbrıs	8.51	7.71
Cezayir	5.28	4.99	Çek Cumhuriyeti	9.03	7.56
Angola Cumhuriyeti	6.11	5.17	Danimarka	9.33	7.77
Arjantin	8.10	4.84	Dominik Cumhuriyeti	6.94	7.18
Ermenistan	6.91	7.57	Ekvador	7.55	6.06
Avustralya	9.18	7.98	Mısır	3.89	5.72
Avusturya	9.25	7.58	El Salvador	6.92	7.15
Azerbaycan	5.68	6.49	Estonya	9.01	7.86
Bahamalar	7.45	7.34	Etiyopya	5.06	5.73
Bahreyn	6.14	7.56	Fiji	7.79	6.79
Bangladeş	5.30	6.30	Finlandiya	9.29	7.65
Barbados	7.71	6.43	Fransa	8.77	7.25
Belarus	6.06	6.23	Gabon	5.32	5.84
Belçika	8.99	7.32	Gambiya	5.30	7.34
Belize	7.43	6.86	Gürcistan	7.58	8.02
Benin	7.50	5.98	Almanya	9.24	7.69
Butan	6.60	7.02	Gana	7.87	6.60
Bolivya	7.21	6.23	Yunanistan	7.95	6.46
Bosna Hersek	7.86	6.60	Guatemala	6.55	7.64
Botsvana	6.88	7.43	Gine	5.37	5.93
Brezilya	6.67	5.75	Gine-Bissau	6.86	5.25
Brunei Sultanlığı	4.66	6.93	Guyana	7.04	6.31
Bulgaristan	8.16	7.41	Haiti	7.18	6.51
Burkina Faso	7.46	6.05	Honduras	6.39	7.06
Burundi	4.41	5.92	Hong Kong	8.58	8.97
Kamboçya	7.24	7.17	Macaristan	8.26	7.22
Kamerun	5.33	5.82	İzlanda	9.08	7.22
Kanada	9.15	7.98	Hindistan	6.20	6.63
Yeşil Burun Adaları	7.99	6.68	Endonezya	6.38	7.16
Afrika Merkez Cumhuriyeti	5.47	5.11	İran	4.53	6.03
Çad	5.51	5.44	Irak	3.12	5.40
Şili	8.22	7.80	İrlanda	8.94	8.07
Çin	5.35	6.46	İsrail	7.54	7.49
Kolombiya	7.02	6.50	İtalya	8.69	7.27
Demokratik Kongo Cumhuriyeti	4.95	5.67	Jamaika	7.27	7.18

Tablo 1. Veri Matrisi (Devamı)

Kongo Cumhuriyeti	6.78	5.02	Japonya	8.73	7.47
Kosta Rika	8.17	7.55	Ürdün	6.24	7.46
Fildişi Sahili	7.06	6.00	Kazakistan	6.38	7.11
Hırvatistan	8.46	6.96	Kenya	6.45	7.20
Güney Kore	8.77	7.53	Portekiz	9.04	7.51
Kuveyt	5.63	6.75	Katar	5.53	7.49
Kırgız Cumhuriyeti	6.25	6.93	Romanya	8.65	7.69
Laos	5.86	6.91	Rusya	5.71	6.83
Letonya	8.85	7.64	Ruanda	6.47	7.48
Lübnan	6.43	6.99	Suudi Arabistan	4.44	6.52
Lesotho	6.69	6.38	Senegal	6.77	6.22
Liberya	6.40	6.56	Sırbistan	7.85	6.85
Libya	3.88	4.74	Sejšeller	7.37	7.23
Litvanya	8.82	7.86	Sierra Leone	7.04	5.75
Lüksemburg	9.26	7.60	Singapur	7.48	8.84

Tablo 1.'de gösterilen matristeki verilere Entropi Ağırlık Yöntemi adımları uygulanarak W_j değerleri kişisel özgürlük kriteri için **0.7305** ve ekonomik özgürlük kriteri için **0.2695** olarak bulunmuştur. Bu kriter ağırlık değerleri ile Tablo 1. 'de gösterilen ülkelerin kriter endeksleri çarpılarak ağırlıklı veri matrisi elde edilmiştir. Matris Tablo 2.'de gösterilmektedir.

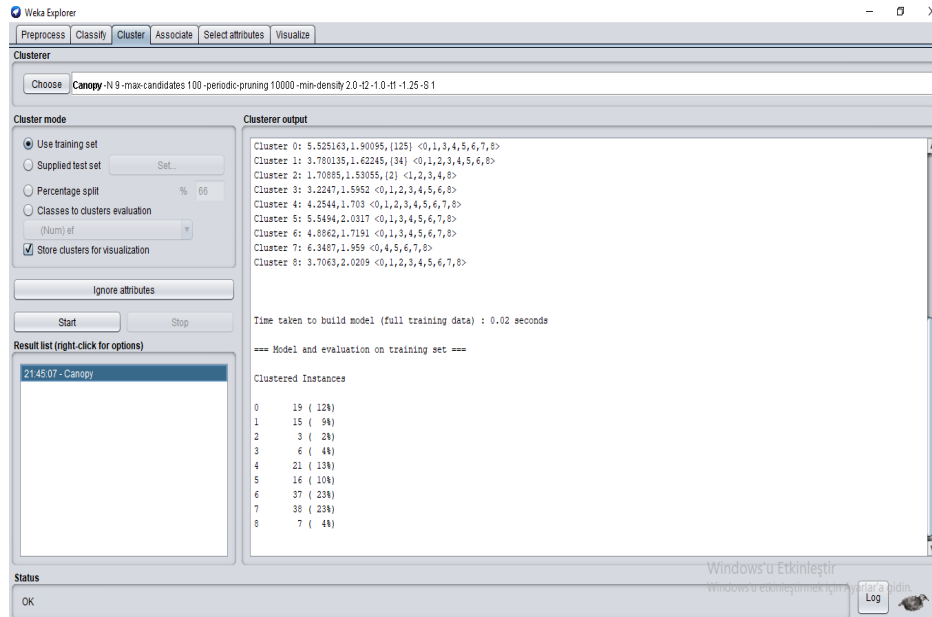
Tablo 2. Ağırlıklı Veri Matrisi

Ülkeler	İnsani Özgürlük Endeksi Kriterleri		Ülkeler	İnsani Özgürlük Endeksi Kriterleri	
	Kişisel Özgürlük Endeksi	Ekonomik Özgürlük Endeksi		Kişisel Özgürlük Endeksi	Ekonomik Özgürlük Endeksi
Arnavutluk	5.55	2.03	Kıbrıs	6.22	2.08
Cezayir	3.86	1.34	Çek Cumhuriyeti	6.60	2.04
Angola Cumhuriyeti	4.46	1.39	Danimarka	6.81	2.09
Arjantin	5.92	1.30	Dominik Cumhuriyeti	5.07	1.93
Ermenistan	5.05	2.04	Ekvador	5.52	1.63
Avustralya	6.71	2.15	Mısır	2.85	1.54
Avusturya	6.76	2.04	El Salvador	5.05	1.93
Azerbeycan	4.15	1.75	Estonya	6.58	2.12
Bahamalar	5.45	1.98	Etiyopya	3.70	1.54
Bahreyn	4.48	2.04	Fiji	5.69	1.83
Bangladeş	3.87	1.70	Finlandiya	6.79	2.06
Barbados	5.63	1.73	Fransa	6.40	1.95
Belarus	4.43	1.68	Gabon	3.88	1.57
Belçika	6.57	1.97	Gambiya	3.87	1.98
Belize	5.43	1.85	Gürcistan	5.53	2.16
Benin	5.48	1.61	Almanya	6.75	2.07
Butan	4.82	1.89	Gana	5.75	1.78
Bolivya	5.26	1.68	Yunanistan	5.81	1.74
Bosna Hersek	5.74	1.78	Guatemala	4.78	2.06
Botsvana	5.02	2.00	Gine	3.92	1.60
Brezilya	4.87	1.55	Gine-Bissau	5.01	1.41
Brunei Sultanlığı	3.41	1.87	Guyana	5.14	1.70
Bulgaristan	5.96	2.00	Haiti	5.25	1.75
Burkina Faso	5.45	1.63	Honduras	4.67	1.90
Burundi	3.22	1.60	Hong Kong	6.27	2.42
Kamboçya	5.29	1.93	Macaristan	6.03	1.95
Kamerun	3.89	1.57	Izlanda	6.64	1.95
Kanada	6.69	2.15	Hindistan	4.53	1.79

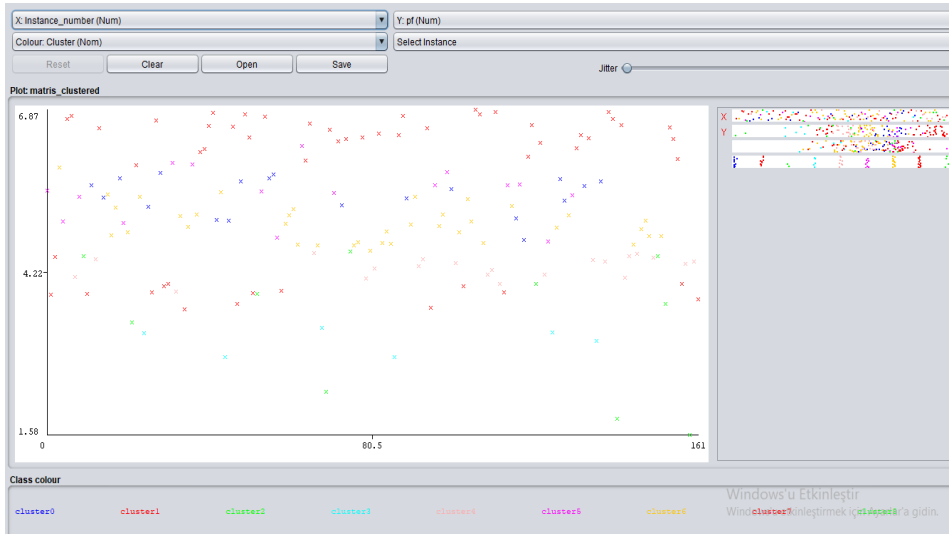
Tablo 2. Ağırlıklı Veri Matrisi (Devamı)

Yeşil Burun Adaları	5.83	1.80	Endonezya	4.66	1.93
Afrika Merkez Cumhuriyeti	3.99	1.38	İran	3.31	1.62
Çad	4.02	1.47	Irak	2.28	1.46
Şili	6.00	2.10	İrlanda	6.53	2.17
Çin	3.91	1.74	İsrail	5.51	2.02
Kolombiya	5.13	1.75	İtalya	6.35	1.96
Demokratik Kongo Cumhuriyeti	3.61	1.53	Jamaika	5.31	1.93
Kongo Cumhuriyeti	4.95	1.35	Japonya	6.38	2.01
Kosta Rika	5.97	2.03	Ürdün	4.56	2.01
Fildişi Sahili	5.16	1.62	Kazakistan	4.66	1.92
Hırvatistan	6.18	1.88	Kenya	4.71	1.94
Güney Kore	6.40	2.03	Portekiz	6.61	2.02
Kuveyt	4.11	1.82	Katar	4.04	2.02
Kırgız Cumhuriyeti	4.56	1.87	Romanya	6.32	2.07
Laos	4.28	1.86	Rusya	4.17	1.84
Letonya	6.47	2.06	Ruanda	4.72	2.02
Lübnan	4.70	1.88	Suudi Arabistan	3.24	1.76
Lesotho	4.89	1.72	Senegal	4.95	1.68
Liberya	4.68	1.77	Sırbistan	5.73	1.85
Libya	2.83	1.28	Sejšeller	5.39	1.95

Tablo 2.'de gösterilen ağırlıklı kriter değerleri WEKA 3.8 paket programında kümeleme yönteminin çeşitli algoritmaları ile 9 küme sayısı belirlenerek çözümlenmiştir. Çözümlemeler sonucunda en anlamlı kümelemeyi sunan Canopy Algoritmasının sonuçları Şekil 1.'de görsel küme dağılımları ise Şekil 2.'de gösterilmektedir.

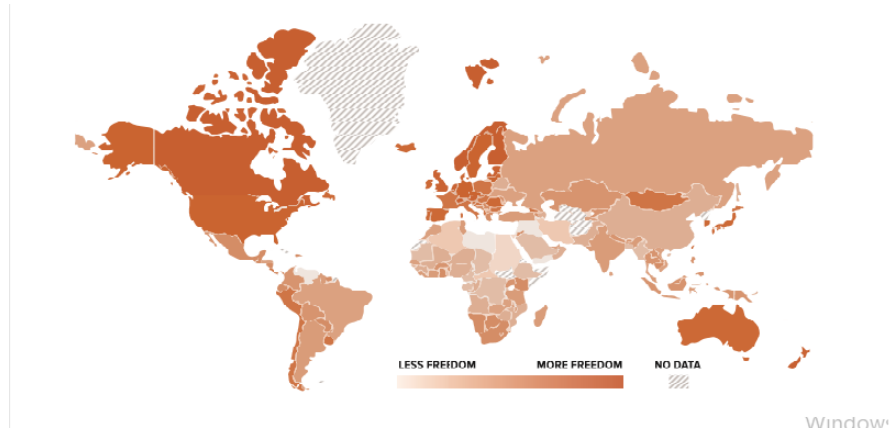


Şekil 1. Canopy Algoritması k=9 için Yüzdeler Küme Dağılımları



Şekil 2. Canopy Algoritması $k=9$ için Görsel Küme Dağılımları

2018 yılı İnsani Özgürlük Endeksi çalışmasından alınan Şekil 3.'de Dünya ülkeleri insani özgürlük derecelerine göre daha koyudan açığa doğru renklendirilerek dünya haritasında gösterilmektedir.



Kaynak: (https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/human-freedom-index-2018.pdf)

Şekil 3. İnsani Özgürlük Endeksine Göre Ülkelerin Dağılımı

Canopy Algoritması kümeleme analiz sonuçlarına göre ülkelerin oluşturdukları kümeler Tablo 3.'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Kümeleme Sonuç Tablosu

Cluster0	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4
Barbados	Cezayir	Irak	Burundi	Azerbeycan
Belize	Angola Cumh.	Suriye	Mısır	Belarus
Bosna Hersek	Bangladeş	Yemen Cum	İran	Çin
Kamboçya	Kamerun		Libya	Hindistan
Yeşil Burun Adaları	Afrika Merkez Cumhuriyeti		Suudi Arabistan	Kuveyt
Dominik Cumh.	Çad		Sudan	Laos
El Salvador	Demokratik Kongo Cum			Malezya
Fiji	Etiyopya			Mali
Gana	Gabon			Fas
Yunanistan	Gine			Nijer
Jamaika	Moritanya			Nijerya
Makedonya	Myanmar			Umman
Karadağ	Pakistan			Rusya
Paraguay	Venezuela			Sri Lanka
Peru	Zimbabve			Svaziland
Filipinler				Tacikistan
Sırbistan				Tanzanya
Seyşeller				Doğu Timor Dem.Cumh.
Güney Afrika				Türkiye
Surinam				Vietnam
				Zambiya
Cluster5	Cluster6	Cluster7		Cluster8
Arnavutluk	Arjantin	Avustralya		Bahreyn
Ermenistan	Benin	Avusturya		Brunei Sultanlığı
Bahamalar	Butan	Belçika		Gambiya
Botsvana	Bolivya	Bulgaristan		Ürdün
Şili	Brezilya	Kanada		Katar
Kosta Rika	Burkina Faso	Hırvatistan		Uganda
Gürcistan	Kolombiya	Kıbrıs		Birleşik Arap Emir.
Guatemala	Kongo Cumh.	Çek Cumh.		
Hong Kong	Fildişi Sahili	Danimarka		
İsrail	Ekvador	Estonya		
Mauritius	Gine-Bissau	Finlandiya		
Moğolistan	Guyana	Fransa		
Panama	Haiti	Almanya		
Ruanda	Honduras	Macaristan		
Singapur	Endonezya	İzlanda		
	Kazakistan	İrlanda		
	Kenya	İtalya		
	Kırgız Cumh.	Japonya		
	Lübnan	Güney Kore		
	Lesotho	Letonya		
	Liberya	Litvanya		
	Madagaskar	Lüksemburg		
	Malawi	Malta		
	Meksika	Hollanda		
	Moldova	Yeni Zelanda		
	Mozambik	Norveç		
	Namibya	Polonya		
	Nepal	Portekiz		
	Nikaragua	Romanya		
	Papua Yeni Gine	Slovak Cumh.		
	Senegal	Slovenya		
	Sierra Leone	İspanya		
	Tayland	İsveç		
	Togo	İsviçre		

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, Fraser Enstitüsünün çalışmasında var olan 162 ülkenin 2018 yılına ait İnsani Özgürlük Endeksinde yer alan kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük endeksleri dikkate alınarak insani özgürlükler açısından birbirine en çok benzeyen ülkeler kümelenebilir çalışılmıştır.

Kümeleme analizinin sonucunda çalışmaya dahil edilen ülkeler kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük endekslerine göre 9 kümeye ayrılmıştır. Elde edilen bu kümeler Fraser Enstitüsünün 2018 yılında açıkladığı İnsani Özgürlük endeks sıralaması ile benzer sonuçlar göstermektedir. Uygulamada kullanılan Canopy Algoritması kümeleme analizinde oldukça başarılı bir sonuç ortaya çıkarmıştır.

Çalışmada kriter olarak kullanılan kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük endeks puanları Entropi yöntemi ile ağırlıklandırıldığında kişisel özgürlük kriterinin ağırlığının daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda en yüksek özgürlük seviyelerine sahip Kuzey Amerika (Kanada ve ABD), Batı Avrupa ve Okyanusya ülkeleri aynı kümede yer alırken en düşük endeks puanlarına sahip Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Asya ülkeleri aynı kümede yer almaktadır.

Uygulamanın sonucunda kümelenen Dünya ülkeleri için derecelendirme yapılırsa Cluster7 de bulunan ülkeler kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük endekslerinin en iyi olduğu ülkeler olarak 1.sıradadır. Bu kümeyi oluşturan ülkelerin en belirgin özelliği yüksek ekonomik refah ve özgürlük seviyesine sahip olan ülkeler olması ile birlikte çoğunluğunun Batı Avrupa ülkelerinden oluşmasıdır.

Cluster5’de bulunan 2.küme olarak adlandırılan kümede bulunan ülkeler Karayip denizine kıyısı olan Orta Amerika, Doğu Asya ve Kafkas ülkeleridir. Bu kümede Hong Kong ekonomik özgürlük olarak diğerlerinden daha yüksek endekse sahip olsa da kişisel özgürlüğü açısından kümede yer alan diğer ülkeler ile birbirine oldukça benzemektedir.

Cluster0 ve 3.sırada yer alan ülkeler çoğunlukla Balkan Ülkeleri ve Karayipte yer alan Orta ve Güney Amerika ülkelerinden oluşmaktadır. Bu kümede Afrika ülkeleri olarak yer alan Yeşil Burun Adaları, Şeyseller, Güney Afrika Cumhuriyeti, Dominik Cumhuriyeti ülkelerinin kişisel özgürlük endeksleri yüksek iken diğer ülkelerin ekonomik özgürlük endeksinin yüksek olması dengeli sağlamakta insani özgürlükleri bu açıdan benzerdir denilebilmektedir. Ancak bu kümede yer alan Yunanistan AB ülkelerinin yer aldığı Cluster7’den ayrılmıştır. Bunun da özellikle Yunanistan’ın ekonomik özgürlükler kriteri açısından kaynaklandığı söylenebilir.

Cluster6 adlı kümede 4. Sırada yer alan kümeyi oluşturan ülkelerin çoğunluğu Afrika ve Güney Amerika ülkeleri olup her iki endeks açısından birbirine oldukça benzeyen ülkelere oluşmaktadır.

Cluster8 yani 5.sırada yer alan kümeyi oluşturan ülkelerin çoğunluğu Basra Körfezi ülkesi olup Arap yarımadasında toprakları olan ülkelere oluşmaktadır. Ayrıca kümede bulunan Afrika ülkeleri (Uganda, Gambiya) her iki endeks açısından diğer ülkeler ile örtüşmektedir.

Cluster4 kümesi 6.küme olarak derecelendirilen Türkiye’nin de içinde bulunduğu çoğunlukla Orta Asya ardından Afrika ülkeleri ve Orta Doğu ülkelerinden oluşmaktadır. Kişisel

özgürlükler bakımından birbirine yakın olan Azerbaycan, Çin, Fas, Rusya, Türkiye, Hindistan, Kuveyt gibi ülkeler aynı kümede yer almıştır.

Cluster1 de kümelenen ve 7.küme olarak adlandırılan kümenin ortak özelliği çoğunluğunun Sahra çölünün güneyindeki Afrika ve Orta doğu ülkelerinden oluşmasıdır. Ekonomik özgürlük endeksi ortalamasının oldukça altında olan Güney Amerika'nın batısında yer alan ve şuan için siyasi ve ekonomik kriz yaşayan Venezeula'nın da Cluster1 de yer aldığı görülmektedir.

Suudi Arabistan, Burundi, Arap Baharı sürecinde askeri darbe yaşayan Mısır, İran, Kaddafi sonrası karışıkların devam ettiği Libya ve Askeri darbe ile indirilen ve Uluslararası Ceza Mahkemesi'nin Savaş Suçu ile İnsanlığa Karşı Suç işlemekten hakkında tutuklama emri çıkardığı Ömer Hasan el-Beşir'in ülkesi Sudan Cluster3'de kümelenen 8.küme oluşturmuştur.

Körfez Savaşı sonrası düzeni sağlayamayan Irak, çatışmaların devam ettiği Suriye ve dünyanın en fakir ülkelerinden biri olarak gösterilen Yemen Cumhuriyeti Cluster2 de yer alan 9.küme oluşturmuştur.

Özellikle 8. ve 9.sıradaki kümeleri oluşturan ülkeler için kişi başına düşen ortalama milli gelirin 12.000 \$ civarında olduğu bu doğrultuda ekonomik refahın düşük, insani özgürlük ülke sıralamasının da en alt çeyreğinde kümelendiği yorumu yapılabilmektedir.

Kaynakça

- Akbaba, M.M. (2017). *Havacılık sektöründe tedarikçi performansının kümeleme analizi ve yapay sinir ağları ile incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Edirne: Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erişim Adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Akpınar, H. (2017). *Data: veri madenciliği veri analizi*. Ankara: Papatya.
- Akyüz, K.C., Yıldırım İ., Tugay, T., Akyüz, İ. ve Gedik, T. (2016). İmalat sanayi içerisinde yer alan sektörlerin iş kazası istatistiklerinin küme ve ayırma analizi ile değerlendirilmesi. *Ormanlık Dergisi*, 12(1), 18-29.
- Alp, İ., Öztel, A. ve Köse, M.S. (2015). Entropi tabanlı maut yöntemi ile kurumsal sürdürülebilirlik performansı ölçümü: bir vaka çalışması. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 65-81.

- Aydın, S. (2007). *Veri madenciliği ve Anadolu Üniversitesi uzaktan eğitim sisteminde bir uygulama* (Doktora tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Bozkır, A.S., Sezer, E. ve Gök, B. (2009, 13-15 Mayıs). *Öğrenci seçme sınavında (öss) öğrenci başarımını etkileyen faktörlerin veri madenciliği yöntemleriyle tespiti*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) Bildiriler Kitabı, Karabük. Erişim adresi https://www.researchgate.net/profile/Ahmet_Bozkir/publication/237693243_Ogrenci_Secme_Sinavinda_OSS_Ogrenci_Basarimini_Etkileyen_Faktorlerin_Veri_Madenciligi_Yontemleriyle_Tespiti/links/546e03040cf29806ec2e6a65/Oegrenci-Secme-Sinavinda-OeSS-Oegrenci-Basarimini-Etkileyen-Faktoerlerin-Veri-Madenciligi-Yoentemleriyle-Tespiti.pdf
- Çelik, F. (2013). Modern dönemde cumhuriyetçi özgürlük anlayışı. *Akademik İncelemeler Dergisi (Journal of Academic Inquiries)*, 13 (1), 125-163.
- Çelik, C. ve Kırıl, G. (2018). Kümeleme yöntemi ile konut talebinin incelenmesi: Türkiye il grupları üzerine bir uygulama. *Journal of The Cukurova University Institute of Social Sciences*, 27 (1), 123-138.
- Filkov, V. ve Skiena, S. (2004). Integrating microarray data by consensus clustering. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 13 (4), 863-880.
- Gazel, S. ve Akel, V. (2018). Borsa İstanbul'da sektör sınıflandırmasının kümeleme analizi ile belirlenmesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi (MUFAD)*, 27, 147-164.
- Han, J., Kamber, M. ve Pei, J. (2012). *Data mining: concepts and techniques* (third edition). San Francisco: Morgan Kaufmann. Erişim adresi <https://books.google.com.tr/books?id=pQws07tdpjoC&printsec=frontcover&dq=Data+mining:+concepts+and+techniques&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwicq5Xv2IHsAhWJHHcKHQPzC8YQ6AEwAHoECAUQAg#v=onepage&q=Data%20mining%3A%20concept%20and%20techniques&f=false>.
- Hair, J.F., Black, W. C., Barry, J.B. ve Anderson, R. E., (2014). *Multivariate data analysis* (seventh edition). Harlow: Pearson Education Limited. Erişim adresi https://scholar.google.com.tr/scholar?q=Multivariate+data+analysis&hl=tr&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart
- Güney, T. (2017). Ekonomik özgürlük ve insani gelişmişlik. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5 (2), 1109-1120. <https://doi.org/10.17218/hititsosbil.341588>

- Gürbüz, M., Karabulut, M. ve Sandal, E.K. (2007). Türkiye’ de bölgesel farklılıkların kırsal ölçekte analizi. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 5 (1), 99-112.
- Karacan, H. (2011). Veri madenciliğinde nesne yönelimli birleştirici hiyerarşik kümeleme modeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26 (1), 27-39.
- Koşar, A. (2018). Türkiye’nin son 10 yılda en çok ihracat ve ithalat yaptığı ülkelerin hiyerarşik kümeleme analizi gruplandırılması ve değerlendirilmesi. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 1 (1), 17-28.
- Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Hongrui, Y. ve Gao, C. (2011). Application entropy weight and topsis method in safety evaluation of coal mines. *Procedia Engineering*, 6, 2085-2091.
- Ng, R.T. ve Han, J. (1994). *Efficient and effective clustering method for spatial data mining*. VLDB '94 Proceedings of The 20th International Conference on Very Large Data Bases, 12-15 September. doi: 10.1109/tkde.2002.1033770
- Öztürk, A. (2015). *Açık ve uzaktan öğrenme sistemlerinde kümeleme analizi yöntemiyle öğrenen gruplarının belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sarıman, G. (2011). Veri madenciliğinde kümeleme teknikleri üzerine bir çalışma: k-means ve k-medoids kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15 (3), 192-202.
- Saygı, H., Kop, A., Tekoğul H. ve Altan, Ö. (2018). Orta Doğu ülkelerinin su ürünleri üretimi. *Türk tarım-gıda bilim ve teknoloji dergisi*, 7 (10), 1422-1430.
- Selvi, H.Z. ve Çağlar, B. (2017). Çok değişkenli haritalama için kümeleme yöntemlerinin kullanılması. *Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 415-429.
- Sharma, N. Bajpai, A. ve Litoriya R. (2012). Comparison the various clustering algorithms of weka tools. *International Journal of Emerging Technology And Advanced Engineering*, 2 (5), 73-80.
- Singhal, S. ve Jena, M. (2013). A Study on weka tool for data preprocessing, Classification And Clustering. *International Journal of Innovative Technology And Exploring Engineering*, 2 (6), 250-253.

- Tatlıldil, H. (2002). *Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel analiz*. Ankara: Akademi Matbaası.
- Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Hongru, Y. ve Gao, C. (2011). Application entropy weight and topsis method in safety evaluation of coal mines. *Procedia Engineering*, 6, 2085-2091.
- Uyar, Kangallı S.G., Uyar, U. ve Buyrukoğlu, S. (2014). OECD ülkelerinde ekonomik özgürlük: bir kümeleme analizi. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 6 (3), 95-109.
- Wu, J., Sun, J., Liang, L. ve Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using shannon entropy. *Expert Systems With Applications*, 38 (5), 5162-5165.
- Yaz, H.F., (2014). *Çok değişkenli istatistiksel tekniklerden kümeleme analizi; spss ile bir uygulama*, Academia. Erişim adresi <https://www.academia.edu/7276743>.