

EM Algoritmasına Göre Kümelenen Havalimanlarının Borda Sayım Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Nuri ÖMÜRBEK¹ Okan DAĞ² Hande EREN³

Geliş Tarihi/ Received	Kabul Tarihi/ Accepted	Yayın Tarihi/ Published
16/12/2019	09/03/2020	15/04/2020
Citation/Atf: Ömürbek, N., Dağ, O., ve Eren, H., (2020), <i>EM Algoritmasına Göre Kümelenen Havalimanlarının Borda Sayım Yöntemi İle Değerlendirilmesi</i> , <i>Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi</i> , 34(2): 491-514, DOI: 10.16951/atauniibd.659125		

Öz: Kümeleme analizi veri tabanlarındaki verileri kümeler ya da gruplar içerisinde toplayarak birbirine benzer niteliklere sahip olan elemanların bir araya getirilmesinde kullanılan bir veri madenciliği yöntemidir. Bu çalışmada Türkiye’ de yer alan 55 havalimanından verilerine eksiksiz olarak ulaşılan 49 havalimanının kümelenmesi amaçlanmıştır. Bu havalimanlarının kümelenmesinde; uçak sayısı, ticari uçak sayısı, yük miktarı, yolcu sayısı, satış gelirleri, hizmet giderleri, yolcuya hizmet verilen alan, yolcu terminalleri toplam alan, bilgi işlem cihaz sayısı, personel sayısı, kurtarma cihaz sayısı, hava ve radar seyrüsefer sistemleri, haberleşme telsiz cihazları, en yakın merkeze uzaklık, denizden yükseklik, hava sıcaklık ortalaması, yangınla mücadele kategorisi ve araç envanteri kriterleri kullanılmıştır. Çalışmada ilk önce ENTROPİ yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve daha sonra kümeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Havalimanlarının kümelenmesinde EM algoritması kullanılmıştır. EM algoritmasına göre havalimanları 5 kümeye ayrılmıştır. Sonuç olarak elde edilen bu kümelerin BORDA Sayım yöntemi ile performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kümeleme, EM Algoritması, ENTROPİ, BORDA Sayım Yöntemi, Havalimanı

Evaluation of Clustered Airports According to EM Algorithm by Borda Count Method

Abstract: Clustering analysis is a data mining method used to gather data from databases in clusters or groups and bring together elements having similar characteristics. In this study, Turkey 'is intended as a complete, well situated reached the airport on data from 55 of the 49 clusters airport. In the clustering of these airports; number of aircraft, number of commercial aircraft, amount of cargo, number of passengers, sales revenues, service expenses, passenger area, total area of passenger terminals, number of computing devices, number of personnel, number of rescue devices, air and radar navigation systems, communication radio devices , distance to the nearest center, height from sea, air temperature average, fire fighting category and vehicle inventory criteria were used. In this study, weights of the criteria were calculated by using

¹Prof. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, <https://orcid.org/0000-0002-0360-4040>

² Doktora Öğrencisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, <https://orcid.org/0000-0001-9756-722X>

³ Doktora Öğrencisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, <https://orcid.org/0000-0002-9166-5037>

EM Algoritmasına Göre Kümelenen Havalimanlarının Borda Sayım Yöntemi İle Değerlendirilmesi

ENTROPI method and then clustering process was performed. In the clustering of airports, EM algorithm which is one of the clustering algorithms is used. According to the EM algorithm, airports are divided into 5 clusters. As a result, the performance evaluation of these clusters was carried out by the BORDA Count method.

Keywords: Clustering, EM Algorithm, ENTROPI, BORDA Count Method, Airport

EXTENDED SUMMARY

Aim of the study: The aim of this study is to cluster 49 airports located in Turkey by using EM algorithm.

Literature Review: Some studies in the literature related to clustering analysis and clustering of airports are examined in the paper. Studies such as Use of Clustering Analysis in Family Psychology Research (Henry, Tolan & Smith, 2005: 121-132), Location analysis (Barreto et al., 2007: 968-977), Clustering Gene Data (Jiang, Tang & Zhang, 2004: 1370-1386), Clustering the Countries by K-Means and K-Medoids Segmented Clustering Algorithms (Sarıman, 2011: 192-202), Classification of OECD Countries with Fuzzy Clustering Analysis based on Health Indicators (Alptekin and Yeşilaydın, 2015: 137-155) were given examples of the studies on clustering in the paper.

When the studies on clustering of airports are examined; Strategically Clustering of Airports based on Common Attributes (Malighetti, Paleari and Redondi, 2009: 183-196), Comparison of Passenger Terminal Facilities of Airports by using Clustering Analysis (Adikariwattage, Barros, Wirasinghe & Ruwanpura, 2012: 36-41), Using K-Means Method for Clustering Airports operating in Turkey (Yalçın and Ayyıldız, 2018: 194-205) have been given as recent examples of the studies in the literature.

The inclusion of more criteria in more details into the study as well as the use of the WEKA program for the analysis are the major the differences of this study from the early studies in the literature. Moreover, ranking the clusters from the best to the worst by using the BORDA Counting method reveals the other difference and originality of the study.

Methodology: In the study, the number of aircrafts, the number of commercial aircrafts, the amount of freight, the number of passengers, sales revenue, service expenses, the size of the area served to the passengers, size of the total area of passenger terminals, the number of computing devices, the number of personnel, the number of rescue devices, air and radar navigation systems, wireless communication devices, distance to the nearest living center, altitude, average temperature, firefighting category and vehicle inventory criteria are considered for clustering 49 airports located in Turkey by using WEKA program. The data from 2013-2018 period are extracted from the State Airports Authority (DHMI) database for the analysis. The results assert that the EM algorithm provides the best results. The clusters found in the study were ranked by BORDA Counting Method from the best to the worst.

Conclusion and Discussion: Although there are 55 airports located in Turkey, this study includes only 49 of them that provides complete data for the

study. The findings of the clustering analysis highlight that the Istanbul Atatürk Airport located in Cluster 0 is clearly distinguished from other clusters in terms of the number of aircrafts, the number of commercial aircrafts, the number of passengers, sales revenue, the areas served to passengers, size of the total area of passenger terminals, the number of computing devices, the number of personnel, the number of rescue devices, air and radar navigation systems, wireless communication devices, distance to the closest living center, altitude and vehicle inventory. All of the airports in Cluster 1 are located in the metropolitan cities. The airports in Cluster 3 and Cluster 4 are airports that are not very active compared to Cluster 0 and Cluster 1.

Finally, even though the airports located in Cluster 2 rank high in terms of service expenses, air and radar navigation systems, distance to the nearest living center and attitude, it ranks low in other criteria. BORDA Counting method was applied to test the partial reliability of the study and evaluate the performance of the clusters. The results of the BORDA Counting method show that "Cluster 0" takes the first place; "Cluster 1" is the second, "Cluster 4" is the third, "Cluster 3" is the fourth and finally "Cluster 2" is the fifth. When the results of the BORDA Counting method were compared with the findings of the clustering analysis of the WEKA program, it was seen that the results obtained were consistent.

Giriş

Günümüzde ulaşım, istenilen bir yere kısa sürede gitmek, bir gereksinim olmaktan çok zorunluluk gibi görülmektedir. Bundan dolayı havayolu ile ulaşım daha çok rağbet görmekte ve havayolu ulaşımını kullananların sayısı her geçen gün artış göstermektedir. Günümüzde toplumlar artık "hız" endeksli yaşam tarzına göre hareket etmektedir. Bu durum neticesinde de havalimanlarının önemi artış göstermektedir. Teknolojinin her geçen gün gelişim göstermesi ulaşım sektörünün gelişimi ile beraber havalimanlarının toplumların büyüme ve gelişmesinde çok büyük bir etken olduğu gerçektir. Hızlı ulaşımın yanında yurt içerisinde, bölgesel ve uluslararası ekonomilerin gelişim göstermesinde kayda değer katkıları bulunmaktadır. Ülkemizde de havalimanlarının önemi gün geçtikçe önem kazanmakta ve daha çok insana hizmet vermektedir (Turan ve Turan, 2008: 161).

Havayolu güvenli, hızlı ve konforlu bir ulaşım sağlayarak çeşitli coğrafyaların birbirine daha çok yakınlaşmasına imkân sağlamıştır (Gökdalay ve Evren, 2009: 159). Ekonominin büyümesi ile beraber artış gösteren talebin karşılanabilmesi amacı ile havalimanlarının sayısının fazlaştırılması, mevcut havalimanlarının daha fazla verimli ve aktif çalışmasını zorunlu hale getirmiştir. Havalimanları, il ve ilçelerin gelişim göstermesine de kayda değer bir şekilde destek olmaktadır.

Yapılan bu çalışmada ilk olarak kümeleme analizi, havalimanları ve WEKA programı ile ilgili literatür taraması yapılmış; ardından kümeleme analizi yönteminin teorisine yer verilmiştir. Son olarak yapılan denemeler sonucunda

kümeleme analizi için en iyi sonucu EM algoritmasının verdiği görülmüştür. Kümeleme analizi için; uçak sayısı, ticari uçak sayısı, yük miktarı, yolcu sayısı, satış gelirleri, hizmet giderleri, yolcuya hizmet verilen alan, yolcu terminalleri toplam alanı, bilgi işlem cihaz sayısı, personel sayısı, kurtarma cihaz sayısı, hava ve radar seyrüsefer sistemleri, haberleşme telsiz cihazları, en yakın merkeze uzaklık, denizden yükseklik, hava sıcaklık ortalaması, yangınla mücadele kategorisi ve araç envanteri olmak üzere 18 kriterden yararlanılmıştır. Bu kriterler kullanılarak 49 havalimanı kümelere ayrılmıştır.

1.Literatür İncelemesi

Literatür incelemesinde kümeleme ve havalimanlarının kümelenmesi ile ilgili yapılan bazı çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Tablo 1: Kümeleme Analizi ve Havalimanları İle İlgili Literatür Özeti

Kümeleme Analizi ile Yapılan Bazı Çalışmalar	
Aile Psikolojisi Araştırmalarında Kümeleme Analizinin Kullanımı	(Henry, Tolan ve Smith, 2005: 121-132)
Kuruluş Yeri Problemi	(Barreto vd., 2007: 968-977)
Ülkeler Arasındaki Ekonomik Benzerliklerin Belirlenmesi	(Turanlı, Özden ve Türedi, 2006: 95-108)
Gen Verilerinin Kümelenmesi	(Jiang, Tang ve Zhang, 2004: 1370-1386)
Öğretmen Adaylarının Teknolojiye Yönelik Tutumlarının Kümelenmesi	(Çelik ve Kahyaoğlu, 2007: 571-586)
OECD'e Üye Ülkelerin Bazı Seçilmiş Sağlık Göstergelerinin Karşılaştırılmasında Kümeleme ve Ayırma Analizlerinin Kullanılması	(Ersöz, 2009: 1650-1659)
Korelasyon Matrisinin İstatistiksel Belirsizliğinde Kümeleme Analizinin Kullanımı	(Tola, Lillo, Gallegati ve Mantegna, 2008: 235-258)
Faktör Analizi ve Aşamalı Kümeleme Analizi Tekniklerinin Benzer Sonuç Verip Vermediğinin Belirlenmesi	(Doğan ve Başokçu, 2010: 65-71)
K-Means ve K-Medoids Bölümlemeli Kümeleme Algoritmalarıyla Ülkelerin Özelliklerine Göre Kümelenmesi	(Sarıman, 2011:192-202)
OECD Ülkelerinin Sağlık Göstergeleri Açısından Bulanık Kümeleme Analizi İle Sınıflandırılması	(Alptekin ve Yeşilaydın, 2015: 137-155)
Havalimanlarının Kümelenmesi ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	
Havalimanlarının Ortak Özellikleri Doğrultusunda Stratejik Olarak Kümelenmesi	(Malighetti, Paleari ve Redondi, 2009: 183-196)
Havalimanlarında Yolcu Terminali Olanaklarının Kümeleme Analizi İle Karşılaştırılması	(Adikariwattage, Barros, Wirasinghe ve Ruwanpura, 2012: 36-41)
K-Ortalamalar Yöntemi İle Türkiye'de Faaliyet Gösteren Havalimanlarının Kümelenmesi	(Yalçın ve Ayyıldız, 2018: 194-205)

Havalimanları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle kriterlerin eşit öneme sahip olduğu düşünülmüştür. Bu çalışmada ise havalimanlarıyla ilgili yapılmış olan diğer çalışmalardan farklı olarak mevcut durumda bulunan kriterlerin eşit önem derecesine sahip olmadığı düşünülmüş ve ilk olarak ENTROPİ yöntemiyle kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu

kriter ağırlıkları karar matrisinde yer alan değerlerle çarpılarak WEKA programına aktarılmıştır. Bununla birlikte kümeleme analizi ile elde edilen kümelerin BORDA Sayım yöntemiyle sıralanması da bu çalışmanın literatürdeki çalışmalarından farklılığını gösteren diğer bir özgünlüğüdür. Bunun yanında çalışmada kullanılan kriterler literatürdeki diğer çalışmalara göre daha kapsamlı olarak ele alınmıştır.

2.Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi elde bulunan mevcut durumdaki verilerin gruplaması işlemi sırasında yararlanılan bir sınıflandırma tekniğidir. Kümeleme analizinin amacı, gruplara ayrılmamış verileri benzerlikler baz alınarak sınıflandırmak ve kullanacak olan kişiye yararlı olacak bilgiler ortaya koymaktır. Kümeleme analizi, birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılan çok değişkenli bir istatistik tekniktir (Çelik, 2013: 175).

Kümeleme analizi, grup sayısı önceden belli olmayan ve gruplara ayrılmamış verilerin benzerliklerine göre sınıflandırılması amacıyla kullanılmaktadır. Kümeleme analizi; birbirine benzer olan nesnelere aynı gruplarda bir araya getirmeyi amaçlaması açısından diskriminant analizi ile, birbirine benzer değişkenlerin benzer gruplar altında bir araya getirilmesini amaçlaması nedeniyle de faktör analizi ile benzerlik göstermektedir (Çakmak, 1999: 188).

Literatüre bakıldığında kümeleme tekniklerini 5 ana başlık altında toplamak mümkündür.

2.1.Hiyerarşik Kümeleme Teknikleri

Hiyerarşik kümeleme yöntemleri, birimleri farklı adımlar uygulandıktan sonra bir araya getirerek; ardışık bir şekilde kümeler meydana getirmeye ve aynı zamanda bu kümelere atanacak nesnelere hangi uzaklık veya benzerlik seviyesinde küme elemanı olduğunu ortaya koymaya yönelik tekniklerdir.

Hiyerarşik kümeleme yöntemleri, araştırmacı tarafından araştırılan veri grubunda kaç grup olduğu bilinmediği durumlar karşısında oldukça elverişli bir teknik olarak görülmektedir. Yöntem araştırmacıya ele aldığı veri grubunda daha önce gözlemlenmemiş ilişkileri analiz etme imkânı tanınmasından dolayı da oldukça yarar sağladığı bilinmektedir (Anderberg,1973: 22).

Hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden literatürde en çok kullanılan tekniklerden bazıları Tam Bağlantı Kümeleme Algoritması, Tek Bağlantı Kümeleme Algoritması, Ortalama Bağlantı Kümeleme Algoritması, Merkez Bağlantı Kümeleme Algoritması, Ward Kümeleme Algoritması'dır.

2.2.Yoğunluğa Dayalı Kümeleme Yöntemi

Yoğunluğa dayalı kümeleme tekniklerinde uzaklığa dayalı küme seçimi yerine verilerin yoğunluk durumuna göre kümeleme işlemi yapılmaktadır. Bu tekniklerde, kümeler veri tabanındaki daha yüksek yoğunluklu alanlar şeklinde ifade edilmektedir (Ester vd., 1996: 227).

Algoritmanın nasıl çalıştığını daha iyi ifade edebilmek için algoritmanın bazı özellikleri aşağıda verilmiştir (Ye vd., 2003: 345-346).

- Herhangi bir p noktasının Eps değeri MinPts değerinden daha çok veriye sahipse kümenin yeni merkezi bu p değeri olacaktır.

- Ele alınan bir veri merkez noktada bulunmuyorsa sınır değer olacaktır. Buradaki sınır değer diğer bir merkez noktası için yoğunluğa katılabilir özelliğindedir.

- Bir p noktası q noktasının yoğunluğuna katılabilir özellikteyse; bu durum $p_1 = q$ ve $p_n = p$ şartlarında ve p_1, \dots, p_n nesnelere zincirleme ise p_{i+1} nesnesi de yoğunluğa dahil edilmiş olacaktır (Borah ve Bhattacharyya, 2004: 92).

- Eğer yukarıda anlatılan maddelere uygun herhangi bir veri bulunmuyorsa yani tek kalmış bir veri varsa, bu veri gürültü olarak ifade edilmektedir.

Literatürde en fazla kullanılan yoğunluğa dayalı kümeleme algoritmaları; DBSCAN, OPTICS ve DENCLUE algoritmalarıdır.

2.3. Bölümleyici Kümeleme Algoritmaları

Veri madenciliği algoritmalarından biri olan bölümleyici kümeleme algoritmaları veri kümesinden n tane giriş parametre kabul eden ve bu parametreleri k tane kümeye bölen algoritmalarıdır. Merkez noktaların kümeyi temsil etmesi esasına dayanan bölümleyici kümeleme algoritmaları kolay uygulanabilir olması ve verimli sonuçlar vermesi nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. (Alzand ve Karacan, 2014: 57).

Bölümleyici kümeleme algoritmalarında kümeler, mesafeye dayalı bir farklılık fonksiyonu gibi objektif bölümlenme kriterini optimize etmek için oluşturulmuştur. Böylelikle bir küme içindeki nesnelere benzer olurken, farklı kümelerin nesnelere veri kümesi özellikleri bakımından birbirinden farklıdır (Han ve Kamber, 2006: 401).

Bölümleyici kümeleme algoritmalarında ilk olarak k sayısına göre başlangıç kısmı meydana getirilir. Küme içi benzerliklerin aynı kalmasına ya da belirli bir iterasyon miktarına kadar nesnelere, yer değiştirme ile bölümler arası geçişlerde bulunabilir. Bölüm içi benzerlik ne kadar fazla ve bölümler arasındaki mesafe ne kadar çok ise başarılı bir kümeleme işleminden bahsedilebilir (Tekbir, 2009: 14).

Bu algoritmalar arasında yaygın olarak kullanılanlar k -ortalama, k -medoid, CLARA ve CLARANS algoritmalarıdır.

2.4. Izgara Temelli Kümeleme Algoritmaları

Izgara tabanlı kümeleme algoritmalarında, veri alanı ızgaralar olarak bilinen sınırlı sayıda eşit alan hücrelerine ayrılmakta ve sonrasında birbirine yakın durumda bulunan ızgaraların noktalarını gruplara ayırmak adına bu ızgaralar üzerinde topolojik komşu arama işlemi yapılmaktadır. Izgara tabanlı kümeleme algoritmaları, literatürde yer alan diğer kümeleme algoritmalarıyla kıyaslandığında daha hızlı işlem süresine sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak ise ızgara temelli kümeleme algoritmalarında tüm kümeleme

işlemleri, veri nesnelere yerine ızgara hücrelerinde gerçekleştirilmesi gösterilmektedir.

Izgara Tabanlı Kümeleme Algoritması, bir ızgara hücresi kümesi tanımlayarak, ele alınan elemanları uygun ızgara hücresine atamaktadır. Böylece her bir hücrenin yoğunluğunu hesaplayarak ve yoğunluğu tanımlanmış bir eşik altında kalan hücreleri elemektedir. Daha sonra ızgara temelli kümeleme algoritmaları bitişik yoğun hücre gruplarından kümeler meydana getirmektedir. Izgara tabanlı kümeleme algoritması, çoklu çözünürlüklü ızgara veri yapısını kullanmaktadır. Kümeleme karmaşıklığı, veri kümesindeki elemanların sayısına değil, doldurulmuş ızgara hücrelerinin sayısına bağlıdır. (Suman ve Rani, 2017: 1510-1511).

Bu algoritmanın en önemli avantajı, özellikle çok büyük veri kümelerinin kümelenebilmesinde hesaplama karmaşıklığını azaltmaktır. Yaygın bir şekilde kullanılan Izgara Tabanlı kümeleme yöntemlerinden bazıları STING, WaveCluster, CLIUQE' tir (Bano ve Khan, 2018: 135).

2.5. Olasılık Temelli Kümeleme Algoritması

Olasılık modeline dayalı kümeleme yöntemleri, el yazısı tanıma, doküman kümeleme işlemine kadar pek çok alanda aktif bir biçimde yararlanılmaktadır. Modele dayalı kümeleme teknikleri olasılık yaklaşımlarından yararlanarak gözlenen verilerle, bazı matematiksel modeller arasındaki uyumu maksimum duruma getirmektedir. Bazı yöntemler, genellikle verinin ilgili olasılık dağılımlarının karmasından meydana gelmektedir. Uygulamada her bir küme parametrik olasılık dağılımları ile matematiksel bir şekilde ortaya konmaktadır. Bundan dolayı kümeleme problemi saf bir parametre öngörü problemine evrilmektedir. Bu sayede veri, K karmaşık yapıda bileşen dağılımları ile modellenmektedir (Servi, 2009: 85-86).

Olasılık tabanlı kümeleme algoritmalarından en çok kullanılan algoritma ise EM algoritmasıdır.

3. Metodoloji

Bu bölümde çalışmada kullanılan; ENTROPİ Yöntemi, EM Algoritması ve BORDA Sayım Yöntemlerine ilişkin bilgi verilmiştir.

3.1. ENTROPİ Yöntemi

Entropi kavramı, ilk defa 1865 yılında Rudolf Clausius tarafından ileri sürülmüştür. Bu kavram termodinamikte dağınıklık ve düzensizliğin bir göstergesi olarak bilinmektedir. Termodinamiğin ikinci yasası olarak kabul edilen Entropi terimi evrende kendi kendine, doğal şartlara bırakılan bütün sistemlerin günden güne, düzensizliğe, dağınıklığa ve bozulmaya doğru gideceğini varsayar. Entropi kavramı, Shannon (1948) tarafından alışılmışın dışında bir kullanıma gelerek enformasyon Entropisi halini almıştır. Bu teoriye göre Entropi rassal değişkenlerle ilgili belirsizliğin ölçüsüdür (Zhang vd., 2011: 444).

Entropi Yöntemi 4 adımdan meydana gelmektedir (Karami ve Johansson, 2014: 523-524, Wang ve Lee, 2009: 8982):

Adım 1: Karar matrisinde birbirinden farklı indeks boyutlarının eşölçülemezlik üzerindeki etkilerini yok etmek için indeksler birbirinden farklı yöntemlerle standartlaştırılabilmektedir. Kriterler fayda ve maliyet indekslerine göre eşitlik (1) ve eşitlik (2) ile normalize edilir.

$$r_{ij} = x_{ij} / \max_{ij} \quad (i = 1 \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (1)$$

$$r_{ij} = \min_{ij} / x_{ij} \quad (i = 1 \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

Adım 2: Birbirinden farklı ölçü birimlerindeki aykırılıkları ortadan kaldırmak amacıyla normalizasyon yapılarak eşitlik 3'de görüldüğü gibi P_{ij} hesaplanır.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}, \forall j \quad (3)$$

i : alternatifler,

j : kriterler

p_{ij} : normalize edilmiş değerler

a_{ij} : verilen fayda değerleri

Adım 3: 3. adımda E_j 'nin entropisi eşitlik (4) ile hesaplanır.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}]; \forall j \quad (4)$$

$k: (\ln(n))^{-1}$

k : entropi katsayısı

E_j : entropi değeri

P_{ij} : normalize edilmiş değerler

Adım 4: Bu adımda d_j belirsizliği eşitlik (5) ile hesaplanır.

$$d_j = 1 - E_j; \forall j \quad (5)$$

Adım 5: Eşitlik (6) kullanılarak j kriterinin önem derecesi yani w_j ağırlıkları hesaplanır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; \forall j \quad (6)$$

3.2.EM (Expectation Maximization) Algoritması

EM (Expectation Maximization-Beklenti Maksimizasyonu) Algoritması bir nesnenin hangi küme içerisinde olacağını belirlemeye yönelik net mesafe kıstaslarından yararlanmak yerine tahminsel ölçütlerden yararlanmayı tercih etmektedir.

Maksimum benzerlik ilkesine dayanan Beklenti Maksimizasyonu (BM) algoritması ilk olarak Dempster ve arkadaşları tarafından 1977 yılında

geliştirilmiştir. Regresyon atamasının yineleme süreçli bir şeklidir ve iki yinelemeli adımdan meydana gelmektedir.

EM algoritması son dönemde pek çok çalışmada yararlanılan yaygın bir yaklaşım haline gelmiştir. EM algoritması, eksik veri problemlerini çözmek adına maksimum olasılık öngörülerini yapan yinelemeli bir algoritmadır. EM Algoritmasının her tekrarı iki adımdan meydana gelmektedir. Bu adımlar, bekleneni bulma (E-Adımı) ve maksimize etme (M Adımı) olarak isimlendirilmektedir (Baygül, 2007: 14-15).

E-adımında gözlemlenen verilerin parametrelerine dair kestirimlerden yararlanılarak bilinmeyen (kayıp) veri ile ilgili en iyi olasılıklar tahmin edilirken, M-Adımında ise tahmin edilen kayıp veri yerine konulan bütün veri üzerinden maksimum olabilirlik hesaplanarak parametrelerin yeni kestirimleri elde edilmektedir (Bruzzone ve Prieto, 2002: 453-455).

3.3.BORDA Sayım Yöntemi

Birden fazla teknikten yararlanarak en iyi seçeneğin bulunabilmesi adına yapılmış olan bir tür etkinlik kıstası şeklinde ifade edilebilmektedir. BORDA Sayım yöntemi de birden fazla yöntemden yararlanılarak meydana getirilmiş sıralamaları bir araya getirerek tek bir sıralama ortaya koymaktadır. Sosyal seçim teorisindeki oylama tekniklerinden olan BORDA Sayım yöntemi Jean-Charles de Borda tarafından ortaya atılmıştır. Modern seçim tekniklerinin gelişmesinde kayda değer ölçüde payı bulunan BORDA Sayım yöntemi alternatifleri karar vericilerin bireysel tercihlerinin toplamına göre sıralamayı amaçlayan bir yöntem şeklinde ifade edilmektedir (Wu, 2011: 12974).

Sınıflama performansı için her bir grubu eşit önem derecesinde kabul eden BORDA sayım yöntemi uygulanma bakımından da basit bir yöntemdir (Ho, Hull ve Srihari, 1992: 85). Üzerine çalışılan grup içerisinde yer alan m adet seçenekten en iyi durumda bulunan seçeneğe m-1, ikinci sırada en iyi durumda bulunan seçeneğe m-2 olacak şekilde gittikçe birer azalan değerler verilerek ve en kötü seçenek 0 değerini alacak biçimde puanlama sistemi uygulanmaktadır. Tüm bunlara ek olarak tüm sınıflardaki seçenekler için atanan değerler toplanarak BORDA sayım yönteminin skoruna ulaşılır ve sıralama bu değer üzerinden yapılmaktadır. Yapılan bu sıralamayla ilgili matematiksel gösterim eşitlik 7'de görülmektedir (Lansdowne ve Woodward, 1996: 27):

$$b_{(i)} = \sum_{k=1}^n (M - r_{ik}) \quad (7)$$

r_{ik} : k. kriter altındaki i. alternatifin sırası,

M: Toplam alternatif sayısıdır.

4.Türkiye'deki Havalimanlarının EM Algoritması ile Kümelenecek Borda Sayım Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde; uçak sayısı, ticari uçak sayısı, yük miktarı, yolcu sayısı, satış gelirleri, hizmet giderleri, yolcuya hizmet verilen alan, yolcu terminalleri toplam alan, bilgi işlem cihaz sayısı, personel sayısı, kurtarma cihaz

EM Algoritmasına Göre Kümelenen Havalimanlarının Borda Sayım Yöntemi İle Değerlendirilmesi

sayısı, hava ve radar seyrüsefer sistemleri, haberleşme telsiz cihazları, en yakın merkeze uzaklık, denizden yükseklik, hava sıcaklık ortalaması, yangınla mücadele kategorisi ve araç envanteri kriterlerinden yararlanılarak Türkiye’de yer alan 49 havalimanının kümelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler 2013-2018 yıllarına ait olup; Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ)’nden alınmıştır.

Havalimanlarının kümelenmesinde WEKA programında yer alan algoritmalarından yararlanılarak kümeleme analizi yapılmıştır. Yapılan kümeleme analizi sonucunda elde edilen kümelere bakıldığında en iyi sonucu EM algoritmasının verdiği görülmüştür. Çalışmada kümeleme analizi sonucunda elde edilen kümelerin BORDA Sayım Yöntemi ile en iyiden en kötüye doğru sıralanması amaçlanmıştır.

Tablo 2: Kriterler ve Gösterge Kodları

Gösterge Kodları	Kriterler	Gösterge Kodları	Kriterler
K1	Uçak Sayısı	K10	Personel Sayısı
K2	Ticari Uçak Sayısı	K11	Kurtarma Cihaz Sayısı
K3	Yük Miktarı	K12	Hava Ve Radar Seyrüsefer Sistemleri
K4	Yolcu Sayısı	K13	Haberleşme Telsiz Cihazları
K5	Satış Gelirleri	K14	En Yakın Merkeze Uzaklık
K6	Hizmet Giderleri	K15	Denizden Yükseklik
K7	Yolcuya Hizmet Verilen Alan	K16	Hava Sıcaklık Ortalaması
K8	Yolcu Terminalleri Toplam Alan	K17	Yangınla Mücadele Kategorisi
K9	Bilgi İşlem Cihaz Sayısı	K18	Araç Envanteri

Çalışmada ilk olarak karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisi 2013-2018 yılları arasındaki verilerin ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Havalimanlarının sadece bir veya son yıla ait verilerine bakarak değerlendirmenin sağlıklı olamayacağı düşünüldüğünden Tiryaki, Aydın ve Üçüncü, (2015: 938-949) ve Top, Yapıcı ve Çetinkaya’nın (2018: 107-119) çalışmalarında da olduğu gibi verilerin ortalaması alınmıştır. Oluşturulan karar matrisi Tablo 3.’teki gibidir.

Tablo 3: Karar Matrisi

Havallimanları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
İstanbul Atatürk	459226,6	440942,8	1982219,2	6217911,2	2311662,8	494810,4	135634	371884,8	1163,4	1042	69,6	24,2	1277,2	22	43,826	14,4	10	56
İstanbul Sabiha	217936,6	206008	335334,2	29358178	215656,25	123370,75	98850,6	197363	239	276,4	29,6	7	300,6	39,4	95	14,4	10	35,8
Ankara Esenboga	107249,2	96137,4	119677,4	13750064	205292,4	186612,4	65426,4	182063,2	1031,6	902	47,2	32,2	518,4	27,2	952,5	12	9	39,8
İzmir Adnan M.	87270,4	79201,8	127760,4	12286939	241352,4	162206,4	87550	310978	659,6	648	28,4	16,2	894,2	17,6	125	17,9	9	24
Antalya	166170,4	155127	320548,6	26483489	870427,8	313445,4	64130,8	178973	685,4	580,8	34,4	20	718,4	13	54	18,8	9	33,8
Mugla Dalaman	31107,8	24631,8	47680,4	4012745	145176,2	96871,2	33026,2	127501,2	350	347,6	23,2	10,4	393,2	41,2	6,15	15	9	17,2
Milas- Bodrum	32310,4	25049,2	37976,2	3724768	153362	169948,8	46239	110613	363,4	268,2	20,4	9,2	387	29,4	6,5	15	9	17,6
Adana	45255,8	37330,6	48433	5364750	81263	55999,2	6515	12195	358,8	376	22,6	6,2	345,2	4	19,488	19,1	9	19,2
Trabzon	25972,8	23457,2	33733,4	3606364	51280,2	49090,8	11325	23745	333,6	234,2	22,4	8,8	223,6	6,4	31,8	14,7	8	14
Erzurum	9078	7548,4	9462,2	1188365	14339,4	38805,2	5750	12950	278,8	191,2	33,4	8,8	201,8	16,4	1756,2	5,7	9	12
Gaziantep	18107,2	15996	22830,6	2402227	35474	48049	5799	22790	264	218,6	24,6	5,4	240,8	20	703,52	14,9	8,2	12,2
Adiyaman	1806,2	1630	1856,6	227294	2480,2	18833	6312	23011	148,2	82,6	13,6	4	105	22	674,2	17,3	7	12,4
Ağrı Ahmed-i Hani	2018,6	1680,8	2360,2	251795	2625,6	20250,8	4973,8	14506	136	71,2	25,4	6,2	99,4	8,14	1664,2	6,2	7	11,8
Amasya Merzifon	1225,8	1107,4	1286,6	155631	1781,6	10275,8	680	1200	99	64,2	14,4	5,6	92,2	14	540,8	13,8	7	8,4
Balıkesir Koca Seyit	15553,6	3119,8	2654,2	368585	4810,8	24903,8	8650	23240	169,6	125,4	12,2	5	128,4	23,8	15,5	14,6	7	7,8
Balıkesir Merkez	131	5	1,5	410	33,6	4434	150	330	60	39,4	9,4	5	19,4	5,22	103,72	14,6	6	7

Tablo 3: Karar Matrisi (Devamı I)

Havalimanları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
Batman	3323,4	2964,6	4161,4	451312	4849,6	16847,6	4716	20741	109	77,8	15	6	82,8	7	555,8	16,4	7	7,8
Bingöl	1350,6	1192,4	1507,8	162052	1657,8	12232,4	1679,6	3600	77,2	58	19	5	85,2	12	1061,6	12,1	7	8,2
Bursa Yenişehir	6974,4	1675,4	2301,8	206047	3243,2	28545	5600	12716	170,8	160,4	21	9,2	177,6	50,8	232,6	14,6	8	9,8
Çanakkale	4524,2	1311,2	1045,6	168668	1809,6	16579	1812	5280	135	98,8	15,4	5	88,6	4,6	8,118	15,1	7	7,6
Denizli Çardak	7249,8	4055,2	4737,2	561473	7396,4	23462	9260	16890	148	100,6	17,2	5	109	63,2	858,1008	16,3	7	8
Diyarbakır	13730,4	12964,2	15595,6	2002587	22835	43286	21833	55414,6	157,2	129,6	17	5	128,6	7,6	686,2	15,8	8	10,6
Elazığ	7135,2	6476,6	8855,4	989423	11216,6	23931,4	4955	16397	210,8	140,4	22,2	7	184,8	12	892	13,1	7	11,6
Erzincan	3035,6	2567	3249,4	376066	3930,8	25954	7575	27132	201,8	87,8	23,2	8	136,4	8,72	1155,9	10,9	7	12,2
Hakkari Y. Selahuddin E.	881,5	728	977,25	100741	873,25	12226,6	2515	6675	76,25	54,4	17	3	69,5	72	1858	10,4	7	6,5
Hatay	9624,4	8803	13272,4	1219735	19642,2	37022,6	10710	44315,6	164,6	105,4	15	5,2	114,6	26,8	81,4	18,3	7	9,2
Iğdır Şehit Bülent Aydın	1678,8	1496,6	2542,2	232776	2406,2	11298,4	990	3460	77	56,2	17,2	5	66,4	15,4	945	12,2	7	10,6
Isparta S. Demirel	21970,6	1284,8	2407,4	198339	4596,8	16920	2198,6	6222	175	99	16,6	5	108,6	32	864	12,2	7,6	13,2
Kahramanmaraş	2409,6	1995	2241,6	262718	2719	14740,6	540	1540	140	104,6	13,2	3	98,6	6,6	525	16,9	7	10,6
Kars Harekani	3691	3166,2	4724	500045	5335,8	23952,4	5655,6	35946	158,4	90,6	21,4	5	132,2	5,8	1674,2	4,9	7	8,6
Kastamonu	916,4	757	634	88329	1217,6	14668,8	1951	3740	89,6	61,2	18,8	7,2	77,2	11,4	1074	9,8	7	9
Kayseri	14902,6	13954,8	21790	2002737	28970,6	28446,8	6250	22000	235,8	127,2	18,6	5	109,2	5,2	1058	10,6	8,6	13
Kocaeli Cengiz Topel	1263,8	342,6	393,2	43194	622,8	9388,8	1135	2100	95,8	66,8	15,4	4,4	74,2	15	56,996	14,9	7	7,8

Tablo 3: Karar Matrisi (Devamı II)

Havaleimanları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
Konya	9106,8	7909,8	10241,4	1112214	14784,6	32878,8	7832	24175	173	168,6	23,8	8	150,4	18	1033,8	11,6	8	10,2
Malatya	6809,6	5150,8	6873	792482	8202,6	20724,4	2316	9545	171,4	120,4	18	5	86,8	31,2	861,936	13,6	8	9,8
Mardin	4500,4	4030	5613,6	614532	5754,2	23266	9042	33150	116,4	72	11,8	4,2	93,4	14,4	527,056	16,1	7	4,8
Muş	2675,6	2440,8	3537,6	385758	3590,6	13214,6	815	1503	121,8	72,6	22	5	118,2	17,8	1267	9,7	7	8,8
Kapadokya	4783,8	2316,8	2979	307301	3428,6	17645	2015	3500	187,2	107	19	5	152	30	940,626	10,7	7	9,6
Ordu-Giresun	6233	5443,75	6590,5	825365	9181,5	19657,25	8312,5	20187,5	122,25	61,8	12,25	5,5	68	24	3	14,5	7	7,5
Samsun Çarşamba	15418,8	10785,6	14053	1586038	19819,2	29367,4	4725	11500	191,2	177,4	20,6	5	184,4	24,8	5,492	14,5	8	8,6
Siirt	697,6	720	449	51716	1196	11182,4	356	598	126,8	54,8	14	4	65,8	14	610	16,1	6,2	7,6
Sinop	1332	941	1052,8	119475	1266,2	12840,6	1418	5468	91,8	53	15,6	4,4	48	7,2	9,222	14,2	6,6	7,2
Sivas Nuri Demirağ	4100,4	3636,6	4480,6	532942	5782,4	22122,2	5865	20047	122,8	102	25,2	7	140,2	22,8	1595,936	9	8	12,6
Şanlıurfa GAP	5770	5002	5739,2	753262	7839	29734	4620	12000	197,8	108,8	23,6	6	152	34,2	825	18,3	9	6,8
Sırnak Şerafettin Elçi	2612,6	2018,8	3076,6	306844	2808,2	13326,6	1575	4000	75,2	59,6	17,8	5	65	30,2	905,006	15,1	7	5,6
Tekirdağ Çorlu	26640,4	1056,6	2848	116373	4293,8	22980,6	2145	6521	161,6	126,4	22	5,6	175,4	29,4	166,2	14	7,8	14,2
Tokat	787,8	551	288,25	39009	905,4	9597,2	365	560	118,6	63,2	16,6	3	81,6	19,6	558,7	12,6	6,2	8
Uşak	1632,6	183,25	95	13488	335,6	8640	780	1460	106	62	18,6	3	99,8	7	881,264	12,5	6,2	6,2
Van Ferrit Melen	12144,8	9010	12477,8	1456942	14848,6	27307,2	3704	11631,6	194	137,2	26,4	5	139,6	7,8	1668,034	9,4	8	9,4

Yapılan literatür incelemesi sonucunda kümeleme analizlerinde genellikle verilerin WEKA programına yüklenerek kümeleme analizinin yapıldığı görülmüştür. Ancak bu çalışmada havaalanlarının kümelenmesinde kullanılan kriterlerin eşit önem seviyesine sahip olmadığı düşünülmektedir. Bundan dolayı ilk önce ENTROPI yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanarak karar matrisindeki verilerle çarpılıp daha sonra WEKA programına yüklenmiştir.

4.1.ENTROPI Yöntemi İle Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Bu bölümde Entropi yöntemi aşamaları uygulanarak kriter ağırlıklarının yer aldığı Tablo 4. aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması: Çalışmada kriter ağırlıklarının hesaplanmasında Entropi yöntemi kullanılmıştır. DHMİ' den alınan 2013-2018 yıllarına ait verilerin ortalaması alınarak karar matrisi (Tablo 3.) elde edilmiştir.

Adım 2: Fayda ve Maliyet Kriterine Göre Normalizasyon Matrisinin Oluşturulması: Karar matrisinin fayda ve maliyet kriterine göre normalizasyon işlemi için ilk olarak Eşitlik 1 ve Eşitlik 2' den yararlanılmıştır. Daha sonra her bir ilgili kriter değerinin toplamına ilgili alternatifin kriter değeri bölünerek normalizasyon işlemi yapılmıştır.

Adım 3: K Değerinin ve ENTROPI (E_j) Değerinin Hesaplanması: Bu adımda bir önceki adımda elde edilen matristeki her bir kriter değerinin logaritma değeri alınmıştır. Bu logaritma değerleri ile kriter değerleri çarpılarak bir matris elde edilmiştir.

$K = 1/\ln.n$ sabit bir sayı olmak üzere $0 \leq e_j \leq 1$ olmasını sağlamaktadır. Çalışmada $n = 49$ olduğu için $K = 1/\ln 49 = 0,25694917$ olarak hesaplanmıştır.

K değerinin hesaplanmasının ardından bir önceki matristeki her bir kriterin sütun toplamı ile K değeri Eşitlik 4' te gösterildiği gibi çarpılarak E_j değeri hesaplanmıştır.

Adım 4: d_j Değerinin Hesaplanması: E_j değeri hesaplandıktan sonra d_j değerleri Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır. Yani her bir E_j değerinden 1 çıkartılarak d_j değerine ulaşılmıştır.

Adım 5: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması: Adım 5'te kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Her bir d_j değeri toplam d_j değerine bölünerek kriter ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 4: ENTROPI Kriter Ağırlık Değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	
W _j	0,0948	0,1092	0,1565	0,1082	0,1427	0,0174	0,0716	0,0697	0,0213	
	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	Toplam
W _j	0,0298	0,0055	0,0132	0,0284	0,0161	0,0996	0,0021	0,0006	0,0133	1

Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıklar dikkate alındığında en fazla öneme sahip olan kriter yük miktarı (K3) ile satış gelirleri (K5) kriterleridir. En az öneme sahip olan kriter ise yangınla mücadele kategorisi (K18) kriteri olmuştur.

4.2. Kümeleme Analizinin Uygulanması

Karar matrisinde yer alan her bir değer Entropi yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarıyla çarpılmıştır. Ağırlıklandırılmış karar matrisi Tablo 5.' te verilmiştir.

Tablo 5: Entropi Yöntemi İle Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

Havaiimanları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
İstanbul Atatürk	43551,25	48140,77	310207,54	6727053,15	329771,41	8609,65	9710,77	25938,02	24,82	31,07	0,38	0,32	36,25	0,35	4,36	0,03	0,01	0,75
İstanbul Sabiha	20668,25	22491,32	52478,15	3176211,78	30764,55	2146,64	7077,25	13765,57	5,10	8,24	0,16	0,09	8,53	0,64	9,46	0,03	0,01	0,48
Ankara Esenboğa	10171,09	10495,98	18728,92	1487596,26	29286,09	3247,04	4684,23	12698,44	22,01	26,90	0,26	0,42	14,71	0,44	94,84	0,03	0,01	0,53
İzmir Adnan M.	8276,38	8647,01	19993,87	1329303,17	34430,25	2822,37	6268,18	21689,92	14,07	19,32	0,16	0,21	25,38	0,28	12,45	0,04	0,01	0,32
Antalya	15758,95	16936,29	50164,28	2865204,00	124171,31	5453,92	4591,47	12482,91	14,62	17,32	0,19	0,26	20,39	0,21	5,38	0,04	0,01	0,45
Muğla Dalaman	2950,14	2689,22	7461,75	434132,07	20710,18	1685,55	2364,52	8892,88	7,47	10,37	0,13	0,14	11,16	0,66	0,61	0,03	0,01	0,23
Milas- Bodrum	3064,19	2734,79	5943,09	402976,32	21877,93	2957,09	3310,50	7714,97	7,75	8,00	0,11	0,12	10,98	0,47	0,65	0,03	0,01	0,23
Adana	4291,88	4075,64	7579,53	580403,29	11592,61	974,38	466,44	850,57	7,66	11,21	0,12	0,08	9,80	0,06	1,94	0,04	0,01	0,26
Trabzon	2463,16	2560,98	5279,11	390166,46	7315,40	854,17	810,82	1656,15	7,12	6,98	0,12	0,12	6,35	0,10	3,17	0,03	0,00	0,19
Erzurum	860,92	824,11	1480,79	128567,25	2045,59	675,21	411,67	903,23	5,95	5,70	0,18	0,12	5,73	0,26	174,86	0,01	0,01	0,16
Gaziantep	1717,22	1746,39	3572,88	259892,86	5060,56	836,05	415,18	1589,54	5,63	6,52	0,14	0,07	6,83	0,32	70,05	0,03	0,00	0,16
Adıyaman	171,29	177,96	290,55	24590,55	353,81	327,69	451,91	1604,96	3,16	2,46	0,07	0,05	2,98	0,35	67,13	0,04	0,00	0,17
Ağrı Ahmed-i Hani	191,44	183,50	369,36	27241,23	374,56	352,36	356,10	1011,76	2,90	2,12	0,14	0,08	2,82	0,13	165,70	0,01	0,00	0,16
Amasya Merzifon	116,25	120,90	201,35	16837,50	254,16	178,80	48,68	83,70	2,11	1,91	0,08	0,07	2,62	0,23	53,84	0,03	0,00	0,11
Balıkesir Koca Seyit	1475,04	340,61	415,37	39876,63	686,29	433,32	619,30	1620,93	3,62	3,74	0,07	0,07	3,64	0,38	1,54	0,03	0,00	0,10
Balıkesir Merkez	12,42	0,55	0,23	44,36	4,79	77,15	10,74	23,02	1,28	1,17	0,05	0,07	0,55	0,08	10,33	0,03	0,00	0,09

Tablo 5: ENTROPI Yöntemi İle Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi (Devamı I)

Havalimanları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
Batman	315,18	323,67	651,24	48826,64	691,82	293,15	337,64	1446,63	2,33	2,32	0,08	0,08	2,35	0,11	55,34	0,03	0,00	0,10
Bingöl	128,09	130,18	235,96	17532,09	236,49	212,84	120,25	251,09	1,65	1,73	0,10	0,07	2,42	0,19	105,70	0,03	0,00	0,11
Bursa Yenişehir	661,42	182,92	360,22	22291,86	462,66	496,68	400,93	886,91	3,64	4,78	0,12	0,12	5,04	0,82	23,16	0,03	0,00	0,13
Çanakkale	429,06	143,15	163,63	18247,95	258,15	288,47	129,73	368,27	2,88	2,95	0,08	0,07	2,51	0,07	0,81	0,03	0,00	0,10
Denizli Çardak	687,54	442,73	741,35	60744,77	1055,14	408,24	662,97	1178,03	3,16	3,00	0,09	0,07	3,09	1,02	85,44	0,03	0,00	0,11
Diyarbakır	1302,14	1415,39	2440,63	216656,49	3257,54	753,17	1563,14	3865,03	3,35	3,86	0,09	0,07	3,65	0,12	68,32	0,03	0,00	0,14
Elazığ	676,67	707,10	1385,83	107044,03	1600,11	416,40	354,76	1143,65	4,50	4,19	0,12	0,09	5,25	0,19	88,81	0,03	0,00	0,15
Erzincan	287,88	280,26	508,52	40685,95	560,75	451,60	542,34	1892,39	4,31	2,62	0,13	0,11	3,87	0,14	115,09	0,02	0,00	0,16
Hakkari Y. Selahaddin E.	83,60	79,48	152,93	10898,94	124,57	212,74	180,06	465,56	1,63	1,62	0,09	0,04	1,97	1,16	184,99	0,02	0,00	0,09
Hatay	912,74	961,08	2077,07	131961,09	2802,07	644,19	766,79	3090,90	3,51	3,14	0,08	0,07	3,25	0,43	8,10	0,04	0,00	0,12
İğdir Şehit Bülent Aydın	159,21	163,39	397,84	25183,69	343,26	196,59	70,88	241,33	1,64	1,68	0,09	0,07	1,88	0,25	94,09	0,03	0,00	0,14
İsparta S. Demirel	2083,61	140,27	376,75	21457,92	655,76	294,41	157,41	433,97	3,73	2,95	0,09	0,07	3,08	0,52	86,02	0,03	0,00	0,18
Kahramanmaraş	228,52	217,81	350,80	28423,00	387,88	256,48	38,66	107,41	2,99	3,12	0,07	0,04	2,80	0,11	52,27	0,04	0,00	0,14
Kars Harakani	350,04	345,68	739,28	54099,00	761,18	416,77	404,91	2507,14	3,38	2,70	0,12	0,07	3,75	0,09	166,69	0,01	0,00	0,11
Kastamonu	86,91	82,65	99,22	9556,12	173,70	255,24	139,68	260,86	1,91	1,82	0,10	0,09	2,19	0,18	106,93	0,02	0,00	0,12
Kayseri	1413,30	1523,54	3410,03	216672,76	4132,82	494,97	447,47	1534,44	5,03	3,79	0,10	0,07	3,10	0,08	105,34	0,02	0,00	0,17
Kocaeli Cengiz Topel	119,85	37,40	61,53	4673,09	88,85	163,36	81,26	146,47	2,04	1,99	0,08	0,06	2,11	0,24	5,67	0,03	0,00	0,10

Tablo 5: ENTROPI Yöntemi İle Ağırlandırlmış Karar Matrisi (Devamı II)

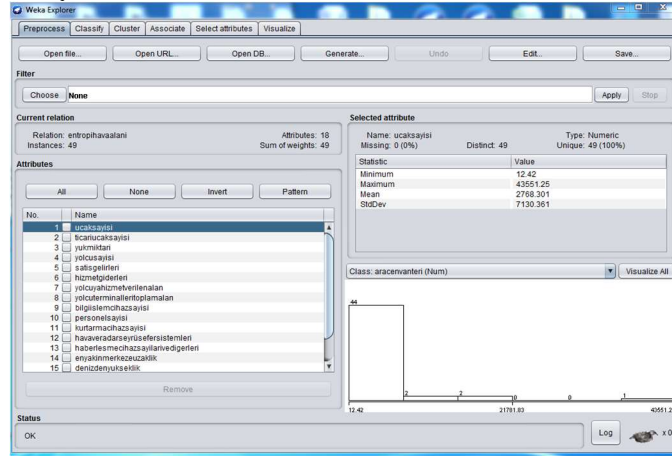
Havali manları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
Konya	863,65	863,57	1602,73	120328,58	2109,10	572,09	560,74	1686,14	3,69	5,03	0,13	0,11	4,27	0,29	102,93	0,02	0,00	0,14
Malatya	645,80	562,35	1075,59	85737,33	1170,15	360,60	165,81	665,74	3,66	3,59	0,10	0,07	2,46	0,50	85,82	0,03	0,00	0,13
Mardin	426,80	439,98	878,50	66485,14	820,87	404,83	647,37	2312,13	2,48	2,15	0,06	0,06	2,65	0,23	52,48	0,03	0,00	0,06
Muş	253,74	266,48	553,62	41734,49	512,22	229,93	58,35	104,83	2,60	2,16	0,12	0,07	3,35	0,29	126,15	0,02	0,00	0,12
Kapadokya	453,68	252,94	466,20	33246,40	489,11	307,02	144,26	244,12	3,99	3,19	0,10	0,07	4,31	0,48	93,65	0,02	0,00	0,13
Ordu-Giresun	591,11	594,33	1031,38	89294,85	1309,79	342,03	595,14	1408,03	2,61	1,84	0,07	0,07	1,93	0,39	0,30	0,03	0,00	0,10
Samsun Çarşamba	1462,26	1177,54	2199,23	171590,80	2827,32	510,99	338,29	802,10	4,08	5,29	0,11	0,07	5,23	0,40	0,55	0,03	0,00	0,11
Siirt	66,16	78,61	70,27	5595,09	170,62	194,57	25,49	41,71	2,71	1,63	0,08	0,05	1,87	0,23	60,73	0,03	0,00	0,10
Sinop	126,32	102,74	164,76	12925,82	180,63	223,43	101,52	381,38	1,96	1,58	0,09	0,06	1,36	0,12	0,92	0,03	0,00	0,10
Sivas Nuri Demirağ	388,87	397,03	701,19	57658,14	824,89	384,92	419,91	1398,23	2,62	3,04	0,14	0,09	3,98	0,37	158,90	0,02	0,00	0,17
Şanlıurfa GAP	547,20	546,10	898,16	81494,12	1118,28	517,37	330,77	836,97	4,22	3,24	0,13	0,08	4,31	0,55	82,14	0,04	0,01	0,09
Şırnak Serafettin Elçi	247,77	220,41	481,47	33196,89	400,61	231,88	112,76	278,99	1,60	1,78	0,10	0,07	1,84	0,49	90,11	0,03	0,00	0,07
Tekirdağ Çorlu	2526,47	115,36	445,70	12590,16	612,53	399,86	153,57	454,82	3,45	3,77	0,12	0,07	4,98	0,47	16,55	0,03	0,00	0,19
Tokat	74,71	60,16	45,11	4220,26	129,16	166,99	26,13	39,06	2,53	1,88	0,09	0,04	2,32	0,32	55,63	0,03	0,00	0,11
Uşak	154,83	20,01	14,87	1459,24	47,88	150,34	55,84	101,83	2,26	1,85	0,10	0,04	2,83	0,11	87,74	0,03	0,00	0,08
Van Ferit Melen	1151,77	983,68	1952,71	157624,14	2118,23	475,14	265,19	811,27	4,14	4,09	0,15	0,07	3,96	0,13	166,08	0,02	0,00	0,13
TOPLAM	43551,25	48140,77	310207,54	6727053,15	329771,41	8609,65	9710,77	25938,02	24,82	31,07	0,38	0,32	36,25	0,35	4,36	0,03	0,01	0,75

EM Algoritmasına Göre Kümelenen Havalimanlarının Borda Sayım Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Tablo 5.'teki değerler WEKA programına yüklenerek en uygun algoritmanın seçilmesi amaçlanmıştır. Yapılan analizde farklı algoritmaların denenmesi sonucunda en tutarlı sonuçları EM algoritmasının verdiği görülmüştür.

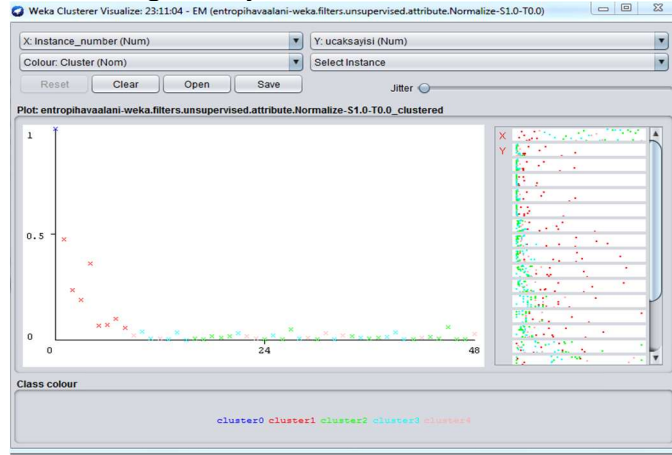
Küme sayısının belirlenmesi için genellikle $k = (n/2)^{1/2}$ eşitliğinden yararlanılmaktadır (Turanlı vd., 2006: 100). Bu çalışmada da yapılan hesaplamalara göre küme sayısı 5 olarak belirlenmiştir.

Verilerin WEKA programına yüklenmesi ile Şekil 1'deki temel analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1: WEKA Arayüzü

Şekil 1.' de gösterilen ekranda yer alan "Current Relation" başlığı altında yüklenen verinin ismi, kaç tane örneğe ve özneliğe sahip olduğu görülmektedir. Verilerden sol tarafta seçili olan öznelikle alakalı olarak minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değer bilgileri ekranın sağ tarafında yer alan "Selected Attribute" başlığı altında yer almaktadır. Seçilen kritere ait dağılım ise sağ alt köşede bulunan grafikte yer almaktadır.



Şekil 2: WEKA Sonuç Paneli

Şekil 2.'de yer alan sonuç paneline bakıldığında Cluster 1' de yer alan havalimanlarının birbirlerine olan mesafelerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Diğer kümelerde yer alan havalimanlarının birbirlerine olan mesafeleri ise daha yakındır.

WEKA programı ile yukarıda açıklanan adımlar takip edilerek yapılan kümeleme analizi sonucunda elde edilen kümeler Tablo 6.' da görülmektedir.

Tablo 6. Havalimanlarının Kümeleme Sonuçları

CLUSTER 0	CLUSTER 1	CLUSTER 2	CLUSTER 3	CLUSTER 4
İstanbul Atatürk	İstanbul Sabiha	Batman	Gaziantep	Erzurum
	Ankara Esenboğa	Bingöl	Adıyaman	Ağrı Ahmed-i Hani
	İzmir Adnan M.	Bursa Yenişehir	Amasya Merzifon	Elazığ
	Antalya	Çanakkale	Balıkesir Koca Seyit	Erzincan
	Muğla Dalaman	Denizli Çardak	Balıkesir Merkez	Kars Harakani
	Milas- Bodrum	Hakkari Y. Selahaddin E.	Diyarbakır	Kayseri
	Adana	İğdir Şehit Bülent Aydın	Hatay	Konya
	Trabzon	Isparta S. Demirel	Kahramanmaraş	Sivas Nuri Demirağ
		Kastamonu	Kocaeli Cengiz Topel	Van Ferit Melen
		Malatya	Mardin	
		Muş	Ordu-Giresun	
		Kapadokya	Samsun Çarşamba	
		Sinop	Siirt	
		Şanlıurfa GAP		
		Şırnak Şerafettin Elçi		
		Tekirdağ Çorlu		
		Tokat		
		Uşak		

4.3.BORDA Yönteminin Uygulanması

Çalışmada kümeleme analizi sonucunda elde edilen kümelerin BORDA Sayım Yöntemine göre performansları açısından sıralanması da amaçlanmıştır. Bu amaçla her bir kümede yer alan havalimanlarının her bir kriter açısından almış oldukları değerlerin ortalamasına göre Tablo 7 oluşturulmuş ve bu değerlere göre BORDA skorları verilerek BORDA Sayım Yöntemine göre nihai sıralama elde edilmiştir.

Tablo 7: BORDA Yöntemi İle Elde Edilen Sonuçlar

Küme	K1 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K2 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K3 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K4 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K5 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K6 Ortalama (Min)	Borda Skoru
0	459227	4	440943	4	1982219,2	4	62179112	4	2311662,8	4	494810,4	0
1	89159	3	80868	3	133893,0	3	12323412	3	245476,3	3	144693,1	1
2	5662	0	1952	0	2600,2	0	277985	0	3373,4	0	16749,0	4
3	6977	1	5149	1	6679,9	1	750772	1	9719,2	1	22646,7	3
4	7246	2	6217	2	8626,8	2	934503	2	11314,9	2	27072,1	2

Tablo 7: BORDA Yöntemi İle Elde Edilen Sonuçlar (Devamı-I)

Küme	K7 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K8 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K9 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K10 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K11 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K12 Ortalama (Max)	Borda Skoru
0	135634,0	4	371884,8	4	1163	4	1042	4	70	4	24	4
1	51632,9	3	142928,9	3	503	3	454	3	28	3	14	3
2	2598,4	0	6882,3	0	127	0	86	0	15	0	5	1
3	6018,8	2	18413,6	1	143	1	100	1	18	1	5	0
4	5840,0	1	20531,6	2	190	2	124	2	24	2	7	2

Tablo 7: BORDA Yöntemi İle Elde Edilen Sonuçlar (Devamı-II)

Küme	K13 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K14 Ortalama (Min)	Borda Skoru	K15 Ortalama (Min)	Borda Skoru	K16 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K17 Ortalama (Max)	Borda Skoru	K18 Ortalama (Max)	Borda Skoru	Borda Skorları Toplamı	Sıra
0	1277	4	22,0	2	1388,7	0	15,9	4	10	4	56	4	62	1
1	473	3	26,4	0	770,7	1	15,6	3	9	3	25	3	47	2
2	103	0	11,7	4	43,8	4	9,0	0	7	0	9	0	13	5
3	109	1	16,8	3	161,3	3	13,3	1	7	1	9	1	24	4
4	144	2	22,3	1	348,7	2	14,4	2	8	2	11	2	34	3

BORDA yönteminin uygulanması sırasında en son sırada yer alan kümeye 0 puanı verilirken; ilk sıradaki kümeye 4 puan verilmiştir. Verilen puanlar sonucunda en yüksek BORDA skoruna sahip olan küme en iyi performansı gösteren küme olarak belirlenmiştir. Cluster 0 mevcut 18 kriterden 15 tanesinde en iyi puanı alarak toplamda 62 puanla ilk sırada yer almıştır. En son sırada bulunan Cluster 2 ise 18 kriterden 14' ünde en düşük puanı alarak toplamda 13 puan ile son sırada yer almıştır.

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada 49 havalimanı WEKA programında EM algoritması uygulanarak kümeleme analizi yapılarak kümelere ayrılmıştır. Analiz sonucunda 5 küme meydana gelmiştir. Oluşturulan kümeler BORDA Sayım yöntemiyle puanlanmıştır.

Çalışmada Türkiye' de yer alan 55 havalimanından eksiksiz veriye sahip 49 havalimanına yer verilmiştir. Tablo 8.'de yer alan havalimanlarının kümeleme sonuçlarına bakıldığında Cluster 0' daki İstanbul Atatürk Havalimanı uçak sayısı, ticari uçak sayısı, yolcu sayısı, satış gelirleri, yolcuya hizmet verilen alan, yolcu terminalleri toplam alan, bilgi işlem cihaz sayısı, personel sayısı, kurtarma cihaz sayısı, hava ve radar seyrüsefer sistemleri, haberleşme ve telsiz cihazları, en yakın merkeze uzaklık, denizden yükseklik ve araç envanteri kriterleri açısından diğer kümelere ayrılmaktadır. Cluster 1'deki havalimanlarının tamamı büyükşehirlerde yer alan havalimanlarını kapsamaktadır. Cluster 3 ve Cluster 4' te yer alan havalimanları Cluster 0 ve Cluster 1' e göre fazla aktif olmayan havalimanlarıdır. Son olarak Cluster 2' deki havalimanları ise hizmet giderleri, hava ve seyrüsefer sistemleri, en yakın merkeze uzaklık ve denizden yükseklik kriterleri bakımından üst sıralarda yer alsa da diğer kriterlere bakıldığında alt sıralarda olduğu görülmektedir. Bu yüzden Cluster 2 en az aktif küme konumundadır. Bu sonuçlara bakıldığında çalışmanın kısmen güvenilirliğini test etmek ve kümelerin performanslarını değerlendirmek amacıyla BORDA Sayım yöntemi uygulanmıştır. BORDA Sayım yönteminden elde edilen sonuçlara bakıldığında "Cluster 0" toplam 62 skorla ilk sırada yer alırken; "Cluster 1" toplam 47 skorla ikinci, "Cluster 4" toplam 34 skorla üçüncü, "Cluster 3" toplam 24 skorla dördüncü ve son olarak "Cluster 2" toplam 13 puanla beşinci sırada yer almıştır. BORDA Sayım yönteminin sonuçları, WEKA programı ile yapılan Kümeleme analizinin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların tutarlılık gösterdiği görülmüştür.

Kaynaklar

- Adikariwattage, V., Barros, A.G., Wirasinghe S.C. ve Ruwanpura J. (2012), Airport Classification Criteria Based On Passenger Characteristics and Terminal Size. *Journal of Air Transport Management*, 24, 36-41. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969699712000944>
- Alptekin, N. ve Yeşilaydın, G. (2015), OECD Ülkelerinin Sağlık Göstergelerine Göre Bulanık Kümeleme Analizi İle Sınıflandırılması. *Journal Of Business*

EM Algoritmasına Göre Kümelenen Havalimanlarının Borda Sayım Yöntemi İle Değerlendirilmesi

- Research Turk*, 7(4), 137-155. Retrieved from https://www.isarder.org/2015/vol.7_issue.4_article07_full_text.pdf
- Alzand, H. R. A. ve Karacan, H. (2014), Bölümleyici Kümeleme Algoritmalarının Farklı Veri Yoğunluklarında Karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(1), 56-62. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/236098>
- Anderberg, M. R. (1973), *Cluster Analysis for Applications*, New York: Academic Press.
- Barreto, S., Ferreira, C., Paixao, J. ve Santos, B.S. (2007), Using Clustering Analysis in a Capacitated Location-Routing Problem. *European Journal of Operational Research*, 179, 968-977. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221706000786>
- Bano, S. ve Khan, M. N. A. (2018), A Survey of Data Clustering Methods. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 113, 133-142.
- Baygöl, A. (2007), Kayıp Veri Analizinde Sıklıkla Kullanılan Etkin Yöntemlerin Değerlendirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Borah, B. ve Bhattacharyya, D.K. (2004), An Improved Sampling-Based DBSCAN for Large Spatial Databases. *In Proceedings of International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing*, 92-96. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/1287631>
- Bruzzone, L. ve Prieto, D. F. (2002), An Adaptive Semiparametric and Context-Based Approach to Unsupervised Change Detection in Multitemporal Remote-Sensing Images. *IEEE Transactions on Image Processing*, 11(4), 452-466. Retrieved from <http://eprints.biblio.unitn.it/113/1/30.pdf>
- Çakmak, Z. (1999), Kümeleme Analizinde Geçerlilik Problemi ve Kümeleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3, 187-205. Retrieved from https://birimler.dpu.edu.tr/app/views/panel/ckfinder/userfiles/17/files/DERG_3/187-206.pdf
- Çelik, H.C. ve Kahyaoğlu, M. (2007), İlköğretim Öğretmen Adaylarının Teknolojiye Yönelik Tutumlarının Kümeleme Analizi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(4), 571-586. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/256330>
- Çelik, Ş. (2013), Kümeleme Analizi İle Sağlık Göstergelerine Göre Türkiye'deki İllerin Sınıflandırılması. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 14(2), 175-194.
- Doğan, N. ve Başokçu, T.O. (2010), İstatistik Tutum Ölçeği İçin Uygulanan Faktör Analizi ve Aşamalı Kümeleme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 1(2), 65-71. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/65985>
- Ersöz, F. (2009), OECD'ye Üye Ülkelerin Seçilmiş Sağlık Göstergelerinin Kümeleme ve Ayırma Analizi ile Karşılaştırılması. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 29(6), 1650-1659.
- Ester M., Kriegel H., Sander J., ve Xu X. (1996), A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases With Noise. In Proc. 2nd Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'96), 226-231.

- Gökdalay, M. H. ve Evren, G. (2009), Havaalanlarının Performans Analizinde Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yaklaşımı. *İTÜ Dergisi*, 8(6), 157-168. Retrieved from <https://docplayer.biz.tr/54458682-Havaalanlarinin-performans-analizinde-bulanik-cok-olcutlu-karar-verme-yaklasimi.html>
- Han, J. ve Kamber, M. (2006), *Data Mining: Concept and Techniques*, USA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Henry, D.B., Tolan, P.H, Gorman-Smith, D. (2005), Cluster Analysis in Family Psychology Research. *Journal of Family Psychology*, 19(1), 121-132. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15796658>
- Ho, T. K.,Hull, J.J. ve Srihari, S.N. (1992), On Multiple Classifier Systems for Pattern Recognition. *IEEE Int. Conference on Pattern Recognition (ICPR)*,1-5.
- Jiang, D., Tang, C. ve Zhang, A. (2004), Cluster Analysis for Gene Expression Data: A Survey. *IEEE Transactions On Knowledge and Data Engineering*. 16(11), 1370-1386. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/1339264>
- Karami, A. ve Johansson R. (2014), Utilization of Multi Attribute Decision Making Techniques to Integrate Automatic and Manual Ranking of Options. *Journal of Information Science and Engineering*, 30, 519-534. Retrieved from <http://his.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1190675&dswid=1195>
- Lansdowne Z.F. ve Woodward B.S. (1996), Applying the Borda Ranking Method. Air Force. *Journal of Logistics*, 20(2), 27-29. Retrieved from <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a319245.pdf#page=29>
- Malighetti, P., Paleari S. ve Redondi R. (2009), Airport Classification and Functionality Within The European Network. *Problems and Perspectives in Management*, 7, 183-196.
- 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. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/download/article-file/193944>
- Servi, T. (2009), Çok Değişkenli Karma Dağılım Modeline Dayalı Kümeleme Analizi, (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Suman ve Rani, P. (2017), A Survey on STING and CLIQUE Grid Based Clustering Methods. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5), 1510-1512. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/5be9b2f42d0417ecb52a9e4b4016bfbc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1606379>
- Tekbir, M. (2009), Aykırı Değer Tespitinde Yoğunluk Tabanlı Kümeleme Yöntemleri, (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tiryaki, S., Aydın, A. ve Üçüncü, K. (2015), Türkiye Mobilya Sektörünün Avrupa Birliği Sürecinde Dış Ticaret Durumunun Kümeleme Analizi İle İncelenmesi. *Selçuk Teknik Dergisi*, Özel Sayı-1 (UMK-2015), 938-949. Retrieved from <http://sutod.selcuk.edu.tr/sutod/article/view/270/239>

- Tola, V., Lillo, F., Gallegati, M. ve Mantegna, R.N. (2008), Cluster Analysis For Portfolio Optimization. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32, 235-258. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/physics/0507006.pdf>
- Top, E. D., Yapıcı, N. ve Çetinkaya, Ç. (2018), Comparison of Fatal Occupational Accidents Statistics in Turkey with Some European Countries. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(6), 107-119. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Nil_Yapici/publication/325269853_Comparison_of_Fatal_Occupational_Accidents_Statistics_in_Turkey_with_Some_European_Countries/links/5bdb090892851c6b279e4c5b/Comparison-of-Fatal-Occupational-Accidents-Statistics-in-Turkey-with-Some-European-Countries.pdf
- Turan, F. ve Turan, S. K. (2008), Havaalanlarının Sosyal Etkileri: Sabiha Gökçen Havaalanı Örneği. *Anlara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 5. Ulusal Coğrafya Sempozyumu*, 161-166.
- Turanlı, M., Özden, Ü.H. ve Türedi, S. (2006), Avrupa Birliği'ne Aday ve Üye Ülkelerin Ekonomik Benzerliklerinin Kümeleme Analiziyle İncelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(9), 95-108. Retrieved from <http://acikerisim.ticaret.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11467/891/M01135.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, T. C. ve Lee, H. D. (2009), Developing a Fuzzy TOPSIS Approach Based on Subjective Weights and Objective Weights. *Expert Systems with Applications*, 36, 8980-8985. Retrieved from <http://ir.lib.kuas.edu.tw/bitstream/987654321/13826/2/Developing+a+fuzzy+TOPSIS+approach+based+on+subjective.pdf>
- Wu, W. W. (2011), Beyond Travel & Tourism competitiveness ranking using DEA, GST, ANN and Borda Count. *Expert Systems with Applications*, 38, 12974-12982. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411006233>
- Yalçın, S. ve Ayyıldız, E. (2018), Analysis of Airports Using Clustering Methods: Case Study In Turkey. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 5(3), 194-205. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/551606>
- Ye, Q., Gao, W. ve Zeng W. (2003), Color Image Segmentation Using Density-Based Clustering. *In Proc. Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing*, Hong Kong, 345-348.
- Zhang, H., Gu, C. L., Gu, L. W. ve Zhang, Y. (2011), The Evaluation of Tourism Destination Competitiveness By Topsis & Information Entropy—A Case In The Yangtze River Delta of China. *Tourism Management*, 32(2), 443-451. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261517710000415>