

Türkiye ve AB üyesi ülkelerin e-devlet performanslarına göre kümelmesi: SD tabanlı SAW yöntemiyle değerlendirilmesi

Clustering Türkiye and EU Member states according to their e-government performance: Evaluation with SD-based SAW method

Hande Eren¹ 

Emel Gelmez² 

Öz

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kapadokya Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye, hande.eren@kapadokya.edu.tr

ORCID: 0000-0002-9166-5037

² Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, emelgelmez@selcuk.edu.tr

ORCID: 0000-0002-8774-607X

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Hande Eren,

Kapadokya Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye, hande.eren@kapadokya.edu.tr

Teknolojinin gelişimi ile birlikte hükümetlerin ya da devletlerin vatandaşlara hizmet sunumlarında önemli dönüşümler meydana gelmiştir. Bu süreçte ülkelerin e-devlet uygulamalarının etkin bir şekilde belirlenmesi önemli bir konu olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda bu çalışmanın temel amacı Türkiye ve Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerin e-devlet performanslarının Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanılarak belirlenmesidir. Bu temel amaç doğrultusunda çalışmada E-Devlet Gelişmişlik İndeksi'nden (EGDI) yararlanılmıştır. Bu kapsamda çevrim içi hizmet indeksi, beşerî sermaye indeksi ve telekomünikasyon altyapı indeksi olmak üzere üç kriter kullanılmıştır. Ülkelerin e-devlet performanslarının belirlenmesi amacı ile ilk olarak kümeleme analizi yapılmıştır. Kümeleme analizinin uygulanmasında WEKA programından faydalanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Türkiye ve AB üyesi 28 ülkenin e-devlet performansı açısından 4 kümeye ayrıldığı tespit edilmiştir. Uygulanan algoritmalar arasında en tutarlı sonuçlar EM algoritmasından elde edilmiş olup; EM algoritmasının sonuçlarına göre elde edilen her bir küme için kriter ortalamaları hesaplanarak üç kriter ve 4 alternatif (küme) ile yeni bir karar matrisi elde edilmiştir. Elde edilen bu yeni karar matrisi için kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD (Standart Deviation) yönteminden faydalanılmıştır. SD yönteminin uygulanması ile önem derecesi en yüksek kriter çevrim içi hizmet indeksi olarak belirlenmiştir. Ardından kümeler kendi arasında SAW (Simple Additive Weighting) yöntemi ile sıralanmıştır. SAW yönteminin sonuçlarına göre ise e-devlet performansı açısından Küme 1'in en iyi performansa sahip olduğu; Küme 1'i sırasıyla Küme 0, Küme 3 ve Küme 2'nin takip ettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: E-Devlet Performansı, Kümeleme Analizi, SD Yöntemi, SAW Yöntemi

Jel Kodları: C1, C44, H83

Abstract

With the development of technology, significant transformations have occurred in providing services to citizens by governments or states. In this process, the practical determination of the countries' e-government practices can be considered an important issue. In this context, the primary purpose of this study is to determine the e-government performances of Türkiye and the European Union (EU) countries by utilising Multi Criteria Decision Making (MCDM) methods. The study employed the E-government Development Index (EGDI) to align with its primary purpose. In this context, three criteria were used: *online service index*, *human capital index* and *telecommunication infrastructure index*. In order to determine the e-government performance of the countries, cluster analysis was first performed. WEKA program was used to implement the cluster analysis. As a result of the analyses, it was determined that Türkiye and 28 EU member countries were divided into 4 clusters in terms of e-government performance. The most consistent results among the applied algorithms were obtained from the EM algorithm. According to the results of the EM algorithm, the criteria averages were calculated for each cluster, and a new decision matrix was obtained with three criteria and four alternatives (clusters). The SD (Standard Deviation) method weighed the criteria for this new decision matrix. Applying the SD method, the criterion with the highest importance level was determined as the *online service index*. Then, the clusters were ranked among themselves with the SAW (Simple Additive Weighting) method. According to the results of the SAW method, it was determined that Cluster 1 had the best performance in terms of e-government performance; Cluster 1 was followed by Cluster 0, Cluster 3 and Cluster 2, respectively.

Keywords: E-Government Performance, Clustering Analysis, SD Method, SAW Method

Jel Codes: C1, C44, H83

Atf/Citation: Eren, H., & Gelmez, E., Türkiye ve AB üyesi ülkelerin e-devlet performanslarına göre kümelmesi: SD tabanlı SAW yöntemiyle değerlendirilmesi, *bmij* (2024) 12 (4): 838-854 doi: <https://doi.org/10.15295/bmij.v12i4.2440>

Extended Abstract

Clustering Türkiye and EU Member states according to their e-government performance: Evaluation with SD-based SAW method

Literature

The literature shows limited studies evaluating e-government performance using Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. Some of these studies can be summarised as follows: In the study conducted by Lněnička (2015), the components of the E-Government Development Index, presented by the United Nations every two years since 2003, were used. The effects of the economic downturn and global recession on the European Union member states between 2008 and 2014 were examined in terms of the index. The study considered factors contributing to e-government implementation, such as unemployment or inflation rate, using the K-Means Clustering Algorithm and Hierarchical Cluster Analysis. A clustering technique was proposed by Jacob et al. (2017) in order to determine the performance expectations of e-government users in the study. The data were obtained from surveys conducted on people who had problems using e-government services in Bandung, Indonesia. As a result of the study, helpful information was provided to decision-makers in creating policies for their people. In addition, suggestions were made on designing and developing e-government systems to improve public services potentially. Vavrek and Ardielli (2018) evaluated the e-government performance development in EU member states in 2013. Data sets from various organisations (European Commission, Eurostat and the United Nations) were used in this context. The study analysis used the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) method. Altıntaş (2022) examined the e-government performances of G20 countries using the 2020 data using SD and COPRAS (Complex Proportional Assessment) methods. As a result of the analysis, the first three countries with the highest e-government performance according to the COPRAS method are South Korea, the United Kingdom and Australia. In addition, the first three countries with the lowest e-government performance were determined to be India, Indonesia, and South Africa. In addition to these analyses, the average e-government performances of the countries were measured. In addition, within the scope of the study, it was evaluated that SD and COPRAS could explain the EGDI according to sensitivity, discrimination and correlation analysis in terms of method. Using the United Nations E-Government Development Survey (2020), Yıldırım (2022) compared national and local e-government development levels with comparative country examples; it examined whether the development at the central level caused a significant difference in local e-government development. According to the study, it was concluded that the national telecommunication infrastructure and human capital are the main determinants of local e-government. Tiika, Tang, Azaare, Dagadu and Otoo (2024) examined e-government development across African Union member states. Focusing on Ghana as a case study, the role of e-government in public administration and governance reform is explored. A mixed method was used in the study. In this context, secondary data of fundamental e-government indicators were analysed using the TOPSIS method.

Research subject

The subject of this study is evaluating the e-government performance of Türkiye and EU Member States.

Research purpose and importance

The e-government structure can be expressed as the meeting of state services and technology in the common denominator of information. This denominator (information) offers countries a chance to compete to the extent that it is converted into value by being used effectively and quickly in the 21st century when social development and competition between countries come to the fore. In this context, evaluating the e-government performances of countries is important, and the primary purpose of this study is to determine the e-government performances of Türkiye and the European Union countries.

Contribution of the article to the literature

Very few studies exist where SD and SAW methods are used together. It is thought that using these two methods together in this study will contribute to the literature.

The contributions of the study to the literature can be summarised as follows:

- Especially in the domestic literature, a limited number of academic studies have been conducted on evaluating e-government performances in countries.
- A limited number of studies using data from EGDI components have been found in the literature.
- No study has been found in the literature where cluster analysis and MCDM methods have been used together to analyse the e-government performances of countries.

Design and method

Within the scope of the study, EU member countries and Türkiye were first divided into clusters regarding e-government performance. WEKA program was used to cluster the countries. After cluster analysis, MCDM techniques were used to determine the countries' performances. The application of MCDM methods has great potential, especially in cases where it is necessary to choose a suitable option among various alternatives. MCDM problems are commonly encountered daily and affect decision-making in private and public sectors (Ardielli, 2016). Since clustering algorithms include more than one criterion, these algorithms can be integrated with MCDM methods. In this context, the E-Government Development Index (2022) components were used to determine the e-government performances of the countries. First, 28 countries, including 27 EU countries and Türkiye, were divided into clusters with cluster analysis. A new decision matrix consisting of 4 alternatives (clusters) and three criteria was created by taking the criteria averages of each cluster obtained. In the new decision matrix, the SD weighting method was used to weight the criteria, and the SAW method was used to rank the alternatives (clusters). The rankings obtained from the EGDI (2022) index and the SAW method were also compared in the study.

Findings and discussion

The study obtained a decision matrix with 28 countries (alternative) and three criteria in line with the data obtained from the EGDI components. After the decision matrix was created, EM, Canopy, K-Means, X Means, and Farthest First algorithms were applied, which gave successful results in using numerical data. As a result of this application, the EM algorithm gave the most

consistent results. To determine the number of clusters, the equation $k = \left(\frac{n}{2}\right)^{1/2}$, which is frequently used in cluster analysis studies (Wolkind and Everitt, 1974), and the number of clusters was determined as four as a result of the calculation.

Fundamental statistical analyses were performed after the data was loaded into the WEKA program. Then, the percentages and number of countries obtained for each cluster were determined by applying the EM algorithm. According to this result, 28 countries were divided into 4 clusters with the EM algorithm; 8 of them (29%) were assigned to Cluster 0, 5 of them (18%) were assigned to Cluster 1, 8 of them (29%) were assigned to Cluster 2, and 7 of them (25%) were assigned to Cluster 3. As a result of the analysis, Germany, Austria, France, Spain, Cyprus, Lithuania, Luxembourg, and Malta are in Cluster 0; Cluster 1 includes Denmark, Estonia, Finland, Netherlands, and Sweden. It has been determined that Cluster 2 includes Bulgaria, Croatia, Italy, Hungary, Portugal, Romania, Slovakia, and Türkiye, and Cluster 4 includes Belgium, the Czech Republic, Ireland, Latvia, Poland, Slovenia, and Greece.

SD method was used to weight the criteria for the new decision matrix obtained due to the cluster analysis. Before moving on to the implementation steps, the benefit and cost aspects of the criteria were first examined. In line with the purpose of the study, it was decided that all criteria should be beneficial. As a result of the analysis, it was concluded that the criterion with the highest importance among the online service index, human capital index and telecommunication infrastructure index criteria is the online service index criterion. In the study, after determining the criterion weights with the SD method, the 4 clusters obtained by cluster analysis were ranked with the SAW method. According to the results of the SAW method, the cluster with the best e-government performance was Cluster 1. Cluster 1 was followed by Cluster 0, Cluster 3 and Cluster 2, respectively. Finally, the results obtained within the scope of the study were evaluated.

Conclusion, recommendation and limitations

Expressions such as the information age and e-government, which we encounter in every field, have also begun to affect countries' governance. This study aims to determine the e-government performance of Türkiye and the European Union countries. According to the EGDI ranking, it can be said that Türkiye, which ranks 48th out of 193 countries, has a dynamic character in terms of e-government performance, and although it sometimes experiences breaks, it is approaching countries that have reached the highest level in e-government performance. According to the results obtained from the study, Türkiye has fallen behind high-income countries in terms of telecommunications infrastructure. For Türkiye to close this gap, it should focus on infrastructure investments, take its education policies to higher levels, and ensure that it uses the latest technologies for the proper purposes. Türkiye competes with many developed countries, especially regarding online service and human capital index criteria.

In line with the results obtained from the study, countries in Cluster 2, in particular, need to determine the aspects in which they are deficient or weak in terms of e-government performance. At the same time, policies and elements highlighting countries with good e-government performance and enabling them to rank at the top should be identified, and action taken in this direction. It is thought that the results obtained from this research will contribute to the literature. In this context, e-government performances can be evaluated in different country groups in the studies to be planned. Similarities and differences can be revealed with the studies in the literature by using different weighting methods and different MCDM methods in terms of method. Besides, more countries can be subjected to cluster analysis regarding e-government performance using different clustering algorithms. In addition, analyses can be made by using fuzzy MCDM methods.

Giriş

Dijital teknolojiler küresel ölçekte bütün faaliyetlerde temel dönüşüm kaynağı olarak hizmet sunmaktadır. 1990'lı yılların sonunda ortaya çıkan ve etkisini tüm alanlarda hissettiren teknolojik değişim ile birlikte hizmetlerin internet üzerinden sunumu hükümetlerin işleyişinde önemli bir dönüşüm meydana getirmiştir. Günümüzde modern Bilgi ve İletişim Teknolojileri'nin (BİT) hızlı gelişimi, hükümetler de dahil olmak üzere modern yaşamın tüm yönleri üzerinde geniş kapsamlı etkilere sahip olmuştur (Kahraman, Demirel ve Demirel, 2007). Nitekim, BİT; özellikle özel kuruluşlarda önemli ölçüde uygulanmakta olup, vatandaş ve hükümetler arasındaki etkileşimin geliştirilmesi amacıyla çevrim içi devlet hizmetleri hükümetler tarafından sunulmaktadır (Abdel-Basset, Zhou, Mohamed ve Chang, 2018).

Elektronik devlet ya da e-devlet; vatandaşların taleplerinin karşılanması için kamu kuruluşlarında BİT'in kullanılmasıyla ilgilidir (Deng, Karunasena ve Xu, 2018). Bir başka ifadeyle e-devlet; vatandaşlara ve işletmelere internet üzerinden yerel, ulusal veya uluslararası düzeyde dijital hizmetler sağlamak için hükümetler tarafından BİT'in kullanılmasıdır (Siskos, Askounis ve Psarras, 2014).

E-devletin amaçları; bilginin paylaşılması, kaliteli hizmetlerin minimum maliyetle sunulması, vatandaşlar, işletmeler ve kamu çalışanları ile etkileşimin geliştirilmesi ve sistemin şeffaf ve güvenilir hale getirilmesi şeklinde ifade edilebilmektedir (Gupta, Bhaskar ve Singh, 2016). Bu bağlamda e-devletin kamu hizmetlerinin verimli, etkili, etkin ve esnek sunulması gibi çeşitli faydalarından bahsedilebilmektedir. Ayrıca, e-devlet ekonomik, siyasal ve toplumsal değişimlere kamu yönetiminin uygun hale gelmesini sağlamaktadır (Yıldırım, 2022).

E-devletin yapısı devlet hizmetleri ve teknolojinin bilgi ortak paydasında buluşması şeklinde ifade edilebilmektedir. Bu payda (bilgi), toplumsal gelişme ve ülkeler arası rekabetin ön plana çıktığı 21. yüzyılda; etkin ve hızlı bir şekilde kullanılması ile değere dönüştürüldüğü ölçüde ülkelere rekabet şansı sunmaktadır (Alır, Soydal ve Öztürk, 2007). Bu bağlamda ülkelerin e-devlet performanslarının değerlendirilmesi önem arz etmekte olup bu çalışmanın temel amacı Türkiye ve AB¹ üye ülkelerinin e-devlet performanslarının belirlenmesidir. AB üyesi ülkelerin çalışmaya dahil edilmesinin sebebi ise e-devletin, Avrupa Birliği'nde hem AB'nin yönetim organları hem de bireysel üye devletler tarafından öncelik verilen alanlardan biri olmasıdır (Vavrek ve Ardielli, 2018). E-devlet performansı açısından son zamanlarda daha iyi seviyelere gelen Türkiye'nin de AB üyesi ülkelerle bu bağlamda karşılaştırılmasının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

ÇKKV yöntemlerinin uygulanması, özellikle çeşitli alternatifler arasından uygun bir seçeneğin seçilmesinin gerekli olduğu durumlarda büyük bir potansiyele sahiptir. ÇKKV problemleri günlük yaşamda yaygın olarak karşımıza çıkmakta olup hem özel sektör hem de kamu sektöründe karar vermeyi etkilemektedir (Ardielli, 2016). Kümeleme algoritmaları ise birden fazla kriter içerdiğinden, bu algoritmalar ÇKKV yöntemleri ile entegre edilebilmektedir. Bu kapsamda ülkelerin e-devlet performanslarının belirlenmesinde EGDI (2022) bileşenlerinden yararlanılmıştır. Ülkelerin kümeleneğinde WEKA programı kullanılarak öncelikle 27 AB üyesi ülke ve Türkiye olmak üzere toplam 28 ülke kümeleme analizi ile kümeler ayrıştırılmıştır. Elde edilen her bir kümeye ait kriter ortalamaları alınarak 4 alternatif (küme) ve üç kriterden oluşan yeni bir karar matrisi oluşturulmuştur. Yeni karar matrisinde kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD ağırlıklandırma yöntemi kullanılmış, alternatiflerin (kümelerin) sıralanmasında ise SAW yönteminden faydalanılmıştır. Çalışmada aynı zamanda EGDI (2022) indeksi ile SAW yönteminden elde edilen sıralamalar karşılaştırılmıştır.

Literatürde ÇKKV yöntemlerinden SD ve SAW yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çok az sayıda çalışma mevcuttur. SD yöntemi kriter ağırlıklarının objektif olarak hesaplanmasına imkân sağlayan ve karmaşık problemlerin çözümü için uygulanan bir ağırlıklandırma yöntemidir (Almahdi vd., 2019). SAW yöntemi ile de mevcut değerler, ağırlıklar ve kriterlere uygun olarak iyi bir performans değerlendirmesi yapılması ve elde edilen sonuçların objektif ve kesin olması beklenmektedir (Amalia ve Alita, 2023). Bu açıklamalar ışığında literatürel boşluk ve çalışmanın katkıları şu şekilde özetlenebilir:

- Özellikle yerli literatürde ülkelerin e-devlet performanslarının değerlendirilmesi konusunda yapılmış sınırlı sayıda akademik çalışmaya rastlanmıştır.
- Literatürde EGDI bileşenlerine ait verilerin ÇKKV yöntemleriyle analiz edildiği sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır.
- Kümeleme analizi ve ÇKKV yöntemlerinin birlikte kullanılarak ülkelerin e-devlet performanslarının

¹ AB üyesi ülkeleri https://www.ab.gov.tr/_233.html adresinden elde edilmiştir.

analiz edildiği herhangi bir çalışma ile karşılaşılmamıştır.

Yukarıdaki açıklamalardan hareketle çalışma kapsamında öncelikle literatür incelemesine yer verilmiştir. Akabinde EGDI hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu bilgilerden hareketle araştırmanın metodolojisi ve bulgularına yer verilerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Literatür incelemesi

Ülkelerin e-devlet performansları çeşitli çalışmaların konusunu oluşturmaktadır. Bu konu ile ilgili ÇKKV yöntemlerinden faydalanılarak yapılan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir.

Lněnička (2015) çalışmasında Birleşmiş Milletlerin 2003 yılından bu yana iki yılda bir sunduğu EGDI bileşenlerini kullanmıştır. 2008 ve 2014 yılları arasında ekonomik gerileme ve küresel durgunluğun AB üyesi ülkelere etkileri söz konusu indeks açısından incelenmiştir. Çalışmada K-Ortalamalar Kümeleme Algoritması ve Hiyerarşik Kümeleme Analizi kullanılarak işsizlik veya enflasyon oranı gibi e-devlet uygulamasına katkıda bulunan faktörler dikkate alınmıştır.

Jacob vd. (2017) tarafından e-devlet kullanıcılarının performans beklentilerinin belirlenmesi amacıyla bir kümeleme tekniği önerilmiştir. Veriler, Endonezya'nın Bandung şehrinde e-devlet hizmetlerinin kullanımında problem yaşayan kişilere yapılan anketlerden elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda karar vericilere kendi halkıyla ilgili politika oluşturmaları konusunda faydalı bilgiler sunulmuştur. Ayrıca potansiyel olarak kamu hizmetlerinin iyileştirilmesinde e-devlet sisteminin nasıl tasarlanıp geliştirileceğine dair önerilerde bulunulmuştur.

Vavrek ve Ardielli (2018) tarafından AB üyesi ülkelerin 2013 yılı e-devlet performans gelişimi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çeşitli kuruluşlardan (Avrupa Komisyonu, Eurostat ve Birleşmiş Milletler) elde edilen veri setinden faydalanılmıştır. Çalışmada analizlerin yapılmasında TOPSIS yönteminden faydalanılmıştır.

Altıntaş (2022) tarafından G20 ülkelerinin e-devlet performansları 2020 yılı verileri kullanılarak ÇKKV yöntemlerinden SD ve COPRAS yöntemleri ile incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda COPRAS yöntemine göre e-devlet performansı en yüksek olan ilk üç ülke Güney Kore, İngiltere ve Avustralya olarak belirlenmiştir. E-devlet performansı açısından son sırada yer alan ülkeler ise Hindistan, Endonezya ve Güney Afrika olarak ortaya çıkmıştır. Bu analizlere ilaveten ülkelerin ortalama e-devlet performansları ölçülmüştür. Ayrıca çalışma kapsamında yöntem açısından duyarlılık, ayırım ve korelasyon analizine göre SD ve COPRAS'ın EGDI'yı açıklayabileceği değerlendirilmiştir.

Yıldırım (2022) tarafından yürütülen çalışmada Birleşmiş Milletler E-Devlet Gelişim Anketi (2020)'nden faydalanılarak karşılaştırmalı ülke örnekleri ile ulusal ve yerel e-devlet gelişim düzeyleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma ile yerel e-devlet gelişimi üzerinde merkezi düzeydeki gelişmişliğin anlamlı bir farklılaşmaya neden olup olmadığı irdelenmiştir. Çalışma kapsamında ulusal telekomünikasyon alt yapısının ve beşerî sermayenin yerel e-devletinde temel belirleyici kriterler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tiika vd. (2024) tarafından Afrika Birliği üye ülkeleri genelinde e-devlet gelişimi incelenmiştir. Bir vaka çalışması olarak Gana'ya odaklanılmış; e-devletin kamu yönetimi ve yönetim reformundaki rolü araştırılmıştır. Çalışmada karma yöntem kullanılmıştır. Bu kapsamda temel e-devlet göstergelerinin ikincil verileri TOPSIS yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında ülkelerin e-devlet performansların belirlenmesinde kümeleme analizi yapılarak; SD ve SAW yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bu bağlamda öncelikle kümeleme analizi ile ilgili yapılan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenmiştir.

Jung, Kang ve Heo (2014) tarafından lojistik regresyon analizi uygulanarak K-ortalamalar ve EM kümeleme yöntemlerinin sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu ve yöntemlerin hızları karşılaştırılmıştır. WEKA programının kullanıldığı çalışmada şeker içeriği ve asitliği, çeşitli bileşenlerin konsantrasyonu, alkol konsantrasyonu gibi kriterler açısından kırmızı şarap kalitesinin değerlendirilmesi için veri setlerine iki yöntem uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda en yüksek doğruluk (%94'ün üzerinde) K-ortalamalar algoritması ile elde edilmiştir. Aynı zamanda çalışmada bu algoritmanın EM algoritmasından daha fazla zaman alan bir algoritma olduğu tespit edilmiştir.

Kou, Peng ve Wang (2014) tarafından finansal risk analizi alanında sıklıkla kullanılan kümeleme algoritmalarını sıralamak için ÇKKV tabanlı bir yaklaşım sunulmuştur. Bu amaç doğrultusunda üç ÇKKV yöntemi, altı kümeleme algoritması kullanılarak deneysel bir çalışma tasarlanmıştır. Sonuçlar, kümeleme algoritmalarının değerlendirilmesinde ÇKKV yöntemlerinin tutarlı ve doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Demircioğlu ve Eşiyok (2020) tarafından COVID-19 salgınının sonuçları ülkeler bağlamında incelenmiştir. Bu doğrultuda, OECD ve AB üyesi 36 ülkenin son dönem sağlık verileri değerlendirilerek benzerlik gösteren ülkeler tespit edilmiş ve Türkiye'nin bu ülkeler içerisindeki yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Verilerin analizinde K-ortalamlar yöntemi kullanılarak değerler WEKA yazılımı ile çözümlenmiştir. K-ortalamlar yöntemine göre ülkelerin ikili, üçlü ve dörtlü kümeler ayrıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Karaatlı, Karataş ve Ömürbek (2020) tarafından yapılan çalışmada İnsani Özgürlük İndeksi'ne (2018) ait kişisel özgürlük ve ekonomik özgürlük kriterleri dikkate alınarak, birbirine en çok benzeyen ülkeler kümelene çalışılmıştır. Kriter ağırlıklarının hesaplanmasında Entropi yönteminden faydalanılmıştır. Ayrıca oluşturulan ağırlıklı indeks değerleri WEKA programında çözümlenerek kümeleme analizi yapılmıştır. WEKA programında çeşitli algoritmalar ile yapılan analize göre en anlamlı sonucu Canopy algoritmasının verdiği tespit edilmiştir. Canopy algoritması ile ülkeler 9 kümeye ayrılmış olup en genel anlamda ülkelerin ekonomik ve kişisel özgürlükleri açısından farklılıklar taşıdığı tespit edilmiştir.

Urmak Akçakaya ve Ömürbek (2021) tarafından OECD ülkeleri demokrasi kalitesi göstergeleri açısından kümelene çalışılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında Türkiye'nin OECD ülkeleri arasındaki konumu incelenmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için Sürdürülebilir Yönetişim Göstergeleri (SGI 2019-Sustainable Governance Indicators) raporundan faydalanılmıştır. İnsan hakları ve siyasi özgürlükler, seçim süreci, hukukun üstünlüğü ve bilgiye erişim olmak üzere dört kriterin ağırlıklandırılmasında CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) yönteminden faydalanılmıştır. Cascade K-Means algoritması kullanılarak gerçekleştirilen kümeleme analizi sonucuna göre ülkeler dört gruba ayrılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Türkiye'nin Macaristan ve Meksika ile aynı kümede yer aldığı tespit edilmiştir.

Kümeleme analizinden yararlanılarak yapılmış bazı çalışmaların akabinde SD ve SAW yöntemlerinden yararlanılarak yapılmış çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Ibrahim ve Surya (2019) çalışmalarında Jambi'de en iyi okulun seçimi için SAW yönteminden faydalanmışlardır. 4 alternatif okul beş kriter bağlamında (okul başarısı, okul çevresi, okul akreditasyonu, müfredatın uygulanması ve ders dışı faaliyetlerin mevcudiyeti) değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda ikinci alternatifin en iyi performansa sahip olduğu görülmüştür.

Aydın (2020) tarafından yapılan çalışma kapsamında 2016-2019 döneminde 16 yabancı mevduat bankasının performansının değerlendirilmesi için ÇKKV yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada sekiz kriter belirlenmiş ve kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD yönteminden; alternatiflerin sıralanmasında ise COPRAS yönteminden faydalanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Garanti Bankası'nın değerlendirmelerin yapıldığı dört yılda da en yüksek performansa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Işık (2020) tarafından yapılan çalışmada 2014-2018 yılları arasında Türk bankacılık sektöründe faaliyette bulunan kamu sermayeli kalkınma ve yatırım bankalarının performansı ÇKKV yöntemlerinden SD, MABAC (Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison) ve WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmada net faaliyet karı/zararı, özkaynaklar, personel gideri, şube sayısı, toplam aktifler, toplam krediler, faiz gelirleri ve kıdem tazminatı karşılıkları olmak üzere sekiz kriter belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD yönteminden faydalanılmıştır. Akabinde bankaların performansları MABAC ve WASPAS yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Yapılan analizlere göre, Türk Eximbank'ın tüm analiz döneminde en yüksek performansa sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dobrovolskienė ve Pozniak (2021) tarafından yapılan çalışmada bir gayrimenkul projesinin sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde SAW ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışma kapsamında 18 kriter belirlenmiştir. SAW ve TOPSIS ile elde edilen sıralamalar arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. MCDM duyarlılık analizine göre TOPSIS yönteminin temel verilerdeki değişikliklere SAW yönteminden daha duyarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Erdoğan (2022) tarafından BİST'te işlem gören 9 mevduat bankasının 2016- 2020 dönemine ilişkin finansal performansı AHP (Analytic Hierarchy Process), SD ve PIV (Proximity Indexed Value) yöntemlerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Çalışmada 11 kriter kullanılarak öncelikle AHP yöntemi ile değerlendirme kriterlerine ait subjektif ağırlık skorları tespit edilmiştir. Ardından SD yöntemi ile kriterlere ait objektif ağırlıklar hesaplanarak AHP ve SD yöntemleri kapsamında elde edilen ağırlık katsayıları birleştirilmiş ve her bir kriter için ortak ağırlık katsayıları elde edilmiştir. Ortak ağırlık katsayıları ile de PIV yönteminden faydalanılmış ve bankaların finansal performans skorları tespit

edilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilerle bankaların incelenen dönem için finansal performansında önemli istikrarsızlıkların olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Altıntaş (2023) G20 grubunda yer alan 19 ülkenin iş yapma kolaylığı performanslarını İş Yapma Kolaylığı İndeksi'nden (İYKE-2020) yararlanarak incelemiştir. İşe başlama, inşaat izinlerinin alınması, elektriğin bağlanması, mülkün tescilinin sağlanması, kredi alma, azınlık payı olan yatırımcıların korunması, vergilerin ödenmesi, sınır ötesi ticaret, sözleşmelerin uygulanması ve iflasın çözülmesi olmak üzere 10 kriter bağlamında analizler gerçekleştirilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD yönteminden; alternatiflerin sıralanmasında ise ARAS (Additive Ratio Assessment) yönteminden faydalanılmıştır.

İlgili literatür incelendiğinde ülkelerin e-devlet performanslarının belirlenmesinde kümeleme analizi ve ÇKKV tekniklerinden yararlanılan çalışmalar dikkat çekmektedir. Bu çalışma bağlamında ise kümeleme analizine ilaveten SD ve SAW yöntemlerinden yararlanılarak ülkelerin e-devlet performanslarının belirlenmesi önem arz etmekte olup çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

E-Devlet gelişmişlik indeksi (E-Government Development Index-EGDI)

Birleşmiş Milletler E-Devlet Araştırması; Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi (UN DESA) tarafından 2001 yılından bu yana iki yılda bir yayınlanmaktadır. Araştırmada, tüm Birleşmiş Milletler Üye Devletlerinin e-devlet gelişim durumu değerlendirilmektedir. Ayrıca araştırmada, derinlemesine veri setleri ve analizlerden oluşan bir yapı oluşturulmuştur (E-Government Survey, 2022). E-Devlet gelişmişlik düzeyini belirlemek için yapılan çalışmada, kamu sektörünün etkinliğinin, şeffaflığının ve verimliliğinin artırılması amacıyla BİT'in kullanımının sistematik bir değerlendirmesi sunulmaktadır (<https://cbddo.gov.tr/>).

Birleşmiş Milletler, E-Devlet anketleri ile 193 üye devlette BİT'in kamu sektörü reformu amacıyla kullanımının ve potansiyelinin sistematik bir değerlendirmesini amaçlamaktadır. Ayrıca bu süreçte verimlilik, etkinlik, şeffaflık, hesap verebilirlik, kamu hizmetlerine erişim ve vatandaş katılımı konularına vurgu yapılmaktadır. Bu yüzden anketlerde telekomünikasyon altyapısı gibi teknik konular ile birlikte insan kaynakları, çevrim içi hizmetler ve e-katılım gibi alanlar ölçülerek indekslenmektedir (<https://www.sbb.gov.tr/>). E-Devlet Gelişim İndeksi (EGDI); e-devletin en önemli üç boyutuna ilişkin normalleştirilmiş puanların ağırlıklı ortalamasıdır. Bu boyutlar; Çevrim İçi Hizmet İndeksi (Online Service Index-OSI) olarak ölçülen çevrim içi hizmetlerin kapsamı ve kalitesi; telekomünikasyon altyapısının veya Telekomünikasyon Altyapı İndeksi'nin (Telecommunication Infrastructure Index-TII) gelişim durumu ve Beşerî Sermaye İndeksi (Human Capital Index-HCI)'dir (E-Government Survey, 2022). Açıklamalardan hareketle çalışmanın temel amacı doğrultusunda üç kriterden yararlanılarak analizler yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Metodoloji

Kümeleme analizi

Kümeleme analizi, grupları keşfetmek ve temel verilerdeki modelleri belirlemek amacıyla veri madenciliği sürecindeki en önemli istatistiksel tekniklerden biridir. Kümeleme algoritmaları, veri nesnelarini benzerlik veya farklılığa dayalı olarak alt kümelere (kümelere) ayırmaktadır (Frades ve Matthiesen, 2010). Kümeleme keşifsel bir tekniktir. Temel amacı çoğu istatistiksel yöntemin yaptığı gibi parametreler hakkında herhangi bir sonuç çıkarmak değil, daha çok araştırılacak hipotezlerin temelini oluşturabilecek gruplamalar önermektir (Landau ve Ster, 2010).

Kümeleme aynı zamanda çok boyutlu verilerdeki bilgiyi keşfetmeye yönelik önemli veri madenciliği tekniklerinden biridir (Kassambara, 2017). Bir veri kümesine bir kümeleme algoritması uygulandığında, verilerin gerçek veya "doğal" bir gruplandırma yapısı sergileyip sergilemediğine bakılmaksızın nesnelar sınıflandırılabilir. Veri analizi bilinmeyen bir kümeleme yapısına dayanıyorsa, yapay bir kümeleme kabul edilemez ve bu nedenle algoritmadan kaynaklanan sınıfların ayrıca uygunlukları ve geçerlilikleri açısından araştırılması gerekmektedir (Bock, 1985).

Kümeleme analizi teknikleri genel olarak hiyerarşik kümeleme, optimizasyon kümelemesi ve model tabanlı kümeleme olarak üç sınıfa ayrılmaktadır. Bu teknikler, sınıflandırılacak bir dizi nesne için doğrudan bir dizi değişken üzerindeki puan matrisi üzerinde veya nesnelar arasındaki mesafeler veya benzerlikler matrisi üzerinde çalışmaktadır (Landau ve Ster, 2010).

Beklenti-maksimizasyonu (Expectation- Maximization (EM)) algoritması

Beklenti- Maksimizasyonu (EM) algoritması, veriye dayalı süreç tanımlamasında parametre tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır. EM, parametrelerin maksimum olabilirlik tahminine yönelik bir

algoritmadır ve olabilirlik fonksiyonunun yakınsamasını sağlamaktadır. Eksik değişkenlerin varlığında ve kötü koşullandırılmış problemlerde EM algoritması, daha sağlam tanımlama algoritmalarının tasarlanmasına büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Bu tür durumlar endüstriyel ortamlarda sıklıkla meydana gelmektedir. Sensör arızalarından dolayı eksik gözlemler, çoklu işlem çalışma koşulları ve bilinmeyen zaman gecikme bilgileri EM algoritmasına başvurabilecek örneklerden bazılarıdır (Sammaknejad, Zhao ve Huang, 2019).

Beklenti- Maksimizasyonu algoritması veri tabanının en fazla bir kez taranmasını gerektiren ölçeklenebilir bir kümeleme çerçevesi sunmaktadır. Ayrıca kategorik ve sürekli veri alanlarını kolaylıkla içinde barındırması açısından da önemli bir optimizasyon algoritmasıdır (Bradley, Fayyad ve Reina, 1998).

SD (Standard Deviation) yöntemi

Performans kriterlerinin önem derecelerinin objektif bir şekilde mevcut veri setinden hesaplanmasına imkân sağlayan SD yöntemi 1995 yılında Diakoulaki, Mavrotas ve Papayannakis tarafından ileri sürülmüştür. Bu yöntem 3 temel uygulama adımından oluşmaktadır (Diakoulaki, Mavrotas ve Papayannakis, 1995):

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisi $X=[x_{ij}]_{m \times n}$ eşitlik (1)'de ifade edildiği gibi oluşturulmaktadır.

$$X=[x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{21} & \cdots & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

x_{ij} , i . alternatifin, j . kriterdeki değerini göstermektedir.

Adım 2: Normalize karar matrisinin oluşturulması

Çeşitli kriterlerdeki farklı ölçek ve birimlerin ağırlıklarını hesaplamak amacıyla ortak ölçülebilir birimlere dönüştürülmesi için normalizasyon işlemi yapılmaktadır (Achebo ve Odinikuku, 2015). İlgili kriter fayda özelliğine sahipse eşitlik (2), ilgili kriter maliyet özelliğine sahip ise eşitlik (3) kullanılmaktadır (Muniappan, Raj, Jayakumar, Prakash ve Satharaj, 2018).

x_j^{max} = j . kriterin alternatifler arasındaki maksimum değeri

x_j^{min} = j . kriterin alternatifler arasındaki minimum değeri

$i = 1, 2, \dots, m$ (alternatifler)

$j = 1, 2, \dots, n$ (kriterler) olmak üzere;

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (2)$$

$$x_{ij}^* = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (3)$$

x_{ij}^* i . alternatifin j . kriter açısından normalize edilmiş değerini ifade etmektedir.

Adım 3: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Adım 3'te eşitlik (4) kullanılarak her bir kriterin önem ağırlığı hesaplanmaktadır.

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^n \sigma_j} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

σ_j değeri j . kritere ait standart sapma değerini ifade etmektedir.

SAW (Simple Additive Weighting) yöntemi

SAW yöntemi Churchman ve Ackoff (1954) tarafından ileri sürülmüş olup Ağırlıklı Toplam Yöntemi olarak da bilinmektedir. SAW yönteminin temel amacı, her alternatifin tüm niteliklerdeki performans derecelerinin ağırlıklı toplamını elde etmektir (Hadi, Permana ve Syafwan, 2019). SAW yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Zanakis, Solomon, Wishart ve Dublsh, 1998; Salehi ve Izadikhah, 2014):

Adım 1: Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

SAW yönteminde yaygın olarak kullanılan normleştirme yöntemlerinden biri doğrusal yöntem olarak da bilinen Max tekniğidir. Bu yöntemde her değer, o kriterde gözlemlenen maksimum değere bölünür. Bu süreçte kriterin maliyet gibi olumsuz bir niteliği varsa puanlar pozitif dönüştürülür (Aminjarahı, Abdoli, Fadaee, Kohan ve Shokouhyar, 2021).

m sayıda alternatif ve n sayıda kriterden meydana gelen karar matrisi, fayda kriteri için eşitlik (5) ve maliyet kriteri için eşitlik (6) ile normalize edilmektedir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, i = 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$r_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}}, i = 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Adım 2: Alternatiflerin tercih değerlerinin hesaplanması

Her bir alternatifin toplam tercih değerleri eşitlik (7) ile hesaplanmaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad j=1, \dots, n \quad (7)$$

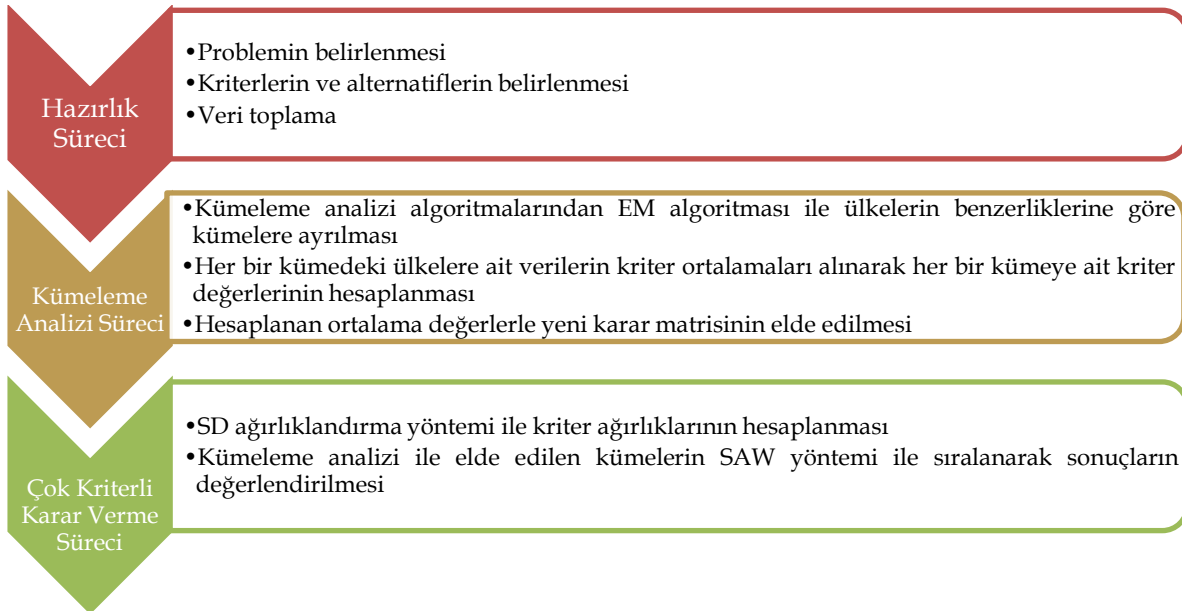
Yöntemde son olarak en iyi alternatifin seçimi yapılmaktadır. En iyi alternatif A^* , eşitlik (8) ile hesaplanmaktadır.

$$A^* \in \{A_i^* | = \max S_i\} \quad (8)$$

Bulgular

Çalışmada ilk olarak AB üyesi ülkeler ve Türkiye ile toplam 28 ülke e-devlet performansı açısından 4 kümeye ayrılmıştır. Kümeleme analizinin uygulanmasında WEKA programı kullanılmış olup uygulanan algoritmalar arasında en tutarlı sonuçları EM algoritmasının verdiği görülmüştür. EM algoritmasının sonuçlarına göre elde edilen her bir küme için kriter ortalamaları hesaplanmıştır. Kriter ortalamalarının hesaplanmasında karar matrisindeki veriler baz alınmıştır. Yapılan bu işlemlerin sonunda 3 kriter ve 4 alternatif (küme) ile yeni bir karar matrisi elde edilmiştir. Elde edilen bu yeni karar matrisi için kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD yöntemi kullanılmış ve kümeler kendi arasında SAW yöntemi ile sıralanmıştır.

Şekil 1’de çalışmanın uygulama sürecine ait adımları gösterilmiştir.



Şekil 1: Çalışmanın Uygulama Süreci

Kümeleme analizinin uygulanması

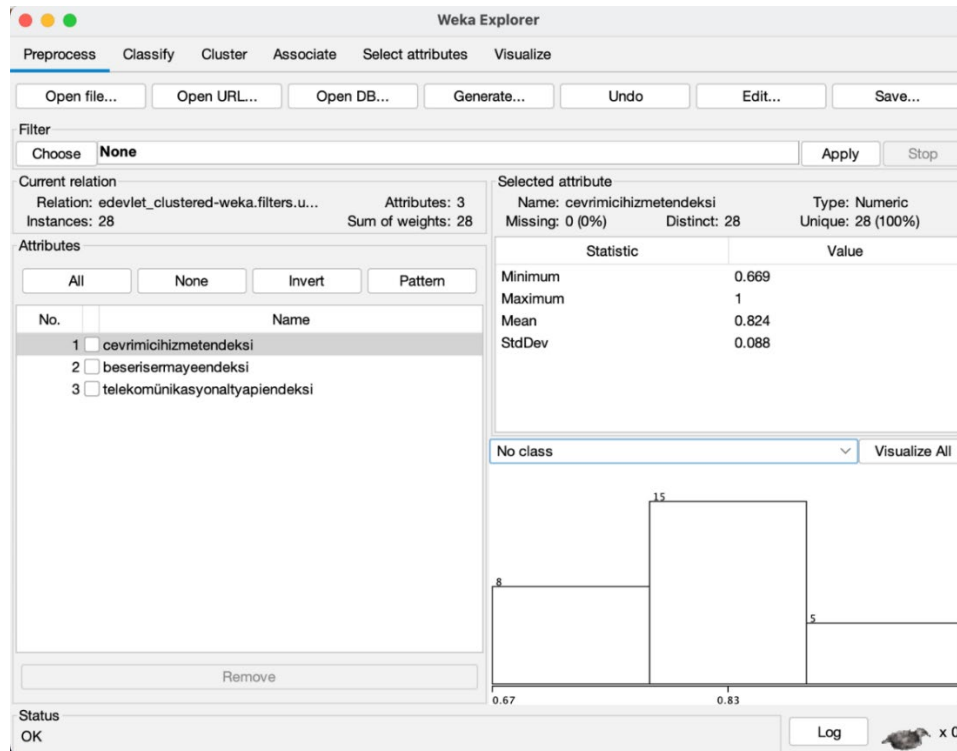
Çalışmada ilk olarak EGDI bileşenlerinden elde edilen veriler doğrultusunda 28 ülke (alternatif) ve üç kriter ile bir karar matrisi elde edilmiştir. Elde edilen karar matrisi Tablo 1’de gösterildiği gibidir.

Tablo 1: Karar Matrisi

Ülkeler	Çevrim İçi Hizmet İndeksi	Beşeri Sermaye İndeksi	Telekomünikasyon Altyapı İndeksi
Almanya	0,7905	0,9446	0,8957
Avusturya	0,8827	0,9070	0,8505
Belçika	0,6899	0,9614	0,8294
Bulgaristan	0,7092	0,8221	0,7984
Çekya	0,6693	0,9114	0,8456
Danimarka	0,9797	0,9559	0,9795
Estonya	1,0000	0,9231	0,8949
Finlandiya	0,9833	0,9640	0,9127
Fransa	0,8768	0,8784	0,8944
Hırvatistan	0,8108	0,8500	0,7711
Hollanda	0,9026	0,9506	0,9620
İrlanda	0,7796	0,9618	0,8287
İspanya	0,8559	0,9072	0,8895
İsveç	0,9002	0,9649	0,9580
İtalya	0,8659	0,8606	0,7860
Kıbrıs	0,7792	0,8934	0,9253
Letonya	0,8135	0,9284	0,8378
Litvanya	0,8347	0,9251	0,8636
Lüksemburg	0,8319	0,8245	0,9462
Macaristan	0,7465	0,8345	0,7671
Malta	0,8849	0,8734	0,9245
Polonya	0,7929	0,9033	0,8348
Portekiz	0,7954	0,8665	0,8201
Romanya	0,6814	0,8090	0,7954
Slovakya	0,7260	0,8436	0,8328
Slovenya	0,8666	0,9439	0,8239
Türkiye	0,8600	0,8722	0,6626
Yunanistan	0,7753	0,9405	0,8206

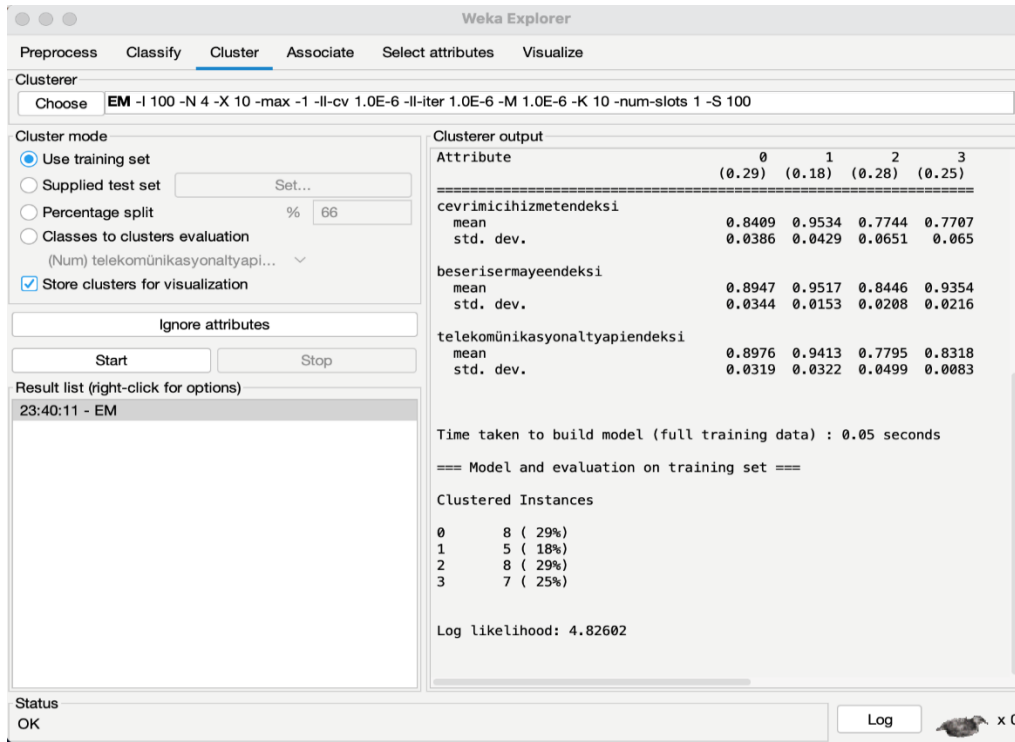
Karar matrisi oluşturulduktan sonra sayısal verilerin kullanılmasında başarılı sonuçlar veren EM, Canopy, K-Means, X-Means, Farthest First algoritmaları uygulanmıştır. Bu uygulama sonucunda en tutarlı sonuçları EM algoritmasının verdiği görülmüştür. Küme sayısının belirlenmesi için kümeleme analizi çalışmalarında sıklıkla kullanılan $k=(\frac{n}{2})^{1/2}$ eşitliğinden faydalanılmıştır (Wolkind ve Everitt, 1974) ve yapılan hesaplama sonucu küme sayısı 4 olarak belirlenmiştir.

Verilerin WEKA programına yüklenmesinin ardından temel istatistiksel analizler yapılmıştır. Verilerin düzenlendiği WEKA ara yüzü Şekil 2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2: WEKA Ara Yüzü

Aşağıda yer alan Şekil 3'te ise EM algoritmasının uygulanması sonucu her bir kümeye ait elde edilen yüzdelikler ve ülke sayıları görülmektedir. Bu sonuca göre EM algoritması ile 4 kümeye ayrılan 28 ülkenin; 8 tanesi (%29) Küme 0'a, 5 tanesi (%18) Küme 1'e, 8 tanesi (%29) Küme 2'ye, 7 tanesi de (%25) Küme 3'e atanmıştır.



Şekil 3: EM Algoritmasının Uygulanması Sonucu Elde Edilen Kümelere Ait Yüzdelikler

Tablo 2'de uygulama sonuçlarına göre 28 ülkenin kümelere göre dağılımları görülmektedir.

Tablo 2: Ülkelerin Kümelere Göre Dağılımları

Küme	Ülke
Küme 0	Almanya, Avusturya, Fransa, İspanya, Kıbrıs, Litvanya, Lüksemburg, Malta
Küme 1	Danimarka, Estonya, Finlandiya, Hollanda, İsveç
Küme 2	Bulgaristan, Hırvatistan, İtalya, Macaristan, Portekiz, Romanya, Slovakya, Türkiye
Küme 3	Belçika, Çekya, İrlanda, Letonya, Polonya, Slovenya, Yunanistan

Tablo 2 incelendiğinde Küme 0'da Almanya, Avusturya, Fransa, İspanya, Kıbrıs, Litvanya, Lüksemburg, Malta; Küme 1'de Danimarka, Estonya, Finlandiya, Hollanda, İsveç; Küme 2'de Bulgaristan, Hırvatistan, İtalya, Macaristan, Portekiz, Romanya, Slovakya, Türkiye ve son olarak Küme 3'te Belçika, Çekya, İrlanda, Letonya, Polonya, Slovenya, Yunanistan'ın yer aldığı görülmektedir.

SD yönteminin uygulanması

Kümeleme analizi sonucunda elde edilen yeni karar matrisi için kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD yöntemi kullanılmıştır. Uygulama adımlarına geçmeden önce ilk olarak kriterlerin fayda ve maliyet yönlü olma durumları incelenmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda tüm kriterlerin fayda yönlü olması gerektiğine karar verilmiştir. Aşağıda SD yönteminin uygulama aşamaları yer almaktadır.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

İlk karar matrisi üzerinden her bir kriterin ortalamaları alınarak yeni değerlerin oluşturulduğu yeni karar matrisi Tablo 3'te gösterildiği gibidir.

Tablo 3: Yeni Karar Matrisi

Küme	Çevrim İçi Hizmet İndeksi	Beşerî Sermaye İndeksi	Telekomünikasyon Altyapı İndeksi
Küme 0	0,8421	0,8942	0,8987
Küme 1	0,9532	0,9517	0,9414
Küme 2	0,7744	0,8448	0,7792
Küme 3	0,7696	0,9358	0,8315

Adım 2: Karar matrisinin normalize edilmesi

Karar matrisi normalize edilirken eşitlik (2) ve eşitlik (3)'ten faydalanılmıştır. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 4'te gösterildiği gibidir.

Tablo 4: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

Kümeler	Çevrim İçi Hizmet İndeksi	Beşerî Sermaye İndeksi	Telekomünikasyon Altyapı İndeksi
Küme 0	0,3949	0,4621	0,7368
Küme 1	1,0000	1,0000	1,0000
Küme 2	0,0262	0,0000	0,0000
Küme 3	0,0000	0,8514	0,3227

Adım 3: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

SD yönteminin son adımında kriter ağırlıkları eşitlik (4)'e göre hesaplanmıştır ve Tablo 5'te gösterildiği gibidir.

Tablo 5: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterler	Çevrim İçi Hizmet İndeksi	Beşerî Sermaye İndeksi	Telekomünikasyon Altyapı İndeksi
w_j	0,3438	0,3300	0,3262

Tablo 5'teki sonuçlara göre Türkiye ve AB üyesi ülkelerin e-devlet performanslarının belirlenmesinde en önemli kriter 0,3438 ile çevrim içi hizmet indeksi kriteri olmuştur. Bu kriteri sırasıyla 0,3300 ile beşerî sermaye indeksi kriteri ve 0,3262 ile telekomünikasyon altyapı indeksi kriteri takip etmiştir. Vatandaşların devlet hizmetlerine, sağlık, eğitim gibi alanlara kolay erişiminin toplumsal refahı artıracığı düşünülmektedir. Çevrim içi hizmet indeksi, bir ülkenin dijital ekonomi potansiyelini ortaya koymakta ve yatırımcılar için önemli bir gösterge olarak görülmektedir. Bu kriterde başarılı olan ülkelerin e-devlet performansı açısından da üstün olacağı kabul edilmektedir.

SAW yönteminin uygulanması

Çalışmada SD yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra kümeleme analizi ile elde edilen 4 küme SAW yöntemi ile sıralanmıştır. Aşağıda SAW yöntemine ait uygulama adımları yer almaktadır.

Adım 1: Normalize edilmiş karar matrisi

Karar matrisinin normalizasyon işlemi için çalışmada kullanılan tüm kriterler fayda yönlü olduğundan eşitlik (5) kullanılmış ve Tablo 6'daki değerler elde edilmiştir.

Tablo 6: Normalize Edilmiş Karar Matrisi

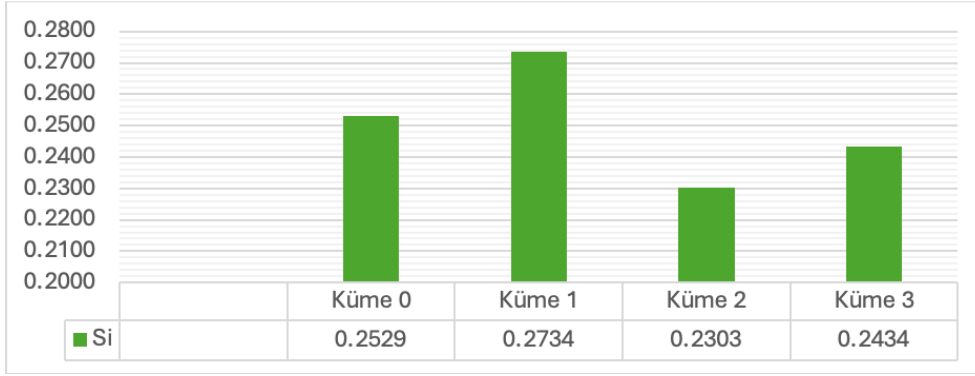
Kümeler	Çevrim İçi Hizmet İndeksi	Beşerî Sermaye İndeksi	Telekomünikasyon Altyapı İndeksi
Küme 0	0,8835	0,9396	0,9546
Küme 1	1,0000	1,0000	1,0000
Küme 2	0,8125	0,8877	0,8277
Küme 3	0,8074	0,9833	0,8833

Adım 2: Alternatiflerin tercih değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (7) ve eşitlik (8) ile hesaplanan S_i değerleri ve SAW yöntemine göre yapılan küme sıralaması Tablo 7 ve Şekil 4'te gösterildiği gibidir.

Tablo 7: Alternatiflerin Tercih Değerlerinin Hesaplanması

Kümeler	Çevrim İçi Hizmet İndeksi	Beşerî Sermaye İndeksi	Telekomünikasyon Altyapı İndeksi	S_i	Sıralama
Küme 0	0,3038	0,3101	0,3114	0,2529	2
Küme 1	0,3438	0,3300	0,3262	0,2734	1
Küme 2	0,2793	0,2929	0,2700	0,2303	4
Küme 3	0,2776	0,3245	0,2881	0,2434	3



Şekil 4: Alternatiflerin Tercih Değerleri

Tablo 7 ve Şekil 4 birlikte incelendiğinde SAW yönteminin sonuçlarına göre e-devlet performansı açısından en iyi performansa sahip olan küme, Küme 1 olmuştur. Küme 1'i sırasıyla Küme 0, Küme 3 ve Küme 2 takip etmiştir.

Sonuç

Son zamanlarda BİT oldukça ilerlemiş ve bu teknolojiler hayatımızın her alanına dahil olmuştur. Gelişen ve değişen teknoloji ile vatandaş ile devlet arasındaki ilişki de teknolojiye ayak uydurmak durumunda kalmıştır. Bu bağlamda dijitalleşmenin mutlak bir sonucu olan "e-devlet" kavramı hayatımıza girmiştir. Her alanda karşımıza çıkan bilgi çağı, e-devlet gibi ifadeler ülkelerin yönetim şeklinde de etkili olmaya başlamıştır. Bu çalışmada Türkiye ve AB üyesi ülkelerin e-devlet performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 28 ülke kümeleme analizi ile kümelere ayrılmış ve elde edilen bu kümeler ÇKKV yöntemleri ile kendi içinde sıralanmıştır. Kümeleme analizi sonuçlarına göre;

Küme 0'da Almanya, Avusturya, Fransa, İspanya, Kıbrıs, Litvanya, Lüksemburg, Malta olmak üzere 8 ülke bulunmaktadır. Bu küme ÇKKV yöntemlerinden SAW yöntemi ile yapılan sıralama sonucuna göre 4 küme içerisinde ikinci sırada yer almıştır. Bu kümede yer alan ülkeler Küme 1'de yer alan ülkelerin ardından en iyi kriter değerlerine sahip ülkelerden oluşmaktadır. Özellikle Malta, çevrim içi hizmet indeksi ve telekomünikasyon altyapı indeksi kriterlerinde yüksek değerler alan bir Avrupa ülkesi olarak dikkat çekmektedir. Bu kümede yer alan ülkeler aynı zamanda Küme 1'deki ülkelerden sonra en yüksek EGDI değerine sahip ülkelerden oluşmaktadır.

Küme 1'de Danimarka, Estonya, Finlandiya, Hollanda, İsveç olmak üzere 5 ülke bulunmaktadır. Bu küme SAW yöntemi ile yapılan sıralamada ilk sırada yer almıştır. Bu kümenin ilk sırada yer alma sebebi olarak kümede yer alan ülkelerin bütün kriterlerde en yüksek değerleri almış olmaları gösterilebilir. Kümede Estonya, çevrim içi hizmet indeksi; İsveç, beşerî sermaye indeksi; Danimarka da telekomünikasyon altyapı indeksi kriterlerinde en yüksek değerleri almışlardır. Bu ülkeler aynı zamanda en yüksek EGDI değerlerine sahip ülkelerden oluşmaktadır. Küme 1'de yer alan ülkeler ürün yaratma ve platform geliştirme konularında gelişim gösteren ülkelerdir. Aynı zamanda bu ülkeler stratejik dijital politikaların rehberliğinde, veriye dayalı kullanıcı merkezli devlet hizmetlerinin geliştirilmesi ve sunulması için güçlü ama esnek bir çerçeve sağlayan dijital sistemler, teknolojiler, süreçler ve organizasyon modellerinden oluşan temel bir altyapıya sahiplerdir (E-Government Survey, 2022). Tüm bu etkenler dikkate alındığında söz konusu bu kümenin e-devlet performansı açısından en iyi seviyede olan ülkelerden oluştuğu söylenebilir.

SAW yöntemi ile yapılan sıralamada son sıraya sahip olan Küme 2'de Bulgaristan, Hırvatistan, İtalya, Macaristan, Portekiz, Romanya ve Slovakya olmak üzere 7 ülke bulunmaktadır. Küme 2'de bulunan bu ülkeler üç kriterde de en düşük değerleri alan ülkelerden oluşmaktadır. Türkiye ve İtalya çevrim içi hizmet indeksi kriterinde kümede bulunan diğer ülkelere göre daha yüksek değerler alsa da diğer iki kriterde düşük değerler almışlardır. Aynı zamanda Türkiye, telekomünikasyon altyapı indeksi kriterinde araştırmaya dahil edilen ülkeler içinde son sırada yer alan ülke konumundadır.

Son olarak Küme 3'te Belçika, Çekya, İrlanda, Letonya, Polonya, Slovenya ve Yunanistan olmak üzere 7 ülke bulunmaktadır. Bu küme SAW yöntemi ile yapılan sıralamada üçüncü sıradadır. Aynı zamanda bu ülkelerin bütün kriterlerde Küme 2'deki ülkelerden sonra en düşük değerleri alan ülkeler olduğu görülmüştür. Özellikle Çekya çevrim içi hizmet kriterinde, Romanya da beşerî sermaye indeksi kriterinde en düşük değerleri alan ülkeler olarak dikkat çekmektedir. Bu ülkelerin EGDI değerlerinin de Küme 0 ve Küme 1'deki ülkelere göre daha düşük olması SAW yöntemi ile yapılan sıralama sonucunu destekler niteliktedir.

EGDI sıralamasına göre 193 ülkeden 48. sırada yer alan Türkiye'nin e-devlet performansı açısından dinamik bir karakter taşıdığı, bazen kırılmalar yaşasa da e-devlet performansında üst seviyeye ulaşmış ülkelere yaklaştığı söylenebilir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Türkiye, telekomünikasyon altyapısında yüksek gelir grubundaki ülkelerin gerisinde kalmıştır. Türkiye'nin bu farkı kapatabilmesi için altyapı yatırımlarına ağırlık vermesi ve eğitim politikalarını daha ileri seviyelere taşıyarak son teknolojileri doğru amaçlarla kullanması gerekmektedir. Türkiye özellikle çevrim içi hizmet indeksi ve beşeri sermaye indeksi kriterlerinde birçok gelişmiş ülkeyle yarışır vaziyettedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda özellikle Küme 2'de yer alan ülkelerin e-devlet performansı açısından eksik veya zayıf kaldıkları yönleri belirlemeleri gerekmektedir. Aynı zamanda e-devlet performansı açısından iyi seviyede olan ülkeleri öne çıkaran ve üst sıralarda yer almalarını sağlayan politika ve unsurlar tespit edilerek bu doğrultuda harekete geçilmelidir.

İlgili literatür değerlendirildiğinde, Lněnička (2015), Vavrek ve Ardielli (2018), Altıntaş (2022) ve Yıldırım (2022)'nin bu çalışmaya benzer olarak e-devlet performanslarını EGDI bileşenlerine ait verileri kullanarak değerlendirdikleri görülmüştür.

Lněnička (2015) ve Jacob vd. (2017) bu çalışma ile benzer olarak e-devlet performansını kümeleme analizi tekniklerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada bu çalışmadan farklı olarak K-means kümeleme algoritması kullanılmış ve Çekya'nın son zamanlarda e-devlet performansını artırdığı üzerinde durulmuştur. Jacob vd. (2017) yine bu çalışma ile benzer olarak çalışmalarında kamu hizmetlerinin iyileştirilmesinde e-devlet sisteminin nasıl tasarlanıp geliştirileceğine dair önerilerde bulunmuşlardır.

Vavrek ve Ardielli (2018), Altıntaş (2020) ve Tiika vd. (2024) çalışmalarında e-devlet performanslarının değerlendirilmesinde ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Vavrek ve Ardielli (2018) çalışmalarında bu çalışmadan farklı olarak TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmaya benzer şekilde Finlandiya, İsveç, Danimarka'nın en iyi e-devlet performansı gösteren ülkeler olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Tiika vd. (2024) çalışmalarında Afrika Birliği üye devletleri arasında e-devlet gelişimini TOPSIS yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada ise Türkiye ve AB üyesi ülkelerin e-devlet performansları kümeleme analizi, SD ve SAW yöntemleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmanın bu yönü ile literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda yapılması planlanacak olacak çalışmalarda daha farklı ülke gruplarında e-devlet performansları değerlendirilebilir. Yöntem açısından farklı ağırlıklandırma yöntemleri ve farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak literatürde yer alan çalışmalar ile benzerlik ve farklılıklar belirlenebilir. Bununla birlikte, farklı kümeleme algoritmaları kullanılarak e-devlet performansı açısından daha fazla sayıda ülke kümeleme analizine tabi tutulabilir. Ayrıca bulanık ÇKKV yöntemlerinden faydalanılarak analizler yapılabilir.

Hakem Değerlendirmesi / Peer-review:

Dış bağımsız

Externally peer-reviewed

Çıkar Çatışması / Conflict of interests:

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

The authors have no conflict of interest to declare.

Finansal Destek / Grant Support:

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The authors declared that this study has received no financial support.

Yazar Katkıları / Author Contributions:

Fikir/Kavram/Tasarım- *Idea/Concept/Design*: H.E, E.G. Veri Toplama ve/veya İşleme - *Data Collection and/or Processing*: H.E, E.G. Analiz ve/veya Yorum - *Analysis and/or Interpretation*: H.E, E.G. Kaynak Taraması - *Literature Review*: H.E, E.G. Makalenin Yazımı - *Writing the Article*: H.E, E.G. Eleştirel İnceleme - *Critical Review*: H.E, E.G. Onay - *Approval*: H.E, E.G.

Kaynakça / References

- Abdel-Basset, M., Zhou, Y., Mohamed, M., & Chang, V. (2018). A group decision making framework based on neutrosophic VIKOR approach for e-government website evaluation. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 34, 4213-4224. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1156-1>
- Achebo, J., & Odinikuku, W. E. (2015). Optimisation of gas metal arc welding process parameters using standard deviation (SDV) and multi-objective optimisation on the basis of ratio analysis (MOORA). *Journal of Minerals and Materials Characterisation and Engineering*, 3, 298-308. <http://dx.doi.org/10.4236/jmmce.2015.34032>
- Alır, G., Soydal, İ., & Öztürk, Ö. (2007). *Türkiye’de e-devlet uygulamaları kapsamında kamu kurumlarına ait web sayfalarının değerlendirilmesi*. Değişen Dünyada Bilgi Yönetimi Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Almahdi, E. M., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Alsalem, M. A., Albahri, O. S., & Albahri, A. S. (2019). Mobile-based patient monitoring systems: a prioritisation framework using multi-criteria decision-making techniques. *Journal of Medical Systems*, 43, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1339-9>
- Altıntaş, F. F. (2022). E-devlet performanslarının SD tabanlı COPRAS yöntemi ile analizi: G20 ülkeleri örneği. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 1004-1020. <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.1143706>
- Altıntaş, F.F. (2023). G20 grubu ülkelerin iş yapma kolaylığı performanslarının analizi: Standart sapma tabanlı ARAS yöntemi ile bir uygulama. *Malatya Turgut Özal Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1-21.
- Amalia, F. S., & Alita, D. (2023). Application of SAW method in decision support system for determination of exemplary students. *Journal of Information Technology, Software Engineering and Computer Science*, 1(1), 14-21.
- Aminjarahi, M., Abdoli, M., Fadaee, Y., Kohan, F., & Shokouhyar, S. (2021). The prioritisation of lean techniques in emergency departments using VIKOR and SAW approaches. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 31(2), 283-292. <http://dx.doi.org/10.4314/ejhs.v31i2.11>
- Ardielli, E. (2016). Comparison of multiple criteria decision making approaches: Evaluating e-government development. *Littera Scripta*, 9(2), 10-24.
- Aydın, Y. (2020). A hybrid multi-criteria decision making (MCDM) model consisting of SD and COPRAS methods in performance evaluation of foreign deposit banks. *Equinox Journal of Economics Business and Political Studies*, 7(2), 160-176.
- Bock, H. H. (1985). On some significance tests in cluster analysis. *Journal of Classification*, 2, 77-108.
- Bradley, P. S., Fayyad, U., & Reina, C. (1998). *Scaling EM (Expectation-Maximisation) clustering to large databases*. Technical Report MSR-TR- 98-35, Microsoft Research.
- Demircioğlu, M., & Eşiyok, S. (2020). Covid-19 salgını ile mücadelede kümeleme analizi ile ülkelerin sınıflandırılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(37), 369-389.
- Deng, H., Karunasena, K., & Xu, W. (2018). Evaluating the performance of e-government in developing countries: A public value perspective. *Internet Research*, 28(1), 169-190.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The Critic Method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H)
- Dobrovolskienė, N., & Pozniak, A. (2021). Simple additive weighting versus technique for order preference by similarity to an ideal solution: Which method is better suited for assessing the sustainability of a real estate project. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 8(4), 180-196. [http://doi.org/10.9770/jesi.2021.8.4\(10\)](http://doi.org/10.9770/jesi.2021.8.4(10))
- E-Government Survey (2022). <https://desapublications.un.org/sites/default/files/publications/2022-09/Web%20version%20E-Government%202022.pdf>, Erişim Tarihi: 15.02.2024.
- Erdoğan, B. (2022). BİST’e kayıtlı bankaların finansal performansının AHP-SD tabanlı PIV yöntemiyle değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 52, 93-109. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1059473>

- Frades, I., & Matthiesen, R. (2010). *Overview on techniques in cluster analysis*. *Bioinformatics Methods in Clinical Research*, 81-107.
- Gupta, K. P., Bhaskar, P., & Singh, S. (2016). Critical factors influencing e-government adoption in India: An investigation of the citizens' perspectives. *Journal of Information Technology Research (JITR)*, 9(4), 28-44. <https://doi.org/10.4018/JITR.2016100103>
- Hadi, A. F., Permana, R., & Syafwan, H. (2019). *Decision support system in determining structural position mutations using Simple Additive Weighting (SAW) method*. In *Journal of Physics: Conference Series: IOP Publishing*.
- <https://cbddo.gov.tr/haberler/4834/-birlesmis-milletler-e-devlet-gelismislik-endeksi-aciklandi>, Erişim Tarihi: 10.03.2024.
- <https://www.ab.gov.tr/233.html>, Erişim Tarihi: 08.02.2023.
- <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/e-Devlet-Hizmetlerinin-Gelistirilmesi-Calisma-Grubu-Raporu.pdf>, Erişim Tarihi: 10.03.2023.
- Ibrahim, A., & Surya, R. A. (2019). *The implementation of simple additive weighting (SAW) method in decision support system for the best school selection in Jambi*. In *Journal of Physics: Conference Series: IOP Publishing*.
- Işık, Ö. (2020). SD tabanlı MABAC ve WASPAS yöntemleriyle kamu sermayeli kalkınma ve yatırım bankalarının performans analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 29, 61-78. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.705148>
- Jacob, D. W., Fudzee, M. F. M., Salamat, M. A., Saedudin, R. R., Yanto, I. T. R., & Herawan, T. (2017). *An application of rough set theory for clustering performance expectancy of Indonesian e-government dataset*. In *Recent Advances on Soft Computing and Data Mining: The Second International Conference on Soft Computing and Data Mining, Bandung, Indonesia*.
- Jung, Y. G., Kang, M. S., & Heo, J. (2014). Clustering performance comparison using K-means and expectation maximisation algorithms. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28, 44-48. <https://doi.org/10.1080/13102818.2014.949045>
- Kahraman, C., Demirel, N. Ç., & Demirel, T. (2007). Prioritisation of E-government strategies using a SWOT-AHP analysis: the case of Turkey. *European Journal of Information Systems*, 16(3), 284-298. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000679>
- Karaatlı, M., Karataş, T., & Ömürbek, N. (2020). Ülkelerin insani özgürlük endeksine göre kümelenmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(3), 271-286. <https://doi.org/10.18037/ausbd.801788>
- Kassambara, A. (2017). *Practical guide to cluster analysis in R*. Unsupervised machine learning: Sthda.
- Kou, G., Peng, Y., & Wang, G. (2014). Evaluation of clustering algorithms for financial risk analysis using MCDM methods. *Information Sciences*, 275, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.02.137>
- Landau, S., & Ster, I. C. (2010). *Cluster analysis: overview*. B. Peterson, E. Baker & B. McGaw (Edt.), *International encyclopedia of education*. Oxford: Elsevier, 72-83.
- Lněnička, M. (2015). *E-government Development Index and Its Comparison in the EU Member States*. Scientific Papers of the University of Pardubice, Series D: Faculty of Economics and Administration.
- Muniappan, A., Raj, J. A., Jayakumar, V., Prakash, R. S., & Sathyaraj, R. (2018). *Optimisation of WEDM process parameters using standard deviation and MOORA method*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: IOP Publishing*.
- Salehi, A., & Izadikhah, M. (2014). A novel method to extend SAW for decision-making problems with interval data. *Decision Science Letters*, 3(2), 225-236. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2013.11.001>
- Sammaknejad, N., Zhao, Y., & Huang, B. (2019). A review of the expectation maximisation algorithm in data-driven process identification. *Journal of Process Control*, 73, 123-136. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2018.12.010>
- Siskos, E., Askounis, D., & Psarras, J. (2014). Multi-criteria decision support for global e-government evaluation. *Omega*, 46, 51-63. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.02.001>
- Tiika, B. J., Tang, Z., Azaare, J., Dagadu, J. C., & Otoo, S. N. A. (2024). Evaluating e-government development among Africa Union Member States: an analysis of the impact of e-government on

- public administration and governance in Ghana. *Sustainability*, 16(3), 1333. <https://doi.org/10.3390/su16031333>
- Urmak Akçakaya, E. D., & Ömürbek, N. (2021). OECD ülkelerinin demokrasi kalitesi göstergeleri açısından kümelenmesi. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 18 (Yönetim ve Organizasyon Özel Sayısı), 1365-1393.
- Vavrek, R., & Ardielli, E. (2018). *TOPSIS as evaluation tool of e-government development in EU member states*. In Proceedings of the 5th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM: STEF92 Technology.
- Wolkind, S. N., & Everitt, B. (1974). A cluster analysis of the behavioural items in the pre-school child. *Psychological Medicine*, 4, 422-427. <https://doi.org/10.1017/S0033291700045876>
- Yıldırım, K. (2022). Ulusal ve yerel e-devlet gelişimi arasındaki nedensellik durumu ve temel belirleyicileri. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 13(1), 270- 297.
- Zanakis, S. H., Solomon, A., Wishart, N., & Dublsh, S. (1998). Multi-attribute decision making: a simulation comparison of select methods. *European Journal of Operational Research*, 107(3), 507-529. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00147-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00147-1)