



Zaman Serisi Kümeleme Yöntemi ile Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksinin Analizi

Analysis of the Global Gender Gap Index Using the Time Series Clustering Method

Burcu Kartal ^{a*}

^a Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Rize/Türkiye, burcu.kartal@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8340-0234

MAKALE BİLGİSİ

ÖZ

Makale Türü

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler

Zaman Serisi Kümeleme
Makine Öğrenmesi
Küresel Cinsiyet Uçurumu
Endeksi
Toplumsal Cinsiyet Eşitliği

Geliş Tarihi : 04 Şubat 2024

Kabul Tarihi: 02 Nisan 2025

Bu çalışma, dünya ülkelerinin Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (Global Gender Gap Index- GGGI) temelinde kümeleme analizini amaçlamaktadır. Bu kapsamda, 2006-2024 yıllarını kapsayan GGGI verileri derlenmiş ve 18 yıllık döneme ait zaman serisi verileri kullanılarak 99 ülkenin kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. Ülkeler arasındaki benzerliklerin belirlenmesi için uzaklık ölçütü olarak Dinamik Zaman Bükmesi (Dynamic Time Warping-DTW) yöntemi kullanılmıştır. Kümeleme analizinde hiyerarşik kümeleme (tek bağlantı, tam bağlantı ve Ward's yöntemi), k-medoid kümeleme (Partitioning Around Medoids - PAM) ve spektral kümeleme teknikleri uygulanmıştır. Optimum küme sayısının belirlenmesinde ortalama silüet yöntemi kullanılmıştır. Kümeleme performanslarının değerlendirilmesi amacıyla ortalama silüet skoru, Dunn endeksi, Calinski-Harabasz kriteri ve kofenetik korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Analizler sonucunda, dünya ülkelerinin GGGI endeksine dayalı olarak iki temel kümede toplandığı tespit edilmiştir. İlk kümede yer alan ülkelerin GGGI değerlerinde artış eğilimi gözlemlenirken, ikinci kümede yer alan ülkelerin endeks değerlerinde azalan bir trendin olduğu belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article Type

Research Article

Keywords

Time Series Clustering
Machine Learning
Global Gender Gap Index
Gender Equality

Received: Feb, 04, 2025

Accepted: Apr, 02, 2025

This study aims to cluster analyse the countries of the world based on the Global Gender Gap Index (GGGI). In this context, GGGI data covering the years 2006-2024 were compiled and clustering analysis of 99 countries was carried out using time series data for 18 years. Dynamic Time Warping (DTW) method was used as a distance measure to determine the similarities between countries. In clustering analysis, hierarchical clustering (single linkage, full linkage and Ward's method), k-medoids clustering (Partitioning Around Medoids - PAM) and spectral clustering techniques were applied. The average silhouette method was used to determine the optimum number of clusters. Mean silhouette score, Dunn's index, Calinski-Harabasz criterion and coophenetic correlation coefficient were calculated to evaluate the clustering performances. As a result of the analyses, it was determined that the countries of the world were grouped into two main clusters based on the GGGI index. While an increasing trend is observed in the GGGI values of the countries in the first cluster, it is determined that there is a decreasing trend in the index values of the countries in the second cluster.

Extended Abstract

Aim: This study aims to analyze the clustering of countries based on the Global Gender Gap Index (GGGI) through a time series clustering approach. By examining gender equality trends across 99 countries over an 18-year period (2006-2024), the research seeks to uncover distinct patterns in gender gap progression. The objective is to identify groups of countries that exhibit similar long-term changes in gender equality levels and provide insights into policy implications for addressing gender disparities. The study contributes to the broader discourse on gender equality and sustainable development by leveraging advanced clustering methodologies.

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Atıf/Cite as: Kartal, B. (2025). Zaman Serisi Kümeleme Yöntemi ile Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksinin Analizi. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 9(1), 420-437. <https://doi.org/10.29216/ueip.1633127>



Bu makale, [Creative Commons Atıf \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) lisansının hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir. / This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

While numerous studies have analyzed gender equality at specific points in time, this research takes a novel approach by focusing on long-term trends rather than static snapshots. Understanding how gender equality evolves over time can help policymakers design more effective interventions tailored to the trajectory of specific nations. Additionally, by employing diverse clustering techniques, the study enhances methodological robustness and ensures a comprehensive evaluation of gender disparity patterns worldwide.

Methods: To achieve these objectives, the study applies time series clustering methods, utilizing Dynamic Time Warping (DTW) as a distance metric to assess similarities in countries' GGI trajectories. The clustering techniques employed include hierarchical clustering (single linkage, complete linkage, and Ward's method), k-medoids clustering (Partitioning Around Medoids - PAM), and spectral clustering. The selection of the optimal number of clusters is guided by the silhouette method, ensuring a data-driven determination of clustering structures. Cluster validity is further assessed using key validation metrics, including the silhouette index, Dunn index, Calinski-Harabasz criterion, and cophenetic correlation coefficient.

A crucial step in the methodology involves normalizing the dataset using Min-Max scaling to ensure comparability across different years. This transformation ensures that variations in gender gap trends are captured accurately without being affected by scale differences. To enhance the robustness of the findings, the study also evaluates the impact of different distance metrics and linkage criteria, cross-checking results to ensure that the final clustering solutions provide meaningful and interpretable insights into global gender inequality trends.

Beyond technical aspects, the methodology acknowledges the socio-economic and political contexts influencing gender equality. By clustering countries based on their gender gap trajectories, the study moves beyond traditional categorical classifications, allowing for a more nuanced understanding of gender inequality evolution. This methodological approach ensures that the study's conclusions are not only statistically sound but also practically relevant for policymakers seeking to promote gender parity.

Findings: The analysis reveals that countries can be grouped into two primary clusters based on their GGI trends. The first cluster, comprising 96 countries, exhibits a consistent increase in gender equality, indicating progress in closing the gender gap. Countries in this cluster have made significant advancements in economic participation, educational attainment, health indicators, and political representation for women. However, the pace of progress varies among nations; while some have achieved rapid improvements due to policy reforms and socio-economic transformations, others display slower but steady progress.

The second cluster consists of three countries—Sri Lanka, India, and Iran—that exhibit a declining trend in gender equality. These countries have faced structural, economic, and cultural barriers that have impeded progress in closing the gender gap. The analysis highlights that these nations have seen stagnation or regression in key gender equality indicators, particularly in workforce participation, political representation, and wage equality. While external factors such as political instability and economic downturns may contribute to these trends, deeper structural and cultural challenges also play a crucial role in shaping gender disparities.

An important methodological insight from this study is that single-linkage hierarchical clustering using DTW distance provides the most effective clustering structure. This is evidenced by higher silhouette scores and cophenetic correlation values, which indicate that the clustering approach successfully captures meaningful patterns in gender equality trends. The application of DTW-based clustering allows for the identification of countries with similar long-term trajectories, even if they exhibit temporary fluctuations in their gender gap indices.

Conclusion: The study highlights the effectiveness of DTW-based clustering in identifying long-term gender equality trends across nations. The results underscore that while most countries

have made progress in closing the gender gap, a small subset is experiencing a regression, necessitating targeted policy interventions. For countries exhibiting declining trends in gender equality, policy recommendations include increasing female labor force participation, closing educational disparities, enforcing equal pay policies, enhancing political representation, improving childcare support systems, and promoting gender-sensitive media campaigns. Addressing these challenges requires coordinated efforts from governments, civil society, and international organizations.

Additionally, international cooperation can play a crucial role in addressing gender disparities in nations experiencing setbacks. Targeted development programs, knowledge-sharing initiatives, and global advocacy efforts can provide these countries with the resources and frameworks needed to accelerate progress. The findings of this study offer valuable insights for policymakers, researchers, and organizations working toward achieving gender equality on a global scale.

Future research could build upon these findings by exploring external factors influencing gender equality trends, such as economic downturns, political instability, and social movements. By integrating socio-economic and political variables into the clustering framework, future studies can refine the understanding of the dynamics influencing global gender gaps. Moreover, expanding the dataset to include additional countries and incorporating machine learning approaches could further enhance the accuracy and applicability of clustering models.

In conclusion, this study provides a comprehensive analysis of global gender equality trends using advanced time series clustering methods. By identifying distinct country groupings and assessing long-term trajectories, it offers critical insights into the progress and challenges faced in achieving gender parity worldwide. These insights can inform evidence-based policymaking, ensuring that efforts to close the gender gap are both targeted and effective in fostering sustainable development.

1. Giriş

Ülkelerin toplumsal eşitliği sağlanması, sosyal refah devleti yaklaşımının gerekliliklerindedir. Bu doğrultuda, toplumsal cinsiyet eşitliği, sosyal adaletin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmekte ve kadınlar ile erkeklerin toplumsal yaşamın her alanına eşit koşullarda katılımını ifade etmektedir. Sosyal refah devleti politikaları, bireyler arasında fırsat eşitliği sağlanmasını amaçlamakta ve vatandaşların sunulan hak ve hizmetlerden eşit şekilde yararlanmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda, ülkelerde toplumsal cinsiyet eşitliğine ilişkin mevcut sorunların kapsamının belirlenmesi ve bu doğrultuda politika düzenlemelerinin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Cinsiyet temelli eşitsizliklerin hangi alanlarda ortaya çıktığının tespit edilmesi, sosyal refahın sürdürülebilirliği açısından kritik bir unsur olup, ilgili alanlarda uygulanacak stratejik önlemlerin geliştirilmesine katkı sunmaktadır (Gençoğlu ve Kuşkaya, 2016: 696).

Bu çalışmada, dünya ülkelerindeki toplumsal cinsiyet eşitsizliği düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, Dünya Ekonomi Forumu (WEF) tarafından yayımlanan Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (GGGI) kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın veri seti, 2006-2024 yılları arasındaki endeks değerlerini içermekte olup, 99 dünya ülkesine ait verilerden oluşmaktadır.

Bu çalışma, Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (Global Gender Gap Index - GGGI) verilerini kullanarak ülkelerin zaman içindeki cinsiyet eşitliği düzeylerini analiz etmektedir. Bu bağlamda ele alınan konu, Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi çerçevesinde belirlediği 17 hedeften biri olan Hedef 5: Toplumsal Cinsiyet Eşitliği ile doğrudan ilişkilidir. Kadınların ve kız çocuklarının her alanda güçlendirilmesi ve eşit fırsatlara erişiminin sağlanması, yalnızca bireysel

hak ve özgürlükler açısından değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliği açısından da kritik öneme sahiptir. GGGI, bu hedefe ulaşma yolunda ülkelerin performansını izlemek ve değerlendirmek için önemli bir ölçüt sunmaktadır.

Bu çalışmanın özgün yönleri ve mevcut literatüre katkısı şu şekilde açıklanmaktadır. Birincisi, bu çalışma Dünya Ekonomi Forumu (WEF) tarafından yayımlanan Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (GGGI) 2006-2024 yılı itibarıyla geniş zaman aralığında değerlendiren ilk çalışmadır. Mevcut literatürdeki çalışmaların çoğu analiz dönemi itibarıyla sadece bir yılı dikkate almaktadır. Bu durum analizlerin uzun dönemli ilişkilerin göz ardı edilmesine yol açmaktadır. İkincisi, literatürde bu konu özelinde genel itibarıyla hiyerarşik kümeleme yöntemi kullanılırken bu çalışmada k-medoid ve spektral kümeleme yöntemlerine de başvurulmuştur. Üçüncüsü cinsiyet eşitsizliği gibi çok kapsamlı bir kavramı çok boyutlu bir endeks değer olan Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (GGGI) değişkeni ile analiz etmiştir. Bu sayede ilgili konu daha geniş bakış açısıyla değerlendirilebilmektedir. Dördüncüsü, bu çalışmada ele alınan cinsiyet eşitsizliği konusu sadece iktisadi değil aynı zamanda sosyoekonomik etkileri olan komplike bir araştırma alanıdır. Dolayısıyla bu çalışma sadece iktisadi politikalara değil aynı zamanda sosyoekonomik politikalara ışık tutan geniş resmi gösteren önemli bir çalışmadır. Tüm bu yönleriyle bu çalışma, literatüre çeşitli açılardan katkı sunmakta ve küresel düzeyde toplumsal cinsiyet eşitsizliği eğilimlerinin anlaşılmasına yönelik önemli bir çerçeve sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel motivasyonu, ülkeleri yalnızca belirli bir yıl temelinde değil, 18 yıllık veri seti kapsamında zaman içindeki endeks değişim yapılarına göre kümeleyen bir analiz sunarak, ülkelerin toplumsal cinsiyet eşitsizliği açısından uzun vadeli eğilimleri ortaya koymaktır. Böylelikle benzer değişim dinamiklerine sahip ülkelerin gruplandırılması sağlanmaktadır.

Bu çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, araştırmanın teorik çerçevesi oluşturulmuş ve ilgili literatür kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. İkinci bölümde, kullanılan veri setinin tanıtımı yapılmış ve analizde uygulanan yöntemler teorik temelleriyle birlikte açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, kümeleme analizine ilişkin bulgular detaylı olarak sunulmuş ve yorumlanmıştır. Son bölümde ise araştırma sonuçları değerlendirilerek elde edilen bulgular ışığında genel çıkarımlara yer verilmiştir.

2. Teorik Çerçeve ve Literatür Taraması

Toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin, bireylerin refah seviyesini ve yaşam koşullarını olumsuz etkileyerek insan haklarının ihlaline yol açtığı, insani gelişme yaklaşımı çerçevesinde ele alınmaktadır. Cinsiyet eşitliği, yalnızca temel bir insan hakkı olmanın ötesinde, aynı zamanda kalkınma, modernleşme ve sürdürülebilir ekonomik büyüme için vazgeçilmez bir unsurdur (OECD, 2018:3-5). Günümüzde, gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun hiçbir ülke tam anlamıyla cinsiyet eşitliğini sağlayabilmiş değildir. Bu durum, özellikle düşük gelirli ülkelerde daha belirgin olmakla birlikte, gelişmiş ülkelerde de toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin farklı biçimlerde varlığını sürdürdüğü görülmektedir. Dolayısıyla bu sorun sadece az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerinde değil aynı zamanda gelişmiş ülkeleri yakından ilgilendiren bir sorundur. Bu kapsamda bu sorunun küresel ölçekte değerlendirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Kadınlar, pek çok toplumda erkeklere kıyasla daha dezavantajlı konumda olup, yoksulluk riski ile daha sık karşılaşmaktadır. Bu nedenle, hükümetler, küresel kuruluşlar (örneğin Birleşmiş Milletler), sivil toplum örgütleri, politika yapıcılar ve akademik çevreler, toplumsal cinsiyet odaklı çalışmalar yürütmekte ve bu alandaki eşitsizlikleri azaltmaya yönelik politikalar geliştirmektedir. Bu bağlamda, cinsiyete dayalı sosyoekonomik dinamikleri ölçebilecek araçların oluşturulması önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Başta Birleşmiş Milletler olmak üzere çeşitli uluslararası kuruluşlar, toplumsal cinsiyet eşitsizliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli endeksler geliştirmiş ve yayımlamıştır. Söz konusu endeksler, cinsiyet eşitsizliğinin kapsamlı bir şekilde incelenmesine ve ülkeler arası karşılaştırmalı analizler yapılmasına olanak tanımaktadır (Ayabakan, 2022:42).

Bu kapsamda Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (GGGI), Dünya Ekonomik Forumu tarafından ilk kez 2006 yılında yayımlanan ve ülkeler arasındaki cinsiyet eşitsizliklerini dört temel boyutta değerlendiren kapsamlı bir ölçümdür: ekonomik katılım ve fırsatlar, eğitim düzeyi, sağlık ve yaşam beklentisi ile siyasi güçlenme (WEF, 2024: 66). Endeks, küresel düzeyde cinsiyet eşitliğini değerlendirmek ve eşitsizlikleri kapatmaya yönelik en iyi uygulamaları belirlemek için karşılaştırmalı bir çerçeve sunmaktadır. Diğer cinsiyetle ilgili endekslerden farklı olarak, GGGI bir ülkenin genel kalkınma seviyesinden bağımsız olarak kadın ve erkek arasındaki göreceli farkı ölçmeye odaklanmaktadır (Karakaş ve Çevik, 2016: 68). GGGI'nin önemi, yapısal eşitsizlikleri görünür kılma ve politika yapıcılarını hedefe yönelik müdahaleler tasarlama konusunda yönlendirme kapasitesinde yatmaktadır. İş gücüne katılım, ücret farkları ve siyasi temsildeki eşitsizliklerin devam etmesi, bu konuların sistematik bir şekilde analiz edilmesi ve ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Gençoğlu ve Kuşkaya, 2016: 697).

Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (GGGI) üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle belirli bir yıl için ülke bazlı karşılaştırmaların yapıldığı görülmektedir. Gençoğlu ve Kuşkaya (2016), Avrupa ve Orta Asya ülkelerini 2015 yılına ait GGGI verileri temelinde hiyerarşik kümeleme yöntemi ile gruplandırmıştır. Bu çalışmada, farklı küme sayılarına göre ülkelerin küme yapıları belirlenmiş ve endeksin alt boyutlarına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Koca (2022), dünyanın sekiz coğrafi bölgesinde yer alan 144 ülkeyi, 2016 yılına ait GGGI ve alt boyutları temelinde hiyerarşik kümeleme yöntemi ile sınıflandırmıştır. Benzer bir çalışma yürüten Ayabakan (2022), OECD ülkelerini 2021 yılına ait GGGI verileri ve alt bileşenleri doğrultusunda hiyerarşik kümeleme yöntemi ile analiz etmiştir. Bu çalışmada her bir alt boyuta göre ülkeler farklı sayıda küme içerisinde değerlendirilmiştir. Mishcenko ve arkadaşları (2022), Ukrayna ve dünyanın diğer ülkeleri için 2017-2020 yıllarını kapsayan bir veri seti oluşturularak her yıl için GGGI'ye dayalı kümeleme analizi gerçekleştirmiştir.

Zamansal veri kümeleme alanındaki literatür incelendiğinde, dinamik zaman bükme (DTW) yönteminin yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir. Li ve arkadaşları (2025), Norfolk bölgesinde yer alan arpa, buğday ve kolza gibi kışlık gıda mahsul çeşitlerinin gruplandırılması için hızlı dinamik zaman bükmesi ve hiyerarşik kümelemeyi birleştiren yeni bir model önermişlerdir. Fransiska ve arkadaşları (2024), Bengkulu bölgesinde 2001-2020 yılları arasındaki günlük yağış miktarlarını hiyerarşik kümeleme (Tek Bağlantı, Tam Bağlantı ve Ortalama Bağlantı) yöntemleri ile kümeleyerek uzaklık hesaplamalarında hem Öklid mesafesi hem de DTW yöntemini kullanmıştır. Kümeleme yöntemlerinin karşılaştırılmasında kofenetik korelasyon katsayısından yararlanılmıştır. Holder ve arkadaşları (2024), zaman serisi kümelemesi için farklı uzaklık hesaplama yöntemlerini k-ortalama ve k-medoid kümeleme yöntemleri ile test etmiştir. Kullanılan uzaklık hesaplama yöntemleri arasında dinamik zaman bükme, dinamik barycenter ortalaması, taşı-böl-birleştir, gerçek ile ceza düzenleme mesafesi, zaman atlama düzenleme mesafesi, türevsel dinamik zaman bükme, en uzun ortak alt dizi, gerçek diziler üzerinde düzenleme dağılımı, ağırlıklı dinamik zaman bükme ve ağırlıklı türevsel dinamik zaman bükme yöntemleri yer almaktadır. Maharaj ve arkadaşları (2024), yenilenebilir enerji kaynaklarına göre 130 ülkeyi kümelemiş ve uzaklık hesaplamalarında dinamik zaman bükme yöntemini kullanmıştır. Bu çalışmada, PAM ve bulanık kümeleme yöntemleri uygulanmıştır. Rahkmawati ve Annisa (2023), Endonezya'daki pirinç fiyatlarının Ocak-Ekim 2023 tarih aralığında değişimlerini inceleyerek 34 şehri dinamik zaman bükme ve hiyerarşik kümeleme analizi (medyan) ile gruplandırmıştır. Wang ve arkadaşları (2018), k-ortalama kümeleme analizi için Öklid ve dinamik zaman bükme yöntemlerini birleştirerek ağırlıklı Öklid-DTW modelini önermiş ve ağırlık ayarlamaları ile hesaplama hızı geliştirildiğinde başarılı sonuçlar alındığını belirtmiştir. Son olarak, Niennattrakul ve Ratanamahatana (2007), farklı veri setleri üzerinde yapmış oldukları deneyler ile zaman serisi kümeleme yöntemlerinde dinamik zaman bükme yönteminin başarılı sonuçlar verdiğini doğrulamışlardır. Bu bağlamda, bu çalışmada da uzaklık matrisi hesaplamalarında dinamik zaman bükme yöntemi tercih edilmiştir.

3. Veri Seti ve Metodoloji

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada, 2006-2024 yıllarını kapsayan 18 yıllık Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi (GGGI) değerleri dünya ülkeleri için derlenmiştir. Ancak, 2019 yılına ait GGGI değerinin hesaplanmamış olması ve bazı ülkelerde eksik veya bulunamayan verilerin yer alması nedeniyle, ilgili ülkeler veri setinden çıkarılmıştır. Sonuç olarak, analiz kapsamında 99 ülkeye ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan GGGI genel skor değerleri, Dünya Ekonomik Forumu'nun resmi internet sitesinden temin edilmiştir. GGGI ilişkin alt boyutlar bu çalışmanın veri setinde yer almamaktadır.

3.2. Metodoloji

Analiz sürecinde öncelikle yıllara karşılık gelen değişkenler Min-Max normalizasyon yöntemi ile ölçeklendirilmiştir. Ardından, uzaklık matrisi hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan dinamik zaman bükmesi (DTW) yöntemi uygulanmıştır. Optimum küme sayısının belirlenmesi sonrasında, hiyerarşik kümeleme (tam bağlantı, tek bağlantı, Ward's), K-medoid ve spektral kümeleme yöntemleri ile analizler yapılmış ve kümeleme performansları karşılaştırılarak en uygun yöntem seçilmiştir. Son aşamada, belirlenen yöntem doğrultusunda analiz gerçekleştirilmiş ve bulgular ortaya konulmuştur. Analizler, R paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Dinamik Zaman Bükmesi

Dinamik Zaman Bükmesi (DTW), iki zaman serisi arasındaki benzerliği ölçmek için kullanılan ve özellikle konuşma tanıma alanında kullanılan bir yöntemdir. Yöntem Japon bilim adamı Itakura tarafından önerilmiş ve ilk olarak Berndt ve Clifford tarafından veri madenciliği alanına tanıtılmıştır (Berndt ve Clifford, 1994:361) Dinamik Zaman Bükmesi (DTW) yöntemi, zaman serileri arasındaki benzerliği ölçmek için kullanılan güçlü bir algoritmadır. Temel amacı, iki zaman serisini hizalamak için zaman eksenini esneterek mümkün olan en iyi hizalamayı sağlamaktır.

DTW, şekle dayalı iyi bilinen bir benzerlik ölçüsüdür. Tüm olası yolları bulmak için dinamik programlama tekniğini kullanır ve iki zaman serisi arasında minimum mesafeye sahip olanı seçer. Mesafeyi hesaplamak için, matristeki her bir elemanın en az üç çevre komşunun kümülatif mesafesi olduğu bir mesafe matrisi oluşturur.

DTW, iki zaman serisini hizalamak için bir dinamik programlama yaklaşımı kullanır. Amaç, iki zaman serisi arasındaki en düşük warping (bükülme) mesafesini bulmak ve en iyi hizalama yolunu belirlemektir. Bunun için $n \times m$ boyutunda bir maliyet matrisi (distance matrix) oluşturulur.

Q ve C olmak üzere iki zaman serisi olsun:

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\} \text{ (uzunluğu } n \text{)}$$

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\} \text{ (uzunluğu } m \text{)}$$

Her bir (i, j) noktası, iki serinin q_i ve c_j elemanları arasındaki karesel farkın hesaplandığı bir mesafe matrisi elemanına karşılık gelir:

$$d(q_i, c_j) = (q_i - c_j)^2 \quad (1)$$

Bu matriste en düşük toplam mesafeye sahip yolu bulmak için dinamik programlama kullanılır. İki dizi arasındaki en iyi eşleşmeyi bulmak amacıyla aradaki toplam birikimli mesafeyi en aza indirecek bir yol hesaplanır.

$$DTW(Q, C) = \min \left\{ \sqrt{\sum_{k=1}^K w_k} \right. \quad (2)$$

Burada, w_k aynı zamanda Q ile C arasındaki eşleştirmeyi temsil eden matris elemanları kümesi olan W 'nin k 'ncü elemanına ait $(i, j)_k$ matris elemanıdır.

DTW algoritması, aşağıdaki yenileme (recurrence) ilişkisini kullanarak en iyi hizalamayı hesaplar:

$$\gamma(i, j) = d(q_i, c_j) + \min \gamma(i-1, j-1), \gamma(i-1, j), \gamma(i, j-1) \quad (3)$$

Burada $\gamma(i, j)$, (i, j) noktasına kadar olan en küçük toplam warping mesafesini; $d(q_i, c_j)$, (i, j) hücresindeki iki nokta arasındaki mesafeyi; $\min \gamma(i-1, j-1), \gamma(i-1, j), \gamma(i, j-1)$, üç komşu hücreden en küçük olanının seçilmesini gösterir (Ratanamahatana ve Keogh, 2004:2).

DTW algoritmasının hizalama yolu belirlerken uyması gereken üç temel kısıt vardır (Wang vd., 2018: 488):

Sınır Koşulları (Boundary Condition)

Warping yolu matriste $(0,0)$ noktasında başlamalı ve (n, m) noktasında bitmelidir.

Süreklilik (Continuity)

Eğer mevcut nokta $w_{k-1} = (i', j')$ ise bir sonraki nokta $w_k = (i, j)$ şu koşulu sağlamalıdır:

$$(i - i') \leq 1, \quad (j - j') \leq 1 \quad (4)$$

Bu, ardışık noktaların birbirine yakın olmasını sağlar.

Monotonluk (Monotonicity)

Eğer mevcut nokta $w_{k-1} = (i', j')$ ise bir sonraki nokta $w_k = (i, j)$ şu koşulu sağlamalıdır:

$$0 \leq (i - i'), \quad 0 \leq (j - j') \quad (5)$$

Bu koşul, zaman serisinin sırasını koruyarak çapraz eşleşmeyi önler.

3.2.2. Hiyerarşik Kümeleme

Hiyerarşik kümeleme analizi, dendogram adı verilen ağaç veri yapısını kullanan (Lor, 1983; Neilsen, 2016) ve veri setinin hiyerarşik ayrıştırmasını yaparak küme sayısı hakkında bilgi veren yöntemlerdir.

Hiyerarşik kümeleme yöntemi aglomeratif veya bölücü olarak ikiye ayrılır. Aşağıdan yukarıya yaklaşım olarak da adlandırılan kümeleme yaklaşımında, her nesne ayrı bir küme olarak temsil edilir ve tüm nesnelere bir küme oluşturduğunda algoritma sona erer. Yukarıdan aşağıya yaklaşım olarak da adlandırılan bölücü yaklaşımında ise tüm nesnelere bir küme olarak temsil edilir ve her nesne ayrı bir küme oluşturduğunda algoritma sonlandırılır (Hair vd., 2014; Rokach, 2010)

Yaygın olarak kullanılan aglomeratif yaklaşım yöntemleri arasında tek bağlantı, tam bağlantı, centroid bağlantı ve Ward's yöntemi bulunmaktadır (Rasmussen, 1992; Rani ve Rohil, 2013: 1119;

Hervada-Sala ve Jarauta-Bragulat, 2004: 882). Bölücü yaklaşım algoritması olarak DIANA (Divisive Analysis) örnek olarak verilebilir (Xu ve Wunsch, 2009).

3.2.3. K-medoids Kümeleme

K-medoids kümeleme, bölümsel (partitional) bir kümeleme yöntemidir ve k-ortalama kümelemeye benzemektedir. Her iki yöntemin de amacı, bir ölçüm veya gözlem kümesini k alt kümeye veya kümeye ayırmaktır. Bu kümeler, her bir ölçüm ile ait olduğu kümenin merkezi arasındaki mesafelerin toplamını minimize edecek şekilde oluşturulur.

K-medoids kümeleme, küme içindeki veri noktalarının, kümedeki diğer tüm veri noktalarına olan toplam uzaklığı en az olan temsilci bir veri noktasını (medoid) belirleyerek mesafeyi en aza indirir. K-medoids kümelemede, her kümenin merkezi, kümedeki en merkezi konumda bulunan gerçek bir veri noktasıdır.

Medoidler, başlangıçta veri kümesinden rastgele k veri noktası seçilerek belirlenir. K-medoids kümeleme, amaç fonksiyonu minimum değeri alana kadar iteratif olarak çalışır.

Amaç fonksiyonu (Mutlak Hata Kriteri - AEC) şu şekilde tanımlanır:

$$E = \sum_{j=1}^k \sum_{p \in c_j} |p - o_j| \quad (6)$$

Burada p , küme c_j içindeki bir veri noktasını; o_j , küme c_j 'in medoididir.

K-medoids algoritması, her bir nesnenin kümedeki medoidine olan toplam mesafesini minimize eden iteratif adımlardan oluşur (Prahara vd., 2020:41). K-medoids kümelemenin en bilinen uygulaması Kaufman ve Rousseeuw tarafından geliştirilen PAM (Partitioning Around Medoids) algoritmasıdır (Kaufman ve Rousseeuw, 1987).

3.2.4. Spektral Kümeleme

Spektral kümeleme, verileri benzerliklerine göre gruplamak için grafik teorisi ve lineer cebir tekniklerini kullanan bir yöntemdir. Bu yöntem, özellikle karmaşık ve doğrusal olmayan yapıya sahip veri kümelerinde etkili sonuçlar verir. Spektral kümelemenin temel adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Von Luxburg, 2007):

Benzerlik Matrisi Oluşturma: Veri noktaları arasındaki benzerlikleri temsil eden bir matris oluşturulur. Bu matris genellikle Gaussian benzerlik fonksiyonu kullanılarak hesaplanır:

$$s(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (7)$$

Burada x_i ve x_j veri noktalarını, $\|x_i - x_j\|$ aralarındaki Öklid uzaklığını ve σ ise bir ölçek parametresini temsil eder.

Laplasyen Matrisi Hesaplama: Benzerlik matrisinden yola çıkarak grafik Laplasyen matrisi L hesaplanır. Standart (sıradan) Laplasyen matrisi şu şekilde tanımlanır: $L = D - S$. Burada D , benzerlik matrisinin satır veya sütunlarının toplamı ile elde edilen diagonal derece matrisidir ve S benzerlik matrisidir.

Özdeğer ve Özvektörlerin Hesaplanması: Laplasyen matrisinin en küçük k özdeğerine karşılık gelen k özvektörü hesaplanır. Bu özvektörler, veri noktalarının yeni bir uzaydaki temsilini sağlar.

Kümeleme: Elde edilen k boyutlu yeni temsil üzerinde geleneksel kümeleme algoritmaları (örneğin, k-ortalamalar) kullanılarak veri noktaları k kümeye ayrılır.

Bu yöntem, özellikle karmaşık veri yapılarının kümeleme analizinde etkili bir araç olarak kullanılmaktadır.

3.2.5. Küme Sayısının Belirlenmesi ve Değerlendirme Kriterleri

Kümeleme analizinde karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, optimum küme sayısının belirlenmesidir. Bu amaçla, dirsek yöntemi (Kassambara, 2017), Ortalama Silüet Yöntemi (Rousseeuw, 1987), Gap istatistiği (Tibshirani vd., 2001), Caliński-Harabasz indeksi (Caliński ve Harabasz, 1974), Davies-Bouldin değeri (Davies ve Bouldin, 1979) ve Dunn Endeksi (Dunn, 1973) gibi çeşitli kriterler önerilmektedir. Bu kriterler arasında en başarılı küme sayısı, ortalama silüet yöntemi ile belirlenmiştir (Öztürk ve Demirel, 2023:34). Bu çalışmada ise farklı kümeleme algoritmaları için optimum küme sayısının belirlenmesinde ortalama silüet yöntemi tercih edilmiştir.

Ortalama Silüet Yöntemi, Dunn Endeksi ve Caliński-Harabasz indeksi, kümeleme yöntemlerinin performansını değerlendirmek için kullanılan temel kriterlerdir. Buna ek olarak, hiyerarşik kümeleme yöntemlerinin değerlendirilmesinde kofenetik korelasyon katsayısı dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada, kullanılan tüm kümeleme yöntemleri için bu kriterlere ait değerler hesaplanmıştır. Değerlendirme kriterlerine ilişkin teorik bilgiler sırasıyla açıklanmıştır.

Ortalama Silüet Yöntemi

Kümelerin kendi kümelerine uygunluğunun test edildiği ortalama silüet yöntemi her i . gözlem için aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Rousseeuw, 1987:56):

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (8)$$

Burada $a(i)$, gözlemin kendi kümesinde bulunan tüm noktalara olan ortalama uzaklığını; $b(i)$, gözlemin diğer kümesinde bulunan tüm noktalara olan ortalama uzaklığını gösterir. -1 ile 1 arasında değer almaktadır. 1'e yaklaşan değerler i . gözlemin atandığı kümeye uyumunun yüksek olduğunu göstermektedir.

Dunn endeksi

Aynı kümede bulunmayan gözlemler arasındaki en küçük mesafenin, küme içindeki en büyük mesafeye oranı olarak tanımlanan Dunn endeksi, aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Dunn, 1973):

$$DI = \min_{k=1, \dots, K} \left\{ \min_{kk=k+1, \dots, K} \left(\frac{\text{dist}(c_k, c_{kk})}{\max_{a=1, \dots, K} d(C_a)} \right) \right\} \quad (9)$$

Burada, $\text{dist}(c_k, c_{kk})$, c_k ve c_{kk} kümeleri arasındaki uzaklık fonksiyonunu gösterir. $\text{dist}(c_k, c_{kk}) = \min_{u \in C_k, w \in C_{kk}} d(u, w)$ olarak tanımlanır. $d(u, w)$, u ve w elemanları arasındaki Öklid uzaklığını ifade eder. $d(C) = \max_{u, v \in C} \text{diam}(u, v)$ olarak tanımlanır ve herhangi kümedeki birbirine en uzak iki elemanın ($\text{diam}(u, v)$) Öklid uzaklığını verir.

Caliński-Harabasz indeksi,

Calinski-Harabasz (CH) indeksi, kümeleme analizinde küme kalitesini değerlendirmek için kullanılan bir validasyon metriğidir. Daha yüksek CH değeri, daha iyi bir kümeleme yapısını gösterir çünkü kümeler arası ayrımı artırırken kümeler içindeki yoğunluğu minimize etmeye çalışır. CH değeri büyüdükçe kümeler daha belirgin hale gelir, yani daha iyi bir ayrım sağlanır. Düşük CH

değerleri, kümelerin birbirine çok yakın olduğunu veya kümeleme yapısının zayıf olduğunu gösterir. CH indeksi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Caliński ve Harabasz, 1974):

$$CH = \frac{B_k}{W_k} \times \frac{(N - k)}{(k - 1)} \quad (10)$$

Burada N , toplam örnek sayısını; k , küme sayısını; B_k , kümeler arası değişkenliği; W_k , küme içi değişkenliği göstermektedir.

Kofenetik korelasyon katsayısı

Kofenetik korelasyon katsayısı, zaman serisi verilerinin gruplandırılmasında farklılık ölçüsünün etkinliğini değerlendiren bir metriktir. Bu katsayı, hiyerarşik kümeleme sonucunda elde edilen ağaç diyagramındaki kofenetik mesafeler ile kümeleme sürecinde kullanılan orijinal nesne mesafeleri arasındaki ilişkiyi ölçer. Başka bir deyişle, kümeleme yapısının orijinal verilere ne kadar sadık kaldığını belirlemek için kullanılan bir korelasyon katsayısıdır. Kofenetik mesafe, bir dendrogramda (hiyerarşik ağaç şeması) iki veri noktası birleştiğinde arasındaki mesafedir. Yüksek bir Kofenetik korelasyon katsayısı değeri, kümeleme sonucunun iyi olduğu anlamına gelir. Kofenetik korelasyon katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Fransiska vd., 2024: 2-3):

$$KKK = \frac{\sum(d_i - \bar{d})(c_i - \bar{c})}{\sqrt{\sum(d_i - \bar{d})^2} \sqrt{\sum(c_i - \bar{c})^2}} \quad (11)$$

Burada d_i , orijinal veri noktaları arasındaki mesafe; c_i , kofenetik mesafe, \bar{d} ve \bar{c} , bu değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

4. Bulgular

Kümeleme analizinin en önemli adımlarından biri olan küme sayısının belirlenmesi amacıyla, hiyerarşik kümeleme (tek bağlantı, tam bağlantı ve Ward's), PAM ve spektral kümeleme yöntemleri kullanılarak analiz gerçekleştirildi. Bu yöntemler, küme sayısı 2'den 9'a kadar olacak şekilde çalıştırıldı. Her küme sayısı için ilgili yöntemlere ait ortalama silüet değerleri hesaplandı ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de sunuldu.

Tablo 1: Farklı Küme Sayılarına Göre Ortalama Silüet Katsayıları

Küme Sayısı	Hiyerarşik (Tek Bağlantı)	Hiyerarşik (Tam Bağlantı)	Hiyerarşik (Ward's)	PAM	Spektral
2	0.6308290	0.4640693	0.6308290	0.51501997	0.61402576
3	0.6020925	0.3515854	0.3440269	0.12298003	0.24881851
4	0.3437166	0.2968062	0.2428923	0.04898333	0.20352270
5	0.2721730	0.2587458	0.2472564	0.04963783	0.03934297
6	0.2642923	0.2606154	0.2503545	0.04588285	-0.06439648
7	0.1827200	0.2575086	0.2315915	0.04348555	0.01513628
8	0.1699290	0.1952354	0.2307258	0.04716139	0.02187662
9	0.1639492	0.1949798	0.1016310	0.05400779	0.05950791

Elde edilen sonuçlara göre, optimum küme sayısı 2 olarak belirlenmiştir. Kümeleme teknikleri tekrar uygulanarak küme performans kriterleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2: Kümeleme Yöntemlerine İlişkin Performans Kriter Değerleri

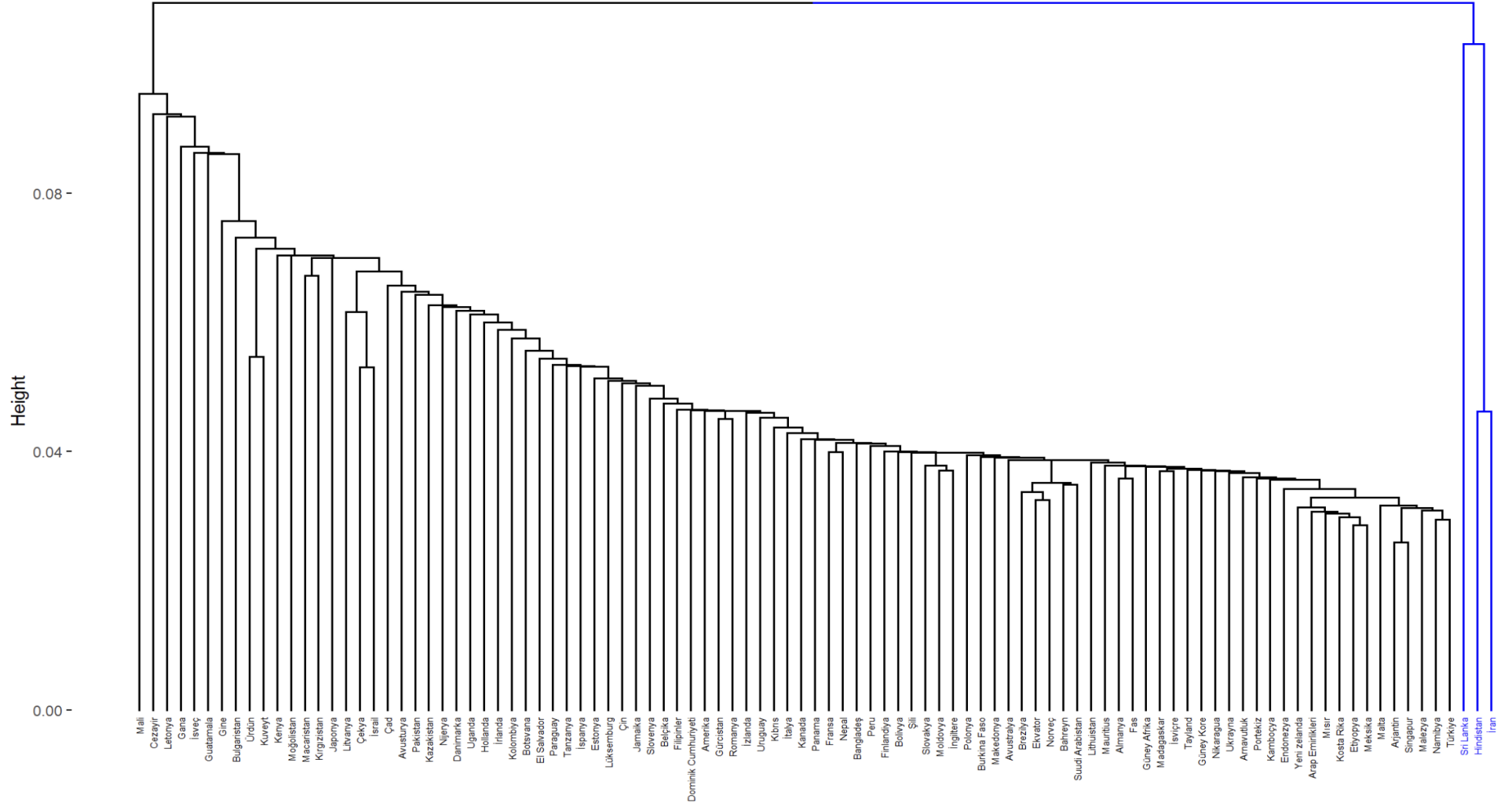
Yöntem	Silüet	Dunn	Calinski Harabasz
Tek Bağlantı	0.630829	0.311148	39.8590
Tam Bağlantı	0.464069	0.200446	40.9894
Ward's	0.630829	0.311148	39.8590
PAM	0.51502	0.199017	41.5893
Spektral	0.614026	0.279402	42.7351

Küme performans kriterlerine göre, en başarılı kümeleme yöntemleri hiyerarşik/tek bağlantı ve hiyerarşik/Wards olarak belirlenmiştir. Hangi yöntemin tercih edileceğine, kofenetik korelasyon katsayıları dikkate alınarak karar verilmiştir. Tek bağlantı hiyerarşik kümeleme yönteminin kofenetik korelasyon katsayısı 0.8112444 olarak hesaplanırken, Ward's yöntemi için bu değer 0.7995829 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara dayanarak, en uygun kümeleme yönteminin tek bağlantı hiyerarşik kümeleme olduğu sonucuna varılmıştır.

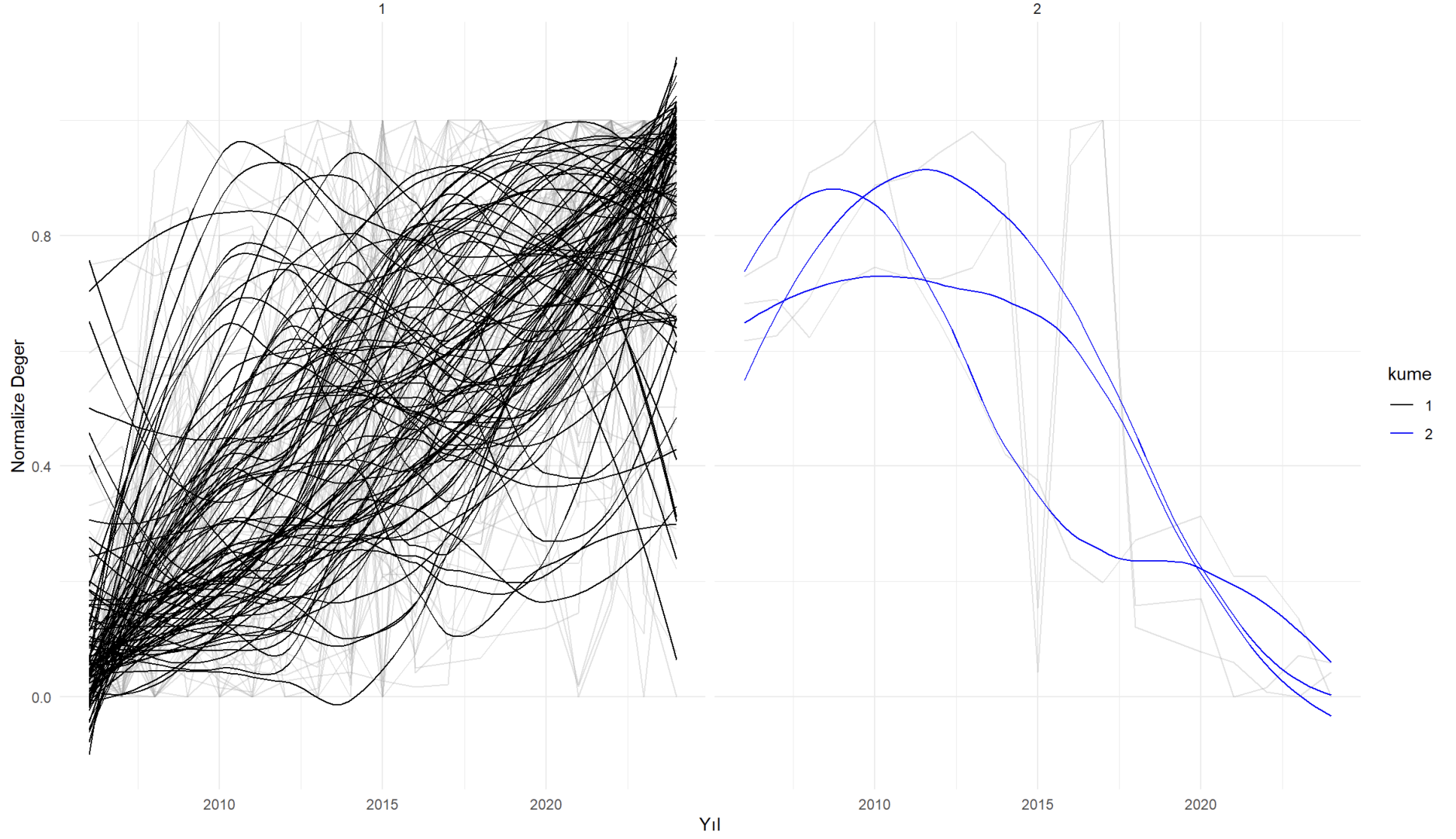
Dinamik zaman bükmesi ile tek bağlantı hiyerarşik kümeleme yöntemine ait dendogram grafiği Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'e göre; 1. Küme 96 ülkeden 2. Küme ise 3 ülkeden oluşmaktadır. Ülkelerin küme dağılım grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir. Küme 1, Arnavutluk, Cezayir, Arjantin, Avustralya, Avusturya, Bahreyn, Bangladeş, Belçika, Bolivya, Botsvana, Brezilya, Bulgaristan, Burkina Faso, Kamboçya, Kanada, Çad, Şili, Çin, Kolombiya, Kosta Rika, Kıbrıs, Çekya, Danimarka, Dominik Cumhuriyeti, Ekvator, Mısır, El Salvador, Estonya, Etiyopya, Finlandiya, Fransa, Gürcistan, Almanya, Gana, Guatamala, Gine, Macaristan, İzlanda, Endonezya, İrlanda, İsrail, İtalya, Jamaika, Japonya, Ürdün, Kazakistan, Kenya, Güney Kore, Kuveyt, Kırgızistan, Litvanya, Letonya, Lithuistan, Lüksemburg, Makedonya, Madagaskar, Malezya, Mali, Malta, Mauritius, Meksika, Moldovya, Moğolistan, Fas, Namibya, Nepal, Hollanda, Yeni Zelanda, Nikaragua, Nijerya, Norveç, Pakistan, Panama, Paraguay, Peru, Filipinler, Polonya, Portekiz, Romanya, Suudi Arabistan, Singapur, Slovakya, Slovenya, Güney Afrika, İspanya, İsveç, İsviçre, Tanzanya, Tayland, Türkiye, Uganda, Ukrayna, Arap Emirlikleri, İngiltere, Amerika, Uruguay; Küme 2 Sri Lanka, Hindistan, İran oluşmaktadır.

Şekil 3'de kümeler dahil olan ülkelere ilişkin zaman serisi grafikleri gösterilmiştir. Birinci (Kırmızı) kümede yer alan ülkeler genel olarak zaman içinde artan bir eğilim göstermektedir. Bu durum, Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksinde sürekli bir iyileşme yaşandığını veya belirli bir metriğin yıllar içinde yükseldiğini göstermektedir. Bu ülkeler farklı coğrafi bölgelerden gelse de benzer sosyo-ekonomik dinamiklere sahip olabilir. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin karışık şekilde bu kümede yer alması, küresel çapta benzer reformların ve politikaların uygulanmış olabileceğini düşündürmektedir. İkinci (mavi) kümede yer alan ülkeler, zaman içinde azalan bir eğilim sergilemektedir. Başlangıçta daha yüksek olan normalize değerler zamanla düşüş göstermektedir. Bu durum, Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksinde bir gerileme yaşandığını veya belirli bir göstergenin zamanla kötüleştiğini düşündürmektedir. Bu ülkeler, belirli sosyo-politik faktörler, ekonomik dalgalanmalar veya toplumsal normlar nedeniyle benzer bir eğilim göstermiş olabilir.

Şekil 1. Dinamik Zaman Bükmesi ile Tek Bağlantı Hiyerarşik Külemeye ait Dendogram



Şekil 3. Dinamik Zaman Bükmesi ile Kümelenmiş Zaman Serileri



5. Sonuçlar

Bu çalışmada 99 ülke için 2006-2024 yılları arasında Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi kullanılarak Dinamik zaman bükme ile kümeleme analizleri yapılmıştır. Dinamik Zaman Bükme yöntemi ile gerçekleştirilen kümeleme analizi, ülkelerin Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksine ilişkin uzun vadeli eğilimlerini belirlemede etkili bir araç olarak kullanılmıştır. Çalışmada beş farklı kümeleme yöntemi test edilmiş ve optimum küme sayısının 2 olduğu tespit edilmiştir. En başarılı kümeleme yöntemi olarak ise tek bağlantı hiyerarşik kümeleme yöntemi belirlenmiştir. Tek bağlantı yöntemi, kümeler arasında küçük bağlantılar üzerinden geniş yapıların korunmasını sağladığı ve DTW'nin esnekliğiyle daha iyi uyum sağladığı için diğer yöntemlere kıyasla daha başarılı bir sonuç vermiş olabilir. Özellikle zaman serisi verilerinde uzun vadeli benzerlikleri tespit etmek açısından avantajlı olduğu görülmektedir.

Analiz sonucunda elde edilen iki kümeden birinci küme toplamda 96 ülkeyi içerirken, ikinci küme yalnızca 3 ülkeden oluşmaktadır. Birinci kümedeki ülkelerin Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksinde yıllar içinde artan bir eğilim sergilemesi, bu ülkelerde toplumsal cinsiyet eşitliği alanında olumlu yönde ilerlemeler kaydedildiğini göstermektedir. Bu eğilim, kadınların eğitim, istihdam, siyasi temsili ve ekonomik fırsatlara erişimi gibi alanlarda sağlanan gelişmelerin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Buna karşılık, ikinci kümede yer alan ülkeler (Sri Lanka, Hindistan, İran) ise zaman içinde negatif bir eğilim sergilemiştir. Bu durum, bu ülkelerde toplumsal cinsiyet eşitliği konusunda gerileme yaşandığını ve kadınların ekonomik, sosyal ve siyasi haklarına erişiminde zaman içinde kısıtlamaların arttığını düşündürmektedir. Özellikle, yasal düzenlemeler, toplumsal normlar, politik değişimler veya ekonomik krizler gibi faktörlerin, Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksinde bu olumsuz eğilime neden olabileceği değerlendirilmektedir.

Birinci kümedeki ülkelerin zaman serileri genel olarak yukarı yönlü bir trend izlerken, ikinci kümedeki ülkeler belirgin bir düşüş eğilimi göstermektedir (Şekil 3). Bu bulgu, küresel ölçekte toplumsal cinsiyet eşitliğinde ilerleme sağlandığını ancak bazı ülkelerde bu ilerlemenin tersine döndüğünü ortaya koymaktadır. İkinci kümedeki ülkeler için özel politikalar geliştirilmesi ve toplumsal cinsiyet eşitliğini artırmaya yönelik önlemler alınması gerekliliği bu çalışmanın önemli bir çıktısı olarak değerlendirilebilir.

Zaman serisi kümeleme analizi sonucunda, ülkelerin cinsiyet eşitliği açısından benzer gelişim dinamiklerine sahip gruplarda yer aldığı görülmüştür. Bu bulgular, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında Hedef 5'e ulaşma yolunda ülkeler arasında farklılaşan stratejilere ve ihtiyaçlara işaret etmektedir. Bu nedenle, cinsiyet eşitliğini artırmaya yönelik politikaların ülkelerin mevcut konumlarına göre tasarlanması ve sürekli izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Elde edilen sonuçlardan hareketle özellikle Sri Lanka, Hindistan, İran'da negatif yönlü eğilimin iyileştirilmesi için bazı politika önerileri sunulmaktadır.

- Bu ülkelerde Kadın İstihdamını Artırıcı Politikalara ağırlık verilmelidir. Bu kapsamda kadın girişimciliğini teşvik eden mikro kredi programları ve düşük faizli krediler sunulmalıdır.
- Eğitimde Toplumsal Cinsiyet Açığını Kapatmaya yönelik olarak kız çocukları için burs programları artırılmalı, STEM alanlarına yönlendirici teşvikler sağlanmalıdır.
- Eşit Ücret ve Çalışma Koşullarının Güçlendirilmesi amacıyla eşit işe eşit ücret politikaları yasalarla güçlendirilmeli ve sıkı denetimler yapılmalıdır.
- Kadınların Siyasal Temsilinin Artırılması için kadın aday kotası artırılmalı, siyasal süreçlerde kadın katılımı teşvik edilmelidir.
- Çocuk Bakım Hizmetlerinin Güçlendirilebilmesi amacıyla, kamu destekli kreş ve bakım hizmetleri yaygınlaştırılmalı, iş yerlerinde ebeveyn dostu politikalar uygulanmalıdır.

• Medya ve Kültürel Algıları Dönüştürme doğrultusunda toplumsal farkındalık kampanyaları ile kadınların ekonomide ve siyasette aktif rol almasını teşvik eden medya içerikleri desteklenmelidir.

Bu bulgular, ülkelerin sosyo-ekonomik politikaları, kültürel faktörler ve kadın haklarına yönelik hükümet politikalarının Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi üzerindeki uzun vadeli etkilerini değerlendirmek açısından önemlidir. Politika yapıcılar, farklı ülke gruplarında gözlemlenen bu eğilimleri dikkate alarak cinsiyet eşitsizliğini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirebilir. Bu bağlamda, DTW tabanlı kümeleme analizi, ülkelerin zaman içindeki dönüşümünü anlamada güçlü bir araç olarak değerlendirilebilir.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Bu araştırmanın hazırlanmasında herhangi bir dış destek alınmamıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Tek yazarlı bir çalışma olup yazarın katkı oranı %100'dür.

Çatışma Beyanı: Araştırmanın yazarı olarak herhangi bir çıkar çatışma beyanım bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı: Bu araştırmanın her aşamasında "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesin" de belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmanın yazım sürecinde etik kurallarına uygun alıntı yapılmış ve kaynakça oluşturulmuştur. Çalışma intihal denetimine tabi tutulmuştur.

Etik Kurul İzni: Çalışma için kapsamı gereği etik kurul iznine ihtiyaç bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Ayabakan, B. Ç. (2022). OECD Ülkelerinin Küresel Cinsiyet Uçurumu Endeksi Verilerinin Kümeleme Analizi ile Değerlendirilmesi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 15(3), 85-98.
- Caliński T, Harabasz J. A (1974). Dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics-theory and Methods*, 3(1), 1-27
- Davies DL, Bouldin, DW. A (1979). Cluster separation measure. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 1(2), 224-227.
- Dunn, J. C. (1973). A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters. *Journal of Cybernetics*, 3(3), 32-57. <https://doi.org/10.1080/01969727308546046>
- Fransiska, H., Agustina, D., Setyorini, D., Sumartajaya, I. M., & Kurnia, A. (2024, June). Time Series Clustering Analysis Using Dynamic Time Warping Technique of Daily Rainfall in Bengkulu Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1359(1), 012026. Access address: <https://conference.ipb.ac.id/index.php/fisaed/article/view/316>
- Gençoğlu, P., & Kuşkaya, S. (2016). Global Gender Gap Index Analysis in Europe and Central Asia: A Statistical Approach. *Journal of International Social Research*, 9(46), 696-702.
- Hair, Joseph F., et al. (2014) *Multivariate data analysis*. Essex: Pearson Education Limited.
- Hervada-Sala, C., & Jarauta-Bragulat, E. (2004). A program to perform Ward's clustering method on several regionalized variables. *Computers & Geosciences*, 30(8), 881-886.
- Holder, C., Middlehurst, M., & Bagnall, A. (2024). A review and evaluation of elastic distance functions for time series clustering. *Knowledge and Information Systems*, 66(2), 765-809.
- Karakas, B., & Çevik, O. C. (2016). Measurement of Gender Inequality: A Critical Approach to the Global Gender Gap Index. *Emek ve Toplum*, 5(13), 68-74.
- Kassambara, A. (2017). *Practical guide to cluster analysis in R: Unsupervised machine learning*. United States:STHDA

- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. (1987). *Clustering by means of medoids*. Netherlands: Faculty of Mathematics and Informatics. Delft University of Technology.
- Koca, G. Ş. (2021). The Classification of World Countries in Terms of Global Gender Gap with Using Cluster Analysis. *International Journal of Social Research*, 14(2), 30-42.
- Li, H. Y., Lawrence, J. A., Mason, P. J., & Ghail, R. C. (2025). Fast Dynamic Time Warping and Hierarchical Clustering with Multispectral and Synthetic Aperture Radar Temporal Analysis for Unsupervised Winter Food Crop Mapping. *Agriculture*, 15(1), 82. <https://doi.org/10.3390/agriculture15010082>
- Lor, M. (1983) *Cluster Analysis for Social Sciences*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Maharaj, E. A., Giovanni, L. D., D'Urso, P., & Bhattacharya, M. (2024). Deployment of renewable energy sources: Empirical evidence in identifying clusters with dynamic time warping. *Social Indicators Research*, 175(3), 741-762.
- Mishchenko, M., Lukianets-Shakhova, V., Rostetska, S., & Shvets, S. (2022). Constitutional and legal framework for gender equality in Ukraine and world countries. *Amazonia Investiga*, 11(49), 165-174.
- Nielsen, F. (2016). Hierarchical Clustering. Introduction to HPC with MPI for Data Science. (s.195–211) içinde. Springer.
- Niennattrakul, V., & Ratanamahatana, C. A. (2007). Inaccuracies of shape averaging method using dynamic time warping for time series data. In Computational Science–ICCS 2007: 7th International Conference, Beijing, China, May 27-30, 2007, Proceedings, Part I 7 (pp. 513-520). Springer Berlin Heidelberg.
- OECD (2018). Bridging The Digital Gender Divide Include, Upskill, Innovate. Access address: https://www.researchgate.net/publication/329144162_Bridging_the_digital_gender_divide_Include_upskill_innovate
- Öztürk, F. E., & Demirel, N. (2023). Comparison of the methods to determine optimal number of cluster. *Veri Bilimi*, 6(1), 34-45.
- Prahara, A., Ismi, D. P., & Azhari, A. (2020). Parallelization of Partitioning Around Medoids (PAM) in K-Medoids Clustering on GPU. *Knowledge Engineering and Data Science*, 3(1), 40-49.
- Rahkmawati, Y., & Annisa, S. (2023). Clustering Time Series Using Dynamic Time Warping Distance in Provinces in Indonesia Based on Rice Prices. *TIERS Information Technology Journal*, 4(2), 115-121.
- Rani, Y., & Rohil, H. (2013). A study of hierarchical clustering algorithm. *International Journal of Information and Computation Technology*, 3(11), 1225-1232.
- Rasmussen, E. M. (1992). Clustering algorithms. *Information retrieval: data structures & algorithms 1992*, 419-442.
- Rokach, L. (2010). A survey of Clustering Algorithms. Maimon, O., ve Rokach, L. (Eds.), *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. Second Edition* (s. 269-298) içinde. Springer.
- Rousseeuw, P.J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, 20, 53-65.
- Tibshirani, R., Walther, G. ve Hastie, T. (2001). Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 63(2), 411-423.

-
- Von Luxburg, U. (2007). A tutorial on spectral clustering. *Statistics and computing*, 17, 395-416.
- WEF, World Economic Forum (2024). Global Gender Gap Report 2024. Access address: <https://www.weforum.org/publications/global-gender-gap-report-2024/>
- Xu, R. & Wunsch, D.C. II (2009). *Clustering*. IEEE Press, John Wiley&Sons
- Berndt, D. J., & Clifford, J. (1994). Using dynamic time warping to find patterns in time series. In Proceedings of the 3rd international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 359-370). Access address: <https://cdn.aaai.org/Workshops/1994/WS-94-03/WS94-03-031.pdf>
- Ratanamahatana, C. A., & Keogh, E. (2004). Everything you know about dynamic time warping is wrong. In Third workshop on mining temporal and sequential data. Seattle: Citeseer. Access address: https://www.cs.ucr.edu/~eamonn/DTW_myths.pdf
- Wang, W., Lyu, G., Shi, Y., & Liang, X. (2018). Time series clustering based on dynamic time warping. In 2018 IEEE 9th international conference on software engineering and service science (ICSESS). IEEE. Access address: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8663857>