

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

**ÜLKELERİN LOJİSTİK PERFORMANSLARINA GÖRE
ULUSLARARASI DEMİRYOLLARI İSTATİSTİKLERİ AÇISINDAN
KÜMELENMESİ***

Hande EREN

Dr. Öğr. Üyesi

Kapadokya Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi

E-mail: hande.eren@kapadokya.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-9166-5037

Esra AKSOY¹

Arş. Gör.

Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

E-mail: esraaksoy@sdu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-1395-2337

Öz

Lojistik, uzun yıllar boyunca, ilkel tarımsal ekonomi döneminden modern endüstriye kadar çok sayıda değişime uğramıştır. Bu değişimin sebebi, lojistik kapasite, lojistik hizmet ve sürecin gelişimi için ürün ve ihtiyaçların farklılaşması, gelişmesi gerekliliğidir. Yeterli lojistik kapasitesi olmayan ve yeterli lojistik hizmeti sağlayamayan toplumlar üretim faktörlerini tam verimle kullanamaz ve dış ticarete entegre olamazlar. Demiryolu yük taşımacılığı da bu noktada başta düşük maliyet olmak üzere çok fazla avantaja sahiptir. Demiryollarının bu avantajları sayesinde uzun zamandır lojistik hizmetlerin önemli bir parçası olmayı sürdürmektedir. Demiryolları özellikle dış ticaret faaliyetlerinde oldukça tercih edilen bir ulaştırma seçeneği olmaktadır. Bu yüzden ülkelerin lojistik

* Bu makalede bilimsel araştırma ve yayım etiği ilkelerine uyulmuştur.

¹ **Sorumlu Yazar:** esraaksoy@sdu.edu.tr

Atıf (APA): Eren, H. & Aksoy, E., (2021), Ülkelerin Lojistik Performanslarına Göre Uluslararası Demiryolları İstatistikleri Açısından Kümelenmesi, Ekonomi Bilimleri Dergisi, 13 (2): 111-137.

Lisans: Bu makalenin kullanım izni Creative Commons Attribution-NoCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND3.0) lisansı aracılığıyla bedelsiz sunulmaktadır.

performanslarında demiryolları faaliyetleri önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada da Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD)'nin İstatistik Yıllığı'nda yer alan ülkeler dikkate alınmıştır. Ülkeler TCDD'nin yayımladığı 2016-2020 İstatistik Yıllığı'ndan alınan verilerle uluslararası demiryolu istatistikleri açısından kümelere ayrılmıştır. WEKA programıyla yapılan analizde en ideal sonuçları Beklenti Maksimizasyonu algoritması vermiştir. Algoritmaya göre ülkeler 4 kümeye ayrılmıştır. Ülkeler aynı zamanda Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden PSI yöntemi ile sıralanarak analiz edilmiştir. Elde edilen sıralama ile ülke kümeleri incelenmiştir. Ülkelerin ait olduğu kümelere ve sıralamalarına bakıldığında büyük çoğunlukla yakın sonuçlar elde edilmiştir. PSI yönteminde en iyi performans gösteren ilk beş ülkenin 3'ü aynı kümede yer almıştır. Bu durumla iki farklı analizin sonuçlarının güvenilirliğini test ederken literatüre farklı bir bakış açısı kazandırmak istenmiştir. Sonuç olarak, kümeleme analizi sonuçları ile PSI yöntemi sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın ve birbirini destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Demiryolu Taşımacılığı, Kümeleme Analizi, PSI Yöntemi

Alan Tanımı: Lojistik

CLUSTERING OF COUNTRIES ACCORDING TO THE LOGISTICS PERFORMANCE IN TERMS OF INTERNATIONAL RAILWAYS STATISTICS

Abstract

Logistics has undergone numerous changes over the years, from the primitive agrarian economy to the modern industry. The reason for this change is the necessity of differentiation and development of products and needs for the development of logistics capacity, logistics service and process. Societies that do not have sufficient logistics capacity and cannot provide adequate logistics services cannot use their production factors with full efficiency and cannot integrate into foreign trade. Rail freight transport also has many advantages, especially low cost, at this point. Thanks to these advantages of railways, it has been an important part of logistics services for a long time. Railways are a highly preferred transportation option, especially in foreign trade activities. Therefore, railway activities have an important place in the logistics performance of countries. In this study, countries are divided into clusters in terms of international railway statistics with the data taken from the 2016-2020 the Annual Statistic published by the General Directorate of Turkish State Railways (TCDD).

In the analysis made with the WEKA program, the Expectation Maximization algorithm gave the most ideal results. According to the algorithm, countries are divided into 4 clusters. The countries were also analyzed by ranking with the PSI method, which is one of the Multi-Criteria Decision Making methods. Country clusters were examined with the obtained ranking. Looking at the clusters and rankings of the countries, mostly close results were obtained. Three of the top five countries with the best performance in the PSI method were in the same cluster. With this situation, it was desired to give a different perspective to the literature while testing the reliability of the results of two different analyzes. As a result, it has been seen that the results of the cluster analysis and the results of the PSI method are very close to each other and support each other.

Key Words: Logistics, Rail Freight, Cluster Analysis, PSI Method

JEL Codes: C02, C38, L91

1.GİRİŞ

Küreselleşme ve artan rekabet gücü, lojistiğin uluslararası ticaretin kilit unsurlarından biri haline gelmesine yol açmıştır. Lojistik hizmetler ne kadar verimli olursa ürünler o kadar hızlı ve güvenilir bir şekilde tedarik edilir. Bu durum ülkeler arasında yapılan ticarete maliyetlerin azalmasına da imkân sağlamaktadır (Marti vd., 2014: 2982).

Yük taşımacılığı sektöründe rekabet giderek artmaya başlamış ve bu durum firmaların yük taşımacılığı konusunda daha yüksek düzeyde hizmetler vermelerini sağlamıştır. Bu noktadan hareketle, yeşil lojistik, çevreci yük taşımacılığı ve çevre dostu taşımacılık kavramlarının adından sıkça söz edilmeye başlanmıştır. Özellikle yeşil lojistik kavramı demiryolu taşımacılığı ile özdeşleşmiş bir kavramdır. Demiryolu hız olarak karayolundan düşük seviyede olmasına rağmen taşınabilecek yük hacmi açısından karayoluna göre daha avantajlı olarak görülmektedir. Demiryolu taşımacılığı lojistiğin taşımacılık fonksiyonu içinde önemli bir paya sahiptir ve genel olarak düşük maliyetli ve hızlı ulaşım gerektirmeyen yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır (Baran ve Esmer, 2018: 325).

Ülkemizde demiryolu hattı kullanılarak yapılan ithalat ve ihracat faaliyetlerinin payı diğer taşımacılık hizmetlerine oranla çok küçük olup, 2019 UTİKAD raporuna bakıldığında ise ülkemiz demiryolu ithalat ve ihracat faaliyetlerinde yıllar içerisinde kayda değer bir gelişme sağlayamamıştır (<https://www.utikad.org.tr/>, 40). 2007 yılında Azerbaycan, Gürcistan ile Türkiye'yi bağlayan Bakü-Tiflis-Kars (BTK) demiryolunun temelleri atılmıştır.

BTK hattı 450 milyon dolar bütçeye sahip olup 2017 yılında açılmıştır. BTK demir yolu hattı toplamda 838 km uzunluğundadır ve 76 kilometresi Türkiye'den geçmektedir. BTK hattı aynı zamanda Avrupa ve Çin arasındaki demiryolu taşımacılığı faaliyetlerinin kesintisiz olmasında önem taşımaktadır (<https://www.utikad.org.tr/>, 41). Marmara, İzmir ve Aliğa Bölgesi, Mersin ve İskenderun Limanları BTK demiryolu hattı ile taşıyacak yüklerin ülkemiz üzerinden denizyoluna aktarılmasında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir. Böylece Çin'in öncülüğünde hayata geçirilmiş olan Kuşak ve Yol girişiminin hedefi olan 75 milyon dolarlık yük hacminden ülkemizde daha fazla pay alabilecektir (<https://www.utikad.org.tr/>, 42).

Çalışmada Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD)'nin yayımladığı 2016-2020 İstatistik Yıllığı'ndan alınan verilerle ülkelerin uluslararası demiryolları istatistikleri açısından kümelenebilirliği amaçlanmıştır. Kümeleme analizi yapıldıktan sonra Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden PSI yöntemi ile ülkelerin sıralaması yapılmıştır. Kümeleme sonuçlarına bağlı olarak sıralamalar incelenmiştir ve karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma ile farklı iki yöntemin güvenilirliği kontrol edilmiştir ve ülkelerin performansları değerlendirilmiştir.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde demiryolları, kümeleme analizi ve PSI yöntemi ile yapılmış bazı çalışmalara Tablo 1.'de yer verilmiştir.

Tablo 1. Literatür Analizi

Demiryolları İle İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

No	Yazar(lar)	Tarih	Uygulama Alanı
1	Solak	2011	Çalışmanın amacı karayolu ve demiryolu ulaştırma sistemlerinin ekonomik etkinlik açısından analizini yapmak ve analizden elde edilen sonuçlara göre önerilerde bulunmaktır.
2	Çekerol Nalçakan	ve 2011	Çalışmada, Türkiye’de lojistik sektörü içerisinde demiryolu taşımacılık modu açısından talebin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Analizde, lojistik sektöründe önemli olan faaliyetler belirlenerek değişkenler tespit edilmiş ve çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur.
3	Kabasakal ve Solak	2011	Bu çalışmanın amacı, panel veri analizi ile demiryolu ulaşım sistemlerinin verimliliğini araştırmaktır. Çalışmada dünya çapında 23 ülkenin 2003-2008 dönemine ait demiryolu ulaşım verileri kullanılmıştır. Ayrıca ülkeler genelinde ortalama ve marjinal değerler karşılaştırılmış ve aynı açıdan değerlendirilmiştir.
4	Albayrak	2021	Çalışmada Türkiye’de demiryolu yük taşımacılığına oluşacak talep modeli 1978-2018 arasındaki yıllık zaman serisi verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Johansen eşbütünleşme analizi ve varyans hata düzeltme modeli kullanılarak tahminin belirleyicilerinin kısa ve uzun dönem esneklikleri tahmin edilmiştir. Uygulama sonuçlarına bakıldığında demiryolu yük talebinin en önemli belirleyicisinin navlun oranı olduğu görülmüştür.

Kümeleme Analizi İle İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

No	Yazar(lar)	Tarih	Uygulama Alanı
1	Barreto vd.	2007	Çalışmada dört gruplama tekniği (hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan) ve altı yakınlık ölçütü kullanılarak bir kuruluş yeri problemi için kümeleme analizi yapılmıştır. Kuruluş yeri maliyetlerinin minimum seviyeye indirilmesinin amaçlandığı çalışmada, sınırlı kapasiteye sahip grupları kümelemenin zor olduğu ve bunu sağlamak için bazı yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği ileri sürülmüştür.
2	Rezankova ve Everitt	2009	Bu makalede, kategorik veriler için kümeleme analizinde bazı yaklaşımlar ileri sürülmüştür. Çalışmada hem bu tür verilerin kümelmesi için tasarlanmış özel yöntemler hem de bazı istatistiksel yazılım paketlerinin (S-PLUS, SPSS, STATISTICA, SYSTAT) bu alandaki avantajları sunulmuştur.
3	Kangallı, Uyar ve Buyrukoğlu	2014	Bu çalışmada, OECD üyesi ülkelerin 2011 yılı için ekonomik özgürlük endeksinde yer alan verileri kullanılarak OECD üyesi ülkelerin sınıflandırılması amaçlanmıştır. Kümeleme analizinin uygulandığı çalışmada K-Ortalamalar ve Wards yöntemleri ile analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda OECD ülkeleri için üç kümelik bir ekonomik özgürlük ve gelişmişlik sınıflandırılması ortaya çıkmıştır.

PSI Yöntemi ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

No	Yazar(lar)	Tarih	Uygulama Alanı
1	Maniya ve Bhatt	2010	Çalışmanın amacı tasarım mühendislerinin tüm gereksinimlerini karşılayan uygun malzeme seçimi için karar vericiye yardımcı olacak yeni bir araç uygulamaktır. Analizde, üç farklı tip malzeme seçimi problemi PSI yöntemi ile incelenmiştir.
2	Attri ve Grover	2015	Bu çalışmada, üretim sistemi yaşam döngüsünün tasarım aşamasında genellikle karşılaşılan çeşitli karar verme problemlerini çözmek için yeni bir ÇKKV yöntemi olan Tercih Seçim İndeksi (PSI) yöntemi uygulanmıştır. Üretim sistemi yaşam döngüsünün tasarım aşamasındaki karar verme probleminin çözümünde PSI yönteminin potansiyelini, uygulanabilirliğini ve doğruluğunu kanıtlamak için literatürden beş örnek alıntılanmış ve geçmiş araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.
3	Kabakcı ve Sarı	2019	Çalışmada 2008-2017 dönemi için Türkiye’de faaliyet gösteren aktif büyüklüğü en fazla olan on mevduat bankasının finansal performansı değerlendirilmiştir. Bankaların finansal performansı Tercih Seçim Endeksi (PSI) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda önem arz eden 15 adet finansal rasyo üzerinden alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

Bu çalışmada, ülkeler uluslararası lojistik performansları açısından WEKA programı ile kümelere ayrılmıştır. Literatüre bakıldığında WEKA yardımıyla yapılmış lojistik konulu herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Genel olarak

SPSS programı ile analiz edilmiş çalışmalar mevcuttur. Ayrıca kümeleme analizinden ve PSI yönteminin birlikte kullanıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmada bu iki analizin karşılaştırılarak sonuçlarının birbirlerini desteklemesi amaçlanmıştır. Bu açıdan çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. KÜMELEME ANALİZİ

Sınıflandırma, veri nesnelerini bir dizi sınıfa atayan bir prosedürü ifade eder. Denetimsiz sınıflandırma olarak kabul edilen kümeleme analizi ise veri nesnelerinin gruplandırılması işlemidir. Kümeleme, önceden sınıflandırılmış nesne kümesinden nesnelere sınıflandırmak için kurallar bulmaya çalışan bir yöntemdir ve örüntü tanıma, diskriminant analizi ve karar analizi olarak bilinen istatistik alanlarından ayrılmaktadır (Jiang vd., 2004: 1370).

Kümeleme analizi nesnelere benzerlikleri açısından gruplara ayırma işlemi olarak ifade edilir ve nesnelere arasında önceden fark edilmeyen ilişkileri ortaya çıkarmak, aykırı değerleri belirlemek ve boyut indirgemek amacıyla kullanılır (Ferreira ve Hitchcock, 2009: 2).

Kümeleme analizinin temel amacı, çok değişkenli gözlemleri bir dizi anlamlı çok değişkenli homojen gruba bölmek, yani gözlemleri merkez adı verilen birkaç merkeze haritalamaktır. Bu merkezler, veri yapısının daha iyi bir genel görünümünü elde etmeyi sağlayan grup bilgilerini özetler. Kümeleme analizi, gözlemlerin gruplara üyeliklerinin yanı sıra sınıf sayısını da belirlemelidir. Çoğu küme algoritmasının sonucu, 1 veya 0'dır. Burada 1, belirli bir kümeye bir gözlemin atandığı anlamına gelir. Bulanık kümeleme yöntemleri ise kısmi atamaya izin verir ve bu nedenle üyelik katsayıları $[0,1]$ aralığındadır. Grup üyeliğini belirlemek için çoğu kümeleme yöntemi gözlemler arasında bir benzerlik ölçüsü kullanır. Veri uzayındaki gözlemler arasındaki mesafeler genellikle benzerliği ifade etmek için kullanılır (Templ vd., 2008: 2198).

Tipik olarak bir keşif analizi aracı olarak kullanılan kümeleme analizi faktör analizinin tamamlayıcısı olarak düşünülebilir. Faktör analizi, değişkenleri vakalar (örneğin bireyler) arasında gruplandırırken kümeleme algoritmaları vakaları ilgilenilen değişkenlere göre gruplandırmaktadır. Bu nedenle kümeleme, araştırmacıların büyük veri kümelerini yönetmesine ve düzenlemesine ve daha sonraki analizlerde öğrenilen kümeleri kullanmasına yardımcı olmak için kullanılabilir yararlı bir tekniktir (Antonenko vd., 2012: 384).

Veri madenciliğinde kümeleme teknikleri temel olarak; Hiyerarşik Kümeleme Algoritmaları, Yoğunluğa Dayalı Kümeleme Algoritmaları, Bölümleyici

Kümeleme Algoritmaları, Izgara Tabanlı Kümeleme Algoritmaları ve Olasılık Modellerine Dayalı Kümeleme Algoritmaları olmak üzere beş bölümde analiz edilebilir (Pasin, 2015:15).

Çalışmada ülkeler uluslararası demiryolları istatistikleri açısından kümelere ayrılmıştır. WEKA programında sayısal (numeric) verilerin analiz edildiği algoritmalar denenerek en ideal çözümleri Beklenti-Maksimizasyonu algoritmasının verdiği görülmüştür. Çalışmaya konu olan bu algoritmaya aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

3.1. Beklenti-Maksimizasyonu (Expectation Maximization - EM)

Beklenti-Maksimizasyonu (Expectation Maximization - EM) algoritması, özellikle olasılıklı modeller için tasarlanmış yinelemeli bir optimizasyon tekniğidir (Minka, 1998: 1)

Beklenti-Maksimizasyonu algoritması bazı bilinmeyen değişkenler söz konusu olduğunda maksimum tahmin olanağı sağlayan ve yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir modeldir (Graca vd., 2007: 1).

EM algoritması, bir modelin parametrelerini yinelemeli olarak tahmin eder. Her yineleme, gözlenen değişkenler için bilinen değerler ve parametrelerin mevcut tahmini gözlemlenmeyen değişkenlerin dağılımını bulan bir Beklenti (E) adımından ve parametreleri yeniden tahmin eden bir Maksimizasyon (M) adımından oluşur (Neal ve Hinton, 1998: 356).

Bir $L(\theta; x, z)$ fonksiyonunda, θ : parametre vektörü, x : gözlem verisi ve z : eksik verileri ifade etmektedir. Olasılık fonksiyonunun beklenen değeri Eşitlik (1) yardımıyla E-adımında hesaplanır. M adımında ise olasılık fonksiyonunu maksimum yapan parametreler Eşitlik (2) ile hesaplanır (Şahin, 2012: 20).

$$Q(\theta) = \dots \quad (1)$$

$$(2)$$

Algoritmada ortalama ve kovaryans matrisinin tahminleri üç aşamada düzeltilmektedir. İlk aşamada, ortalama ve kovaryans matrisinin tahminleri ile eksik değerlere sahip verilerin regresyon parametreleri hesaplanmaktadır. İkinci aşamada ise, hesaplanan parametreler yardımıyla eksik değerler tamamlanmakta ve tamamlanmış veri seti ile ortalama ve kovaryans matrisinin tekrar tahmini yapılmaktadır. İşlem bu şekilde yakınsama olana kadar sürdürülür ve en sonunda eksik veriler için en iyi tahmini değerler elde edilmiş olur (Şahin, 2012: 20).

Uygulanan birçok yönteme bakıldığında, olasılıklı model tabanlı kümelemenin, bölümlenme yöntemlerinden ve bulanık kümeleme yöntemlerinden daha etkili olduğu görülmüştür. Bunun bir nedeni de gizli kümeleri yakalamak için uygun istatistiksel modellerin kullanılabilmesidir. Olasılıklı model tabanlı bir kümeleme algoritması olan EM algoritması, uygulama kolaylığı nedeniyle veri madenciliği ve istatistikte birçok öğrenme probleminin üstesinden gelmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Han vd., 2012: 508).

4. PSI (Preference Selection Index) Yöntemi

PSI (Tercih Seçim İndeksi) yöntemi, Maniya ve Bhatt tarafından 2010 yılında önerilmiştir. ÇKKV yöntemleri mantığına dayanan PSI yöntemi, alternatifleri birçok farklı kriterler açısından eş zamanlı olarak analiz ederek sıralar veya en iyi alternatifini belirler. PSI yöntem temeli istatistiğe dayanmaktadır (Tuş ve Adalı, 2018: 248; Akyüz ve Aka, 2015: 67).

PSI Yöntemini diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran en önemli özellik kriter önem ağırlıklarını yöntem içerisinde kendi belirliyor olmasıdır. Özellikle öznel ya da nesnel ağırlıklandırma yöntemlerinden hangisinin kullanılacağına karar verilemediği durumlarda bu kargaşanın önüne geçmektedir (Maniya ve Bhatt, 2010: 1786). Önerilen yöntemde kriterlere önem ağırlığının atanmasına gerek yoktur. Genel tercih değeri kullanılarak her bir alternatif için tercih seçim indeksi (I_j) hesaplanır ve PSI değeri daha yüksek olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

PSI Yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir (Maniya ve Bhatt, 2010: 1786).

1. Aşama: Karar matrisinin oluşturulmasıdır (Eşitlik 3).

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \quad (3)$$

m : alternatif sayısı,

n : kriter sayısı,

x_{ij} : i. alternatifi j. kriterde gösterdiği performans değeridir.

2. Aşama: Karar matrisinin normalize edilmesidir. Karar matrisinde yer alan kriterlerin niteliklerine göre normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Kriter fayda nitelikli ise Eşitlik (4) kullanılarak normalizasyon işlemi yapılır. Kriter maliyet nitelikli ise Eşitlik (5) kullanılarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir.

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}} \quad (4)$$

$$R_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}} \quad (5)$$

3.Aşama: Normalize edilmiş karar matrisi elde edildikten sonra her bir kriterin ortalama değeri \bar{R}_j Eşitlik (6) yardımı ile elde edilir.

$$\bar{R}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (6)$$

4.Aşama: Kriterlere ait ortalama değer kullanılarak her bir kriter için değerler arasındaki tercih değişkenliği PV_j Eşitlik (7) ile hesaplanır.

$$PV_j = \sum_{i=1}^m \left(R_{ij} - \bar{R}_j \right)^2 \quad (7)$$

5. Aşama: Her bir kriterin tercih değişkenliği değerlerinin sapması ϕ_j Eşitlik (8) ile hesaplanır.

$$\phi_j = 1 - PV_j \quad (8)$$

6.Aşama: Her kriter için toplam tercih değeri ψ_j Eşitlik (9) ile hesaplanır.

$$\psi_j = \frac{\phi_j}{\sum_{j=1}^n \phi_j} \quad (9)$$

Tüm kriterlerin toplam tercih değerinin toplamı 1'e eşit olmalıdır. $\sum_{j=1}^n \psi_j = 1$

7.Aşama: Her alternatif için tercih seçim indeksi I_j Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanır.

$$I_j = \sum_{j=1}^n (R_{ij} \times \psi_j) \quad (10)$$

Her bir alternatif için hesaplanan tercih seçim indeksine göre alternatiflerin sıralaması yapılır. En yüksek indeks puanına sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

5. UYGULAMA

Çalışmada TCDD İstatistik Yıllığı'nda yer alan ülkelerin uluslararası demiryolları istatistikleri açısından kümeleme analiziyle sınıflandırılması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler TCDD'nin 2016-2020 İstatistik Yıllığı'ndan elde edilmiştir. Ülkeler 2019 yılı için *yük miktarı, hat başına düşen trafik, hat başına düşen tren, ortalama yük taşıma mesafesi, demiryolu anahat uzunluğu, 100000 nüfusa düşen demiryolu, altyapı yatırımları ve kişi başına GSYH* kriterleri açısından değerlendirilmiştir. İlk olarak WEKA programı yardımıyla ülkeler kümelere ayrılmış, sonrasında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden PSI yöntemi ile sıralanmıştır.

5.1.Kümeleme Analizinin Uygulanması

Çalışmada ilk olarak TCDD 2016-2020 İstatistik Yıllığı'ndan elde edilen verilerle 8 kriter, 31 alternatif (ülke) kullanılarak karar matrisi oluşturulmuştur. TCDD İstatistik Yıllığı'nda 33 ülke yer alırken Hollanda ve İrlanda ülkeleri veri eksikliğinden dolayı analize dahil edilememiştir. Karar matrisi Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Karar Matrisi

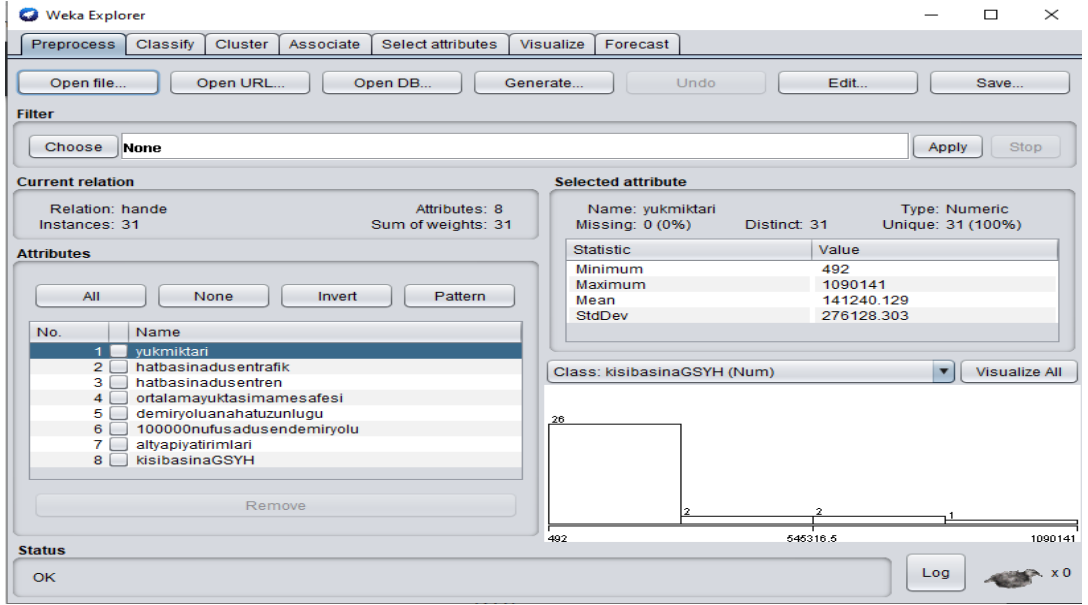
Ülkeler	Yük Miktarı (ton)	Hat Başına Düşen Trafik (*1000)	Hat Başına Düşen Tren (*1000)	Ortalama Yük Taşıma Mesafesi (km)	Demir yolu Anahat Uzunluğu (km)	100000 Nüfusa Düşen D.yolu (km)	Altyapı Yatırımları (euro)	Kişi Başına GSYH (dolar)
Türkiye	24221	2791	5426	439	10378	12	1732663658,0	9150,86
Almanya	251832	6377	32584	311	33422	40	6948000000,0	46472,62
Avusturya	51079	6249	30515	212	5615	63	17370000000,0	50246,61
Belçika	11326	4750	25971	195	3615	31	800000000,0	46420,66
Bulgaristan	8474	1346	7343	261	4030	58	173841906,1	9828,15
Çek Cumh.	33741	2835	17823	164	9562	90	762841938,8	23494,60
Danimarka	3458	4482	32593	305	2042	35	1351365856,3	60299,59
Estonya	1568	2183	6177	101	1167	88	330000000,0	23723,31
Finlandiya	14711	2565	8690	267	5923	107	4620000000,0	48749,49
Fransa	64800	5256	15668	362	27483	41	116300000000,0	40493,93
Hırvatistan	5318	1393	7850	201	2617	64	128198215,2	14936,10
İtalya	48429	4642	23589	226	16779	28	28550000000,0	33219,85
İngiltere	33480	5244	34850	238	16295	24	132983608800,0	42416,60
İspanya	26564	2129	13201	236	15718	33	22180000000,0	29586,40
İsveç	35601	3425	15419	312	10899	106	1691537495,2	51443,11
Letonya	8308	8420	7729	362	1860	97	134000000,0	17828,89
Litvanya	9932	8718	8846	293	1911	69	860000000,0	19601,89
Lüksemburg	492	2413	30144	43	271	44	2639179420,0	115838,77
Macaristan	44286	2373	16683	203	7743	79	879842868,5	16725,59
Polonya	79339	3951	12633	234	19398	51	654799301,9	15689,43
Portekiz	6081	3034	14630	288	2526	25	2160000000,0	23252,06
Romanya	21036	1786	7840	226	10759	56	182853459,4	12919,53
Slovakya	11803	3465	13428	183	3629	67	2794000000,0	19266,28
Slovenya	7485	4954	15276	242	1209	58	2080000000,0	25946,18
Yunanistan	978	764	4609	374	2280	21	107386362,1	19147,46
Amerika	809677	15928	5786	1360	150462	46	11587173990,7	65253,52

Çin	401700	65876	17038	688	68141	5	95008721359,6	10242,92
Hindistan	414530	27820	17516	675	68155	5	10368632928,5	2098,93
Japonya	59192	24413	23788	475	19122	15	9174734997,4	40801,66
Kanada	798862	9119	16979	1307	47687	127	1366359291,9	46399,71
Rusya	1090141	32003	18422	1860	85494	59	66778662370,0	11511,51

Karar matrisi oluşturulduktan sonra çalışmada kullanılan veriler WEKA programında analiz edilmiştir. WEKA programında sayısal (numeric) verilerin hesaplanabildiği EM, Canopy, SOM, SIB, Farthest First, K-Means ve X-Means algoritmaları denenmiş ve ülkelerin uluslararası demiryolu istatistikleri açısından kümelenmesinde en ideal sonuçları Beklenti Maksimizasyonu algoritmasının verdiği görülmüştür. Çalışmada küme sayısı $k=(n/2)^{1/2}$ eşitliği ile belirlenmiştir. Beklenti Maksimizasyonu algoritmasında küme sayısı kullanıcı tarafından belirlenmektedir ve literatüre bakıldığında yaygın olarak küme sayıları bu eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Everitt, 1974: 122). Çalışmada da bu eşitlik kullanılmış ve küme sayısı 4 olarak belirlenmiştir.

Karar matrisindeki veriler arff formatında WEKA programına aktarılarak temel istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Verilerin düzenlendiği WEKA arayüzü Şekil 1.'de görüldüğü gibidir.

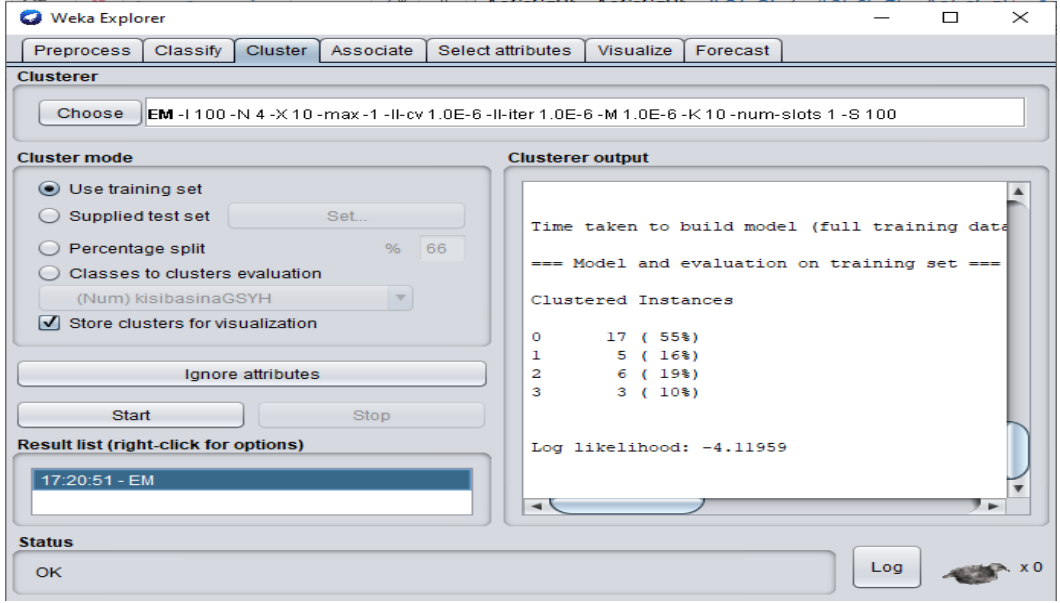
Şekil 1. WEKA Arayüzü



Weka arayüzünde kriter ve alternatif sayıları, kriterlere ait verilerin maximum ve minimum değerleri, frekans dağılımı, ortalama ve standart sapma değerleri de gösterilmektedir.

Beklenti Maksimizasyonu ile yapılan analizde 4 kümeye ayrılan 31 ülkenin 17 tanesi Küme 0'a, 5 tanesi Küme 1'e, 6 Tanesi Küme 2'ye ve 3 tanesi de Küme 3'e atanmıştır. Kümelerin yüzde olarak dağılımını gösteren WEKA sonuç paneli Şekil 2.'de gösterilmiştir.

Şekil 2. WEKA Sonuç Paneli



Beklenti Maksimizasyonu ile uygulanan analiz sonucunda ülkelerin küme dağılımları Tablo 3.'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Ülkelerin Kümeleme Sonuçları

Küme	Ülkeler
Küme 0	Türkiye, Bulgaristan, Çekya, Estonya, Finlandiya, Hırvatistan, İspanya, İsveç, Letonya, Litvanya, Macaristan, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, Yunanistan
Küme 1	Fransa, İngiltere, Çin, Hindistan, Japonya
Küme 2	Almanya, Avusturya, Belçika, Danimarka, İtalya, Lüksemburg
Küme 3	Amerika, Kanada, Rusya

Ülkelerin kümeleme sonuçlarına bakıldığında, Küme 0'da Türkiye, Bulgaristan, Estonya gibi dış ticaret açısından orta seviyede performansa sahip ve gelişmekte olan ülkeler yer almaktadır. Mevcut kriterler üzerinden değerlendirildiğinde, kümede yer alan İsveç, Finlandiya ve İspanya'nın uluslararası demiryolları istatistikleri açısından kümede yer alan diğer ülkelere göre daha iyi durumda olduğu söylenebilir. Örneğin, *İsveç yük miktarı, hat başına düşen tren, demiryolu anahat uzunluğu, 100000 nüfusa düşen demiryolu ve kişi başına GSYH* kriterlerinde üst sıralarda yer almıştır. Estonya, Türkiye ve Yunanistan ise çoğu kriterde son sıralarda yer almıştır. Türkiye ve Yunanistan yalnızca *ortalama yük taşıma mesafesi* kriterinde üst sıralarda bulunmaktadır.

Küme 1'de ise Fransa, İngiltere, Çin gibi refah ve gelir seviyesi yüksek gelişmiş ülkeler bulunmaktadır. Dış ticaret hacmi yüksek seviyede olan bu ülkelerin demiryolu anahat uzunlukları fazladır. Mevcut kriterler üzerinden değerlendirildiğinde, Çin ve Hindistan uluslararası demiryolları istatistikleri açısından çoğu kriterde (yük miktarı, hat başına düşen trafik, ortalama yük taşıma mesafesi, demiryolu anahat uzunluğu) ilk sıralarda yer almıştır. Kümede yer alan İngiltere ise çoğu kriterde son sırada yer almıştır.

Küme 2'de Almanya, Avusturya, Belçika, Lüksemburg gibi yüksek geliri gelişmiş ülkeler yer almaktadır. Kümede bulunan ülkelerin dış ticaret hacimleri yüksektir ve bu ülkelerin tamamı Avrupa Birliği'ne üye ülkelerden oluşmaktadır. Ayrıca her iki yılda bir yayınlanan ve Dünya Bankası tarafından hesaplanan Lojistik Performans Endeksi (LPI) değerlerine bakıldığında bu ülkelerin tamamının yüksek endeks değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Mevcut kriterler üzerinden değerlendirildiğinde, Almanya ve Avusturya uluslararası demiryolları istatistikleri açısından çoğu kriterde üst sırada yer almıştır. Lüksemburg ise çoğu kriterde son sıralarda bulunmaktadır.

Küme 3'te bulunan Amerika, Kanada ve Rusya geniş coğrafi alana yayılan ve demiryolu anahat uzunlukları en fazla olan ülkeler olarak sıralanmaktadır. Bu açıdan Küme 3, Küme 1'de bulunan Fransa, Çin ve Hindistan gibi ülkelerle benzerlik göstermektedir. Kümede bulunan Rusya ve Amerika demiryollarını çok daha etkili kullanan ülkelerdir ve bu ülkeler yük taşımacılığının büyük bir bölümünü demiryolları ile sağlamaktadır. Ayrıca bu kümede yer alan ülkeler en fazla yük vagonuna sahip olan ülkelerdir. Mevcut kriterler üzerinden değerlendirildiğinde ise Rusya'nın uluslararası demiryolları istatistikleri açısından kümede bulunan diğer ülkelere göre daha iyi bir durumda olduğu söylenebilir. Kümede yer alan Kanada ise çoğu kriterde son sırada yer almıştır.

5.2.PSI Yönteminin Uygulanması

Uygulamaya karar matrisinin oluşturulması ile başlanmıştır. Karar matrisi Tablo 2’de görüldüğü gibidir.

Karar Matrisinin elde edilmesinin ardından karar matrisinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamada kullanılan bütün kriterler fayda yönlü olduğundan dolayı normalizasyon işlemi için Eşitlik (4)’ten faydalanılmıştır. Normalize edilmiş karar matrisi elde edildikten sonra her bir kriter için ortalama değeri \bar{R}_j Eşitlik (6) kullanılarak hesaplanmıştır ve normalize edilen karar matrisinin en altında verilmiştir.

Normalize edilen karar matrisi Tablo 4’te görüldüğü gibidir.

Tablo 4. Normalize Edilen Karar Matrisi

Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Türkiye	0.0222	0.0424	0.1557	0.2360	0.0690	0.0945	0.0130	0.0790
Almanya	0.2310	0.0968	0.9350	0.1672	0.2221	0.3150	0.0522	0.4012
Avusturya	0.0469	0.0949	0.8756	0.1140	0.0373	0.4961	0.1306	0.4338
Belçika	0.0104	0.0721	0.7452	0.1048	0.0240	0.2441	0.0662	0.4007
Bulgaristan	0.0078	0.0204	0.2107	0.1403	0.0268	0.4567	0.0013	0.0848
Çek Cumh.	0.0310	0.0430	0.5114	0.0882	0.0636	0.7087	0.0057	0.2028
Danimarka	0.0032	0.0680	0.9352	0.1640	0.0136	0.2756	0.0102	0.5205
Estonya	0.0014	0.0331	0.1772	0.0543	0.0078	0.6929	0.0025	0.2048
Finlandiya	0.0135	0.0389	0.2494	0.1435	0.0394	0.8425	0.0347	0.4208
Fransa	0.0594	0.0798	0.4496	0.1946	0.1827	0.3228	0.8745	0.3496
Hırvatistan	0.0049	0.0211	0.2253	0.1081	0.0174	0.5039	0.0010	0.1289
İtalya	0.0444	0.0705	0.6769	0.1215	0.1115	0.2205	0.2147	0.2868
İngiltere	0.0307	0.0796	1.0000	0.1280	0.1083	0.1890	1.0000	0.3662
İspanya	0.0244	0.0323	0.3788	0.1269	0.1045	0.2598	0.1668	0.2554
İsveç	0.0327	0.0520	0.4424	0.1677	0.0724	0.8346	0.0127	0.4441
Letonya	0.0076	0.1278	0.2218	0.1946	0.0124	0.7638	0.0010	0.1539
Litvanya	0.0091	0.1323	0.2538	0.1575	0.0127	0.5433	0.0065	0.1692

Lüksemburg	0.0005	0.0366	0.8650	0.0231	0.0018	0.3465	0.0198	1.0000
Macaristan	0.0406	0.0360	0.4787	0.1091	0.0515	0.6220	0.0066	0.1444
Polonya	0.0728	0.0600	0.3625	0.1258	0.1289	0.4016	0.0049	0.1354
Portekiz	0.0056	0.0461	0.4198	0.1548	0.0168	0.1969	0.0162	0.2007
Romanya	0.0193	0.0271	0.2250	0.1215	0.0715	0.4409	0.0014	0.1115
Slovakya	0.0108	0.0526	0.3853	0.0984	0.0241	0.5276	0.0210	0.1663
Slovenya	0.0069	0.0752	0.4383	0.1301	0.0080	0.4567	0.0156	0.2240
Yunanistan	0.0009	0.0116	0.1323	0.2011	0.0152	0.1654	0.0008	0.1653
Amerika	0.7427	0.2418	0.1660	0.7312	1.0000	0.3622	0.0871	0.5633
Çin	0.3685	1.0000	0.4889	0.3699	0.4529	0.0394	0.7144	0.0884
Hindistan	0.3803	0.4223	0.5026	0.3629	0.4530	0.0394	0.0780	0.0181
Japonya	0.0543	0.3706	0.6826	0.2554	0.1271	0.1181	0.0690	0.3522
Kanada	0.7328	0.1384	0.4872	0.7027	0.3169	1.0000	0.0103	0.4006
Rusya	1.0000	0.4858	0.5286	1.0000	0.5682	0.4646	0.5022	0.0994
\bar{R}_j	0.1296	0.1326	0.4712	0.2193	0.1407	0.4176	0.1336	0.2765

Normalize edilen karar matrisi üzerinden kriterlere ait ortalama değer kullanılarak her bir kriter için değerler arasındaki tercih değişkenliği PV_j Eşitlik (7) yardımı ile hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo. 5'te görüldüğü gibidir.

Tablo 5. Kriterlerin Tercih Değişkenliği PV_j Değerleri

Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Türkiye	0.0115	0.0081	0.0995	0.0003	0.0051	0.1044	0.0145	0.0390
Almanya	0.0103	0.0013	0.2151	0.0027	0.0066	0.0105	0.0066	0.0155
Avusturya	0.0068	0.0014	0.1636	0.0111	0.0107	0.0062	0.0000	0.0247
Belçika	0.0142	0.0037	0.0751	0.0131	0.0136	0.0301	0.0045	0.0154
Bulgaristan	0.0148	0.0126	0.0679	0.0062	0.0130	0.0015	0.0175	0.0367

EKONOMİ BİLİMLERİ DERGİSİ
Cilt: 13 No: 2 Yıl: 2021 ISSN: 1309-8020 (Online)

Çek Cumh.	0.0097	0.0080	0.0016	0.0172	0.0059	0.0847	0.0163	0.0054
Danimarka	0.0160	0.0042	0.2153	0.0031	0.0162	0.0202	0.0152	0.0595
Estonya	0.0164	0.0099	0.0864	0.0272	0.0177	0.0758	0.0172	0.0051
Finlandiya	0.0135	0.0088	0.0492	0.0057	0.0103	0.1806	0.0098	0.0208
Fransa	0.0049	0.0028	0.0005	0.0006	0.0018	0.0090	0.5490	0.0053
Hırvatistan	0.0155	0.0124	0.0605	0.0124	0.0152	0.0075	0.0176	0.0218
İtalya	0.0072	0.0039	0.0423	0.0096	0.0009	0.0389	0.0066	0.0001
İngiltere	0.0098	0.0028	0.2796	0.0083	0.0010	0.0523	0.7507	0.0080
İspanya	0.0111	0.0100	0.0085	0.0085	0.0013	0.0249	0.0011	0.0004
İsveç	0.0094	0.0065	0.0008	0.0027	0.0047	0.1739	0.0146	0.0281
Letonya	0.0149	0.0000	0.0622	0.0006	0.0165	0.1199	0.0176	0.0150
Litvanya	0.0145	0.0000	0.0472	0.0038	0.0164	0.0158	0.0162	0.0115
Lüksemburg	0.0167	0.0092	0.1551	0.0385	0.0193	0.0051	0.0129	0.5234
Macaristan	0.0079	0.0093	0.0001	0.0121	0.0080	0.0418	0.0161	0.0175
Polonya	0.0032	0.0053	0.0118	0.0087	0.0001	0.0003	0.0166	0.0199
Portekiz	0.0154	0.0075	0.0026	0.0042	0.0153	0.0487	0.0138	0.0057
Romanya	0.0122	0.0111	0.0606	0.0096	0.0048	0.0005	0.0175	0.0272
Slovakya	0.0141	0.0064	0.0074	0.0146	0.0136	0.0121	0.0127	0.0121
Slovenya	0.0151	0.0033	0.0011	0.0079	0.0176	0.0015	0.0139	0.0028
Yunanistan	0.0166	0.0146	0.1149	0.0003	0.0158	0.0636	0.0176	0.0124
Amerika	0.3760	0.0119	0.0931	0.2621	0.7384	0.0031	0.0022	0.0822
Çin	0.0571	0.7525	0.0003	0.0227	0.0975	0.1430	0.3374	0.0354
Hindistan	0.0628	0.0840	0.0010	0.0206	0.0975	0.1430	0.0031	0.0668
Japonya	0.0057	0.0567	0.0447	0.0013	0.0002	0.0897	0.0042	0.0057
Kanada	0.3639	0.0000	0.0003	0.2337	0.0311	0.3392	0.0152	0.0154
Rusya	0.7577	0.1248	0.0033	0.6095	0.1828	0.0022	0.1358	0.0314
Pvj	1.9248	1.1928	1.9716	1.3789	1.3987	1.8499	2.0940	1.1707
ϕ_j	-0.9248	-0.1928	-0.9716	-0.3789	-0.3987	-0.8499	-1.0940	-0.1707
ψ_j	0.1856	0.0387	0.1951	0.0761	0.0800	0.1706	0.2196	0.0343

Tablo. 5’te görüldüğü üzere, PV_j değerleri hesaplandıktan sonra her bir kriterin tercih değişkenliği değerlerinin sapması ϕ_j Eşitlik (8) kullanılarak hesaplanmıştır. Ardından her bir kritere ait tercih değerleri yani önem ağırlıkları Eşitlik (9) kullanılarak hesaplanmıştır.

Son aşamada ise her alternatif için tercih seçim indeksi I_j ise Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanmıştır ve Tablo. 6’ da gösterildiği gibidir.

Tablo 6. Alternatiflere Ait I_j Değerleri

Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	I_j
Türkiye	0.0041	0.0016	0.0304	0.0180	0.0055	0.0161	0.0029	0.0027	0.0813
Almanya	0.0429	0.0037	0.1824	0.0127	0.0178	0.0537	0.0115	0.0137	0.3385
Avusturya	0.0087	0.0037	0.1708	0.0087	0.0030	0.0846	0.0287	0.0149	0.3230
Belçika	0.0019	0.0028	0.1454	0.0080	0.0019	0.0416	0.0145	0.0137	0.2299
Bulgaristan	0.0014	0.0008	0.0411	0.0107	0.0021	0.0779	0.0003	0.0029	0.1373
Çek Cumh.	0.0057	0.0017	0.0998	0.0067	0.0051	0.1209	0.0013	0.0069	0.2481
Danimarka	0.0006	0.0026	0.1824	0.0125	0.0011	0.0470	0.0022	0.0178	0.2663
Estonya	0.0003	0.0013	0.0346	0.0041	0.0006	0.1182	0.0005	0.0070	0.1667
Finlandiya	0.0025	0.0015	0.0486	0.0109	0.0032	0.1437	0.0076	0.0144	0.2325
Fransa	0.0110	0.0031	0.0877	0.0148	0.0146	0.0551	0.1921	0.0120	0.3904
Hırvatistan	0.0009	0.0008	0.0439	0.0082	0.0014	0.0860	0.0002	0.0044	0.1459
İtalya	0.0082	0.0027	0.1320	0.0092	0.0089	0.0376	0.0471	0.0098	0.2558
İngiltere	0.0057	0.0031	0.1951	0.0097	0.0087	0.0322	0.2196	0.0125	0.4866
İspanya	0.0045	0.0013	0.0739	0.0097	0.0084	0.0443	0.0366	0.0088	0.1874
İsveç	0.0061	0.0020	0.0863	0.0128	0.0058	0.1424	0.0028	0.0152	0.2733
Letonya	0.0014	0.0049	0.0433	0.0148	0.0010	0.1303	0.0002	0.0053	0.2012
Litvanya	0.0017	0.0051	0.0495	0.0120	0.0010	0.0927	0.0014	0.0058	0.1692
Lüksemburg	0.0001	0.0014	0.1687	0.0018	0.0001	0.0591	0.0044	0.0343	0.2698
Macaristan	0.0075	0.0014	0.0934	0.0083	0.0041	0.1061	0.0015	0.0049	0.2273

Polonya	0.0135	0.0023	0.0707	0.0096	0.0103	0.0685	0.0011	0.0046	0.1807
Portekiz	0.0010	0.0018	0.0819	0.0118	0.0013	0.0336	0.0036	0.0069	0.1419
Romanya	0.0036	0.0010	0.0439	0.0092	0.0057	0.0752	0.0003	0.0038	0.1428
Slovakya	0.0020	0.0020	0.0752	0.0075	0.0019	0.0900	0.0046	0.0057	0.1889
Slovenya	0.0013	0.0029	0.0855	0.0099	0.0006	0.0779	0.0034	0.0077	0.1893
Yunanistan	0.0002	0.0004	0.0258	0.0153	0.0012	0.0282	0.0002	0.0057	0.0770
Amerika	0.1379	0.0094	0.0324	0.0556	0.0800	0.0618	0.0191	0.0193	0.4155
Çin	0.0684	0.0387	0.0954	0.0281	0.0362	0.0067	0.1569	0.0030	0.4335
Hindistan	0.0706	0.0163	0.0980	0.0276	0.0363	0.0067	0.0171	0.0006	0.2733
Japonya	0.0101	0.0143	0.1331	0.0194	0.0102	0.0202	0.0152	0.0121	0.2345
Kanada	0.1360	0.0054	0.0950	0.0535	0.0254	0.1706	0.0023	0.0137	0.5018
Rusya	0.1856	0.0188	0.1031	0.0761	0.0455	0.0793	0.1103	0.0034	0.6220

Alternatiflere ait I_j değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Şekil.3'te görüldüğü gibi ilk beş sırada Rusya, Kanada, İngiltere, Çin ve Amerika yer almıştır.

Şekil.3. Tercih Seçim İndeksine Göre Ülke Sıralamaları ve Ülkelerin Ait Olduğu Kümeler



PSI yöntemine göre ülke sıralaması şekilde görüldüğü gibidir. İlk üç sırada Rusya, Kanada ve Amerika çıkmıştır. PSI yöntemi ile ülke sıralamasına ve kümeleme yöntemi ile ülke kümelerine bakıldığında büyük çoğunlukla birbirini destekler sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Küme 3'te yer alan ülkeler ilk 5 sırada yer alan ülkelerden oluşurken Küme 0'ı oluşturan ülkeler ise PSI yönteminde çoğunlukla son sıralarda çıkan ülkelerden oluşmaktadır. Bu durumda sıralamaya göre ülkelerin, büyük çoğunlukla ait oldukları kümelerde olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Demiryolu taşımacılığı, özellikle dış ticarete ağır ve hacimli yükler için oldukça düşük maliyetli olan bir taşımacılık türüdür. Ancak birçok ülkede demiryolu hatlarının sayısı beklenenin altında olduğu için, demiryolu taşımacılığı ile elde

edilecek maliyet avantajları ve hizmetleri de sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı ise ülkelerin uluslararası demiryolları istatistikleri açısından belirlenen kriterlerle lojistik performanslarının değerlendirilmesidir. Belirlenen 8 kriterle ülkelerin hangi kümelere ait olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı kriterler kullanılarak oluşturulan matristen yola çıkılmış ve PSI yöntemi yardımı ile ülkelerin sıralaması yapılmıştır.

Ülkemizde ise 2009-2019 tarihleri arasındaki dış ticaret verilerine bakıldığında demiryolu taşımacılığının payı diğer taşımacılık hizmetlerinin payından azdır (<https://www.utikad.org.tr/>, 46). PSI yöntemi ile yapılan analizde ise ülkelerin demiryolları istatistikleri açısından performanslarının değerlendirilmesinde Türkiye'nin son sıralarda yer alması bu durumu açıkladığı düşünülmektedir.

Küme 1 ve Küme 2'de gelir ve refah seviyesi ve dış ticaret hacmi açısından yüksek seviyede olan ülkeler yer almaktadır. Dünya Bankası tarafından hesaplanan Lojistik Performans Endeksi (LPI) değerlerine bakıldığında ise bu iki kümede bulunan ülkelerin yüksek endeks değerlerine sahip olduğu görülmüştür. PSI yöntemi ile yapılan sıralamada Küme 1 ve Küme 2'nin sıralamalarının birbirine yakın çıkmasının nedenleri olarak bu durumlar gösterebilir.

Bu çalışma ile ülkemizin demiryolu lojistik faaliyetlerinin belirlenen ülkeler ile daha geniş bir çerçeveden görülebilmesi amaçlanmıştır. Ülkemizin demiryolu istatistik raporlarında da anlaşılacağı gibi (<https://www.utikad.org.tr/>), demiryolu hattı kullanılarak yapılan ithalat ve ihracat faaliyetlerinin payı oldukça düşüktür. Yapılan analizle de ülkemizin en son sırada çıkması bu durumu desteklemiştir. Analiz verilerinden yola çıkarak yapılan ülke kümelemesinde ise Küme 3'te yer alan Rusya, Kanada ve ABD ise dünyada en uzun demiryolu hattına sahip ilk 5 ülke içerisinde yer almaktadır. Ülkemizin bulunduğu Küme 0'a bakıldığında ise kümede 17 ülkenin yer aldığı ve bu ülkelerin hepsinin AB ülkeleri olduğu görülmüştür.

Çalışmada iki farklı analiz kullanılarak, analiz sonuçlarının güvenilirliği teyit edilmiştir. İleride araştırmacılara farklı araştırma fikri sunması açısından; analizde benzer kümelerde çıkan ve PSI yöntemine göre en iyi performansı gösteren ülkelerin demiryolları alanındaki ortak stratejileri araştırılarak neler olduğu belirlenebilir. Belirlenen bu stratejilerden yola çıkarak ülkelerin demiryolu lojistik performanslarının iyileşmesi için çıkarım yapılabilir. Aynı şekilde son sıralarda ve aynı kümede çıkan ülkeler için ise ortak olan zayıf yönler belirlenerek, olumlu yönde iyileşmesi için farkındalık sağlanabilir.

Bu çalışma ile ülke performansları 2019 yılı raporlarına göre değerlendirilmiştir. İlerleyen süreçlerde ülkemizin içinde yer alacağı Çin'in öncülüğünde hayata geçirilmiş olan Kuşak ve Yol girişimi bulunmaktadır. Bu girişimin hedefi olan 75 milyar dolarlık yük hacminden ülkemizin de daha fazla pay alabileceği beklenmektedir. Böylelikle ülkemizin demiryolu faaliyet performansında olumlu yönde değişiklik beklenecektir. Bu gelişmeler dahilinde benzer analiz ve kriterler kullanılarak ülkemizin lojistik faaliyetleri arasında yer alan demiryolu ulaşım performansının ne düzeyde etkileneceği ilerleyen dönemler için araştırılabilir. Türkiye'nin ülkeler bazında konumu incelenebilir. Sonuç olarak bu analizin gelecekteki benzer doğrultudaki araştırmalara da yol göstermesi beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Akyüz, G. ve Aka, S. (2015). İmalat performansı ölçümü için alternatif bir yaklaşım: tercih indeksi (PSI) yöntemi. *İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 63-77.

Albayrak, Ö. K. (2021). Türkiye'nin demiryolu yük taşımacılığı talebinin zaman serisi analizi ile tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (58), 137-154.

Antonenko, P. D., Toy, S., & Niederhauser, D. S. (2012). Using cluster analysis for data mining in educational technology research. *Educational Technology Research and Development*, 60(3), 383-398.

Attri, R., & Grover, S. (2015). Application of preference selection index method for decision making over the design stage of production system life cycle. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 27(2), 207-216.

Baran, S. & Esmer, S. (2018). Demiryolu Taşımacılığının Lojistikteki Önemi ve Türkiye'deki Mevcut Durumu Hakkında Bir Değerlendirme. IV. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade And Logistics Congress, September, 7-8, Didim/Aydın.

Barreto, S., Ferreira, C. Paixao, J. & Santos, B. S. (2007). Using Clustering Analysis in a Capacitated Location-Routing Problem. *European Journal of Operational Research*, 179, 968-977.

Çekerol, G., & Nalçakan, M. (2011). Lojistik sektörü içerisinde Türkiye demiryolu yurtiçi yük taşıma talebinin ridge regresyonla analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 31(2), 321-344.

Demiryolu Uzunluđuna Göre Ülkeler Listesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Demiryolu_uzunlu%C4%9Funa_g%C3%B6re_%C3%BClkeler_listesi, [İndirme Tarihi: 15.08.2021].

Everitt, B. (1974). *Cluster analysis*. London: Heinemann Educational Books.

Ferreira, L., & Hitchcock, D. B. (2009). A comparison of hierarchical methods for clustering functional data. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 38(9), 1925-1949.

Graca, J. V., Ganchev, K., & Taskar, B. (2007). Expectation maximization and posterior constraints. Neural Information Processing Systems Conference (NIPS), Vancouver, BC, December 2007.

Han, J., Kamber, M. & Pei, J. (2012). *Data Mining Concepts and Techniques*. USA: Morgan Kaufmann Publishers.

Jiang, D., Tang, C., & Zhang, A. (2004). Cluster analysis for gene expression data: a survey. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 16(11), 1370-1386.

Kabakcı, C. Ç. & Sarı, E. B. (2019). Türk bankacılık sektöründe finansal performansın tercih seçim endeksi (PSI) yöntemiyle analizi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 370-383.

Kabasakal, A. & Solak, A. O. (2011). Demiryolu Ulaşım Sistemlerinde Verimlilik. International Conference On Eurasian Economies 2011. 416-419, Bishkek - Kyrgyzstan 12-14 October 2011.

Kangallı, S. G., Uyar, U. & Buyrukoğlu, S. (2014). OECD ülkelerinde ekonomik özgürlük: bir kümeleme analizi. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 6(3), 95-109.

Maniya, K., & Bhatt, M. G. (2010). A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. *Materials & Design*, 31(4), 1785-1789.

Marti, L., Puertas, R., & García, L. (2014). The importance of the logistics performance index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992.

Minka, T. (1998). *Expectation-Maximization As Lower Bound Maximization, Tutorial*, <http://www-white.media.mit.edu/tpminka/papers/em.html>, 1998. [İndirme Tarihi: 2.07.2021].

Neal, R. M., & Hinton, G. E. (1998). A view of the EM algorithm that justifies incremental, sparse, and other variants. In *Learning in graphical models* (pp. 355-368). Springer, Dordrecht.

Pasin, Ö. (2015). Sağlık Alanında Yapılan Araştırmalarda Kümeleme Algoritmalarının Kullanımı: Bir Uygulama. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*. Düzce.

Rezankova, H., & Everitt, B. (2009). Cluster analysis and categorical data. *Statistika*, 89(3), 216-232.

Solak, A. O. (2011). Karayolu ve Demiryolu Ulaşım Sistemlerinin Ekonomik Etkinlik Analizi. *Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi*. Sakarya.

Şahin, Ş. (2012). Büyük Menderes Nehri Üzerindeki Akım Gözlem İstasyonlarında Eksik Verilerinin Tamamlanması. *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*. Denizli.

Templ, M., Filzmoser, P., & Reimann, C. (2008). Cluster analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities. *Applied Geochemistry*, 23(8), 2198-2213.

Tuş, A. ve Adalı, E. A. (2018). CODAS ve PSI yöntemleri ile personel değerlendirmesi. *Alphanumeric Journal*, 6(2), 243-256.

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD) 2016-2020 İstatistik Yıllığı (2021), <https://www.tcdd.gov.tr/kurumsal/istatistikler>, [İndirme Tarihi: 28.08.2021].

UTİKAD Lojistik Sektörü Raporu (2019), www.utikad.org.tr, [İndirme Tarihi: 5.06.2021].