

## **Bölüm 6**

# **LOJİSTİK PERFORMANS GÖSTERGELERİNE GÖRE ÜLKELERİN CHI-SQUARED AUTOMATIC INTERACTION DETECTOR ALGORİTMASI İLE SINIFLANDIRILMASI**

**Şebnem KOLTAN YILMAZ<sup>1</sup>**

### **GİRİŞ**

Lojistik; malların fiziksel hareketini, sınırlar içi ve sınırlar arası ticareti destekleyen hizmetler ağıdır. Taşımacılık, depolama, komisyonculuk, hızlı teslimat, terminal operasyonları, veri ve bilgi yönetimini kapsamaktadır (Arvis & ark., 2023). Eskiden, üretim için gerekli olan girdilerin teslimini sağlayan tedarik zinciri yönetimini kapsayan lojistik, günümüzde en önemli insan ihtiyaçlarından biri olmuştur (Atalan, 2020). Küreselleşme, teknolojik gelişmeler, ulaşım altyapılarında yeni finansman yöntemleri, taşımacılık alternatifleri, internetin yaygınlaşması gibi faktörler lojistik faaliyetlerin etkin gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Bu etkinliğin ölçüsü olan lojistik performans; sürekli değişiklik ve çeşitlilik gösteren taleplerin karşılanabilme yeteneğini, süreçteki verimliliğin rekabete katkısını ve lojistik faaliyetlerle elde edilen katma değeri ifade etmektedir (Bayraktutan & Özbilgin, 2015). Lojistik performans, ülke ekonomileri üzerinde de bir işlevselliğe sahiptir. Ülkeler lojistikle ilgili stratejiler, politikalar, faaliyetler belirlemekte, diğer ülkeler ile işbirliği ve ortaklık yapmaktadır. Bunun nedenle, hem kendilerinin hem de diğer ülkelerin lojistik performanslarını takip etmektedirler (Altuntaş, 2021a). Ancak lojistiğin birçok boyutu olduğundan, ülkeler arası performansı ölçmek ve özetlemek zordur. Lojistik süreçlerle ilgili zaman ve maliyetlerin incelenmesi iyi bir başlangıçtır ve çoğu durumda bu bilgilere kolayca ulaşılabilir. Bununla birlikte, ülkelerin tedarik zincirlerindeki yapısal farklılıklar nedeniyle bu bilgiler tek, tutarlı, ülkeler arası bir veri kümesinde kolayca toplanamamaktadır. Daha da önemlisi, iyi lojistiğin süreç şeffaflığı ve hizmet kalitesi, öngörülebilirliği ve güvenilirliği gibi birçok kritik unsur sadece zaman ve maliyet bilgileri kullanılarak

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi İnönü Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, e-posta: sebnem.yilmaz@inonu.edu.tr, ORCID iD:0000-0003-3730-2363

değerlendirilememektedir (Arvis & ark., 2023). Zayıf altyapı, karmaşık gümrük prosedürleri ve devlet kurumları arasındaki aşırı bürokrasi ticaret maliyetlerinin artmasına neden olabilmekte ve malların sınırlar arasında etkin bir şekilde hareket etmesini engellemektedir. Gelişmekte olan ülkelerde bunlara dönük önlemler yeterince alınamamaktadır (Martí, Puertas & García, 2014).

Lojistik performansı çok boyutlu değerlendiren Dünya Bankası'nın Lojistik Performans Endeksi (LPE) (Logistic Performance Index (LPI)) özellikle belirli bir ülkenin ticaret ve ulaştırma kolaylığını ölçmeye odaklanan ve bunu yaparken ülkelerin önündeki temel engelleri belirlemelerine yardımcı olan uluslararası bir kıyaslama aracıdır (Ojala & Çelebi, 2015). Bu aracı açıklayan LPE raporları, ilki 2007 yılında olmak üzere, iki yılda bir düzenli olarak sunulmaktadır. Ancak COVID 19 küresel salgını nedeniyle 2020/21 yılı anketi 2022'ye ertelenmiş, 2023 yılında güncellenmiş içeriklerle tekrar yayınlanmıştır. LPE, lojistik uzmanları arasında yapılan bir ankete dayanmaktadır. Anketin ana kısmı, ham verileri sağlamaktadır. Ankete katılanlar, LPE'nin 6 temel göstergesine göre 8 denizaşırı pazarı derecelendirmektedir. Tedarik zincirinin ana girdilerini gösteren politika düzenleme alanları (gümrük, altyapı ve hizmetler) ve tedarik zinciri performans sonuçları (maliyet, güvenilirlik ve zaman) olmak üzere iki kategoriye kapsayan bu 6 gösterge, teorik ve ampirik araştırmalara ve uluslararası nakliyeciliğe dahil olan lojistik uzmanlarının deneyimlerine dayalı olarak seçilmiştir (Arvis & ark., 2023). Bu bağlamda LPE, ev sahibi ülkenin ticaret lojistiği performansının yararlı bir göstergesidir ve çeşitli operasyon türleri için yer seçiminde de bir referans noktasıdır. Birçok ülke stratejik kalkınma planlarında LPE puanı veya sıralamasına ilişkin hedefler açıklamakta, konumlarını iyileştirmek için birçok alanda büyük projelere dahil olmaktadır (Ojala & Çelebi, 2015).

Bu çalışmada amaç, lojistik performansa etki eden alanları belirleyerek ülkeleri sınıflandırmak, ülke düzeyinde ve ülkeler arası düzeyde araştırma çabalarını desteklemektir. Araştırma soruları, (i) lojistik performansı etkileyen en önemli göstergelerin neler olduğu ve (ii) ülkelerin bu göstergelere göre durumları, temalarına odaklanmaktadır. Bu araştırma sorularını yanıtlamak üzere çalışmada, Karar Ağaçları algoritmalarından Chi-squared Automatic Interaction Detector (CHAID) kullanılarak, LPE 2023 verileri analiz edilmiş ve 139 ülkede göstergelerin lojistik performansı nasıl etkilediğine ilişkin kalıplar ve iç görüler üretilmiştir. CHAID algoritması, ülkelerin LPE göstergelerine göre sınıflandırılmasını sağlayan bir model üretmektedir. Çalışma, yöntemin kullanılabilirliği yönüyle de araştırmacılara rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

## **İLGİLİ ÇALIŞMALAR**

Ülkelerin lojistik performansını değerlendirmek üzere LPE verilerinden yararlanan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı ticaret akışı ve ekonomik büyüme konularına odaklanmaktadır. Martí, Puertas & García (2014), Öztürk Ofluoğlu & ark. (2018) ve Bugarcic, Skvarciany & Stanišić (2020) LPE göstergelerini yerçekimi (gravity) modeli kullanarak analiz etmişlerdir. Martí, Puertas & García (2014) geliştirmekte olan ekonomilerin (Orta Doğu, Uzak Doğu, Güney Amerika, Doğu Avrupa ve Afrika) 2007 ve 2012, Öztürk Ofluoğlu & ark. (2018) Avrupa Birliği (AB) ve MENA ülkelerinin 2007 ve 2014, Bugarcic, Skvarciany & Stanišić (2020) ise Batı Balkanlar, Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinin 2007 ve 2018 verilerini kullanmışlardır. Bu çalışmaların sonuçları, herhangi bir göstergedeki iyileşmenin ticaret akışlarına olumlu etki yaptığını göstermektedir. Martí, Puertas & García (2014) özellikle Güney Amerika, Doğu Avrupa ve Afrika için önemli bir büyüme tespit etmişlerdir. Karaköy & Üre (2019), Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ile sabit sermaye yatırımları ve GSYH ile doğrudan yabancı sermaye yatırımları oranlarını kullanarak nedensellik analizi yapmışlar, yüksek gelir grubundaki ülkelerde LPE yüksekliğinin ekonomik büyümeye önemli katkı sağladığını ve birbirlerini desteklediklerini tespit etmişlerdir. Skender, Zaninovic & Štefanic (2020) ve Kılıç (2021) lojistik performans-ekonomik büyüme etkisini incelemişlerdir. Skender, Zaninovic & Štefanic (2020) AB-15 ve AB-13 ülkelerinin 2010-2018 dönemi için LPE verilerini karşılaştırmışlar; ilişkinin güçlü olduğunu, bazı AB-13 ülkelerinin AB-15 ülkelerinin gerisinde kaldığını ortaya koymuşlardır. Kılıç (2021), 2007-2018 dönemi verilerini sabit etki regresyon ile analiz etmiş, sanayileşmenin yeni olduğu ülkelerde ekonomik büyüme ile doğrudan yabancı sermaye yatırımları arasında ilişki tespit etmiştir. Demirci Çelikkol & Keskin (2021) 2007-2018 dönemi için Türkiye ve komşu ülkelerinin performansını, kişi başı GSYH'ye göre regresyon analizi ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada, Türkiye ve komşu ülkeler için ilgili değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu, ancak ülkelerin puanları arasında anlamlı bir ilişki olmadığı ortaya konmuştur. Varma & Shah (2021), doğrusal regresyon modeli ile lojistik performans-İnsani Gelişme Endeksi (İGE) arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada LPE 2018 verileri ile 2019 yılı değerleri tahmin edilmiş, İGE'nin LPE'deki değişimden sorumlu olan faktörlerden biri olduğunu ortaya koymuşlardır.

Petrovic, Jeremic & Bojkovic (2017) I-uzaklık tekniği kullanarak LPE'nin yapısını analiz etmişler, ülkeleri sıralamışlardır. Sonuçlar, I mesafesine dayalı endeksin LPE'yi daha iyi kapsadığını gösterirken, sıralamadaki farklılıklar daha

düşük sıralamaya sahip ülkeler arasında daha belirgindir. Atalan (2020), OECD üyeleri için doğrusal olmayan denklemlerle tahmin serisi metodu geliştirmiştir. Sonuçlar İsveç'in en yüksek, Slovenya'nın en düşük değerlere sahip olduğunu, OECD üyelerinin büyük bir kısmında düşüş olduğu göstermektedir. Sıralamalara dayalı diğer çalışmalarda Karaköy & Ölmez (2019), Ulutaş & Karaköy (2019), Oğuz, Alkan & Yılmaz (2019), Mercangöz, Yıldırım & Yıldırım (2020), Gögebakan (2022), Türkoğlu & Duran (2023a, 2023b, 2023c), Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle LPE'yi analiz etmişler, kriter ağırlıklarının ülke sıralamalarını etkilediğini belirlemişlerdir. Karaköy & Ölmez (2019) Balkan Ülkeleri'ni sıralarken OCRA, kriter ağırlıkları için ENTROPİ kullanmışlar, ilk 3 sırada Slovenya, Yunanistan, Türkiye; Ulutaş & Karaköy (2019) AB ülkeleri için sıralamada PIV, kriterlerin ağırlıkları için SWARA ve CRITIC kullanmışlar, ilk 3 sırayı Almanya, İsveç, Hollanda olarak belirlemişlerdir. Oğuz, Alkan & Yılmaz (2019) 7 Asya ülkesini TOPSIS (Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution) ile sıralamışlar, ilk sırada Singapur son sırada Endonezya, en önemli kriterin altyapı olduğunu belirlemişlerdir. Orhan (2019) Türkiye ile AB ülkelerini karşılaştırmıştır. Sıralamada EDAS, kriter ağırlıklarında ENTROPİ kullandığı çalışmada; ilk 3 sırada Almanya, İsveç, Danimarka olmak üzere, Türkiye'nin genel sıralamasının yükseldiği, en önemli göstergelerin gümrük, altyapı, lojistik yetkinlik olduğu sonuçlarına ulaşmıştır. Mercangöz, Yıldırım & Yıldırım (2020) AB üyesi olan ve olmayan 31 ülkeyi Complex Proportional Assessment of Alternatives (COPRAS)-Grey yöntemi ile sıralamışlar, COPRAS-G'nin LPE sıralamalarıyla en güçlü ilişkiye sahip olduğu ortaya koymuşlardır. Gögebakan (2022) ülkeleri sıralarken TOPSIS, kriter ağırlıkları için ENTROPİ kullanmış, lojistik altyapısı güçlü ülke sıralamalarında artış, zayıf ülke sıralamalarında düşüş belirlemiştir. Pala (2023) Türkiye'yi Vişegrad ülkeleri ile kıyaslamış; kriter ağırlıkları için MEREC-CORR, sıralamalar için SAW kullanmış, Türkiye'nin gümrük alanındaki iyileştirmelerle daha üst sıralara yerleşebileceğini ortaya koymuştur. Türkoğlu & Duran (2023a, 2023b, 2023c), OECD, G20, Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (RCEP) ülkelerini sıralarken WASPAS ve GIA, kriter ağırlıkları için CRITIC kullanmışlardır. OECD ülkelerinde Almanya, Belçika, İsveç, G20 ülkelerinde Almanya, Japonya, Birleşik Krallık sıralamadaki ilk 3 ülke olmuştur. Her iki ülke grubu için de en önemli gösterge lojistik kalite ve yetkinliktir. RCEP ülkelerinde ilk 3 sırada Japonya, Yeni Zelanda, Singapur iken en önemli gösterge gümrüktür.

Danacı & Nacar (2017), Yıldız, Aydoğan & Kartum (2020), Eren & Ömürbek (2021), Altıntaş (2022), Mujiya Ulkhaq (2023), çalışmalarında LPE'yi Kümeleme Analizi teknikleriyle analiz etmişlerdir. Danacı & Nacar (2017)

hiyerarşik kümeleme ile Türkiye ve AB ülkelerinin ithalat ve ihracat verilerini karşılaştırmıştır. Ülkelerin 5 kümeye ayrıldığını, Türkiye'nin orta seviye kümede yer aldığını, altyapı, kalite, hız konularında yeniliklere gitmesi gerektiğini, ayrıca lojistik performansla GSYH arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Yıldız, Aydoğan & Kartum (2020) En Yakın Komşu (Nearest Neighbour) ile dış ticaret hacmi en yüksek 90 ülkeyi analiz etmiştir. Ülkeler 14 kümeye ayrılmış, Türkiye altyapı konusunda aynı kümedeki ülkelere göre yüksek performans göstermiştir. Bununla birlikte gümrük, uluslararası gönderiler, hizmet kalitesi, zamanlama konularında iyileştirmeye ihtiyacı vardır. Eren & Ömürbek (2021) OECD ülkelerini kümelerken EM, Canopy, Som, Farthest First, LVQ, SIB olmak üzere 6 algoritma kullanmışlar, en iyi sonuçları Canopy ile elde etmişlerdir. Dört kümeye ayrılan ülkelere Türkiye'nin altyapıda iyileştirmeye ihtiyaç duyduğunu belirlemişlerdir. Altıntaş (2022), K-Ortalamlar ile 2018 yılı verileri için 160 ülkeyi 4 kümede incelemiş, en etkili göstergelerin gümrük ve uluslararası gönderiler olduğunu belirlemiştir. Mujiya Ulkhaq (2023) K-Ortalamlar, K-Medoidler ve CLARA olmak üzere farklı 3 algoritma kullandığı çalışmada ülkelerin 3 kümeye ayrıldığını belirlemiştir. Algoritmalar arasında üstünlük olmadığını, en iyi kümede Avrupa ülkelerinin yer aldığını, en etkili göstergenin gümrük olduğunu ortaya belirlemiştir.

LPE verileriyle yapılan çalışmalarda Yapay Zeka (YZ) teknikleri de kullanılmıştır. Rençber (2018) Basamak Korelasyon (BKSA), Kohonen ve ANFIS ağlarıyla 2007-2014 dönemi verilerini eğitmiş, 2016 yılı için tahminler oluşturmuştur. En iyi performansı BKSA'nın verdiğini; lojistik kalite, altyapı, izleme-takip faktörlerinin önemini belirlemişlerdir. Cansız & Ünsalan (2020) liner taşımacılık, havayolu taşımacılığı, liman alt yapı, gümrük giderleri, ihracat miktarı değişkenlerini inceleyerek YZ ve çok değişkenli lineer regresyon yöntemleriyle tahmin modelleri geliştirmişler, LPE değerlerin eşit ağırlıklı yapısı yerine farklı ağırlıklarla yeni değerler belirlemişlerdir. Altıntaş (2021a) 2010-2018 dönemi verileriyle LPE girdi ve çıktı bileşenleri arasındaki ilişkiyi Yapay Sinir Ağları (YSA) ile tahmin etmiştir. Etkisel yapıya olan katkıları girdi bileşenleri için altyapı, gümrük ve hizmet kalitesi; çıktı bileşenleri için zamanlama, uluslararası gönderiler ve takip-izleme olarak sıralamıştır. Bu durum genel olarak altyapı, lojistik kalite ve yetkinlik, gümrük şeklindedir. Altıntaş (2021b), yine 2012-2018 dönemi için, LPE girdilerinin çıktılar üzerindeki etkisini PATH analizi ile değerlendirmiştir. Girdilerin çıktılar üzerinde pozitif ve çok yüksek etkili olduğunu, en çok katkının altyapı en az katkının lojistik kalite ve yetkinlik olduğunu belirlemişlerdir. Babayiğit, Gürbüz & Denizhan (2023) ülkeleri 2010-

2014 dönemi için Makine Öğrenmesi yöntemlerinden Multi-Gene Genetic Programming (MGGP) ile analiz etmişler ve sonuç denklemlerin eşit önemli kriterlere alternatif olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Literatür değerlendirildiğinde; çalışmaların ekonomik büyüme, dış ticaret akışları, gelişmişlik, ülkeleri sıralama/kümeleme, endeks değerlendirme ve geliştirme, tahmin modelleri konularında olduğu belirlenmiştir. Geleneksel ve geleneksel olmayan istatistiksel yöntemler, çalışmaların hemen hepsinde kullanılmıştır. LPE'nin farklı kriterler ve birden çok alternatif seçeneklerinin ÇKKV'ye uygun olması nedeniyle en çok kullanılan yöntemin ÇKKV olduğu; YZ tekniklerinin de geniş yer bulduğu görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan CHAID algoritması, geniş kapsamda, YZ içinde yer alan Makine Öğrenmesi (MÖ) / Veri Madenciliği (VM) tekniklerinden birisidir. Bu tekniklerin gerçekleştirdiği görevler açısından CHAID, sınıflandırma yapan modeller üreten bir Karar Ağacı algoritmasıdır. Literatürdeki çalışmalarda bu yöntemle yapılan çalışmalara rastlanmamıştır. Bu doğrultuda bu çalışma, hem yöntem hem de LPE'nin güncellenmiş 2023 verilerinin kullanımı yönüyle farklılık göstermekte ve araştırmacılara rehberlik edeceği düşünülmektedir.

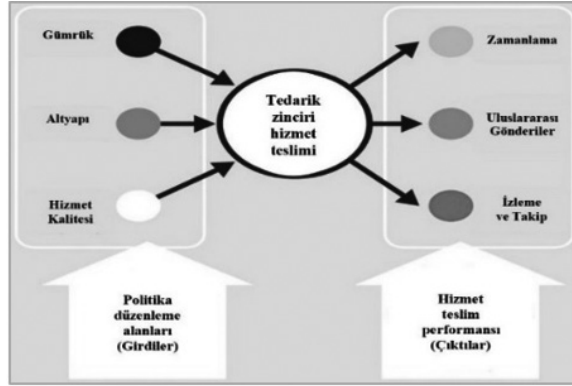
## **MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu çalışmada, ülkeler lojistik performanslarına göre sınıflandırılmıştır.

### **MATERYAL**

Çalışmada, Dünya Bankası ağ sayfasından elde edilen LPE 2023 verileri kullanılmıştır. LPE için sağlanan ham verilerin ana kısmı, lojistik uzmanları ile yapılan bir anketten elde edilmektedir. LPE 2023 anketi, 6 Eylül-5 Kasım 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş olup Dünya Bankası'nın tüm bölgelerindeki 115 ülkede, 652 lojistik uzmanı tarafından yapılan 4.090 ülke değerlendirmesini içermektedir. Değerlendirmeler, nakliye konteynerleri gibi birim formlarda taşınan, imal edilmiş ürünlerin ticaretinin kolaylığı/zorluğu ile ilgilidir. Bununla birlikte, LPE'nin önceki sunumları sadece lojistik uzmanları arasında yapılan bir ankete dayanmaktayken 2023'te Büyük Veri yaklaşımıyla türetilen ve dünya çapında ticaretin hızını ölçen yeni performans göstergelerini içermektedir. Bu göstergeler, konteynerlerin, havacılık gönderilerinin, posta kolilerinin milyonlarca gerçek uluslararası hareketlerini içermektedir ve LPE puanları ve sıralamaları için hala kullanılan geleneksel ankete dayalı LPE'yi tamamlamaktadır (Arvis & ark., 2023).

LPE, ülkeleri Şekil 1'de gösterilen 6 göstergelerle analiz etmektedir. LPE'nin 2007'deki ilk raporundan bu yana değişmeyen bu göstergeler, ülke düzeyinde, 5 puanlık bir ölçekte değerlendirilmektedir. Genel LPE puanı hesaplanırken, göstergelerin her biri için normleştirilmiş puanlar, bileşen yükleriyle çarpılmakta ve sonra toplanmaktadır. Bileşen yükleri, göstergelere verilen ağırlığı temsil etmektedir. Bunlar her gösterge için benzer olduğundan, LPE puanı göstergelerin basit ortalamasına yakındır (Arvis & ark., 2023).



Şekil 1. Lojistik Performans Endeksi Göstergeleri

Şekil 1'e göre bu göstergelerin açıklamaları şöyledir (Martí, Puertas & García, 2014; Ojala & Çelebi, 2015; Arvis & ark., 2023): Gümrük; sevki prosedürünün (gümrük kurumlarının hızı, basitliği, öngörülebilirliği, sınır yönetimi izinleri) verimliliğini ve etkinliğini ölçmektedir. Mevcut ticaret mevzuatı uygulamasını ve mal ve hizmetlere ait ithalat/ihracat vergilerinin tahsilatın ilişkin çeşitli idari prosedürleri kapsamaktadır. Altyapı; ülkelerin ticaret, ulaşım ve iletişimle ilgili altyapısının kalitesini ölçmektedir. Malların nihai tüketiciye taşınması sırasında kullanılan prosedürlerle ilgili olup, dış etkenler nedeniyle tamamen firmalar tarafından kontrol edilememektedir. Ancak kuruluşların mevcut olanaklarla nasıl başa çıktıklarını ölçmek önemlidir ki bu da rekabet açısından avantajlı ya da dezavantajlı durumları ifade etmektedir. Hizmet kalitesi; rekabetçi fiyatlara sahip uluslararası gönderileri düzenleme kolaylığını, lojistik hizmetlerin yeterliliğini ve kalitesini ölçmektedir. Organizasyondaki tarafların davranışlarını göstermekte, kuruluşlar-tüketiciler arasındaki ilişkiyi optimize etmektedir. Zamanlama; gönderi teslimat sürelerinin zamanında olup olmadığını ölçmektedir. Bu, dikkate alınması gereken önemli bir faktördür; çünkü mevcut yüksek rekabet seviyesi nedeniyle teslimat programlarına uyulmaması kabul edilmemektedir. Bu faktör



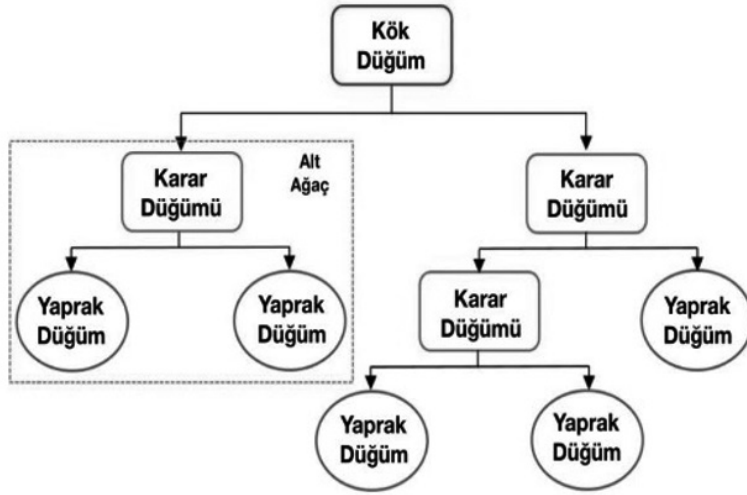
ayrıca daha karmaşık bilgisayarlaşma süreçlerine olan ihtiyacı etkilemektedir. Uluslararası gönderiler; gönderileri izleme ve takip etme yeteneğini, rekabetçi fiyatlarla düzenlemenin zorluk/kolaylık derecesini ölçmektedir. İzleme ve takip; gönderilerin alıcılara planlanan/ beklenen teslimat süresi içerisinde ulaşma sıklığını ölçmektedir. Her gönderinin nihai müşteriye teslimatına kadar tam yerini ve rotasını belirlemek önemlidir. Sektörün bütün olarak faaliyetlerinin sonucudur; çünkü malların tedarik zincirinde yer alan tüm taraflar izlenebilirliğe dahil olmaktadır.

## **KARAR AĞAÇLARI VE CHAID ALGORİTMASI**

Karar ağaçları, bir sınıflandırma tekniğidir. Karar ağacı algoritmaları verileri, eğitim setleri ve sınıf etiketleri bazında sınıflandırmaktadır. Amaç, belirli veri gözlemlerine karşılık gelen kategorik bir çıktı değişkenini tahmin edecek model oluşturmaktır (Soofi & Awan, 2017). Bunun için büyük miktardaki kayıtlar basit karar verme adımlarıyla küçük kayıt gruplarına bölünmektedir. Her başarılı bölünmeyle sınıf üyeleri birbirine daha çok benzemektedir (Albayrak & Koltan Yılmaz, 2009).

Karar ağacı, örnekleri öznitelik değerlerine göre sıralayarak sınıflandırmaktadır. Bir karar ağacında yer alan her düğüm, bir örnekteki özniteliği; her dal, düğümün üstlenebileceği bir değeri göstermektedir. Kök düğümden başlanarak sıralanan örnekler, öznitelik değerlerine göre sınıflandırılmaktadır (Kotsiantis, 2007). Daha sonra önemli bir öznitelik tekrar alınmakta ve yeniden sınıflandırılmaktadır. Böylece bir sınıflandırma kuralı oluşturulmakta ve mümkün olan en doğru sınıflandırmaya göre hangi nitelik(ler)in önemli olduğu açıkça belirtilmektedir (Agarwal, Pandey & Tiwari, 2012). Ortaya çıkan model, ağaç benzeri bir grafikte temsil edilmektedir. Böylece kararın nasıl verildiğini görmek kolaylaşmakta, sınıflandırma işlemi basitleşmektedir (Soofi & Awan, 2017). Şekil 2 (Koltan Yılmaz & Devci Topal, 2022) bir karar ağacı yapısını göstermektedir.





Şekil 2. Karar Ağacı Yapısı

Şekil 2'ye göre, yapının başlangıcında bulunan “kök düğüm” hedef (bağımlı) değişkeni temsil etmektedir (Milanović & Stamenković, 2016). Yapının diğer unsurlarından “yaprak düğüm” en uç kısmı, yaprak düğümler arasında kalan kısımlar ise “dalları” göstermektedir. Dalları, özniteliklerin (bağımsız, açıklayıcı değişkenler ya da tahmin değişkenleri) “değerlerini”; yaprak düğümler, elde edilen kararların “nihai sonucunu” temsil etmektedir. Bir yaprağa ulaşmak üzere kök ve iç düğümler arasındaki yolu gösteren hiyerarşik yapı “kararı” temsil etmektedir. Düğümden iç düğümlere giden bu yollar, “eğer koşul 1 ve koşul 2 ve koşul 3... ve koşul k gerçekleşmiş ise ondan sonra j sonucu gerçekleşir” gibi “eğer-sonra” kuralları olarak da temsil edilebilmektedir (Song & Lu, 2005; Han, Kamber & Pei, 2012).

Karar ağaçlarında en verimli modele sahip olmak için, kök düğümün verileri etkili bir şekilde bölmesi gerekmektedir. En yüksek bilgi kazancı olarak adlandırılan bu durumu (Kesavaraj & Sukumaran, 2013) gerçekleştirmek üzere kullanılan bölme ölçütü, bir ya da birden fazla öznitelik üzerinde koşul içerebilmektedir (Aggarwal, 2014). Bölme, önceden belirlenmiş homojenlik veya durdurma kriterleri karşılanana kadar devam etmektedir. Düğümdeki tüm örnekler aynı sınıfa aitse ya da dallanma için başka değişken kalmamışsa, bir başka deyişle bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoksa yapılandırma süreci sona ermektedir (Koltan Yılmaz & Deveci Topal, 2022).

Karar ağaçlarında yapı, algoritmalara göre oluşturulmaktadır. Algoritmalar arasında; bölme kriteri, girdilerin veri türleri, eksik verileri işleyebilme, budama ve

sınıflandırma yönleriyle farklılıklar bulunmaktadır (Singh, Choudhary & Samota, 2013; Elsayad, Al-Dhaifallah & Nassef, 2018). Amaç, genelleme hatasını en aza indiren ağacı elde etmektir (Rokach & Maimon, 2005). SLIQ (Supervised Learning in Quest, SPRINT (Scalable Paralleizable Induction of Decision Trees), QUEST (Quick Unbiased Efficient Statistical Tree), CRT (Classification and Regression Trees), ID3 (Iterative Dichotomiser), MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines), CHAID, Exhaustive CHAID bunlara örnek olarak verilebilir (Albayrak & Koltan Yılmaz, 2009; Çetinkaya & Horasan, 2021). Bu çalışmada, CHAID algoritması kullanılmıştır. CHAID dalların sayısı (ikili olmayan) yönüyle diğer algoritmalarından farklıdır, bu nedenle daha geniş olma eğiliminde olan ağaçlar üretmektedir. Veri setini en iyi tanımlayabileceği özel ve kapsamlı alt gruplara ayırmaktadır. Bölme kriteri olarak Ki-kare test istatistiğini kullanmaktadır (Soofi & Awan, 2017; Albayrak & Koltan Yılmaz, 2009; Çetinkaya & Horasan, 2021). Ki-kare testlerinde, en düşük p değerine sahip tahmin değişkeni dikkate alınarak, tüm veri seti art arda iki veya daha fazla düğüme bölünmektedir. Tahmin değişkenleri, hedef değişkenle eşleşen bir çiftte istatistiksel olarak anlamlı bir fark kalmayana kadar en iyi bölmeyi hesaplamak üzere birleştirilmektedir. Bu şekilde; tahmin değişkenleri, hedef değişkenle olan ilişkilerinin istatistiksel önemine göre belirlenebilmektedir (Koltan Yılmaz & Deveci Topal, 2022).

## VERİLERİN ANALİZİ

Çalışmada, ülkeleri LPE göstergelerine göre sınıflandırmak üzere CHAID algoritması kullanılmış ve bir karar ağacı modeli elde edilmiştir. LPE 2023 verileri 139 ülkenin birbirlerine göre durumlarını ortaya koymaktadır. Veriler, IBM SPSS 23.0 kullanılarak analiz edilmiş olup  $p$  değeri .05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiş,  $\alpha_{\text{birleştir}} = \alpha_{\text{böl}} = 0.10$  olarak tanımlanmıştır. Değişkenlerin hiçbirinde kayıp değerlerin varlığı tespit edilmemiştir. Elde edilen modelin sınıflarında yer alan ülkeler için ArcMap 10.8 kullanılarak harita oluşturulmuştur.

LPE'de ülkeler, puan dilimlerine göre, kötü-kısmi-tutarlı-en iyi (lojistik dostu) performans olarak dört gruba bölünmektedir. Bu gruplar, LPE'nin tek bir yılında izlenen ülkeler için göreceli performans göstermektedir. Ancak gruplar arasındaki ortalama puanların yanı sıra gruplar içindeki ve gruplar arasındaki dağılım ölçümlerinin, ülkelerin tek bir yılda nasıl karşılaştırıldığını anlamak açısından anlamlı olabileceği nedeniyle, LPE 2023'te değişiklik söz olmuş, ülkeler 5 grupta toplanmıştır. Ülkeler birbirine yakın gruplandığında, politika yapıcılar için bireysel ülke puanları ve sıralamalar yerine geniş anlamda tanımlanmış ülke gruplarına odaklanmak daha bilgilendirici olmaktadır (Arvis

& ark., 2023). Bu nedenle bu çalışmada ülkeler 5 grupta ele alınmış ve bu gruplar karar ağacının “hedef değişkeni”ni oluşturmuştur. “Tahmin değişkenleri” ise LPE göstergelerinden oluşmaktadır.

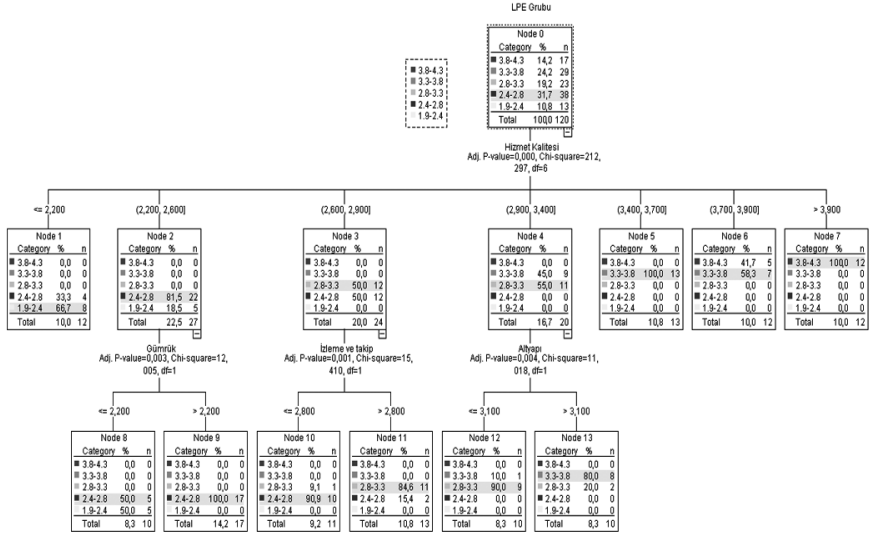
Karar ağaçlarında uç değerlerin sınıflandırma üzerine etkisi bulunmamaktadır. Model oluşturma sürecinde, birçok model doğruluk açısından genellikle eşdeğerdir, ancak en iyi modelin değerlendirilmesi ve seçimi maliyet-karmaşıklık dengesine bağlıdır. Bu çalışmada, split sample (eğitim ve test verilerine ayırma) kullanılmıştır.

## BULGULAR

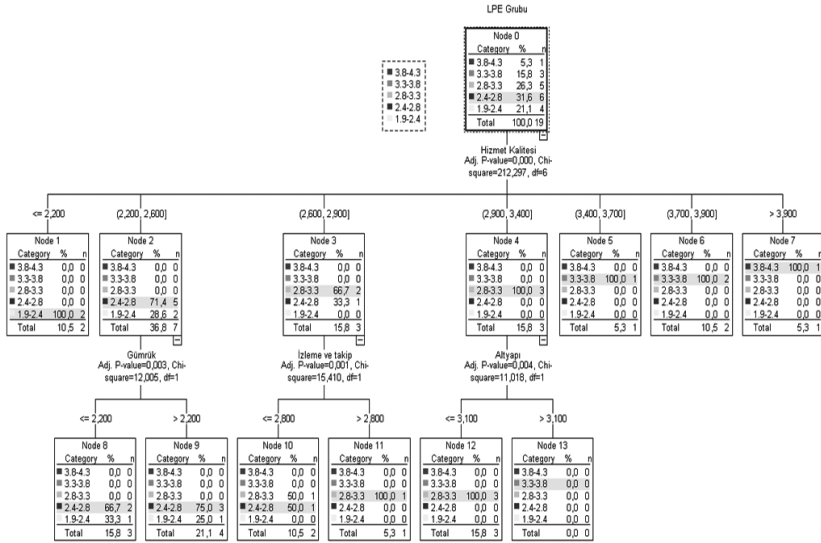
Çalışmada, CHAID algoritmasının durdurma kurallarına uygun olarak farklı düğüm sayıları için farklı ağaç yapıları izlenmiştir. Modelin seçiminde toplam ve terminal (uç) düğüm sayısı, ağaç derinliği, split sample ölçütleri kullanılmıştır. Eğitim (%85) ve test (%15) olarak bölünen verilerin risk değerleri, standart hata ve tahmin yüzdelerinden; sınıflandırma değerleri ise doğru sınıflandırma yüzdelerinden oluşmaktadır. Risk yüzdesi dengeli ve minimum, sınıflandırma oranı dengeli ve maksimum olmalıdır. Bu nedenle, birbirine en yakın tahmin risklerine ve en yüksek sınıflandırma oranına sahip ağaç yapısı seçilmiştir. Elde edilen modelin temel unsurları Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. CHAID Modelinin Sonuçları			
Karar Düğüm Sayıları			
Toplam	Terminal		Derinlik
14	10		2
	Risk		Sınıflandırma (%)
	Tahmin (%)	Std. Hata (%)	
Eğitim	16.7	3.4	83.3
Test	15.8	8.4	84.2

Modele ilişkin ağaç yapıları, eğitim ve test verileri için aynı yapıyı göstermesine karşın sayısal bulguları doğru gösterebilmek üzere ayrı ayrı, Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Lojistik Performans Endeksi Göstergelerine Göre Ülkeleri Sınıflandıran Karar Ağacı (Eğitim Verileri)<sup>2</sup>



Şekil 4. Lojistik Performans Endeksi Göstergelerine Göre Ülkeleri Sınıflandıran Karar Ağacı (Test Verileri)

<sup>2</sup> Beş LPE Grubuna ait sınırlar, orijinal LPE 2023 Raporu'ndaki gibi oluşturulmuştur. Her grubun üst sınır değeri (LPE puanı), bir üstteki grubun alt sınır değeri (LPE puanı) ile aynı olmakla birlikte, üst sınır değerleri ilgili gruba dahil değildir.

Şekil 3 ve Şekil 4 birlikte incelendiğinde; hedef değişken LPE Grubu bulgularına göre, ülkelerin %13'ünün (18 ülke) LPE üst performans, %23'ünün (32 ülke) LPE üstten 2.yüzdilik dilim, %20.1'inin (28 ülke) LPE orta performans, %31.7'sinin (44 ülke) LPE alttan 2.yüzdilik dilim, %12.2'sinin (17 ülke) LPE alt performans grubunda olduğu görülmektedir.

Karar ağacı için tahmin değişkenleri olarak seçilen LPE göstergeleri bulgularına göre, ülkelerin göre 7 ana dalda (Node1-Node7) 10 sınıfa ayrıldığı görülmektedir. Sınıflar çalışmada S1, S2, ... ,S10 olarak adlandırılmıştır. Sınıfların oluşturulmasında en önemli göstergelerin ilk sırada "hizmet kalitesi (lojistik yeterliliği ve kalitesi)" ( $p=0.000$ ), ikinci sırada "gümrük" ( $p=0.003$ ), "izleme ve takip" ( $p=0.001$ ), "altyapı" ( $p=0.004$ ) olduğu anlaşılmaktadır.

Birinci ana daldaki, hizmet kalitesi en düşük ( $\leq 2.2$ ) olan 14 ülke (Node1) S1'i oluşturmaktadır. Bu ülkelerin 10'u LPE'nin alt performans diliminde, 4'ü ise alttan 2. yüzdilik diliminde yer almaktadır.

Karar ağacının 2., 3. ve 4. ana dalları "gümrük, izleme ve takip, alt yapı" değişkenlerine göre tekrar alt dallara ayrılmakta ve sırasıyla S2, S3, S4, S5, S6 ve S7 sınıflarını oluşturmaktadır. İkinci ana daldaki, hizmet kalitesi  $>2.2$  ve  $\leq 2.6$  iken gümrük değişkeni değeri  $\leq 2.2$  olan 13 ülke (Node2-Node8) S2'yi; gümrük değeri  $>2.2$  olan 21 ülke (Node2-Node9) S3'ü oluşturmaktadır. S3, en çok ülkenin bulunduğu sınıftır. Her 2 sınıf da, S1 gibi, LPE'nin alt performans ve alttan 2. yüzdilik diliminde yer alan ülkelerden oluşmaktadır. LPE'nin alt performans diliminde yer alan 6 ülke S2'de, 1 ülke ise S3'te yer almaktadır. Üçüncü ana daldaki, hizmet kalitesi  $>2.6$  ve  $\leq 2.9$  iken izleme ve takip değişkeni değeri  $\leq 2.8$  olan 13 ülke (Node3-Node10) S4'ü, izleme ve takip değeri  $>2.8$  olan 14 ülke (Node3-Node11) S5'i oluşturmaktadır. LPE'nin orta performans ve alttan 2. yüzdilik diliminde yer alan ülkelerden oluşan bu sınıflarda; S4'te LPE'nin orta performans diliminden 2 ülke, S5'de LPE'nin alttan 2. yüzdilik diliminden yine 2 ülke yer almaktadır. Dördüncü ana daldaki, hizmet kalitesi değeri  $>2.9$  ve  $\leq 3.4$  iken altyapı değişkeni değeri  $\leq 3.1$  olan 13 ülke (Node4-Node12) S6'yı, altyapı değeri  $>2.9$  olan 10 ülke (Node4-Node13) S7'yi oluşturmaktadır. Bu sınıfları oluşturan ülkeler, LPE'nin orta performans ve üstten 2. yüzdilik diliminde yer almaktadır. S6'da LPE'nin üstten 2. yüzdilik diliminden sadece 1 ülke, S7'de LPE orta performans diliminden 2 ülke bulunmaktadır.

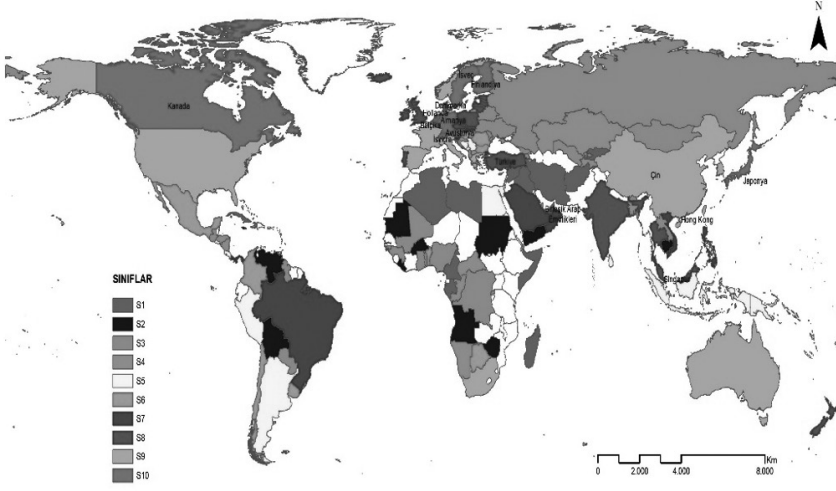
Modele göre 5., 6. ve 7. ana dallarda, hizmet kalitesi daha yüksek olan S8 (Node5), S9 (Node6) ve S10 (Node7) sınıfları bulunmaktadır. S8'de sadece LPE'nin üstten 2. yüzdilik diliminde yer alan ülkeler bulunmaktadır. LPE puanına göre 42.

## Güncel Yönetim Bilişim Sistemleri Çalışmaları

sıradaki Türkiye'nin de içinde yer aldığı S8'da (14 ülke) hizmet kalitesi değeri  $>3.4$  ve  $\leq 3.7$  iken S9'da (14 ülke)  $>3.7$  ve  $\leq 3.9$ 'dur. S9'da LPE'nin hem üstten 2. yüzdelik diliminde hem de üst performans diliminde yer alan ülkeler bulunmaktadır. Üst performans grubunda olup bu sınıfa dahil olan ülke sayısı 5'tir. S10'da, hizmet kalitesi değeri en yüksek olan ( $>3.9$ ) 13 ülkenin hepsi LPE'nin üst performans diliminde yer alan ülkelerdir.

Bu 10 sınıfta yer alan ülkeler, Tablo 2 ve Şekil 5'de verilmektedir.

Tablo 2. Sınıflarına Göre Ülkeler		
Sınıf	Ülkeler	Sayı
S1	Afganistan, Cezayir, Gabon, Grenada, Haiti, Irak, İran, Kamerun, Kırgızistan, Küba, Libya, Madagaskar, Suriye, Somali.	14
S2	Angola, Bolivya, Burkina Faso, Gambiya, Jamaika, Kamboçya, Liberya, Moritanya, Sudan, Trinidad ve Tobago, Venezuela, Yemen, Zimbabve.	13
S3	Arnavutluk, Bahamalar, Belarus, Butan, Dominik Cumhuriyeti, Ermenistan, Fiji, Gana, Guyana, Gürcistan, Kongo Demokratik, Lao, Mali, Mauritius, Moğolistan, Nijerya, Özbekistan, Paraguay, Rusya, Togo, Ukrayna.	21
S4	Bangladeş, Cibuti, Gine, Guatemala, Guinea-Bissau, Honduras, Kazakistan, Kongo, Moldova, Namibya, Nikaragua, Orta Afrika Cumhuriyeti, Tacikistan.	13
S5	Antigua ve Barbuda, Arjantin, Bosna Hersek, El Salvador, Endonezya, Karadağ, Kosta Rika, Kuveyt, Mısır, Papua Yeni Gine, Peru, Sırbistan, Solomon Adaları, Sri Lanka.	14
S6	Benin, Botsvana, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Kolombiya, Kuzey Makedonya, Macaristan, Meksika, Romanya, Ruanda Şili, Uruguay.	13
S7	Bahreyn, Brezilya, Filipinler, Malta, Panama, Slovakya, Slovenya, Suudi Arabistan, Umman, Vietnam.	10
S8	Birleşik Krallık, Çekya, Estonya, Hindistan, İrlanda, İzlanda, Letonya, Litvanya, Malezya, Polonya, Portekiz, Tayland, Türkiye, Yeni Zelanda.	14
S9	Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Çin, Fransa, Güney Afrika, İspanya, İsrail, İtalya, Katar, Kore, Lüksemburg, Norveç, Tayvan, Yunanistan.	14
S10	Almanya, Avusturya, Belçika, Birleşik Arap Emirlikleri, Danimarka, Finlandiya, Hollanda, Hong Kong, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada, Singapur.	13
	<b>Toplam</b>	<b>139</b>



Şekil 5. Sınıflarına Göre Ülkeler

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Lojistik faaliyetlerin etkin gerçekleştirilmesiyle birlikte ülkeler, ticaret akışı, rekabet, büyüme, gelişme, kalkınma konularında avantajlar elde etmektedir. Ancak zayıf altyapı, karmaşık gümrük prosedürleri ve devlet kurumları arasındaki aşırı bürokrasi ticaret maliyetlerinin artmasına neden olabilmekte ve malların sınırlar arasında etkin bir şekilde hareket etmesini engellemektedir. Lojistiğin bu çok boyutluluğunu değerlendiren Lojistik Performans Endeksi (LPE), ülkelerin ticaret ve ulaştırma kolaylığını temel alanlarda ölçen ve engelleri belirleyen uluslararası bir kıyaslama aracıdır. Bu çalışmada, CHAID algoritması kullanılarak ülkelerin LPE 2023 verileri analiz edilmiş ve 139 ülkeyi, 6 LPE göstergesine göre sınıflandıran karar ağacı modeli üretilmiştir.

Modelden elde edilen sonuçlara göre, ülkeler 10 sınıfa ayrılmaktadır. Bu sınıflarla birlikte LPE göstergeleri dahilinde ülkeler hakkında daha ayrıntılı bilgilere ulaşmak mümkün olmuştur. Bu, sadece göstergelerin sayısı nedeniyle değil aynı zamanda algoritmanın dallanma sayısından kaynaklanmaktadır. CHAID algoritması, ikili dallar yerine verideki farklı yapı sayısı dallanması nedeniyle diğer karar ağacı algoritmalarına göre üstünlük göstermektedir. CHAID ile elde edilen sonuçlar ülkelerin lojistik performansını etkileyen en önemli göstergenin, hizmet kalitesi (lojistik yeterliliği ve kalitesi) olduğunu ortaya koymaktadır. Bundan sonraki en önemli göstergeler ise gümrük, izleme ve takip, altyapı olarak tespit edilmiştir.



Rençber (2018) ve Türkoğlu ve Duran (2023a, 2023b) da çalışmalarında lojistik hizmet kalitesi ve yetkinliğini en önemli gösterge olarak belirlemiştir. Rençber (2018) lojistik hizmet kalitesinin yanı sıra altyapı, izleme ve takip göstergelerini de lojistik performans için en önemli gösterge olarak tespit ederken Altıntaş (2021a) göstergeleri altyapı, lojistik kalite ve yetkinlik ve gümrük şeklinde sıralamıştır. Buna benzer şekilde Altıntaş (2021b), Oğuz, Alkan & Yılmaz (2019), Gögebakan (2022), Mujiya Ulkhaq (2023) altyapının, Türkoğlu ve Duran (2023c) ise gümrük yönetiminin lojistik performansa etki eden en önemli faktörler olduğunu ortaya koymuşlardır.

CHAID ile elde edilen sonuçlara göre, ülkelerin %10.1'inin hizmet kalitesi alanında oldukça düşük puanlar aldıkları, lojistik yetkinlik ve kalite açısından en çok iyileştirmenin bu sınıf için gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Bu ülkelerin %71.5'i LPE'nin alt performans diliminde yer almaktadır. Cezayir, Grenada, Gabon ve Irak bir üst yüzdilik diliminde olmasına karşın lojistik yetkinlik puanlarının düşük olması sebebiyle bu sınıfa dahil olmuştur. Hizmet kalitesi bu sınıfa göre daha yüksek olan sınıflarda; lojistik yetkinlik ve kalite ile birlikte gümrük sürecinde de iyileştirmelere duyulan ihtiyaç gözlemlenmiştir. Bu sınıflardaki ülkelerin %79.4'ünü LPE'nin alttan 2. yüzdilik dilimindeki ülkeler oluşturmaktadır. Gümrük değişkeni değeri düşük olan sınıfta LPE'nin alt performans dilimindeki ülkelere Angola, Burkina Faso, Gambiya, Moritanya, Venezuela, Yemen; gümrük değeri daha yüksek olan sınıfta ise sadece Fiji yer almaktadır.

Hizmet kalitesi arttıkça önemli hale gelen göstergelerden bir diğeri, izleme ve takiptir. Bu sınıfta olan ülkelere; lojistik yetkinliğin ve kalitenin yanı sıra izleme ve takip alanında da iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. İzleme ve takip göstergesinin sonuçlarına göre bu sınıflardaki bütün ülkelerin LPE'nin orta ve alttan 2. performans diliminde yer alan ülkelere olduğu görülmektedir. İzleme ve takip değeri düşük ülkelerin %84.6'sını LPE'nin alttan 2. performans dilimindeki ülkeler oluşturmaktayken, orta performans diliminden Honduras ve Namibya; izleme ve takip değeri daha yüksek olan ülkelerin %85.7'ini ise LPE'nin orta performans dilimindeki ülkeler oluşturmaktayken, alttan 2. performans diliminden El Salvador, Papua Yeni Gine yer almaktadır.

Hizmet kalitesi orta düzeyde olan ülkelere; lojistik yetkinliği ve kaliteyi daha da arttırmak, ayrıca lojistik altyapıyı iyileştirmek öne çıkmaktadır. Bu sınıflarda, LPE'nin orta ve üstten 2. performans dilimindeki ülkelerin yer aldığı görülmektedir. Bunlardan, altyapı değeri düşük olan ülkelerin %92.3'ünü LPE'nin orta performans dilimindeki ülkeler oluşturmaktayken üstten 2. performans diliminden Hırvatistan; altyapı değeri yüksek olan ülkelerin %80'ini LPE'nin

üstten 2. performans dilimindeki ülkeler oluşturmaktayken orta performans diliminden Brezilya, Panama bulunmaktadır. Ojala ve Çelebi (2015)'e göre, ulaştırma altyapısının üretkenlik ve maliyet yapısı üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır. Daha iyi liman ve iç bölge bağlantıları, dağıtım ağlarının inşası ya da hammaddelerin taşınması için gereken harcamaları azaltabilir. Doğrudan yabancı yatırımların bu türde etkin ulaşım sistemlerine sahip alanlara çekildiği görülmektedir. Ancak farklı alanlar gözlemlenmediğinde, örneğin hizmet sağlayıcı kapasitesi geliştirilmeden fiziksel altyapının inşa edilmesiyle, beklenen ekonomik faydaların sağlanması çok mümkün olmayacaktır (Arvis & ark., 2023).

Hizmet kalitesi iyi düzeyde olan ülkelerde; lojistik yetkinliği ve kaliteyi artırma çabası öne çıkmaktadır. Bu sınıflardan birisi, LPE'nin üstten 2. yüzdalık diliminde yer alan ülkelerden oluşmaktadır. Birleşik Krallık'ın en yüksek LPE puanına sahip olduğu bu sınıfta, LPE 2023 puanına göre 42. sırada olan Türkiye de bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmalarda Danacı ve Nacar (2017), Orhan (2019), Yıldız, Aydoğan & Kartum (2020) lojistik yetkinlik ve kalite konusunda iyileştirmelerle, Eren & Ömürbek (2021) lojistik altyapı ve Pala (2023) ise gümrük sürecindeki yeniliklerle Türkiye'nin LPE sırasını yükseltebileceğine dikkat çekmektedirler. Çalışmada ortaya çıkan diğer sınıfta hem üstten 2. yüzdalık diliminde hem de üst performans diliminde yer alan ülkeler bulunmaktadır. Üst performans diliminde yer alan Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, İspanya, Kore ve Tayvan bu sınıfın %35.7'sini oluşturmaktadır.

Hizmet kalitesinin en iyi olduğu tespit edilen sınıftaki ülkelerin tamamı, LPE'nin üst performans diliminde yer alan ülkelerdir. Genel olarak lojistik performansta lider olan bu ülkeler, LPE'nin 6 alanında da güçlü bir performans sergilemektedirler. Bununla birlikte, göstergeler arasında farklılıklar görülebilmektedir. LPE 2023'te en yüksek puana sahip olan Singapur, aynı zamanda, çalışmanın sonuçlarında en önemli göstergeler olarak ortaya konan lojistik yetkinlik ve kalite, gümrük, izleme ve takip, altyapı göstergelerinde de en yüksek puanlara sahiptir.

Çalışmanın sonuçları, ülkelerin lojistik performansını artırmak için tek bir göstergeye odaklanmak yerine çeşitli alanları kapsayacak reformların gerekliliğini göstermektedir. Bu noktada, LPE grupları dahilinde ülkelerin şöyle genelleştirilebilir. LPE'nin alt performans grubundaki ülkeler için lojistik hizmetlerin yeterliliği ve kalitesi, en önde gelen reform alanıdır. Bu grup için önemli iyileştirmeler gerektiren bir diğer konu, gümrük işlemlerine ilişkin idari prosedürleri kapsamaktadır. LPE'nin alttan 2.yüzdalık dilimindeki ülkeler için lojistik hizmetlerin yeterliliği ve kalitesi yine önemli bir alan olarak öne çıkmaktayken her gönderinin nihai müşteriye teslimatına kadar izlenmesi ve

takip edilmesi, reform gerektiren önemli bir başka konudur. Bu grup için ayrıca, gümrük süreci dikkat gerektiren bir göstergedir. LPE'nin orta performans grubunda yer alan ülkeler için hem hizmet kalitesi hem altyapı hem de izleme ve takip göstergeleri önemlidir. Bu göstergeler içerisinde ticaret, ulaşım ve iletişimle ilgili altyapının kalitesi en çok iyileştirme ve geliştirme gerektiren alan iken hizmet kalitesi ile izleme-takip bu gruptaki ülkelerin konumunu değiştirebilecek kritik bir önem taşımaktadır. LPE'nin üstten 2. yüzdalık diliminde yer alan ülkeler için de dikkatli bir süreç söz konusudur. Bu gruptaki ülkeler lojistik hizmet yeterliliğini ve kalitesini artırma çabasında aynı zamanda ulaştırma altyapısını da geliştirmelidirler. LPE'nin üst performans dilimindeki ülkeler, hizmet kalitesi alanında en iyi konumda olan ülkelerdir ve liderliklerini korumak ve geliştirmek üzere iyileştirmelere ihtiyaç duymaktadırlar. LPE 2023 raporunda da benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Arvis & ark. (2023)'e göre, alt performans diliminde yer alan ülkelerin lojistik performansı iyileştirmek üzere, özellikle gümrük ve sınır yönetimi ile limanlardaki prosedürlerde yapılacak temel reformların ve modernizasyonun taşımacılık altyapısı için gerekli yatırımlarla uyumlu hale getirilmesi gereklidir. Orta performans diliminde ve üstten 2.yüzdalık dilimde yer alan ülkeler, mevcut kaynakları göz önüne alındığında en zorlu politika gündemiyle karşı karşıyadır. Reformlarındaki tutarlılık ve derinlik ihtiyacı, en iyi performans dilimindeki ya da en alttaki iki yüzdalık dilimindeki ülkelerin karşılaştığı pek çok öncelik arasında uzlaşma sağlamalıdır. Örneğin, orta performansla sahip ülkeler, reform çabalarında sadece fiziksel altyapıyı değil aynı zamanda sınır prosedürlerini ve özel sektörün gelişimini de göz önünde bulundurmalıdırlar.

Çalışma, bir dizi yönetsel sonuçları işaret etmektedir. Elde edilen sonuçlar lojistik performansı artırmak üzere LPE'nin girdi bileşenleri olarak değerlendirilen tüm alanlarında (lojistik hizmet kalitesi, gümrük, altyapı) farkındalık yaratmak, politika tartışmalarını bilgilendirmek, fırsatlara ilişkin eylem alanları hakkında karar vericilere yol göstermek için kullanılabilir. Bunlar, teknolojiyi lojistik hizmet kalitesine ve gümrük işlemlerine dahil etmeyi, çevre dostu altyapı uygulamalarını kullanmayı gerektiren reform alanları ve politikalar olarak sıralanabilir. Literatürde buna benzer sonuçlar görülmektedir. Bienstock & ark. (2008), Saura & ark. (2008), Arvis & ark. (2023) lojistik hizmet kalitesini iyileştirmede gelişmiş bilgi yönetiminin önemli bir faktör olduğunu belirtmektedirler. Tutarlı, yüksek kaliteli lojistik hizmet, Bilgi İşlem Teknolojileri (BİT) araçlarının kullanımını ve ağ oluşturmayı gerektirmektedir. BİT araçları, kaynak, üretim, dağıtım, iade, gümrük konularında kolaylık oluşturmakta, lojistik süreç kalitesine ilişkin

alguları etkilemede önemli bir rol oynamaktadır. Bu da müşteri memnuniyetini ve (memnuniyetlerinin ötesinde) sadakatini etkilemektedir. Thai (2013) müşteri odaklılığın algılanan lojistik hizmet kalitesini geliştirmek için en kritik unsur olduğunu, Jang & ark. (2013) nakliyeciler sadakati oluşturmada konteyner nakliye hatlarının kalitesinin yanı sıra yüksek düzeyde lojistik hizmet kalitesi geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Lojistik hizmet kalitesinin iyileştirilmesi, uzun vadede işletmeler için belirgin bir rekabet avantajı yaratacağından aynı zamanda tedarik zincirlerindeki verimli ve sürdürülebilir taşımacılık lojistiğine de olumlu katkı sağlayacaktır. Gani (2017), Yeo & ark. (2020)'e göre, altyapı ve lojistik hizmet kalitesiyle performansın iyileştirilmesi, uluslararası ticareti güçlendirmekte ve ekonomik performansını artırmaktadır. Sénquiz-Díaz (2021) özellikle gelişmekte olan ekonomilerde, yolların ve limanların ihracata önemli ölçüde katkıda bulunduğunu, havalimanı altyapısının ve lojistik hizmet düzeyinin ise taşımacılıktaki katkılara olumsuz etkisini ortaya koymuştur. Bu nedenle hükümetlerin, başta havalimanları olmak üzere mevcut ulaşım varlıklarından tam olarak yararlanmak ve lojistik performansını artırmak için özel sektörle yenilikçi politikalar ve uyum stratejileri geliştirmelerini önermiştir. Arvis & ark. (2023) bu noktada, GPS ve rota planlamaya yönelik gerçek zamanlı verilerin taşımacılıkta kullanımını içeren Büyük Veri yaklaşımları ile tedarik zinciri süreçlerinin dijitalleştirilmesinin hem yurt içinde hem de ticaretin kolaylaştırılmasında önemli bir politika konusu haline geldiğini belirtmektedir. Ancak, teknolojiye erişim ve temel altyapı (özellikle elektrik) güvenilirliğinin kısıtlı olduğu düşük ve orta gelirli ülkeler için zorluklar söz konusudur. Ülkelerin çoğu, modernleştirilmiş hizmetleri ve dijitalleşmeyi teşvik etmenin yanı sıra çevre dostu süreçlere ya da ekipmanlara yönelmekte, özellikle yüksek performanslı ülkelerde, yeşil lojistik hizmetleri gündeme getirmektedir. Yeşil lojistik hizmetler, maliyet, tutarlılık, süre, güvenilirlik ve müşteri hizmetleri açısından ülkenin ticaret performansını ve küresel pazardaki genel rekabet gücünü etkilemektedir. Yingfei & ark. (2022) verimli altyapı ve yeşil lojistik performansın, ihracat performansını ve uluslararası hizmet ticareti ve çevre üzerinde olumlu etkisini göstermektedir. Bu nedenle uygulanabilir yeşil lojistik politikalar daha da önem kazanmaktadır.

Çalışma yöntem yönüyle değerlendirildiğinde, diğerlerinden farklı olarak, kullanılan yöntemle daha fazla alt grup ile değerlendirme yapmak ve daha homojen gruplardan sonuçlar çıkarmak mümkün olmuştur. CHAID ile verinin özelliklerine bağlı olarak mantıksal kurallar oluşturmuş ve bu kurallar ağaç şeklinde bir grafik ile temsil edilmiştir. Böylece ülkeler ve LPE göstergeleri arasındaki ilişkilerin yönü ve önem sırası görselleştirilebilmiş, sonuçların yorumlanması somut ve

kullanışlı hale gelmiş, karar ağacı algoritmalarının ihtiyaç odaklı yanıtları ortaya çıkarmada etkili olduğu görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda CHAID ve (veya) diğer karar ağacı algoritmaları ÇKKV teknikleri ile birlikte kullanılarak LPE göstergelerinin etki düzeyi karşılaştırılabilir, CHAID ve diğer karar ağacı algoritmaları birlikte kullanılarak algoritmaların performans analizi yapılabilir ya da kümeleme analizi algoritmalarıyla ülkeler lojistik performanslarına göre yeniden gruplandırılarak LPE gruplandırmasına alternatif bir gruplandırma gerçekleştirilebilir. Ayrıca LPE'yi etkileyen girdilerin çıktılar üzerindeki etkileri yine bu çalışmada kullanılan CHAID karar ağacı algoritmasıyla ya da YSA'nın ve MÖ'nün tahmin ve sınıflandırma algoritmalarıyla araştırılabilir.

## KAYNAKÇA

- Aggarwal, C. C. (Ed.) (2014). *Data classification algorithms and applications* (1st ed.). New York: Chapman and Hall/CRC.
- Agarwal, S., Pandey, G. N., & Tiwari, M. D. (2012). Data mining in education: data classification and decision tree approach. *International Journal of E-Education, E-Business, E-Management and E-Learning*, 2(2), 140-144.
- Albayrak, A. S. & Koltan Yılmaz, Ş. (2009). Veri madenciliği: Karar ağacı algoritmaları ve İMKB verileri üzerine bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 31-52.
- Altıntaş, F.F. (2021a). Lojistik performans bileşenleri arasındaki ilişkilerin yapay sinir ağları ile kestirimi. *Euroasia Journal of Social Sciences & Humanities*, 8(3), 101-112.
- Altıntaş, F.F. (2021b). Lojistik performans endeksi kapsamında lojistik girdi bileşenlerinin lojistik çıktı bileşenlerine olan etkisi: yol analizi ile bir uygulama. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(2) 128-138.
- Altıntaş, F. F. (2022). Lojistik performans endeksi kapsamında ülkelerin K-Ortalamalar kümeleme analizi ile incelenmesi. *Journal of Yasar University*, 17(68), 878-891.
- Arvis, J. F., Ojala, L. & Shepherd, B. (2023). Connecting to compete 2023 trade logistics in an uncertain global economy The Logistics Performance Index and its indicators. Washington: The World Bank Global Trade and Regional Integration Unit.
- Atalan, A. (2020) Logistic performance index of OECD. *Journal of Academic Researches and Studies*, 2(23), 598-608.
- Babayiğit, B., Gürbüz, F. & Denizhan, B. (2023). Logistics performance index estimating with artificial intelligence. *Int. J. Shipping and Transport Logistics*, 16(3/4), 360-371.
- Bayraktutan, Y. & Özbilgin, M. (2015). Lojistik maliyetler ve lojistik performans ölçütleri. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 95-112.
- Bugarčić, F. Ž., Skvarciany, V. & Stanišić, N. (2020). Logistics performance index in international trade: Case of Central and Eastern European and Western Balkans countries. *Business: Theory and Practice*, 21(2): 452-459.
- Cansız, Ö. F. & Ünsalan, K. (2020). Yapay zekâ ve istatistiksel yöntemler ile küresel ticarete rekabet ölçütü olan Lojistik Performans İndeksine (LPI) etken parametrelerin ülke bazlı incelenmesi ve tahmin modellerinin geliştirilmesi. *Firat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 32(2), 571-582.

- Bienstock, C. C., Royne, M. B. & Sherrell, D. (2008). An expanded model of logistics service quality: Incorporating logistics information technology. *Int. J. Production Economics*, 113, 205–222.
- Çetinkaya, Z. & Horasan, F. (2021). Decision trees in large data sets. *International Journal of Engineering Research and Development*, 13(1), 140–151, 2021. DOI: 10.29137/umagd.763490
- Danacı, T. & Nacar, R. (2017). Comparing the foreign trade and logistic performance of Turkey and EU members with cluster analysis. *PressAcademia Procedia (PAP)*, 3, 31-36.
- Demirci Celikkol, C. & Keskin, G. (2021). Logistics performance index and GDP – relationship of Turkey’s logistics performance through neighbours, *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 7(37), 257-265.
- Elsayad, A. M., Al-Dhaifallah, M., & Nassef, A. M. (2018). Analysis and diagnosis of Erythematous-Squamous Diseases using CHAID decision trees. *15th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, Yasmine Hammamet, Tunisia, (252–262).
- Eren, H. & Ömürbek, N. (2021). OECD ülkelerinin lojistik performansları açısından kümelmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(2), 53-166.
- Gani, A. (2017). The Logistics performance effect in international trade. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 279-288.
- Gögebakan, M. (2022). Ülkelerin lojistik performanslarının Entropi tabanlı TOPSIS yöntemine göre sıralanması. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 146-156.
- Han, J., Kamber, M. & Pei, J. (2012). Data mining concepts and techniques. (3rd edit.). Waltham: Morgan Kaufmann.
- Jang, H., Marlow, P.B. & Mitroussi, K. (2013). The effect of logistics service quality on customer loyalty through relationship quality in the container shipping context. *Transportation Journal*, 52 (4), 493–521.
- Karaköy, Ç. & Ölmez, U. (2019), Balkan ülkelerinde lojistik performans endeksi değerlendirilmesi, *SETSCI Conference Proceedings*, 4 (8), 178-180.
- Karaköy, Ç. & Üre, S. (2019). Yüksek ve orta gelirli ülkelerde büyüme ve lojistik performans endeksi arasındaki ilişki, *Al -Farabi 4. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi*, Erzurum, Türkiye, (575-580)
- Kesavaraj, G. & Sukumaran, S. (2013). A Study on classification Techniques in data mining, *4th ICCCNT*, Tiruchengode, India.
- Kılıç, M. (2021). Lojistik performans endeksi değerlerinin büyüme üzerindeki etkisi. *Pak Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(3), 1-9.
- Koltan Yılmaz, Ş. & Devenci Topal, A. (2022). Analysis of awareness of academicians and graduate students about digital product copyrights with Chi-Squared Automatic Interaction Detector. *Education and Information Technologies*, 27, 12743–12771.
- Kotsiantis, B. (2007). Supervised machine learning: A Review of classification techniques. *Informatica*, 31, 249-268.
- Martí, L., Puertas, R. & García, L. (2014) The importance of the logistics performance index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992.
- Mercangöz, B.A., Yıldırım, B. & Yıldırım, S.K., 2020. Time period based COPRAS-G method: application on the logistics performance index. *LogForum*, 16(2), 239-250.



- Milanović, M., & Stamenković, M. (2016). CHAID decision tree: Methodological frame and application. *Economic Themes*, 54(4), 563–586.
- Mujiya Ulkhaq, M. (2023). Clustering countries according to the logistics performance index. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 10(1), 1010-1018.
- Oğuz, S., Alkan, G. & Yılmaz, B. (2019). Seçilmiş Asya ülkelerinin lojistik performanslarının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayı, 497-507.
- Ojala, L. ve Çelebi, D. (2015). *The World Bank's Logistics Performance Index (LPI) and drivers of logistics performance*. International Transport Forum and OECD. (21.08.2023 tarihinde <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/ojala.pdf> adresinden ulaşılmıştır.
- Orhan, M. (2019). Türkiye ile Avrupa Birliği ülkelerinin lojistik performanslarının Entropi ağırlıklı Edas yöntemiyle karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 1222-1238.
- Öztürk Ofloğlu, N., Kalaycı, C, Artan, S. & Çebi Bal, H. (2018). Lojistik performansındaki gelişmelerin uluslararası ticaret üzerindeki etkileri: AB ve MENA ülkeleri örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(24), 92-109.
- Pala, O. (2023). MEREC-Corr ve Saw temelli lojistik performans değerlendirme. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(25), 117-135.
- Petrovic, M., Jeremic, V. & Bojkovic, N. (2017). Exploring logistics performance index using I-Distance statistical approach, **Proceedings of the 3rd Logistics International Conference**, Belgrade, Serbia. (160-165)
- Rençber, Ö. F. (2018). Basamak Korelasyon, Kohonen ve ANFIS yapay sinir ağ modellerinin sınıflandırma performanslarının karşılaştırılması: lojistik performans endeksi üzerine uygulama. *Ege Akademik Bakış*, 18(3), 521-535.
- Rokach, L., & Maimon, O. (2005). Decision trees. In O. Maimon, & L. Rokach (Eds.), *Data mining and knowledge discovery handbook*. Boston: Springer.
- Saura, I. G., Frances, D. S. & Contri, G. B. (2008). Logistics service quality: a new way to loyalty. *Industrial Management & Data Systems*, 108 (5), 650-668.
- Sénquiz-Díaz, C. (2021). Transport infrastructure quality and logistics performance in exports. *Economics*, 9(1), 107-124.
- Singh, D., Choudhary, N., & Samota, J. (2013). Analysis of data mining classification with decision tree technique. *Global Journal of Computer Science and Technology Software & Data Engineering*, 13(13), 1-5.
- Skender, H. P., Zaninovic, P.A. & Štefanic, A (2020). The logistics performance analysis in European Union–EU-15 vs. EU-13. *Economics and Organization of Logistics*, 5(3), 5–16.
- Song, Y. & Lu, Y. (2005). Decision tree methods: Applications for classification and prediction. *Shanghai Arch Psychiatry*, 27(2), 130–135.
- Soofi, A. A. & Awan, A. (2017). Classification techniques in machine learning: Applications and issues”, *Journal of Basic & Applied Sciences*, 13, 459-465.
- Thai, T. T. (2013) Logistics service quality: conceptual model and empirical evidence. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 16 (2), 114–131.
- Türkoğlu, M. & Duran, G. (2023a). Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü üyelerinin lojistik performansları üzerine bir araştırma: Critic Tabanlı Waspa ve Gia uygulaması. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 19(1),1-22.



- Türkoğlu, M. & Duran, G. (2023b). G20 ülkelerinin lojistik performanslarının Critic Tabanlı GIA ve WASPAS uygulaması ile değerlendirilmesi. *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 15(1), 50-72.
- Türkoğlu, M. & Duran, G. (2023c). Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ile Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (RCEP) ülkelerinin lojistik performanslarının değerlendirilmesi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 15(1), 45-69.
- Ulutaş, A. & Karaköy, Ç. (2019). An analysis of the logistics performance index of EU countries with an integrated MCDM model. *Economics and Business Review*, 5(19), 49-69.
- Varma, S. & Shah, B. (2021). A Study of the relationship between logistics performance and human development, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bangalore, India. (833-845).
- Yeo, A. D, Deng, A. & Nadiedjoa, T. Y. (2020). The effect of infrastructure and logistics performance on economic performance: The mediation role of international trade. *Foreign Trade Review*, 55(4), 1-16.
- Yıldız, A., Aydoğan, K. & Kartum, G. (2020). Türkiye'nin uluslararası lojistik performans endeksindeki konumunun kümeleme analizi ile araştırılması, *Turkish Studies - Social*, 15(3), 1659-1679.
- Yingfei, Y., Mengze, Z. & Zeyu, L. (2022). Green logistics performance and infrastructure on service trade and environment-Measuring firm's performance and service quality. *Journal of King Saud University - Science*, 34(1), 101683.