

**ÜLKELERİN İNOVASYON PERFORMANSINA GÖRE KÜMELENMESİ; ENTROPI,
COPRAS VE ARAS YÖNTEMLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**
**CLUSTERING COUNTRIES ACCORDING TO INNOVATION PERFORMANCE; EVALUATION
WITH ENTROPI, COPRAS AND ARAS METHODS**

Hande EREN

Kapadokya Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü,
hande.eren@kapadokya.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-9166-5037

Emel GELMEZ

Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
emelgelmez@selcuk.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-8774-607X

ÖZ

ABSTRACT

Geliş Tarihi:
02.08.2022

Kabul Tarihi:
30.09.2022

Yayın Tarihi:
30.09.2022

**Anahtar
Kelimeler:**

Yenilik
Performansı
ENTROPI
Yöntemi
COPRAS Yöntemi
ARAS Yöntemi
Kümeleme Analizi

Keywords:

Innovation
Performance
ENTROPI
Method
COPRAS Method
ARAS Method
Cluster Analysis

Hızla değişen ve teknolojinin günden güne önemini artırdığı küresel rekabet ortamında ülkelerin rekabet gücünü artırabilmeleri ve sürdürebilmelerinde yenilik önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Yenilik ve AR-Ge faaliyetlerine yapılan yatırımlar ve iyileştirmeler ülkelerin kalkınmaları üzerinde de etkin bir rol oynamaktadır. Bu yüzden gerek mikro ve gerekse makro düzeyde yenilik performansı ölçümü önem arz etmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada Küresel İnovasyon İndeksi (Kİİ) (2021)'nde yer alan 132 ülke 7 kritere göre COPRAS ve ARAS yöntemlerine göre sıralanmıştır. Yenilik performansına göre ülkelerin sıralanmasında öncelikle ENTROPI ağırlıklılandırma yönteminden faydalanılmıştır. Yenilik performansı sıralamasının ardından indekste yer alan 132 ülke inovasyon göstergeleri açısından kümelere ayrılmıştır. Kümeleme analizi WEKA programı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler doğrultusunda COPRAS ve ARAS yöntemlerine göre inovasyon göstergeleri açısından en iyi sıralamaya sahip ülkeler İsviçre, İsveç ve ABD olurken son sırada yer alan ülkeler ise Benin, Gine ve Angola olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu ülkelerin WEKA programı ile yapılan kümeleme analizi sonrasında 8 kümeye ayrıldığı tespit edilmiştir.

Innovation is considered as an important factor for countries to increase and maintain their competitiveness in a rapidly changing global competitive environment where technology is increasing its importance day by day. Investments and improvements in innovation and R&D activities also play an active role in the development of countries. Therefore, it is important to measure innovation performance at both micro and macro level. In this context, in this study, 132 countries included in the Global Innovation Index (2021) were ranked according to 7 criteria according to COPRAS and ARAS methods. The ENTROPY weighting method was primarily used to rank the countries according to their innovation performance. Following the innovation performance ranking, 132 countries in the index are divided into clusters in terms of innovation indicators. Cluster analysis was carried out using the WEKA program. According to the analyzes made, Switzerland, Sweden and the USA were the countries with the best rankings in terms of innovation indicators according to the COPRAS and ARAS methods, while the last countries were determined as Benin, Guinea and Angola. At the same time, it was determined that these countries were divided into 8 clusters after the clustering analysis made with the WEKA program.

DOI: <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1153211>

Atıf/Cite as: Eren, H. ve Gelmez, E. (2022). Ülkelerin İnovasyon Performansına Göre Kümelenmesi; Entropi, Copras ve Aras Yöntemleriyle Değerlendirilmesi. *Neşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 12(3), 1546-1565.

Giriş

Yenilik değişimin, dönüşümün, gelişimin ve ilerlemenin bir ifadesi olup günümüzde gerek kişilerin gerek işletmelerin ve gerekse endüstri alanlarının rekabet ortamında varlıklarını devam ettirebilmelerinde kritik öneme sahiptir (Atakan, 2017: 30). Bununla birlikte son yıllarda kabul gören önemli bir varsayım ülke ekonomilerinin büyüme hızını yenilik düzeyinin belirlediğidir. Bu yüzden de işletmelerin ve ülkelerin etkin ve etkili bir performans değerlendirme sistemine sahip olmaları önem arz etmektedir. Bu süreçte hedeflerine ulaşma derecelerinin belirlenmesi amacıyla düzenli olarak performans ölçümünün gerçekleştirilmesi organizasyonlara rekabet avantajı sağlayacaktır. Ülkelerin yenilik performanslarının ölçülmesi amacıyla güvenilirliği dünya çapında kabul gören uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından geliştirilen çeşitli indeksler mevcuttur. Dolayısıyla söz konusu bu indekslerden yararlanılarak yenilik sıralaması yapılabilmektedir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ile ülkeler yenilik durumlarını nesnel bir şekilde görebilmekte ve edindikleri karnelerine göre bir strateji uygulayabilmektedir (Bakır ve Çakır, 2021: 972). Bu kapsamda bu çalışmanın temel amacı ülkelerin yenilik performansının belirlenerek kümelemesinin yapılmasıdır. Bu temel amaç çerçevesinde Kİİ (2021)'den yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında verilerin analizinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleri ve Kümeleme analizlerinden faydalanılmıştır. ÇKKV teknikleri, bir dizi alternatif arasından en iyi alternatifin seçilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Biswas vd., 2019: 65). Çalışmanın temel amacı doğrultusunda Kİİ (2021)'de yer alan 132 ülke 7 kritere göre COPRAS ve ARAS yöntemlerine göre sıralanmıştır. Kriterlerinden ağırlıklandırılmasında ENTROPİ yönteminden faydalanılmıştır. Akabinde indekste yer alan 132 ülke inovasyon göstergeleri açısından kümelere ayrılmıştır. Bu kapsamda WEKA programında sayısal (numeric) verilerin analiz edildiği algoritmalar kümeleme analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda en ideal çözümleri Beklenti-Maksimizasyonu algoritmasının verdiği tespit edilmiştir. Kümeleme analizi sonucu elde edilen veriler COPRAS ve ARAS yöntemleri ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

1. Literatür Taraması

Literatür incelendiğinde yenilik performansı, kümeleme analizi, ENTROPİ yöntemi, COPRAS yöntemi, ARAS yöntemi ile yapılmış çeşitli çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları Tablo 1'deki gibi özetlenebilmektedir.

Tablo 1. Literatür Taraması

İnovasyon İle İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar		
No	Yazar(lar)	Uygulama Alanı
1	Polednikova ve Kashi (2014)	Çalışmada AHP ve VIKOR yöntemleri kullanılarak Çek Cumhuriyeti'ndeki NUTS 2 bölgelerinin inovasyon performanslarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Değerlendirme, bölgelerin Avrupa ülkelerindeki inovasyon performansı hakkında istatistiksel gerçekler sağlayan Avrupa Bölgesel İnovasyon Skor Tablosu (RIS) yaklaşımına dayanmaktadır.
2	Ayçin ve Çakın (2019)	Çalışmada ENTROPİ ve MABAC yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanılması amaçlanmıştır. Bu yöntemlerle ülkelerin inovasyon performansları ölçülmüştür. ENTROPİ yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırıldığı çalışmada MABAC yöntemi ile ülkelerin inovasyon performans değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda ülkeler inovasyon performansı en yüksek olan ülkeden en düşük ülkeye doğru sıralanmıştır.
3	Zhao vd. (2019)	Çalışmada, Çin'in bankacılık sektörünün sürdürülebilirliğini geliştirmek ve hizmet inovasyon stratejilerini değerlendirmek amacıyla bir hibrit ÇKKV yöntemi önerilmiştir. 20 alt kriterden meydana gelen altı boyutlu bir model oluşturulmuş ve DEMATEL, DAMP ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.
4	Oralhan ve Büyüktürk (2019)	Çalışmada Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye'nin inovasyon performansı ÇKKV yöntemleriyle kıyaslanmıştır. Yapılan inceleme sonucunda TOPSIS ve MOORA yöntemine göre ülkelerin inovasyon performanslarına göre ilk üç sırada İsviçre, İsveç ve Danimarka'nın yer aldığı sonucuna ulaşılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

5	Bakır ve Çakır (2021)	Çalışma kapsamında; Avrupa Birliği ve OECD'ye üye olan 23 ülkenin yenilik performansı ÇKKV teknikleriyle analiz edilmiştir. Analizlerin gerçekleştirilmesinde CRITIC, EVAMIX ve Borda Sayım yöntemleri bütünsel olarak kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.
6	Satıcı (2021)	Çalışmada 2021 yılı verileri bağlamında Avrupa İnovasyon Endeksi Puanlama Tablosu'ndan yararlanılarak Avrupa Birliği üyesi 27 ülke ve Türkiye'nin de aralarında yer aldığı Avrupa Birliği'nde yer almayan 8 ülkenin inovasyon performansı değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde ÇKKV tekniklerinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda kriterlerin ağırlıklandırılmasında CRITIC yönteminden faydalanılmıştır. Ülkelerin inovasyon performansı sıralamasında ise WASPAS yönteminden faydalanılmıştır.
Kümeleme Analizi İle İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar		
No	Yazar(lar)	Uygulama Alanı
1	Liu vd. (2005)	Çalışmada Çok Amaçlı K-Ortalamalar Genetik Algoritması kullanılarak elde edilen alternatif kümeleme sonuçlarının geçerlilik analizi araştırılmıştır. Söz konusu bu algoritma, çözüm kümesi olarak en uygun küme sayısını vermiştir. Elde edilen kümeleme sonuçları daha sonra literatürde önerilen çeşitli küme geçerliliği teknikleri altında analiz edilmiş ve doğrulanmıştır. Her bir geçerlilik indeksi için optimal kümeler sıralanmıştır.
2	Kou vd. (2014)	Çalışmada finansal risk analizi alanında kümeleme yöntemi ve ÇKKV yöntemleri kullanılarak bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Üç gerçek hayat kredi riski ve iflas riski veri seti üzerinde on bir küme geçerlilik indeksi kullanılarak önerilen yaklaşımı doğrulamak için üç ÇKKV yöntemi, altı kümeleme algoritması kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda kümeleme algoritmalarını değerlendirmede ÇKKV yöntemlerinin etkili olduğu görülmüştür.
3	Barak ve Mokfi (2019)	Çalışmada kümeleme yöntemini değerlendirmek ve sıralamak için ÇKKV tabanlı bir çerçeve önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, üç grup ÇKKV algoritması ve çoklu veri setleri üzerinde çoklu kümeleme modellerini değerlendirebilen ve sıralayabilen kapsamlı, sağlam bir çerçeveye sahip olan Borda Sayım yöntemini kullanmaktadır. Ayrıca çalışmada Parçacık Sürü optimizasyonu algoritmasını K-ortalama kümeleme algoritmasıyla birleştiren bir hibrit veri kümeleme algoritması sunulmuştur.
4	Gürtuna ve Polat (2020)	Çalışmada Kİİ (2018) aracılığı ile 126 ülkeye ait veriler ile kümeleme analizi yapılmıştır. Ward's Tekniği ve K Ortalamalar Yöntemi kullanılarak kümeleme analizi yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.
ENTROPI, COPRAS ve ARAS Yöntemleri ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar		
No	Yazar(lar)	Uygulama Alanı
1	Stanujkic ve Jovanovic (2012)	Çalışmada, fakülte web sitelerinin değerlendirilmesi için ARAS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda en yüksek performansa sahip web site A3 web sitesi olmuştur. A3 olarak etiketlenen fakülte web sitesi, web sitelerine büyük önem veren üniversitelerin web sitelerini temsil etmektedir.
2	Popovic vd. (2012)	Çalışmada finansal analiz kriterlerine dayalı yatırım projeleri seçimi ve kesin olmayan verilerin kullanımı ele alınmıştır. Önerilen modelde, alternatif projelerin performansları kesin ve aralık değerleri kullanılarak ifade edilmiş ve daha sonra COPRAS ve COPRAS-G yöntemleri kullanılarak mevcut projelerden en iyi olanı seçilmiştir.

3	Aksoy vd. (2015)	Çalışmada Türkiye Kömür İşletmeleri'ne ait sekiz işletmenin performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada AHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılarak MULTIMOORA ve COPRAS yöntemleri ile alternatifler sıralanmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda her iki yöntemde de en iyi sonucu gösteren işletme ELİ (Ege Linyitleri İşletmesi) olmuştur.
4	Gorgij vd. (2017)	İçme amaçlı yeraltı suyu kalitesinin ENTROPI yöntemi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Su Kalitesi İndeksi (WQI) yöntemi kullanıldığında ortaya çıkan parametre ağırlığının uzman yargılarını önlemek için ENTROPI yöntemi kullanılmıştır.
5	Sihombing vd. (2020)	Çalışmada bir İngilizce Kursu'nun yeni şubesinin açılmasında yer seçimi probleminin çözülmesi amacıyla ARAS yöntemi kullanılmıştır. Nüfus yoğunluğu seviyesi, lokasyonlara erişim, kalabalık seviyesi, kiralama maliyetleri ve nüfus geliri kriterlerinin kullanıldığı çalışmada yer seçimi için en iyi alternatifin Patuan_Anggi_Street olduğu ortaya çıkmıştır.

Kaynak: İlgili literatür incelemesi doğrultusunda yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

2. 2021 Küresel İnovasyon İndeksi

İnovasyonun çok boyutlu taraflarını incelemeyi hedefleyen Kİİ, ülkelerin inovasyon yetenekleri konusunda dünya ekonomisinde hangi konumda olduklarını ortaya çıkarmaktadır. Bu indeks yeniliklerin arkasındaki ayrıntıları daha iyi irdeleyip değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca buna uygun politikalar ortaya çıkarmaya yardımcı olması bakımından da önemli bir yere sahiptir. İlk olarak 2007 yılında sunulan Küresel İnovasyon İndeksi INSEAD tarafından geliştirilmiştir (Turan, 2018: 15).

Kİİ (2021); Birleşmiş Milletler (BM)'in İsviçre merkezli uzman kuruluşu Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (WIPO)'nde, "COVID-19 Krizi Sürecinde İnovasyonun İzlenmesi" başlığıyla çevrimiçi olarak düzenlenen dünya tanıtımıyla açıklanmıştır. Kİİ (2021) kapsamında 132 ekonominin inovasyon ekosistemi performansı incelenmekte ve en son küresel inovasyon trendleri izlenmektedir. Rapor kapsamında 132 ülkeye ilişkin genel sıralama yapıldığı gibi; ülkelerin gelir grubu ve bölgelere göre de sıralamalar yapılmıştır (WIPO, 2021).

Tablo 2'de Kİİ (2021) indeksi bileşenleri görülmektedir. Tablo 2'de görüldüğü gibi ülkelerin inovasyon indeksleri iki alt indeks ile hesaplanmaktadır. Bunlar *inovasyon girdi* ve *inovasyon çıktı* alt indeksleridir. Tablo 2'de Kİİ Bileşenleri yer almaktadır.

Tablo 2. Küresel İnovasyon İndeksi Bileşenleri

KÜRESEL İNOVASYON İNDEKSİ						
İNOVASYON GİRDİ ALT İNDEKSİ					İNOVASYON ÇIKTI ALT İNDEKSİ	
Kurumlar	Beşeri Sermaye ve Araştırma	Altyapı	Pazar Gelişmişliği	İş Gelişmişliği	Bilgi ve Teknoloji Çıktıları	Yaratıcı Çıktılar
Politik Çevre	Eğitim	Bilgi ve İletişim Teknolojileri	Kredi	Bilgi Çalışanları	Bilgi Yaratma	Maddi Olmayan Varlıklar
Düzenleyici Çevre	Yüksek Öğretim	Genel Altyapı	Yatırım	İnovasyon Bağlantıları	Bilginin Etkisi	Yaratıcı Ürün ve Hizmetler
İş Çevresi	Ar-Ge	Ekolojik Sürdürülebilirlik	Ticaret, Çeşitlendirme ve Pazar Ölçeği	Bilgi Emilimi	Bilgi Yayılımı	Çevrimiçi Yaratıcılık

Kaynak: Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (WIPO), 2021: 39.

Tablo 2 incelendiğinde Kİİ kapsamında *inovasyon girdi* ve *inovasyon çıktı* alt indeksleri olmak üzere iki temel indeksin olduğu görülmektedir. Girdi alt indeksleri kapsamında kurumlar, beşeri sermaye ve araştırma, alt yapı, pazar gelişmişliği ve iş gelişmişliği olmak üzere beş kriter; çıktı alt indeksleri kapsamında ise bilgi ve teknoloji çıktıları ve yaratıcı çıktılar olmak üzere iki kriterin olduğu görülmektedir.

3. Araştırmanın Metodolojisi

Çalışmanın bu kısmında öncelikle analizlerin yapılmasında faydalanılacak yöntemlerden bahsedilmiş olup; ENTROPİ ağırlıklandırma yöntemi ile ağırlıklandırmalar yapılmış ve ardından ülkeler yenilik performanslarına göre COPRAS ve ARAS yöntemlerinden faydalanılarak sıralanmıştır. Sıralanan ülkelerin gruplarının belirlenmesi amacıyla da kümeleme analizi sonuçlarına yer verilmiştir.

3.1. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, birbirine benzeyen grupları keşfetmek ve temel verilerdeki farklı kalıpları belirlemek amacıyla kullanılan veri madenciliği sürecindeki en faydalı yöntemlerden biridir. Kümeleme algoritmaları, veri nesnelarini benzerlik veya farklılığa dayalı olarak alt kümelere ayırmaktadır (Frades ve Matthiesen, 2010: 81).

Bir dizi veri nesnesini (ya da gözlemi) alt kümelere ayırma işlemine kümeleme analizi ya da kümeleme denir. Her alt küme bir kümedir, ancak bir kümedeki nesnelar birbirine benzemelerine rağmen diğer kümelardaki nesnelar benzemez. Kümeleme aynı zamanda bir küme analizinden ortaya çıkan kümelar kümesidir. Bu doğrultuda farklı kümeleme yöntemleri aynı veri seti üzerinde farklı kümelemeler üretebilir. Kümeleme yöntemi, veriler içinde önceden bilinmeyen grupların keşfedilmesine olanak tanıyabildiği için yararlı ve kullanışlı bir yöntemdir (Han vd., 2012: 362).

Kümeleme, verilerin kısa özetlerini sağlayan bir veri modelleme tekniğidir. Bu sebeple çok sayıda disiplinle ilişkili olup, geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Kümeleme uygulamaları çoğunlukla büyük veri kümeleri ve birçok özneliğe sahip verilerle ilgilenir. Bu tür verilerin keşfi aynı zamanda veri madenciliğinin de bir konusudur (Berkhin, 2006: 25).

Kümeleme analizi bir çeşit veri azaltma tekniğidir. Diskriminant analizi ve faktör analizini de içinde bulunduran veri indirgeme analizleri, temel olarak verileri azaltır. Bu analizler bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait grup farklılıkları ile ilgilenmezler. Örneğin, faktör analizi, bir model içindeki faktörlerin ya da değişkenlerin sayısını azaltır. Diskriminant analizi ise yeni vakaları belirli kriterler açısından önceden tanımlanmış gruplarda sınıflandırır. Kümeleme analizi işte bu noktada farklılık göstermektedir. Çünkü amacı, gözlemleri ya da vakaları homojen kümeler halinde sınıflandırmaktır. Aynı zamanda grup üyeliğini ya da olası grup sayısını önceden bilmeden grupları tanımlayıp azaltmayı hedeflemektedir (Yim ve Ramdeen, 2015: 8).

Bu çalışmada da ülkeler inovasyon göstergeleri açısından kümelere ayrılmıştır. WEKA programında sayısal (numeric) verilerin analiz edildiği algoritmalar kümeleme analizine tabi tutularak en ideal çözümleri Beklenti-Maksimizasyonu algoritmasının verdiği görülmüştür. Çalışmaya konu olan bu algoritmaya aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

Beklenti Maksimizasyonu- Expectation Maximization (EM)

Beklenti Maksimizasyonu algoritması, veriye dayalı süreç tanımlamada parametre tahmini için yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır. EM, parametrelerin maksimum olabilirlik tahmini için kullanılan bir algoritma olmasıyla birlikte olabilirlik fonksiyonunun yakınsamasını sağlamaktadır. EM algoritması eksik değişkenler söz konusu olduğunda daha sağlam tanımlama algoritmalarının tasarımına büyük ölçüde yardımcı olmaktadır (Sammaknejad vd., 2019: 123).

EM algoritması temel olarak iki adımdan oluşmaktadır (Şahin, 2012: 20):

E-adımı (Beklenen adım): Bu adım gözlenemeyen ya da kayıp verinin yerinin doldurulması problemini içermektedir.

M-adımı (En büyükleme adım): En büyükleme adımında tahmin edilen kayıp veri değerinin kabul edilmesiyle oluşan tam veri modeli üzerinden, bilinen en fazla olabilirlik tahmini yapılmaktadır. M-adımı sonucunda ortaya çıkan tahminler, EM algoritmasının çıktısını oluşturmaktadır.

EM algoritması, tam olmayan veri gruplarına başarıyla uygulanmaktadır. Bununla birlikte, kayıp veri içeren durumlarda, kısaltılmış (truncated) dağılımlarda ve sansürlü ya da gruplanmış gözlemlerde de uygulanabilmektedir (Yazıcı, 2005: 27).

EM algoritması olasılıklı model tabanlı bir algoritmadır. Literatürde uygulanan çoğu yönetime bakıldığında, olasılıklı model tabanlı kümelemenin, bölümlene yöntemlerinden ve bulanık kümeleme yöntemlerinden daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun bir sebebi de gizli kümeleri ortaya çıkarmak amacıyla uygun istatistiksel modellerin kullanılabilmesidir. EM algoritması, uygulamada kolaylık sağlaması sebebiyle veri madenciliğinde ve istatistikte çoğu öğrenme probleminin üstesinden gelmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Han vd., 2012: 508).

3.2. ENTROPİ Yöntemi

ENTROPİ yöntemi Shannon (1948) tarafından geliştirilmiştir (Kaynak vd., 2017: 37). ÇKKV problemlerinde en zor konulardan biri, alternatiflerin sıralanacağı kriterlere doğru bir şekilde ağırlık atamaktır (Hussain ve Mandal, 2016: 2). Entropi ağırlık yöntemi ise kriterlerin nesnel ağırlıklarını belirlemek için kullanılmaktadır (Chodha, 2022: 711). Bu yöntemle hesaplanan ağırlıklar, objektif ağırlıklar olarak da bilinir. Karar matrisinin Denklem (1) ile normalleştirilmesinden, Denklem (2) ile entropi ve Denklem (3) ile ağırlık vektörünün hesaplanmasından oluşur (Vaid vd., 2022: 2419).

Adım 1. Karar verme matrisinin normalize edilmiş değerleri Eşitlik (1) ile hesaplanır.

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad (1)$$

$\sum X_{ij}$ değeri, tüm alternatiflerin bir kriterinin tüm değerleri toplanarak hesaplanır.

Adım 2. Entropi değeri Eşitlik (2) ile hesaplanır.

$$e_j = -h \sum_{i=1}^m R_{ij} \ln R_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

e_j entropi değeri kapsamında; m bir dizi alternatifi temsil etmek üzere $h = \frac{1}{\ln(m)}$ hesaplanır.

Adım 3. Ağırlıkların elde edilmesi Eşitlik (3) ile hesaplanır.

$$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^n (1-e_j)} \quad j=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Çeşitlendirme derecesi $1 - e_j = d_j$ olmak üzere w_j , kriterlerin ağırlığını temsil etmektedir.

3.3. COPRAS (Complex Proportional Assessment) Yöntemi

COPRAS yöntemi 1996 yılında Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi bilim adamları Zavadskas ve Kaklauskas tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir (Vytautas vd., 2015: 35). Bu yöntem kriterlerin önem ve fayda dereceleri açısından alternatiflerin sıralanması ve değerlendirilmesi için uygulanabilmektedir. Kriter değerleri ölçüt değerlendirmesinde fayda kriterini üst düzeye çıkartılması ve faydasız kriterleri en aza indirme değerlendirilmesi için kullanılmaktadır (Podvesko, 2011: 137). Bu yöntemin ilerleyiş adımları aşağıdaki gibidir (Chatterjee vd., 2011: 853; Hezer vd., 2021: 778-779):

Adım 1. Eşitlik (4) kullanılarak karar matrisi ($F = [f_{ij}]_{n \times m}$) normalize edilir.

Normalize edilmiş karar matrisi $G = [g_{ij}]_{n \times m}$ ile gösterilmek üzere, normalizasyonun amacı bütün kriterleri karşılaştırabilmek için farklı değerlerin boyutsuz değerlerini elde etmektir.

$$g_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sum_{j=1}^m f_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

Adım 2. Ağırlıklandırılmış normalize edilmiş karar matrisi $Y = [y_{ij}]_{n \times m}$ Eşitlik (5)'e göre belirlenir.

$$y_{ij} = w_i f_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

Burada g_{ij} , i_{th} kritere göre j_{th} alternatifin normalize edilmiş değeridir.

Adım 3. Ağırlıklandırılmış normalize edilmiş değerlerin toplamları hem faydalı kriterler hem de faydasız kriterler için hesaplanır.

Bu toplamlar Eşitlik (6) ve Eşitlik (7) kullanılarak hesaplanır.

$$K_{+j} = \sum_{i=1}^n y_{+ij} \quad (6)$$

$$K_{-j} = \sum_{i=1}^n y_{-ij} \quad (7)$$

Burada y_{+ij} ve y_{-ij} sırasıyla faydalı ve faydasız kriterlerin ağırlıklandırılmış normalize edilmiş değerleridir.

K_{+j} değeri ne kadar büyüksün ve K_{-j} değeri ne kadar düşüksün alternatif o kadar iyidir. K_{+j} ve K_{-j} değerleri her alternatifin ulaştığı hedef derecesini ifade etmektedir.

Adım 4. Pozitif alternatifler K_{+j} ve negatif alternatifler K_{-j} özelliklerini tanımlamaya dayalı olarak alternatiflerin anlamlılıkları belirlenir.

Adım 5. Alternatiflerin göreceli önemleri veya öncelikleri belirlenir. Aday alternatiflerin öncelikleri C_j 'ye dayalı olarak hesaplanır. C_j değeri ne kadar yükseksün alternatifin önceliği de o kadar yüksektir. Bir alternatifin göreceli anlamlılığı o alternatifin sağladığı talebi yerine getirme derecesini göstermektedir.

Göreceli önem değeri (C_{max}) en yüksek olan alternatif aday alternatifler arasında en iyi seçenektir. j_{th} alternatifinin göreceli önem değeri olan C_j Eşitlik (8) ile hesaplanır.

$$C_j = K_{+j} + \frac{K_{-min} \sum_{j=1}^m K_{-j}}{K_{-j} \sum_{j=1}^m (K_{-min}/K_{-j})} \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

Burada K_{-min} , K_{-j} 'nin minimum değeridir.

Adım 6. j_{th} alternatifi için niceliksel fayda (U_j) hesaplanır. Bir alternatifin fayda derecesi onun göreceli önem değeri (C_j) ile doğrudan bağlantılıdır. Bir alternatifin, aday alternatiflerin tam sıralamasını sağlayan fayda derecesi bütün alternatiflerin önceliklerinin en etkili olanla karşılaştırılması yoluyla bulunur ve Eşitlik (9) kullanılarak hesaplanır.

$$U_j = \left[\frac{C_j}{C_{max}} \right] \times 100 \quad (9)$$

3.4. ARAS (Additive Ratio Assessment) Yöntemi

ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemi, Turskis ve Zavadskas (2010) tarafından ÇKKV problemlerinin çözümünde etkili ve kolay uygulanabilir bir yaklaşım olarak ileri sürülmüştür.

ARAS yöntemi, alternatiflerin sıralanması için optimallik derecesi kavramını kullanmaktadır (Dahooie, 2018: 11). Başlangıç karar matrisine optimal alternatife ait fayda fonksiyon değeri eklenir ve eklenen bu değer ile alternatif fayda fonksiyon değerleri karşılaştırılır (Sliogeriene vd., 2013: 13). Bu da yöntemin klasik ÇKKV yöntemlerinden farkını ortaya koymaktadır.

ARAS yöntemi 4 adımdan meydana gelmektedir (Zavadskas ve Turskis, 2010: 163-165):

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması:

Karar matrisinde araştırmacı tarafından eklenen ve her bir kritere ait optimal değerler içeren ayrı bir satır yer almaktadır.

Kriterin maksimum ya minimum özellik göstermesine bağlı olarak optimal değer, eşitlik (10) ve Eşitlik (11) yardımı ile hesaplanır.

Maximizasyon durumu:

$$x_{0j} = \max_i x_{ij} \quad (10)$$

Minimizasyon durumu:

$$x_{0j} = \min_i x_{ij} \quad (11)$$

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması:

ARAS yönteminde \bar{X} normalize karar matrisi \bar{x}_{ij} değerlerinden meydana gelmektedir. \bar{x}_{ij} değerleri kriterin maksimum veya minimum özelliği göstermesine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Kriter değerlerinin maksimum olması daha iyi kabul ediliyorsa, normalize değerler Eşitlik (12) yardımı ile hesaplanır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (12)$$

Kriter performans değerlerinin minimum olması daha iyi kabul ediliyorsa, normalizasyon işlemi aşağıdaki eşitlikler yardımı ile gerçekleştirilir.

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}}; \quad (13)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m x_{ij}^*} \quad (14)$$

Adım 3. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması:

Normalize karar matrisi oluştuktan sonra hesaplanan w_j ağırlıkları yardımıyla \hat{X} ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi hesaplanmış olur. Kriterlere ait ağırlık değerleri $0 < w_j < 1$ şartını sağlamaktadır ve ağırlıklar toplamı Eşitlik (15)' te ifade edildiği gibidir.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (15)$$

\hat{x}_{ij} ağırlıklandırılmış normalize değerleri Eşitlik 16 yardımıyla elde edilmektedir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j \quad (16)$$

Adım 4. Optimal Değerlerin Hesaplanması:

Son olarak Eşitlik (17) ile her bir alternatif için optimal değerler hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (17)$$

S_i - i. alternatifin optimal fonksiyon değeri

K_i fayda dereceleri Eşitlik (18) ile hesaplanır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (18)$$

[0,1] aralığında değer alan K_i oranları ile alternatiflerin fayda fonksiyonu değerleri hesaplanabilmektedir. Yöntemin son aşmasında ise hesaplanan değerler sıralanarak alternatifler değerlendirilir.

3.5. ENTROPİ Ağırlık Yöntemi Kullanılarak Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Çalışma kapsamında BM'nin İsviçre merkezli uzman kuruluşu WIPO tarafından açıklanan Kİİ (2021) verilerinden faydalanılmıştır. Bu indekste inovasyon girdi ve inovasyon çıktı alt indeksleri olmak üzere iki indeks söz konusudur. İnovasyon girdi indeksinde 5 kriter; çıktı indeksinde 2 kriter olmak üzere toplam 7 kriter söz konusudur. Ülkelerin sıralanmasında kullanılacak olan kriterlerin ağırlıkları ENTROPİ yöntemi ile hesaplanarak elde edilen değerler sonucunda COPRAS ve ARAS yöntemine göre ülkeler yenilik performansı açısından sıralanmıştır. Aynı zamanda bu kriterlere göre ülkeler kümeleme analizi aracılığı ile gruplandırılmıştır. Bu çerçevede ülkelerin değerlendirilmesinde kullanılan 7 kriter ve kodları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Değerlendirmede Kullanılan Kriter ve Kodları

KOD	KRİTER
K1	Kurumlar
K2	Beşeri Sermaye ve Araştırma
K3	Altyapı
K4	Pazar Gelişmişliği
K5	İş Gelişmişliği
K6	Bilgi ve Teknoloji Çıktıları
K7	Yaratıcı Çıktılar

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ENTROPİ yönteminin adımları sırası ile hesaplanmış olup her bir kriter için entropi değeri e_j ; çeşitliliğin derecesi olarak d_j belirsizliği ve her bir kriterin ağırlık değeri w_j hesaplanmış olup ağırlıklar belirlenmiştir. Aşağıda Tablo 4'te e_j , d_j ve w_j değerleri yer almaktadır.

Tablo 4. e_j , d_j ve w_j Değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
e_j	0,994895396	0,976874927	0,990548285	0,994030809	0,978895043	0,96514354	0,974511989
d_j	0,005104604	0,023125073	0,009451715	0,005969191	0,021104957	0,03485646	0,025488011
w_j	0,040804189	0,184852685	0,075553269	0,047715353	0,168704678	0,27862875	0,203741077
Sıra	7	4	5	6	3	1	2

Tablo 4 incelendiğinde ENTROPİ yöntemi sonuçlarına göre önem derecesi en yüksek olan kriterin bilgi ve teknoloji çıktıları olduğu bunu yaratıcı çıktıların takip ettiği görülmektedir. Girdi ve çıktı odaklı olarak alt kriterlerin değerlendirildiği indekste çıktı odaklı kriterlerin ön plana çıktığı görülmektedir. ENTROPİ Yöntemi aracılığı ile elde edilen bu kriter ağırlıklarından ülkelerin sıralanmasında faydalanılmış olup COPRAS ve ARAS yönteminde kullanılmıştır.

3.6. COPRAS ve ARAS Metodu Kullanılarak İnovasyon Performansının Sıralanması

Ülkelerin sıralanmasında ENTROPİ yönteminden elde edilen kriter ağırlıklarından hareketle COPRAS ve ARAS yönteminden faydalanılarak sıralamalar oluşturulmuştur. Elde edilen veriler Tablo 5'te karşılaştırılmalı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 5. Ülkelerin COPRAS ve ARAS Metodu Kullanılarak İnovasyon Performansının Sıralanması

COPRAS			ARAS		
Ülkeler	Uj	Sıra	Ülkeler	Ki	Sıra
İsviçre	1	1	İsviçre	0,94452673	1
İsveç	0,974987365	2	İsveç	0,92097678	2
ABD	0,922746192	3	ABD	0,8716208	3
Kore Cumhuriyeti	0,920512797	4	Kore Cumhuriyeti	0,86956587	4
Hollanda	0,893752331	5	Hollanda	0,84422959	5
Finlandiya	0,89118578	6	Finlandiya	0,84186539	6
Almanya	0,876572681	7	Almanya	0,8280428	7
Birleşik Krallık	0,874604429	8	Birleşik Krallık	0,82621859	8
Çin	0,85470012	9	Çin	0,80723418	9
Danimarka	0,848808269	10	Danimarka	0,80194383	10
Singapur	0,847626543	11	Singapur	0,80083458	11
İsrail	0,820516384	12	İsrail	0,77502534	12
Fransa	0,80962048	13	Fransa	0,7648781	13
Japonya	0,804079666	14	Japonya	0,75963099	14
Avusturya	0,755110756	15	Avusturya	0,71350392	15
İrlanda	0,754318728	16	İrlanda	0,71261669	16
İzlanda	0,745095472	17	İzlanda	0,70398414	17
Belçika	0,742452913	18	Belçika	0,70148995	18
Kanada	0,7402243	19	Kanada	0,6994578	19
Çek Cumhuriyeti	0,727337236	20	Çek Cumhuriyeti	0,6870381	20
Norveç	0,712665992	21	Norveç	0,67349556	21
Hong Kong	0,710965424	22	Hong Kong	0,67195698	22
Lüksemburg	0,707632883	23	Lüksemburg	0,66859488	23
Estonya	0,694871332	24	Estonya	0,6565319	24
Malta	0,677233913	25	Malta	0,63990737	25
Avustralya	0,669228784	26	Avustralya	0,63251085	26
Kıbrıs	0,669078356	27	Kıbrıs	0,63209061	27
İtalya	0,664575746	28	İtalya	0,6278503	28
Yeni Zelenda	0,649657975	29	Yeni Zelenda	0,61399422	29
İspanya	0,642415773	30	İspanya	0,60702031	30
Slovenya	0,633655041	31	Slovenya	0,59877368	31
Portekiz	0,623741715	32	Portekiz	0,58940328	32
Macaristan	0,623572713	33	Macaristan	0,58912299	33
Bulgaristan	0,597750051	34	Bulgaristan	0,56467868	34
Birleşik Arap Emirlikleri	0,59700779	35	Birleşik Arap Emirlikleri	0,56433703	35
Malezya	0,58872221	36	Malezya	0,55624757	36
Slovakya	0,561888608	37	Slovakya	0,5308541	37
Polonya	0,56062378	38	Polonya	0,52976849	38
Türkiye	0,552760592	39	Türkiye	0,5223765	39
Letonya	0,546411097	40	Letonya	0,51633405	40
Litvanya	0,535670315	41	Litvanya	0,50624124	41

Rusya	0,526909785	42	Rusya	0,49795321	42
Ukrayna	0,526693273	43	Ukrayna	0,49754629	43
Filipinler	0,524539984	44	Filipinler	0,49544493	44
Tayland	0,515578841	45	Tayland	0,48715032	45
Yunanistan	0,513097624	46	Yunanistan	0,48499611	46
Hindistan	0,512978518	47	Hindistan	0,48462581	47
Vietnam	0,511106651	48	Vietnam	0,48286274	48
Hırvatistan	0,507097022	49	Hırvatistan	0,47923752	49
Brezilya	0,489300025	50	Brezilya	0,46238927	50
Romanya	0,486775686	51	Romanya	0,45993962	51
Kosta Rika	0,474392131	52	Kosta Rika	0,44828434	52
Belarus	0,473111735	53	Belarus	0,44706465	53
Meksika	0,472352884	54	Meksika	0,44635615	54
Sırbistan	0,471364695	55	Sırbistan	0,44542967	55
Şili	0,468699464	56	Şili	0,44300031	56
İran	0,468361401	57	İran	0,44252212	57
Karadağ	0,455622051	58	Karadağ	0,43064918	58
Moldova Cumhuriyeti	0,436248972	59	Moldova Cumhuriyeti	0,41220139	59
Suudi Arabistan	0,435805565	60	Suudi Arabistan	0,41198541	60
Güney Afrika	0,429984064	61	Güney Afrika	0,40638694	61
Kuzey Makedonya	0,429640973	62	Kuzey Makedonya	0,40611191	62
Moğolistan	0,429204108	63	Moğolistan	0,40565536	63
Tunus	0,426290604	64	Tunus	0,40286971	64
Uruguay	0,423491918	65	Uruguay	0,40025915	65
Arjantin	0,417282035	66	Arjantin	0,39441904	66
Mauritius	0,415760215	67	Mauritius	0,39304819	67
Peru	0,413789327	68	Peru	0,39118844	68
Kolombiya	0,409092158	69	Kolombiya	0,38670142	69
Gürcistan	0,408159343	70	Gürcistan	0,38582974	70
Ermenistan	0,405652606	71	Ermenistan	0,38330018	71
Kuveyt	0,39501563	72	Kuveyt	0,37337049	72
Katar	0,394929536	73	Katar	0,37335954	73
Bosna Hersek	0,38108151	74	Bosna Hersek	0,36023177	74
Fas	0,379610795	75	Fas	0,3587576	75
Jamaika	0,377364507	76	Jamaika	0,3566698	76
Umman	0,374420462	77	Umman	0,35405758	77
Ürdün	0,357928336	78	Ürdün	0,33830291	78
Kenya	0,356253933	79	Kenya	0,33663806	79
Kazakistan	0,355764089	80	Kazakistan	0,33640026	80
Bahreyn	0,348170331	81	Bahreyn	0,32921621	81
Endonezya	0,340177369	82	Arnavutluk	0,32158763	82
Arnavutluk	0,340122019	83	Endonezya	0,32153849	83
Özbekistan	0,337755285	84	Özbekistan	0,31932697	84
Azerbaycan	0,333791909	85	Azerbaycan	0,31560336	85

Lübnan	0,331174554	86	Lübnan	0,31304167	86
Sri Lanka	0,331112146	87	Sri Lanka	0,3128876	87
Paraguay	0,330281858	88	Paraguay	0,3122431	88
Panama	0,329551314	89	Panama	0,31158781	89
Mısır	0,327851487	90	Mısır	0,30983168	90
Brunei Sultanlığı	0,324818966	91	Brunei Sultanlığı	0,30733035	91
Cabo Verde	0,322874837	92	Cabo Verde	0,30526552	92
Bolivya	0,319116459	93	Bolivya	0,3017275	93
Pakistan	0,317360614	94	Pakistan	0,29984101	94
Ekvador	0,314750921	95	Ekvador	0,29755662	95
B. Tanzania Cumhuriyeti	0,308259675	96	B. Tanzania Cumhuriyeti	0,29129793	96
Dominik Cumhuriyeti	0,306354434	97	Dominik Cumhuriyeti	0,28963442	97
El Salvador	0,305521344	98	El Salvador	0,28882463	98
Trinidad ve Tobago	0,304266691	99	Trinidad ve Tobago	0,28760091	99
Guatemala	0,302619641	100	Guatemala	0,28596091	100
Tacikistan	0,301392959	101	Tacikistan	0,28485365	101
Kırgızistan	0,299612662	102	Kırgızistan	0,28334238	102
Namibya	0,298112955	103	Namibya	0,28191628	103
Honduras	0,284972318	104	Honduras	0,26941836	104
Zimbabve	0,284712106	105	Zimbabve	0,26912511	105
Malawi	0,282269906	106	Malawi	0,2667233	106
Gana	0,279724975	107	Gana	0,26442611	107
Madagaskar	0,279068472	108	Madagaskar	0,26369162	108
Ruanda	0,277934709	109	Ruanda	0,26275842	109
Senegal	0,27240899	110	Senegal	0,25750034	110
Nepal	0,269796338	111	Nepal	0,25509957	111
Kamboçya	0,269260024	112	Kamboçya	0,2545553	112
Botsvana	0,260838627	113	Botsvana	0,24659032	113
Lao Demokratik Halk Cumhuriyeti	0,256217528	114	Lao Demokratik Halk Cumhuriyeti	0,2422238	114
Kamerun	0,255069216	115	Kamerun	0,24110407	115
Cezayir	0,251903294	116	Cezayir	0,23825258	116
Zambiya	0,24254848	117	Zambiya	0,22934229	117
Burkina Faso	0,241556072	118	Burkina Faso	0,2283931	118
Fildişi Sahili	0,240801327	119	Fildişi Sahili	0,22765602	119
Mozambik	0,239838476	120	Mozambik	0,22678563	120
Bangladeş	0,235689629	121	Bangladeş	0,22279233	121
Mali	0,23502967	122	Mali	0,22213291	122
Nijerya	0,23470881	123	Nijerya	0,22191555	123
Etiyopya	0,232280414	124	Etiyopya	0,21948917	124
Myanmar (Burma)	0,225628881	125	Myanmar (Burma)	0,21327153	125
Uganda	0,220169458	126	Uganda	0,20815093	126
Togo	0,209312834	127	Togo	0,19799823	127
Yemen	0,197138655	128	Yemen	0,18634421	128
Nijer	0,191449339	129	Nijer	0,1810058	129
Benin	0,190025471	130	Benin	0,17981446	130
Gine	0,176022932	131	Gine	0,16645772	131
Angola	0,165908993	132	Angola	0,15693032	132

Tablo 5 incelendiğinde Kİİ (2021) sıralamasına göre inovasyon performansı açısından ülkelerin COPRAS ve ARAS yöntemine göre aynı şekilde sıralandığı görülmektedir. Mevcut indeks incelendiğinde ise belirli ülkelerin yenilik performansı indeks sıralamasının farklılaştığı ancak genel anlamda bu çalışma kapsamında yapılan analizlerin raporla ilk üç ülke (İsviçre, İsveç, ABD) açısından benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Kİİ (2021)'de ilk sırada yer alan İsviçre hem COPRAS hem de ARAS yöntemlerine göre de ilk sıradadır. İsviçre'yi; İsveç, ABD, Kore Cumhuriyeti, Hollanda, Finlandiya, Almanya, Birleşik Krallık, Çin ve Danimarka takip etmektedir. Çalışma kapsamında ilk 10'da yer alan bu ülkelerin Kİİ (2021) raporu incelendiğinde belirli farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıklardan dikkat çeken ülkeler ise raporda 8. Sırada yer alan Singapur'un COPRAS ve ARAS yöntemlerine göre 11. sırada yer alırken; 12. sırada yer alan Çin'in listede ilk 10'da yer almasıdır (9). Bununla birlikte Birleşik Krallığa ait inovasyon performansının mevcut rapora göre kıyaslandığında 4. sıradan 8. Sıraya düşüş olduğu görülmektedir.

Kİİ (2021)'ye göre sırasıyla Benin (128), Nijer (129), Gine (130), Yemen (131) ve Angola (132)'nin COPRAS ve ARAS yöntemlerine göre benzer şekilde son sıralarda olduğu görülmektedir. Söz konusu ülkelere ilişkin bu durum sırasıyla; Yemen (128), Nijer (129), Benin (130), Gine (131) ve Angola (132) şeklinde ifade edilebilmektedir. Türkiye açısından değerlendirildiğinde ise mevcut raporda (2021) 41. sırada yer alırken COPRAS ve ARAS yöntemlerine göre 39. sırada yer aldığı görülmektedir. Ayrıca Kİİ (2020) verileri dikkate alındığında 51. sırada yer alan Türkiye'nin 41. sıraya yükseldiği ve yenilik performansında iyileşme olduğu görülmektedir.

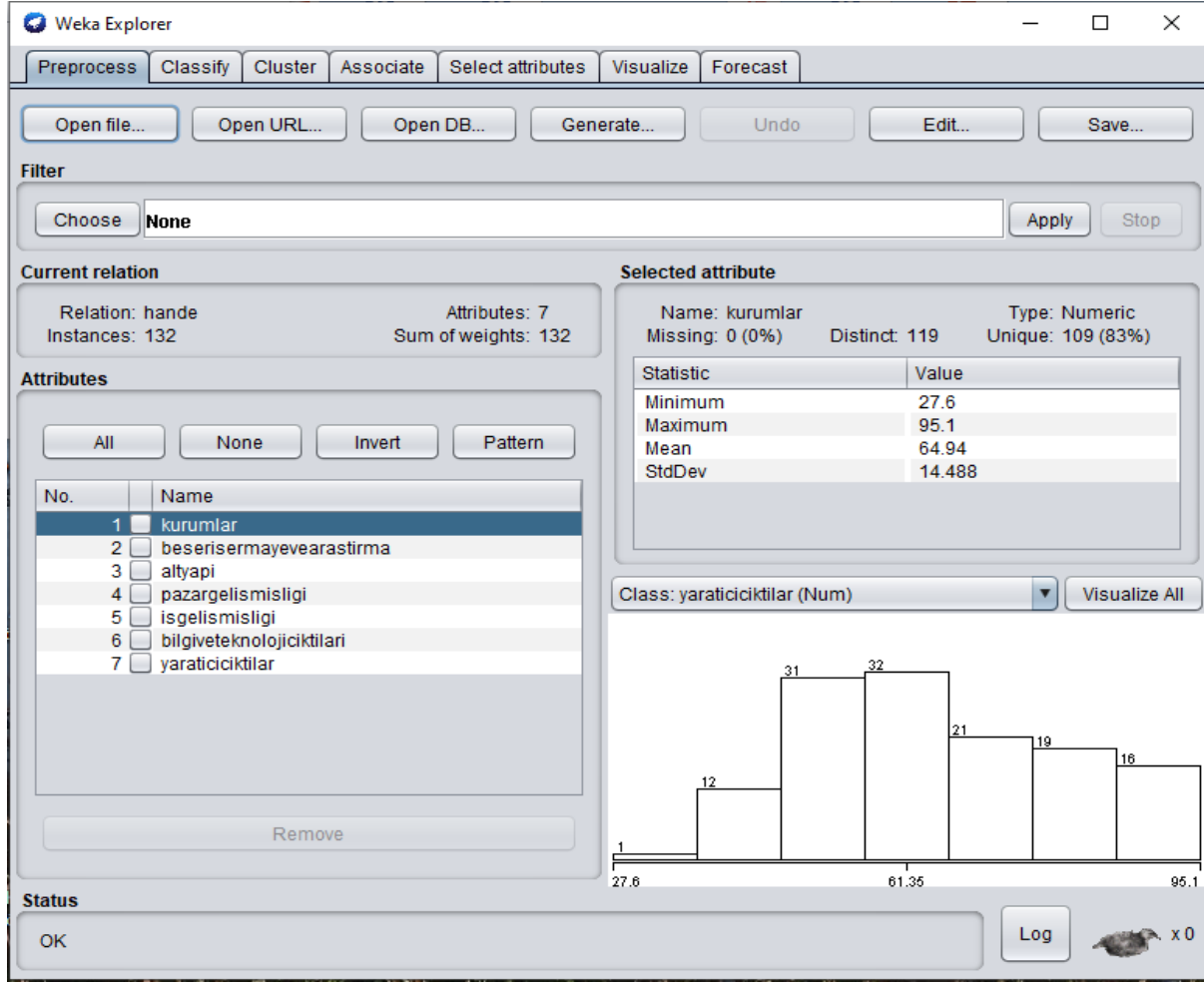
3.7. Kümeleme Analizinin Uygulanması

Çalışmada öncelikle Kİİ (2021) Raporu'ndan elde edilen verilerle 7 kriter (kurumlar, beşeri sermaye ve araştırma, altyapı, pazar gelişmişliği, iş gelişmişliği, bilgi ve teknoloji çıktıları, yaratıcı çıktılar), 132 alternatif (ülke) kullanılarak karar matrisi oluşturulmuştur.

Karar matrisi oluşturulduktan sonra çalışmada kullanılan veriler WEKA programında analiz edilmiştir. WEKA programında sayısal (numeric) verilerin hesaplanabildiği EM, Canopy, SIB, K-Means, X-Means gibi algoritmalar denenmiştir. Söz konusu 132 ülkenin kümeleneğinde en ideal sonuçları Beklenti Maksimizasyonu algoritmasının verdiği görülmüştür.

Çalışmada küme sayısı $k=(n/2)^{1/2}$ eşitliği ile belirlenmiştir. Literatürde çoğunlukla küme sayıları bu eşitlik ile hesaplanmaktadır (Everitt, 1974: 122). Bu çalışmada da söz konusu formülasyon kullanılmış ve küme sayısı 8 olarak ortaya çıkmıştır.

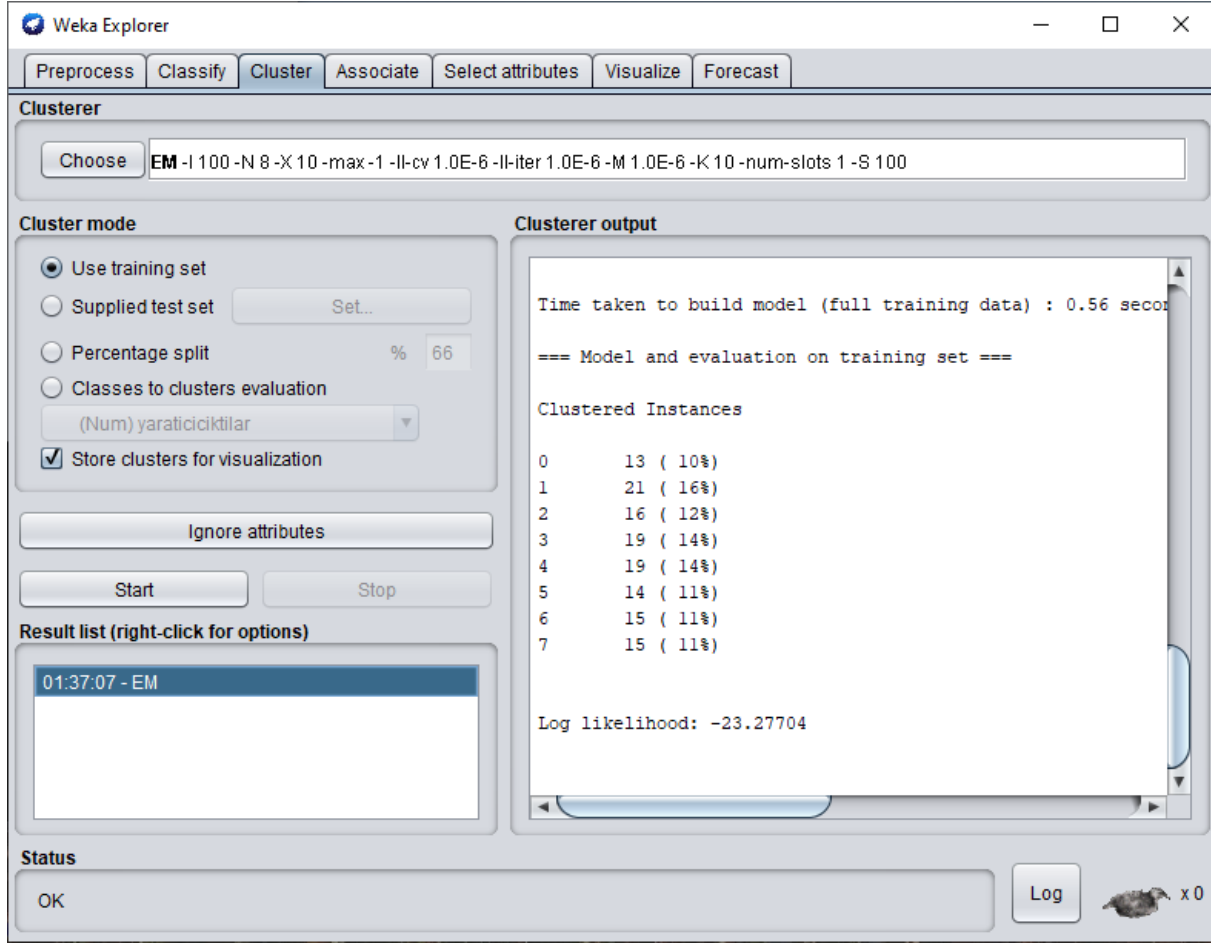
Karar matrisinde yer alan veriler WEKA programında analiz edilmiştir. Verilerin düzenlendiği WEKA arayüzü Şekil 1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 1. WEKA Arayüzü

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

Beklenti Maksimizasyonu ile yapılan analizde 8 kümeye ayrılan 132 ülkenin 13 tanesi Küme 0'a, 21 tanesi Küme 1'e, 16 tanesi Küme 2'ye, 19 tanesi Küme 3'e, 19 tanesi Küme 4'e, 14 tanesi Küme 5'e, 15 tanesi Küme 6'ya ve yine 15 tanesi Küme 7'ye atanmıştır. Kümelerin yüzde olarak dağılımı ile ilgili bilgi veren WEKA sonuç paneli Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. WEKA Sonuç Paneli

Ülkelerin küme dağılımları ise Tablo 6'da gösterildiği gibidir.

Tablo 6. Ülkelerin Kümeleme Sonuçları

Kümeler	Ülkeler
Küme 0	Çin, Danimarka, Finlandiya, Almanya, İsrail, Japonya, Hollanda, Kore Cumhuriyeti, Singapur, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık, ABD
Küme 1	Botsvana, Cabo Verde, Fildişi Sahili, Dominik Cumhuriyeti, El Salvador, Gana, Guatemala, Jamaika, Lao Demokratik Halk Cumhuriyeti, Madagaskar, Malawi, Nepal, Nijerya, Pakistan, Paraguay, Ruanda, Senegal, Sri Lanka, Trinidad ve Tobago, Tanzanya, Zambiya
Küme 2	Brezilya, Kolombiya, Kosta Rika, Gürcistan, Hindistan, Mauritius, Meksika, Moğolistan, Karadağ, Kuzey Makedonya, Peru, Filipinler, Güney Afrika, Tayland, Ukrayna, Vietnam
Küme 3	Arnavutluk, Arjantin, Ermenistan, Azerbaycan, Bahreyn, Belarus, Bosna Hersek, Brunei Sultanlığı, İran, Kazakistan, Kuveyt, Fas, Umman, Panama, Katar, Moldova Cumhuriyeti, Suudi Arabistan, Tunus, Uruguay
Küme 4	Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Kıbrıs, Çekya, Estonya, Fransa, Hong Kong, İzlanda, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Malta, Yeni Zelanda, Norveç, Slovenya, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri
Küme 5	Bolivya, Kamboçya, Ekvador, Mısır, Honduras, Endonezya, Ürdün, Kenya, Kırgızistan, Lübnan, Namibya, Tacikistan, Özbekistan, Zimbabve
Küme 6	Bulgaristan, Hırvatistan, Yunanistan, Macaristan, Letonya, Litvanya, Malezya, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Türkiye, Şili
Küme 7	Cezayir, Angola, Bangladeş, Benin, Burkina Faso, Kamerun, Etiyopya, Gine, Mali, Mozambik, Myanmar, Nijer, Togo, Uganda, Yemen

Kümeleme analizi uygulanarak benzer özellikler gösteren ülkelerin bir araya gelmesi amaçlanmıştır.

Ülkelerin kümeleme sonuçlarına bakıldığında, Küme 0'da Çin, Danimarka, Finlandiya gibi refah seviyesi yüksek olan gelişmiş ülkeler yer almaktadır. Kİİ (2021) sıralamasına göre inovasyon performansı açısından ilk sıralarda yer almışlardır. Ayrıca bu ülkeler ÇKKV yöntemlerinden COPRAS ve ARAS yöntemi ile yapılan sıralamada da en iyi sırada yer alan ülkelerdir.

Küme 1'de ise Botsvana, Cabo Verde (Yeşil Burun Adaları), Fildişi Sahili gibi genel olarak alt-orta gelirli ülkeler yer almaktadır. Bu ülkeler aynı zamanda Kİİ (2021) sıralamasına göre de inovasyon performansı açısından son sıralarda yer almıştır. Aynı zamanda COPRAS ve ARAS yöntemi ile yapılan sıralamada da son sıralarda yer alan ülkeler olmuşlardır.

Kümeleme analizi sonuçlarına göre Küme 2'de Brezilya, Kolombiya, Kosta Rika gibi genel olarak üst-orta gelirli ülkeler bulunmaktadır. Kİİ (2021) sıralamasına göre art arda yer aldıkları görünen bu ülkeler COPRAS ve ARAS yöntemi ile yapılan sıralamada da yine benzer şekilde bir sıralamaya sahiptirler.

Küme 3, Arnavutluk, Arjantin, Ermenistan gibi genel olarak üst-orta gelire sahip ülkelerden oluşmaktadır. İnovasyon performansı açısından Kİİ (2021) sıralamasına bakıldığında kümede bulunan ülkelerin sıralamasının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca COPRAS ve ARAS yöntemine göre ve Kİİ'ye göre yapılan sıralamalarda Küme 2 ve Küme 3'te bulunan ülkelerin birbirlerine çok yakın bir şekilde sıralandıkları görülmüştür. Bu kümelerde yer alan ülkelerin benzer özelliklere sahip ülkeler oldukları söylenebilir.

Küme 4'te bulunan ülkelerin tamamı yüksek gelire sahip ülkelerdir. Bu ülkeler Kİİ sıralamasına göre inovasyon performansı açısından da önde gelen ülkelerdir. Küme 0 ile benzerlik gösteren bu küme COPRAS ve ARAS yöntemi ile yapılan sıralamada da yine aynı şekilde üst sıralarda yer alan ülkelerden oluşmaktadır.

Küme 5'te yer alan ülkelerin çoğu alt-orta gelir ekonomiyeye sahip ülkelerden oluşmaktadır. Ayrıca bu küme COPRAS ve ARAS yöntemine göre yapılan sıralama ve Kİİ sıralamasına göre de alt sıralarda yer alan ülkelerden oluşmaktadır.

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Küme 6'da yer alan ülkeler üst-orta gelirli ve yüksek gelirli ülkelerden oluşmaktadır. Bu küme COPRAS ve ARAS yöntemine göre yapılan sıralama ve Kİİ sıralamasına göre de iyi seviyede olan ülkelerden oluşmaktadır.

Son olarak Küme 7'de Cezayir, Angola, Bangladeş gibi düşük gelirli ve alt-orta gelirli ülkeler yer almaktadır. Kümede yer alan ülkelerin tamamı aynı zamanda COPRAS ve ARAS yöntemine göre yapılan sıralama ve Kİİ (2021) sıralamasına göre de en alt sırada yer alan ülkelerden meydana gelmektedir.

Sonuç ve Değerlendirme

Sürdürülebilir büyümenin gerçekleştirilmesi, refah seviyesinin yükseltilmesi ve ülkede yaşayan insanların daha iyi standartlarda yaşaması gibi sebepler inovasyonun uzun yıllardır bir kalkınma aracı olarak görülmesine sebep olmuştur. Ülkelerin kendi teknolojilerini üreterek, diğer ülkeler karşısında öne geçmek istemeleri de yadsınamaz bir gerçek haline gelmiştir. Ülke kaynaklarının büyük kısmı günümüzde inovasyon ve Ar-Ge faaliyetlerine ayrılmaktadır. Bu doğrultuda ülkelerin inovasyon faaliyetleri için performans ölçümünün yapılması da önem arz etmektedir.

Çalışmada, WIPO tarafından yayınlanan Kİİ (2021)'de yer alan 132 ülke ilk olarak ÇKKV yöntemlerinden COPRAS ve ARAS yöntemleri ile sıralanmış, daha sonra da bu ülkeler WEKA programı ile yapılan kümeleme analizi sonrasında 8 kümeye ayrılmıştır.

COPRAS ve ARAS yöntemleri ile yapılan sıralamaya göre inovasyon göstergeleri açısından en iyi sıralamaya sahip ülkeler İsviçre, İsveç ve ABD olurken son sırada yer alan ülkeler ise Benin, Gine ve Angola olmuştur.

Kümeleme analizi yapılırken numeric verilerin hesaplanabildiği algoritmalar denenmiş ve en iyi sonuçları EM algoritmasının verdiği görülmüştür.

Ülkelerin kümeleme sonuçlarına bakıldığında, 8 kümenin de COPRAS, ARAS yöntemleriyle yapılan sıralamalar ile Kİİ (2021) sıralamasıyla tutarlı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu analizler neticesinde analiz sonuçlarının güvenilirliği teyit edilmiştir. Ayrıca ülke profilleri göz önüne alınarak kümeler incelendiğinde uygulanan analizlerin birbirlerini destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

Küme 0 ve Küme 4'te yer alan yüksek gelir düzeyine sahip ülkeler yapılan tüm analizlerde ilk sıralarda yer almışlardır. Bu ülkeler aynı zamanda Kİİ (2021) sıralamasında da ilk sıralarda bulunan ülkelerdir. Bu durum yüksek gelir düzeyine sahip olan ülkelerin inovasyon göstergeleri açısından da üst sıralarda yer aldığı göstermiştir. Küme 1, Küme 5 ve Küme 7'de yer alan ülkeler ise alt-orta ve düşük gelire sahip ülkelerden oluşmaktadır. Bu da gelir düzeyi düşük olan ülkelerin inovasyon göstergeleri açısından da alt sıralarda bulunduğunu göstermektedir.

Türkiye ise üst-orta gelirli ve yüksek gelirli ülkelerden oluşan Küme 6'da yer almaktadır. Türkiye, 2021 Küresel İnovasyon İndeksi sıralamasına göre 41.sırada yer almıştır. Rapora göre Türkiye, beşeri sermaye ve araştırma indeksinde en yüksek performansa sahipken, en düşük performansı kurumlar alt indeksinde göstermiştir.

Türkiye için 2011-2021 yılları arası inovasyon açısından önemli gelişmelerin yaşandığı bir dönemdir. Türkiye bulunduğu bu sıralamayı daha çok nitelikli personel istihdamı sağlayarak, verimsiz alanlardan yüksek katma değerli alanlara daha çok kaynak aktarımı sağlayarak daha üst seviyelere çıkartabilir.

Yapılan açıklamalardan hareketle ileride yapılması düşünülen olası çalışmalarda, ülkelerin inovasyon performanslarının ölçümünde daha çok ya da daha farklı sayısal yöntemler kullanılarak bu analizlerin sonuçları karşılaştırılabilir. Buna ek olarak, ülkelerin inovasyon performanslarının ölçümünde farklı kategorideki ülkeler analiz edilebilir. Ayrıca farklı kümeleme yöntemleri ya da kümeleme analizi için farklı paket programları kullanılarak uygulama sonuçları birbirleriyle karşılaştırılabilir.

Kaynakça

- Aksoy, E., Ömürbek, N., & Karaatlı, M. (2015). AHP temelli MULTIMOORA ve COPRAS yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri'nin performans değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(4), 1-28.
- Ayçin, E., & Çakın, E. (2019). Ülkelerin inovasyon performanslarının ölçümünde Entropi ve MABAC çok kriterli karar verme yöntemlerinin bütünlük olarak kullanılması. *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(2), 326-351.
- Bakır, S., & Çakır, S. (2021). Seçilmiş ülkelerin yenilik performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle ölçümü. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(4), 971-992.
- Barak, S., & Mokfi, T. (2019). Evaluation and selection of clustering methods using a hybrid group MCDM. *Expert Systems with Applications*, 138, 1-12.
- Berkhin, P. (2006). A survey of clustering data mining techniques. In *grouping multidimensional data*. (pp. 25-71). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Biswas, T. K., Chaki, S., & Das, M. C. (2019). MCDM technique application to the selection of an Indian institute of technology. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(3), 65-76.
- Chatterjee, P., Athawale, V. M. & Chakraborty, S. (2011). Materials selection using complex proportional assessment and evaluation of mixed data methods. *Materials & Design*, 32(2), 851-860.
- Chodha, V., Dubey, R., Kumar, R., Singh, S., & Kaur, S. (2022). Selection of industrial arc welding robot with TOPSIS and Entropy MCDM techniques. *Materials Today: Proceedings*, 50, 709-715.
- Dahooie, H., J., Kazimieras Zavadskas, E., Abolhasani, M., Vanaki, A., & Turskis, Z. (2018). A novel approach for evaluation of projects using an interval-valued fuzzy additive ratio assessment (ARAS) method: a case study of oil and gas well drilling projects. *Symmetry*, 10(2), 45.
- Esen Kazaz, N.M. (2019). *Veri madenciliğinde kümeleme analizi yöntemlerinin incelenmesi ve sağlık bilimleri alanındaki uygulamaları* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Everitt, B. (1974). *Cluster analysis*. Heinemann Educational Books.
- Frades, I., & Matthiesen, R. (2010). Overview on techniques in cluster analysis. *Bioinformatics Methods in Clinical Research*, 81-107.
- Gorgij, A. D., Kisi, O., Moghaddam, A. A., & Taghipour, A. (2017). Groundwater quality ranking for drinking purposes, using the entropy method and the spatial autocorrelation index. *Environmental earth sciences*, 76(7), 1-9.
- Gürtuna, F., & POLAT, U. (2020). Küresel inovasyon indeksi verilerinin kümeleme analizi ile değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 551-566.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining concepts and techniques*. Morgan Kaufmann Publishers.

- Hezer, S., Gelmez, E., & Özceylan, E. (2021). Comparative analysis of TOPSIS, VIKOR and COPRAS methods for the COVID-19 Regional Safety Assessment. *Journal of Infection and Public Health*, 14(6), 775-786.
- Hussain, S. A. I., & Mandal, U. K. (2016). Entropy based MCDM approach for selection of material. National Level Conference on Engineering Problems and Application of Mathematics.
- Kaynak, S., Altuntas, S., & Dereli, T. (2017). Comparing the innovation performance of EU candidate countries: an entropy-based TOPSIS approach. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 31-54.
- Kou, G., Peng, Y., & Wang, G. (2014). Evaluation of clustering algorithms for financial risk analysis using MCDM methods. *Information Sciences*, 275, 1-12.
- Liu, Y., Özyer, T., Alhadj, R., & Barker, K. (2005). *Cluster validity analysis of alternative results from multi-objective optimization*. In Proceedings of the 2005 SIAM International Conference on Data Mining. Society for Industrial and Applied Mathematics, Springer, Berlin.
- Oralhan, B., & Büyüktürk, M. A. (2019). Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye'nin inovasyon performansının çok kriterli karar verme yöntemleriyle kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 471-484.
- Podvezko, V. (2011). The comparative analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS, *Inžinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22(2), 134-146.
- Poledníková, E., & Kashi, K. (2014). *Using MCDM methods: evaluation of regional innovation performance in the Czech Republic*. In European Conference On Management, Leadership & Governance.
- Popovic, G., Stanujkic, D., & Stojanovic, S. (2012). Investment project selection by applying COPRAS method and imprecise data. *Serbian Journal of Management*, 7(2), 257-269.
- Sammaknejad, N., Zhao, Y., & Huang, B. (2019). A review of the expectation maximization algorithm in data-driven process identification. *Journal of Process Control*, 73, 123-136.
- Satıcı, S. (2021). Ülkelerin inovasyon performansının CRITIC temelli WASPAS yöntemiyle değerlendirilmesi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 16(2), 91-104.
- Sihombing, V., Nasution, Z., Al Ihsan, M. A., Siregar, M., Munthe, I. R., Siregar, V. M. M., ... & Asfar, D. A. (2021). *Additive ratio assessment (ARAS) method for selecting english course branch locations*. In Journal of Physics: Conference Series. 1933(1), 012070.
- Sliogeriene, J., Turskis, Z., & Streimikiene, D. (2013). Analysis and choice of energy generation technologies: The multiple criteria assessment on the case study of Lithuania. *Energy Procedia*, 32, 11-20.
- Stanujkic, D., & Jovanovic, R. (2012, May). *Measuring a quality of faculty website using ARAS method*. In Proceeding of the International Scientific Conference Contemporary Issues in Business.
- Şahin Ş. (2012). *Büyük menderes nebrri üzerindeki akam gözlem istasyonlarında eksik verilerinin tamamlanması* [Yüksek lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Turan, E. (2018). *Küresel inovasyon indeksi kapsamında Türkiye'nin konumunun değerlendirilmesi: 2011-2017* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Vaid, S. K., Vaid, G., Kaur, S., Kumar, R., & Sidhu, M. S. (2022). Application of multi-criteria decision-making theory with VIKOR-WASPAS-Entropy methods: A case study of silent Genset. *Materials Today: Proceedings*, 50, 2416-2423.
- Vytautas, B., Marija, B., & Vytautas, P. (2015). Assessment of neglected areas in Vilnius city using MCDM and COPRAS methods. *Procedia Engineering*, 122, 29-38.
- WIPO (2020). Global Innovation Index 2020. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2020.pdf, Erişim Tarihi: 23.03.2022.
- WIPO (2021). Global Innovation Index 2021. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf, Erişim Tarihi: 23.03.2022.
- Yazıcı, F. (2005). *EM algoritması ve uzantıları* [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Yim, O., & Ramdeen, K. T. (2015). Hierarchical cluster analysis: comparison of three linkage measures and application to psychological data. *The quantitative methods for psychology*, 11(1), 8-21.
- Zavadskas, E., & Turskis, Z. (2010). A New Additive Ratio Assesment (ARAS) Method In Multicriteria Decision-Making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16 (2), 159-172.
- Zhao, Q., Tsai, P. H., & Wang, J. L. (2019). Improving financial service innovation strategies for enhancing china's banking industry competitive advantage during the fintech revolution: A Hybrid MCDM model. *Sustainability*, 11(5), 1419.

EXTENDED SUMMARY

In the study, it is aimed to cluster the countries according to the innovation performance listed in the Global Innovation Index (2021). For this purpose, countries were first ranked from the best to the worst with COPRAS and ARAS methods in terms of innovation performance, and then they were divided into clusters by cluster analysis.

Within the scope of the study, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques and Clustering Analyzes were used in the analysis of the data. MCDM techniques are widely used in selecting the best alternative from a range of alternatives.

Cluster Analysis, on the other hand, is one of the most useful methods in the data mining process, which is used to discover similar groups and identify different patterns in basic data.

In the study, a decision matrix was created by using 7 criteria (institutions, human capital and research, infrastructure, market development, business development, information and technology outputs, creative outputs), 132 alternatives (countries) with the data obtained from the GII (2021) Report.

132 countries included in the 2021 Global Innovation Index published by WIPO were first ranked with the COPRAS and ARAS methods, which are among the MCDM methods, and then these countries were divided into 8 clusters after the cluster analysis with the WEKA program.

According to the ranking made by COPRAS and ARAS methods, the countries with the best rankings in terms of innovation indicators were Switzerland, Sweden and the USA, while the last countries were Benin, Guinea and Angola. Switzerland, which is in the first place according to the GII (2021) Index, is also in the first place according to both COPRAS and ARAS methods. Switzerland; Sweden, USA, Republic of Korea, Netherlands, Finland, Germany, United Kingdom, China and Denmark follow. When the GII (2021) report of these top 10 countries within the scope of the study is examined, it is seen that there are certain differences. The countries that draw attention from these differences are Singapore, which is in the 8th place in the report, and 11th according to the COPRAS and ARAS methods; Ranking 12th, China is in the top 10 in the list (9). However, when compared to the current report in the innovation performance of the United Kingdom, it is seen that there is a decrease from the 4th to the 8th rank.

According to the GII (2021), it is seen that Benin (128), Niger (129), Guinea (130), Yemen (131) and Angola (132), respectively, are in the last place according to COPRAS and ARAS methods. This situation regarding the said countries, respectively; It can be expressed as Yemen (128), Niger (129), Benin (130), Guinea (131) and Angola (132). When evaluated in terms of Turkey, it is seen that it ranks 41st in the current report (2021) and 39th according to COPRAS and ARAS methods. In addition, when the GII (2020) data is taken into account, it is seen that Turkey, which is in the 51st rank, has risen to the 41st rank and there has been an improvement in its innovation performance.

After the analysis with MCDM methods, the data used in the study were analyzed in the WEKA program and cluster analysis was performed.

Algorithms such as EM, Canopy, SIB, K-Means, X-Means, in which numeric data can be calculated, have been tried in the WEKA program. It has been seen that the Expectation Maximization algorithm gives the most ideal results in the clustering of the 132 countries in question. In the study, the number of clusters was determined by the equation $k=(n/2)^{1/2}$. In the literature, mostly cluster numbers are calculated with this equation. In this study, the mentioned formulation was used and the number of clusters emerged as 8.

Looking at the clustering results of the countries, it has been observed that all 8 clusters give consistent results with the rankings made by COPRAS, ARAS methods and the GII (2021) Index ranking. As a result of these analyzes, the reliability of the analysis results was confirmed. In addition, when the clusters were examined by considering the country profiles, it was seen that the analyzes applied were supportive of each other.

Countries with high income levels in Cluster 0 and Cluster 4 ranked first in all analyzes. These countries are also among the top countries in the Global Innovation Index. This has shown that countries with high income levels are also in the top ranks in terms of innovation indicators.

The countries in Cluster 1, Cluster 5 and Cluster 7 consist of lower-middle and low-income countries. This shows that countries with low income levels are also in the lower ranks in terms of innovation indicators. Turkey,

on the other hand, is in Cluster 6, which consists of upper-middle-income and high-income countries. Turkey ranked 41st according to the GII (2021) Index. According to the report, while Turkey has the highest performance in the human capital and research index, it has the lowest performance in the institutions sub-index.

For Turkey, the years 2011-2021 are a period in which important developments are experienced in terms of innovation. Turkey can raise this ranking to higher levels by employing more qualified personnel and transferring more resources from inefficient areas to high value-added areas.

GII is also important in terms of seeing which innovation indicators are good or bad for countries. Countries that do not rank well or adequately in terms of innovation performance should identify the deficiencies in the areas they lag behind and make progress in line with these deficiencies.

Based on the explanations made, the results of these analyzes can be compared by using more or different numerical methods in the measurement of innovation performances of countries in possible studies that are thought to be done in the future. In addition, different categories of countries can be analyzed in measuring the innovation performance of countries. In addition, application results can be compared with each other by using different clustering methods or different package programs for clustering analysis.