

Makalenin Gönderim Tarihi: 24.09.2018; Makalenin Kabul Tarihi: 22.11.2018

Alternatif Sayısının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sonuçlarına Etkisi *

Arş. Gör. Dr. Rahim ARSLAN

Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü
rrahim4258@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-4329-36511

Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN

Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü
hbircan@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-1868-1161

Öz

Aynı seçim ya da sıralama problemlerinde birden fazla ÇKKV yöntemi kullanılabilir, kullanılan yöntemlerin sonuçları farklılıklar gösterebilmektedir. Çünkü yöntemlerin kullanım amaçları farklıdır. Yöntemlerden bazıları alternatifleri belirli referans noktasına uzaklığa göre, bazıları ise alternatifleri kriterlerin üstünlüklerine göre sıralamaktadır. Böyle bir durumda hangi ÇKKV yönteminin uygulanmasının doğru olacağı çözüm bekleyen bir sorundur. Bu soruna çözüm önermek amacıyla çalışmada TOPSIS, GİA, VIKOR, COPRAS, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemleriyle OECD üyesi 23 ülke ilk olarak sıralanmıştır. Daha sonra 23 ülke arasından 12 ülke rastgele seçilmiş, seçilen 12 ülke bu yöntemlerle tekrar sıralandığında ülkelerin üstünlüğünü koruyup koruyamadığı incelenmiştir. Uygulama sonucunda ARAS, MOORA, COPRAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlara göre rastgele seçilen 12 alternatifin ilk üstünlüğünü koruduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu üç yöntemin alternatifleri kriter üstünlüğüne göre sıralama yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. TOPSIS, GİA, VIKOR, MOORA Referans Nokta yöntemlerinde ilk sıralamaya göre ikinci sıralamada üstünlüğün kısmen bozulduğu görülmüştür. Bunun nedenlerinden birinin bu yöntemlerin çözüm adımında yer alan fark işlemi olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu yöntemlerin alternatifleri üstünlüklerine göre sıralamada değil, referans olarak alınan bir noktaya uzaklıklarına göre sıralamada kullanılmasının daha tutarlı olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), TOPSIS, GİA, VIKOR, COPRAS, MOORA, ARAS

Jel Kodu: C44

* Bu çalışma Doç. Dr. Hüdaverdi BİRCAN danışmanlığında Arş. Gör. Dr. Rahim ARSLAN tarafından hazırlanan "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bütünleştirilmesi: OECD Verileri Üzerine Bir Uygulama" başlıklı tezin bir bölümünden hazırlanmıştır.

The Effect of Alternative Number on The Results of Multi-Criteria Decision Making Methods

Abstract

More than one multi-criteria decision making method can be used in the same selection or sorting problems, the results of the methods used can be different. Because the aim of methods is different. Some of the methods rank alternatives to distance from a specific reference point, others rank alternatives according to the superiority of the criteria. In such a case, it is a problem to be solved which is to be applied to which MCDM method will be applied. In order to propose a solution to this problem, 23 countries with OECD members were ranked with TOPSIS, GIA, VIKOR, COPRAS, MOORA, MOORA Reference Point and ARAS methods. Then, 12 countries are selected randomly from 23 countries, it is examined whether the countries can maintain their superiority when they are reordered by these methods. as a result of the application, According to the results obtained from ARAS, MOORA, COPRAS methods, it was observed that 12 alternatives randomly protected the first superiority. Therefore, it is concluded that these three methods rank the alternatives according to the superiority of the criteria. In TOPSIS, GIA, VIKOR and MOORA Reference Point methods, it was seen that the superiority in the second rank was partially disrupted according to the first order. as the reason for this, it was determined that these methods have the difference process in the solution step. Therefore, it is determined that these methods will be more consistent in order of rankings according to their distance than a reference point.

Keywords: Multi Criteria Decision Making (MCDM), TOPSIS, GIA, VIKOR, COPRAS, MOORA, ARAS

Jel Code: C44

Giriş

Her hangi bir nedenle alınan karar, anlık meydana gelen bir olgu olmayıp çeşitli zihin aşamalarından geçen bir süreçtir. Karar verme, karar vericinin farklı alternatiflerden oluşan bir problemde, çok sayıdaki alternatifler arasından kendi hedefine en uygun olan alternatifte karar verme iken; karar süreci bu işlemlerin sırasıyla ve planlı bir şekilde yapılmasını içerir (Tekin 2008: 20). Karar verme süreci, insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır. Karşılaştığımız sorunun en basitinden en karmaşığına kadar her konuda karar verme problemi ile karşılaşırız. İnsan, yaşadığı süre içerisinde gerek kişisel, gerekse toplumsal ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla çeşitli alternatifler arasından birini ya da birkaçını seçmek zorunda kalır. Alternatifler arasından birini seçerken en uygun alternatifte karar vermek oldukça zor olabilir. Yapılması gereken bu seçme işine, genel olarak "karar verme" denir (Manisalı, 1981). Aslında karar verme herkesin günlük yaptığı bir iştir. Günlük basit işlerimizden uluslararası en karmaşık işlere kadar hepimiz sürekli karar süreci yaşarız ve bir sonuca varırız (Öztel, 2016).

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) ise birden fazla ve genellikle birbirleri ile çelişen kriterlerin bulunduğu ortamlarda alternatifler arasından tercih yapmayı ifade eder. Örneğin, bir kişi; maaşa, işyerinin mevkiine, terfi imkânlarına, iş arkadaşlarına vb. koşullara bakarak teklif edilen birçok iş arasından birini seçebilir. Yine bir kişi; fiyatına, emniyet durumuna, konfor durumuna, yakıt sarfiyatına bakarak teklif edilen birçok araç arasından birini seçebilir.

Şahıslar, organizasyonlar, toplumlar ve tüm milletler bu çeşit problemlerle, kısaca ÇKKV problemleriyle birçok alanda yüz yüze gelirler. Stratejik de olsa basit de olsa karar verme sürecini şöyle adımlayabiliriz: İlk adımda problem açık bir şekilde tanımlanarak ele alınır; sonraki adımda çok kriterli modelin bağımlı olduğu önemli gereksinimler listelenir. Üçüncü adımda çok kriterli problemin amaç veya hedefleri tesis edilir. Karar verme sürecinin dördüncü adımı alternatiflerin belirlenmesi ile ilgilidir. Adım beşte değerlendirme kriterleri kararlaştırılır. Bu kriterler geçmişte sabitlenmiş bazı standartları sağlamalıdır. Sürecin altıncı adımı, eldeki problemi çözmek için uygun çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemini içerdiğinden oldukça önemlidir. Sonraki adımda seçilen ÇKKV problemi adım dördte belirlenen alternatiflerden en iyi olanı seçmek için uygulanır. Karar verme sürecinin son adımında ise, model sonuçları kontrol edilir ve duyarlılık analizi uygulanır (Zardari, 2014).

Birden fazla alternatiften oluşan çoklu kritere sahip problemlerde karar sürecini kolaylaştırmak amacıyla 70' ten fazla yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerin genelinde, fayda ya da maliyet içeren ve sayısı birden fazla olan kriterlerin çözümlenmesi, modelleme şekilleri ve uzlaşık çözümlerin belirlenmesi gibi amaçlara yönelinmiştir. ÇKKV disiplini, yeni yaklaşım ve yöntem bilimleri geliştirilerek ve diğer bilim dalları ile etkileşime girerek gelişmesini sürdürmüştür (Zopounidis ve Pardalos: 103, 2010). Çok çeşitliliğin sonucu olarak çalışmaların birçoğunda birden fazla yöntem uygulanmış ve sadece elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalarda karşılaşılan diğer bir sorun, yöntemlerin kullanım amaçlarına dikkat edilmeden seçilmiş olmasıdır. ÇKKV yöntemi seçiminde iki temel amaç bulunmaktadır: "alternatiflerin ideal noktaya uzaklığa" ya da "kriter üstünlüklerine göre sıralanacağı". Bu ve benzer sorunlar dikkate alınarak bu çalışmada çok kriterli karar verme tekniklerinin alternatif sayısına bağlı olarak sonuçlarının değiştiği ortaya konulmuş ve kullanım amaçları belirlenmeye çalışılmıştır.

1. Literatür Taraması

Literatürde farklı ÇKKV tekniklerinden elde edilen sonuçların kıyaslandığı birçok çalışmaya yer verilmiştir. Ancak çok kriterli karar verme tekniklerinin alternatif sayısına duyarlılığı hakkında çalışmalara ise sınırlı sayıda rastlanmaktadır. Bu çalışmaya yakın olarak Obricovic ve Tzeng (2004) TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin ideal yakınlığı ifade ettiğini ancak ikisinin farklı normalizasyon teknikleri kullandığını belirtmişlerdir. VIKOR yönteminde

kullanılan normalizasyon tekniğinde değerlerin birime bağlı olmadığını, TOPSIS yönteminde ise bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Subaşı (2011), TOPSIS ve AHP yöntemlerini karşılaştırdığı çalışmada, AHP ile TOPSIS yöntemi arasındaki farklılığın nedeni olarak AHP yönteminin karar vericilerin yorumlarına dayanmasına rağmen, TOPSIS yönteminin daha çok matematiksel yaklaşıma dayanan yöntemler kullandığını öne sürmüştür. Eş (2013), TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR ve MAUT yöntemleriyle üretim ve hizmet sektörlerinin ekonomik performanslarını karşılaştırmış ve kullanılan yöntemlerinin sonuçlarını COPELAND yöntemiyle birleştirmiştir.

Velasquez ve Hester (2013), çok ölçütlü karar verme yöntemlerini analiz etmişler, TOPSIS yönteminin basit çözüm adımları olması, çözüm adımlarının alternatif sayısına göre değişmediği gibi birçok pozitif yanı olduğunu ancak alternatifleri ideal uzaklığa göre sıraladığını belirtmişlerdir. Bir ÇKKV yöntemi seçilirken kullanım amacının önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Uludağ ve Doğan (2016) yaptıkları çalışmada karar kriterlerinin ağırlıklarının AHS ya da Bulanık AHS'de elde edilmiş olmasının TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle ulaşılan nihai karar üzerinde bir değişikliğe neden olmadığını göstermişlerdir.

Uzun ve Kazan (2016) AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerini gemi inşada ana makine seçimi üzerine uygulamışlar, AHP ve PROMETHEE sonuçlarının tutarlı olduğunu belirtirken TOPSIS yöntemi sonuçlarının değişkenlik gösterdiğini ifade etmiştir.

Ersöz ve Atav (2007) yaptıkları çalışmada MOORA yönteminin tüm amaçları dikkate aldığını, alternatifler arası tüm etkileşimleri dikkate aldığını belirterek alternatif sıralamasında güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Nann ve Tian (2011) TOPSIS yönteminin temeli, karar verici tarafından oluşturulan alternatiflerin pozitif İdeal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olmasına dayanmaktadır. Kriterlerin tek bir alternatifte veya pozitif ideal çözüme en yakın uzaklıkta hesaplanması istenmektedir.

Thor ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmada karşılaştırılan yöntemlerin sonuçlarında tutarlılık sorunu olmasa da amaçlarının aynı olması gerektiğini belirtmişlerdir. ELECTRE, SAW ve TOPSIS ve AHP yöntemlerini karşılaştırmışlar ve sonuç farklılıklarını bütünleştirmeyip amaçlarının farklı olduğunu belirtmişlerdir.

Moradian ve arkadaşları fren güçlendirici vana gövdesi malzeme seçimi için MOORA, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanmışlar ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu üç yöntem karşılaştırılmasında sonuçları tutarlı elde

etmişlerdir. Ancak çalışmalarında aynı alternatif sayısını kullanmışlar ve alternatif sayısının değişkenliğine değinmemişlerdir.

Literatürde yöntemlerden elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmış, alternatif sayısı değiştiğinde yöntemlerin duyarlılığı üzerinde pek durulmamıştır. Bu çalışmada bu problem üzerinde yoğunlaşmış ve değişikliğin nedenleri ayrıntılı olarak sunulmuştur.

1.1. TOPSIS Yöntemi

Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi (1981) Hwang ve Yoon yardımıyla ile Chen ve Hwang tarafından geliştirilmiştir (Wei, 2010, 182). Az sayıda girdi parametresi ile kolay anlaşılabilen sonuç sunan TOPSIS yönteminde, seçilen alternatifin ideal çözüme en yakın olması beklenirken, ideal çözüm olamayan alternatifte en uzak olması beklenir (Özdemir, 2015: 134). TOPSIS yönteminde aşağıdaki çözüm adımları izlenebilir (Supçiller ve Çapraz, 2011).

1. Adım: Problemin amaçları ve değerlendirme kriterleri belirlenir.

2. Adım: Karar matrisi oluşturulur. n sayıda alternatif (a_1, a_2, \dots, a_n) alt alta sıralanır ve karşılıklarında kriterler alternatiflerinin özellikleri $(y_{1k}, y_{2k}, \dots, y_{nk})$ şeklinde listelenir.

$$D = \begin{bmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & \dots & y_{nk} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3. Adım: Normalizasyon işlemi yapılır. Oluşturulan karar matrisindeki kriter değerlerinin kareleri toplamının karekökleri alınarak normalize edilmiş matris elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nk} \end{bmatrix} \quad (3)$$

4. Adım: Amaç doğrultusunda oluşturulan normalize matrisi, kriterlerin ağırlık skoru olan w_j ile çarpılarak V matrisi oluşturulur.

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{n1} & \dots & V_{nk} \end{bmatrix} \quad (4)$$

5. Adım: İdeal çözümlerin oluşturulması amacıyla ağırlıklı normalleştirilmiş matriste en iyi performans değerinden pozitif ideal çözüm, en kötü değerden ise negatif ideal çözüm elde edilir.

Pozitif ideal çözüm,

$$A^* = \{(max\ vij | j \in J), (min\ vij | j \in J')\} \quad (5)$$

hesaplanan set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde ifade edilir. Negatif ideal çözüm

$$A^- = \{(min\ v_{ij} \mid j \in J), (max\ v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (6)$$

hesaplanan set $A = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde ifade edilir (Ömürbek ve Aksoy, 2016).

6. Adım: Alternatiflerin ayırım ölçüleri hesaplanır. Her alternatifin ideal çözüme olan uzaklığı Euclidian yaklaşımı ile hesaplanır (Alpar, 2011). Pozitif değere olan uzaklığına pozitif ideal ayırım, negatif değere olan uzaklığına negatif ideal ayırım denir ve Eşitlik 7 ve 8 yardımıyla hesaplanır (Ertuğrul ve Özçil, 2014):

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^+)^2} \quad (7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^-)^2} \quad (8)$$

7. Adım: İdeal çözüme görelî yakınlığın hesaplanması amacıyla karar noktalarının ideal çözüme görelî yakınlığının ideal noktalara uzaklıklarından faydalanılır. İdeal çözüm C_i^* ile gösterilirse:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (9)$$

ile hesaplanır. C_i^* değeri $[0,1]$ aralığında değer alır ve 1'e yaklaştıkça pozitif ideal çözüme yaklaştığını, 0'a yaklaştıkça da negatif ideal çözüme yaklaştığını gösterir (Özdemir, 2015: 139).

1.2. Gri İlişkisel Analiz

1982 yılında Deng tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, gri sistem teorisi tekniklerinden biridir (Deng, 1989). Başka bir ifadeyle GİA, gri sistemin bir alt başlığıdır ve problemde yer alan birden fazla alternatifin derecelendirmesinde, sıralamasında kullanılan karar verme yöntemidir.

GİA yönteminin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur (Yıldırım, 2015: 232):

1. Adım: Diğer karar verme tekniklerinde olduğu gibi ilk olarak probleme ait veri setini hazırlanır ve karar matrisi oluşturulur. m problemde yer alan alternatifler ve n alternatiflere ait kriterleri göstermek üzere;

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \dots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

şeklinde çözümden kullanılacak başlangıç karar matrisi oluşturulur.

2. Adım: Problemde yer alan alternatiflerin kriter değerlerinin uzaklıklarını karşılaştırmak amacıyla referans serisi ve karşılaştırma matrisi oluşturulur. Referans olarak alınan kriter satırı $x_0 = (x_0(j))$ ($j = 1, \dots, n$) şeklinde ifade edilir ve başlangıç matrisinde yer alan diğer alternatiflerin kriterlerini kıyaslamak üzere kullanılır. Burada x_0 j . değeri kriterin özelliğine göre

en optimal değeri gösterir. Bu adımda oluşturulan referans serisi karar matrisine satır olarak eklenir.

3. Adım: Referans satırı eklenen başlangıç matrisini ölçeklendirmek amacıyla normalize edilir. Bu yöntemde normalizasyon işlemi, kriterlerin yönüne göre 3 farklı şekilde yapılabilmektedir.

Fayda durumunda normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{x_i(j) - \min x_i(j)}{\max(j) - \min x_i(j)} \quad (11)$$

eşitliğine göre yapılır.

Maliyet durumunda normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{\max x_i(j) - x_i(j)}{\max(j) - \min x_i(j)} \quad (12)$$

fonksiyonundan faydalanılarak yapılır.

Eğer belli bir optimal değer referans olarak kullanılacaksa normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{|x_i(j) - x_0(j)|}{\max(j) - x_{0b}(j)} \quad (13)$$

fonksiyonu ile yapılır. $x_{0b}(j)$, referans olarak alınan optimal değer olup j. kriterin referans değeridir. Bu işlemlere göre hesaplanan normal matris X^* ile gösterilirse;

$$X^* = \begin{matrix} x_1^*(1) & \cdots & x_1^*(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m^*(1) & \cdots & x_m^*(n) \end{matrix} \quad (14)$$

şeklinde oluşur.

4. Adım: Kriterlerin referans olarak alınan değerlerle fark değer matrisleri oluşturulur. x_0^* ile x_i^* arasındaki farkın pozitif olması için mutlak değeri aşağıdaki eşitlik ile alınarak;

$$\Delta_{0i} = |x_0^*(j) - x_i^*(j)| \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (15)$$

$$\Delta_{0i} = \begin{matrix} \Delta_{0i}(1) & \cdots & \Delta_{0i}(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{0m}(1) & \cdots & \Delta_{0m}(n) \end{matrix}$$

matrisi elde edilir.

5. Adım: Gri ilişkisel katsayı matrisinin oluşturulması;

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{\min} + \delta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i} + \delta \Delta_{\max}} \quad (16)$$

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j) \quad (17)$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j) \quad (18)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır. Fonksiyonda kullanılan δ parametresi ayırıcı katsayısıdır ve $[0,1]$ aralığında bir değer alınabilir (Baş ve Çakmak, 2010).

6. Adım: Gri ilişki katsayıları hesaplanır. Gri ilişki dereceleri, gri ilişki katsayılarının ortalamasını veren değerdir ve

$$\tau_{0i} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n \gamma_{0i}(j) \quad i = 1, \dots, m \quad (19)$$

fonksiyonuyla hesaplanır.

Çözümün son aşamasında hesaplanan gri ilişkisel dereceler kullanılarak alternatifler ideal değere benzerliklerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Elde edilen değerlerden en yüksek skora sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

1.3. VIKOR Yöntemi

Çok kriterli karmaşık sistemlerin optimizasyonu için geliştirilen VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yönteminin temelleri Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından atılmıştır (Tzeng ve Huang, 2011, 71). 2004 yılında ise Opricovic ve Tzeng tarafından farklı ölçü birimleriyle elde edilmiş veri gruplarında kullanılabilen çok kriterli karar verme tekniği olarak tanıtılmıştır. n kriter ($j = 1, 2, \dots, n$) ve m ($i = 1, 2, \dots, m$) alternatiften oluşan karar verme probleminde VIKOR yönteminin çözüm başmakları şu şekilde sıralanabilir (Opricovic, Tzeng, Gwo-H. (2004):

Adım 1. En iyi ve en kötü kriterin belirlenmesi: Oluşturulan karar matrisi içerisinde en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerleri hesaplanır. Bu değerler hesaplanırken kriterin fayda özelliği göz önünde bulundurulmalı, faydalı ise f_j^* , fayda değeri yok ise f_j^- değeri göz önüne alınmalıdır.

Adım 2. Normalizasyon işlemi: VIKOR yönteminde kullanılan normalizasyon lineer tipidir. M alternatif ve n kriterden oluşan karar problemi $m \times n$ tipinde R normalizasyon matrisine aşağıdaki formül ile dönüştürülür.

$$R_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (20)$$

Adım 3. Normalize matrisinin ağırlıklandırılması: Elde edilen R matrisinin sütunlarını, w_j ağırlıkları ile çarpılır ve ağırlıklandırılmış normalize matrisi olan V elde edilir.

$$V_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (21)$$

Adım 4. S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması: S_i ve R_i değerleri kriterler ($j = 1, 2, \dots, n$) için hesaplanır. S_i i . Alternatif için ortalama skoru, R_i ise en kötü skoru göstermektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (22)$$

$$R_i = \max(w_j) \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (23)$$

Adım 5. Q_i değerlerinin hesaplanması: Bu adımda daha önce hesaplanan S_i ve R_i değerleri kullanılarak $S^* = \min S_i$, $S^- = \max S_i$, $R^* = \min R_i$, $R^- = \max R_i$ değerleri hesaplanır. Q_i değerinin hesabı ise

$$Q_i = \frac{(S_i - S^*)}{(S_i - S^*)} + \frac{(1-q) \cdot (R_i - R^*)}{(R_i - R^*)} \quad (24)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Adım 6. Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi: Q_i , S_i ve R_i değerleri ayrı ayrı sıralanıp alternatiflere ait üç farklı sıralı liste elde edilir. Bu işlemin ardından sıralamanın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Q_i değerine sahip alternatifin şu iki koşulu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir;

Koşul 1. Kabul Edilebilir Avantaj: Q_i değerlerine göre sıralanan alternatiflerden 1. Sırada yer alan alternatif A_1 ve ikinci sırada yer alan alternatif A_2 olmak üzere, kabul edilebilir avantaj,

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad (25)$$

olmalıdır.

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (26)$$

eşitliği ile hesaplanan bu parametre alternatif sayısına bağlı olup m alternatif sayıdır.

Koşul 2. Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığında A^1 alternatifi ilk sırada yer alır ve S, R değerlerine göre minimum değeri alan en iyi alternatiftir. Bu durumda uzlaşık çözüm karar vermede istikrarlıdır (Kuzu, 2014:123).

1.4. MOORA Yöntemi

Multi Objective Optimization on Basis of Ratio Analysis (MOORA) yöntemi, Wiilem Karel M. Braures ve Edmundas Kazimieras Zavaskas tarafından 2006 yılında yayınlanan 'The MOORA method and its application to privatization in a transition economy' isimli makalede sunulmuştur (Önay ve Çetin, 2012). Ayrıık alternatiflerle çok amaçlı optimizasyon için önerilen ve yeni bir yöntem olarak ifade edilen MOORA, oranların uygulandığı amaçlar için alternatiflerin cevaplarının matrisini ifade eder (Braueres, Zavaskas, 2006; 2010).

MOORA yönteminin uygulama adımları sırasıyla şu şekildedir (Kundakçı, 2016):

Oran metodu:

1. $i = 1, 2, \dots, m$ alternatif sayısı, $j = 1, 2, \dots, n$ kriter sayısı olmak üzere, karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \dots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad (27)$$

2. Her Bir alternatifin kareleri toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon matrisi elde edilir. Bu işlem,

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (28)$$

eşitliği ile elde edilir. x_{ij}^* ; i . alternatifi, j . kriter değerinin normalleştirilmiş halidir.

Normalizasyon işleminin ardından sütunda yer alan kriterler maksimum ya da minimum olmalarına göre değerlendirilip toplanır ve toplanan maksimum kriter değerlerinden toplanan minimum kriter değerleri çıkartılır. Özetle bu ifade

$j=1, 2, 3, \dots, g$ maksimize edilecek kriterler ve $i = 1, 2, 3, \dots, n$ minimize edilecek kriterler olmak üzere;

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_i^* - \sum_{j=g+1}^n x_i^* \quad (29)$$

olarak gösterilebilir.

Alternatiflere ait optimizasyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak en iyi alternatifte karar verilir. En yüksek skora sahip alternatif en iyi alternatif, en düşük skor değerine sahip alternatif de en kötü alternatif olarak değerlendirilir.

1.4.1. Referans Nokta Teorisi

Referans nokta yaklaşımında oran yaklaşımında olduğu gibi normalizasyon işlemleri uygulanır. Elde edilen x_{ij}^* 'lerden amaca göre maksimizasyon ve minimizasyon değerleri referans noktası olarak seçilir. Seçilen bu noktaların her bir x_{ij}^* değerine uzaklıkları

$$d_{ij} = |r_j - x_{ij}^*| \quad (30)$$

formülüyle hesaplanır ve matris olarak yazılır. Elde edilen matrise Tchebycheff'in Min-Max Metrik ile sıralama yaklaşımı uygulanarak nihai sonuç elde edilir. Tchebycheff'in Min-Max Metrik formülü ise;

$$\text{Min}\{\text{max } |r_i - x_{ij}^*|\} \quad (31)$$

olarak gösterilebilir.

Sonuçlar küçükten büyüğe sıralandığında ilk seçenek en iyi seçenek olarak kabul edilir (Özbek, 2016: 187). Bu yöntemde en küçük değer ideale en yakın nokta anlamına gelmektedir.

1.5. ARAS Yöntemi

Bulanık mantık ve gri teori ile entegre modellenebilen Additive Ratio Assesment (ARAS) yöntemi Sliogeriene, Z. Turskis ve E. K. Zavadskas tarafından Çok Kriterli Karar Verme problemlerinin çözümünde yeni bir yaklaşım olarak sunulmuştur (Turskis ve Zavadskas, 2010).

Bu yöntemde karar seçeneklerinin fayda fonksiyonu değer oranları karar seçeneklerindeki optimum değerler ile karşılaştırılır (Shariati ve diğ., 2014:411). ARAS yönteminde seçeneklerin performansları, her bir kriterin ideal olarak kabul edilen alternatif kriterlerine kıyaslanarak belirlenir. ARAS yöntemi uygulama adımları şu şekildedir (Zavadkas ve diğ., 2010):

Adım 1. ARAS yönteminde klasik ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak başlangıç karar matrisinde, her bir kritere ait optimal değerlerden oluşan bir satır, araştırmacı tarafından eklenir.

m alternatif sayısını, n ise kriter sayısını göstermek üzere X karar matrisi

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (32)$$

şeklinde gösterilebilir. Karar matrisi üzerine satır olarak x_{ij} i . alternatifi j . kriterde gösterdiği performans değerini ifade ederken, x_{0j} satırı karar verici tarafından karar matrisine il satır olarak eklenmektedir.

Karar probleminde kriterlere ait optimal değer bilinmiyorsa, kriterin fayda (daha yüksek daha iyi) ya da maliyet (daha düşük daha iyi) özelliği göstermesi durumuna göre optimal değer aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Fayda Durumu : } x_{0j} = \max_i x_{ij}$$

$$\text{Maliyet Durumu: } x_{0j} = \min_i x_{ij}$$

Adım 2. Karar Matrisinin Normalize Edilmesi: ARAS yönteminde \bar{X} normalize karar matrisi Eşitlik (33, 34, 35) yardımıyla hesaplanan \bar{x}_{ij} değerlerinden oluşmaktadır. \bar{x}_{ij} Değerleri ise kriterin fayda ya da maliyet olmasına göre 2 farklı şekilde hesaplanmaktadır:

Fayda durumu:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (33)$$

Maliyet durumu:

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}} \quad (34)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m x_{ij}^*} \quad (35)$$

Adım 3. Eşitlik (36) kullanılarak ağırlıklı normalize değerleri elde edilmektedir.

$$\hat{x} = x_{ij} \cdot w_{ij} \quad (36)$$

Adım 4. Alternatiflere ait en uygun fonksiyon değerlerinin hesaplanması: ARAS yönteminin son adımında her bir alternatif için en uygun yani optimum fonksiyon değeri hesaplanır. Alternatiflerin değerlendirilmesi işlemi bu değerlere göre gerçekleştirilir. S_i i . alternatifi için optimallik fonksiyon değerini göstermek üzere alternatiflere ait skorlar Eşitlik (37) kullanılarak elde edilir.

$$S_i = \sum_{i=0}^m \hat{x}_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (37)$$

Adım 5: Sıralamanın elde edilmesi amacıyla fayda derecesinin hesaplanması: Hesaplanan S_i değerlerinden büyük değerler alternatifi etkin olduğu anlamına gelmektedir. Alternatiflere ait S_i değerlerinin S_0 optimal fonksiyon değerine oranı K_i fayda derecesini vermekte ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \quad (38)$$

K_i oranları $[0,1]$ aralığında değer almakta ve bu oran kullanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonu değerlerinin etkinliği hesaplanmaktadır. Buradan elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanarak alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmaktadır. En yüksek skora sahip alternatif en iyi olarak kabul edilir.

1.6. COPRAS Yöntemi

Complex Praportional Assesment (COPRAS-Karmaşık Nisbi Değerlendirme) yöntemi önem ve fayda dereceleri açısından alternatifleri adım adım sıralar ve değerlendirir. Yöntem diğer karar verme yöntemlerine göre daha basit işlemler içermektedir (Kaklauskas ve diğ., 2010). Çözüm aşamasında her iki kriter ayrı ayrı değerlendirilir. COPRAS yönteminde negatif değerlerin değerlendirilmesi için dönüşüm gerekir ve bu işlem de karar verici için zaman alabilir (Aksoy ve diğ., 2015). COPRAS yönteminin en önemli özelliği alternatiflerin fayda derecelerini gösteriyor olmasıdır. Değerlendirilen alternatifleri birbirleriyle karşılaştırır diğer alternatiflerden ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğunu yüzde olarak ifade eder. COPRAS yöntemi uygulama basamakları şu şekilde sıralanabilir (Zavadskas vd, 2008: 242-243; Podvezko, 2011: 138-139);

i ; 1, 2, 3, ... m alternatifleri, j = 1, 2, 3, ... n değerlendirme kriterleri,
 x_{ij} = j . Değerlendirme kriteri açısından i . alternatifin değeri olmak üzere,

1. Adım: Öncelikle x_{ij} 'lerden oluşan karar matrisi oluşturulur.

m alternatif sayısını, n ise kriter sayısını göstermek üzere X karar matrisi:

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \dots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i = 1, m \quad j = 1, \dots, n$$

şeklinde gösterilebilir.

2. Adım:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (39)$$

eşitliği yardımıyla normalize edilmiş matris elde edilir. Eğer kriter ağırlıklandırılmış matris kullanılacaksa, w_j : j . değerlendirme kriterinin ağırlığı olmak üzere;

$$D = d_{ij} = x_{ij}^* w_j \quad (40)$$

eşitliği ile normalize matrisi ağırlıklandırılabilir.

3. Adım: x_{i+} fayda kriterleri için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamını, S_{i-} faydasız kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamını ifade eder. S_{i+} ve S_{i-} hesaplanışı aşağıda gösterilmiştir.

$$S_{i+} = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j = 1, \dots, k \text{ (faydalı kriterler)} \quad (41)$$

$$S_{i-} = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad j = k+1, k+2, \dots, n \text{ (faydasız kriterler)} \quad (42)$$

4. Adım: Her bir alternatif için Q_i olarak simgelenen göreceli önem değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = S_i + \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}} \quad (43)$$

En yüksek göreceli önem değeri en iyi alternatifi ifade etmektedir.

5. Adım: En yüksek göreceli öncelik değeri aşağıdaki fonksiyon yardımıyla bulunur.

$$Q_{max} = \text{enbüyük}\{Q_i\} \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (44)$$

6. Adım: Her bir alternatif için P_i olarak simgelenen performans indeksi aşağıdaki fonksiyon kullanılarak hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100\% \quad (45)$$

P_i olarak simgelenen performans indeksi 100, en iyi alternatifi ifade etmektedir. Alternatifler sahip oldukları performans indeks değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır (Sarıçalı ve Kundakçı, 2016).

2. Uygulama

Araştırmanın uygulama aşamasında çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS, GİA, VİKOR, Copras, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemleri kullanılmıştır. Uygulamada bu yöntemlerin seçilmesinin en önemli nedeni, son yıllarda alternatiflerin sıralanması ve seçiminde en çok kullanılan yöntem olmalarıdır. Ayrıca çalışmalarda bu yöntemler amaçları dışında kullanılmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak OECD üyesi 23 ülke sıralanmıştır. İkinci aşamada bu 23 ülke arasından rastgele seçilen OECD üyesi 12 ülke aynı yöntemlerle sıralanmıştır. Daha sonra ilk 23 alternatif arasından ve aynı kriterlere göre seçilen 12 alternatifi sıralamada ilk üstünlüğünü koruyup koruyamadığı incelenmiştir.

2.1. Araştırmada Kullanılan Alternatif ve Kriterler

OECD, demokratik yapılara ve piyasa ekonomisine sahip 34 ülkenin ekonomik, sosyal ve yönetim sorunlarını çözmek ve bu sürecin fırsatlarından faydalanmak üzere müştereken çalıştıkları bir örgüttür. 14 Aralık 1960 yılında Paris'te imzalanan "Convention on the Organisation for Economic Co-operation and Development", OECD'nin kurucu anlaşmasını teşkil etmektedir. Türkiye, OECD'nin kurucu 20 üyesinden biridir. Üye sayısı 34 olmasına karşın verilerine ulaşılan OECD üyesi 18 ülke ve "Kilit Ortaklar" modeli çerçevesinde 5 ülke (Brezilya, Çin, Endonezya, Güney Afrika ve Hindistan) çalışmada alternatif olarak kullanılmıştır.

Finansal gelişme ile ilgili çalışmalarda, farklı göstergeler dikkate alınmıştır (Nik ve diğ., 2013). Bu çalışmada da en çok tercih edilen 5 kriter çalışmaya dahil edilmiştir. Kriter verileri ise Dünya Bankası veri tabanından

(<https://data.worldbank.org/>) elde edilmiştir. Kriter değeri olarak 10 döneme kadar ulaşılabilen finansal verilerin ortalaması kullanılmıştır.

OECD üyesi ve kilit ortaklarla birlikte toplam 23 ülkenin sıralanmasında kullanılan kriterler şunlardır: Broad money supply as percentage of GDP (GSYİH yüzdesi olarak geniş para arzı), Stock market capitalization to GDP (Borsa büyüklüğünün GSYH'ye oranı), Bank deposits to GDP (Banka mevduatı GSYH'ye oranı), Liquid liabilities to GDP (Likit borçların GSYH'ye oranı) ve Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%).

Broad Money Supply As Percentage Of GDP: Bu oran finansal olarak uygulanan en verimli ve en eski göstergelerdendir. Bu gösterge ekonomide para kazanma derecesini ölçer (Kar ve diğ., 2011).

Stock Market Capitalization to GDP (%): Hisse senedi piyasasının GSYH'ye oranı olarak ifade edilir. Bir piyasanın tarihsel ortalamaya göre düşük olup olmadığını ya da güncel değerinin düşük olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir orandır. Bu oran, ABD pazarı gibi belirli pazarlara odaklanmak için kullanılabilir veya hesaplamada hangi değerlerin kullanıldığına bağlı olarak, küresel pazara ölçü olarak alınabilir. Bu gösterge farklı ülkelere ait borsaların özel sektöre yönelik sermaye tahsisinde önemli bir role sahiptir (Shahbaz ve diğerleri, 2008).

Bank Deposits to GDP (%):Banka mevduatlarının GSYH'ye oranını ifade eder.

Liquid Liabilities to GDP (%): Likidite yükümlülüklerin GSYH'ye oranıdır. Likit borçlar, geniş para veya M3 olarak bilinir. Bu kriter merkez bankası (M0) cinsinden para ve mevduatların toplamını, devredilebilir mevduatlar ve elektronik para birimini (M1), zaman ve tasarruf mevduatını, yabancı para transfer edilebilir mevduatlarını, mevduat belgelerini ve menkul kıymetler repo sözleşmelerini (M2), yolcu çeklerini, yabancı para vadeli mevduatlarını, ticari kağıtlarını ve yatırımcıların veya yatırım fonlarının hisselerini içerir.

Private Credit by Deposit Money Banks and Other Financial Institutions to GDP (%): Bu oranın hesaplanmasında mevduat bankaları ve diğer özel kredi sağlayan finansal kuruluşlar ile yerel para biriminde GSYH, dönem sonu TÜFE ve ortalama yıllık TÜFE aylık TÜFE değerleri kullanılır. Kar ve ark. (2011) ülkeleri ekonomik gelişmişliklerine göre kıyaslarken bu kriteri kullanmışlardır.

Yöntemlerden elde edilen önceki ve sonraki üstünlük karşılaştırması Sperman sıra korelasyon katsayısı ile yapılmıştır. Karşılaştırılan ülke ve kriter simgeleri Tablo 1 deki gibi alınmıştır.

Tablo 1. Kriterler ve Alternatifler Simgesi

Broad money (% of GDP) (GSYİH yüzdesi olarak geniş para arzı)	K1
Stock market capitalization to GDP (%) (Borsa büyüklüğünün GSYİH'ye oranı)	K2
Bank deposits to GDP (%) (Banka mevduatı GSYİH'ye oranı)	K3
Liquid liabilities to GDP (%) (Likit borçların GSYİH'ye oranı)	K4
Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%)	K5
Avustralya	A1
Kanada	A2
Şili	A3
Çek Cumhuriyeti	A4
Danimarka	A5
Macaristan	A6
İzlanda	A7
İsrail	A8
Japonya	A9
Kore	A10
Meksika	A11
Yeni Zelanda	A12
Norveç	A13
Polonya	A14
İsveç	A15
İsviçre	A16
Türkiye	A17
Amerika Birleşik Devletleri	A18
Brezilya	A19
Çin	A20
Endonezya	A21
Güney Afrika	A22
Hindistan	A23

Yöntemlerin hesaplanmasında kullanılan başlangıç matrisi Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Alternatiflere Ait Kriter Değerlerinden Oluşan Başlangıç Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	99,842	105,591	91,668	97,193	126,458
A2	131,503	122,730	133,540	124,477	155,797
A3	77,058	106,422	45,888	39,929	92,756
A4	70,177	23,970	61,247	70,474	45,932
A5	64,458	64,927	56,460	65,242	188,043
A6	58,460	19,942	47,189	57,458	54,404
A7	89,669	76,339	83,565	86,247	167,798
A8	80,314	79,145	77,621	83,614	78,406
A9	219,763	78,303	201,812	204,099	177,450
A10	131,995	84,844	77,661	64,044	102,310
A11	44,999	35,444	24,604	26,006	23,457
A12	88,475	35,118	83,958	85,736	134,286
A13	57,729	55,586	53,927	52,688	116,943
A14	54,976	33,599	46,491	53,494	45,858
A15	64,084	100,463	55,472	59,429	120,642
A16	157,149	209,965	141,377	154,051	159,309
A17	49,276	29,928	45,371	44,850	44,900
A18	148,380	121,466	78,199	70,358	182,795
A19	79,806	53,328	53,499	67,164	58,445
A20	173,907	54,793	45,145	164,075	117,244
A21	37,909	37,828	32,446	33,706	27,897
A22	74,944	230,310	59,566	42,168	144,780
A23	77,013	77,118	60,315	70,690	45,812
Toplam	2131,884	1837,159	1657,021	1817,192	2411,722
Maks	219,763	230,310	201,812	204,099	188,043
Min	37,909	19,942	24,604	26,006	23,457
Maks-Min	181,854	210,368	177,208	178,093	164,586
Kareler Top	244957,928	210949,902	154375,845	186480,502	316282,782

Çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS, GİA, VİKOR, Copras, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemlerinin adımları Tablo 2' de yer alan 23 alternatifin başlangıç matrisine uygulanmıştır. İkinci adımda ise Tablo 2' de yer alan 23 alternatif arasından Tablo 3' de yer alan 12 alternatif

rastgele seçilmiştir. Aynı işlemler uygulanmış ve elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Rastgele Seçilen 12 Ülke ve Kriter Simgeleri

Broad money (% of GDP) (GSYİH yüzdesi olarak geniş para arzı)	K1
Stock market capitalization to GDP (%) (Borsa büyüklüğünün GSYİH'ye oranı)	K2
Bank deposits to GDP (%) (Banka mevduatı GSYİH'ye oranı)	K3
Liquid liabilities to GDP (%) (Likit borçların GSYİH'ye oranı)	K4
Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%)	K5
Brezilya	A1
Şili	A2
Çek Cumhuriyeti	A3
Macaristan	A4
Hindistan	A5
Endonezya	A6
İsrail	A7
Meksika	A8
Norveç	A9
Polonya	A10
İsveç	A11
Türkiye	A12

12 alternatifin ilk 23 alternatifine göre beklenen üstünlük sıralamaları ve aralarındaki korelasyon katsayısı Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Yöntemlerin 23 Alternatif ve 12 Alternatifine Göre Sıralama Sonuçları Arasındaki Sıra Korelasyon Katsayıları

Yöntem		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	r
TOPSIS	12 Alternatif Arasındaki Sırası	11	4	8	9	1	6	3	12	5	10	2	7	0,69
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	12	1	11	5	9	2	10	
GİA	12	5	3	7	8	4	11	1	12	6	9	2	10	0,97

	Alternatif Arasındaki Sırası													
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	5	11	2	12	4	9	1	10	
VIKOR	12 Alternatif Arasındaki Sırası	5	3	7	8	4	11	1	12	6	9	2	10	0,97
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	5	11	2	12	4	9	1	10	
COPRAS	12 Alternatif Arasındaki Sırası	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	1,0
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	
MOORA	12 Alternatif Arasındaki Sırası	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	1,0
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	
MOORA Ref. Nokta	12 Alternatif Arasındaki Sırası	5	6	10	12	2	8	1	11	4	7	3	9	0,88
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	
ARAS	12 Alternatif Arasındaki Sırası	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	1,0
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	

Tablo 4' te yer alan sonuçlara göre alternatif ülkeler ve kriterler her iki çalışmada da aynı olmasına rağmen TOPSIS yönteminde pozitif ve negatif ideal değerleri değişmiş (Tablo 5), bu durumdan kaynaklı sıralama bozulmuştur.

Tablo 5. TOPSIS Yöntemi Pozitif Ve Negatif İdeal Değerleri

Kriterler	23 alternatife göre		12 alternatife göre	
	Pozitif İdeal	Negatif İdeal	Pozitif İdeal	Negatif İdeal
K1	0,444026	0,076594	0,361413	0,170591
K2	0,501445	0,043419	0,500305	0,09375
K3	0,513638	0,06262	0,430749	0,136537
K4	0,472633	0,060222	0,421482	0,131091
K5	0,334364	0,041709	0,361413	0,170591

Dolayısıyla TOPSIS yöntemiyle alternatiflerin sıralanmasında tutarsız sonuç elde edilmiştir. Ayrıca iki sıralamaya ilişkin sonuçlar incelendiğinde en iyi alternatifin seçiminde de TOPSIS yöntemi sıralaması uygun düşmemektedir. Çünkü ilk 23 alternatif sıralamasında 12 alternatife göre ilk sıralamada yer alması gereken alternatif, sonraki 12 alternatifli sıralamada 3. sıra da yer almıştır.

GİA yönteminin sıra korelasyon katsayısının 0,97 olduğu, dolayısıyla sıralamanın tutarlı olduğu görülmektedir. Yine de GİA yönteminde ilk sıralamada hesaplanan üstünlük sıralamasının bozulduğu söylenebilir. Bu bozulmanın nedenlerinden biri normalizasyon adımında kullanılan maksimum ve minimum değerlerin alternatiflere bağlı olarak değişmesidir.

$$\Delta_{0i} = |x_0^*(j) - x_i^*(j)| \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

Tablo 6. GİA Yöntemi Maksimum ve Minimum Değerleri

Kriterler	23 Alternatife Göre		12 Alternatife Göre	
	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum
K1	219,762	37,909	80,313	37,909
K2	230,31	19,942	106,422	19,942
K3	201,812	24,604	77,621	24,604
K4	204,099	26,006	83,614	26,006
K5	188,043	23,457	120,642	23,457

Tablo 6' da görüldüğü üzere bu adımda kullanılan $x_0^*(j)$ değerinin seçimi referans olarak alınan alternatifin kriter değerlerine göre değişmekte, hatta bazı

işlemlerde bu değer maliyet ya da fayda durumuna göre maksimum ya da minimum olarak alınmaktadır. Bu çalışma sonucuna göre, GİA yönteminin alternatifler referans olarak alınan bir alternatifte uzaklıklarına göre kıyaslanacaksa kullanılması daha sağlıklı olacaktır.

VIKOR yönteminin sıra korelasyon katsayısı incelendiğinde (Tablo 4) GİA yönteminde olduğu gibi 0,97 olduğu, dolayısıyla sıralamanın tutarlı olduğu görülmektedir. Aynı şekilde 23 alternatif ve 12 alternatifte göre sıralamada elde edilen sonuçlar GİA yönteminden elde edilen sonuçlar ile eşittir. Buna ek olarak alternatiflerin sıralama değişkenliği de aynı şekilde değişmemiştir.

Tablo 7. VIKOR Yöntemi En İyi Ve En Kötü Değerler

Kriterler	23 Alternatife Göre		12 Alternatife Göre	
	En İyi f_j^* (Maks)	En Kötü f_j^- (Min)	En İyi f_j^* (Maks)	En Kötü f_j^- (Min)
K1	219,762	37,909	80,313	37,909
K2	230,31	19,942	106,422	19,942
K3	201,812	24,604	77,621	24,604
K4	204,099	26,006	83,614	26,006
K5	188,043	23,457	120,642	23,457

VIKOR yönteminde GİA yönteminde olduğu gibi normalizasyon hesaplanması, alternatiflerin içerdiği kriterlerin maksimum ya da minimum değerlerine göre değişmektedir. Normalizasyon adımıyla kullanılan en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerleri referans olarak alınan alternatifin kriter değerlerine göre değişmekte (Tablo 7), hatta bazı işlemlerde bu değer maliyet ya da fayda durumuna göre maksimum ya da minimum olarak alınmaktadır. Sonuç olarak VIKOR yöntemi de, referans seri kullanılacak, yani alternatifler referans olarak alınan bir alternatifte uzaklıklarına göre kıyaslanacaksa kullanılması daha sağlıklı olacaktır.

Tablo 4 incelendiğinde COPRAS yönteminden elde edilen sonuçların tamamen tutarlı olduğu görülmektedir. 23 alternatif ve bu alternatiflerden rastgele elde edilen 12 alternatif bu yöntemle göre sıralandığında, ilk üstünlük sıralamanın korunduğu açıktır. COPRAS yöntemi adımlarında indeksler hesaplanırken sadece minimum ya da maksimum değerler değil, kriterlere ait tüm değerlerin ortalaması alınmaktadır. COPRAS yönteminin sonuçlarının eklenen alternatiflerden ya da çıkarılan alternatiflerden etkilenmemesinin nedenlerinden biri budur. Bu sonuçlara dayanılarak alternatif sıralamasında COPRAS yönteminin kullanılabilir güvenilir bir yöntem olduğu söylenebilir.

Tablo 4' te MOORA yönteminin sıra korelasyon katsayısı incelendiğinde 1,00 olduğu, dolayısıyla sıralamanın tutarlı olduğu görülmektedir. MOORA yöntemi adımlarında da indeksler hesaplanırken, COPRAS yönteminde olduğu gibi, sadece minimum ya da maksimum değerler değil, kriterlere ait tüm değerlerin ortalaması alınmaktadır. Bu durumda da MOORA yöntemi sonuçları eklenen alternatiflerden ya da çıkarılan alternatiflerden etkilenmediği söylenebilir. Bu sonuçlara dayanılarak MOORA yönteminin de alternatif sıralamasında kullanılabilir bir yöntem olduğu söylenebilir.

MOORA yönteminin referans nokta metodu tutarlılığına bakıldığında ise ilk sıralamayla alternatiflerin eksilttiğimizde elde edilen sıralama arasında değişiklik olduğu görülmektedir.

Tablo 8. MOORA Referans Nokta Yaklaşımında alınan Referans Değerleri

Kriterler	23 Alternatife Göre Referans	12 Alternatife Göre Referans
K1	0,4440262	0,361413
K2	0,5014448	0,500305
K3	0,5136381	0,430748
K4	0,4726331	0,421481
K5	0,3343639	0,496621

Tablo 8' de ortaya çıkan farklılığın nedenlerinden biri referans noktasına uzaklık hesabında kullanılan d_{ij} adımıdır. Ayrıca sıralama aşamasında da elde edilen fark değerleri toplam olarak değil, maksimum (maliyet durumunda minimum) olarak alınmaktadır. Bu nedenle de referans nokta yaklaşımında alternatif eklendiği ya da çıkarıldığı zaman üstünlük sıralaması değişmektedir. Sonuç olarak MOORA yönteminin alternatiflerin sıralamasında, MOORA Oran yönteminin ise belirli alternatife uzaklığa göre alternatiflerin sıralamasında kullanılmasının daha tutarlı olacağı söylenebilir.

Tablo 4' te yer alan ARAS yönteminin sıra korelasyon katsayısı incelendiğinde 1,00 olduğu, dolayısıyla sıralamanın bu yöntemde de tutarlı olduğu görülmektedir. ARAS yöntemi adımlarında da indeksler hesaplanırken, COPRAS ve MOORA yöntemlerinde olduğu gibi, sadece minimum ya da maksimum değerler değil, kriterlere ait tüm değerlerin ortalaması alınmaktadır. Bu özellik, ARAS yönteminin alternatiflerin sıralanmasında eklenen ya da çıkarılan alternatiflerden etkilenmemesinin nedenlerinden biridir. Bu sonuçlara dayanılarak ARAS yönteminin alternatif sıralamasında kullanılabilir bir yöntem olduğu söylenebilir.

Tartışma ve Sonuç

Çok kritere sahip bir karar probleminde birden fazla yöntem kullanılabilir. Kullanım amacına göre bu yöntemlerden bazıları alternatifleri belirli referans noktasına uzaklığa göre, bazıları ise alternatifleri kriterlerin üstünlüklerine göre sıralamaktadır. Uygulanabilir bir çözüm elde etmek için problemde uygulanacak yöntem seçiminde kullanım amacına dikkat etmek gerekmektedir. Bu çalışmada ÇKKV tekniklerinden TOPSIS, GİA, VIKOR, COPRAS, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemlerinin kullanım amaçları alternatif sayısı değiştirilerek ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda bu yöntemler kullanılarak OECD üyesi 23 ülke 5 kritere göre ilk olarak sıralanmıştır. Bu 23 alternatiften rastgele seçilen 12 alternatif aynı kriterlerle bu yöntemlerle tekrar sıralanmıştır. İki sıralama sonuçları karşılaştırılmış ve alternatiflerin üstünlüklerini koruyup koruyamadığı incelenmiştir.

ARAS, MOORA, COPRAS yöntemlerinde sıralama üstünlüğünün tamamen korunduğu gözlenmiştir (Tablo 4; $r=1,00$). Bunun nedenlerinden biri bu yöntemlerin uygulama adımlarında fark alma işleminin olmamasıdır. Dolayısıyla bu üç yöntemin alternatif sayısına göre değil, kriter üstünlüğüne göre sıralama yaptığı söylenebilir. Bu ifade ve sonuçlara dayanarak da COPRAS, MOORA, ARAS yöntemlerinin alternatifleri kriter üstünlüklerine göre sıralamada rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna ulaşılabilir.

GİA, VIKOR ve MOORA Referans Nokta yöntemlerinde ilk sıralamaya göre üstünlüğün kısmen bozulduğu görülmüştür. İlk sıralama ile ikinci sıralama arasındaki korelasyon katsayısı GİA ve VIKOR yönteminde 0,97; MOORA referans nokta yönteminde 0,89; TOPSIS yönteminde ise 0,69 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4). Bu yöntemlerin uygulama adımlarında yer alan "referans noktaya göre fark alma işlemi" sonuçların değişmesine neden olan etmenlerden biridir. GİA yönteminde fark değer matrisi oluşturma adımında (Eşitlik 15), VIKOR yönteminde S_i, R_i ve Q_i değerlerinin hesaplanması adımında (Eşitlik 22 ve 23), MOORA referans nokta yaklaşımında uzaklık değerlerinin hesaplanması adımında (Eşitlik 30), TOPSIS yönteminde ise pozitif ideal-negatif ideal değerlerinin hesaplanması adımında (Eşitlik 5 ve 6) alternatif sayısına bağlı olarak skorlar değişmektedir. Dolayısıyla bu yöntemlerin alternatiflerin sıralanmasından ziyade belirli bir referans noktasına uzaklıklarına göre sıralanması amacıyla kullanılması gerektiği söylenebilir. Alternatif sayısına en duyarlı yöntemin TOPSIS olduğu, ikinci sıralamada sıralamanın oldukça değiştiği görülmüştür (Tablo 4; $r=0,69$). GİA, VIKOR, MOORA referans yöntemlerine kıyasla TOPSIS yönteminin alternatif sayısına daha duyarlı olduğu, dolayısıyla TOPSIS yönteminin alternatif sıralamasında tutarlı sonuç vermediği sonucuna ulaşılmıştır. TOPSIS yönteminin temeli, alternatif sıralaması pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olmasına dayanmaktadır. Kriterlerin belirlenen alternatife veya pozitif ideal çözüme en yakın uzaklıkta hesaplanması istenmektedir.

Elbette alternatif sayısı eksiltildiğinde üstünlük sıralaması değişkenliğinin farklı nedenleri de bulunmaktadır. Çalışmalarda kullanılan veri türüne, kriter sayısına ve özelliklerine göre farklı sıralamalar elde edilebilir. Sıralamayı değiştiren farklı nedenler ortaya konabilir. Ayrıca farklı ÇKKV yöntemleri de çalışmalara dahil edilebilir.

Kaynakça

AKSOY, E., Ömürbek, N. ve Karaatlı, M. (2015). Ahp Temelli Multimooora ve Copras Yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 33, Sayı 4, s. 1-28.

ALPAR, R. (2011). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*, Üçüncü Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara.

BAŞ, M. ve Çakmak, Z. (2010). Gri İlişkisel Analiz ve Lojistik Regresyon Analizi ile İşletmelerde Finansal Başarısızlığın Belirlenmesi ve Bir Uygulama, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 12 Sayı 3: s. 63-82.

BRAUERES, W. K. M. ve Zavaskas, E. K. (2006). The MOORA Method and Its Application to Privatization in a Transition Economy. *Control and Cybernetics*, Vol. 35 No. 2: s. 445-469.

DENG, J. (1989). Introduction to Grey System Theory, *The Journal of Grey System*, Vol.1, No. 1: s. 1-24.

ERTUĞRUL, İ. ve Özçil, A. (2014). Çok Kriterli Karar Vermede TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Klima Seçimi, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, , Cilt 4, Sayı 1: s. 267-282.

EŞ, Abdulhamit, (2013). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Türkiye Ekonomisinde Yer Alan Sektörlerin Finansal Performanslarının Karşılaştırması*, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Bolu.

ERSÖZ, F., ATAV, A. (2007). Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi, <https://www.researchgate.net/publication/315834079>, erişim tarihi: 14.11.2018

KAKLAUSKAS, A., Edmundas K., Zavadskas, J., Naimaviciene, M., Krutinis, V., Plakys, V. ve Donatas, V. (2010). Model for a Complex Analysis of Intelligent Built Environment, *Automation in Construction*, 19 (3), s. 326-340.

KAR, M., Nazlioglu, S. ve Agir, H. (2011). Financial Development and Economic Growth Nexus in The MENA Countries: Bootstrap Panel Granger Causality Analysis, *Economic Modelling*, 28, s. 685-693.

KUNDAKÇI, N. (2016). Combined Multi-Criteria Decision Making Approach Based on Macbeth and Multi-MOORA Methods, *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, Volume 4, Issue 1, s. 7-26.

KUZU, S. (2014). VIKOR Yöntemi (Fatih Yıldırım, Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 1. Baskı, Bursa, s. 117-125.

MANİSALI, Ekrem (1981). *Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Çok Ölçütlü Model Yaklaşımı*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İstanbul.

MARK, V., ve Hester, P. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods, *International Journal of Operations Research* Vol. 10, No. 2, s. 56-66.

MORADIAN, M., Modanloo, V. ve Aghaiee, S. (2018). Comparative Analysis of Multi Criteria Decision Making Techniques for Material Selection of Brake Booster Valve Body, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*; doi:10.1016/j.jtte.2018.02.001.

NAN, Y. ve Tian, Y. (2011). Performance Evaluation on Regional Innovation System Based of AHP-TOPSIS Methodology. *International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)*, 24-26 Aralık 2011, s. 1140-1143.

NIK, H. A., Nasab, Z., Salmani, Y. ve Shahriari, N. (2013). The Relationship Between Financial Development Indicators and Human Capital in Iran, *Management Science Letters*, 3, s. 1261–1272.

OPRICOVIC, S., Tzeng ve Gwo-H. (2004). The Compromise Solution by MDCM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, s. 445-455.

ÖMÜRBEK, N. ve Aksoy, E. (2016). Bir Petrol Şirketinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Performans Değerlendirmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, , C.21, S.3, s.723-756.

ÖNAY, O. ve Çetin, E. (2012). Turistlik Yerlerin Popülaritesinin Belirlenmesi: İstanbul Örneği, *İ. Ü. İşletme Fakültesi İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, yıl:23, sayı:72, s. 0-109.

ÖZBEK, Aşır, *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü*, Seçkin Yayıncılık, Ankara 2017.

ÖZDEMİR, Muhlis, (2015). TOPSIS, (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık, s. 133-153.

ÖZTEL, Ahmet, (2016). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

PODVEZKO, V. (2011). The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22(2), s. 134-146.

SARIÇALI, G. ve Kundakçı, N. (2016). AHP ve Copras Yöntemleri İle Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi, *International Review of Economics and Management*, Volum 4, N. 1, s. 45-46.

SHAHBAZ, M., Ahmed, N., ve ALİ, L. (2008). Stock Market Development And Economic Growth: ARDL Causality in Pakistan”, *International Research Journal of Finance and Economics*, 14, s. 182-195.

SHARIATI, S., Yazdani-Chamzini, A., Salsani, A., Tamosaitiene, J., (2014). Propasing A New Model For Waste Dump Site Selection: Case Study of Ayerma Phosphate Mine, *Inzinerine Ekonomika Engineering Economics*, 25(4), s. 410-419.

SUBAŞI, H. (2011). *Çok Kriterli Karar Vermede Kullanılan TOPSIS Ve AHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Bir Uygulama*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

SUPÇİLLER, A. ve Çarpraz, E. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması, *Ekonometri ve İstatistik*, Sayı:13 (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı)s. 1–22.

TEKİN, Mahmut, (2008). *Sayısal Yöntemler*, Nobel Kitap, Ankara.

THOR, J., Ding, H. ve Kamaruddin, S. (2013). Comparison of Multi Criteria Decision Making Methods From The Maintenance Alternative Selection Perspective, *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, Volume 2, issue 6, s. 27-34.

TURSKIS, Z. ve Zavadskas, E. K. (2010). A New Additive Ratio Assessment (ARAS) Method in Multicriteria Decision-Making, *Technological and Economic Development of Economy*, (2), s. 159-172.

TZENG, G.H. ve Huang, J.J. (2011), *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC, s. 69-71.

ULUDAĞ, A. S. ve Doğan, H. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, s. 17-47.

UZUN, S. ve Kazan H. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırılması: Gemi İnşaatı Ana Makine Seçimi Uygulaması, *Journal of Transportation and Logistics*, 1 (1), s. 99-113.

WEI, J. (2010). TOPSIS Method for Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information in Linguistic Setting, *Journal of Convergence Information Technology*, 5(10), s. 181-187.

YILDIRIM, Fatih Bahadır, (2014). "Gri İlişkisel Analiz", (Fatih Bahadır YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık, s. 227-242.

ZARDARI, N.H., Ahmed, K., Shirazi, S.M. ve Yusop, Z.B. (2014). *Weighting Methods and Their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management*, Springer.

ZAVADSKAS, E. K., Turskis, Z., ve Vilutiene, T. (2010). Multiple Criteria Analysis of Foundation Instalment Alternatives by Applying Additive Ratio Assessment (ARAS) Method, *Archives Of Civil And Mechanical Engineering*, 10(3), s. 123-141.

ZAVADSKAS, E.K., Kaklauskas A., Turskis Z., Tamosaitiene, J. (2008). Contractor Selection Multi-Attribute Model Applynig COPRAS Method With Grey Interval Numbers, *International Conference 20th EURO Mini Conference Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies*, Neringa, Lithuania, 20-23 May, s. 241-247.

ZOPOUNIDIS, C. ve Pardalos, P. (2010). *Handbook of Multicriteria Analysis*, Springer Science and Business Media.