

Şeyma Nur Aydın* 
Bağımsız Araştırmacı
Ankara

Ali Sevinç 
KOSGEB
Ankara

Aşır Özbek 
Kırıkkale Üniversitesi
Bilgisayar Teknolojileri Bölümü
Kırıkkale

Makale Bilgisi:
Araştırma Makalesi
Gönderilme: 12 Ekim 2024
Kabul: 12 Aralık 2024

*Sorumlu Yazar: Dr. Şeyma Nur Aydın
Email: seymanuraydin125@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.56193/matim.1565727>

Bütünleştirilmiş LOPCOW-MOORA ve LOPCOW-GRA Yöntemleri ile Türkiye’de Tarımsal Römork İmalatı Sektörünün Performans Değerlendirmesi: 2018-2022 Dönemine Yönelik Bir Araştırma

Tarımsal römorklar, traktörlerle uyumlu şekilde çalışarak özellikle ürün taşımada büyük kolaylık sağlayan ve üretim süreçlerini hızlandıran kritik mekanizasyon araçlarıdır. Çeşitli boyut ve özelliklerde tasarlanan römorklar, çiftçilerin taleplerine göre farklılaşarak tarım sektöründe maliyetlerin azaltılmasına ve iş gücünden tasarruf edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de tarımsal römork imalatı sektörünün 2018-2022 dönemine yönelik performans değerlendirmesi yapılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılması için objektif bir metot olan LOPCOW (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting), yıllara göre performans sıralaması için ise MOORA (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) ve Gri İlişkisel Analiz (Grey Relational Analysis) yöntemlerinden yararlanılmıştır. MULTIMOORA sonuçlarına göre en iyi performans (1-2-1) baskınlık ile 2022 yılında elde edilmiştir. 2020 yılı (2-1-2) baskınlık ile ikinci sırada yer almıştır. Mutlak baskınlık ile üçüncü sıraya (3-3-3) 2021 yılı, dördüncü sıraya (4-4-4) 2019 yılı yerleşmiştir. Beşinci ve son sırada ise (5-4-5) baskınlık ile 2018 yılının yer aldığı görülmüştür. Gri ilişkisel analiz yönteminin sonuçları da MULTIMOORA ile benzerlik göstermiş ve performans sıralaması 2022>2020>2021>2019>2018 şeklinde gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarım sektörü, tarımsal römork imalatı, performans değerlendirme, çok kriterli karar verme, lopcow, moora, gri ilişkisel analiz

1. GİRİŞ

Bir ülkenin, bölgenin veya ilin tarımsal gelişimi, tarım makineleri imalat sanayisinin ve tarımsal mekanizasyon seviyesinin ilerlemesiyle doğrudan bağlantılıdır. Toplumların gelişmişlik düzeyi ile tarımda kullanılan mekanizasyon araçlarının çeşitliliği ve yaygınlığı arasında güçlü bir ilişki vardır [1]. Bu açıdan tarımda mekanizasyonun yaygınlaşması teşvik edilmesi gerekmektedir. Tarımda makineleşmeyi artırmak için tarım

makineleri imalat sanayisinin gelişimi büyük önem taşımaktadır. Tarım makineleri imalat sanayii ile tarım sektörü birbirini tamamlayan, doğrudan ilişkili iki temel sektördür ve birindeki olumlu ya da olumsuz gelişmeler diğerini aynı şekilde etkilemektedir [1]. Özellikle traktör kullanımı, tarımda verimliliği artırarak üretim süreçlerine olumlu katkı sağlamaktadır. Türkiye’de tarımda 2004 yılında 37.876 traktör kullanılırken, bu sayı 2021 yılına kadar düzenli bir artış göstererek 62.952’ye ulaşmıştır [2]. Traktör kullanımının

artmasıyla birlikte, yük taşıma gibi amaçlarla traktörler ile kullanılan römorkların sayısı da artış göstermiştir.

Tarımsal mekanizasyonun önemli bir parçası olan römorklar, modern tarımın vazgeçilmez araçları arasında yer almaktadır. Traktörlere entegre edilen römorklar, özellikle tarımsal ürünlerin taşınmasında büyük kolaylık sağlarken, çiftçilerin iş süreçlerini optimize etmelerine de yardımcı olmaktadır. Farklı boyut ve özellikleri ile taşınan malzemeye göre esneklik sunarak üretim sürecini hızlandırmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Bu sistemler sayesinde, tarım sektöründe iş gücünden tasarruf sağlanırken, daha verimli ve geniş çaplı bir üretim mümkün hale gelmektedir.

Römorkların kullanımı, lojistik süreçleri hızlandırmakta, taşıma maliyetlerini düşürmekte ve ürünlerin pazara daha hızlı ulaşmasını sağlamaktadır. Bu durum, çiftçilerin kârlılığını artırırken, aynı zamanda tarımsal ürünlerin uluslararası pazarlara ihracatını teşvik etmektedir. Böylelikle ülke ekonomisine döviz girdisi sağlanmasına da yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla, römorklar ve diğer mekanik tarım ekipmanları, sadece tarım sektörünün modernizasyonuna değil, aynı zamanda sürdürülebilir ekonomik büyümeye de katkıda bulunarak stratejik bir önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, bütünlük LOPCOW-MOORA ve LOPCOW-Gri İlişkisel Analiz yöntemleri ile tarımsal römork imalatı sektörünün 2018-2022 dönemine yönelik performans değerlendirmesi yapılmıştır. İncelenen literatürde tarım römork imalatı sektörüne yönelik herhangi bir araştırmanın olmadığı görülmüştür. Türkiye'nin tarımsal üretim kapasitesinin yükseltilmesine yönelik atılacak adımlar açısından çalışmanın, literatür ve tarım sektörü için faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Römork imalat sektörü, özellikle Türkiye gibi tarım ekonomisinin oldukça önemli olduğu ülkelerde, tarımsal faaliyetlerin verimliliği ve sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu yüzden, çalışmada römork imalat sektörünün seçilmesinin birkaç önemli gerekçesi bulunmaktadır. Birincisi, Türkiye'nin geniş tarım arazilerine sahip olması ve bu alandaki üretimin ülke ekonomisi için stratejik önemde bulunması, tarımsal üretim kapasitesini doğrudan etkileyen römork gibi temel ekipmanların kullanımını gerekli hale getirmektedir. Römorklar, tarımsal faaliyetlerde ürün taşıma, lojistik destek, toprak işleme ve hasat süreçlerinde etkinlik sağlamak, iş gücü ve zaman tasarrufuna katkıda bulunmaktadır. Bu doğrultuda römork imalat sektörünün performansının incelenmesi, tarım sektöründeki verimlilik artışını doğrudan

etkileyebilecek bilgiler sunmaktadır. Dolayısıyla, tarımsal üretim kapasitesini artırmaya yönelik çözüm önerilerinde bulunmak için römork imalat sektörüne odaklanmak daha anlamlı hale gelmektedir.

İkincisi, Türkiye'de tarım sektörünün gelişmesi amacıyla gerekli mekanizasyon yatırımları yapılırken, römork gibi ekipmanların teknolojik gelişmelere uyumlu olarak üretilmesi ve yenilikçi modellerin teşvik edilmesi önem taşımaktadır. Römorklar, tarım ekipmanları arasında özel bir yere sahip olup, ürün taşınmasında lojistik çözümler sunarak hasat sonrası kayıpları azaltmakta ve çiftçilerin zamandan tasarruf etmesini sağlamaktadır. Tarımsal verimliliğin artırılması için römork sektörüne yönelik performans çalışmaları, tarımsal mekanizasyon politikalarına katkı sağlayacak veriler sunabilir.

2. TARIMSAL RÖMORK İMALATI SEKTÖRÜ

Yirminci yüzyıldaki sanayileşme süreci ile traktörlerin yaygın kullanımı, çiftçilerin pazarlama imkânlarını artırmış ve daha geniş alanlarda tarımsal faaliyet yapmalarını sağlamıştır. Tarımda mekanizasyon kullanımı tarımsal üretim anlayışında radikal değişimlere sebep olmuştur. Ülkelerin tarım makinalarını tarımsal faaliyetlerin tüm aşamasında kullanması üretim verimliliğini artırırken, aynı zamanda tasarladıkları modern tarım aletleriyle küresel pazarda ciddi gelirler elde etmelerini de sağlamıştır. Bu açıdan tarım makinaları sektörünün dünyada karlılık açısından en yüksek sektörler içerisinde yer aldığı bilinmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler, tarımsal mekanizasyon araçlarına yüksek yatırımlar yapmaktadır [3].

Tarımda mekanizasyonun artırılması, Türkiye'nin tarımsal üretim kapasitesinin artırılması açısından kritik önem taşımaktadır. Türkiye'de traktör kullanımı, 1950'lerden itibaren hız kazanarak tarımsal üretimde önemli bir dönüşüm sağlamıştır. O yıllarda tarımın modern makine ve aletlerle donatılması politikası siyasi otoriteler tarafından büyük bir kararlılıkla sürdürülmüş ve bunun sonucu olarak özellikle 1950'den itibaren ülke tarımında hızlı bir makineleşme sürecine girilmiştir. Traktör ve diğer tarım makineleri sayısındaki artış, tarım sektöründe verimliliği artırmaya yönelik önemli adımlar olarak görülmüştür [4].

Tarımsal faaliyetleri kolaylaştırmak ve verimliliği artırmak için traktörlerle beraber geçmişten bugüne pek çok araç kullanılmıştır. Bu araçlar arasında en çok tercih edilen traktör römorkları olmuştur. Römorklar, tarımsal faaliyetlerde malzeme taşımak için kullanılan, traktörlerle bütünleşmiş bir şekilde çalışan önemli taşıma araçlarıdır. Genel yapısı genellikle merdiven

çerçevesi şeklindedir, bu da onları yük taşıma sırasında bükülme yüklerine karşı dayanıklı hale getirmektedir. Tek dingilli römorklar, düşük ağırlıkları sayesinde küçük çiftliklerde manevra kabiliyeti sağlarken, üç taraflı devirmeli römorklar, dökme malzemelerden saman balyalarına kadar çeşitli ürünleri taşımada çok yönlülük sunmaktadır [5].

Traktör römorkları, araçların daha verimli kullanılmasını sağlarken, belirli bir ölçüde trafik sıkışıklığını da azaltmaktadır. Ayrıca traktör-römork sistemi, farklı taşımacılık gereksinimlerini karşılamak için römorkların eklenip çıkarılmasıyla genişletilebilmektedir. Bunun yanı sıra, römorkların dönüş yaparken kapladığı alan, aynı uzunluktaki bir traktöre göre çok daha küçüktür. Römorkların bu özelliğe sahip olması, dar alanlarda çevik bir şekilde hareket etmesini sağlamaktadır [6]. Traktör römorklarının esnek kombinasyon ve ağır yük taşıma özelliklerine sahip olması, hasat, sürme, ilaçlama gibi işlemlerde kullanılmasını da mümkün kılmaktadır [7].

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE YAPILAN PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Karar verme süreci, çok sayıda ölçütten etkilenen kompleks bir yapıdadır. Çok ölçütlü karar verme teknikleri, birden fazla alternatifi çok sayıda kritere göre değerlendirerek karar verme sürecini basitleştirmektedir. Özellikle pek çok nicel ve nitel ölçütün birlikte yer aldığı performans değerlendirme çalışmalarında, çok ölçütlü karar verme teknikleri karar vericilere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İncelenen literatürde bu tekniklerden yararlanılarak gerçekleştirilen çok sayıda çalışmanın olduğu görülmüştür. Tablo 1.'de çok ölçütlü karar verme teknikleri ile yapılan bazı performans değerlendirme çalışmaları verilmiştir.

4. YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye'de tarımsal römork imalatı sektörünün 2018-2022 dönemine yönelik performans değerlendirmesi yapılmıştır. Araştırmada, performans ölçütlerinin ağırlıklandırılması için objektif bir yöntem olan LOPCOW (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting) yöntemi, yıllara göre performans sıralaması için ise MOORA (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) ve Gri İlişkisel Analiz (Grey Relational Analysis) yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmada kriterlerin ağırlıklandırılması için LOPCOW yönteminin tercih edilmesinin birinci sebebi, tüm kriterlerin nicel verilerden oluşmasıdır.

İkincisi, yöntemin hem fayda hem de maliyet türünden kriterler için uygun çözümler sunması ve verilerin büyüklüğünden kaynaklanan farkı ortadan kaldırmasıdır [19].

Tablo 1. Literatür taraması

Kaynak	Konu	Yöntem
[8]	Kamu bankalarının performans değerlendirmesi	TOPSIS
[9]	İMKB'ye kayıtlı bilişim sektörü firmalarının finansal performans değerlendirmesi	TOPSIS
[10]	Brezilya'da ayakkabı endüstrisinde tersine lojistik performans göstergelerinin değerlendirilmesi	ANP
[11]	Türk sigorta sektörünün finansal performans analizi	PROMETHEE
[12]	Sigortacılık sektöründe performans ölçümü	Ağırlıklandırılmış İş Hedef Programlama, Aralık VIKOR
[13]	Lojistik firmalarında performans ölçümü	Gri İlişkisel Analiz
[14]	Türkiye İmalat Sanayii'nde faaliyet gösteren Borsa İstanbul'da kayıtlı 8 ayrı sektörde bulunan işletmeler için performans sıralaması	BAHS, TOPSIS, VIKOR ve GİA
[15]	Hindistan'da özel sektörde faaliyet gösteren bankaların performans analizi	CRITIC, TOPSIS, GRA
[16]	COVID 19 döneminde gıda perakendeciler sektörünün performans değerlendirilmesi	SWARA ve TOPSIS
[17]	Hindistan'da toplu taşıma sektörünün performans değerlendirilmesi	Bulanık AHP, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE
[18]	Borsa İstanbul (BIST) elektrik, gaz ve buhar sektörlerinde faaliyet gösteren firmaların finansal performanslarının değerlendirilmesi	SWARA, VIKOR ve WASPAS

Yıllara göre performans sıralaması için ilk olarak MOORA yöntemi seçilmiştir. Yöntemde

matematiksel işlemler oldukça kısa ve basittir. Ayrıca güvenilirliği yüksektir ve verilerin incelenmesinde karar vericinin işini kolaylaştırmaktadır [20]. Performans sıralaması için ikinci olarak tercih edilen gri ilişkisel analiz yöntemi, çok büyük ve çok küçük veri setlerine sahip karar problemlerinde bile yüksek performans göstermektedir ve veri setindeki en karmaşık ilişkileri bile basit bir şekilde çözüme kavuşturmaktadır [21].

4.1. LOPCOW Yöntemi (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting)

LOPCOW yöntemi, 2022 yılında Ecer ve Pamucar tarafından geliştirilen objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biridir. Yöntemde serilerin ortalama kare ve standart sapmalarının yüzdesi alınarak, serinin boyutundan kaynaklanan boşluk ortadan kaldırılmaktadır. Ayrıca LOPCOW yöntemi negatif ham verilerden etkilenmemektedir. Aşağıda, LOPCOW yöntemine ait işlem adımları verilmiştir [19]:

Adım 1. Başlangıç matrisi oluşturma:

$$IDM = \begin{bmatrix} A_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Matrisi normalize etme:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{max} - x_{ij}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3)$$

Adım 3. Kriterlerin yüzde değerlerinin hesaplanması:

$$PV_{ij} = \left| \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}{m}}}{\sigma} \right) \times 100 \right| \quad (4)$$

Adım 4. Kriter ağırlıklarının hesaplanması:

$$W_j = \frac{PV_{ij}}{\sum_{i=1}^n PV_{ij}} \quad (5)$$

4.2. MOORA Yöntemi (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis)

MOORA yöntemi, ilk olarak Brauers ve Zavadskas tarafından 2006 yılında önerilmiştir [22]. MOORA, tüm alternatifler için bir oran sistemi kullanmaktadır [23]. Hesaplama açısından basit ve kolay anlaşılır bir yöntemdir ve aynı anda birçok

nicel ve nitel seçim kriterini ele alabilir [24]. Yöntemin literatürde, MOORA-Oran Metodu, MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı, MOORA-Önem Katsayısı, MOORA-Tam Çarpım Formu ve MULTI-MOORA adında farklı modelleri mevcuttur [25]. MOORA yöntemine yönelik tüm işlem adımları aşağıda verilmiştir [22,26, 27]:

Adım 1. Başlangıç matrisi oluşturma:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 2. Matrisi normalize etme:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (7)$$

Adım 3. MOORA oran yaklaşımı:

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (8)$$

Adım 4: MOORA önem katsayisi yaklaşımı:

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (9)$$

Adım 5. MOORA referans noktası yaklaşımı:

$$d_{ij} = |y_i - x_{ij}^*| \quad (10)$$

$$P_i = \min_j (\max_j d_{ij}) \quad (11)$$

$$d_{ij} = |w_j y_i - w_j x_{ij}^*| \quad (12)$$

Adım 6. MOORA tam çarpım formu:

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (13)$$

$$A_i = \prod_{g=1}^g x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

$$B_i = \prod_{k=g+1}^n x_{ki} \quad (15)$$

Adım 7. MULTIMOORA yaklaşımı: MOORA yaklaşımları ile yapılan sıralamalar, “sıra baskınlık teorisine” göre değerlendirilerek tek bir sıralamada birleştirilir ve MULTIMOORA sıralaması oluşturulur. Bu yaklaşımdaki temel amaç, öncelikli seçeneklerin belirlenmesi ile karar vericiye yardımcı olmaktır.

4.3. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi (Grey Relationship Analysis)

1982 yılında Deng tarafından tanıtılan Gri Sistem Teorisi'nde griliğin temel tanımı, bilginin eksik olması veya hiç bilinmemesidir. Bu nedenle teoride eksik bir bilgiden gelen herhangi bir öge, gri öge olarak kabul edilir. Gri ilişki bir sistemde zaman içerisinde meydana gelen iki öge arasındaki değişen ilişkilerin ölçümünü ifade eder. Ögeler arasındaki gelişme eğilimlerinin benzerlik veya farklılığına göre aralarındaki ilişkiyi ölçen analize ise "Gri İlişkisel Analiz" denilmektedir [28]. Yöntemin işlem adımları aşağıda verilmiştir [29,30]:

Adım 1: Veri setinin hazırlanması ve karar matrisinin oluşturulması:

$$x_i = (x_i(j), \dots, x_i(n)), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

Adım 2: Referans serisinin ve karşılaştırma matrisinin oluşturulması:

$$x_0 = (x_0(j)), \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

Adım 3: Karar matrisinin normalize edilmesi:

$$x_i^* = \frac{x_i(j) - \min_j x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (18)$$

$$x_i^* = \frac{\max_j x_i(j) - x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (19)$$

$$x_i^* = \frac{|x_i(j) - x_{00}(j)|}{\max_j x_i(j) - x_{00}(j)} \quad (20)$$

$$X_i^* = \begin{bmatrix} x_1^*(1) & x_1^*(2) & \dots & x_1^*(n) \\ x_2^*(1) & x_2^*(2) & \dots & x_2^*(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m^*(1) & x_m^*(2) & \dots & x_m^*(n) \end{bmatrix} \quad (21)$$

Adım 4: Mutlak değer tablosunun oluşturulması:

$$\Delta_{0i}(j) = |x_0^*(j) - x_i^*(j)|, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

$$\Delta_{0i}(j) = \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \dots & \Delta_{01}(n) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \dots & \Delta_{02}(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{0m}(1) & \Delta_{0m}(2) & \dots & \Delta_{0m}(n) \end{bmatrix} \quad (23)$$

Adım 5: Gri ilişki katsayı matrisinin oluşturulması:

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta \max} \quad (24)$$

$$\Delta \max = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j) \quad \text{ve} \quad \Delta \min = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j)$$

Adım 6: Gri ilişki derecelerinin belirlenmesi:

$$\Gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_{0i}(j), \quad i = 1, \dots, m \quad (25)$$

$$\Gamma_{0i} = \sum_{j=1}^n [w_j(j) \gamma_{0i}(j)], \quad i = 1, \dots, m \quad (26)$$

5. ARAŞTIRMANIN BULGULARI

5.1. Veri Seti ve Performans Değerlendirme Kriterleri

Araştırmada kullanılan performans değerlendirme kriterlerine yönelik veri seti, T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı'ndan (KOSGEB) temin edilmiştir [31]. Tablo 2.'de, performans değerlendirmesi için kullanılan karar kriterleri verilmiştir.

5.2. LOPCOW Yöntemi İle Performans Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıklandırılması

LOPCOW yöntemi, objektif kriter ağırlıklandırmaya dayalı yeni çok kriterli karar verme tekniklerinden biridir. Araştırmada 19 adet nicel değerlendirme kriteri kullanılmıştır. Bu nedenle objektif ağırlıklandırma metodlarından olan LOPCOW yöntemi tercih edilmiştir. LOPCOW yöntemine ilişkin tüm hesaplamaların yer aldığı tablolar "EK" kısmında verilmiştir. Tablo 3.'te veri setinin yer aldığı başlangıç karar matrisi gösterilmiştir.

Yöntemin ikinci adımında Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) kullanılarak karar matrisinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Tablo 4.'te normalizasyon işlemine yönelik değerler gösterilmiştir.

Üçüncü adımda Eşitlik (4)'ten yararlanılarak her bir kriter için PV_{ij} yüzdelik değerleri hesaplanmıştır. Tablo 5.'te kriterlere yönelik PV_{ij} değerleri verilmiştir.

Yöntemin son adımında Eşitlik (5) aracılığıyla objektif kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Tablo 6.'da kriter ağırlıkları gösterilmiştir. Tablo 6.'ya göre en yüksek ağırlığa 0,103 puanla K16 kriteri (yıllar bazında prim gün sayısı) sahip olurken, en düşük ağırlığa ise 0,017 puanla K4 kriteri (satışların karlılığı) sahip olmuştur.

Tablo 2. Performans değerlendirme kriterleri

Kriter	Kod	Yön
Gelirler	K1	Fayda
Cari Oran	K2	Fayda
Likidite Oranı	K3	Fayda
Satışların Karlılığı	K4	Fayda
Giderler	K5	Maliyet
Faaliyetin Karlılığı	K6	Fayda
Öz Kaynakların Karlılığı	K7	Fayda
Kar-Zarar	K8	Fayda
Yatırım Verimliliği	K9	Fayda
Net Çalışma Sermayesi	K10	Fayda
Net Satış Hasılatı	K11	Fayda
Kaldıraç Oranı	K12	Fayda
Mali Büyüklük	K13	Fayda
Yıllar Bazında Toplam İhracat Tutarı	K14	Fayda
Satışların Maliyeti	K15	Maliyet
Yıllar Bazında Prim Gün Sayısı	K16	Maliyet
Kapasite Kullanım Oranı	K17	Fayda
Nakit Oran	K18	Fayda
FAVÖK (Amortisman Öncesi Faaliyet Karı)	K19	Fayda

5.3. MOORA Yöntemi İle Yıllara Göre Performans Sıralaması

Araştırmada, LOPCOW yöntemi ile objektif kriter ağırlıklarının hesaplandıktan sonra ilk olarak MOORA yöntemi kullanılarak tarım römork imalatı sektörüne yönelik performans değerlendirmesi yapılmıştır. MOORA yöntemine ilişkin tüm hesaplamaların yer aldığı tablolar “EK” kısmında verilmiştir. Tablo 7.’de MOORA yöntemi için hazırlanan başlangıç karar matrisi gösterilmiştir.

Yöntemin ikinci aşamasında Eşitlik (7) kullanılarak karar matrisinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Tablo 8.’de normalize edilen matris değerleri verilmiştir.

Bir sonraki adımda MOORA oran yaklaşımı değerlerini hesaplamak için, Eşitlik (8)’de gösterildiği gibi normalize edilmiş maksimizasyon yönlü performans değerleri toplamından minimizasyon yönlü performans değerleri çıkarılarak Tablo 9.’da gösterilen değerler elde edilmiştir. γ_i değerlerinin en yüksek olduğu seçenek, en yüksek performansın gerçekleştiği yılı göstermektedir. Tablo 9.’a göre sıralama, 2022>2020>2021>2019>2018 şeklinde gerçekleşmiştir.

MOORA önem katsayısı yaklaşımına göre sıralama yapmak için normalize matris değerleri ağırlıklandırılmıştır. Bu işlem için LOPCOW yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları ile normalize matris değerleri kullanılmıştır. Tablo 10.’da

ağırlıklandırılmış normalize matris değerleri gösterilmiştir.

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi değerlerinin elde edilmesinin ardından Eşitlik (9) yardımı ile MOORA önem katsayısı yaklaşımı doğrultusunda yıllara göre performans sıralaması gerçekleştirilmiştir. γ_i değerlerinin en yüksek olduğu seçenek, en yüksek performansa sahip olan yılı göstermektedir. Tablo 11.’e göre sıralama, 2020>2022>2021>2019>2018 şeklinde gerçekleşmiştir.

MOORA referans noktası yaklaşımında, alternatiflerin her bir kriter için maksimizasyon durumunda en iyi, minimizasyon durumunda ise en kötü değeri referans noktası (r_i) olarak belirlenmiştir. Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanan alternatiflerin referans noktası uzaklıkları Tablo 12.’de verilmiştir.

Referans noktası yaklaşımında, Eşitlik (11) kullanılarak karar alternatifleri sıralanmıştır. Sıralama için her alternatifin en yüksek değeri (P_i) hesaplanmıştır. Birinci sırada yer alan yıl, performansın en iyi olduğu yılı göstermektedir. Tablo 13.’te referans noktası yaklaşımına göre gerçekleşen sıralama gösterilmiştir. Tabloya göre sıralama, 2020>2022>2021>2019=2018 şeklinde gerçekleşmiştir.

MOORA tam çarpım yaklaşımında alternatiflerin skorlarını belirleyebilmek için, başlangıç karar matrisinde yer alan maksimizasyon yönlü veriler çarpılarak minimizasyon yönlü verilerin

çarpımına bölünmüştür. Bu hesaplamalar için Eşitlik (13), Eşitlik (14) ve Eşitlik (15)'ten yararlanılmış ve karar alternatifleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. En yüksek skora sahip olan yıl, performansın en yüksek olduğu yılı göstermektedir. Bu yaklaşıma göre alternatiflerin sıralaması 2022>2020>2021>2019>2018 şeklinde gerçekleşmiştir. Tablo 14.'te tam çarpım yaklaşımına göre alternatiflerin sıralaması verilmiştir.

Karar alternatiflerini MULTIMOORA'ya göre sıralamak için MOORA oran, MOORA referans noktası ve MOORA tam çarpım yaklaşımlarının sonuçları dikkate alınmıştır. Tablo 15.'te MULTIMOORA sonuçları gösterilmiştir.

MULTIMOORA yaklaşımına göre 2019 yılı (4-4-4) ve 2021 yılı (3-3-3) için mutlak baskınlık söz konusudur. Bu sonuçlara göre birinci sırada (1-2-1) baskınlık sağlayan 2022 yılı yer almıştır. 2022 yılını (2-1-2) baskınlık ile ikinci sıraya yerleşen 2020 yılı takip etmiştir. 2021 yılı üçüncü sırada, 2019 yılı ise dördüncü sırada yer almıştır. En düşük performans (5-4-5) baskınlık ile son sıraya yerleşen 2018 yılında görülmüştür.

5.4. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi (GRA) İle Yıllara Göre Performans Sıralaması

Araştırmanın bir sonraki adımında, Gri İlişkisel Analiz yöntemi kullanılarak yıllara göre performans sıralaması yapılmıştır. Gri İlişkisel Analiz yöntemine ilişkin tüm hesaplamaların yer aldığı tablolar "EK" kısmında gösterilmiştir.

Başlangıç karar matrisi kriter ağırlıklarının hesaplandığı aşamada Tablo 3.'de verilmiştir. GİA yönteminde başlangıç karar matrisinin ardından referans serili veri seti oluşturulmuştur. Tablo 16.'da referans serili veri seti gösterilmiştir.

Sonraki adımda matris normalize edilmiştir. Bunun için öncelikle maksimum ve minimum değerler elde edilmiştir. Tablo 17.'de kriterlerin maksimum ve minimum değerleri verilmiştir. Normalizasyon işleminde fayda yönlü kriterler için Eşitlik (18) , maliyet yönlü kriterler için ise Eşitlik (19) kullanılmıştır. Tablo 18.'de normalize karar matrisi değerleri verilmiştir.

Normalizasyon işleminin ardından Eşitlik (22)'den yararlanılarak Tablo 19.'da gösterilen mutlak değerler hesaplanmıştır. Mutlak değerler hesaplandıktan sonraki aşamada, Eşitlik (24) kullanılarak Tablo 21.'deki gri ilişki katsayı matrisi elde edilmiştir. Bu işlem için öncelikle min, mak ve ζ değerlerine yönelik Tablo 20. oluşturulmuştur. Eşitlik (24)'te yer alan ve ayırıcı katsayı olarak

adlandırılan ζ parametresi $[0,1]$ aralığında bir değer almaktadır. Bu çalışmada ζ parametresi 0,5 olarak belirlenmiştir.

Gri ilişki derecesi hesaplanırken kriterlerin önem ağırlıklarının eşit olduğu durumda Eşitlik (25), farklı olduğu durumlarda Eşitlik (26) kullanılır. Bu araştırmada, LOPCOW yöntemi sonucu elde edilen kriter ağırlıkları eşit olmadığından Eşitlik (26)'dan yararlanılarak Tablo 22.'de yer alan gri ilişki dereceleri ve sıralama elde edilmiştir. Tablo 22.'ye göre, 2022 yılı tarımsal römork imalatı sektörünün performansının en yüksek olduğu yılı göstermektedir. Performans sıralamasında 2022 yılını sırasıyla 2020, 2021, 2019 ve 2018 yılları takip etmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen performans sıralaması, ekonomi ve tarım sektörü açısından anlamlı sonuçlar sunmaktadır. 2022 yılında en yüksek performansa ulaşılmışken, 2018'de en düşük seviyelerde kalan sektör performansının son yıllarda artış göstermesi, ekonomik ve teknolojik gelişmelerle açıklanabilir. Sektördeki bu yükseliş, tarımsal verimliliği artırıcı yeni römork teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması ve yerli üretime yönelik teşviklerin artmasıyla bağlantılı olabilir.

2022'de en yüksek performansa ulaşılması, özellikle tarım sektöründe mekanizasyonun öneminin daha fazla vurgulanması ve tarımsal üretimde lojistik ihtiyaçların artışıyla ilişkilendirilebilir. Bu dönemde römork imalatındaki yükseliş, hem tarımsal faaliyetlerin verimliliğine katkı sunmuş hem de yerli üretim kapasitesinin güçlenmesini sağlamıştır. Sektörün performansındaki artış, aynı zamanda yerli römork üreticilerine verilen desteklerin ve teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla ilişkili olabilir. 2018'deki zayıf performansa kıyasla yaşanan bu iyileşme, tarımın sürdürülebilirliği için yerli üretim ekipmanlarının önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir.

6. SONUÇ

Tarımsal amaçlı römork imalatı sektörü, tarımda mekanizasyonun artırılmasına ve verimliliğinin yükseltilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Traktörlerle entegre çalışan bu taşıma araçları, çeşitli tarımsal ürünlerin etkin bir şekilde taşınmasını sağlarken, tarım faaliyetlerinde sağladığı esneklik ve manevra kabiliyeti ile de dikkat çekmektedir. Ayrıca, traktör römorklarının geniş kullanım alanları ve çeşitli ihtiyaçlara göre uyarlanabilir yapıları, tarımda modernizasyon ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Bu araştırmada, çok kriterli karar verme yöntemleri ile Türkiye’de tarım römork imalatı sektörünün yıllara göre performans değerlendirmesi yapılmıştır. Araştırmada kullanılan veri seti, T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı’ndan (KOSGEB) temin edilmiştir [31]. Performans değerlendirmesi için 19 karar kriteri kullanılmıştır. Kriterlerin tümü nicel verilerden oluştuğu için ağırlıklandırmada, objektif bir metot olan LOPCOW yöntemi tercih edilmiştir. Yöntemin sonuçlarına göre kriterler arasında en yüksek ağırlığa 0,103 puanla K16 kriteri (yıllar bazında prim gün sayısı), en düşük ağırlığa ise 0,017 puanla K4 kriteri (satışların karlılığı) sahip olmuştur.

Kriterlerin ağırlıklandırılmasının ardından sonraki aşamada yıllara göre performans sıralaması yapmak için ilk olarak MOORA yönteminden yararlanılmıştır. MOORA oran yaklaşımına göre tarım römork imalatı sektörü en iyi performansı 2022 yılında, en zayıf performansı ise 2018 yılında göstermiştir. MOORA referans noktası yaklaşımına göre 2020 yılı birinci sırada, 2019 ve 2018 yılları ise aynı puanla son sırada yer almıştır. MOORA tam çarpım yaklaşımında, en yüksek performansa 2022 yılı, en düşük performansa ise 2018 yılı sahip olmuştur. Son olarak sıra baskınlık teorisi dikkate alınarak tüm performans değerlendirmeleri tek bir sırada birleştirilmiş ve MULTIMOORA sıralaması oluşturulmuştur. MULTIMOORA sonuçlarına göre, (1-2-1) baskınlık ile 2022 yılı birinci sırada, (2-1-2) baskınlık ile 2020 yılı ikinci sırada yer almıştır. Üçüncü ve dördüncü sıralarda mutlak baskınlık söz konusudur. Buna göre, (3-3-3) baskınlık ile 2021 yılının üçüncü sırada, (4-4-4) baskınlık ile 2019 yılının dördüncü sırada olduğu görülmüştür. 2018 yılı ise (5-4-5) baskınlık ile en zayıf performansa sahip olarak beşinci ve son sıraya yerleşmiştir.

MULTIMOORA sonuçlarının elde edilmesinin ardından yıllara göre performans sıralaması için, ikinci yöntem olarak Gri İlişkisel Analiz (GRA) yöntemi kullanılmıştır. GRA’da belirsizlik durumunda dahi eldeki verilerle etkin sonuç alabilmek mümkündür ve veri setinin herhangi bir dağılım sergilemesi de gerekmemektedir. Bu yöntemle de elde edilen bulgular, MULTIMOORA ile benzer sonuçlar göstermiştir. GİA yöntemine göre en yüksek performans 2022 yılında gerçekleşmiştir. 2022 yılını sırasıyla 2020, 2021, 2019 ve 2018 yılları takip etmiştir.

Çalışmada elde edilen bulguların aşağıda yer alan üç husus için önemli olabileceği düşünülmektedir:

- **Verimlilik Analizleri:** Tarım sektöründe verimliliği artırmanın yollarından biri, römork

imalatında kullanılan teknolojilerin gelişim hızını ve kullanım sıklığını incelemektir. Bu açıdan, tarımsal römork imalatı sektöründeki gelişim ve değişimin anlaşılması için yıllara göre performans değerlendirmeleri önemli olabilir.

- **Politika Geliştirme:** Türkiye’nin tarımda dışa bağımlılığını azaltmak için yerli üretim ekipmanlarına teşvik etme stratejileri geliştirilmelidir. Bu nedenle yerli üreticilerin sektörün durumunu ve gelişimini takip etmeleri gereklidir. Performans değerlendirme çalışmaları, sektörün durumuna yönelik bilgiler sunarak, yerli üretim ve teknolojik yatırımların yönlendirilmesi adına politika yapıcılara da faydalı bilgiler sunabilir.

- **Sürdürülebilir Tarım:** Tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması, yalnızca üretim kapasitesini artırmakla değil, aynı zamanda maliyet etkin ekipman kullanımını teşvik etmekle mümkündür. Römork sektörünün analiz edilmesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarının daha verimli araçlarla desteklenmesine olanak sağlarken, çevresel ve ekonomik gelişmeye katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak, tarım sektöründe yenilikçi yaklaşımların ve teknolojik gelişmelerin desteklenmesi ve Türkiye’nin tarımsal üretim kapasitesinin artırılması için dönemsel performans değerlendirmeleri önemli olabilir. Ayrıca tarım sektöründeki gelişmelerin ve mevcut durumun takip edilmesi, tarım makineleri üretiminin ve ihracatının artırılması için de bu tarz çalışmalar gerekli bilgiler sunabilir. Gelecekteki araştırmacılar, farklı dönemleri kapsayan performans çalışmaları ile hem yazına hem de tarım sektörüne büyük katkılarda bulunabilir.

PERFORMANCE EVALUATION OF AGRICULTURAL TRAILER MANUFACTURING SECTOR IN TURKEY WITH INTEGRATED LOPCOW-MOORA AND LOPCOW-GRA METHODS: A RESEARCH FOR THE PERIOD 2018-2022

Agricultural trailers are critical mechanization tools that work in harmony with tractors, providing great convenience especially in product transportation and accelerating production processes. Trailers, designed in various sizes and features, that trailers help reduce costs and save labor in the agricultural sector by differentiating according to the demands of farmers. In this study, the performance evaluation of the agricultural trailer manufacturing sector in Turkey for the period 2018-2022 was conducted. LOPCOW (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting), an objective method, was used for weighting the criteria, and MOORA (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) and Grey Relational Analysis methods were used for performance ranking by years.

According to MULTIMOORA results, the best performance was obtained in 2022 with (1-2-1) dominance. 2020 ranked second with (2-1-2) dominance. With absolute dominance, 2021 ranked third (3-3-3), and 2019 ranked fourth (4-4-4). It was seen that 2018 ranked fifth and last with dominance (5-4-5). The results of the grey relational analysis method were also similar to MULTIMOORA, and the performance ranking was 2022>2020>2021>2019>2018.

Keywords: Agricultural sector, agricultural trailer manufacturing, performance evaluation, multi-criteria decision making, lopcow, moora, grey relational analysis

KAYNAKÇA

- Sessiz, A. (2020). Diyarbakır ilinin tarım makinaları imalat sektöründeki gelişmelerin değerlendirilmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(2), 15-18.
- Saygılı, Y. S., & Çakmak, B. (2023). TR31 bölgesi tarımsal mekanizasyon düzeyinin incelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 1820-1833.
- Koçkaya, F. A. (2022). Yerli tarım makinaları üreticilerinin markalaşma algıları ve markalaşma faaliyetleri. *Turkish Journal of Marketing*, 7(1).
- İnci, İ. (2022). Tarihsel süreç içinde Türkiye’de tarımsal makine ve ekipmanların modernizasyonu 1948-1960. *Mecmua*, (13), 130-142.
- Dizo, J., Blatnický, M., Melnik, R., Semenov, S., Mikhailov, E., & Kurtulík, J. (2022, August). Static analysis of tipping superstructure of single-axle tractor trailer. In *Proceedings of the 21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development, ERD* (pp. 13-21).
- Baynazarov, H. (2024). Tractor trailer: A review of papers from the scopus database published in english for the period of 2000-2022. *Scientific And Technical Journal Machine*, (2), 97-108.
- Huang, W., Ji, X., Wang, A., Wang, Y., & Wei, X. (2023). Straight-line path tracking control of agricultural tractor-trailer based on fuzzy sliding mode control. *Applied Sciences*, 13(2), 872.
- Demireli, E. (2010). TOPSIS çok kriterli karar verme sistemi: Türkiye’deki kamu bankaları üzerine bir uygulama. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 5(1).
- Türkmen, S. Y., & Çağıl, G. (2012). İMKB’ye kote bilişim sektörü şirketlerinin finansal performanslarının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Maliye ve Finans Yazıları*, 1(95), 59-78.
- Da Silveira Guimaraes, J. L., & Salomon, V. A. P. (2015). ANP applied to the evaluation of performance indicators of reverse logistics in footwear industry. *Procedia Computer Science*, 55, 139-148.
- Bülbül, S. E., & Köse, A. (2016). Türk sigorta sektörünün PROMETHEE yöntemi ile finansal performans analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 187-210.
- Çakır, S. (2016). Türk sigortacılık sektöründe çok kriterli karar verme teknikleri (ÇKKV) ile performans ölçümü: BİST uygulaması. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 127-147.
- Ayaydın, H., Durmuş, S., & Pala, F. (2017). Gri ilişkisel analiz yöntemiyle Türk lojistik firmalarında performans ölçümü. *Gümüşhane University Electronic Journal of the Institute Of Social Science/Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 8(21).
- Kısa, A. C. G., & Perçin, S. (2020). Bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı ile Türkiye İmalat Sanayii’nde performans ölçümü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 31-56.
- Sama, H. R., Kosuri, S. V. K., & Kalvakolanu, S. (2022). Evaluating and ranking the Indian private sector banks—A multi-criteria decision-making approach. *Journal of Public Affairs*, 22(2), e2419.
- Batır, T. E. (2022). Covid 19 sürecinde gıda perakende sektörünün performans değerlendirmesi: SWARA temelinde TOPSIS yöntemi ile bir inceleme. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(Özel Sayı), 194-210.
- Goyal, S., Agarwal, S., Singh, N. S. S., Mathur, T., & Mathur, N. (2022). Analysis of hybrid MCDM methods for the performance assessment and ranking public transport sector: a case study. *Sustainability*, 14(22), 15110.
- Terzioğlu, M. K., Kurt, E. S., Yaşar, A., & Köken, M. (2022). BİST100-Enerji sektörü finansal performansı: SWARA-VİKOR ve SWARA-WASPAS. *Alanya Akademik Bakış*, 6(2), 2439-2455.
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*, 112, 102690.

20. Altunöz, U. (2017). Bankaların finansal performanslarının bulanık MOORA ve bulanık AHP yöntemleri ile analizi: Türk bankaları deneyimi. *Route Educational and Social Science Journal*, 4(4), 116-132.
21. Baş, M. (2019). Gri ilişkisel analiz ile finansal performans: BİST uygulaması. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 6(42), 2780-2789.
22. Brauers, W. K., & Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. *Control and Cybernetics*, 35(2), 445-469.
23. Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2012). Robustness of MULTIMOORA: a method for multi-objective optimization. *Informatica*, 23(1), 1-25.
24. Gadakh, V. S., Shinde, V. B., & Khemnar, N. S. (2013). Optimization of welding process parameters using MOORA method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69, 2031-2039.
25. Ersöz, F., & Atav, A. (2011). Çok kriterli karar verme problemlerinde MOORA yöntemi. *KHO Savunma Bilimleri Enstitüsü Harekat Araştırması*, 1(10).
26. Özbek, A. (2021). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü. Güncellenmiş 3. Baskı, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
27. Brauers, W. K. M. (2008). Multi-objective contractor's ranking by applying the MOORA method. *Journal of Business Economics and management*, (4), 245-255.
28. Feng, C. M., & Wang, R. T. (2000). Performance evaluation for airlines including the consideration of financial ratios. *Journal of Air Transport Management*, 6(3), 133-142.
29. Wu, H. (2002). A comparative study of using grey relational analysis in multiple attribute decision making problems. *Quality Engineering* 15 (2) 209-217.
30. Kuo, Y, Taho, Y., & Guan-Wei, H. (2008). The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems. *Computers & Industrial Engineering*, 55 (1), 80-93.
31. T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB).

Tablo 3. Başlangıç karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Yıl/Yön	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda
2018	93906,95	1,77	0,84	0,02	102731,7	0,03	0,05	1404,66	8,32	281916,97
2019	113287,49	1,77	0,76	0,02	122944,97	0,03	0,05	1416,53	9,48	331352,58
2020	151350,85	1,69	0,74	0,03	151429	0,04	0,1	2491,55	9,79	479955,09
2021	177396,43	1,92	0,79	0,02	186366,59	0,03	0,07	2194,51	15,04	435047,37
2022	262891,92	1,41	0,78	0,04	305614,72	0,04	0,2	4977,2	21,12	760498,8

Tablo 3. Başlangıç karar matrisi (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
Yıl/Yön	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda	Fayda
2018	39705,33	0,72	41401,02	332032,98	23234,16	1166,74	35,9	0,38	8,77
2019	46456,44	0,68	46066,85	434098,35	26446,11	932,81	33,53	0,45	4,35
2020	48263,01	0,69	59222,43	218587,41	29839,89	902,75	40,54	0,45	8,6
2021	76266,73	0,67	59110,71	286640,52	47210,34	917,13	39,44	0,45	6,96
2022	117874,4	0,67	66651,49	176950,29	69745,83	979,48	55,7	0,39	10,98

Tablo 4. Normalize karar matrisi

Yıl/Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
2018	0,000	0,706	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2019	0,115	0,706	0,200	0,000	0,900	0,000	0,000	0,003	0,091	0,103
2020	0,340	0,549	0,000	0,500	0,760	1,000	0,333	0,304	0,115	0,414
2021	0,494	1,000	0,500	0,000	0,588	0,000	0,133	0,221	0,525	0,320
2022	1,000	0,000	0,400	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 4. Normalize karar matrisi (devamı)

Yıl/Kriter	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
2018	0,000	1,000	0,000	0,603	1,000	0,000	0,107	0,000	0,667
2019	0,086	0,200	0,185	1,000	0,931	0,886	0,000	1,000	0,000
2020	0,109	0,400	0,706	0,162	0,858	1,000	0,316	1,000	0,641
2021	0,468	0,000	0,701	0,427	0,485	0,946	0,267	1,000	0,394
2022	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,709	1,000	0,143	1,000

Tablo 5. PV_{ij} değerleri

Yıl/Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
2018	0,000	0,498	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2019	0,013	0,498	0,040	0,000	0,811	0,000	0,000	0,000	0,008	0,011
2020	0,116	0,301	0,000	0,250	0,578	1,000	0,111	0,093	0,013	0,171
2021	0,244	1,000	0,250	0,000	0,345	0,000	0,018	0,049	0,276	0,102
2022	1,000	0,000	0,160	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
PV	29,128	60,819	35,703	11,157	62,734	14,384	12,834	15,177	19,815	26,123

Tablo 5. PV_{ij} değerleri (devamı)

Yıl/Kriter	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
2018	0,000	1,000	0,000	0,364	1,000	0,000	0,011	0,000	0,444
2019	0,007	0,040	0,034	1,000	0,867	0,785	0,000	1,000	0,000
2020	0,012	0,160	0,498	0,026	0,736	1,000	0,100	1,000	0,411
2021	0,219	0,000	0,492	0,182	0,235	0,894	0,071	1,000	0,155
2022	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,503	1,000	0,020	1,000
PV	18,463	16,657	43,343	36,066	59,221	66,401	21,817	41,916	53,571

Tablo 6. Objektif kriter ağırlıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
w_i	0,045	0,094	0,055	0,017	0,097	0,022	0,020	0,024	0,031	0,040

Tablo 6. Objektif kriter ağırlıkları (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
w_i	0,029	0,026	0,067	0,056	0,092	0,103	0,034	0,065	0,083

Tablo 7. MOORA başlangıç karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Yön	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda
Wi	0,045	0,094	0,055	0,017	0,097	0,022	0,020	0,024	0,031	0,040
2018	93906,95	1,77	0,84	0,02	102731,7	0,03	0,05	1404,66	8,32	281916,97
2019	113287,49	1,77	0,76	0,02	122944,97	0,03	0,05	1416,53	9,48	331352,58
2020	151350,85	1,69	0,74	0,03	151429	0,04	0,1	2491,55	9,79	479955,09
2021	177396,43	1,92	0,79	0,02	186366,59	0,03	0,07	2194,51	15,04	435047,37
2022	262891,92	1,41	0,78	0,04	305614,72	0,04	0,2	4977,2	21,12	760498,8
K.TO P	145141305422, 56	14,80	3,06	0,00	176732872823, 10	0,01	0,06	39775842, 34	927,19	118725323760 8,90
K.KÖ K	380974,1532	3,8466088 96	1,7502285 57	0,06082 76	420396,0904	0,07681 15	0,24474 48	6306,8092 04	30,4498 42	1089611,508

Tablo 7. MOORA başlangıç karar matrisi (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
Yön	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda	Fayda
Wi	0,029	0,026	0,067	0,056	0,092	0,103	0,034	0,065	0,083
2018	39705,33	0,72	41401,02	332032,98	23234,16	1166,74	35,9	0,38	8,77
2019	46456,44	0,68	46066,85	434098,35	26446,11	932,81	33,53	0,45	4,35
2020	48263,01	0,69	59222,43	218587,41	29839,89	902,75	40,54	0,45	8,6
2021	76266,73	0,67	59110,71	286640,52	47210,34	917,13	39,44	0,45	6,96
2022	117874,36	0,67	66651,49	176950,29	69745,83	979,48	55,7	0,39	10,98
K.TOP	25775011032 ,45	2,35	15279992496 ,99	459941925927, 87	9222938965, 55	4846882,7 9	8714,57	0,90	338,80
K.KÖK	160545,9779	1,5345032	123612,2668	678190,1842	96036,13365	2201,5637 2	93,3518 4	0,9507891	18,40645

Tablo 8. MOORA normalize karar matrisi

Yıl/Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
2018	0,246	0,460	0,480	0,329	0,244	0,391	0,204	0,223	0,273	0,259
2019	0,297	0,460	0,434	0,329	0,292	0,391	0,204	0,225	0,311	0,304
2020	0,397	0,439	0,423	0,493	0,360	0,521	0,409	0,395	0,322	0,440
2021	0,466	0,499	0,451	0,329	0,443	0,391	0,286	0,348	0,494	0,399
2022	0,690	0,367	0,446	0,658	0,727	0,521	0,817	0,789	0,694	0,698

Tablo 8. MOORA normalize karar matrisi (devamı)

Yıl/Kriter	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
2018	0,247	0,469	0,335	0,490	0,242	0,530	0,385	0,400	0,476
2019	0,289	0,443	0,373	0,640	0,275	0,424	0,359	0,473	0,236
2020	0,301	0,450	0,479	0,322	0,311	0,410	0,434	0,473	0,467
2021	0,475	0,437	0,478	0,423	0,492	0,417	0,422	0,473	0,378
2022	0,734	0,437	0,539	0,261	0,726	0,445	0,597	0,410	0,597

Tablo 9. MOORA oran yaklaşımı

	2018	2019	2020	2021	2022
Y_i	4,650	4,778	5,685	5,398	7,355
Sıralama	5	4	2	3	1

Tablo 10. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

Yıl/Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
2018	0,011	0,043	0,027	0,006	0,024	0,009	0,004	0,005	0,008	0,010
2019	0,013	0,043	0,024	0,006	0,028	0,009	0,004	0,005	0,010	0,012
2020	0,018	0,041	0,023	0,009	0,035	0,012	0,008	0,009	0,010	0,018
2021	0,021	0,047	0,025	0,006	0,043	0,009	0,006	0,008	0,015	0,016
2022	0,031	0,035	0,025	0,011	0,071	0,012	0,016	0,019	0,021	0,028

Tablo 10. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi (devamı)

Yıl/Kriter	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
2018	0,007	0,012	0,022	0,027	0,022	0,055	0,013	0,026	0,040
2019	0,008	0,011	0,025	0,036	0,025	0,044	0,012	0,031	0,020
2020	0,009	0,012	0,032	0,018	0,029	0,042	0,015	0,031	0,039
2021	0,014	0,011	0,032	0,024	0,045	0,043	0,014	0,031	0,031
2022	0,021	0,011	0,036	0,015	0,067	0,046	0,020	0,027	0,050

Tablo 11. MOORA önem katsayısı yaklaşımı

	2018	2019	2020	2021	2022
Y_i	0,171	0,172	0,197	0,179	0,194
Sıralama	5	4	1	3	2

Tablo 12. MOORA referans noktası uzaklıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
r_i	0,690	0,499	0,480	0,658	0,246	0,521	0,817	0,789	0,694	0,698
2018	0,444	0,039	0,000	0,329	0,002	0,130	0,613	0,566	0,420	0,439
2019	0,393	0,039	0,046	0,329	0,046	0,130	0,613	0,565	0,382	0,394
2020	0,293	0,060	0,057	0,164	0,114	0,000	0,409	0,394	0,372	0,257
2021	0,224	0,000	0,029	0,329	0,197	0,130	0,531	0,441	0,200	0,299
2022	0,000	0,133	0,034	0,000	0,480	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo 12. MOORA referans noktası uzaklıkları (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
r_i	0,734	0,469	0,539	0,640	0,242	0,410	0,597	0,473	0,597
2018	0,487	0,000	0,204	0,150	0,000	0,120	0,212	0,074	0,120
2019	0,445	0,026	0,167	0,000	0,033	0,014	0,237	0,000	0,360
2020	0,434	0,020	0,060	0,318	0,069	0,000	0,162	0,000	0,129
2021	0,259	0,033	0,061	0,217	0,250	0,007	0,174	0,000	0,218
2022	0,000	0,033	0,000	0,379	0,484	0,035	0,000	0,063	0,000

Tablo 13. MOORA referans noktası yaklaşımına göre sıralama

	2018	2019	2020	2021	2022
P_i	0,613	0,613	0,434	0,531	0,484
Sıralama	4	4	1	3	2

Tablo 14. MOORA tam çarpım yaklaşımına göre sıralama

Yıl	Mak-Çarpım	Min-Çarpım	U_i	Sıralama
2018	648.841.339.585.453.000.000.000.000	2.784.873.918.899	232.987.689.382.322	5
2019	843.492.748.880.718.000.000.000.000	3.032.953.546.051	278.109.353.167.996	4
2020	17.984.857.735.197.200.000.000.000.000	4.079.188.450.462	4.408.930.343.279.800	2
2021	17.354.686.838.112.100.000.000.000.000	8.069.304.177.932	2.150.704.255.959.760	3
2022	1.643.220.730.977.200.000.000.000.000.000	20.877.961.277.286	78.705.995.722.146.700	1

Tablo 15. MULTIMOORA yaklaşımına göre sıralama

	Oran	Referans Noktası	Tam Çarpım	MULTIMOORA
2018	5	4	5	5
2019	4	4	4	4
2020	2	1	2	2
2021	3	3	3	3
2022	1	2	1	1

Tablo 16. Referans serili veri seti

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	Mak	Mak	Mak	Mak	Min	Mak	Mak	Mak	Mak	Mak
Referans Serisi	262891,9	1,92	0,84	0,04	102731,7	0,04	0,2	4977,2	21,12	760498,8
2018	93906,95	1,77	0,84	0,02	102731,7	0,03	0,05	1404,66	8,32	281916,97
2019	113287,49	1,77	0,76	0,02	122944,97	0,03	0,05	1416,53	9,48	331352,58
2020	151350,85	1,69	0,74	0,03	151429	0,04	0,1	2491,55	9,79	479955,09
2021	177396,43	1,92	0,79	0,02	186366,59	0,03	0,07	2194,51	15,04	435047,37
2022	262891,92	1,41	0,78	0,04	305614,72	0,04	0,2	4977,2	21,12	760498,8

Tablo 16. Referans serili veri seti (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
	Mak	Mak	Mak	Mak	Min	Min	Mak	Mak	Mak
Referans Serisi	117874,4	0,72	66651,49	434098,4	23234,16	902,75	55,7	0,45	10,98
2018	39705,33	0,72	41401,02	332032,98	23234,16	1166,74	35,9	0,38	8,77
2019	46456,44	0,68	46066,85	434098,35	26446,11	932,81	33,53	0,45	4,35
2020	48263,01	0,69	59222,43	218587,41	29839,89	902,75	40,54	0,45	8,6
2021	76266,73	0,67	59110,71	286640,52	47210,34	917,13	39,44	0,45	6,96
2022	117874,4	0,67	66651,49	176950,29	69745,83	979,48	55,7	0,39	10,98

Tablo 17. Maksimum ve minimum değerler

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Min	93906,95	1,41	0,74	0,02	102731,7	0,03	0,05	1404,66	8,32	281917
Mak	262891,9	1,92	0,84	0,04	305614,7	0,04	0,2	4977,2	21,12	760498,8

Tablo 17. Maksimum ve minimum değerler (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
Min	39705,33	0,67	41401,02	176950,3	23234,16	902,75	33,53	0,38	4,35
Mak	117874,4	0,72	66651,49	434098,4	69745,83	1166,74	55,7	0,45	10,98

Tablo 18. Normalize karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Referans Serisi	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2018	0,000	0,706	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2019	0,115	0,706	0,200	0,000	0,900	0,000	0,000	0,003	0,091	0,103
2020	0,340	0,549	0,000	0,500	0,760	1,000	0,333	0,304	0,115	0,414
2021	0,494	1,000	0,500	0,000	0,588	0,000	0,133	0,221	0,525	0,320
2022	1,000	0,000	0,400	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 18. Normalize karar matrisi (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
Referans Serisi	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2018	0,000	1,000	0,000	0,603	1,000	0,000	0,107	0,000	0,667
2019	0,086	0,200	0,185	1,000	0,931	0,886	0,000	1,000	0,000
2020	0,109	0,400	0,706	0,162	0,858	1,000	0,316	1,000	0,641
2021	0,468	0,000	0,701	0,427	0,485	0,946	0,267	1,000	0,394
2022	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,709	1,000	0,143	1,000

Tablo 19. Mutlak değer matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
2018	1,000	0,294	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2019	0,885	0,294	0,800	1,000	0,100	1,000	1,000	0,997	0,909	0,897
2020	0,660	0,451	1,000	0,500	0,240	0,000	0,667	0,696	0,885	0,586
2021	0,506	0,000	0,500	1,000	0,412	1,000	0,867	0,779	0,475	0,680
2022	0,000	1,000	0,600	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo 19. Mutlak değer matrisi (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
2018	1,000	0,000	1,000	0,397	0,000	1,000	0,893	1,000	0,333
2019	0,914	0,800	0,815	0,000	0,069	0,114	1,000	0,000	1,000
2020	0,891	0,600	0,294	0,838	0,142	0,000	0,684	0,000	0,359
2021	0,532	1,000	0,299	0,573	0,515	0,054	0,733	0,000	0,606
2022	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	0,291	0,000	0,857	0,000

Tablo 20. Min, mak ve ζ değerleri

Min	0,000
Mak	1,000
Z	0,5

Tablo 21. Gri ilişki katsayı matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
2018	0,333	0,630	1,000	0,333	1,000	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
2019	0,361	0,630	0,385	0,333	0,834	0,333	0,333	0,334	0,355	0,358
2020	0,431	0,526	0,333	0,500	0,676	1,000	0,429	0,418	0,361	0,460
2021	0,497	1,000	0,500	0,333	0,548	0,333	0,366	0,391	0,513	0,424
2022	1,000	0,333	0,455	1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 21. Gri ilişki katsayı matrisi (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
2018	0,333	1,000	0,333	0,557	1,000	0,333	0,359	0,333	0,600
2019	0,354	0,385	0,380	1,000	0,879	0,815	0,333	1,000	0,333
2020	0,360	0,455	0,630	0,374	0,779	1,000	0,422	1,000	0,582
2021	0,484	0,333	0,626	0,466	0,492	0,902	0,405	1,000	0,452
2022	1,000	0,333	1,000	0,333	0,333	0,632	1,000	0,368	1,000

Tablo 22. Kriterlerin önem derecelerine göre gri ilişki dereceleri ve sıralama

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Wi	0,045	0,094	0,055	0,017	0,097	0,022	0,020	0,024	0,031	0,040
2018	0,015	0,059	0,055	0,006	0,097	0,007	0,007	0,008	0,010	0,013
2019	0,016	0,059	0,021	0,006	0,081	0,007	0,007	0,008	0,011	0,014
2020	0,019	0,050	0,018	0,009	0,066	0,022	0,009	0,010	0,011	0,019
2021	0,022	0,094	0,028	0,006	0,053	0,007	0,007	0,009	0,016	0,017
2022	0,045	0,031	0,025	0,017	0,032	0,022	0,020	0,024	0,031	0,040

Tablo 22. Kriterlerin önem derecelerine göre gri ilişki dereceleri ve sıralama (devamı)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19		
Wi	0,029	0,026	0,067	0,056	0,092	0,103	0,034	0,065	0,083	Γ_{0i}	Sıralama
2018	0,010	0,026	0,022	0,031	0,092	0,034	0,012	0,022	0,050	0,577	5
2019	0,010	0,010	0,026	0,056	0,081	0,084	0,011	0,065	0,028	0,601	4
2020	0,010	0,012	0,042	0,021	0,071	0,103	0,014	0,065	0,048	0,619	2
2021	0,014	0,009	0,042	0,026	0,045	0,093	0,014	0,065	0,038	0,605	3
2022	0,029	0,009	0,067	0,019	0,031	0,065	0,034	0,024	0,083	0,648	1