

NAKLİYE ARACI SEÇİMİ: ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME MODELİ ÖNERİSİ

Ayhan DEMİRCİ*

ÖZ: Lojistik, özellikle son yıllarda önemini daha da artırarak bilimsel yaklaşımların odağı haline gelmiştir. Ürün fiyatının önemli bir kısmını teşkil eden lojistik faaliyetlerde sağlanabilecek küçük bir iyileştirmenin, fiyatlar üzerinde çok daha fazla oranda iyileşmeye sebep olacağı açıktır. Bu durumun; ürün fiyatlarının düşmesi, karlılığın ve rekabet gücünün artması gibi birçok getirisi bulunmaktadır. Lojistik maliyetler içerisinde de taşımacılık maliyetleri önemli bir yer tutmaktadır. Dolayısıyla sadece taşımacılık işlemlerindeki olası tasarruf, doğrudan lojistik maliyetleri ve nihayet ürün maliyetlerini olumlu etkileyecektir.

Bu kapsamda çalışmada; bir taşımacılık firması tarafından yapılması düşünülen araç tedariki kararına ilişkin çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanılarak sonuçlandırılması sağlanmıştır. Her bir kriterin farklı ağırlıklarda denkleme alındığı çok ve çeşitli kriterlerin etkisi altında verilecek kararlarda önemli bir karar destek kolaylığı sağlayan çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS ve VIKOR teknikleri yardımıyla, yedi alternatif arasından bir seçim gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemle yapılan analiz sonucunda aynı aracın temin edilmesinin uygun olacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Maliyetler, Nakliye Aracı Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri, TOPSIS, VIKOR,

Makale Türü : Araştırma makalesi

Jel Sınıflandırması: C44, C49, C61

Geliş tarihi : 21.04.2020/ **Kabul Tarihi:** 21.05.2020 / **Yayın Tarihi:** 25.06.2020

TRANSPORT VEHICLE SELECTION: MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING MODEL PROPOSAL

ABSTRACT: Logistics has become the focus of scientific approaches, increasing its importance especially in recent years. It is clear that a small improvement that can be achieved in logistics activities, which constitute a significant part of the product price, will lead to a much greater improvement in prices and this is also provides so many benefits such as decreasing product prices, increasing profitability and competitiveness. Transportation costs have an important place in logistics costs. Therefore, the optimization in transportation operations will directly affect logistics costs and finally product costs.

In this context, in the study; It is ensured to be concluded by making use of multi-criteria decision-making techniques regarding the vehicle purchasing decision that is planned to be made by a transportation company. With the help of TOPSIS and VIKOR techniques, one of the multi-criteria decision-making techniques, which provides an important decision support facility in the decisions that will be made under the influence of various criteria and where each criterion is put into equation with different weights, an optimum selection was made among seven alternatives. As a result of the analysis made with both methods, it was determined that it would be appropriate to provide the same vehicle.

Key Words : Logistics Cost, Transport Vehicle Selection, Multi-Criteria Decision-Making Techniques, TOPSIS, VIKOR,

Article type :Research

Jel Classification : C44, C49, C61

Received : 09.05.2019 / **Accepted:** 27.05.2019 / **Published:** 20.06.2019

* Dr. Öğretim Üyesi, Toros Üniversitesi, Mersin, ayhan.demirci@toros.edu.tr, **ORCID: 0000-0003-3788-4586**

Kaynak gösterimi için:

DEMİRCİ, A. (2020). Antalya Bilim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1 (1), 17-33

1. GİRİŞ

Lojistikle ilişkili maliyetler, ürünün satış fiyatında önemli bir paya sahiptir. Bu maliyetler arasında en fazla etki de taşımacılık maliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Zira hammaddenin üretim tesisine getirilmesinden başlayarak ürünün müşteri ile buluşturulmasına kadar geçen sürecin hemen hemen her adımında taşımacılık faaliyetinin varlığı görülmektedir.

Lojistik ana fonksiyon sahaları arasında önemli bir yere sahip olan taşımacılık işlemleri, alanında uzman firmalar tarafından yürütülmektedir. Bu firmaların maddi varlıkları da nakliye araçlarından oluşmaktadır. Dolayısıyla yatırım yaptıkları bu araçların, ilk defada doğru karar verilerek temin edilmesi hayati önemi haizdir. Zira yüksek maliyetlere katlanılarak satın alınan bu araçlar, beklenen verimin alınmaması halinde atıl duruma düşmeleri de kaçınılmazdır. Buna göre ihtiyacı en uygun koşullarla karşılayacak bir nakliye aracının temini, daha başlangıçta doğru karar verilmesi gereken önemli ve stratejik bir karardır.

Çalışmada nakliye aracı temin kararı vermek durumunda olan bir firma için, piyasa koşullarında belirlenen 7 farklı araç tipi ve bu araçlar için ayırt edici özelliklerinden oluşan 5 kriter dikkate alınarak, en uygun aracın seçim kararı verilmesi sağlanmıştır.

Bu kapsamda; çalışmanın ilk bölümünde, tekniklerin kullanım alanların kapsayan bir literatür araştırmasına yer verilmiştir. Ardından karar verme teorisi ile birlikte her biri karara farklı ağırlıklarda etki eden çok sayıda kriterin göz önüne alınmasına olanak sağlayan çok kriterli karar verme teknikleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde çok kriterli karar verme teknikleri arasından, literatürde yaygın olarak kullanılan TOPSIS ve VIKOR teknikleriyle, aynı veriler kullanılarak analiz yapılmış ve tekniklerin birbirlerini destekledikleri bulgusuna ulaşılmıştır. TOPSIS tekniği ideal çözüme uzaklık ve yakınlık durumuna göre en uygun çözümü belirlerken, VIKOR tekniği uzlaşık çözüm üretmesi bakımından önemlidir. Her iki tekniğin uygulama örneği, literatürüyle birlikte verilerek takibinde kolaylık sağlanması düşünülmüştür. Nihayet son olarak elde edilen bulgular sonuçlar tartışılmıştır.

1. Literatür Araştırması

Soba (2012) çalışmasında çok kriterli karar verme tekniklerinde PROMETHEE yöntemini kullanarak 6 kritere göre 6 alternatif arasından en uygun panelvan aracın seçimini yapmıştır.

Danacı (2014) yaptığı lisansüstü tez çalışmasında yaşam boyu maliyet unsurunu da kapsayacak şekilde bir 4x4 arazi aracı seçimi yapmıştır. Çalışmasında Analitik Hiyerarşik Süreç yöntemini kullanarak, dört ana kritere bağlı olarak beş alternatif araç arasından seçim yapmıştır.

Serhat ve Cengiz (2014) çalışmalarında bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak, ekonomik, sosyal ve teknolojik faktörler ışığında Ankara için bir otobüs seçimi gerçekleştirmişlerdir.

Arslan (2017) yaptığı çalışmada Gürcistan merkezli bir lojistik firmasının yapacağı toplu araç alımı kararına yönelik olarak AHP ve ARAS yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada dört kritere göre üç farklı marka değerlendirilmiştir.

Anbarcı, Öz ve Giran (2017) çalışmalarında inşaat işlerinde kullanılmak üzere en uygun kamyon seçimi için MOORA yönteminden yararlanmışlardır. Çalışmalarında yedi kritere göre 4 farklı alternatif değerlendirilmiştir.

Ulutaş ve Yürüyen (2019); PSI, ARAS, OCRA ve MOORA yöntemlerini birlikte kullandıkları çalışmalarında yedi kritere bağlı olarak dört alternatif arasında en uygun kamyonun seçimini yapmışlardır.

2. Karar Verme ve Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri

Kavram olarak “karar verme” işleminden söz edebilmek için, öncelikle bir ihtiyacın olması elbette gerekecektir. Ancak karar vericiler için bundan daha da önemlisi, bu ihtiyacı giderebilecek iki veya daha fazla alternatifin olması gerekmektedir. Aksi halde tek bir alternatifin varlığı durumunda, karar verme faaliyetinden bahsedilmesi çok da doğru olmayacaktır (Demirci, 2019: 237).

Genellikle geleneksel ve çağdaş karar verme yöntemleri altında toplanan karar teorisi için; belirsizlik ortamı, risk ortamı ve belirlilik ortamı söz konusudur (Demirci, 2020: 36-37).

Günlük hayatta alınan kararların büyük çoğunluğu birden fazla kriterden etkilenir. Bu nedenle, aynı konuda farklı kişilerin aldığı kararlar da birbirinden farklıdır. Kriterlerin sayısına bağlı olarak, bu kriterler birbirinden etkilenirse karmaşık karar verme problemi daha karmaşık hale gelir. Bazı koşulların yerine getirilmesi için bazı kriterlerin terk edilmesi ve hangilerinin seçileceği sorusu da kişiden kişiye değişecek ve karar verme faaliyetini çok daha zor hale getirecektir. Bu noktada çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanılması, karar sorunlarının küçük parçalar halinde ele alınmasını ve büyük ölçüde kolaylaştırılmasını sağlayacak ve karar vericilerin daha rasyonel kararlar almasına yardımcı olacaktır (Demirci, 2018: 846).

Literatürde farklı çözüm süreçlerine sahip çok çeşitli karar teknikleri yer almaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri adı altında incelenen bu yöntemler, yukarıda değinilen tüm problemlerin üstesinden gelinmesinde karar vericiye rasyonel karar verme olanağı tanıyan önemli bir karar destek mekanizmalarıdır. Ancak çalışmanın kapsamı ve hacmi dikkate alınarak sadece iki çok kriterli karar verme tekniği (TOPSIS ve VIKOR) ele alınmıştır.

2.1. TOPSIS Tekniği

İlk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen ve çok kriterli karar verme yöntemleri arasında en kapsamlı karşılaştırma ile sonuç üreten TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi; alternatiflerin tercih sıralamasının belirlenmesinde kullanılan uzlaşık bir yöntemdir. Yöntemin uygulamasında alternatifler ideal çözümlere olan yakınlık ve uzaklıklarına göre kıyaslanır. Buna göre pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan karar alternatifi tercih edilir. Yani ideal pozitive en yakın ve ideal negatife en uzak alternatifin tercih derecesi o nispette artmaktadır (Aktaş vd., 2015: 229).

TOPSIS yönteminin; diğer tüm çok kriterli karar verme tekniklerine benzer şekilde uygulama aşamaları bulunmaktadır. Karar matrislerinin oluşturulması, normalize matrisin elde edilmesi, ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesi, ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi, ideal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerlerinin elde edilmesi ve ideal çözüme görece yakınlığın hesaplanması şeklinde sıralanabilecek olan bu

aşamalara ait matematiksel altyapı şu şekilde sıralanabilir (Yıldırım ve Önder, 2015: 135-139; Dinçer, 2019: 76-80; Özudođru ve Görener, 2018: 70-81; Çelikkilek, 2018: 175-192; Özbek, 2017: 201-214; Özçalıcı, 2017: 57-67; Paksoy, 2017: 23-35; Yaralıoğlu, 2010: 23-28);

- Karar matrislerinin oluşturulması aşamasında karar verici tarafından; karar noktaları satırları ve faktörler sütunları oluşturacak şekilde, diğer çok kriterli karar verme tekniklerinde de olduğu şekilde, Eşitlik (1)'deki gibi $m \times n$ boyutlu bir matris hazırlanır.

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

- Normalize matrisin elde edilmesi aşamasında, Eşitlik (2)'de gösterilen formül yardımıyla karar matrisinin normalize edilmesi sağlanır. Bu aşamada önce karar matrisinde yer alan her bir a_{ij} değerinin karesi alınır. Bu değerlerin toplamında oluşan sütun değeri elde edilir. Karar matrisindeki her bir a_{ij} değeri, bu sütun değerinin kareköküne bölünmek suretiyle normalizasyon işlemi tamamlanmış olur ve Eşitlik (3)'deki matris elde edilir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

$$A_{ij}^* = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

- Ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesi aşamasında normalize yoluyla hazırlanmış olan A_{ij}^* matrisinin elemanları w_i gibi bir değerle ağırlıklandırılarak Eşitlik (4)'de yer verilen V matrisi elde edilir. Faktörlerin önem derecelerine göre yapılan ağırlıklandırma işlemi oluşturan bu aşama yöntemin tek sübjektif aşamasıdır. Ağırlıklandırma işleminde uzman görüşünden yararlanılabileceği gibi, bu konuda önemli sonuçlar üreten bazı çok kriterli karar verme tekniklerinden de yararlanılabilir. Burada dikkate alınması gereken en önemli husus, verilecek ağırlıkların toplamının $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ olacak şekilde 1'e eşit olması zorunluluğudur.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

- İdeal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi aşamasında verilecek karara ilişkin amaç fonksiyonu maksimizasyon ise her sütundaki en büyük değeri (ideal çözüm değeri) ve en küçük değeri (negatif ideal çözüm değeri) belirlenir. Eğer amaç fonksiyonu minimizasyon ise bu işlemin tam tersi alınacaktır. Bu işlemle ilgili notasyon Eşitlik (5) ve Eşitlik (6)'da gösterilmiştir.

Her bir sütuna ait maksimum değerler;

$$A^* = \left\{ \max_j v_{ij} \mid j = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n \right\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (5)$$

Her bir sütuna ait minimum değerler;

$$A^- = \left\{ \min_i v_{ij} \text{ olmak üzere} \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (6)$$

- İdeal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerlerinin elde edilmesi aşamasında öklidyen uzaklık bağıntısı yardımıyla, koordinat düzleminde x ve y koordinatları bilinen iki nokta arasındaki mesafe hesaplanarak ideal noktaya olan uzaklık ve negatif ideal noktaya olan uzaklık hesaplanır.

Öklidyen bağıntısı; p : değişken sayısı, x_{ik} : i . gözlemin k . değişken değeri ve x_{jk} : j . gözlemin k . değişken değeri olmak üzere Eşitlik (7)'de belirtildiği şekilde hesaplanır ve;

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (7)$$

şeklinde ifade edilir. Buna göre karar noktası sayısınca S_i^* ve S_i^- değerleri belirlenir. Burada pozitif ideal uzaklık Eşitlik (8) yardımıyla;

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

aynı şekilde negatif ideal uzaklık da Eşitlik (9) yardımıyla hesaplanır.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (9)$$

- Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması aşamasında ideal ve ideal olmayan noktalara uzaklıklardan yararlanır. İdeal çözüme göreli yakınlık C_i^* ile sembolize edilir ve Eşitlik (10) yardımıyla hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (10)$$

Bu değer $0 \leq C_i^* \leq 1$ şeklinde bir değer alır. Burada $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterirken, $C_i^* = 0$ ise ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

Yöntemin kullanımı ile ilgili örnek uygulamada taşıma aracı tedarik etmek isteyen bir taşımacılık firmasının, alternatifler arasından yapacağı seçime yer verilmiştir. Bir taşımacılık firması için taşıma araçlarının seçimi; yüksek maliyetli olması ve uzun kullanım boyunca sürdürülebilirlik özellikleriyle, başlangıçta doğru karar verilmesi gereken en kritik kararların başında yer almaktadır. Bu kapsamda; uzman görüşü alınarak belirlenen alternatifler ve kriterler ile kriterlere ait ağırlık değerleri ve fayda/maliyet yönlü olma durumları Tablo 1.'de sunulmuştur. Kriter ağırlıklarının çok kriterli karar verme teknikleri yardımıyla belirlenmesi de mümkün olmakla birlikte, çalışmada yer verilen kriter ağırlıkları uzman görüşü alınarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Başlangıç Matrisi

Araç Markası	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı
	MİN.	MİN.	MAKS.	MAKS.	MAKS.
	0,21	0,16	0,31	0,18	0,14
Alternatif 1	80	28	700	5	3
Alternatif 2	110	29	1000	10	9
Alternatif 3	90	29	700	5	5
Alternatif 4	100	28	750	8	10
Alternatif 5	85	28	700	8	7
Alternatif 6	115	27	1250	7	8
Alternatif 7	80	27	600	3	3

Ardından Eşitlik (2) yardımıyla Tablo 2.'de sunulan Normalize Edilmiş Karar Matrisi elde edilir.

Tablo 2. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Araç Markası	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı
Alternatif 1	0,3176	0,3778	0,3145	0,2728	0,1634
Alternatif 2	0,4367	0,3913	0,4492	0,5455	0,4903
Alternatif 3	0,3573	0,3913	0,3145	0,2728	0,2724
Alternatif 4	0,3970	0,3778	0,3369	0,4364	0,5447

Alternatif 5	0,3374	0,3778	0,3145	0,4364	0,3813
Alternatif 6	0,4565	0,3643	0,5615	0,3819	0,4358
Alternatif 7	0,3176	0,3643	0,2695	0,1637	0,1634

Daha sonra Normalize Edilmiş Karar Matrisi, her bir kriter için belirlenen kriter ağırlıklarıyla çarpımı alınmak suretiyle Tablo 3.'de sunulan Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi hazırlanır.

Tablo 3. Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi

Araç Markası	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı
Alternatif 1	0,0667	0,0605	0,0975	0,0491	0,0229
Alternatif 2	0,0917	0,0626	0,1393	0,0982	0,0686
Alternatif 3	0,0750	0,0626	0,0975	0,0491	0,0381
Alternatif 4	0,0834	0,0605	0,1044	0,0786	0,0763
Alternatif 5	0,0709	0,0605	0,0975	0,0786	0,0534
Alternatif 6	0,0959	0,0583	0,1741	0,0687	0,0610
Alternatif 7	0,0667	0,0583	0,0836	0,0295	0,0229

Daha sonra Eşitlik (7) yardımıyla d_{ij} ile sembolize edilen ve her bir kriter için pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanır. Yapılan hesaplama sonucunda elde edilen pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerleri Tablo 4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri (d_{ij})

	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı
Pozitif İdeal Çözüm Değerleri	0,0667	0,0583	0,1741	0,0982	0,0763
Negatif İdeal Çözüm Değerleri	0,0959	0,0626	0,0836	0,0295	0,0229

Tablo 4.'deki değerler ile Eşitlik (8) yardımıyla pozitif ideal noktalara olan uzaklıklar (S_i^*) ve Eşitlik 3.6.6.8. yardımıyla negatif ideal noktalara olan uzaklıklar (S_i^-) belirlenir. Yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen pozitif ideal noktalara olan uzaklıklar Tablo 5.'de ve negatif ideal noktalara olan uzaklıklar Tablo 6.'da sunulmuştur.

Tablo 5. Pozitif İdeal Noktalara Olan Uzaklıklar (S_i^*)

Araç Markası	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı	S_i^*
Alternatif 1	0,0000000	0,0000047	0,0058669	0,0024107	0,0028499	0,0111321
Alternatif 2	0,0006255	0,0000186	0,0012122	0,0000000	0,0000582	0,0019145
Alternatif 3	0,0000695	0,0000186	0,0058669	0,0024107	0,0014540	0,0098197
Alternatif 4	0,0002780	0,0000047	0,0048486	0,0003857	0,0000000	0,0055170
Alternatif 5	0,0000174	0,0000047	0,0058669	0,0003857	0,0005234	0,0067980
Alternatif 6	0,0008514	0,0000000	0,0000000	0,0008679	0,0002326	0,0019519
Alternatif 7	0,0000000	0,0000000	0,0081942	0,0047250	0,0028499	0,015690

Tablo 6. Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklıklar (S_i^-)

Araç Markası	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı	S_i^-
Alternatif 1	0,0008514	0,0000047	0,0001939	0,0003857	0,0000000	0,0014357
Alternatif 2	0,0000174	0,0000000	0,0031031	0,0047250	0,0020938	0,0099393
Alternatif 3	0,0004344	0,0000000	0,0001939	0,0003857	0,0002326	0,0012467
Alternatif 4	0,0001564	0,0000047	0,0004364	0,0024107	0,0028499	0,0058580
Alternatif 5	0,0006255	0,0000047	0,0001939	0,0024107	0,0009306	0,0041654
Alternatif 6	0,0000000	0,0000186	0,0081942	0,0015429	0,0014540	0,0112097
Alternatif 7	0,0008514	0,0000186	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0008701

Son olarak Eşitlik (10) yardımıyla her bir alternatif için C_i^* ile sembolize edilen ideal çözüme göreli yakınlık değerleri hesaplanır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ideal çözüme göreli yakınlık değerleri ve TOPSIS tekniğine göre karara esas sıralama Tablo 7.'de sunulmuştur. Burada ideal çözüme en yakın olan değere sahip olan, diğer bir deyişle en düşük değere sahip olan alternatifin seçilmesi gerekmektedir.

Tablo 7. İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Değerleri (C_i^*) ve Sıralama

Araç Markası	C_i^*	Sıralama
--------------	---------	----------

Alternatif 1	0,735766	3
Alternatif 2	0,305017	6
Alternatif 3	0,737293	2
Alternatif 4	0,492505	5
Alternatif 5	0,560923	4
Alternatif 6	0,294426	7
Alternatif 7	0,809786	1

Sonuç olarak beş kritere bağlı olarak altı alternatif arasından yapılacak olan taşıma aracı seçim kararı için TOPSIS tekniği ile yapılan analiz neticesinde belirlenen kriterlere göre en ideal taşıma aracının ALTERNATİF 6 olduğu belirlenmiştir.

2.2. VIKOR Tekniği

VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, birbiri ile çelişen kriterlerin bulunduğu durumda alternatifler arasında sıralama ve seçim yapılmasını sağlamaktadır. Yöntemin uygulamasında uzlaşık çözüme ulaşmak amacıyla, ideale yakınlık esasına dayanan bir toplama fonksiyonu kullanılır ve kriterler için lineer normalizasyon yapılır. VIKOR yöntemi, çoğunluk için maksimum grup faydası, karşıt görüşlüler için ise minimum kişisel pişmanlığı sağladığı için karar vericiler tarafından kabul edilebilir bir uzlaşık sonuç ürettiği ifade edilebilir (Aktaş vd., 2015: 237).

Uzlaşık çözümün temelleri Po Lung Yu (1973) ve Milan Zeleny (1982) tarafından atılmıştır. Uzlaşık çözüm, ideale en yakın çözümdür ve uzlaşma, ortak kabul üzerinde anlaşmaya varmaktır. VIKOR yöntemi S. Opricovic (1998) tarafından çok kriterli karar verme problemlerinde uygulanabilir bir teknik olarak sunulmuştur (Mardani vd., 2016: 3; Yıldırım ve Önder, 2015: 117-118).

Kriter fonksiyonlarının birimlerini ayıklamada; TOPSIS yöntemi vektör normalizasyonundan yararlanırken, VIKOR yöntemi lineer normalizasyondan yararlanır. Burada TOPSIS yöntemi, ideal çözüme en kısa mesafeli ve negatif ideal çözüme en uzak mesafeli bir çözümü belirler, ancak bu mesafenin göreceli önemini dikkate almaz. Uzlaşma sıralaması yöntemi olan VIKOR yöntemi ise "çoğunluk" için azami "grup faydası" ve "rakip" için "asgari bireysel pişmanlık" sağlayan bir sonuç üretir (Opricovic ve Tzeng, 2004: 445; Opricovic ve Tzeng, 2007: 516).

VIKOR yöntemi farklı birimlerle ölçülmüş olan ve birbirleriyle çelişebilen kriterlerden oluşan problemlerin çözümünde kullanılan ve uzlaşık sonuç üretebilen bir yöntem olarak geliştirilmiştir ve aşağıdaki notasyonla gösterilir.

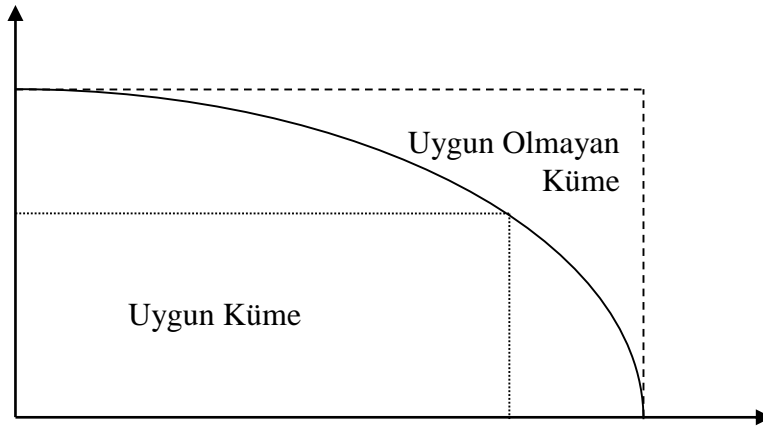
$$mco_j \{(f_{ij}(A_j), j = 1, \dots, J), i = 1, \dots, n\}$$

Burada J, alternatif sayısını; $A_j = \{x_1, x_2, \dots\}$, belirli x değeriyle elde edilen j'inci alternatif; f_{ij} , A_j alternatifi için i'inci kriter fonksiyonunu; n, kriter sayısını; mco, çok kriterli karar verme yöntemini belirtir. VIKOR yönteminin geliştirilmesi, Eşitlik (11) ile başlamıştır;

$$L_{p,j} = \left\{ \sum_{i=1}^n [w_i(f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]^p \right\}^{1/p}, \quad 1 \leq p \leq \infty; j = 1, 2, \dots, J \quad (11)$$

Burada Duckstein ve Opricovic (1980) tarafından tanımlanan $L_{p,j}$, A_j alternatifinin ideal çözüme olan mesafesini temsil eder. Buna göre Şekil 1.'de uygun küme ve uygun olmayan küme gösterilmiştir (Opricovic, 2009: 232).

Şekil 1. Uygun Küme – Uygun Olmayan Küme



Diğer çok kriterli karar verme tekniklerinde olduğu gibi VIKOR tekniğinde de Eşitlik (1)'de gösterildiği gibi karara yönelik bir başlangıç matrisi oluşturulur (Özbek, 2017: 219-221).

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

İkinci aşamada her kriter için; Eşitlik (12) yardımıyla en iyi (f_j^+) ve Eşitlik (13) yardımıyla en kötü (f_j^-) değerleri belirlenir.

$$f_i^+ = \max_i x_{ij}, f_i^- = \min_i x_{ij}; j. \text{ fonksiyon fayda cinsinden ise} \quad (12)$$

$$f_i^+ = \min_i x_{ij}, f_i^- = \max_i x_{ij}; j. \text{ fonksiyon maliyet cinsinden ise} \quad (13)$$

Yöntemin üçüncü aşamasında değerler ve Eşitlik (14) kullanılarak Normalize Edilmiş Karar Matrisi elde edilir.

$$(f_j^+ - x_{ij}) / (f_j^+ - f_j^-) \quad (14)$$

Dördüncü aşamaya geçildiğinde, normalize edilmiş karar matrisi ve uzman görüşü veya diğer bazı çok kriterli karar verme teknikleri yardımıyla belirlenen kriter ağırlıkları çarpılarak Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi elde edilir.

Beşinci aşamada ağırlıklandırılmış karar matrisinde yer alan veriler ile Eşitlik (15) yardımıyla S_i değerleri ve Eşitlik (16) yardımıyla R_i değerleri belirlenir. Burada w_j , ölçüt ağırlıklarını ve göreceli önemlerini ifade etmektedir. Buna göre hesaplanan; S_i , R_i , S^+ (en küçük S_i değeri), S^- (en büyük S_i değeri), R^+ (en küçük R_i değeri) ve R^- (en büyük R_i değeri) değerlerinden oluşan bir tablo hazırlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j^+ - x_{ij}) / (f_j^+ - f_j^-) \quad (15)$$

$$R_i = \max_j [w_j (f_j^+ - x_{ij}) / (f_j^+ - f_j^-)] \quad (16)$$

Ardından v değeri maksimum ortak faydayı sağlayan strateji için ağırlığı ifade etmek üzere, Eşitlik (17) yardımıyla Q_i değeri hesaplanır.

$$Q_i = \frac{v(S_i - S^+)}{(S^- - S^+)} + \frac{(1 - v) * (R_i - R^+)}{(R^- - R^+)} \quad (17)$$

Altıncı aşamada belirlenen S_i , R_i ve Q_i değerleri için, alternatifler, karar esas olmak üzere sıralanır. Burada en büyük değere sahip alternatif karar alternatifi olarak kabul edilebilir. Ancak yöntemin uygulanmasında, özellikle daha çok sayıda alternatifi yer aldığı çözümlenelerde öne sürülen iki kabul şartı da bulunmaktadır. Dolayısıyla yedinci ve son aşamada yöntemin öne sürdüğü kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar şartları kontrol edilmek suretiyle uzlaşık en iyi sıralama belirlenir.

Kabul Edilebilir Avantaj Şartı;

Hesaplanan tüm Q_i değerleri Eşitlik (18) yardımıyla kontrol edilir.

$$Q_2 - Q_1 \geq \frac{1}{n-1} \quad (18)$$

Eşitlikte; n alternatif sayısını, Q_1 ilk sıradaki değeri ve Q_2 de ikinci sıradaki değeri ifade etmektedir. Burada eğer alternatif sayısı 4'ten azsa, eşitliğin sağ tarafı 0,25 olarak kabul edilir.

Kabul Edilebilir İstikrar Şartı;

S_i ve/veya R_i değerlerine göre de Q_1 alternatifi en iyi seçenek olmalıdır. Burada eğer bu iki şartın sağlanamadığı ortaya çıkarsa farklı bir kontrol önerilmektedir. Buna göre; eğer Kabul Edilebilir Avantaj Şartı sağlanamıyorsa Eşitlik (19) kullanılmalıdır. Eğer Kabul

Edilebilir İstikrar Şartı sağlanamıyorsa, bu durumda da ilk iki sırada yer alan alternatifler, en iyi uzlaşık çözüm olarak kabul edilmelidir.

$$Q_{max.} - Q_1 < \frac{1}{n-1} \quad (19)$$

Uygulama örneği olarak TOPSIS Tekniğinin uygulamasında olduğu gibi taşıma aracı tedarik etme kararı verecek bir taşımacılık firması seçilmiştir. Bu maksatla Tablo 1.'de belirtilen alternatifler için aynı kriterler ve kriter ağırlıkları kullanılmıştır.

Daha sonra fayda yönlü kriterler için Eşitlik (12) yardımıyla ve maliyet yönlü kriterler için Eşitlik (13) yardımıyla en iyi (f_j^+) ve en kötü (f_j^-) değerleri belirlenir. Belirlenen en iyi (f_j^+) ve en kötü (f_j^-) değerleri Tablo 8.'de gösterilmiştir.

Tablo 8. En İyi (f_j^+) ve En Kötü (f_j^-) Değerleri

Değerler	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı
(f_j^+) Değerleri	80	27	1250	10	10
(f_j^-) Değerleri	115	29	600	3	3

Ardından Eşitlik (14) yardımıyla karar matrisinin normalizasyonu ve ağırlıklandırması yapılır. Bu kapsamda yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablo 9.'da, Ağırlıklandırılmış Normalize Matris de Tablo 10.'da sunulmuştur.

Tablo 9. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Araç Markası	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı
Alternatif 1	0,0000	0,5000	0,8462	0,7143	1,0000
Alternatif 2	0,8571	1,0000	0,3846	0,0000	0,1429
Alternatif 3	0,2857	1,0000	0,8462	0,7143	0,7143
Alternatif 4	0,5714	0,5000	0,7692	0,2857	0,0000
Alternatif 5	0,1429	0,5000	0,8462	0,2857	0,4286
Alternatif 6	1,0000	0,0000	0,0000	0,4286	0,2857
Alternatif 7	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tablo 10. Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

Araç Markası	Fiyat (1000 Euro)	Yakıt Sarfiyatı (100 Km.de)	Motor Ömrü (1000 Km.de)	Satış Sonrası Destek	İkinci El Olanığı
Alternatif 1	0,0000	0,0800	0,2623	0,1286	0,1400
Alternatif 2	0,1800	0,1600	0,1192	0,0000	0,0200
Alternatif 3	0,0600	0,1600	0,2623	0,1286	0,1000
Alternatif 4	0,1200	0,0800	0,2385	0,0514	0,0000
Alternatif 5	0,0300	0,0800	0,2623	0,0514	0,0600
Alternatif 6	0,2100	0,0000	0,0000	0,0771	0,0400
Alternatif 7	0,0000	0,0000	0,3100	0,1800	0,1400

Daha sonra Eşitlik (15) yardımıyla S_i değerleri ve Eşitlik (16) yardımıyla R_i değerleri ile bunlara bağlı olarak; S^+ (en küçük S_i değeri), S^- (en büyük S_i değeri), R^+ (en küçük R_i değeri) ve R^- (en büyük R_i değeri) değerleri belirlenir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler Tablo 11.'de gösterilmiştir.

Tablo 11. S_i, R_i, S^+, S^-, R^+ ve R^- Değerleri

Araç Markası	S_i Değerleri	R_i Değerleri
Alternatif 1	0,6109	0,2623
Alternatif 2	0,4792	0,1800
Alternatif 3	0,7109	0,2623
Alternatif 4	0,4899	0,2385
Alternatif 5	0,4837	0,2623
Alternatif 6	0,3271	0,2100
Alternatif 7	0,6300	0,3100
S^+ Değeri	0,3271	-
S^- Değeri	0,7109	-
R^+ Değeri	-	0,1800
R^- Değeri	-	0,3100

Daha sonra maksimum ortak faydayı sağlayan strateji için ağırlığı ifade etmek üzere, Eşitlik (17) yardımıyla Q_i değeri hesaplanır. Formülde yer alan v ağırlık değeri için farklı değerler verilerek elde edilen Q_i Değerleri, S_i ve R_i Değerleri ile birlikte Tablo 12.'de sunulmuştur.

Tablo 12. S_i , R_i ve Q_i Değerleri

Araç Markası	S_i Değerleri	R_i Değerleri	Q_i Değerleri				
			q=0,00	q=0,25	q=0,50	q=0,75	q=1,00
Alternatif 1	0,6109	0,2623	0,6331	0,6597	0,6863	0,7128	0,7394
Alternatif 2	0,4792	0,1800	0,0000	0,0991	0,1982	0,2973	0,3963
Alternatif 3	0,7109	0,2623	0,6331	0,7249	0,8166	0,9083	1,0000
Alternatif 4	0,4899	0,2385	0,4497	0,4433	0,4369	0,4305	0,4241
Alternatif 5	0,4837	0,2623	0,6331	0,5769	0,5206	0,4643	0,4081
Alternatif 6	0,3271	0,2100	0,2308	0,1731	0,1154	0,0577	0,0000
Alternatif 7	0,6300	0,3100	1,0000	0,9473	0,8946	0,8419	0,7892

Son olarak Tablo 12.'de gösterilen S_i , R_i ve Q_i değerleri, karar aşamasında dikkate alınmak üzere sıralanır. Yapılan sıralama Tablo 13.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 13. S_i , R_i ve Q_i Değerlerinin Sıralaması

Araç Markası	S_i Değerleri Sıralaması	R_i Değerleri Sıralaması	Q_i Değerleri Sıralaması				
			q=0,00	q=0,25	q=0,50	q=0,75	q=1,00
Alternatif 1	5	4	4	5	5	5	5
Alternatif 2	2	1	1	1	2	2	2
Alternatif 3	7	4	4	6	6	7	7
Alternatif 4	4	3	3	3	3	3	4
Alternatif 5	3	4	4	4	4	4	3
Alternatif 6	1	2	2	2	1	1	1
Alternatif 7	6	7	7	7	7	6	6

Bu sıralamaya göre Alternatif 6 ve Alternatif 2 ilk iki sırayı paylaşan karar alternatifleridir. Burada yöntemin son aşamasına göre uzlaşık çözüm için gerekli iki koşulun (kabul edilebilir avantaj şartı ve kabul edilebilir istikrar şartı)da kontrol edilmesi ve uzlaşık bir

çözüm üretilmesi yerinde olacaktır. Bu noktada Eşitlik (18) yardımıyla kabul edilebilir avantaj şartının, Eşitlik (19) yardımıyla kabul edilebilir istikrar şartının karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilir. Yapılan kontroller sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 14.'de sunulmuştur.

Tablo 14. Uzlaşık Çözüm Karşılaştırma Sonuçları

Q_1	0,0000	0,0991	0,1154	0,0577	0,0000
Q_2	0,2308	0,1731	0,1982	0,2973	0,3963
$Q_2 - Q_1$	0,2308	0,0740	0,0828	0,2396	0,3963
DQ	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667
Kabul Edilebilir Avantaj Şartı	$Q_2 - Q_1 \geq DQ$	$Q_2 - Q_1 < DQ$	$Q_2 - Q_1 < DQ$	$Q_2 - Q_1 \geq DQ$	$Q_2 - Q_1 \geq DQ$
Kabul Edilebilir İstikrar Şartı	KEAŞ Karşılandı 1. Sıra	KEAŞ Karşılanmadı 1. ve 2. Sıra	KEAŞ Karşılanmadı 1. ve 2. Sıra	KEAŞ Karşılandı 1. Sıra	KEAŞ Karşılandı 1. Sıra
Karar	Alternatif 2	Alternatif 2 Alternatif 6	Alternatif 6 Alternatif 2	Alternatif 6	Alternatif 6

Tablo 14.'den de görüldüğü üzere karar aşamasında Alternatif 6 ve Alternatif 2 ön plana çıkmaktadır.

3. Sonuç ve Değerlendirme

Çalışmada; nakliye aracı tedariki için iki farklı çok kriterli karar verme tekniği (TOPSIS ve VIKOR) kullanılarak, 5 kritere bağlı olarak 7 alternatif arasından en uygun kararın verilmesi sağlanmıştır.

TOPSIS tekniğine göre yapılan sıralama sonucunda Alternatif 6, en uygun çözüm olarak kabul edilmiştir. İkinci sırada ise Alternatif 2 ön plana çıkmaktadır. TOPSIS tekniği sonuçlarının sıralaması Tablo 7.'de sunulmuştur.

VIKOR tekniğine göre de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 13.'de de görülebileceği üzere, VIKOR tekniği ile yapılan yedi sıralama ölçütüne göre; dört ölçütte Alternatif 6 ilk sırada yer alırken, kalan üç ölçütte Alternatif 2 ikinci sırada yer almışlardır. Aynı şekilde ölçütler ölçütler ve ilk iki sıra kendi aralarında yer değiştirecek şekilde gerçekleşmiştir. Buna göre de ilk iki sıradaki en uygun alternatifler, sadece sıralama değişecek şekilde aynı kalmıştır.

Ayrıca VIKOR tekniğinin gereği olarak uzlaşık çözüm için yapılan ve kabul edilebilir avantaj şartı ile kabul edilebilir istikrar şartı da kontrol edilmiş ve Tablo 14.'de sunulan sıralamada da aynı iki alternatifin en uygun seçenekleri oluşturduğu görülmüştür. Kabul

edilebilir avantaj şartının sağlanabildiği iki ölçütte ($q=0,75$ ve $q=1,00$) Alternatif 6 ilk sırada yer alırken, bir ölçütte ($q=0,00$) Alternatif 2 ilk sırada yer almıştır.

Son olarak kabul edilebilir avantaj şartının sağlanamaması halinde kabul edilebilir istikrar şartına bakılması gerektiğinden, alternatifler kabul edilebilir istikrar şartına göre değerlendirilmiştir. Buna göre ilk iki sıradaki alternatiflerin en uygun alternatif olarak kabul edilmesi gerekmektedir. Burada da iki ölçütte ($q=0,25$ ve $q=0,50$) ilk iki sırayı yine Alternatif 6 ve Alternatif 2 paylaşmışlardır.

TOPSIS ve VIKOR tekniklerinin uygulaması her ne kadar birbirinden farklı olsa da aynı sonuçları sağlamaları bakımından önemlidir. Böylece çok kriterli karar verme tekniklerinin hem birbirinin sağlaması gibi uygulanabilmesi hem de sonuçların daha sağlam ve rasyonel temellere dayandırılabilmesi açısından önem arz etmektedir.

Bundan sonra yapılacak benzer çalışmalarda farklı tekniklerin kullanılarak, tekniklerin birbirini destekleyen ve/veya birbirleriyle çelişen yönlerinin ortaya konabilmesi olasıdır.

Kaynakça

- Aktaş, R., Doğanay, M.M., Gökmen, Y., Gazibey, Y. ve Türen, U. (2015). Sayısal Karar Verme Yöntemleri. Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Anbarcı, M, Öz, B. ve Giran, Ö. (2017). İnşaat Yönetiminde Nakliye Aracı Seçiminde Moora Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi ile Bir Uygulama, Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi, Samsun.
- Arslan, H.M. (2017). AHP-ARAS Hibrit Yöntemi ile Lojistik İşletmelerinin En Uygun Araç Seçimi, The Journal of Operational Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems (alphanumeric journal), Volume: 5, Issue: 2.
- Çelikkbilek, Y. (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri – Açıklamalı ve Karşılaştırmalı Sağlık Bilimler Uygulamaları İle. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Danacı, Y. (2014). 4x4 Arazi Aracı Seçimi İçin Yaşam Boyu Maliyet Tabanlı Çok Kriterli Bir Yaklaşım, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Demirci, A. (2018). Health Sciences Research in the Globalizing World. İçinde R. Efe, E. Alexandrova, N.L. Shapekova, B. Ak ve F. Özcanaslan (Eds.). Analytic Hierarchy Process As Example of Establishment Place Selection (ss. 842-853). St. Kliment Ohridski University Press, Sofia, Bulgaria.
- Demirci, A. (2019). Sağlık Kurumları Yönetimi. İçinde Demirci A. ve Manavgat G. (Eds.). Sağlık Kurumlarında Karar Verme Teknikleri (ss. 237-262). Gazi Kitabevi, Ankara.
- Demirci, A. (2020). Sağlık Hizmetleri Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Dinçer, E. (2019). Çok Kriterli Karar Alma. Gece Akademi, Ankara.
- Mardani A., Zavadskas E.K., Govindan K., Senin A.A. ve Jusoh A. (2016). VIKOR Technique: A Systematic Review of the State of the Art Literature on Methodologies and Applications, MDPI Sustainability.
- Opricovic, S. (2009). Compromise in Cooperative Game and The VIKOR Method, Yugoslav Journal of Operations Research, Vol.: 19, No.: 2.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2007). Extended VIKOR Method in Comparison With Outranking Methods, European Journal of Operational Research, 178, Elsevier.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2004). Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS, European Journal of Operational Research, 156, Elsevier.
- Özbek, A. (2017). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü. Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar, Ankara.
- Özçalıcı, M. (2017). MATLAB İle Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Özüdoğru, A.G. ve Görener, A. (2018). Sağlık Yönetiminde Karar Verme – I, Çok Kriterli Karar Verme Uygulamaları İle. İçinde E. Önder ve B.F. Yıldırım (Eds.). Hastane Yeri Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanımı (ss. 63-84). Doya Basın Yayın Dağıtım, Bursa.
- Paksoy, S. (2017). Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar. Karahan Kitabevi, Adana.
- Serhat, A. ve Kahraman, C. (2014). Vehicle Selection for Public Transportation Using an Integrated Multi Criteria Decision Making Approach: A Case of Ankara, IOS Press Content Library, Volume: 26, Issue: 5.
- Soba, M. (2012). PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama, Journal of Yaşar University, 28(7).

Ulutaş, A. ve Yürüyen, A.A. (2019). Nakliye Aracı Seçimi İçin Karşılaştırmalı Çalışma. İçinde Full Paper Proceeding, II. International Conference on Empirical Economics and Social Science (ICEESS' 19).

Yaralıoğlu, K. (2010). Karar Verme Yöntemleri. Detay Yayıncılık, Ankara.

Yıldırım, B.F. ve Önder, E. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Dora Basın Yayın Dağıtım, Bursa.