

Dolum Hattı Makineleri için AHP ve TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi

Olçay KALAN*¹ ORCID 0000-0001-5828-7743

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 27.10.2023

Kabul tarihi: 25.12.2023

Atıf şekli/ How to cite: KALAN, O., (2023). Dolum Hattı Makineleri için AHP ve TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(4), 967-980.

Öz

Son zamanlarda tedarikçi seçimi işletmelerin başarısı için büyük rol oynamaktadır. Maliyetin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve rekabette avantajlı hale gelmesi için doğru tedarikçi seçimi büyük önem arz etmektedir. Tedarikçi seçerken kriterlerin çeşitli olması değerlendirme sürecini etkilemekte ve karar vermeyi zorlaştırmaktadır. Seçim problemlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımı belirtilen olumsuzlukları azaltmak için günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP (Analytical Hierarchy Process) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) entegre bir şekilde kullanılarak deterjan imalatı yapan bir fabrikaya sıvı dolum makinesi alımı için en iyi tedarikçinin seçimi amaçlanmıştır. İlk olarak literatür taraması yapılmış, daha sonra seçim için önemli kriterler ortaya konmuştur. Kriterler belirlendikten sonra AHP yöntemi ile kriterlerin öncelikleri belirlenmiş ve ardından TOPSIS yöntemi ile tedarikçilerin önem sırası belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda B firmasının makine alımı için en iyi alternatif tedarikçi olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, AHP, TOPSIS, Tedarikçi seçimi

Supplier Selection Based on AHP and TOPSIS Method for Filling Line Machines

Abstract

Recently, supplier selection has become important for the success of businesses. Choosing the right supplier is of great importance in order to reduce costs, increase customer satisfaction and gain competitive advantage. The variety of criteria when choosing a supplier affects the evaluation process and makes it difficult to make a decision. The use of multi-criteria decision-making methods in selection problems is frequently used today to reduce the mentioned disadvantages. In this study, it is aimed to choose the best supplier for the purchase of liquid filling machine for a detergent manufacturing factory by using AHP (Analytical Hierarchy Process) and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), which are multi-criteria decision making methods, in an integrated manner. First, a literature review was made, and then important criteria for selection were determined. After the criteria were determined, the priorities of the criteria were determined with the AHP method, and then the priority order

*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Olçay KALAN, okalan@cu.edu.tr

of the suppliers was determined with the TOPSIS method. As a result of the evaluation, it has been determined that company B is the best alternative supplier for machinery purchase.

Keywords: Multiple criteria decision making, AHP, TOPSIS, Supplier selection

1. GİRİŞ

Tedarikçi seçimi, tedarik edilecek hammadde, mamul veya yarı mamulün hangi tedarikçiden alınması gerektiğine karar verilmesi sürecidir. Bu süreçte doğru satın alma kararının verilmesiyle maliyetin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve rekabette avantajlı duruma gelinmesi hedeflenmektedir. Son dönemlerde tedarik edilecek firmanın seçiminde birçok kriterin yer alması ve firmalara göre bu kriterlerin önem derecesinin farklılaşması karar mekanizmasını karmaşık hale getirmekte ve zorlaştırmaktadır. Bu nedenle seçim problemi çok kriterli karar verme problemi (ÇKKV) olarak ele alınmaktadır.

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde birçok yöntem kullanılmaktadır. Alternatif tedarikçilerin değerlendirilmesi ve en uygun tedarikçinin seçilmesinde çok kriterli yöntemlerin kullanılmasıyla işletmede yer alan kaynaklar daha verimli şekilde kullanılmakta ve yöneticiler daha kolay karar verebilmektedir [1]. Bu yöntemler arasında AHP, ANP, Veri Zarflama Analizi, SMART, TOPSIS, ELECTRE, MOORA gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Özellikle AHP ve TOPSIS yöntemleri daha hızlı sonuç elde etmek amacıyla hem öznel hem nesnel ölçütlerin bir arada değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Yapılan bu çalışmada öncelikle literatürde yer alan tedarikçi seçiminde ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemlerini beraber kullanan çalışmalar incelenmiştir.

Bagheri ve Tarokh, çalışmalarında 2010 yılında tedarikçi seçiminde hangi kriterlerin önemli olduğunu belirlemiş, bu kriterleri kullanarak örnek uygulama ile tedarikçi seçimi yapmışlardır. AHP ve bulanık TOPSIS kullanarak toplam maliyet fonksiyonu, kalite fonksiyonu ve servis fonksiyonunu ana kriterler olarak belirlemişler ve

tekstil sektöründe önerdikleri uygulamada 4 alternatiften 1. Alternatifi tedarikçi olarak belirlemişlerdir [3].

Supçiller ve Çapraz'ın 2011 yılında yaptıkları çalışmada oluklu mukavva kutu üretimi yapan bir firma için tedarikçi seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. İlk olarak AHP yöntemi ile ana kriterlerin önem dereceleri belirlenmiş daha sonra TOPSIS yöntemi kullanılarak işletmenin mevcut tedarikçileri arasından seçim yapılmıştır [2].

Zeydan ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışmada Türkiye'nin en büyük araba üreticisi için tedarikçi seçiminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. İlk olarak nitel performansın değerlendirilmesinde bulanık AHP yöntemi kullanılmış ardından bulanık TOPSIS yöntemi ile de tedarikçi sıralaması yapılmıştır. Yapılan çalışmada nitel değişkenler veri zarflama analizi ile nicel değişkenlere dönüştürülmüştür [4]. Yine 2012 yılında Tayyar'ın yaptığı çalışmada gıda sektöründeki pet şişe üretimi yapan bir firma için tedarikçi seçiminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bulanık AHP yöntemi kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde, bulanık TOPSIS yöntemi ise tedarikçilerin sıralanması için kullanılmıştır [5].

2013 yılında Önder ve Dağ'ın yaptığı çalışmada, elektrolitik bakır katot tedarikinde AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlar ve 4 alternatif arasından en iyisini belirlemişlerdir [6].

Arıkan ve Gökbek' in 2014 yılında yaptıkları çalışmada, bir elektronik firmanın tedarikçi seçiminde kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiş, alternatiflerin sıralaması ise TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Yine Gökbek' in aynı yılda yaptığı çalışmada TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinden tedarikçilerin sıralanmasında yararlanılmıştır. Çalışmada 21 kriter belirlenerek 4

alternatif firma arasından bu kriterler dikkate alınarak seçim yapılmıştır [7].

2014 yılında Junior ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada otomotiv sektöründe tedarikçi seçimi için bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri entegre bir şekilde kullanılmıştır. Yapılan çalışmada motosiklet üreten bir üretici firmasında şanzıman kablosu tedariki için beş kriter dikkate alınarak beş adet alternatif firma arasından seçim yapılmıştır [8]. Aynı yılda Koçak'ın yaptığı çalışmada Türkiye'de Kayseri'de organize sanayi bölgesinde yer alan bir mobilya fabrikası için orman endüstrisi ürünleri tedarikinde 6 adet kriter belirlenmiş ve 5 adet tedarikçi firmanın seçim sıralamasında ANP, AHP, ELECTRE, TOPSIS ve SAW yöntemleri kullanılmıştır [9].

Gündüz ve Güler'in 2015 yılında yaptığı çalışmada, bir termal turizm işletmesinde ürün tedarikinde 7 adet kriter belirlenerek AHP yöntemi ile önem dereceleri saptanmış daha sonra 7 adet alternatif tedarikçi arasından seçim yapmak için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır [10]. Yine aynı yılda Şahin ve Supçiller' in yaptıkları çalışmada, AHP, TOPSIS ve K-ortalamlar yöntemi kullanarak 20 adet tedarikçi firması için kümeleme yapan bir karar destek sistemi önermişlerdir [11].

2016 yılında Geyik ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, ders kitabı basımevi seçimi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak seçim yapılmıştır. Çalışmada dört adet seçim kriteri belirlenerek altı adet alternatif basımevi için TOPSIS yöntemi kullanarak seçim yapılmıştır [12]. Yine aynı yıl Çelik ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, otomotiv sektöründeki 3 alternatif firma için tedarikçi seçimi uygulaması yapılmış, seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması için bulanık AHP yöntemi 3 adet alternatif tedarik firması arasından, seçim için ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır [13].

Günay ve Ünal'ın 2016 yılında yaptığı başka bir çalışmada ise, bir telekomünikasyon şirketinde tedarikçi seçimi için AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Öncelikle AHP yöntemi ile 7 kriter için önem sırası belirlenmiş daha sonra bu kriterler dikkate alınarak 4 uluslararası tedarikçi

arasından TOPSIS yöntemi ile seçim yapılmıştır [14]. Yine aynı yılda Güneş ve Çavdar'ın yaptıkları çalışmada kişiye özel lüks giysi üreten bir firma için tedarikçi seçimi yapılmıştır. Yöntem olarak 7 adet kriterin derecelendirilmesinde AHP yöntemi, 7 adet tedarikçinin sıralanmasında TOPSIS yöntemi kullanılmıştır [15].

Yerlikaya ve Arıkan'ın 2017 yılında yaptıkları çalışmada, kimya endüstrisindeki bir firmanın test kiti tedarikçi seçimi için AHP ve CRITIC yöntemi ile kriterlerin önem derecesi belirlenmiş, daha sonra TOPSIS yöntemi ile 4 adet test kiti üreten firma arasından seçim yapılmıştır [16].

2018 yılında Aydın ve Eren'in yaptıkları çalışmada ise özel alaşımli çelik bir parçanın tedarik edilmesinde 10 adet alternatif tedarik firması arasından TOPSIS yöntemi ile seçim yapılmıştır. Öncesinde AHP yöntemi kullanılarak 6 adet kriter önem derecelerine göre sıralanmıştır [17].

Alakaş ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları çalışmada öncelikle AHP yöntemi ile 4 adet ambulans tedarikçisi seçim kriterleri ağırlıklandırılmış, daha sonra 4 adet ambulans tedarikçisi arasından TOPSIS ve VIKOR yöntemlerine göre seçim yapılmıştır [18].

2021 yılında Öztürk ve Tekin'in yaptıkları çalışmada ise, gıda sektöründe tedarikçi seçimi için AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılmıştır. 4 adet kriterin önem sırası AHP yöntemi ile belirlendikten sonra 5 adet tedarikçi firması arasından TOPSIS yöntemi ile seçim yapılmıştır [19].

Literatür taraması sonucunda deterjan imalatı yapan bir fabrikada kullanılmak üzere sıvı dolmuş makinesi alımı için tedarikçi seçiminde maliyet, kalite, teknoloji, tedarik süresi ve ödeme yöntemi değerlendirme için belirlenmiş ve tanımlanmıştır.

Daha sonra AHP yöntemi bu kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde, TOPSIS yöntemi ise 3 adet alternatif tedarikçi firmanın önem sırasını belirlemek için kullanılmış ve fabrika için en uygun tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Günümüzde artan rekabet ortamında işletmelerin satın alma maliyetlerini azaltmak ve müşteri memnuniyetini arttırmak amacıyla doğru tedarikçiyi belirlemeleri büyük önem kazanmıştır. Tedarikçi seçiminde her işletmenin farklı ihtiyaçlarından kaynaklı olarak seçim problemi daha karmaşık bir hale gelmiş ve karar vericiler tarafından ele alınan kriterlerin sayısının artması bu problemi daha da zorlaştırmıştır. Bu ÇKKV problemlerinin çözümü için birçok yöntem kullanılmaktadır. Özellikle AHP ve TOPSIS yöntemleri karar vericiler için kolay anlaşılabilir ve uygulanabilir olması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde tedarikçi seçim problemlerinde de yaygın olarak bu yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada deterjan imalatı yapan bir fabrikaya sıvı dolum makinesi alımı için doğru tedarikçiyi seçmek amacıyla AHP yöntemi ile TOPSIS yöntemi entegre bir şekilde uygulanmıştır. Öncelikle AHP yöntemi ile tedarikçi seçim kriterleri ağırlıklandırılmış daha sonra TOPSIS yöntemi ile bu kriterler göz önünde bulundurularak

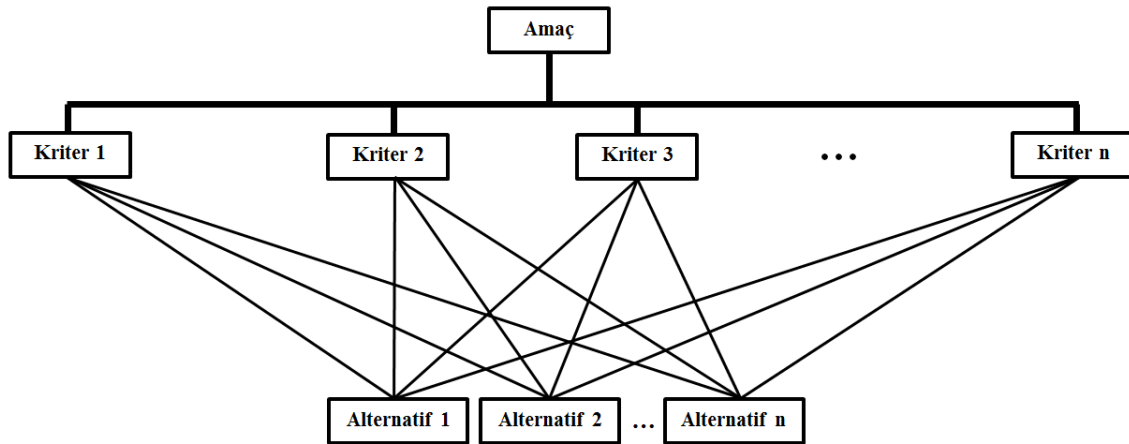
alternatif tedarikçiler arasında seçim gerçekleştirilmiştir.

2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme tekniğidir [20].

AHP tekniği, karar problemlerinin çözümünde matematiksel ve mantıksal ifadelerden yararlanılması yönünden analitik, kriterleri ve alternatifleri amaca uygun olarak değerlendirmesi açısından hiyerarşik yapıya sahip bir tekniktir.

Hiyerarşik yapı oluşturulurken amaca uygun karar verme için alternatifler ile bu alternatiflerin değerlendirilmesi için dikkate alınacak kriterler ortaya konmaktadır. En üstte amaç belirtilirken orta kısımda kriterler en alt seviyede ise alternatifler yer almaktadır [21]. Bu kriterlerin hem karar verme problemini en iyi yansıtacak hem de dikkate alınması gereken tüm öğeleri içerecek şekilde belirlenmesi en önemli hususlardan biridir. Şekil 1'de AHP tekniğinin hiyerarşik yapısı gösterilmektedir.

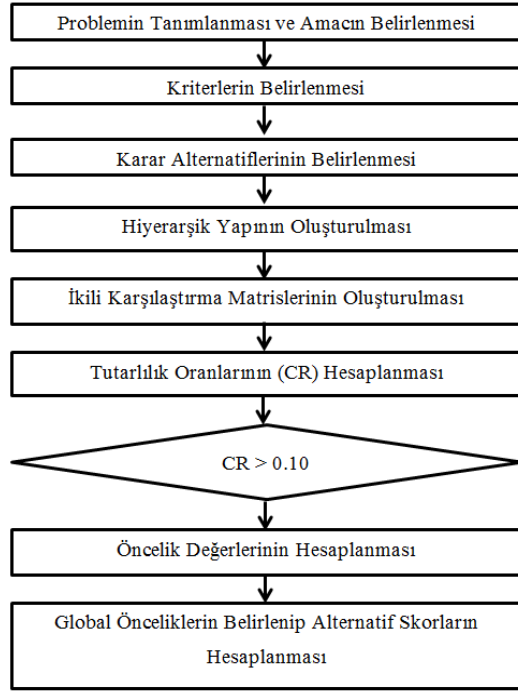


Şekil 1. AHP hiyerarşik yapısı

AHP tekniğinde hiyerarşik yapı belirlendikten sonra tüm kriterler analitik olarak değerlendirilmektedir. Alternatiflerin değerlendirilmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır. Bu matrislerde yer alan veriler

karar verme problemi için görüş bildirecek uzman kişiler yardımıyla elde edilmektedir [22]. Daha sonra değerlendirilecek olan nicel ve nitel kriterler sayısal olarak ölçümlendirilip değerlendirilmekte ve amaca uygun en iyi alternatif seçimi yapılmaktadır.

Özetle AHP tekniği Şekil 2'deki aşamalardan oluşmaktadır [22]:



Şekil 2. AHP aşamaları

Problem Tanımlanması ve Amacın Belirlenmesi; ilk olarak karar verme problemine ait amacın ne olduğu ifade edilmektedir.

Kriterlerin Belirlenmesi; daha sonra bu amaca yönelik tüm değerlendirme kriterleri belirlenmektedir.

Karar Alternatiflerinin Belirlenmesi; probleme ait tüm kriterler belirlendikten sonra bu kriterler ile değerlendirilecek olan alternatifler ortaya konmaktadır. Böylece probleme ait hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır.

İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması; probleme ait tüm kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri ve bunun için sayısal olarak bir ölçeklendirme gereklidir. İkili karşılaştırmaların yapılmasında Çizelge 1'deki Saaty tarafından 1977 yılında oluşturulan puan skalası kullanılmaktadır [20].

Çizelge 1. İkili karşılaştırmada kullanılan puan skalası

Kriter önem derecesi	Tanım
1	Eşit derecede önemli
3	Orta derecede önemli
5	Kuvvetli derece önemli
7	Çok kuvvetli derece önemli
9	Mutlak derecede önemli
2-4-6-8	Ortalama (ara) değerler

İkili Karşılaştırma matrisleri A matrisi olarak isimlendirilmekte ve uzman görüşleri yardımıyla puan skalasındaki önem derecelerine göre oluşturulmaktadır. Bu matrislerde her bir matris elemanı a_{ij} olarak isimlendirilmekte ve bu değerler i. karar alternatifi veya kriterinin j. karar alternatifi veya kriterine göre belirlenen önem değeridir. Bu matrisler Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$A = a_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

A matrisi köşegen elemanları 1 olan ve karşılıklı kıyaslamalar doğrultusunda $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ olan bir kare matristir. Örneğin eğer A alternatifi veya kriterinin B alternatif veya kriterine göre önem derecesi 7 ise, B alternatif veya kriterinin A alternatif veya kriterine göre 1/7 düzeyinde önem derecesine sahip olduğu belirlenmektedir.

Önem dereceleri tespit edildikten sonra oluşturulan matriste kriterlerin bütün içerisindeki önem ağırlıkları hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada her bir sütun değeri Eşitlik 2'den faydalanarak hesaplanmaktadır:

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Burada, kriterlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren bir matris oluşturulur. Oluşturulan bu matris C matrisi olarak ifade

edilmektedir. Bu matrisin elemanı olan her bir c_{ij} değeri hesaplanırken, A matrisindeki her bir sütunda toplam değerler bulunur ve A matrisinin her bir elemanı bu değere bölünerek c_{ij} değerleri elde edilir. Elde edilen bu matris A matrisinin normalize edilmiş halidir.

Normalize edilerek elde edilen C matrisinde her bir satırın ortalaması alınarak her bir kritere ait öncelik vektörü W değerleri hesaplanır. Bu hesaplama Eşitlik 3'te gösterilmiştir.

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

Tutarlılık Oranının Hesaplanması; Öncelik vektörü belirlendikten sonra karar vericilerin kişisel değerlendirmelerinden kaynaklı tutarlılığın test edilmesi gerekmektedir. Bunun için tutarlılık oranlarının hesaplanması gerekmektedir [23]. İkili karşılaştırma matrisleri % 100 tutarlı ise kriter sayısı n değeri A matrisinin en büyük özdeğeri olur ve $n = \lambda_{max}$ olarak yazılmaktadır [22]. $A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w$ eşitliğinden A matrisinin en büyük özdeğeri Eşitlik 4' teki gibi hesaplanmaktadır:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad (4)$$

A matrisinde tutarsızlık fazla ise λ_{max} , n'den o derece uzaktır. Tutarlılığın ölçümünde "**Tutarlılık Endeksi**" (CI) ve "**Tutarlılık Oranı**" (CR) değerleri hesaplanmaktadır [22]. "**Tutarlılık Endeksi**" Eşitlik 5'te, "**Tutarlılık Oranı**" ise Eşitlik 6'da yer alan formüllerle hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Eşitlik 6'da yer alan RI, rastsal endeks değerini temsil etmektedir. Saaty tarafından sabit sayıların yer aldığı ve n değerine göre değişen endeks değerleri Çizelge 2. 'de gösterilmiştir [24].

Çizelge 2. Rastgele endeks değerleri

N değeri	1	2	3	4	5	6
RI değeri	0	0	0,58	0,89	1,12	1,24
N değeri	7	8	9	10	11	12
RI değeri	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48

Eğer CR değeri 0,10 değerinden düşük ise ikili karşılaştırma matrisi tutarlıdır denir. Yapılan hesaplamalar sonucunda tutarsızlık söz konusu ise yapılan ikili karşılaştırmalar tekrar değerlendirilmelidir.

En yüksek öncelikli alternatifin seçilmesi; bütün ikili kıyaslamalar değerlendirildikten sonra en yüksek öncelik değerine sahip olan seçenek karar verici için en uygun alternatiftir.

2.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme tekniğidir [25].

TOPSIS yöntemi, anlaşılmasının kolay oluşu ve karmaşık matematiksel hesaplamalar içermemesinden dolayı sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir [22].

Bu yöntemde iki temel kavram yer almaktadır: pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm. Pozitif ideal çözüm, fayda veya kazancı maksimize eden veya maliyeti minimize eden çözümdür. Negatif ideal çözüm ise, tam tersine fayda veya kazancı minimize eden veya maliyeti maksimize eden çözümdür. En uygun alternatifin, pozitif ideal çözüme yakın, negatif ideal çözümden uzak olması istenir. Bu yakınlık veya uzaklık, ideal çözüm noktalarına olan uzaklıkların hesaplanmasıyla belirlenmektedir. Bu uzaklıkların karşılaştırılması ile alternatifler arasında sıralamalar belirlenerek en uygun alternatif seçilmektedir.

TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir süreç içermektedir [22]:

1. Karar matrisinin elde edilmesi,
2. Normalize (Standart Karar) matrisinin elde edilmesi,

3. Ağırlıklandırılmış Normalize (Ağırlıklandırılmış Standart Karar) matrisinin elde edilmesi,
4. Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi,
5. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm noktalarına olan uzaklıkların belirlenmesi,
6. İdeal çözüme nispi (Göreceli) yakınlığın hesaplanması.

Bu adımlar şu şekilde özetlenmektedir:

Adım 1: Karar matrisinin elde edilmesi; karar vericiler tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Bu matris A matrisi olarak isimlendirilmekte ve satırlar üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifleri belirtirken, sütunlar karar verilmesi için dikkate alınan değerlendirme kriterlerini içermektedir. Eşitlik 7' de m adet karar alternatifi ve n adet değerlendirme kriterinden oluşan bir karar matrisinin genel gösterimi yer almaktadır.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 2: Normalize (Standart Karar) matrisinin elde edilmesi; Standart karar matrisi Eşitlik 7' de belirtilen A karar matrisinin normalize edilmesi ile elde edilmektedir. Normalizasyon işlemi farklı şekillerde gerçekleştirilirken sıklıkla vektör normalizasyonundan yararlanılmaktadır [22]. Vektör normalizasyonunda A matrisinde yer alan her bir değerın kareleri alınarak bu değerler sütunlar için ayrı ayrı toplanmakta ve her bir a_{ij} değeri yer aldığı sütunun toplamının kareköküne bölünmektedir. Bu normalizasyon işlemi Eşitlik 8' de gösterilmektedir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i=1, \dots, m \text{ ve } j=1, \dots, n) \quad (8)$$

x_{ij} değerlerinden oluşan normalize edilmiş matris (X_{ij}) Eşitlik 9'da gösterilmektedir.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış Normalize (Standart Karar) matrisinin elde edilmesi; elde edilen normalize matriste değerlendirme kriterlerine ait ağırlık değerleri uzman görüşü veya AHP, ANP, CRITIC, DEMATEL, SWARA vb. yöntemler kullanılarak belirlenir ve normalize matristeki her bir eleman bu kriter ağırlıklarıyla çarpılarak Ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir.

Ağırlıklandırılmış normalize matris (W_{ij}) Eşitlik 10'da gösterildiği gibidir.

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Adım 4: Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi; pozitif ideal çözüm değerleri belirlenirken eğer amaç maksimizasyon ise W_{ij} matrisinde her bir sütunda en büyük değerler, eğer amaç minimizasyon ise W_{ij} matrisinde her bir sütunda en küçük değerler pozitif ideal çözüm değerlerini oluşturmaktadır.

Negatif ideal çözüm değerleri belirlenirken ise, eğer amaç maksimizasyon ise W_{ij} matrisinde her bir sütunda en küçük değerler, eğer amaç minimizasyon ise W_{ij} matrisinde her bir sütunda en büyük değerler negatif ideal çözüm değerlerini oluşturmaktadır.

Pozitif ideal çözüm değerleri Eşitlik 11'de ve negatif ideal çözüm değerleri Eşitlik 12'de gösterilmiştir.

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i w_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i w_{ij} \mid j \in J^* \right) \right\} \quad (11)$$

$$A^+ = \{w_1^+, w_2^+, \dots, w_n^+\}$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i w_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i w_{ij} \mid j \in J^* \right) \right\} \quad (12)$$

$$A^- = \{w_1^-, w_2^-, \dots, w_n^-\}$$

Her iki formülde J maksimizasyonu, J^* ise minimizasyon değerini göstermektedir.

Adım 5: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm noktalarına olan uzaklıkların belirlenmesi; ağırlıklandırılmış normalize matriste her bir değer pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları Öklidyen Uzaklık Yaklaşımı kullanılarak Eşitlik 13 ve Eşitlik 14'teki gibi hesaplanmaktadır.

Pozitif ideal çözüme olan uzaklık:

$$T_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - w_j^+)^2} \quad (13)$$

Negatif ideal çözüme olan uzaklık:

$$T_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - w_j^-)^2} \quad (14)$$

Adım 6: İdeal çözüme nispi (Göreceli) yakınlığın hesaplanması; ideal çözüme nispi yakınlık Eşitlik 15'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$C_i^* = \frac{T_i^-}{T_i^- + T_i^+} \quad (15)$$

Burada $C_i^* = 1$ değeri ilgili alternatifin pozitif ideal çözüme mutlak yakınlığı,

$C_i^* = 0$ değeri ise ilgili alternatifin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığı göstermektedir. C_i^* değeri 1'e yakın olan alternatif en iyi alternatif olarak, 0'a yakın olan alternatif en kötü alternatif olarak sıralanmaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

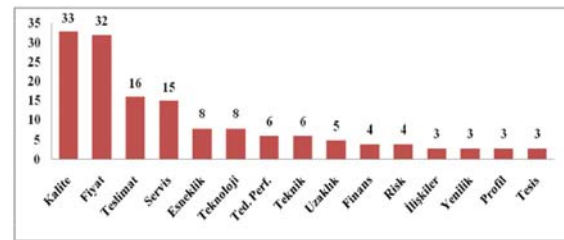
3.1. Dolum Hattı Makinelerinin Tedarikçi Seçim Problemi

Deterjan imalatı yapan bir fabrikaya 8 nozullu bir sıvı dolma makinesi siparişi verilecektir. Bu makine

siparişi için AHP ve TOPSIS yöntemleri entegre bir şekilde uygulanarak 5 adet kriter dikkate alınmış 3 adet alternatif tedarikçi firmaların önem sırası belirlenmiştir.

3.1.1. Kriterlerin Tanımlanması

Yapılan literatür taramasına göre en iyi tedarikçi firmanın seçiminde Şekil 3'te verilen kriterler dikkate alınmaktadır.



Şekil 3. Tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesinde kullanılan kriter sıklıkları [3]

Buna göre en çok kullanılan kriterler kalite, fiyat, teslimat, süre, esneklik, teknoloji, teknik, uzaklık vb. olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada ise sıvı dolma makinesi tedariki için fabrikada yer alan satın alma uzmanlarının görüşleri doğrultusunda bu kriterlerden maliyet, kalite, teknoloji, süre ve ödeme yöntemi kriterleri daha fazla önem arz ettiği belirlenmiştir.

Maliyet: Tedarikçi firmaların seçiminde en önemli etkenlerden biridir.

Kalite: Tedarikçi firmaları, ürün ve imalat aşamalarının talebin gerektirdiği gerekliliklere cevap verebilme ve değerliliği açısından değerlendirilmektedir.

Teknoloji: Teknoloji, firmaların teknik ve donanımsal olarak hangi seviyede olduğunu net bir şekilde gösteren kritik bir faktördür.

Süre: Süre, birçok alanda tedarikçi seçerken kullanılan önemli bir kriterdir. Özellikle hızlı tüketim sektöründe hayati bir öneme sahiptir.

Ödeme yöntemi: Ödeme yöntemi, son yıllarda finans ve bankacılık faaliyetlerinin gelişmesiyle daha çok önemsenen bir kriter haline gelmiştir.

3.1.2. İkili Karşılaştırma Karar Matrisinin Oluşturulması

Kriterlerin ikili karşılaştırmalarında Saaty tarafından önerilen önem skalası kullanılmıştır.

Öncelikle kriterler için gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda Çizelge 3'te verilen ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 3. Kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriterler arası karşılaştırma matrisi					
Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	Maliyet	Kalite	Teknoloji	Süre	Ödeme yöntemi
Maliyet	1	2	7	4	3
Kalite	0,50	1	5	3	2
Teknoloji	0,142857	0,20	1	0,25	0,25
Süre	0,25	0,333333	4	1	0,2
Ödeme yöntemi	0,333333	0,50	4	5	1
Toplam	2,226190	4,033333	21	13,25	6,45

Daha sonra kriterler için normalleştirme matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 4)

Çizelge 4. Kriterler arası normalleştirilme matrisi

Kriterlerin normalize matrisi					
Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	Maliyet	Kalite	Teknoloji	Süre	Ödeme yöntemi
Maliyet	0,449197	0,495867	0,333333	0,301886	0,465116
Kalite	0,224598	0,247933	0,238095	0,226415	0,310077
Teknoloji	0,064171	0,049586	0,047619	0,018867	0,038759
Süre	0,112299	0,082644	0,190476	0,075471	0,031007
Ödeme Yöntemi	0,149732	0,123966	0,190476	0,377358	0,155038
Toplam	1	1	1	1	1

Ardından kriterler arası normalleştirme matris öncelik değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5)

Çizelge 5. Kriterler arası normalleştirilme matrisi ağırlık değerleri

Kriterlerin normalize matrisi	
Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	Öncelikler vektörü
Maliyet	0,409080
Kalite	0,249424
Teknoloji	0,043800
Süre	0,098379
Ödeme Yöntemi	0,199314

Öncelik vektörleri incelendiğinde; maliyet ve kalite kriterlerinin diğer kriterlere oranla daha çok önem arz ettiği görülmektedir.

Daha sonra kriterlerin önem dereceleri belirlenirken tutarlılık testi ile uzman görüşlerinin tutarsızlık oranları hesaplanmıştır.

Çizelge 6. Kriterler arası tutarlılık değerleri

Tutarlılık oranı hesabı				
Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
2,205998	5,392579	5,354394	0,088598	0,079105
1,366737	5,479573			
0,226549	5,172253			
0,498857	5,070728			
1,127490	5,656836			

Çizelge 6'da belirtilen tutarlılık oranı hesabına göre tutarlılık testinin sonucu 0,10'dan küçük olduğu için bu matris tutarlıdır.

Ardından her kriter için ayrı ayrı alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve tutarlılıkları test edilmiştir.

Alternatifler için matrisler: Öncelikle maliyet kriteri için alternatifler değerlendirilmiş ve değerlendirme matrisi Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Alternatifler için maliyet kriteri karşılaştırma matrisi

Maliyet kriteri			
Alternatifler	A	B	C
A	1	0,50	4
B	2	1	6
C	0,25	0,166666667	1
Toplam	3,25	1,666666667	11

Daha sonra bu matrisin normalleştirilme matrisi oluşturularak maliyet kriteri için alternatiflerin karşılaştırılması yapılmıştır ve Çizelge 8'de gösterilmiştir. Sırasıyla B ve A firmalarının maliyet kriteri için C firmasına göre daha uygun olduğunu görülmektedir.

Çizelge 8. Alternatifler için maliyet kriteri normalleştirme matrisi

Normalize maliyet kriteri				Öncelikler vektörü
Alternatifler	A	B	C	
A	0,307692	0,3	0,363636	0,323776
B	0,615384	0,6	0,545454	0,586946
C	0,076923	0,1	0,090909	0,089277

Öncelik değerleri hesaplandıktan sonra tutarlılık testi yapılmış ve tutarlılık testinin sonucu 0,10'dan küçük olduğu için tutarlı olduğu Çizelge 9'da gösterilmiştir.

Çizelge 9. Alternatifler için maliyet kriteri tutarlılık testi

Maliyet kriteri tutarlılık oranı hesabı				
Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
0,974358	3,009359	3,009212	0,004606	0,007942
1,770163	3,015885			
0,268045	3,002393			

Kalite kriterinin alternatifler arasında değerlendirilmesi için oluşturulan matris Çizelge 10'da gösterilmiştir.

Çizelge 10. Alternatifler için kalite kriteri karşılaştırma matrisi

Kalite kriteri			
Alternatifler	A	B	C
A	1	0,33	5
B	3	1	7
C	0,20	0,142857	1
Toplam	4,2	1,476190	13

Daha sonra bu matrisin normalleştirilme matrisi oluşturularak kalite kriteri için alternatiflerin karşılaştırılması yapılmıştır ve Çizelge 11'de gösterilmiştir.

Kalite kriterinde alternatifler arasından B firmasının diğer firmalara göre çok daha iyi olduğu hesaplanan öncelik vektöründen görülmektedir.

Çizelge 11. Alternatifler için kalite kriteri normalleştirme matrisi

Normalize kalite kriteri				Öncelikler vektörü
Alternatifler	A	B	C	
A	0,238095	0,225806	0,384615	0,282839
B	0,714285	0,677419	0,538461	0,643388
C	0,047619	0,096774	0,076923	0,073772

Öncelik değerleri hesaplandıktan sonra tutarlılık testi yapılmış ve tutarlılık testinin sonucu 0,10'dan küçük olduğu için matrisin tutarlı olduğu Çizelge 12'de gösterilmiştir.

Çizelge 12. Alternatifler için kalite kriteri tutarlılık testi

Kalite kriteri tutarlılık oranı hesabı				
Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
0,866162	3,062386	3,065511	0,032755	0,056475
2,008310	3,121456			
0,222252	3,012691			

Teknoloji kriteri için alternatiflerin değerlendirilme matrisi Çizelge 13'te gösterilmiştir.

Çizelge 13. Alternatifler için teknoloji kriteri karşılaştırma matrisi

Teknoloji kriteri			
Alternatifler	A	B	C
A	1	0,33	2
B	3	1	5
C	0,50	0,20	1
Toplam	4,5	1,533333	8

Daha sonra bu matrisin normalleştirilme matrisi oluşturularak teknoloji kriteri için alternatiflerin karşılaştırılması yapılmıştır ve Çizelge 14'te gösterilmiştir.

Teknoloji kriterinde de yine alternatifler arasından B firmasının diğer firmalara göre daha iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 14. Alternatifler için teknoloji kriteri normalleştirme matrisi

Normalize teknoloji kriteri				Öncelikler vektörü
Alternatifler	A	B	C	
A	0,222222	0,217391	0,250000	0,229871
B	0,666666	0,652173	0,625000	0,647946
C	0,111111	0,130434	0,125000	0,122181

Teknoloji kriteri için oluşturulan matrisin tutarlılık testi yapılmış ve Çizelge 15'te gösterilmiştir.

Çizelge 15. Alternatifler için teknoloji kriteri tutarlılık testi

Teknoloji kriteri tutarlılık oranı hesabı				
Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
0,690217	3,002626	3,003696	0,001848	0,003186
1,948470	3,007145			
0,366706	3,001317			

Tutarlılık testinin sonucunda CR değerinin 0,10'dan küçük olduğu için bu matrisin tutarlı olduğu görülmektedir.

Daha sonra süre kriteri için değerlendirme matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 16'da gösterilmiştir.

Çizelge 16. Alternatifler için süre kriteri karşılaştırma matrisi

Süre kriteri			
Alternatifler	A	B	C
A	1	2,00	5
B	0,5	1	3
C	0,2	0,333333	1
Toplam	1,7	3,333333	9

Ardından bu matris için normalleştirme yapılmış ve öncelik vektörü hesaplanmıştır. Çizelge 17'de gösterilen bu matriste belirtilen öncelik vektörü değerlerine göre süre kriterinde alternatifler arasından A firmasının diğer firmalara göre daha iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 17. Alternatifler için süre kriteri normalleştirme matrisi

Normalize süre kriteri				Öncelikler vektörü
Alternatifler	A	B	C	
A	0,588235	0,6	0,555555	0,581263
B	0,294117	0,3	0,333333	0,309150
C	0,117647	0,1	0,111111	0,109586

Tutarlılık testi süre kriteri için oluşturulan matrise de uygulanmış ve CR değeri 0,10'dan küçük olduğu için bu matrisin tutarlı olduğu gösterilmiştir. (Çizelge 18.)

Çizelge 18. Alternatifler için süre kriteri tutarlılık testi

Süre kriteri tutarlılık oranı hesabı				
Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
1,747494	3,006371	3,003696	0,001848	0,003186
0,928540	3,003523			
0,328888	3,001192			

Aynı adımlar en son kriter ödeme yöntemi için de uygulanmış ve ilk olarak değerlendirme matrisi Çizelge 19'da gösterilmiştir.

Çizelge 19. Alternatifler için ödeme yöntemi kriteri karşılaştırma matrisi

Ödeme yöntemi kriteri			
Alternatifler	A	B	C
A	1	0,50	4
B	2	1	6
C	0,25	0,166666	1
Toplam	3,25	1,666666	11

Daha sonra bu matrisin normalizasyonu gerçekleştirilmiş ve Çizelge 20'de hesaplanan öncelik vektörüne göre ödeme yöntemi kriterinde alternatifler arasından B firmasının diğer firmalara göre daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 20. Alternatifler için ödeme yöntemi kriteri normalleştirme matrisi

Normalize ödeme yöntemi kriteri				Öncelikler vektörü
Alternatifler	A	B	C	
A	0,307692	0,3	0,363636	0,323776
B	0,615384	0,6	0,545454	0,586946
C	0,076923	0,1	0,090909	0,089277

Ödeme yöntemi kriteri için oluşturulan matrisin tutarlılık testi yapılmış ve Çizelge 21'de gösterilmiştir.

Çizelge 21. Alternatifler için ödeme yöntemi kriteri tutarlılık testi

Ödeme yöntemi kriteri tutarlılık oranı hesabı				
Tüm öncelikler matrisi	λ	λ_{max}	CI	CR
0,974358	3,009359	3,009212	0,004606	0,007942
1,770163	3,015885			
0,268045	3,002393			

Tutarlılık testinin sonucu 0,10'dan küçük olduğu için bu matris tutarlıdır.

3.2. TOPSIS Yönteminin Uygulanması

Tedarikçi firmaların kriterlere göre değerlendirilmesi için karar matrisi oluşturulmuş ve uzman değerlendirilmesi sonucu oluşan karar matrisi Çizelge 22'de gösterilmiştir.

Çizelge 22. AHP kriter ağırlıkları ve TOPSIS puanlaması

	Kriter ağırlıkları				
	0,409080	0,249424	0,043800	0,098379	0,199314
	Maliyet	Kalite	Teknoloji	Süre	Ödeme yöntemi
A	5	6	6	6	5
B	7	8	7	5	6
C	3	4	4	4	3

Çizelge 22.' de firmalara maliyet, kalite, teknoloji, süre ve ödeme yöntemi kriterlerine 1-10 arasında değerler verilmiştir. Bu değerlere ve AHP metoduyla bulduğumuz kriter ağırlıkları değerleri eklenmiştir.

Çizelge 23. Normalleştirilmiş matris

	Normalize matris				
	Maliyet	Kalite	Teknoloji	Süre	Ödeme yöntemi
A	0,548821	0,557086	0,597022	0,683763	0,597614
B	0,768349	0,742781	0,696526	0,569802	0,717137
C	0,329292	0,371390	0,398014	0,455842	0,358568

Çizelge 23'te karar matrisinin normalleştirilmesi yapılmış ardından eklenen ağırlıklarla birlikte karar matrisinin ağırlıklandırılmış normalize matrisi Çizelge 24' te gösterilmiştir.

Çizelge 24. Ağırlıklı normalleştirilmiş matris

	Ağırlıklı normalize matris				
	Maliyet	Kalite	Teknoloji	Süre	Ödeme yöntemi
A	0,224512	0,138950	0,026150	0,067268	0,119113
B	0,314316	0,185267	0,030508	0,056057	0,142935
C	0,134707	0,092633	0,017433	0,044845	0,071467

Daha sonra TOPSIS yönteminin son adımı pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanmış ve Çizelge 25'te gösterilmiştir. Bu değerler hesaplanırken maliyet ve süre kriterleri için minimum değerler kalite, teknoloji ve ödeme yöntemi için maksimum değerler çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 25. Pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri

Pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri					
Pozitif ideal çözüm	0,134707	0,185267	0,030508	0,044845	0,142935
Negatif ideal çözüm	0,314316	0,092633	0,017433	0,067268	0,071467

Son olarak bu değerlerden yola çıkarak pozitif ideal uzaklık ve negatif uzaklık değerleri hesaplanmış ve ideal çözüme göreceli yakınlık Çizelge 26'da gösterilmiştir.

Çizelge 26. Yakınlık değerleri ve sıralama

	Pozitif ideal uzaklık	Negatif ideal uzaklık	İdeal çözüme göreceli yakınlık	Sıralama
A	0,106298	0,112054	0,513179	2
B	0,118259	0,397017	0,770493	1
C	0,184796	0,184796	0,5	3

Tüm kriterler için alternatiflerin değerlendirilmesi amacıyla yapılan tüm bu adımlar sonucunda firmaların sıralaması elde edilmiştir. Elde edilen değerlere göre B firmasının tüm kriterler üzerinden değerlendirilmesi sonucunda sıvı dolum makinesi alımı için diğer firmalara göre daha uygun olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmanın başında da belirtildiği gibi örnek bir uygulama yapılmıştır. Deterjan imalatı yapan bir fabrikada sıvı dolum makinesi alımı için tedarikçi seçim problemi ele alınmış, AHP-TOPSIS yöntemleri adım adım entegre bir şekilde uygulanarak sonuç bulunmuştur.

İncelediğimiz problemde öncelik, fabrikanın gerekliliklerine göre tedarikçi seçimi için kriterleri belirlemek olmuştur. Bunlar belirlenirken literatür taramalarından çıkan sonuçlar ve uzman görüşü harmanlanarak karar verilmiştir. Bu seçimden sonra karşılaştırma matrisleri, normalleştirme matrisleri ve tutarlılık testleri yapılmıştır. Bu matrisler yapılırken puanlamalar bu alandaki uzman kişi ile beraber yapıldığından dolayı oldukça tutarlı ve belirlenen kriterlere uygun şekilde yapılmıştır. AHP-TOPSIS yöntemlerinin entegre bir şekilde yapıldığı bu çalışmada A, B ve C firmalarından B firmasının seçilen kriterlerde diğer tedarikçi firmalara göre daha ideal olduğu ortaya çıkmıştır. Gelecek çalışmalarda tedarikçi seçiminde ana kriterlerin yanı sıra alt kriterlerin de dikkate alınarak çalışmalar yapılması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Yüksel, F.Ş., Kalan, O., Işık, M., 2022. Havaalanlarında Dijital Dönüşüm Risklerinin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(3),781-792.
2. Supçiller, A.A., Çapraz, O., 2011. AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi, 13, 1-22.
3. Bagheri, F., Tarokh, M.J., 2010. A Fuzzy Approach for Multi-Objective Supplier Selection. International Journal of Industrial Engineering & Production Research, 21(1), 1-9.
4. Zeydan, M., Çolpan, C., Çobanoğlu, C., 2011. A Combined Methodology for Supplier Selection and Performance Evaluation. Expert Systems with Applications, 38(3), 2741-2751.
5. Tayyar, N., 2012. Pet Şişe Tedarikçisi Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yaklaşımı. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 17(3), 351-371.
6. Önder, E., Dag, S., 2013. Combining Analytical Hierarchy Process and TOPSIS Approaches for Supplier Selection in A Cable Company. Journal of Business, Economics & Finance, 2(2), 56-74.
7. Gökbek, B., 2014. Çok Ölçütlü Karar Verme Yaklaşımlarına Dayalı Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 176.
8. Junior, F.R.L., Osiro, L., Carpinetti, L.C.R., 2014. A Comparison Between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods to Supplier Selection. Applied Soft Computing, 21, 194-209.
9. Koçak, D., 2014. Mobilya Sektöründe En Uygun Tedarikçi Seçimi İçin Çok Kriterli Karar Verme Tekniğinin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kayseri, 109.
10. Gündüz, H., Güler, M.E., 2015. Termal Turizm İşletmelerinde Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri Kullanılarak Uygun Tedarikçinin Seçilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 30(1), 203-222.
11. Şahin, Y., Supçiller, A.A., 2015. Tedarikçi Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(2), 91-104.
12. Hamurcu, M., Geyik, O., Tosun, M., Ünlüsoy, S., Eren, T., 2016. Kitap Basımevi Seçiminde AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Kullanımı. Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi, 3(6), 106-126.
13. Çelik, C., Aladağ, Z., 2016. Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Tedarikçi Seçimi: AHP-BULANIK AHP ve TOPSIS Uygulaması. Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 43-83.
14. Günay, Z., Ünal, Ö.F., 2016. AHP-TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi (Bir Telekomünikasyon Şirketi Örneği). PESA Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(1), 37-53.
15. Güneş, P., Çavdar, E., 2016. Kişiyeye Özel Lüks Giysiler Üreten Bir Konfeksiyon Mağazasında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanılarak Tedarikçi Seçimi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (30), 217-245.
16. Yerlikaya, M.A., Arıkan, F., 2017. AHP-KRİTİK TOPSIS Bütünleşik Yaklaşımı İle Akreditasyon-Temelli Tedarikçi Seçimi. The International New Issues in Social Sciences, 5(5), 627-635.
17. Aydın, Y., Eren, T., 2018. Savunma Sanayiinde Stratejik Ürün için Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1), 129-148.
18. Alakaş, H.M., Bucak, M., Kızıltaş Ş., 2019. AHP-TOPSIS ve AHP-VIKOR Yöntemleri ile Ambulans Tedarik Firması Seçimi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 4(1), 93-101.
19. Öztürk, D., Tekin, M., 2021. Hammadde Tedarikçi Seçiminde AHP-TOPSIS Yöntemlerinin Kullanılması ve Gıda Sektöründe Bir Uygulama. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 25(2), 411-432.
20. Saaty, T.L., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology, 15(3), 234-281.

21. Miç, P., Antmen, Z.F., Erdurak, M.Ö., 2019. Öğrencilerin Seçmeli Ders Seçimi Problemine Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı. In G. Başyigit Kılıç, A. Çiftçi, A. Yılmaz (Eds.), Mühendislik Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler. Gece Akademi, Ankara, 148.
22. Ayçin, E., 2019. Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 512.
23. Antmen, Z.F., Miç, P., 2018. Çocuk Yoğun Bakım Ünitesinde Çok Kriterli Karar Verme ile Mekanik Ventilator Seçimi ve Bir Uygulama Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(4), 17-30.
24. Saaty, T.L., 1990. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, 48, 9-26.
25. Hwang, C.L., Yoon, K., 1981. Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications. Springer, Berlin Heidelberg.