

ELECTRE, TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri ile Sipariş Frekansı Optimizasyonu: Vaka Çalışması

Ozan ATEŞ^{1,a}

¹*İstanbul Gedik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

^a*ORCID: 0000-0003-4178-2603*

Makale Bilgileri

Geliş : 30.01.2024

Kabul : 25.06.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1727134

Sorumlu Yazar

Ozan ATEŞ

ozan.ates@outlook.com.tr

Anahtar Kelimeler

Çok kriterli karar verme

TOPSIS

ELECTRE

PROMETHEE

Karar analizi

Atıf şekli: ATEŞ, O., (2025). ELECTRE, TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri ile Sipariş Frekansı Optimizasyonu: Vaka Çalışması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(2), 273-286.

ÖZ

İşletmeler günlük faaliyetleri sırasında çok fazla karar verme süreci içinde bulunmaktadır. Karar verme doğasında belirsizlik barındırır ve kötü bir karar, işletme hedeflerine ulaşmayı zorlaştırabilir. Karar verme sürecinde, optimum sonuçlara ulaşılabilmesi ve en uygun kararın verilebilmesi için çeşitli Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemler günümüz iş dünyasında pek çok alanda kullanılmaktadır. Sıralama problemleri literatüründe en çok tercih edilen ÇKKV yöntemleri içerisinde TOPSIS, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemlerinin en az birinin kullanıldığı yayın sayısı, toplam sıralama problemleri yayın sayısının % 15'inden daha azdır, aynı şekilde üç yöntemin birlikte kullanıldığı yayın sayısı, toplam sıralama problemleri yayın sayısının %1'inden daha azdır, bu nedenle söz konusu üç yöntemin birlikte kullanıldığı bu çalışma, literatürdeki boşluğa katkı sağlayacaktır. Vaka çalışmasında söz konusu üç yöntem, gerçek veri seti ile birlikte kullanılarak gerçek bir problem ele alınmıştır. Söz konusu problem bayilerin sipariş frekanslarının ne olması gerektiği ile ilgilidir. Bir bayinin olması gerekenden fazla sipariş hakkına sahip olması, gereksiz uğrama ve mesafe maliyetlerine sebep olacağından, gerekenden az sipariş hakkına sahip olması ise ürün bulunurluğu ve müşteri memnuniyetsizliğine sebep olabileceği için optimum sipariş frekansının tereddütten uzak bir şekilde belirlenebilmesi problemi bu çalışmada ele alınmıştır.

Order Frequency Optimization by ELECTRE, TOPSIS and PROMETHEE Methodology: Case Study

Article Info

Received : 30.01.2024

Accepted : 25.06.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1727134

Corresponding Author

Ozan ATEŞ

ozan.ates@outlook.com.tr

Keywords

Multi criteria decision making

TOPSIS

ELECTRE

PROMETHEE

Decision analysis

How to cite: ATEŞ, O., (2025). Order Frequency Optimization by ELECTRE, TOPSIS and PROMETHEE Methodology: Case Study. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 40(2), 273-286.

ABSTRACT

Businesses are involved in a lot of decision-making processes during their daily activities. Decision-making inherently involves uncertainty and a bad decision can make it difficult to achieve business goals. In the decision-making process, there are various Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods to achieve optimum results and make the most appropriate decision. These methods are used in many areas in today's business world. In the literature on ranking problems, the number of publications using at least one of the most preferred MCDM methods, TOPSIS, ELECTRE, and PROMETHEE, is less than 15% of the total number of ranking problem publications. Similarly, the number of publications using all three methods together is less than 1% of the total number of ranking problem publications. Therefore, this study, in which these three methods are used together, will contribute to the gap in the literature and enable the decision-maker to make decisions without hesitation. In the case study, the three methods in question were used together with a real data set to address a real problem. The problem in question is related to dealers' order frequencies. Since a dealer having more order rights than necessary will cause unnecessary visits and distance costs, and having fewer order rights than necessary may cause product availability and customer dissatisfaction, the problem of determining the optimum order frequency without hesitation was addressed in this study.

1. GİRİŞ

Günümüzün hızla değişen, belirsizliklerle boğuşan, krizlerle sarsılan, pandeminin getirdiği ekonomik zorluklarla uğraşan, yapay zekâ ve dijitalleşme ile şekillenen iş dünyasında değişen müşteri beklentileri ve acımasızlaşan rekabet, firmaları daha az maliyet ile daha çok fayda üretmek zorunda bırakmıştır. Firmalar ürünlerini daha kaliteli yapmaya, daha hızlı üretmeye ve daha çabuk teslim etmeye doğru yönelmekte, ulusal ve uluslararası piyasalarda pazar payını muhafaza etme ve arttırmada, düşük maliyetli girdi teminini, ayrıca üretilen malların yine ulusal ve uluslararası piyasalara rekabet edebilir fiyatlarla, zamanında arzını gerekli kılmaktadır [1].

Bütün bu amaçları sağlamak için alınan kararların iyi bir şekilde analiz edilerek verimli bir çalışma yapılması zorunlu hale gelmektedir. İşletmelerde karşılaşılan problemlerde birden fazla alternatif ve kriterin göz önünde bulundurulması istenmektedir. Bu koşullar karar veren kişiyi zorlayan bir süreç olmaktadır. Bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden olan ELECTRE, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak işletmelerde karşılaşılan problemlerde karar verme süreci ile ilgili bir uygulama çalışması yapılmıştır. İşletmelerde faaliyetler devam ederken; tedarikçi seçimi, makine seçimi, enerji kaynakları seçimi, bakım faaliyetleri, proje seçimi, lojistik firması/yöntemi seçimi, personel seçimi ve satın alma kararları gibi çok çeşitli konularda karar verilmesi gerekmektedir. Fakat bu kararlar belirli kriterler altında alınmaktadır. Alınan karar sürecinde de alternatifler arasından en iyi çözüme ulaşılması beklenmektedir.

Karar seçimini yaparken bu çalışmada üç yöntemden yararlanılmıştır. Bu yöntemler: ELECTRE, PROMETHEE ve TOPSIS yöntemleridir. PROMETHEE problem alternatiflerinin kriterler aracılığıyla tercih fonksiyonları ile birlikte ikili karşılaştırmalar yoluyla kıyaslandığı bir yöntem iken, TOPSIS pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklığa göre en uygun seçeneğinin bulunmasını hedefleyen bir yöntemdir. ELECTRE ise değerlendirilecek her bir faktör için karar noktaları bazında üstünlüğe göre sonuçlar üreten bir yöntemdir [2]. Bu çalışmada amaç bu yöntemler eşliğinde, uygulama çalışması yapılan ilgili işletmenin karar sürecinde verilerden yararlanarak en doğru kararı vermesine yardımcı olmaktır. Üç yöntemin birlikte kullanılmasındaki amaç karar vericiyi tereddütten uzak bir karar verebilmesine yardımcı olabilmektir. Söz konusu üç yöntem, sahip oldukları çözüm teknikleri bakımından farklı hassasiyet alanlarına sahip olduklarından üç yönetime göre en ideal olan sipariş frekansı tereddütsüz tercih edilebilir olacaktır.

Bu çalışmada kullanılan üç adet ÇKKV yönteminin tercih edilebilirlik durumları ortaya konulmuş olup uygulama çalışmasında bu üç yöntem gerçek veri seti ile bir paketli kuruyemiş firmasında uygulanmıştır. Sipariş frekansı konusu, bir lojistik karar verme durumu olup lojistik maliyetler ile doğrudan ilişkili bir konudur. Uygulama çalışmasının yapıldığı paketli kuruyemiş firmasının yurt içinde 100'ün üzerinde bayisi mevcuttur ve bölgesel mikro dağıtımı bu bayiler yürütmektedir. Bayiler bulundukları bölgelerin nüfusu, bu nüfusun sosyo-ekonomik durumu, bölgenin turizm yapısı gibi birçok etkenin rol oynadığı çok değişik operasyon hacimlerine sahiptirler. Hem bu operasyonun sorunsuz yürütülmesini sağlamak hem de lojistik maliyetleri dikkate alarak her bayi için uygun sipariş frekanslarının belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada söz konusu üç adet ÇKKV yönteminden yararlanılmıştır. Olması gereken frekanstan daha az sayıda belirlenen frekans, bayideki ürün bulunurluğuna, satış operasyonlarına ve müşteri memnuniyetine zarar verebileceği gibi olması gereken frekanstan daha fazla sayıda belirlenen frekanslar ise lojistik maliyetlerin gereksiz bir şekilde artmasına sebep olacaktır. Bu iki maliyet durumu arasında her bayi için optimum sipariş frekanslarını belirlemek bu çalışmanın önemini ifade etmektedir.

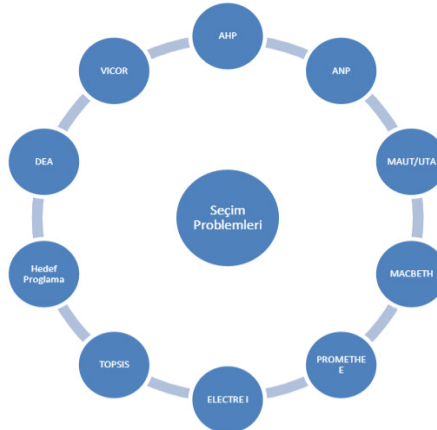
Alternatiflerin performanslarına göre birbirleriyle kıyaslanarak seçim yapılması temeline dayanan ELECTRE yöntemi, ÇKKV yöntemlerinden biridir. Yöntem ilk olarak Benayoun, Roy ve arkadaşları tarafından 1966 yılında önerilmiş ve araştırmacılar tarafından çok kullanılan bir yöntem olmuştur [3]. ELECTRE yöntemi alternatiflerin yani karar verme birimlerinin birbirleri ile kıyaslanması ve en iyi tercihin belirlenmesi özellikleri ile öne çıkan yöntemdir. Yapılan bu işlem kıyaslama sonucunda bir sıralama işlemidir ve bütün alternatifler kriter değerlerine ve ağırlıklarına göre birbirleri ile karşılaştırılır ve göreceli olarak en iyiden en kötüye doğru sıralanır. Yöntemde, ortada ideal bir durum yoktur. Böylece alternatifler birbirlerine sağladıkları üstünlük sonucunda diğerlerine göre tercih edilme sıralaması elde edilmiş olur. Bu şekilde karar verici, ELECTRE yönteminin aşamaları sonucunda en uygun alternatifte ulaşabilecektir [4].

Çoklu karar verme yöntemlerinden birisi olan TOPSIS ise gün geçtikçe daha da yoğun bir rekabet ortamına giren tüm işletmeler için çok önemli bir performans değerlendirme yöntemidir. Bu sebeple birçok alanda bu yöntemle ilgili çalışmalar yapılmakta olup, gün geçtikçe önemi artmaktadır [5].

Bu yöntemin temel mantığı pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm oluşturmaktır. Yani, yöntemin temel esasları ideal çözüme göre alternatiflerin sıralanması esasına dayanır. İdeal çözüme görece yakın olan alternatiften başlamak üzere bir sıralama yapılarak; sırası ile diğer alternatiflerin görece yakınlığı tespit edilir [5]. Vaka çalışmamızda kullandığımız son yöntem olan PROMETHEE yöntemi ise ÇKKV problemlerin çözümünde etkili ve kolay uygulanan yöntemlerden biri olarak geliştirilen ve İngilizce karşılığı The Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation) olan bu metod günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. PROMETHEE yöntemi literatürdeki mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklardan yola çıkarak geliştirilmiştir. Yöntem, karar verme problemlerine esas olan alternatifleri, belirlenmiş tercih fonksiyonlarına dayanarak değerlendirir, alternatiflerin ikili karşılaştırma tekniğiyle kısmi ve tam önceliklerini belirler [6].

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu çalışmada sunulan vaka çalışması bir sıralama çalışmasıdır. Vaka çalışmasının yapıldığı paketli kuruyemiş firmasının lojistik uzmanları ile yapılan çalışmalar neticesinde farklı sipariş frekanslarını temsilen 5 farklı alternatif ve bu alternatiflerin değerlendirileceği 5 farklı kriter tespit edilmiştir. Çalışmanın neticesinde bahsi geçen 3 ÇKKV yöntemine göre alternatifler sıralanarak tüm yöntemlerde birinci önceliğe sahip olan alternatif uygulanmaya alınmak üzere tercih edilmiştir. Sıralama problemlerinde kullanılan ÇKKV yöntemleri Arısoy'a göre Şekil 1'deki gibidir [7].



Şekil 1. Seçim problemlerinde kullanılan ÇKKV yöntemleri

Bu ÇKKV yöntemlerini anahtar kelime olarak ScienceDirect, Google Scholar ve Web of Science gibi önde gelen bilimsel yayın veri tabanlarında 2015 ve sonrası için araştırıldığında Çizelge 1'deki şu yaklaşık sonuçlara ulaşılmıştır.

Çizelge 1. Sıralama problemlerinde kullanılan ÇKKV yöntemlerinin 2015 yılı ve sonrasına ait yaklaşık yayın sayıları

ÇKKV yöntemi	Yayın sayısı
AHP	25.000+
ANP	15.000+
MAUT/UTA	1.000+
MACBETH	10+
PROMETHEE	4.000+
ELECTRE	3.000+
TOPSIS	7.000+
Hedef Programlama	4.000+
DEA	10.000+
VICOR	5000+

Firmanın lojistik uzmanları ile yapılan çalışmalar neticesinde ulaşılan verilerin Çizelge 1’de belirtilen ÇKKV yöntemlerinden en çok PROMETHEE, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri ile uyumlu olması ve yine seçim problemlerinde söz konusu bu üç yöntemin AHP, ANP, DEA yöntemlerinden sonra en çok tercih edilen yöntemler arasında olması nedenleri ile çalışmada bu yöntemlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 1’den görüleceği üzere sıralama problemlerinde kullanılan ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan toplam yayın sayısı son 10 yılda 74.000 adetten fazladır. Sunulan vaka çalışmasında kullanılan söz konusu 3 adet ÇKKV yöntemi ile ilgili ise son 10 yılda 14.000’den fazla çalışma yapılmıştır. Yayın sayılarının fazlalığı göz önüne alındığında ÇKKV literatürüne katkı sağlamanın zor olduğu görülecektir. Sunulan çalışmanın özgün yönü söz konusu 3 ÇKKV yönteminin bir arada kullanılması bakımından literatüre katkı sağlaması şeklinde ifade edilebilir.

Çalışmada faydalanan 3 yöntemin bir arada olduğu çalışmalar incelendiğinde bu konuda 2015 ve izleyen yıllarda bir yayın olmadığı, 2014 yılında Tüysüz’ün çalışmasında 3 yöntemin bir arada kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada dünya üzerinde en etkili savaş uçaklarından beşi Çok Kriterli Karar Verme teknikleri kullanılarak seçilen kriterler altında optimal uçak türü AHP, ELECTRE ve TOPSIS metodları ile belirlenmeye çalışılmıştır [8]. 3 yöntemin bir arada kullanıldığı yayın sayısının az olduğu göz önüne alınarak bu yönü ile literatüre katkı sağlanmıştır.

TOPSIS, “sunduğu avantajlardan ötürü işletme yönetimi ve gündelik yaşamla ilgili ÇKKV problemlerinin çözümünde araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmaktadır [9,10].

TOPSIS yönteminin kullanım alanlarına bakıldığında Behzadian vd. (2012), yöntemin başlıca uygulama alanlarının tedarik zinciri yönetimi ve lojistik, tasarım, mühendislik ve imalat sistemleri, işletme, pazarlama, sağlık, güvenlik, çevre, insan kaynakları, enerji, su kaynakları yönetimi, kimya mühendisliği ve diğer alanlar olduğunu; fakat TOPSIS’in ağırlıklı olarak tedarik zinciri ve lojistik yönetimi, tasarım, mühendislik ve imalat sistemleri ile alakalı olarak kullanıldığını ifade etmişlerdir [11]. Bunun dışında; Huang [12] hasta portföy analizi yapmak; Lau ve arkadaşları [13] müşteri ilişkileri yönetimini geliştirmek ve işletme için en karlı müşteriyi belirlemek; Mehralian ve arkadaşları [14] toplam kalite yönetimini etkileyen kritik başarı faktörlerini tespit etmek; Kumar ve arkadaşları [15] üretim sistemlerinin bakımı önündeki engelleri belirlemek ve sıralamak; Liu ve Li [16] üniversite eğitim kalitesini değerlendirmek; Song ve Zheng [17] yüksek okullardaki eğitim kalitesini incelemek; Wang ve Wu [18] en iyi web hizmetlerini tespit etmek; Houska [19] ülkelerin ekonomik performanslarını değerlendirmek; Parsaei ve arkadaşları [20] sipariş kabul sürecini incelemek; Özgüven [21] perakendecilerin performanslarının değerlendirmek; Ghosh [22] fakülte performanslarını analiz etmek; Monavvarian ve arkadaşları [23] bilgi yönetim stratejisini belirlemek; Jadidi ve arkadaşları [24] tedarikçi seçmek için yöntemi çalışmalarında kullanmışlardır.

ELECTRE yöntemi ise atama, seçim ve sıralama problemlerinin çözümünde kullanıldığı için birçok alanda kullanılmıştır. Ekonomi/yönetim problemleri, veri tabanı seçimi, muhasebe ve finans, sermaye yatırımı, karar destek, üretim, pazarlama, planlama, risk analizi, başvuru değerlendirmeleri, grup karar verme, tesis yeri seçimi, kaynak tahsisi, politika/strateji, ulaştırma, silah kontrolü, çatışma analizi, eğitim, çevresel kararlar, sağlık, kamu sektörü, pazar seçimi, bilgisayar ve bilgi seçimi gibi alanlarda kullanılabilir [25]. Bankacılık, endüstriyel yerleşim, insan gücü planlaması, yatırım, tıp, kimya, sağlık hizmetleri, turizm gibi birçok alanda değerli birçok PROMETHEE yöntemi uygulanmıştır [26].

3. ELECTRE, TOPSIS VE PROMETHEE YÖNTEMLERİ

3.1. ELECTRE Yöntemi

ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemi ilk kez 1966 yılında Beneyoun tarafından ortaya atılmış birçoklu karar verme yöntemidir. Yöntem, her bir değerlendirme faktörü için alternatif karar noktaları arasında ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanır. Aynı zamanda bu yöntem öne geçme veya baskınlık ilişkisine dayanan bir yöntemdir, her bir ölçüt için bir verimlilik bir de önem ölçüsü tespit edilir. Tayin edilen verimlilik ölçüleri üzerinden her bir seçeneğe not verilir [27]. Karar verici özellikle uyumluluk ve uyumsuzluk limitlerini belirlemelidir [28]. Yöntem 8 adımda çözüme gider. Aşağıda ELECTRE yönteminin adımları tanımlanmıştır [29].

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (X) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanır.

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

$$X_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (1)$$

Örneğin X matrisinin x_{11} elemanını hesaplamak için, A matrisinin a_{11} elemanı, matrisin 1 sütun elemanlarının kareleri toplamının kareköküne bölünerek elde edilir. Burada amaç, bir karar noktası ilgili değerlendirme faktörü ilişkilendirilirken, diğer karar noktaları açısından ağırlıklandırmaktır. Hesaplamalar sonunda X matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

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

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması

Değerlendirme faktörlerinin karar verici açısından önemleri farklı olabilir. Bu önem farklılıklarını ELECTRE çözümüne yansıtabilmek için Y matrisi hesaplanır. Karar verici öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını (w_i) belirlemelidir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). Daha sonra X matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak Y matrisi oluşturulur. Y matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \cdots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \cdots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \cdots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 4: Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Setlerinin Belirlenmesi

Uyum setlerinin belirlenebilmesi için Y matrisinden yararlanılır, karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır ve setler aşağıdaki Eşitlik 2'de gösterilen ilişki yardımıyla belirlenir:

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (2)$$

Eşitlik 2 temel olarak satır elemanlarının birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanır. Bir çoklu karar problemindeki uyum seti sayısı ($m \cdot m - m$) tanedir. Çünkü uyum setleri oluşturulurken k ve l indisleri için $k \neq l$ olmalıdır. Bir uyum setindeki eleman sayısı ise en fazla değerlendirme faktörü sayısı (n) tane olabilir. Örneğin $k = 1$ ve $l = 2$ için C_{12} uyum seti için Y matrisinin 1. ve 2. satır elemanları karşılıklı olarak birbirleriyle kıyaslanır ve eğer burada 4 değerlendirme faktörü varsa C_{12} uyum seti en fazla 4 elemanlı olacaktır. Verilen örnekte 1. ve 2. satır kıyaslamasında,

$$\begin{aligned}
y_{11} &\geq y_{21} \\
y_{12} &< y_{22} \\
y_{13} &< y_{23} \\
y_{14} &= y_{24}
\end{aligned}$$

Sonuçlarıyla karşılaşılmışsa Eşitlik 2'deki şarta $j = 1$ ve $j = 4$ değerleri uyacak ve C_{12} uyum seti $1,4$ $C_{12} = \{1,4\}$ şeklinde oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde her uyum setine (C_{kl}) bir uyumsuzluk seti (D_{kl}) karşılık gelir. Diğer bir deyişle uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti sayısı vardır. Uyumsuzluk seti elemanları, ilgili uyum setine ait olmayan j değerlerinden oluşur. Verilen örnekte $C_{12} = \{1,4\}$ ise $D_{12} = \{2,3\}$ elemanlarından oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde uyum setlerini oluştururken değerlendirme faktörlerinin anlamlarına dikkat edilmelidir. Örneğin ilgili değerlendirme faktörü kar ise uyum seti için Eşitlik 2 kullanılacaktır. Ancak değerlendirme faktörü maliyet ise bu durumda uyum seti için gerek şart $y_{kj} < y_{lj}$ eşitsizliği olacaktır.

Adım 5: Uyum (C) ve Uyumsuzluk Matrislerinin (D) Oluşturulması

Uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum setlerinden yararlanılır. C matrisi $m \times m$ boyutludur ve $k = 1$ için değer almaz. C matrisinin elemanları Eşitlik 3'te gösterilen ilişki yardımıyla hesaplanır.

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (3)$$

Örneğin $C_{12} = \{1,4\}$ ise C matrisinin c_{12} elemanının değeri, $c_{12} = w_1 + w_4$ olacaktır. C matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & - & c_{23} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (4)$$

Örneğin Y matrisinin 1. ve 2. satır elemanlarının kıyaslamasından d_{12} ($k=1$ ve $l=2$) elemanı elde edilir. d_{12} için Eşitlik 4'ün pay kısmında $D_{12} = \{2,3\}$ uyumsuzluk setini oluşturan $j=2$ ve $j=3$ değerleri dikkate alınır ve $|y_{12} - y_{22}|$ ve $|y_{13} - y_{23}|$ mutlak farklarından büyük olanı seçilir. Eşitlik 4'ün payda kısmı için ise Y matrisinin 1. ve 2. satırlarındaki tüm elemanların karşılıklı mutlak farkları bulunarak bunlardan en büyük olanı seçilir.

C matrisi gibi D matrisi de $m \times m$ boyutludur ve $k = 1$ için değer almaz. D matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \cdots & d_{2m} \\ \vdots & \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

Adım 6: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması

Uyum üstünlük matrisi (F) $m \times m$ boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) Eşitlik 5 yardımıyla elde edilir:

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (5)$$

Eşitlik 5'teki m karar noktası sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla $\underline{c}$ değeri $1/m(m-1)$ ile C matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

F matrisinin elemanları (f_{kl}) , ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $c_{kl} \geq \underline{c}$ ise $f_{kl} = 1$, $c_{kl} \leq \underline{c}$ ise $f_{kl} = 0$ olacaktır.

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de $m \times m$ boyutludur ve F matrisine benzer bir şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri ($\underline{d}$) Eşitlik 6 yardımıyla elde edilir.

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (6)$$

Diğer bir deyişle $\underline{d}$ değeri $1/m(m-1)$ ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

G matrisinin elemanları (g_{kl}) ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $d_{kl} \geq \underline{d}$ ise $g_{kl} = 1$, eğer $d_{kl} \leq \underline{d}$ ise $g_{kl} = 0$ olacaktır.

Adım 7: Toplam Baskınlık Matrisinin (E) Oluşturulması

Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları (e_{kl}) adım 8'deki matriste gösterildiği gibi f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak $m \times m$ boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

Adım 8: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi

E matrisinin satır ve sütunları karar noktalarını gösterir. Örneğin E matrisi aşağıdaki gibi hesaplanmışsa,

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

$e_{21} = 1$, $e_{31} = 1$ ve $e_{32} = 1$ değerlerini alır. Bu ise 2. karar noktasının 1. karar noktasına 3. karar noktasının 1. karar noktasına ve 3. karar noktasının da 2. karar noktasına mutlak üstünlüğünü gösterir. Bu durumda karar noktaları A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) sembolüyle ifade edilirse, karar noktalarının önem sırası A_3 , A_2 ve A_1 şeklinde oluşacaktır.

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, ÇKKV yöntemleri içerisinde en kullanışlı yöntemlerden biri olması sebebi ile literatürde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. TOPSIS Yöntemi Hwang Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir [30]. Bu yöntemde yaklaşım çok kriterli kararlar içerisinde seçilen kararın pozitif ideal çözüme en yakın, negatif olan ideal çözüme de en uzak olanı bulmayı esas alır. Bununla birlikte; belirlenen en iyi kriter her zaman pozitif ideal çözüme en kısa mesafede olmadığı gibi; negatif ideal çözüme de en uzak mesafede olmayabilir. Karar verilirken en ideal çözüm bulunmaya çalışılır, en riskli çözüm veya karardan da uzak durulmaya çalışılır. Bu sebeple genel mantalite olarak işe alım mantığı ile örtüşmektedir. Çünkü bir pozisyon için en uygun olan aday belirlenirken bu pozisyon için olmaması gereken aday da belirlenmelidir. TOPSIS yönteminin ilk 3 adımı ELECTRE yöntemi ile aynıdır. Diğer adımlar şu şekildedir.

Adım 4: Uzaklıkların Hesaplanması

Belirlenen karar veya çözümün her iki seçeneğe olan uzaklığı Eşitlik 7 ve Eşitlik 8 yardımıyla hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

Adım 5. İdeal Çözüme İzafi Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme izafi yakınlık Eşitlik 9'daki gibi hesaplanır.

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

Adım 6. Sıralamanın Yapılması

Burada ideal çözüme olan yakınlığa göre sıralama yapılarak 1 veya sıraya göre kaç uygun alternatif varsa onlar sıralanır.

3.3. PROMETHEE Yöntemi

ÇKKV problemlerinden sıralama yapmak amacıyla kullanılan yöntemlerden biri PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemidir. PROMETHEE, karar probleminin çözümüne ilişkin sıralama yapılmasının gerekli olduğu durumlarda kullanılmaktadır [31]. PROMETHEE yöntemi, Brans (1982) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Daha sonra yöntem üzerinde çalışmalar sürmüştür ve Brans ve Vincke (1985) tarafından geliştirilmiştir. PROMETHEE yöntemi ile sonlu sayıda alternatifler üzerinde hem kısmi sıralama (PROMETHEE I) hem de tam sıralama (PROMETHEE II) yapmak mümkündür [32]. PROMETHEE yöntemi, alternatiflerin belirlenen kriterler aracılığıyla altı tip tercih fonksiyonuna göre ikili mukayeselerin yapılmasını sağlar [33]. Şimdi de yöntemin aşamalarına değinelim.

PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır [31].

Adım 1: Alternatifler, kriterler, kriter ağırlıkları ve kriter değerlerini içeren karar matrisi Çizelge 2'deki gibi oluşturulur. Matris aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2. Karar matrisi

Karar birimleri	Değerlendirme faktörleri (kriterler)				
	F ₁	F ₂	F ₃		F _k
A ₁	F ₁ (A ₁)	F ₂ (A ₁)	F ₃ (A ₁)		F _k (A ₁)
A ₂	F ₁ (A ₂)	F ₂ (A ₂)	F ₃ (A ₂)		F _k (A ₂)
Ağırlıklar	W ₁	W ₂	W ₃		W _k

Adım 2. Kriterler için tercih fonksiyonları tanımlanır. Kriterlere ait altı tip tercih fonksiyonuna ait açıklamalar aşağıda sunulmuştur [34].

1. Karar verici için ilgili kriter özelinde herhangi bir tercih söz konusu değilse, o kriter için kullanılacak olan tercih fonksiyonu Birinci tip (olağan) tercih fonksiyonudur.
2. Karar verici tercihini, ilgili kriter için kendi belirlemiş olduğu sayısal değerin üstündeki bir değere sahip karar noktasından yana kullanmak istiyorsa, kullanılacak olan tercih fonksiyonu İkinci tip (U tipi) tercih fonksiyonudur.
3. Karar verici tercihini, bir kriter için ortalamanın üstünde bir sayısal değere sahip alternatiften yana kullanmak istiyor, fakat bu değerden daha küçük olan değerleri de dikkate almak istiyorsa, kullanılacak olan tercih fonksiyonu Üçüncü tip (V Tipi) tercih fonksiyonudur.
4. Karar verici tercihini, bir kriter için belli bir sayısal değer aralığında belirlemek istiyorsa, kullanılacak tercih fonksiyonu Dördüncü tip (seviyeli) tercih fonksiyonudur.
5. Karar verici bir kriter için tercihini ortalamanın üstünde bir değere sahip alternatiflerden yana kullanmak istiyorsa, kullanılacak olan tercih fonksiyonu Beşinci tip (Doğrusal) tercih fonksiyonudur.

6. Karar vericinin tercihinde belirleyici olan durum, ilgili kriter değerlerinin ortalamadan sapma değerleri ise kullanılacak olan tercih fonksiyonu Altıncı tip (Gaussian) tercih fonksiyonudur [35]. PROMETHEE yönteminde kullanılacak olan tercih fonksiyonlarına göre, her bir kriter için alternatiflerin ikili mukayese edilmesi sağlanır ve ortak tercih fonksiyonları belirlenir. A ve B iki karar noktasını göstermesi durumunda alternatifler arasındaki tercih fonksiyonu Eşitlik 10'da gösterilmiştir.

$$p[f(a), f(b)] = p[f(a) - f(b)] \quad (10)$$

Yöntemde iki alternatifin belli bir kriter üzerindeki değerleri arasındaki fark dikkate alınır. Küçük sapmalar (farklar) karar vericilerin alternatifler arasında küçük bir farkla tercih yaptıklarını göstermektedir.

Adım 3. Tercih fonksiyonları temel alınarak alternatif tercih çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir.

Adım 4. Her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir. Ortak tercih fonksiyonları kullanılarak karşılaştırılan alternatiflere ait tercih indeksleri Eşitlik 11a ve 11b ile elde edilir.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b) \quad (11a)$$

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(b, a) \quad (11b)$$

Adım 5. Alternatifler için pozitif ($\varphi +$) ve negatif ($\varphi -$) üstünlükler belirlenir.

Pozitif akım:

$$\varphi^+(a) = \sum \pi(a, b) \quad (12a)$$

Negatif akım:

$$\varphi^-(a) = \sum \pi(b, a) \quad (12b)$$

Adım 6. PROMETHEE I ile kısmi öncelikler belirlenir.

Alternatiflere ait pozitif ve negatif akım değerlerinin ikili olarak mukayese edilmesi sonucunda üç farklı durum ortaya çıkmaktadır. Bu durumlar şu şekildedir. Bir alternatifin diğer bir alternatife üstün olması, alternatiflerin birbirlerinden farksız olması ve alternatiflerin birbirleriyle karşılaştırılmaz olmasıdır [34]. Fakat elde edilecek bu sonuç nihai bir sıralama ortaya koymaz. PROMETHEE II ile alternatiflerin pozitif veya negatif akım arasındaki farkı ortaya konan net akımlar elde edilir ve tam sıralama yapılır.

Adım 7. PROMETHEE II ile alternatifler için tam öncelikler belirlenir.

Karar verici, PROMETHEE II ile net akım değerlerine Eşitlik 13 vasıtasıyla ulaşmaktadır. Alternatiflere ait tam sıralama yapılırken net akım değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (13)$$

Hesaplanan net akım değeri ise $\Phi(a)$, pozitif ve negatif akımlar arasındaki farktır. Net akım değerleri ile alternatifin performansı arasında doğru orantılı bir ilişki söz konusudur [32].

Sipariş frekansı optimizasyonu talep noktalarına uğrama sıklıkları ile ilgilidir. Bu kapsamda kullanılan ÇKKV yöntemleri bitmiş ürünlerin dağıtım lojistiği ile alakalıdır. Aynı şekilde ÇKKV yöntemleri depolama operasyonlarında da kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden SWARA ve MOORA yöntemleri ile çekme sistemine dayanan bir depolama sisteminin seçimi çalışması yapılmıştır [36]. Diğer taraftan bu çalışmada kullanılan yöntemlerde birisi olan TOPSIS lojistik ile bağlantılı birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan birisi de dolum hattı makineleri için tedarikçi seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin

kullanıldığı çalışmadır. Söz konusu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS ile entegre bir şekilde kullanılarak deterjan imalatı yapan bir fabrikaya sıvı dolum makinesi alımı için en iyi tedarikçinin seçimi amaçlanmıştır [37].

4. SİPARİŞ FREKANSI OPTİMİZASYONU: VAKA ÇALIŞMASI

Çalışmanın uygulama çalışması, bir paketli kuruyemiş firmasında gerçekleştirilmiştir. ÇKKV yöntemleri kullanılarak işletme için optimum sipariş politikası bulunmaya çalışılmıştır. İşletme mevcut durumda tüm dağıtım 66 palet kapasiteli araçlar (tır) ile yapmakta, sipariş büyüklüğü bu sayının altında ise haftada bir kez, sipariş büyüklüğü bu sayının üstünde ise haftada iki kez bayilerine dağıtımına çıkmaktadır (Çizelge 3). İşletmenin toplamda yurt içinde 100'ün üzerinde bayisi bulunmaktadır.

Çizelge 3. Mevcut sipariş politikası

Mevcut sipariş politikası	Sipariş hakkı
<66 palet/hafta	Haftada 1 kez
>66 palet/hafta	Haftada 2 kez

Bir bayide çalışan ortalama çalışan sayısı, gezgin satıcı (sektörde plasiyer aracı olarak bilinir) araçları şoförleri dahil 10 kişidir. Gezgin satıcı araçları, bayilerin kendi bölgelerinde ürün dağıtımında kullandıkları (mikro dağıtım) minibüs tarzı küçük araçlardır. Şehir içinde yer alan bakkal, şarküteri gibi talep noktalarına ulaşabilecek boyutlardadır. Firma lojistik uzmanları ile yapılan değerlendirmeler sonucunda işletmede uygulanabilecek beş alternatif sipariş politikası belirlenmiş ve alternatiflerin beş kriter bazında değerlendirilmesine karar verilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Alternatif sipariş politikaları

Alternatif	Sipariş hacimleri ve karşılık geldiği sipariş frekansları (haftalık)
A1	Tüm hacimler için 1 sipariş hakkı
A2	<66 (1), >66 (2)
A3	<10 (0,5), 10-66 (1), >66 (2)
A4	<10 (0,5), 10-66 (1), 67-132 (2), >132 (3)
A5	<10 (0,5), 10-66 (1), 67-132 (2), 133-198 (3), >198 (4)

Çizelge 3'de sipariş hacimlerine göre parantez içinde olması gereken sipariş haklarına yer verilmiştir. Mevcut sipariş politikası bu alternatifler içinde A2'ye karşılık gelmektedir. A1'de her sipariş hacmi için 1 sipariş hakkı önerilirken, A3-A5 alternatiflerinde mevcut duruma kıyasla daha fazla sipariş hakkının verilmesi durumu öngörülmüştür.

İşletme her bir alternatifi "Lojistik Maliyet", "Ürün Bulunurluğu", "Araç Doluluk Oranı", "Zamanında Teslimat" ve "Müşteri Memnuniyeti" kriterleri bazında değerlendirmek istemektedir. Çizelge 5'de her bir değerlendirme kriteri ve kodları yer almaktadır.

Çizelge 5. Değerlendirme kriterleri

Değerlendirme kriterleri	Kod
Lojistik maliyet	C1
Ürün bulunurluğu	C2
Araç doluluk oranı	C3
Zamanında teslimat	C4
Müşteri memnuniyeti	C5

TOPSIS, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemlerinin uygulanabilmesi için gerekli olan bilgiler Çizelge 6, 7 ve 8'de sunulmuştur.

Kriterlerin göreceli ağırlıkları ikili karşılaştırmalar yapılarak belirlenebilmektedir. Her seferinde iki kriter birbirleri ile karşılaştırılarak, birbirlerine karşı nasıl bir ilişkide oldukları belirlenmeye çalışılır. Analitik hiyerarşi süreci izlenen bu kısımda ikili karşılaştırmalar için kullanılan önem dereceleri Çizelge 6'deki gibidir.

Çizelge 6. Karşılaştırma ölçütleri

Önem derecesi	Tanımı
1	Eşit önem derecesi
3	Bir faaliyet diğer faaliyete oranla orta derecede önemlidir
5	Kuvvetli düzeyde önem derecesi
7	Çok kuvvetli düzeyde tercih
9	Aşırı düzeyde önem
2,4,6,8	Orta değerler

Uygulamada her bir kritere önem derecesi ataması yapılırken sadece tercihler arasındaki mantıksallık değil aynı zamanda bu tercihlerin yoğunluklarının sayısal tutarlılığı da dikkate alınmıştır. Çizelge 7’de oluşturulan matris gösterilmektedir.

Kriterlere ait göreceli ağırlıklar her bir sütunun elemanları sütun eleman toplamına bölünerek bulunur yani matris normalleştirme işlemi yapılır. Normalize edilmiş matrisin satır toplamaları kriterlerin ağırlıklarını vermektedir. Normalleştirme işlemi sonrasında matrisin tutarlı olup olmadığı Eşitlik 14 ile kontrol edilmektedir.

Çizelge 7. İkili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Lojistik maliyet	Ürün bulunurluğu	Araç doluluk oranı	Zamanında teslimat	Müşteri memnuniyeti
Lojistik maliyet	1	3	5	3	5
Ürün bulunurluğu	0,33	1	3	1	3
Araç doluluk oranı	0,2	0,33	1	0,33	3
Zamanında teslimat	0,33	1	3	1	5
Müşteri memnuniyeti	0,2	0,33	0,33	0,2	1

$$CR = CI / RI \quad (14)$$

Eğer tutarlılık oranı 0.10 değerinin altında ise matrisin tutarlılığı kabul edilir. Çizelge 7’de normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıklarına yer verilmektedir. Hesaplamalar sonucu Çizelge 9 son satırda görüleceği üzere matrisin tutarlı olduğu görülmektedir.

TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinde kullanılması bakımından Çizelge 8’de ölçeklendirilmiş matris verilmiştir. Sipariş frekansları problemine ilişkin karar matrisi oluşturulurken öncelikle alternatifler ölçeklendirilmiştir. Zamanında teslimat kriteri için 0 - 10 (0 en kötü - 10 en iyi) puan ölçeği, geri kalan diğer kriterler için ise %0 - 100 ölçeği kullanılmıştır. Sonrasında nihai karar matrisi için Çizelge 8’de belirlenen kriter ağırlıkları ile o kriterlerin ölçeklendirilmiş değerleri çarpılmıştır.

Çizelge 8. Ölçeklendirilmiş Matris

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	8	9,5	9	9	9,4
A2	16	19	54	7	18,8
A3	32	38	36	5	37,6
A4	48	57	18	3	56,4
A5	80	95	90	1	94

Çizelge 9. Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıklar

Kriterler	Lojistik maliyet	Ürün bulunurluğu	Araç doluluk oranı	Zamanında teslimat	Müşteri memnuniyeti	Tutarlılık oranı
Lojistik maliyet	0,485	0,530	0,406	0,542	0,294	0,452
Ürün bulunurluğu	0,160	0,177	0,243	0,181	0,176	0,187
Araç doluluk oranı	0,097	0,058	0,081	0,060	0,176	0,095
Zamanında teslimat	0,160	0,177	0,243	0,181	0,294	0,211
Müşteri memnuniyeti	0,097	0,058	0,027	0,036	0,059	0,055
Tutarlılık oranı	0.056					

PROMETHEE yönteminde kullanılması bakımından tercih fonksiyonları aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Eşitlik 15, 16, 17, 18 ve 19).

1. Karar verici 0 - 1 arası fiyat farklarını (d) kabul etmektedir.

$$P_1(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ d - 1, & 0 < d \leq 1 \\ 1, & d > 1 \end{cases} \quad (15)$$

2. Karar verici 0 - 0,5 arası ürün bulunurluğu farkı değerlerini (d) kabul etmektedir.

$$P_2(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 0,5, & 0 < d \leq 0,5 \\ 1, & d > 0,5 \end{cases} \quad (16)$$

3. Karar verici 0 - 1 arası araç doluluk oranı fark değerlerini (d) kabul etmektedir.

$$P_3(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 0,5, & 0 < d \leq 1 \\ 1, & d > 1 \end{cases} \quad (17)$$

4. Zamanında teslimat değerlerindeki (d) değişiklikler karar vermede etkili olacaktır.

$$P_4(d) = 1 - e^{-d^2/1,402}, d \geq 0 \quad (18)$$

5. Karar verici 1 - 2 arası müşteri memnuniyeti farkı değerlerini (d) kabul etmektedir.

$$P_5(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 1 \\ 0,5, & 1 < d \leq 2 \\ 1, & d > 2 \end{cases} \quad (19)$$

- Maliyet kriteri için tercih fonksiyonu (5. tip):
- Ürün bulunurluğu kriteri için tercih fonksiyonu (4. tip):
- Araç doluluk oranı için tercih fonksiyonu (4. tip):
- Zamanında teslimat için tercih fonksiyonu (Gauss):
- Müşteri memnuniyeti için tercih fonksiyonu (4. tip):

Verilerin üç yönetime göre değerlendirilmesinin ardından alternatiflerin sıralaması Çizelge 10'daki gibi ortaya çıkmıştır.

5. SONUÇLAR

Gerek günlük yaşamda gerekse de iş yaşamında karşılaşılan problemlerde doğru kararları verebilmek önem arz etmektedir. Söz konusu problemlerde birden fazla kriter rol oynadığında ve birden fazla alternatif olduğunda karar verme işlemi zorlayıcı olabilmektedir. Bu durumlar için çözüm ÇKKV yöntemlerinde saklıdır. Problemin türüne göre tercih edilebilecek fazla sayıda ÇKKV yöntemi mevcuttur. Burada önemli olan problemin türüne göre hangi ÇKKV yöntemi/yöntemleri ile çalışılabileceğinin belirlenebilmesidir.

İkinci önemli nokta ise karar vericinin tereddütten uzak karar verebilmesine yardımcı olabilmek için kaç tane yöntemin bir arada kullanılabileceğinin belirlenmesidir. Tek bir karar verme yöntemi ile çalışmak, üretilen sonuç değerleri birbirine yakın olduğunda tereddütte sebep olabilir. Yanlış karar vermenin yüksek bir maliyete sebep olabileceği iş hayatında ise böyle bir tereddüde çok fazla hoşgörü gösterilmemektedir. Bu nedenle birden fazla karar verme yöntemi ile çalışmak ve bu yöntemlerin hepsinin veya en azından çoğunun işaret ettiği çözümü uygulamak tereddüdü azaltacaktır.

Üçüncü önemli nokta ise kriterlerin doğru belirlenmiş olması gerekliliğidir. Biliyoruz ki kriterler yanlış belirlendiğinde veya veriler hatalı tespit edildiğinde ne kadar çok karar verme yöntemi kullanılsa da sonuç hep hatalı olacaktır. Bu nedenle sonuç üzerinde önemli bir etkiye sahip olan kriterler doğru tespit

edilmeli bunlara ait veriler uzmanlarca doğru bir şekilde ortaya konulmalıdır. Bu çalışmada kriterler ve alternatifler uygulama çalışmasının yapıldığı firmanın profesyonelleri tarafından ortaya konulmuş ve söz konusu verilerin doğruluğu bilimsel olarak incelenmiş ve tutarlılık analizi ile teyit edilmiştir.

Doğruluğu teyit edilen veriler, uzmanlar tarafından belirlenen kriterler ve alternatifler bu problem türüne uygun olan üç karar verme yöntemi olan TOPSIS, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemlerine göre değerlendirilmiş ve beş alternatifin, söz konusu üç karar verme yöntemine göre sıralamaları çıkartılmıştır. Çizelge 10'da ortaya konulan sıralamaların birbirleriyle tutarlı olduğu ve üç karar verme yöntemine göre birinci öncelikli alternatifin aynı alternatif olduğu görülmüştür. Mevcut sipariş frekansını temsil eden alternatifin düşük bir sıralama değerine sahip olması bu yöntemin firmanın lojistik operasyonları için uygun olmadığını göstermiştir.

Bu çalışma bayi için doğru sipariş frekansının ne olması gerektiği ile ilgilidir. Bir bayinin olması gerekenden fazla sipariş hakkına sahip olması, gereksiz uğrama ve mesafe maliyetlerine sebep olabileceği gibi araçların ilk yükleme alanına varışlarını da geciktirecek ve başka operasyonel sıkıntılara sebebiyet verecektir. Bir bayinin olması gerekenden az sipariş hakkına sahip olması ise o bayide ve o bayinin hizmet verdiği coğrafi bölgede ürün bulunurluğunu olumsuz etkileyecek ve bu durum, müşteri memnuniyetsizliği ve rekabet dezavantajı oluşturacaktır. Bu nedenle tereddütten uzak karar verilmesi gerektiği ortadadır ve bu nedenle üç farklı ÇKKV yöntemi tercih edilmiştir.

Gelecek çalışmalar için öneri olarak iş hayatında sık karşılaşılan problemlerin sınıflandırılması ve hangi sınıftaki problemin çözümü için hangi karar verme yöntemlerinin tercih edilmesi gerektiği ile ilgili bir çalışma ortaya konulabilir. Böyle bir çalışma sektörde çalışan karar vericiler için yol gösterici bir çalışma olacaktır. Yine literatür taraması diğer karar verme yöntemlerini de içerecek şekilde genişletilebilir ve hangi problem türü için literatürde hangi karar verme yöntemlerinin tercih edildiği ortaya konulabilir.

Çizelge 10. ELECTRE, TOPSIS ve PROMETHEE öncelik sıralamaları

Öncelik sırası	ELECTRE	TOPSIS	PROMETHEE
5.öncelik	A1	A2	A1
4.öncelik	A2	A1	A2
3.öncelik	A3	A3	A3
2.öncelik	A4	A4	A4
1.öncelik	A5	A5	A5

6. KAYNAKLAR

1. Ateş, O. ve Durmuşoğlu, M.B. (2023). Endüstriyel hücrelerde bulanık tabanlı taşıma yöntemi seçimi için geliştirilen bir yaklaşım: vaka çalışması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(3), 1931-1944.
2. Genç, T. ve Masca, M. (2013). TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile elde edilen üstünlük sıralamalarının bir uygulama üzerinden karşılaştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15(2), 539-567.
3. Buchanan J. & Sheppard, P. (2023). Ranking Projects Using ELECTRE Method, <http://orsnz.org.nz/conf33/papers/p58.pdf>, Erişim Tarihi: 09.06.2023.
4. Urfaloğlu, F. ve Genç, T. (2013). Çok kriterli karar verme teknikleri ile Türkiye'nin ekonomik performansının Avrupa Birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(2), 329-360.
5. Cheng-Min, F. & Rong-Tsu, W. (2001). Considering the financial ratios on the performance evaluation of highway bus industry. *Transport Reviews*, 21(4), 449-467.
6. Dağdeviren M. ve Eraslan E. (2008). PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 69.
7. Arısoy, E. (2019). Çok kriterli karar verme yöntemleri PROMETHEE. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
8. Tüysüz, G. (2014). Çok kriterli karar verme teknikleri ile savaş uçağı seçimi. *Yüksek Lisans Tezi*. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
9. Demireli, E. (2010). TOPSIS çok kriterli karar verme sistemi: Türkiye'deki kamu bankaları üzerine bir uygulama. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 5(1), 101-112.
10. Yıldırım, F. ve Önder, E. (2014). *Çok kriterli karar verme yöntemleri*. Bursa: Dora Yayınları

11. Behzadian, M., Otaghsara, S.K., Yazdani, M. & Ignatius, J. (2012). A state-of theart survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39, 13051-13069.
12. Huang, J-Y. (2016). Patent portfolio analysis of the cloud computing industry. *J. Eng. Technol. Manage.* 39, 45-64.
13. Lau, H., Nakandla, D., Samaranayake, P. & Shum, P.K. (2016). BPM for supporting customer relationship and profit decision. *Business Process Management Journal*, 22(1), 231-255.
14. Mehralian, G., Nazari, J.A., Rasekh, H.R. & Hosseini, S. (2016). TOPSIS approach to prioritize critical success factors of TQM. *The TQM Journal*, 28(2), 235-249.
15. Kumar Sahu, A., Datta, S. & Mahapatra, S.S. (2016). Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment. *Benchmarking: An International Journal*, 23(3), 651-673.
16. Liu, J. & Li, S. (2015). Research on the ranking of university education based on Grey-TOPSIS-DEA Method. *iJET*, 8(10), 51-54.
17. Song, J. & Zheng, J. (2015). The application of Grey-TOPSIS method on teaching quality evaluation of the higher eucation. *iJET*, 10(8), 42-45.
18. Wang, H-C., Chiu, W-P. & Wu, S-C. (2015). QoS-driven selection of web service considering group preference. *Computer Networks*, 93, 111-124.
19. Houska, M. (2012). Reply to the paper multi-criteria analysis of economic activity for European Union member states and candidate countries: TOPSIS and WSA applications by S. E. Dincer. *European Journal of Social Sciences*, 30(2), 290-295.
20. Parsaei, S., Keramati, M.A., Zorriassatine, F. & Feylizadeh, M.R. (2012). An order acceptance using FAHP and TOPSIS methods: A case study of Iranian vehicle belt production industry. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 3, 211-224.
21. Özgüven, N. (2011). Kriz döneminde küresel perakendeci aktörlerin performanslarının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(2), 151-162.
22. Ghosh, D.N. (2011). Analytic hierarchy process & TOPSIS method to evaluate faculty performance in engineering education. *UNIASCIT*, 1(2), 63-70.
23. Monavvarian, A., Fathi, M.R., Zarchi, M.K. & Faghih, A. (2011). Combining ANP with TOPSIS in selecting knowledge management strategies (Case Study: Pars Tire Company). *European Journal of Scientific Research*, 54(4), 538-546.
24. Jadidi, O., Firouzi, F. & Bagliery, E. (2010). TOPSIS method for supplier selection problem. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 47, 956-958.
25. Özkan, Ö. (2007). Personel seçiminde karar verme yöntemlerinin incelenmesi: AHP, ELECTRE ve TOPSIS örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
26. Arısoy, E. (2019). Çok kriterli karar verme yöntemleri PROMETHEE. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
27. Evren, R. ve Ülengin, F. (1992). *Yönetimde çok amaçlı karar verme*. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 19-27, İstanbul.
28. Sambulas, D., Yiotis, G.S. & Panou, K.D. (1999). Use of multicriteria methods for assesment of transportation projects. *Journal of Transportation Engineering*, 125, 407-414.
29. Kaya, Y. (2004). Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Hava Harp Okulu Komutanlığı, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü.
30. Hwang, C.L. & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications a state-of-the-Art survey*. 1st ed. New York, USA: SpringerVerlag.
31. Dağdeviren, M. ve Eraslan, E. (2008). PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 70.
32. Brans, Jean-Pierre Philippe, V. & Bertrand, M. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24, 228.
33. Brans, J.P. & Vincke, P. (1985). Note-A preference ranking organisation method. *Management Science*, 31(6), 647-656.
34. Atıcı, K. ve Ulucan, A. (2009). Enerji projelerinin değerlendirilmesi sürecinde çok kriterli karar verme yaklaşımları ve Türkiye uygulamaları. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 161-186.
35. Dinçer, S. (2019). *Çok kriterli karar alma*. Ankara: Gece Akademi Yayıncılık.
36. Demirtaş, M. ve Bolahatoğlu, K. (2025) SWARA – MOORA yöntemi ile depolama sistemi seçimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 40(1), 69-77.
37. Kalan, O. (2023). Dolum hattı makineleri için AHP ve TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(4), 967-980.