



Journal of Turkish Operations Management

Havaya setlerin seçimi için karşılaştırmalı çok kriterli karar verme yaklaşımı

Emre Yazıcı¹, Ufukcan Ebiri², Berat Alperen Kızılay³, Onur Oruç⁴, Hacı Mehmet Alakaş^{5*}

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yahşihan/Kırıkkale, Turkey, emreyazici92@hotmail.com ORCID ID: 0000-0002-3661-2119

²Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yahşihan/Kırıkkale, Turkey, ufukcanebiri.06@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-8667-4898

³Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yahşihan/Kırıkkale, Turkey, alp alp98@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-7591-5457

⁴Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yahşihan/Kırıkkale, Turkey, onuroruc329@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-1184-9574

⁵Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yahşihan/Kırıkkale, Turkey, hmalagas@kku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9874-7588

*Sorumlu Yazar

Makale Bilgisi

Özet

Makale Geçmişi:

Geliş: 06.03.2023

Revize: 02.12.2023

Kabul: 08.12.2023

Günümüzde teknolojik ürünlerin kullanımı hayatımızın hemen hemen her alanında vardır. Bu ürünlerin üretiminde çeşitli amaçlar için kullanılan mekanik ve elektronik cihazlar bulunmaktadır. Bu cihazlardan birisi de elektronik devre elemanlarının lehimlenmesinde kullanılan havya setleridir. İşletmeler için ciddi mali yükleri olan ve hassas kullanım isteyen havya setlerinin seçimi önemli bir karar problemi niteliğindedir. Bu çalışmada bir elektronik işletmesi için alınması planlanan havya setlerinin seçimi problemi ele alınmıştır. Havya setlerinin seçiminde etkili olan kriterler belirlenerek kriterlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile hesaplanmıştır. Alternatiflerin sıralanması için karşılaştırmalı bir yaklaşım benimsenerek üç farklı sıralama metodu ile alternatiflerin sıralaması elde edilmiştir. Sıralamaların belirlenmesi için TOPSIS, COPRAS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre kriter ağırlığı en yüksek kriter ısı aralığı çıkmıştır. Alternatifler arasında ise Weller wx2020 TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinde birinci alternatif olmuştur. COPRAS yöntemine göre ise birinci alternatif Weller wt1010 alternatifi olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havya seti, AHP-TOPSIS, AHP-COPRAS, AHP-PROMETHEE

Comparative multi criteria decision making approach soldering iron set selection

Article Info

Abstract

Today, the use of technological products is present in almost every aspect of our lives. Mechanical and electronic devices are used for various purposes in producing these products. One of these devices is soldering iron sets used for soldering electronic circuit elements. The selection of soldering iron sets, which have severe financial burdens and require precise use, is a crucial decision problem for businesses. This study examines the selection of soldering iron sets planned to be purchased for an electronics company. The criteria effective in selecting soldering iron sets were determined, and the criteria weights were calculated with the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. A comparative approach was adopted to rank the alternatives, and the ranking of the alternatives was obtained with three different ranking algorithms. TOPSIS, COPRAS, and PROMETHEE methods were used to determine the rankings. According to the study results, the criterion with the highest criterion weight is the temperature range criterion. Among the alternatives, Weller wx2020 was the first alternative in TOPSIS and PROMETHEE methods. According to the COPRAS method, the first alternative was the Weller wt1010 alternative.

Article History:

Received: 06.03.2023

Revised: 02.12.2023

Accepted: 08.12.2023

Keywords: Soldering iron set, AHP-TOPSIS, AHP-COPRAS, AHP-PROMETHEE

1. Giriş

Günümüzün teknoloji dünyasında elektronik cihazlar hayatımızın her alanında yerini almaktadır. Gerek günlük hayatımız gerek iş hayatımız içerisinde bilgisayar, telefon ve televizyon gibi çeşitli elektronik cihazlar kullanılmaktadır. Bunlar dışında otomotiv, beyaz eşya gibi önemli üretim hacmine sahip ekonomik değeri yüksek ürünler için üretilen çeşitli elektronik parçalar ve cihazlar vardır. Bu cihazlarda bulunan elektrik devresinin çalışmasını sağlayan parçalara elektronik devre elemanları denilmektedir. Elektronik devre elemanlarının birbirlerine ve cihazlara montajını sağlayan araçlara ise havya adı verilmektedir.

Havya ile elektronik devre elemanlarının cihazlara montajında lehimleme görevi yerine getirilmektedir. Devre elemanlarını birbirine lehimleyebilmek için hızlı ve yüksek bir ısı kaynağına ihtiyaç vardır. Havyalar hızlı bir şekilde ısınabilme, lehimleme yaparken ısı kaybı yaşanmama, gövde kısmının yalıtımlı olması gibi çeşitli özelliklere sahip olmaktadır. Başarılı bir lehimleme işlemi yapabilmek için gerekli ekipman ve teçhizatlar; havya, lehim (teli, pompası, tabancası, pastası) ve havya istasyonundan oluşmaktadır. Havyalar teknik özellikleri ve yapısal özelliklerine göre farklı biçimlerde sınıflandırılabilir. Yapısal olarak havyaların kalem, tabanca ve gazlı olmak üzere üç farklı çeşidi bulunmaktadır.

Elektronik devre elemanlarının lehimlenmesinde en çok kullanılan havya türü kalem havyalardır. Kalem havyalar istasyonlu ve istasyonsuz olmak üzere iki grupta incelenir. İstasyonlu havyalar yalnızca bağlı bulunduğu istasyonda çalışan havyalardır. Bu havyalar gerilim ayarlı veya ısı ayarlı olarak ikiye ayrılmaktadır. İstasyonsuz havyalar ise her yerde kullanılabilme özelliğine sahip olmakla birlikte tek bir ısı değerinde çalışmaktadırlar. Tabanca havyaların gücü yüksek olduğu için çok kalın iletkenlerin lehimlenmesinde kullanılmaktadır. Enerji kaynağının bulunmadığı ortamlarda gazlı havyalar kullanılır. Yakılan gaz sayesinde havya ucu ısıtılarak lehimleme işlemi yapılır. Teneke, çinko ve bakır gibi metal levhaların ısıtılmasında gazlı havyalar, savunma sanayisi gibi seri üretim yapan üretim sistemlerinde istasyonlu kalem havyalar, bakım onarım yapan küçük işletmeler ve öğrenme amaçlı elektronik kart üretilen öğrenme ortamlarında kalem havya, kalın ürünlerin işlem gerektirdiği durumlarda yüksek güçlü havyalar olan tabanca havyalar tercih edilmektedir.

Üretim sürecinde kaliteli ürün üretimi, ürünlerin kusursuz olarak işlenmesi ve üretimin kesintisiz bir şekilde devam etmesi için havya seçimi kritik öneme sahiptir. Doğru ve etkili bir seçim için verilerin analiz edilmesi ve birçok faktörün dikkate alınması gerekmektedir. Havyaların teknik ve yapısal özelliklerinin çeşitlenmesi, üretim ortamlarına ve işlem görececek hammaddeye göre aranan teknik özelliklerin değişmesi karar vericilerin çok sayıda kriteri dikkate almasına neden olmaktadır. Bununla birlikte finansal kısıtların var olması halinde problem karmaşık bir karar problemi haline dönüşmektedir. Bu nedenle üretim sürecinde kullanılacak havyanın seçimi üretici için önemli düzeyde bilgi ve zaman gerektiren bir karar problemi niteliğindedir. Bu tarz karar problemleri literatürde çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) problemi olarak bilinmektedir. Karar problemi üzerinde farklı düzeylerde etkiye sahip kriterlerin değerlendirilmesi ve alternatiflerin sıralanmasında ÇÖKV yöntemleri karar verici için etkili bir çözüm yöntemidir. ÇÖKV iyi performansla sahip ve en uygun alternatifin seçiminde alternatifler arasında kıyaslama yaparak uzlaşık bir çözüm sunmaktadır. Bu çalışmada ele alınan problem ÇÖKV problemi olarak değerlendirilmekte olup seri üretim yapan bir elektronik firmasında ihtiyaç duyulan havya seti için en uygun alternatifi belirleme problemi incelenmiştir.

Problemin çözümünde kriter ağırlıklarının hesaplanması için uygulama kolaylığı dikkate alınarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır. En uygun havya setinin seçimi için üç farklı yöntem ile alternatifler sıralanmıştır. Sıralama için TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), COPRAS (Complex Proportional Assessment) ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemleri kullanılmıştır. Üstünlüklere göre sıralama vermesi nedeniyle TOPSIS, kriterlerin türüne minimizasyon veya maksimizasyon yönlü oluşlarını dikkate alması nedeniyle COPRAS ve kriterleri nicel ve nitel durumlarına göre sınıflandırarak tercih fonksiyonu belirleme avantajı sunması nedeniyle PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Sıralama algoritmalarında ihtiyaç duyulan kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile hesaplanarak hibrit bir yaklaşım uygulanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatürde yer alan çalışmalar özetlendikten sonra üçüncü bölümde çözüm yöntemleri, dördüncü bölümde uygulama sonuçları ve son bölümde ise çalışmanın sonuç kısmı yer almaktadır.

2. Literatür araştırması

Çok ölçütlü karar verme yöntemi literatürde makine-teçhizat seçiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada özel bir işletmede kullanılan havya seti seçimi yapılmıştır. Literatürde makine teçhizat seçim problemi birçok çalışmada elen alınmış olsa da bu çalışma literatürdeki diğer çalışmalardan farklı bir makine teçhizata odaklanarak havya seti seçimi problemi ele alınmıştır. Çalışma makine teçhizat alanında yapılacak çalışmalara örnek bir uygulama özelliği taşımakta ve incelenen literatür ışığında havya seti seçimi için yapılan ilk örnek

özelliği taşımaktadır. Makine teçhizat seçimi, ürün seçimi ve kullanılan yöntemlerle ilgili literatür çalışmaları incelenerek bu bölümde özetlenmiştir.

Makine teçhizat ve ekipman seçimine yönelik olarak literatürde kullanılan yöntemler bu kısımda özetlenmiştir. Ertuğrul ve Özçil (2014) klima seçim problemi için TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanarak en uygun klimanın seçimini yapmışlardır. Deringöz ve diğ. (2021a) AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemini kullanarak, COVID-19 takibinde giyilebilir sağlık teknolojilerinin ÇÖKV yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Kısa ve Perçin (2017) makine seçimi problemini bulanık DEMATEL ve bulanık VIKOR yöntemleri ile incelemişlerdir. Akça ve diğ. (2015) bireylerin takip edilmesine ihtiyaç duyulduğunda kullanılması gereken kişi için takip cihazının seçimi için beş farklı alternatif belirlemiştir. Belirlenen alternatifler arasından en uygun cihaz AHP yöntemi ile seçilmiştir. Kaya ve diğ. (2007) bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak imalat işletmesi için en uygun CNC makinesini belirlemişlerdir. Perçin (2012) CNC seçimine etki eden kriterleri belirlemiştir ve ardından bulanık AHP ile kriterleri ağırlıklandırmış ve bulanık TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralamasını elde etmiştir. Sonuçların güvenilirliği için ise bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışmada dört CNC alternatifi değerlendirilmiş ve en uygun CNC seçilmiştir. Soba (2012) PROMETHEE yöntemi kullanılarak en uygun panelvan otomobil seçim problemine çözüm önerisinde bulunmuştur.

Yeni nesil teknolojik araçların seçimi de güncel literatürde yerini almaktadır. Keçek ve Yüksel (2016) akıllı telefon seçiminin çözümünde AHP ve PROMETHEE yöntemini kullanmıştır. Turgut ve diğ. (2020) spor yapanlar için en uygun akıllı saatin AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile seçimini yapmışlardır. Deringöz ve diğ. (2021b) AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak akıllı gözlük seçimi yapmışlardır. Amiri ve diğ. (2011) VIKOR yöntemi kullanılarak İranlı bir araba parçacısı için tedarikçi seçimi yapmışlardır. Pophali ve diğ. (2011) AHP ve GRA yöntemleri kullanılarak atık su arıtıcı seçimi yapmışlardır. Cristóbal (2012) TOPSIS yöntemi ile yüklenici seçimi yapmışlardır. Orçanlı ve Özen (2013) AHP ve TOPSIS yöntemleri ile E-Kitap okuyucu seçimi yapmıştır. Tayyar ve Arslan (2013) AHP ve VIKOR yöntemleri kullanılarak fason üretim için işletme seçimi yapmışlardır. Stevic ve diğ. (2017) COPRAS ve MULTIMOORA yöntemleri kullanılarak tedarikçi seçimi yapmışlardır. Bahraminasab ve Jahan (2011) VIKOR yöntemi kullanılarak total diz replasmanının femoral bileşeni için malzeme seçimi yapmışlardır. Singh ve diğ. (2013) TOPSIS yöntemi ile ağ trafiği için uygulama tekniklerinin seçimi yapmışlardır. Shafabakhsh ve diğ. (2014) TOPSIS yöntemi ile toplu taşıma sistemi seçimi yapmışlardır. Topoyan ve diğ. (2008) bulanık AHP yöntemi ile iklimlendirme sistemi seçimi yapmışlardır. Özdağoğlu ve diğ. (2019) klinik laboratuvarlarda kullanılan tam kan sayım cihazının seçimi için SWARA, WPM, TODIM ve AHP yöntemlerini kullanmışlardır.

İnanır ve Deste (2021) KBRN ekibi için koruyucu elbise seçiminde AHP ve VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır. Uğur vd. (2018) çatı kaplama malzemesinin seçiminde VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Wang ve Chang (2007) TOPSIS yöntemleri ile uçakların değerlendirilmesi yapılmıştır. Samvedi ve diğ. (2012) tedarikçi değerlendirme problemi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Gavcar ve Kara (2020) otomotiv sektöründe elektrikli otomobil seçimi için ENTROPI ve TOPSIS yöntemleri ile bir uygulama yapmışlardır. Tzeng ve diğ. (2005) AHP, TOPSIS ve VIKOR toplu ulaşımda otobüsler için alternatif yakıtları değerlendirmişlerdir. Piantanakulchai ve Saengkhaio (2003) AHP yöntemi ile ulaşım alternatiflerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Baležentis, Baležentis & Misiunas (2012) işletmelerin finansal oranlarını kriter olarak kabul eden bir model oluşturmuşlar ve PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri ile alternatifleri sıralayıp sonuçları karşılaştırarak optimum alternatifi belirlemişlerdir. İncelenen çalışmaların özeti Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Literatür Özeti

Yazar (Yıl)	B-TOPSIS	B-AHP	TOPSIS	PROMETHEE	AHP	VIKOR	B-DEMATEL	B-VIKOR	SWARA	WPM	COPRAS	AHP	ENTROPI
Ertuğrul ve Özçil (2014)			✓			✓							
Deringöz vd. (2021a)			✓	✓	✓								
Kısa ve Perçin (2017)							✓	✓					
Akça vd. (2015)					✓								
Kaya vd. (Kaya et al., 2007)	✓												
Perçin (2012)		✓	✓										
Soba (2012)				✓									
Kecek ve Yüksel (2016)				✓	✓								
Turgut (2020)				✓	✓								
Deringöz vd. (2021b)			✓	✓	✓								
Amiri vd. (2011)						✓							
Pophali vd. (2011)					✓								
Cristóbal (2012)			✓										
Orçanlı ve Özen (2013)			✓		✓								

Tayyar ve Arslan (2013)			✓	✓				
Stevic vd. (2017)								✓
Bahraminasab ve Jahan (2011)								✓
Singh, Kumar & Singla (2013)				✓				
Shafabakhsh (2014)			✓					
Topoyan vd. (2008)	✓							
Keleş (2019)							✓	✓
İnanır ve Deste (2021)				✓	✓			
Uğur (2018)								✓
Wang ve Chang (2007)			✓					
Samvedi vd. (2012)			✓		✓			
Gavcar ve Kara (2020)			✓					
Tzeng vd. (2005)			✓		✓	✓		
Piantanakulchai ve Saengkhao (2003)					✓			
Baležentis ve Misiunas (2012)				✓	✓			
Bu çalışma			✓	✓				✓

Kısaltmalar: B-TOPSIS: Bulanık TOPSIS, BAHP: Bulanık AHP, TPS: TOPSIS, B-DEMATEL: Bulanık DEMATEL, B-VİKOR: Bulanık VİKOR, COPRAS

3. Materyal ve Metot

Çalışmada ele alınan problem bir karar problemidir. Karar problemlerinin çözümünde literatürde en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi ÇÖKV yöntemleridir. ÇÖKV yöntemleri karar verme sürecinde karar vericilerin rasyonel hareket tarzını belirlemede yardımcı olan analitik bir yaklaşım sunar. Fayda temelli ve üstünlük temelli olmak üzere çeşitli yaklaşımlar sunan bir yöntemler bütünüdür. ÇÖKV, karar sürecinde karar vericinin kararlarını etkileyen kriterleri dikkate alarak problemin modellemesine ve süreç sonunda faydayı maksimize etmeye/maliyeti minimize etmeye yönelik bir analiz sürecine dayanır. Bu çalışmada ÇÖKV yöntemlerinden AHP, COPRAS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinden faydalanılmıştır.

3.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP yöntemi Saaty tarafından 1977 yılında karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. AHP yöntemi sezgileri, deneyimleri ve bilgileri karar sürecine dahil edebilen, karar almada nicel ve nitel ölçütleri değerlendirebilen, karmaşık problemlerde hiyerarşik bir yapı izleyerek problemlerin çözülmesini sağlayan bir yöntemdir. AHP yönteminde önem sırası en az üç seviyeden oluşması gerekir. Önem sıralamasının en üst seviyesinde amaç, orta seviyesinde ise ana ölçütler ve varsa eğer bu ölçütlerin altında alt ölçütlere yer verilir. Hiyerarşinin en alt basamağında ise karar alternatifleri bulunur.

Problemin çözümünün tutarlı olması için ikili karşılaştırmalarda kriterlerin sayısı doğru belirlenmeli ve her bir kriter doğru tanımlanmalıdır. AHP, grup karar alınmasında ve birçok ölçüt ile uygulanabilir olması sebebi ile yararlı bir yöntemdir. AHP yönteminde deneyimli ve uzman kişilere ihtiyaç vardır. Bunun sebebi ise önem sıralamaları ve ikili karşılaştırma matrislerinin öznel olmasından kaynaklanır.

AHP yönteminin adımları aşağıdaki biçimdedir (L. Wang et al., 2020).

Adım 1: İlk olarak kriterler ve alternatifler belirlenir. Bunlara ilişkin olarak hiyerarşik yapı oluşturulur.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisi (A) denklem 1'deki gibi oluşturulur. Bu adımda her bir kriterin göreceli önem düzeyi uzmanlar tarafından değerlendirilir. Karşılaştırma matrisinde değerlendirmeler için Saaty (Saaty, 1977)'nin 1 ile 9 skalası olarak bilinen Tablo 2'de yer alan önem derecesi ölçeği kullanılır.

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

a_{ij} , i. kriterin j. kriterine göre önem düzeyini gösterir. a_{ij} 1'den büyükse i. kriter j. kriterine göre daha önemlidir. 1'den küçük olması durumunda ise tam tersi söz konusudur. 1'e eşit olması ise iki kriterin eşit düzeyde öneme sahip olduğunu gösterir.

Tablo 2. Saaty 1-9 önem derecesi ölçeği

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit düzeyde	Her iki kriterde eşit düzeyde öneme sahiptir.

	önemli		
3	Biraz önemli	Bir kriter diğerine göre biraz daha önemlidir.	
5	Fazla önemli	Bir kriter diğerine göre çok daha önemlidir.	
7	Çok fazla önemli	Kriter diğer kriterlere göre kesinlikle çok daha önemlidir.	
9	Son derece önemli	Kriter diğerine göre son derece önemlidir.	
2-4-6-8	Ara değerler		

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisleri normalize edilir. Normalizasyon işlemi için denklem 2'den faydalanılır.

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

Adım 4: Kriterlerin önem düzeyleri hesaplanır. Her bir kriterin önem düzeyi denklem 3 ile hesaplanır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Adım 5: Tutarlılık oranı hesaplanır. Hesaplama λ_{\max} değeri denklem 4'teki gibi hesaplanır. İkili karşılaştırma sonucu oluşturulan bir A matrisinin tutarlı olup olmadığını belirleyebilmek CI katsayısı denklem 5 ile hesaplanır.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (4)$$

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

Tutarlılığı belirlemek için Tablo 3'te yer alan ve kullanılan kriter sayısına göre farklılık gösteren Rassallık İndeks (RI) değerinin bilinmesi gerekir.

Tablo 3. Rassallık göstergeleri

N	1	2	3	4	5	6	7
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32
N	8	9	10	11	12	13	14
RI	1.41	1.45	1.49	1.51	1.53	1.56	1.57

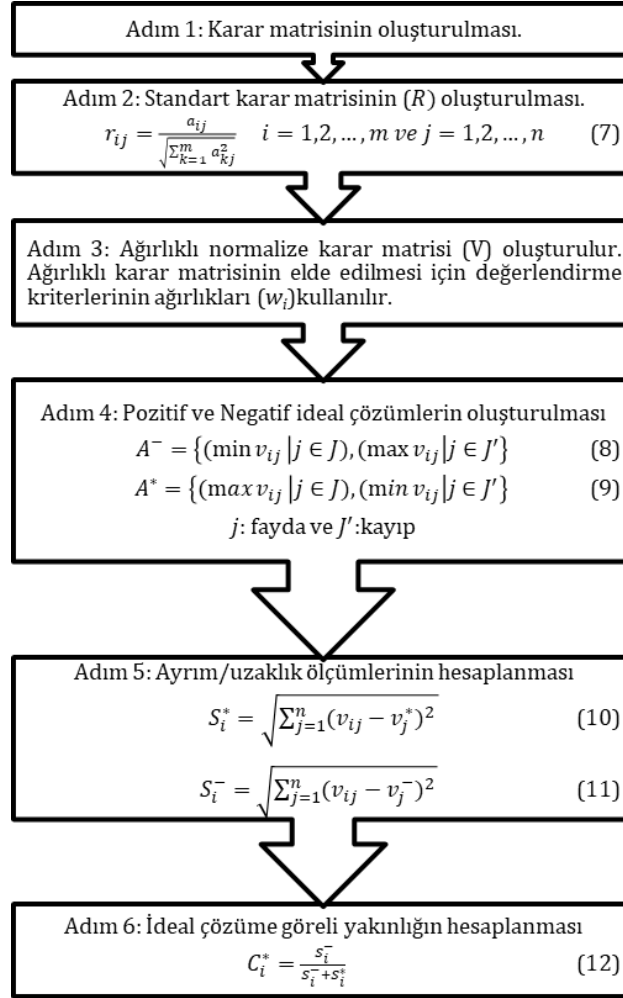
Tutarlılık (CI) ve Rasallık (RI) değerleri belirlendikten sonra Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanır.

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

CR değeri 0,1'den küçük eşit ise kabul edilebilir, aksi takdirde karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı için yeniden karşılaştırma değerleri kontrol edilmelidir. Diğer bir ifade ile algoritmanın ikinci adımına tekrar dönülür.

3.2 TOPSIS yöntemi

TOPSIS yöntemi ÇÖKV yöntemlerinden biridir. TOPSIS yöntemi, değerlendirilen alternatiflere göre yapay olarak oluşturulan pozitif ideal alternatif ve negatif ideale en uzak olan alternatifin seçilmesi fikrine dayanmaktadır (Liu ve diğ., 1994). Pozitif ideal çözüme en yakın alternatif en iyi çözüm olarak kabul edilir. TOPSIS yönteminin aşamaları aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Alakaş ve diğ., 2021).



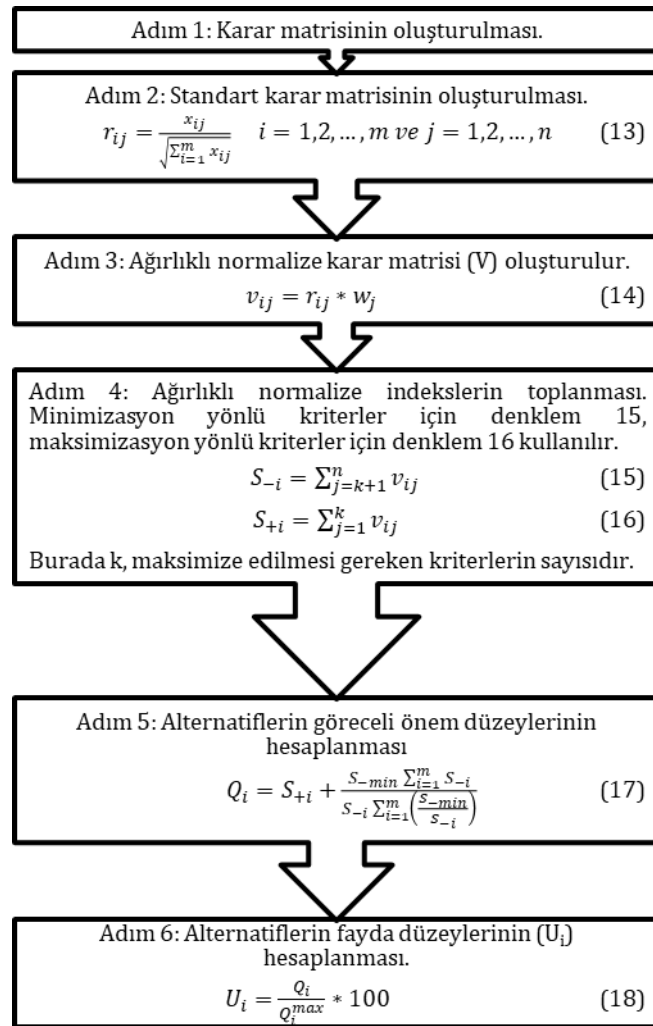
Şekil 1. TOPSIS yöntemi adımları

TOPSIS yönteminin ilk adımında karar matrisi (D) denklem 13'teki gibi oluşturulur. Karar matrisi içerisinde alternatifler alt alta sıralanmakta ve her bir kriterin alternatiflere göre gösterdikleri özellikler listelenmektedir.

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

3.3 COPRAS yöntemi

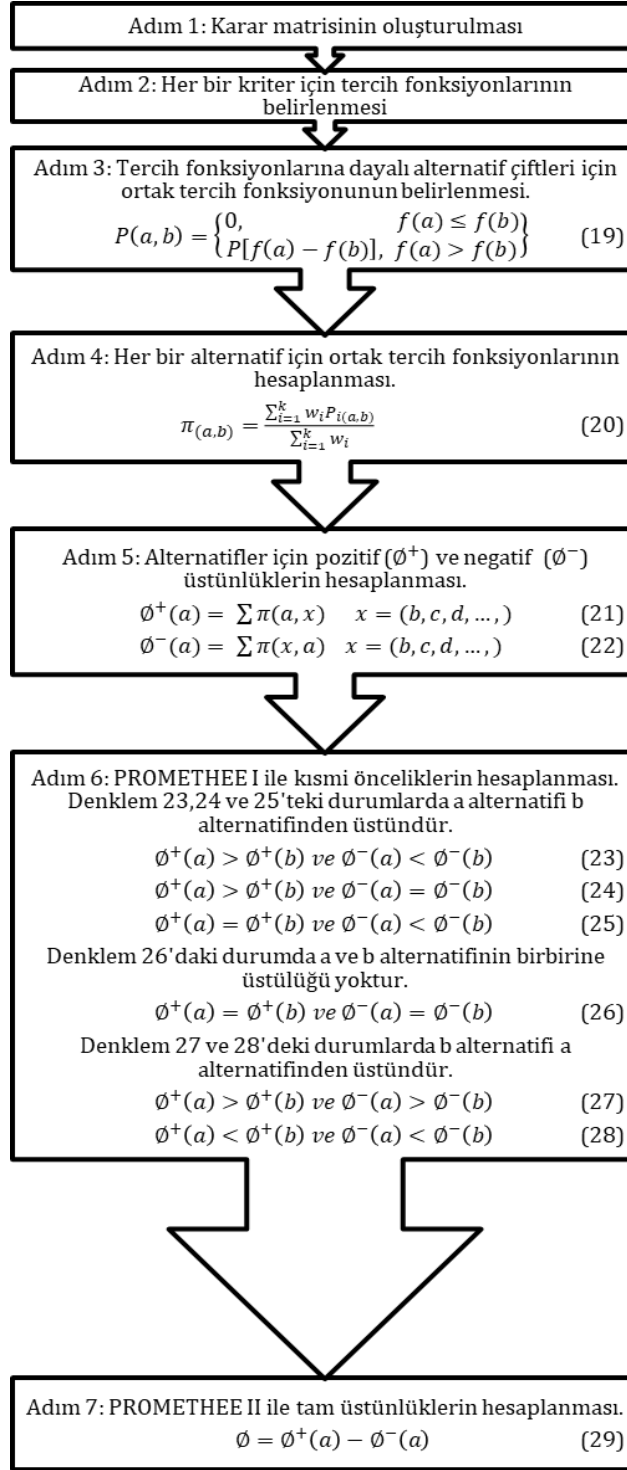
Zavadskas ve Kaklauskas (1994) tarafından önerilen COPRAS yöntemi nicel veya nitel kriterlerin değerlendirilmesinde karar verici için minimizasyon ve maksimizasyon özelliklerini dikkate alarak karar alternatiflerini sıralayan ve değerlendiren ÇÖKV yöntemidir. COPRAS yöntemini diğer ÇÖKV yöntemlerinden ayıran özellik, alternatiflerin önem düzeyi ve önceliğinin doğrudan ve oransal bağımlılığından hareket etmesidir. Diğer bir ifade ile karar alternatiflerini birbiriyle karşılaştırarak diğer alternatiflerden ne düzeyde iyi veya kötü olduğunu yüzdesel olarak ortaya koymasındır (Adar & Kiliç Delice, 2020). Yöntemin adımları Şekil 2'de sunulmaktadır (Zavadskas ve diğ., 1994).



Şekil 2. COPRAS yöntemi adımları

3.4 PROMETHEE yöntemi

PROMETHEE yöntemi Brans (1982) tarafından geliştirilen üstünlük temelli bir yaklaşımdır. PROMETHEE yönteminde alternatiflerin sıralanması için kriterlerin yapılarına göre tercih fonksiyonları belirlenir. Tercih fonksiyonları belirlenirken kriterlerin nicel ve nitel olması gibi özellikleri dikkate alınarak altı farklı tercih fonksiyonundan uygun olanı seçilir. Bu tercih fonksiyonları olağan tip (birinci tip), U tipi (ikinci tip) V tipi (üçüncü tip), seviyeli (dördüncü tip), lineer (beşinci tip) ve Gaussian tipi (altıncı tip) fonksiyonlarıdır (Brans & Vincke, 1985). Karar matrisinin oluşturulması ile başlayan yöntemin adımları Şekil 3'teki gibidir.



Şekil 3. PROMETHEE yöntemi adımları

4. Havya Seti Seçimi

Bu çalışmada Ankara'da bir elektronik firması olarak hizmet veren ve yükselteç cihazları üreten bir işletmenin havya seti seçim sürecine yönelik karar problemi ele alınmıştır. Yükselteç cihazları üretiminde havya setleri kullanılmaktadır. Havya setlerinin işletmeye maliyetinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine bu mali yükü azaltmak ve uygun havya setini seçmek için ÇÖKV yöntemlerinden olan AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Ardından alternatifler COPRAS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile sıralanmıştır ve en uygun set belirlenmiştir. Bu süreçte AHP yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları sıralama yöntemlerinde kullanılmıştır.

4.1 Problemin tanımlanması

Çalışmada bir elektronik firmasının SMD dizgi, test ölçümü, montaj, ARGE, modül EMM, cihaz EMM departmanlarında kullanılmak ve yedek olarak depoda bulundurmak üzere 30 adet havya setinin alımı için alternatif cihazların seçimine ilişkin karar problemi incelenmektedir. Elektronik firmasında neredeyse bütün departmanlar havya setlerine ihtiyaç duymaktadır. Havya setinin bozulması ve arızalanması durumunda üretimin devamı için yedek havya setinin kullanımına geçilip bu süreçte bozulan havyaların da tamir edilmesi ve yedekte bekletilmesi gerekmektedir. Üretim sürecinde kullanımı ve arıza durumları takip edilerek ilgili firmada yılda en az 30 havya setinin bulundurulması gerektiği belirlenmiştir. Bu gereksinimin karşılanması için alternatif cihazlar arasında en uygun cihazın seçimi gerekmektedir. Bu amaçla problemin çözümü için dikkate alınan kriterler ve alternatifler belirlenerek sonraki bölümde açıklanmıştır.

4.2 Kriterlerin belirlenmesi

Kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi için şirkette havya setleri ve satın alma süreçleri hakkında bilgi sahibi olan üretim mühendisi, satın alma müdürü ve operatörden oluşan alanında uzman kişilerden görüşler alınmıştır. Cihazı kullanan kişilerin cihazda olmasını istediği kriterleri belirlemek amacıyla uzmanlar arasına operatörler de dahil edilmiştir. Üretim sürecinde elektronik devre elemanlarının lehimlenmesini etkileyen kriterler bu şekilde belirlenmiştir. Uzman görüşleri neticesinde belirlenen kriterler ve açıklamaları Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Havya seçimini etkileyen kriterler

Kriter	Açıklamalar	Türü	Yapı
Isı aralığı	Yapılan işlemlerde transistor gibi elektronik malzemelerin takılması ve sökülmesinde havya ısısının en az 380 C° olması gerektiği gözlenmiştir.	Max	Nicel
Prob Uç	Lehimleme işlemlerinde çift ve tek prob uçlu havyalar kullanılır. Söküm işlemlerinde aynı anda birden başka işlem gerçekleştirdiği için çift prob havyalara ihtiyaç vardır.	Max	Nitel
Havya ısınma süresi	Havyanın ısınma süresinin seri üretim yapan firmalar için 7-8 saniye olmasının ideal olduğunu ve acil işlemlerde ısınma süresi çok önemli olduğu gözlemlenmiştir.	Min	Nicel
Birim maliyet	Maliyet tüm firmalar için önemli bir etkidir, ekonomik olarak en uygun ve istenilen kriterleri sağlayan havya seti elde edilmek istenir.	Min	Nicel
Sigorta	Havyalarda sigorta olması havyanın el ile kullanıldığı için havyadan, işlenen cihaza ya da cihazdan havyaya akımın gitmesini önlemek için önemlidir bir kriterdir.	Max	Nitel
Havyanın gücü	Havyanın gücü kullanım yerine göre değişmekte. Genellikle kalın iletkenlerin olmadığı yerde 30-120W havyalar tercih edilir.	Max	Nicel

4.3 Alternatiflerin belirlenmesi

Alternatifler firmanın uzmanları ve satın alma müdürü önerileri dikkate alınarak piyasa araştırması neticesinde belirlenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında piyasa araştırması yapılarak firmanın istediği asgari özelliklere sahip altı farklı alternatif belirlenmiştir. Bu alternatifler ve alternatiflere ilişkin açıklamalar Tablo 5'te özetlenmektedir.

Tablo 5. Alternatif havya setleri

Weller wx 2020	WX serisinde yer alan bu cihaz iki kanallı bir yapıya sahiptir. İki kanal dijital lehimleme istasyonu 2x120 W'dır. Özellikle yüksek ısı gücüne ihtiyaç duyan işlemler için tercih edilebilirliği yüksektir. Fakat yüksek gücünden kaynaklı olarak çok ince uç seçenekleri kullanılamamaktadır. 2xWXP 120 Set (2*120W El Aparatı ve Sehpaları)
Weller wt1012	WT serisinde yer alan bu cihaz tek kanallıdır. Dijital lehimleme istasyonu 80Watt'tır.El aparatı ile uç seçenekleri bu ünite ile birebir uyumludur. WSP 80 Set (80W El Aparatı ve Sehpası)
Weller wx1010	WX serisinde 120 W. Dijital lehimleme istasyonuna sahip tek kanallı bir cihazdır. Özellikle yüksek ısı gücüne ihtiyaç duyan işlemler için tercih edilebilirliği yüksektir. Fakat yüksek gücünden kaynaklı olarak çok ince uç seçenekleri kullanılamamaktadır. WXP 120 Set (120W

El Aparatı ve Sehpa)	
Weller wx1011	WX serisinde dijital lehimleme istasyonu ile mikro lehimleme işlem yeteneğine sahiptir. Isınma hızı açısından yüksek teknolojisi ile mikro lehimleme uygulamaları için iyi bir alternatiftir. Tek kanallı bir cihazdır. WXMP Set (40W – 55W El Aparatı ve Sehpa)
Weller wt1010	WT serisinde 90W dijital lehimleme istasyonuna sahip tek kanallı bir cihazdır. Tek el aparatı ile yeni nesil bir cihazdır. 90 W'lık el aparatına sahiptir. XNT tip serisi lehimleme uçları WTP 90 lehimleme el aparatında kullanılmaktadır.
XYTRONICSLF853 D	LF serisinde iki kanallı 2x30Watt dijital lehimleme istasyonuna sahiptir. Çift el aparatı sayesinde farklı uygulamalara cevap verebilecek 30*2 W'lık el aparatına sahiptir.

4.4 Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Saaty (1977) tarafından geliştirilen “1-9 ölçeği” kullanılarak kriterlerin karşılaştırılması uzmanlar tarafından yapılmıştır. Üç uzmanın ortak görüşü neticesinde bir karşılaştırma elde edilmiştir. Uzmanların değerlendirmeleri neticesinde oluşturulan karşılaştırma matrisi Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6. Karşılaştırma matrisi

Karşılaştırma Matrisi	Isı aralığı	Havyanın gücü	Prob ucu	Sigorta	Birim maliyet	Havya ısınma süresi
Isı aralığı	1	9	6	7	4	8
Havyanın gücü	0,11	1	0,33	3,00	0,25	0,33
Prob uç	0,17	3,03	1	3,00	0,33	0,33
Sigorta	0,14	0,33	0,33	1	0,20	0,33
Birim maliyet	0,25	4,00	3,03	5,00	1,	3
Havya ısınma süresi	0,13	3,03	3,03	3,03	0,33	1
TOPLAM	1,80	20,39	13,72	22,03	6,11	12,99

Karşılaştırma matrisinin oluşturulmasının ardından Bölüm 3.1’de özetlenen AHP yöntemi adımları sırasıyla uygulanır. İlk olarak karşılaştırma matrisi denklem 2 kullanılarak normalize edilir. Ardından ise denklem 3 ile kriter ağırlıkları hesaplanır. Uygulanması sonucu elde edilen kriter ağırlıkları ve tutarlılık değerleri Tablo 7’de verilmektedir. Karar vericilerin değerlendirmelerinin tutarlı olması için tutarlılık oranının (CR) değeri 0.1’den küçük olması gerekmektedir. Tutarlılığın kontrolün için tutarlılık göstergesi (CI) ve tutarlılık oranı (RI) hesaplanmıştır. Tablo 7’de verilen sonuçlara göre tutarlılık oranının 0.09 değerine sahip olduğu ve karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu görülmektedir.

Tablo 7. AHP yöntemi kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı sonuçları

Kriterler	Isı aralığı	Havyanın gücü	Prob ucu	Sigorta	Birim maliyet	Havya ısınma süresi
Kriter Ağırlıkları	0,5039	0,0562	0,0883	0,0373	0,1963	0,1180
$\lambda = 6,56$	CI = 0,11			CR = 0,09		

AHP yöntemine göre kriter ağırlığı en yüksek kriter 0,5039 önem düzeyi ile ısı aralığı kriteridir. Önem düzeyi en yüksek ikinci kriter ise 0,1963 önem düzeyi ile birim maliyet kriteridir. Bu kriteri 0,1180 önem düzeyi ile havyanın ısınma süresi kriteri takip etmektedir. Diğer kriterler ise sırasıyla prob uç kriteri 0,0883 önem düzeyine, havya gücü kriteri 0,0562 önem düzeyine ve sigorta kriteri 0,0373 önem düzeyine sahiptir.

Elektronik devre elemanları çinko alüminyum gibi çeşitli özelliklere sahip malzemeler olabilir. Bu nedenle lehimlemedeki en önemli kriter havyanın ısı aralığı olması uzmanlar tarafından kabul gören bir sonuçtur. Zira işlem yapılacak ürüne göre ısı aralığı değişebilmekte ve havyadan beklenen temel özelliklerle yeterli seviyede ısı ile ürün üzerinde işlem yapmak yeteneğine sahip olmasıdır. Hesaplanan bu kriter ağırlıkları alternatiflerin sıralaması için kullanılacak yöntemlerde bir veri olarak kullanılacaktır.

4.5 TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması

Belirlenen alternatiflerin sıralanması için veri matrisi oluşturulmuştur. Veri matrisini oluşturulmasında alternatiflerin satış ve pazarlamaya ilişkin katalog açıklamaları dikkate alınmıştır. Havya setlerinin verilerine göre oluşturulan karar matrisi ve AHP yöntemi ile elde edilen kriterlerin ağırlıkları Tablo 8’de mevcuttur.

Tablo 8. Veri matrisi ve ideal çözüm değerleri

Alternatifler/Kriterler	Isı aralığı	Havyanın gücü	Prob uç	Sigorta	Birim maliyet (TL)	Havyanın ısınma süresi
Kriter ağırlığı	0,5039	0,0562	0,0883	0,0373	0,1963	0,1180
Weller wx 2020	550	120	2	1	9790,8	4
Weller wt 1012	450	90	1	2	4352,69	6
Weller wx1010	550	120	1	1	6360,86	5
Weller wx1011	550	40	1	1	7001,95	5
Weller wt1010	550	90	1	1	4057,79	5
XYTRONICS LF853D	480	30	2	2	3427,9	10

TOPSIS yöntemi ile hesaplama neticesinde elde edilen ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri Tablo 9’ da sunulmaktadır. Bu değerler ile ayırım ölçütleri hesaplanan yakınlık dereceleri belirlenmiştir.

Tablo 9. TOPSIS yöntemi ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri

İdeal Çözüm Değerleri	21,62	3,10	5,10	2,15	12,60	7,83
Negatif İdeal Çözüm Değerleri	17,69	0,77	2,55	1,08	4,41	3,13

Ayırım ölçütlerinin ideal çözüme göre yakınlık sonuçları ise Tablo 10’da verilmiştir. Tablo 10’da C_i^* değerler dikkate alınarak sıralama elde edilmiştir ve havya seti seçiminde TOPSIS sıralaması verilmiştir. TOPSIS yöntemine göre Weller wx 2020 birinci alternatif olarak belirlenmiştir. Bu alternatifi sırasıyla Weller wx1011, Weller wx1010, XYTRONICS LF853D, Weller wt1010 ve Weller wt1012 takip etmiştir.

Tablo 10. TOPSIS yöntemine göre alternatifleri sıralaması

Alternatifler	C_i^*	Sıralama
Weller wx 2020	0,67	1
Weller wt 1012	0,23	6
Weller wx1010	0,48	3
Weller wx1011	0,49	2
Weller wt1010	0,33	5
XYTRONICS LF853D	0,38	4

4.6 COPRAS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması

COPRAS yönteminde ilk adım olarak karar matrisinin normalizasyon işlemi yapılır. Daha sonraki adımda ise kriterler ağırlık katsayısı ile çarpılarak ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiştir. Sonraki adımda ise alternatifler için S_j^+ , S_j^- , Q_i ve P_i değerleri hesaplanır. Son adım olarak ise P_i değerinin hesaplanmasında kullanılan eşitlik değeri hesaplanan her bir alternatif için yüzdelik değerler şeklinde elde edilir. Bu değerler Tablo 11’de gösterilmiştir. COPRAS yöntemine göre birinci alternatif Weller wt 1010 olmuştur.

Tablo 11. COPRAS yöntemine göre alternatiflerin sıralaması

Alternatifler	Q_i	U_i	Sıralama
Weller wx 2020	0,16799	92,4041	3
Weller wt 1012	0,16279	89,5454	4
Weller wx1010	0,16871	92,8012	2
Weller wx1011	0,15628	85,9642	6
Weller wt1010	0,1818	100	1
XYTRONICS LF853D	0,16242	89,3413	5

4.7 PROMETHEE yöntemi ile alternatiflerin sıralanması

PROMETHEE yöntemi uygulanmadan önce kriterler için tercih fonksiyonları belirlenmelidir. Isı aralığı, havyanın gücü ve maliyet kriterleri nicel kriterler olduğundan ve değerleri doğrusal olarak artıp veya azaldığından 5.tip (lineer) tercih fonksiyonu kullanılmıştır. Prob uç ve sigorta kriterlerinde 0-1 veya “var-yok” şeklinde değerlendirme yapıldığından ve nitel bir kriter olduğu için 1.tip (olağan) tercih fonksiyonu

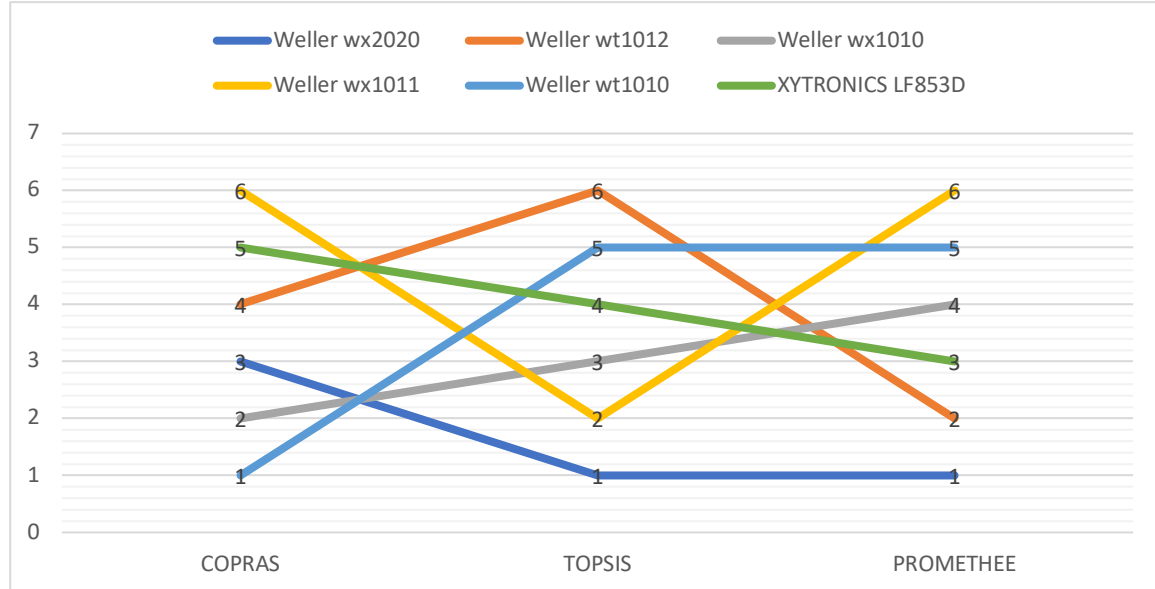
kullanılmıştır. Havya ısınma süresi ise nicel ancak bir kayıtsızlık değeri belirlenemediği için V tipi tercih fonksiyonu belirlenmiştir. PROMETHEE yöntemi, tam sıralama işlemini negatif ve pozitif üstünlük değerlerinin farklarını alarak elde ettiği net üstünlük değerine göre yapar. Pozitif üstünlüklerden negatif üstünlükler çıkartılarak PROMETHEE II ile tam sıralama elde edilir. Tablo 12’de görülen buna göre en yüksek Phi değerine sahip Weller wx 2020 ilk sırada yer almıştır. Sırasıyla Weller wt1012, XYTRONICS LF853D, Weller wx1010, Weller wt1010 ve Weller wx1011 takip etmektedir.

Tablo 12. PROMETHEE yöntemi sonuçları

Alternatifler	Phi	Phi+	Phi-	Sıralama
Weller wx 2020	0,1136	0,1286	0,0149	1
Weller wt 1012	-0,0114	0,0534	0,0648	2
Weller wx1010	-0,0218	0,0343	0,0561	4
Weller wx1011	-0,0363	0,0295	0,0658	6
Weller wt1010	-0,0266	0,0295	0,0561	5
XYTRONICS LF853D	-0,0175	0,1005	0,1180	3

Çalışmanın sonuçlarına göre öncelikle uzmanlar eşliğinde belirlenen kriterler dikkate alınarak AHP yöntemiyle kriter ağırlıklarının hesaplanmasının ardından elde edilen kriter ağırlıkları sıralama yöntemlerine entegre edilerek üç farklı sıralama elde edilmiştir. TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile elde edilen çözüm sonucuna göre Weller wx 2020 havya seti birinci alternatif olarak belirlenirken COPRAS yöntemi sonuçlarına göre Weller wt 1010 havya seti birinci alternatif olmuştur. Üç farklı yöntemle elde edilen sıralama Şekil 4’te özetlenmektedir.

Diğer alternatifler açısından bakıldığında ise altıncı alternatif COPRAS ve PROMETHEE yönteminde aynı, COPRAS ve TOPSIS yöntemini sıralamasında ortak bir alternatif bulunmamaktadır. Çözüm yöntemlerinde hassasiyeti ölçmek adına değişimler yapıldığında PROMETHEE yönteminde ısınma süresi kriterinin yavaş-orta-hızlı şeklinde nitel bir kriter olarak düşünülüp level tipi tercih fonksiyonu belirlenmesi halinde birinci alternatifin XYTRONICS LF853D adlı alternatif olduğu görülmüştür. Bu nedenle PROMETHEE yönteminin diğer yöntemlere göre değişimlere daha duyarlı olduğu söylenebilir. Zira diğer yöntemlerde çözüm algoritmasında değişimi sağlayacak ana unsur kriter ağırlıklarıdır. Kriter ağırlıkları değişmediği sürece alternatiflerin sıralaması aynı kalacaktır. Bu nedenle karar vericiye PROMETHEE yönteminin sonuçlarını dikkate alması önerilmektedir.



Şekil 4. Karşılaştırmalı sonuçlar

5. Duyarlılık Analizi

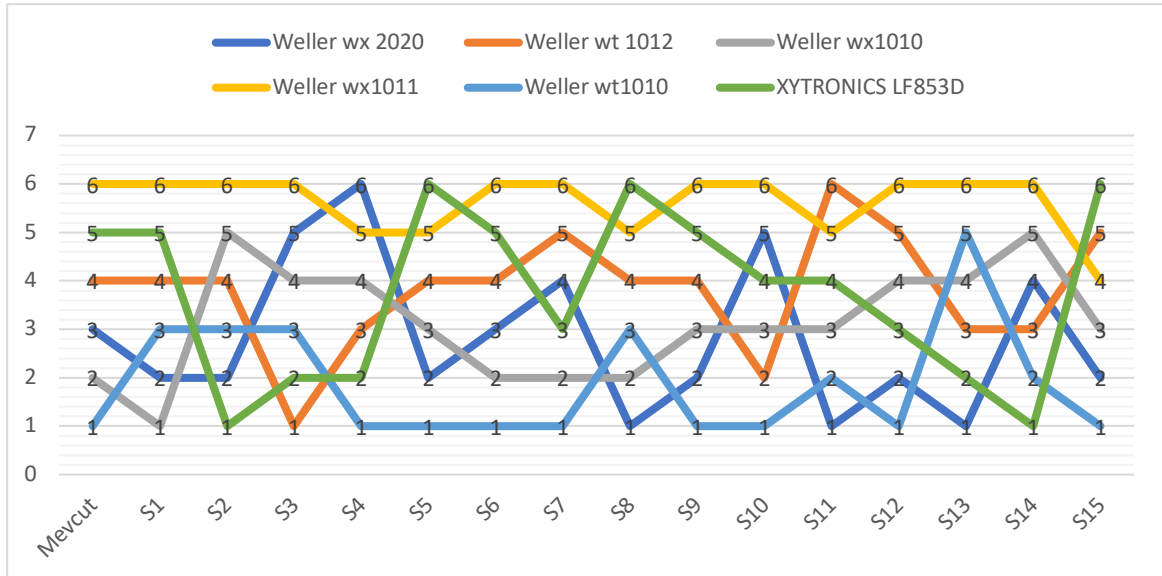
Duyarlılık analizi, her bir kriterin ağırlığı değiştiğinde alternatiflerin öncelik ve sıralamasındaki değişiklikleri gösterir (Falsafi et al., 2023; Kabassi & Martinis, 2021). Çok kriterli karar verme yöntemlerinde duyarlılık analizi literatürde farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlar arasında kriterlerin ağırlıklarının belirli bir düzeyde

artırılması veya azaltılması, bir kriterin ağırlığının sabit tutulması, diğerlerinin değiştirilmesi gibi çeşitli uygulamalar yer almaktadır (Yazıcı et al., 2022). Bu çalışma, duyarlılık analizinin kapsamlı bir kombinasyonu ile bir duyarlılık analizi gerçekleştirmiştir. Kombinasyon oluştururken elde ettiğimiz gerçek kriter ağırlıkları kullanıldı. Ayrıca bu kriterlerin ağırlıkları sırayla her bir kriterle değiştirilecek şekilde ikili bir kombinasyon oluşturulmuştur. Oluşturulan kombinasyonlar Tablo 13'te özetlenmiştir.

Tablo 13. Duyarlılık analizi senaryoları

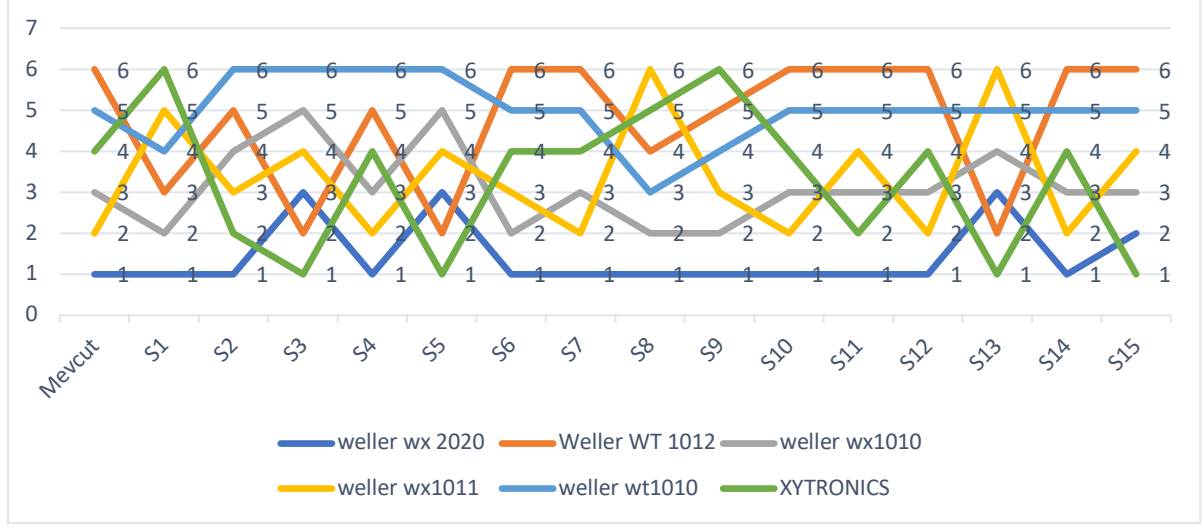
Kriterler	Isı aralığı	Havyanın gücü	Prob uç	Sigorta	Birim maliyet (TL)	Havyanın ısınma süresi
Mevcut Kriter Ağırlıkları	0,5039	0,0562	0,0883	0,0373	0,1963	0,1180
Senaryo1	0,0562	0,5039	0,0883	0,0373	0,1963	0,1180
Senaryo2	0,0883	0,0562	0,5039	0,0373	0,1963	0,1180
Senaryo3	0,0373	0,0562	0,0883	0,5039	0,1963	0,1180
Senaryo4	0,1963	0,0562	0,0883	0,0373	0,5039	0,1180
Senaryo5	0,1180	0,0562	0,0883	0,0373	0,1963	0,5039
Senaryo6	0,5039	0,0883	0,0562	0,0373	0,1963	0,1180
Senaryo7	0,5039	0,0373	0,0883	0,0562	0,1963	0,1180
Senaryo8	0,5039	0,1963	0,0883	0,0373	0,0562	0,1180
Senaryo9	0,5039	0,1180	0,0883	0,0373	0,1963	0,0562
Senaryo10	0,5039	0,0562	0,0373	0,0883	0,1963	0,1180
Senaryo11	0,5039	0,0562	0,1963	0,0373	0,0883	0,1180
Senaryo12	0,5039	0,0562	0,1180	0,0373	0,1963	0,0883
Senaryo13	0,5039	0,0562	0,0883	0,1963	0,0373	0,1180
Senaryo14	0,5039	0,0562	0,0883	0,1180	0,1963	0,0373
Senaryo15	0,5039	0,0562	0,0883	0,0373	0,1180	0,1963

İkili kombinasyonlara göre üç farklı yöntemde duyarlılık analizleri yapılmıştır. COPRAS yöntemine göre yapılan duyarlılık analizi sonuçları Şekil 5'te özetlenmektedir. Duyarlılık analizi sonuçlarına göre kriter ağırlıklarında ciddi değişimlerin olduğu senaryolarda alternatiflerin sıralamalarında iki veya üç sıra değiştiğini görebilmekteyiz. Tüm değişimlere rağmen sonuncu alternatifin en iyi sıralaması dört olarak değişmektedir. Senaryoların önemli bir çoğunluğunda altıncı alternatif olarak sıralamasını korumuştur. Öte yandan birinci alternatif Senaryo 13'te en düşük sıralamayı elde etmiştir. Diğer durumlarda çoğunlukla birinci ve ikinci sıradaki yerini korumuştur.



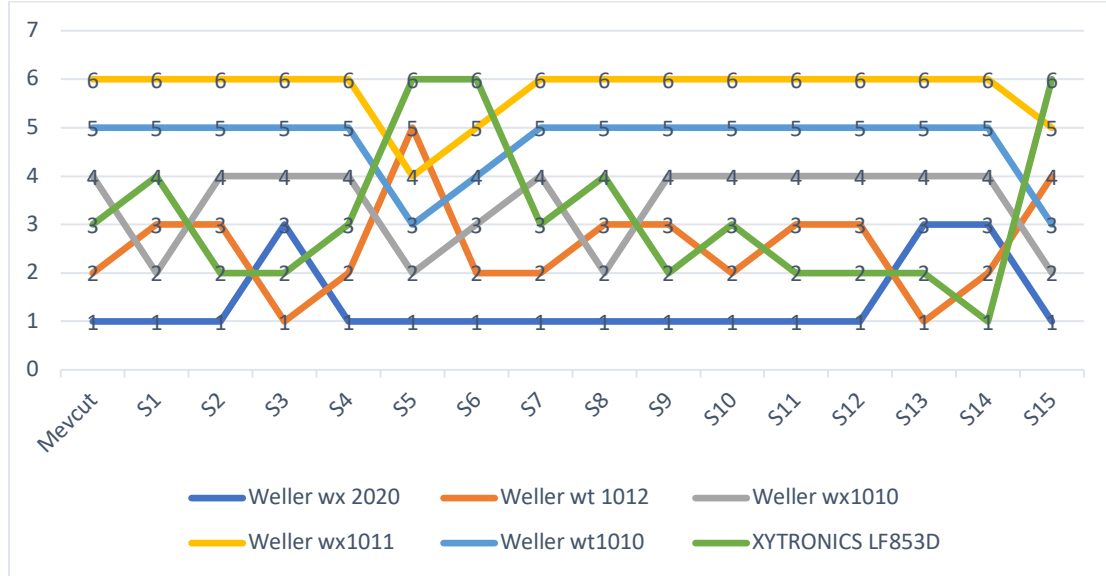
Şekil 5. COPRAS Yöntemi Duyarlılık Analizi Senaryolarına Göre Alternatif Sıralamaları

TOPSIS yöntemi ile yapılan duyarlılık sonuçları ise Şekil 6'da özetlenmektedir. Bu yöntemde benzer şekilde birinci ve sonuncu alternatiflerin senaryolara benzer reaksiyonlar gösterdiği görülmektedir. Özellikle ikinci, üçüncü ve dördüncü alternatiflerin kendi aralarında sürekli olarak yer değiştirdiği görülmektedir.



Şekil 6. TOPSIS Yöntemi Duyarlılık Analizi Senaryolarına Göre Alternatif Sıralamaları

PROMETHEE yöntemi ile yapılan duyarlılık sonuçları ise Şekil 7'de özetlenmektedir. Duyarlılık analizinde kriter ağırlıklarının değişimlerine rağmen sıralamalar en az PROMETHEE yönteminde değişmiştir.



Şekil 7. PROMETHEE Yöntemi Duyarlılık Analizi Senaryolarına Göre Alternatif Sıralamaları

Elde edilen tüm sonuçlara göre çalışmada kullanılan iki yönteme göre birinci alternatif olarak Weller wx 2020 cihazı belirlenmiştir. Üç yöntem arasında duyarlılık analizine göre de alternatiflerin sıralamalarında PROMETHEE yönteminde önemli bir değişim olmamıştır. Bunun nedeni ise PROMETHEE yöntemi diğer yöntemlere göre gerek alternatifleri gerekse kriterler ile ilgili olarak daha fazla veri girişi ve buna göre sıralama yapma imkanı sunmasıdır. Duyarlılık analizi sonucuna göre de daha tutarlı sonuçlar vermesi nedeniyle karar vericilere PROMETHEE yönteminin sonuçlarını tercih etmesi önerilmektedir.

6. Sonuç

Günümüzde gerek hizmet gerekse üretim işletmeleri maliyet azaltmak ve rekabet avantajı sağlamak amacıyla üretim ve hizmet planı, lojistik ve satın alma gibi çeşitli süreçlere yönelik önemli karar verme faaliyetlerinde bulunmaktadır. İşletmeler mümkün olan en az maliyet ile elde edebileceği maksimum fayda için elindeki

imkanları kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışma da ise elektronik alanında mümkün olan en az maliyet ile en kaliteli hava seti seçilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışma da şirketin satın alınacağı hava setlerinin seçimi için belirlenen kriterler AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmış, TOPSIS, COPRAS ve PROMETHEE yöntemi ile alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Yapılan çalışmada kriterler, firmada uzun yıllardır çalışan uzman kişiler tarafından belirlenmiştir. Alternatifler ise piyasa araştırmaları neticesinde uzman önerileri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Üç farklı ÇÖKV yöntemi ile problem çözülmüştür. Her yöntemin algoritmik yapıları birbirinden farklıdır. TOPSIS yöntemi ile ilk sıralamalar elde edildikten sonra COPRAS yöntemi ile kriterler maliyet ve fayda açısından iki gruba ayrılarak çözüm elde edilmiştir. TOPSIS ve COPRAS yöntemleri ile elde edilen sıralamalar birbirinden farklılık göstermiştir. Ardından çözüm algoritmasında bir farklılık daha katarak tercih fonksiyonlarını dikkate alan PROMETHEE yöntemi ile çözüm elde edilmiştir. PROMETHEE yöntemi ile elde edilen sıralamada ise diğer iki yöntemle elde edilen çözümler ile ortak sıralamalar mevcuttur.

Ele alınan bu çalışma ile hava seti seçimi problemi için, kriterlerin alternatifler üzerindeki etkisinin belirlenmesi, karar alma süreçlerinde ortaya çıkabilecek zorluklara yardımcı olması ve çelişen görüşlerin değerlendirilmesi açısından karar verme sürecine bir çözüm önerisi sunulmuştur. Sonraki çalışmalarda karar vericilerin görüşlerinin uzlaşık olmaması ve belirsizlik durumları dikkate alınarak değerlendirmeler yapılması önerilmektedir.

Araştırmacıların Katkısı

Çalışmada Emre Yazıcı problemin çözüm yöntemlerinin belirlenmesi ve makalenin hazırlanması, Ufukcan Ebiri problemin belirlenmesi, Berat Alperen Kızılay verilerin toplanmasını, Onur Oruç çözüm yöntemlerinin uygulanması, Hacı Mehmet Alakaş ise çalışmada metodoloji açısından uygunluğunu değerlendirilmesi açısından katkıda bulunmuşlardır.

Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Adar, T., & Kiliç Delice, E. (2020). Şehir içi toplu taşıma şoförlerinin toplam iş yüklerinin fiziksel ve zihinsel iş yükü ölçütlerine göre yeni bir yaklaşımla karşılaştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 254–267. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.93609>.
- Akça, B. A., Doğan, A., & Özcan, U. (2015). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Kişi Takip Cihazı Seçimi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 8(1), 20. <https://doi.org/10.17671/BTD.73079>.
- Alakaş, H. M., Yazıcı, E., Cebeci, S., Yılmaz, E. E., & Eren, T. (2021). Toplu Ulaşım Sistemlerinde Araç Tipi Seçimi: Kırıkkale Kampüs Hattı Örneği. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimleri Dergisi*, 11(1), 269–287. <https://dergipark.org.tr/pub/kusbd/issue/60105/796060>.
- Amiri, M., Ayazi, S. A., Olfat, L., & Moradi, J. (2011). Group Decision Making Process for Supplier Selection with VIKOR under Fuzzy Circumstance Case Study: An Iranian Car Parts Supplier. *International Bulletin of Business Administration*, 10.
- Bahraminasab, M., & Jahan, A. (2011). Material selection for femoral component of total knee replacement using comprehensive VIKOR. *Materials & Design*, 32(8–9), 4471–4477. <https://doi.org/10.1016/J.MATDES.2011.03.046>.
- Baležentis, A., Baležentis, T., & Misiunas, A. (2012). An integrated assessment of Lithuanian economic sectors based on financial ratios and fuzzy MCDM methods. *Technological and Economic Development of Economy*, 18(1), 34–53. <https://doi.org/10.3846/20294913.2012.656151>.
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, 31(6), 647–656. <https://doi.org/10.1287/MNSC.31.6.647>.
- Deringöz, A., Danışan, T., & Eren, T. (2021a). Covid-19 Takibinde Giyilebilir Sağlık Teknolojilerinin ÇKKV Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Journal of Polytechnic*. <https://doi.org/10.2339/politeknik.768219>.
- Deringöz, A., Danışan, T., & Eren, T. (2021b). Endüstriyel Giyilebilir Teknolojilerin ÇKKV Yöntemleri ile Değerlendirilmesi ve Seçimi. *Ergonomi*, 4(1), 10–21. <https://doi.org/10.33439/ERGONOMI.882303>.
- Falsafi, M., Terkaj, W., Guzzon, M., Malfa, E., Fornasiero, R., & Tolio, T. (2023). Assessment of valorisation opportunities for secondary metallurgy slag through multi-criteria decision making. *Journal of Cleaner Production*, 402. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136838>.

- Gavcar, E., & Kara, N. (2020). Elektrikli Otomobil Seçiminde Entropi ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması. *İş ve İnsan Dergisi*, 7(2), 351–359. <https://doi.org/10.18394/IID.695702>.
- İnanır, M., & Deste, M. (2021). KBRN Personel Koruyucu Elbise Seçimi Üzerine AHP ve VIKOR Yöntemleriyle Bir Uygulama. *R&S - Research Studies Anatolia Journal*, 4(3), 207–221. <https://doi.org/10.33723/RS.958894>.
- Kabassi, K., & Martinis, A. (2021). Sensitivity Analysis of PROMETHEE II for the Evaluation of Environmental Websites. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 9215, 11(19), 9215. <https://doi.org/10.3390/APP11199215>.
- Kaya, İ., Kılınç, M. S., & Çevikcan, E. (2007). Makine-Techizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci. *Mühendis ve Makina*, 49(576), 8–14. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/2ccc96096d4281b_ek.pdf.
- Keçek, G., & Yüksel, R. (2016). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve PROMETHEE Teknikleriyle Akıllı Telefon Seçimi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 49, 46–62. <https://dergipark.org.tr/pub/dpusbe/282175>.
- Kısa, C. G., & Perçin, S. (2017). Bütünleşik Bulanık DEMATEL-Bulanık VIKOR Yaklaşımının Makine Seçimi Problemine Uygulanması. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 12(48), 249–256. <https://doi.org/10.1007/S10845-015-1189-3>.
- Orçanlı, K., & Özen, Ü. (2013). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Ahp Ve Topsis'in E-Kitap Okuyucu Seçiminde Uygulanması. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(3), 282–311. <https://doi.org/10.12780/UUSBD250>.
- Özdağoğlu, A., Eren, F. Y., & Keleş, M. K. (2019). Bir Laboratuvarında Tam Kan Sayım Cihazı Alternatiflerinin SWARA, WPM, TODIM ve AHS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(4), 511–526. <https://doi.org/10.24988/IJE.2019344881>.
- Perçin, S. (2012). Bulanık Ahs Ve Topsis Yaklaşımının MakineTehizat Seçimine Uygulanması. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 169–184. <https://dergipark.org.tr/pub/cusosbil/issue/4389/60337>.
- Piantanakulchai, M., & Saengkhaio, N. (2003). Evaluation of alternatives in transportation planning using multi-stakeholders multi-objectives AHP modeling. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 1613–1628.
- Pophali, G. R., Chelani, A. B., & Dhodapkar, R. S. (2011). Optimal selection of full scale tannery effluent treatment alternative using integrated AHP and GRA approach. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 10889–10895. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2011.02.129>.
- Saaty, T. L. (1977). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Inc.
- Samvedi, A., Jain, V., & Chan, F. T. S. (2012). An integrated approach for machine tool selection using fuzzy analytical hierarchy process and grey relational analysis. *International Journal of Production Research*, 50(12), 3211–3221. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.560906>.
- San Cristóbal, J. R. (2012). Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), 751–758. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000488](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000488).
- Shafabakhsh, G. A., Hadjihoseinlou, M., & Taghizadeh, S. A. (2014). Selecting the appropriate public transportation system to access the Sari International Airport by fuzzy decision making. *European Transport Research Review*, 6(3), 277–285. <https://doi.org/10.1007/s12544-013-0128-7>.
- Singh, R., Kumar, H., & Singla, R. K. (2013). TOPSIS Based Multi-Criteria Decision Making of Feature Selection Techniques for Network Traffic Dataset. *International Journal of Engineering and Technology*, 5(6), 4598–4604.
- Soba, M. (2012). PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama. *Journal of Yaşar University*, 28(7), 4708–4721. <https://doi.org/10.19168/jyu.39764>.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Vasiljević, M., Stojić, G., & Korica, S. (2017). Novel Integrated Multi-Criteria Model for Supplier Selection: Case Study Construction Company. *Symmetry*, 9(11), 279. <https://doi.org/10.3390/SYM9110279>.
- Tayyar, N., & Pınar, A. (2013). Hazır Giyim Sektöründe En İyi Fason İşletme Seçimi İçin AHP ve VIKOR. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 340–358. <https://dergipark.org.tr/pub/cbayarsos/53609>.
- Topoyan, M., Güler, M. E., & Gürler, İ. (2008). İklimlendirme Sistemi Seçiminde Bulanık AHS Uygulanması. *VIII. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 71–79. <https://docplayer.biz.tr/4780359-Iklimlendirme-sistemi->

[seciminde-bulanik-ahs-uygulamasi.html](https://dergipark.org.tr/tr/pub/best/777576).

Turgut, Z. N., Danişan, T., & Eren, T. (2020). Spor yapanlar için en uygun akıllı saatin AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile seçimi. *Uluslararası Beden Eğitimi Spor ve Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 1–11. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/best/777576>.

Tzeng, G. H., Lin, C. W., & Opricovic, S. (2005). Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. *Energy Policy*, 33(11), 1373–1383. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.12.014>.

Uğur, L. O., Erdal, M., & Üçkardeşler, A. (2018). Çatı Kaplama Malzemesi Seçiminde VIKOR Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Uygulanması. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 7(2), 117–130. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceitbd/411282>.

Wang, L., Ali, Y., Nazir, S., & Niazi, M. (2020). ISA Evaluation Framework for Security of Internet of Health Things System Using AHP-TOPSIS Methods. *IEEE Access*, 8, 152316–152332. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3017221>.

Wang, T. C., & Chang, T. H. (2007). Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 33(4), 870–880. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2006.07.003>.

Yazıcı, E., Üner, S. İ., Demir, A., Dinler, S., & Alakaş, H. M. (2022). Evaluation of supply sustainability of vaccine alternatives with multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Health Planning and Management*. 37(4), 2421-2444. <https://doi.org/10.1002/HPM.3481>.

Zavadskas, E. K., & Kaklauskas, A. (1996). Determination of an efficient contractor by using the new method of multicriteria assessment. In *International Symposium for 'The Organization and Management of Construction'. Shaping Theory and Practice 2*, 94–104.

Zavadskas, Edmundas Kazimieras, Kaklauskas, A., & Sarka, V. (1994). The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131–139.