

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE İŞLEME MERKEZİ SEÇİMİ: İMALAT İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Emre YAZICI¹, Tamer EREN², Hacı Mehmet ALAKAŞ^{3*}

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-3661-2119>

²Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale)
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

³Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-9874-7588>

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>İşleme merkezi seçimi, Analitik Ağ Süreci, PROMETHEE, VIKOR</i>	<i>İşletmeler faaliyetlerini sürdürebilmek için üretim sürecinde işgücü, makine ve taşıma sistemleri gibi kaynakları kullanmaktadırlar. Üretim sektöründe torna, freze ve işleme merkezleri gibi çeşitli makineler kullanılmaktadır. Talashlı imalat sektöründe yer alan işletmeler için en önemli makine grubu işleme merkezleridir. İşleme merkezi seçim problemi imalat işletmeleri için büyük sermaye yatırımları gerektiren uzun dönemli ve stratejik bir karar problemidir. Bu çalışmada bir imalat işletmesi için alınması planlanan işleme merkezi seçim problemi ele alınmıştır. İşleme merkezi seçimini etkileyen kriterler literatür incelemesi ve alanında uzman kişiler ile görüşülerek belirlenmiştir. Alternatifler ise uygulama yapılan imalat işletmesinin satın alma biriminde çalışan alanında uzman kişilerce tespit edilmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak üç alternatif arasından en uygun makine seçilmiştir. Çalışmada işlemem merkezlerinin değerlendirilmesi için 5 ana kriter ve 11 alt kriter belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi ile hesaplanmıştır. Alternatifler ise PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır ve en uygun makine belirlenmiştir.</i>

THE MACHINING CENTER SELECTION WITH METHODS OF MULTI CRITERIA MAKING DECISIONS: THE APPLICATION IN MANUFACTURING PLANT

Keywords	Abstract
<i>Machining center selection, Analytic Network Process, PROMETHEE, VIKOR</i>	<i>Businesses use resources such as labor, machinery, and transportation systems in the production process to carry out their activities. Various machines such as turning, milling and machining centers are used in the production sector. For businesses in the machining sector, the most critical machine group is machining centers. Machining center selection is a long term and strategic decision that requires a high amount of capital investments for manufacturing enterprises. In this study, selecting a machining center planned to be purchased for manufacturing enterprises is examined. The effective criteria for selecting the machining center are determined by the literature review and the interview with experts in this field. Alternatives has been determined by experts from the manufacturing enterprise's procurement unit where the application was made. The number of alternatives was reduced to three by making scoring among the determined alternatives. In this study has been determined five main criteria and eleven sub-criteria. Analytic Network Process (ANP) was used to find the weight of criteria. Two different methods were used to sort and select alternatives, namely PROMETHEE and VIKOR methods.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 21.08.2020	Submission Date : 21.08.2020
Kabul Tarihi : 06.02.2021	Accepted Date : 06.02.2021

*Sorumlu yazar; e-posta: hmalagas@gmail.com

1. Giriş

Üretimde sürekliliğin sağlanması ve kar etmek işletmelerin temel amaçları arasındadır. Bir sistem olarak işletmelerin çıktıları, girdilerin belirli bir işleme tabi tutulması sonucunda elde edilmektedir. İşlem ise, girdilerde belirli değişiklikler yapılarak girdilerin değerini artıran bir faaliyettir. Günümüzün teknoloji dünyasında özellikle üretim işletmelerinde işlemlerin yerine getirilmesinde makineler ve işleme merkezleri kullanılmaktadır. İmalat işletmelerinde, üretim hızı, üretim kalitesi, verimlilik gibi birçok unsurun üretim sürecinde kullanılan makineler ile doğrudan ilişkisi vardır. Üretim sürecinin esnek olması, imalat işletmelerinde çeşitli özellikteki parçaların işlenebilmesi rekabet ortamında önemli avantajlar sağlamaktadır.

İşleme merkezleri birbirinden farklı özelliklere sahip ürünleri işleme imkanı ile üretimde esneklik sunmaktadır. Bünyesinde barındırdığı takım tezgahları ile metal, plastik, ahşap ve mermer gibi hammaddeleri işleyerek istenilen ürün biçimine getirmektedir (Uyanık, 2006). Bilgisayar destekli tasarım yardımıyla delik açma ve kılavuz çekme gibi operasyonları da yerine getirmektedir (Şahin, 2020). İşleme merkezleri çeşitli yapıdaki iş parçalarını oldukça kısa sürede ve tek bir makinede işleme imkanı sunmakla birlikte sahip olduğu eksen özellikleri ve yetenekleri sayesinde istenen boyutlarda ve spesifikasyon sınırları içerisinde parçaları da işleyebilmektedir (İç ve Yurdakul, 2008). Dolayısıyla doğru işleme merkezi seçimi üretimin kalitesini ve hızını önemli ölçüde artıracaktır. Ancak, yanlış bir seçim ise üretim sürecinde talebin istenilen düzeyde karşılanmaması başta olmak üzere üretim sürecinin olumsuz bir şekilde etkilenmesine neden olacaktır.

Makinelerdeki teknolojik özelliklerin artması ve müşteri taleplerinin çeşitliliği, makine alımına ilişkin karar verme süreçlerinde alternatifleri ve değerlendirme kriterlerini artırmaktadır. Bununla birlikte nicel ve nitel kriterlerin birlikte değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. İşletmelerin hedeflerine ulaşması için tüm alternatiflerin istenilen kriterlere uygun olarak değerlendirmesi, karar verme sürecini zorlaştırmaktadır. İşleme merkezlerinin seçiminde işlevsel özellikler, işleme kapasitesi, maliyet, servis olanakları ve ekonomik kullanım ömrü gibi kriterler seçim kararını etkilemektedir (Yılmaz, Öztürk, ve Burdurlu, 2017). Piyasada yer alan alternatif işleme merkezleri birbirinden farklı teknik ve mekanik

özelliklere sahiptir. Bu durumda işleme merkezi seçimi için dikkate alınan kriterlerin analiz edilerek alternatifler arasından en uygun olanı seçilmelidir. Ancak bu sürecin karmaşık bir yapısı olması nedeniyle karar vericilerin sistemik bir yöntem ile karar vermesi gerekmektedir. Literatürde karar verme sürecinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

ÇKKV yöntemleri makine ve tezgah seçim problemlerinde kullanılan yöntemler arasındadır. ÇKKV yöntemleri alınacak kararlara yönelik olarak kriterlerin değerlendirilmesine ve analizine imkan sağlamaktadır (Kaya, Kılınc, ve Çevikcan, 2007). Bu bağlamda çalışmada işleme merkezi alımı problemi için ÇKKV yöntemleri ile yöneticilere karar desteği sunmak amaçlanmıştır.

Bu çalışmada bir imalat işletmesi için alınması planlanan işleme merkezi seçim problemi ele alınmıştır. İşleme merkezlerinin müşteri taleplerini karşılamada sağladığı esneklik ve yüksek düzeyde sermaye yatırımı gerektirmesi problemi önemli kılan etmenlerdir. Bu nedenle işleme merkezi seçimi işletmeler için uzun dönemli stratejik bir karar niteliğindedir. Bu çalışma kapsamında uygulamaya konu olan imalat işletmesi atölye tipi üretim yapmakta ve bu yönüyle işleme merkezi seçimi ayrıca bir önem arz etmektedir. Çalışmada belirlenen kriterlerin birbirlerini etkilemesi ve nicel ve nitel olmak üzere farklı yapıda olmaları nedeniyle problemin çözümünde ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır.

Kriterlerin birbiriyle etkileşimi bir ağ yapısı oluşturduğu için kriter ağırlıkları Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi ile hesaplanmıştır. Alternatiflerin sıralanmasında kriterleri farklı fonksiyon tiplerine göre değerlendirme avantajı sunan PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation) yöntemi kullanılmıştır. Çoğunluk için maksimum grup faydasını ve karşıt görüşler için minimum pişmanlığı dikkate alan ve uzlaşık bir çözüm sunarak karar vericilerin fikirlerini daha iyi yansıttığından ikinci bir yöntem olarak VIKOR (ViseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi kullanılmıştır (Paksoy, 2015).

Çalışmanın ikinci bölümünde bilimsel yazın taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde ÇKKV yöntemlerinden AAS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemlerinin tanımları ve hesaplama adımları verilmiştir. Dördüncü bölüm, problemin tanımını,

kriterleri, alternatifleri, ÇKKV yöntemleri ile alternatiflerin değerlendirilmesini içeren uygulamanın yer aldığı bölümdür. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları yer almaktadır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Bilim yazın taramasında, literatürde yer alan makine, tezgah ve teçhizat seçimi problemini ele alan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmaların bir kısmı ÇKKV yöntemleri ile probleme çözüm önerisi sunmuştur. Literatür araştırmasında çalışmalarda kullanılan kriterler ve yöntemler üzerinde durulmuştur. Literatürde yer alan çalışmalarda makine, tezgah ve teçhizat seçimi için dikkate alınan kriterlere ilişkin özet bilgiler Tablo 1’de sunulmaktadır.

Makine seçim problemine yönelik olarak incelenen çalışmaların tümünde “teknolojik özellik” kriteri dikkate alınmıştır. “Satın alma/kurulum maliyeti” kriterleri çalışmalarda yoğun olarak dikkate alınan bir diğer kriterdir. Bir grup çalışmada teknolojik ve finansal kriterler, “servis hizmetleri” kriterleri ile birlikte değerlendirilmiştir. “Bakım maliyeti” kriteri az sayıda çalışmada dikkate alınan kriterler arasındadır (Gürbüz ve Uğurlular, 2016; Nouri, Esbouei ve Antucheviciene, 2015).

Makine seçim problemi için finansal kriterler arasında yer alan “ödeme seçenekleri” kriteri

yalnızca bir çalışmada dikkate alınmıştır (Kaya ve diğ., 2007). Makinenin fiziksel boyutu ise az sayıda çalışmada dikkate alınan bir diğer kriterdir (Arslan, Çatay, ve Budak, 2004; Dağdeviren, 2008).

Bu çalışmada dikkate alınan “bütünleyici parça” kriteri Tablo 1’de verilen makine seçimini ele alan çalışmalarda kullanılmamıştır. İşletmelerde fiziksel açıdan değerlendirilen “bütünleyici parça” kriteri aynı zamanda bakım maliyeti gerektiren önemli bir unsurdur. Bu nedenle bu çalışmada hem fiziksel hem de bakım maliyeti açısından düşünülerek dikkate alınmıştır. Kullanıma ilişkin kriterlere bakıldığında ise “güvenlik” ve yazılım kolaylığı” kriterlerinin Tablo 1’de yer alan çalışmaların çoğunda dikkate alındığı görülmektedir.

Literatürde sağlık (Cihan, Ayan, Eren, Topal ve Yıldırım, 2017), tarım (Tolun ve Tümtürk, 2020), ve gıda (Özdağoğlu, Yakut, ve Bahar, 2017) gibi çeşitli sektörlerde makine seçim probleminin ele alındığı çalışmalar yer almaktadır. Literatürde yer alan çalışmalarda genel olarak teknolojik ve finansal faktörler dikkate alınarak alternatifler değerlendirmiştir. Bu çalışmada üretim sürecini bütünsel bir yapıda değerlendirilerek satın alma öncesi, makinenin kullanım süreci ve satış sonrası faktörler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Literatür araştırması kapsamında incelenen çalışmalara Tablo 1’de yer verilmiştir.

Tablo 1
Makine Seçim Problemini Ele Alan Çalışmalar ve Dikkate Aldıkları Kriterler

Yazar/Kriterler	İK	EÖ	BM	KM	ÖS	Tİ	TS	BP	H	G	YK
Lin ve Yang (1996)	✓	✓		✓							
Arslan ve diğ., (2004)	✓	✓		✓		✓	✓		✓	✓	
Çimren, Çatay ve Budak (2007)	✓	✓								✓	✓
Kaya ve diğ. (2007)	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓	
İç ve Yurdakul (2008)	✓	✓									
Dağdeviren (2008)	✓	✓		✓					✓		
Yavuz (2010)	✓	✓		✓							
Perçin (2012)	✓	✓		✓		✓	✓			✓	✓
Samvedi, Jain ve Chan (2012)	✓	✓		✓		✓	✓			✓	✓
Özdağoğlu (2014)	✓	✓									
Nouri ve diğ. (2015)	✓	✓	✓	✓						✓	✓
Wu, Ahmad ve Xu (2016)	✓	✓		✓							
Karim ve Karmaker (2016)	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓
Gürbüz ve Uğurlular (2016)	✓	✓	✓	✓						✓	✓
Özdağoğlu ve diğ. (2017)	✓	✓		✓		✓	✓				
İç, Kabacaoğlu, Tümay ve Demirtaş (2018)	✓	✓									
Li, Wang, Fan, Li ve Chen (2020)	✓	✓		✓							
Tolun ve Tümtürk (2020)	✓	✓		✓		✓	✓				✓
Bu çalışmada yer alan kriterler	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

İK: İşleme kapasitesi, **EÖ:** Esneklik özellikleri, **BM:** Bakım maliyeti, **KM:** Kurulum maliyeti, **ÖS:** Ödeme seçenekleri, **Tİ:** Tedarik imkanı, **TS:** Tedarik süresi, **BP:** Bütünleyici parça, **H:** Hacim, **G:** Güvenlik, **YK:** Yazılım kolaylığı.

Makine seçimine ilişkin incelenen çalışmalarda kullanılan ÇKKV yöntemleri Tablo 2’de özetlenmektedir.

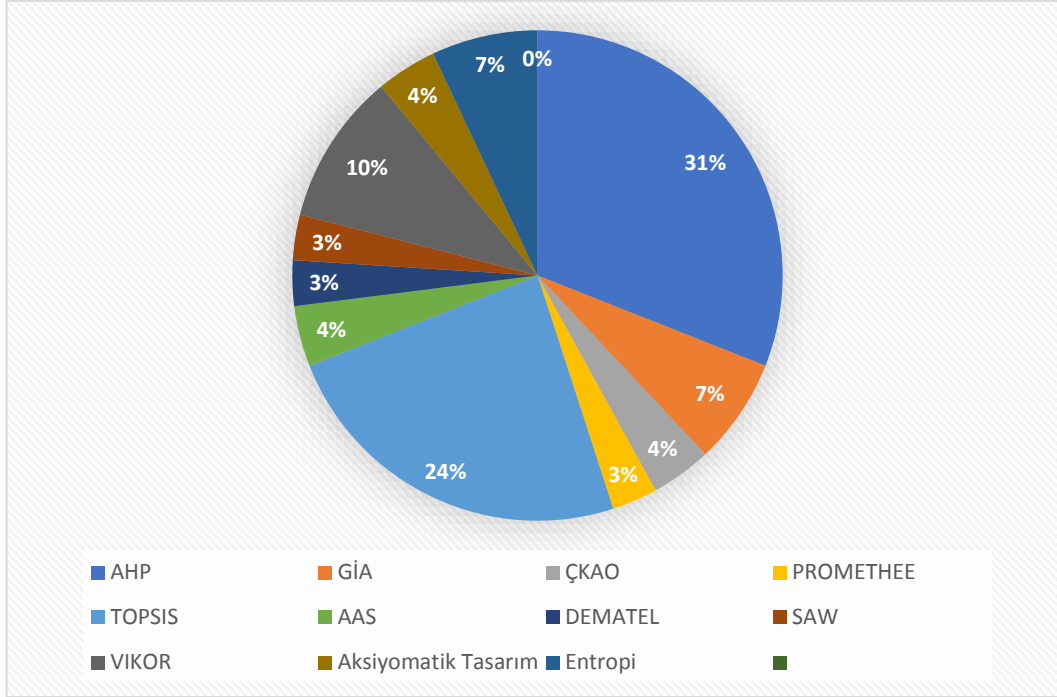
Tablo 2

Makine Seçimi için Literatürde Kullanılan ÇKKV Yöntemleri

Yazar	ÇKKV Yöntemleri
Lin ve Yang (1996)	AHP
Arslan ve diğ. (2004)	ÇKA0
Çimren ve diğ. (2007)	AHP
Kaya ve diğ. (2007)	Bulanık TOPSIS
İç ve Yurdakul (2008)	Bulanık AHP & TOPSIS
Dağdeviren (2008)	AHP & PROMETHEE
Yavuz (2010)	Aksiyomatik Tasarım
Perçin (2012)	Bulanık AHP & Bulanık TOPSIS
Samvedi ve diğ. (2012)	Bulanık AHP & GİA
Özdağoğlu (2014)	VIKOR & TOPSIS
Nourı ve diğ. (2015)	Bulanık AAS & Bulanık TOPSIS
Wu ve diğ. (2016)	Bulanık VIKOR
Karim ve Karmaker (2016)	AHP & TOPSIS
Gürbüz ve Uğurlular (2016)	AHP
Özdağoğlu ve diğ. (2017)	Entropi & SAW
İç ve diğ. (2018)	TOPSIS
Li ve diğ. (2020)	Bulanık DEMATEL, Entropi & VIKOR
Tolun ve Tümtürk (2020)	AHP & GİA

Literatürde yer alan makine seçimine ilişkin çalışmalarda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve TOPSIS yöntemlerinin en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Şekil 1'de verilen grafik incelendiğinde AAS, VIKOR, PROMETHEE, Entropi, DEMATEL, Basit Ağırlıklı Toplam (SAW), Gri

İlişkiler Analizi (GİA) yöntemlerinin işleme merkezi veya makine seçim problemlerinde diğer yöntemlere göre literatürde daha az kullanılmıştır. Araştırmacıların tercih ettikleri yöntemlere ilişkin pasta grafiği Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Makine Seçimi için Literatürde Kullanılan Yöntemlerin Dağılımı

3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verme süreci birden fazla alternatif arasından en uygun olanının seçilmesi veya alternatiflerin sıralanmasıdır. Bu süreçte, karar vericiler kararı hem olumlu yönde hem de olumsuz yönde etkileyen faktörleri bir arada değerlendirilmek zorunda kalabilmektedirler. Aynı zamanda faktörleri değerlendirmede kullanılan skalalar da birbirinden farklı olabilmektedir. Bu nedenle karar vericinin karar sürecinde faktörleri bütüncül değerlendirmeye imkan sağlayan ÇKKV yöntemlerinin kullanılması ile objektif bir karar alınmasını sağlayacaktır.

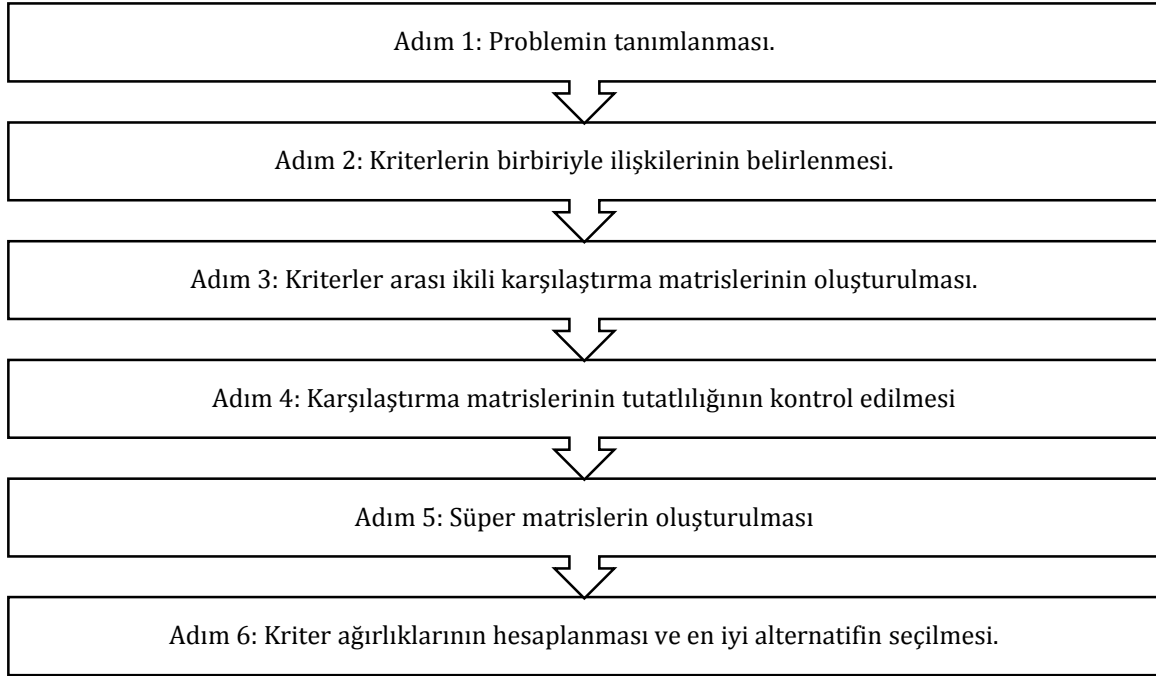
ÇKKV yöntemleri nicel veya nitel olarak belirlenen kriterleri dikkate alarak alternatifler arasından karar vericinin en uygun alternatifi belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu çalışmada da giriş bölümünde ifade edilen gerekçeler nedeniyle AAS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.

3.1 Analitik Ağ Süreci

Analitik Ağ Süreci yöntemi, ÇKKV yöntemi olarak Thomas L. Saaty tarafından literatüre kazandırılmıştır. AAS yöntemi karmaşık karar verme sürecinde kriterler arasında bağımlılık ve geri bildirim içeren ağ yapılarını dikkate almaktadır. AAS yöntemi düşünceyi organize etmeye, duygulara dayalı yargıları ortaya çıkarmaya, onları ölçmeye ve onlardan öncelik elde etmeyi sağlayan ve bütün bunları sentezleyerek matematiksel ve mantıksal sonuca ulaştırmaya yardımcı olan metodolojik bir araçtır (Saaty ve Vargas, 2006).

AAS yönteminde karar verme problemi bir ağ yapısı ile modellenmektedir. Oluşturulan model ile kriterler arası bağımlılıklar ve kriterler arasındaki iç bağımlılıklar dikkate alınmaktadır (Dağdeviren, Dönmez ve Kurt, 2006).

AAS yönteminin adımları Şekil 2'de sunulmaktadır (Hamurcu ve Eren, 2017).



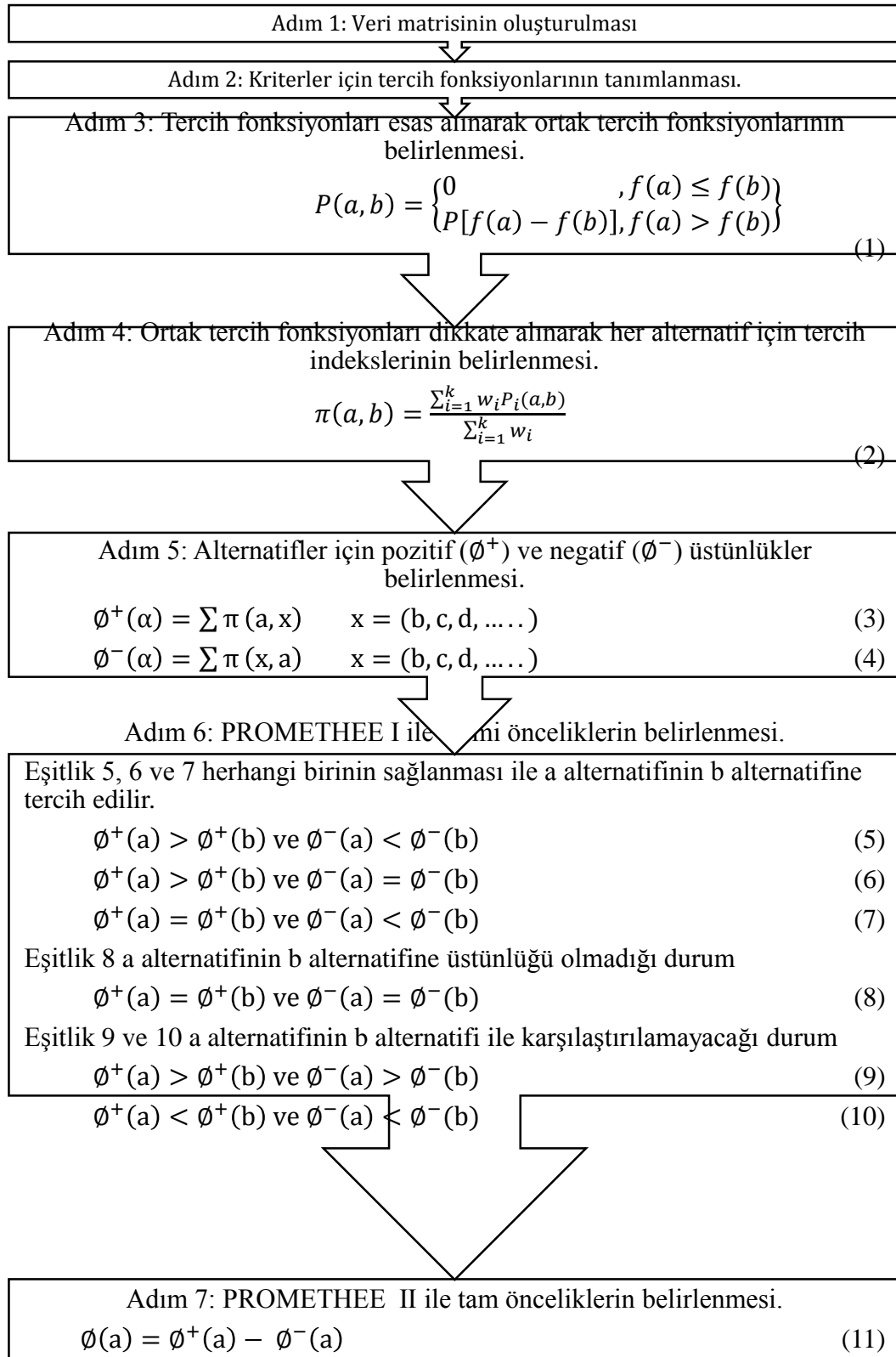
Şekil 2. AAS Yöntemi Adımları

3.2 PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE yöntemi Brans (1982) tarafından geliştirilmiş PROMETHEE I ve PROMETHEE II olmak üzere iki temel aşamadan oluşan bir ÇKKV yöntemidir (Şenkayas ve Hekimoğlu, 2013). PROMETHEE yöntemi kısmi sıralama (PROMETHEE I) ve tam sıralama (PROMETHEE II) ile karar noktalarının sırasını belirlemektedir. Diğer ÇKKV yöntemlerinden temel farkı değerlendirme kriterlerinin birbiriyle arasındaki ilişki düzeylerini gösteren önem ağırlıklarının yanı sıra değerlendirme kriterlerinin kendi iç ilişkisini de dikkate almasıdır (Bedir ve Eren, 2015).

PROMETHEE yönteminde ilk olarak alternatiflerin farklı kriterlere göre değerlendirildiği sayısal değerler içeren başlangıç matrisi oluşturulur. Yöntemin uygulanmasında kriterlerin göreceli önem ağırlıkları ve her bir kriter açısından alternatiflerin katkısını karşılaştırmak için karar verici tarafından kullanılan tercih fonksiyonları bilinmelidir (Macharis, Springael, Brucker ve Verbeke, 2020).

PROMETHEE yönteminin uygulama adımları Şekil 3'te sunulan yedi adımdan oluşmaktadır. (Dağdeviren ve Eraslan, 2008).

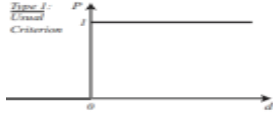
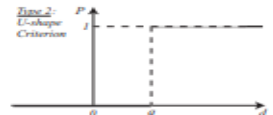
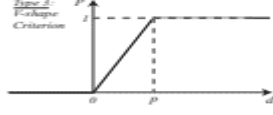
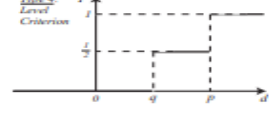
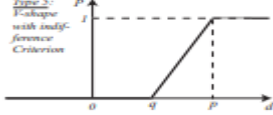
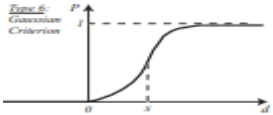


Şekil 3. PROMETHEE Yöntemi Adımları

Bu adımların uygulanmasında kriterlerin yapısına göre her bir kriter için tercih fonksiyonları belirlenmelidir. PROMETHEE yönteminin

uygulanması için gerekli olan tercih fonksiyonları Tablo 3'de yer almaktadır (Brans ve Smet, 2016).

Tablo 3
PROMETHEE Yöntemi Tercih Fonksiyonları

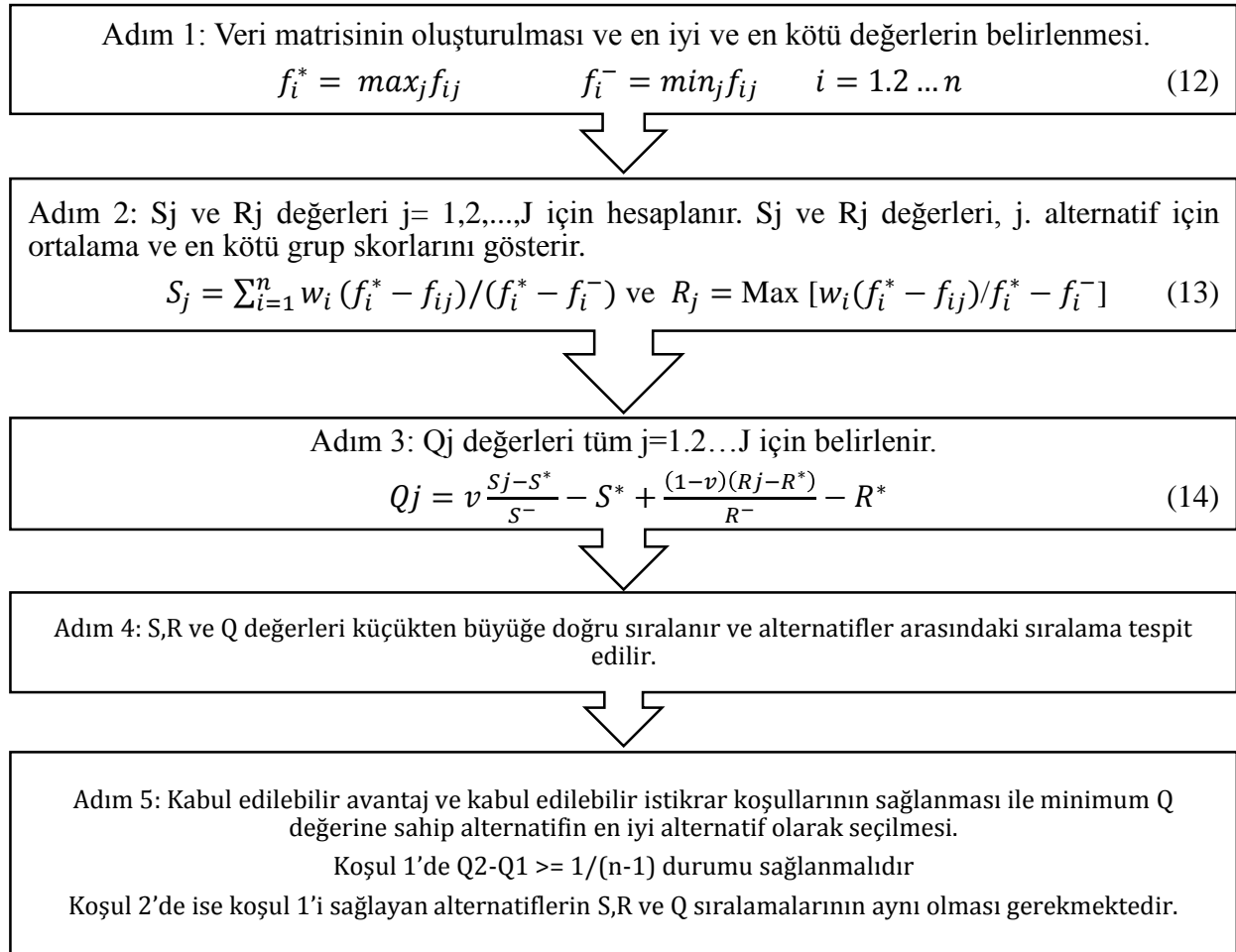
Kriter	Fonksiyonlar	Grafik	Parametreler
Tip 1: Olağan Kriter	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$		-
Tip 2: U Tipi	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > p \end{cases}$		Q
Tip 3: V Tipi	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$		P
Tip 4: Seviyeli	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$		p,q
Tip 5: Doğrusal	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$		p,q
Tip 6: Gaussian	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d > 0 \end{cases}$		S

3.3 VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi karmaşık sistemlerde çok kriterli karar verme için Opricovic (1998) tarafından önerilen bir yöntemdir. VIKOR yöntemi, karmaşık yapılarda birbiriyle çelişkili kriterlerin var olduğu karar verme süreçlerinde ayrık bir karar problemini çözmek için geliştirilmiştir. Yöntem çok sayıda alternatif arasından sıralama ve seçim yapmaya

odaklanır ve nihai bir karar vermek için karar vericiye yardımcı olur (Opricovic ve Tzeng, 2007).

VIKOR yönteminin adımları Şekil 4'te sunulan beş adımdan oluşmaktadır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2009).



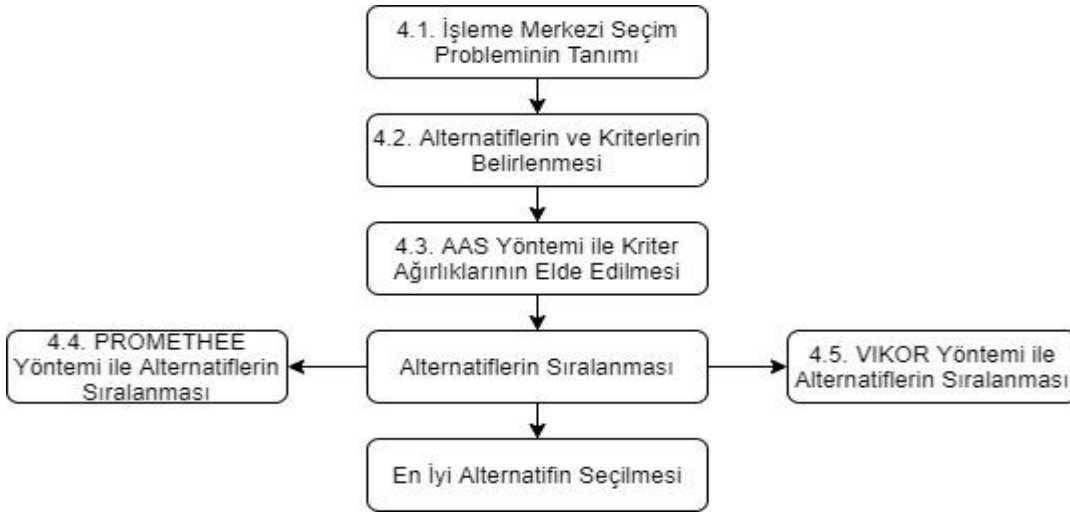
Şekil 4. VIKOR Yöntemi Adımları

VIKOR yönteminin üçüncü adımında $S^* = \min S_j$ olarak, $S^- = \max S_j$ olarak alınır. $R^- = \max R_j$ olarak, $R^* = \min R_j$ olarak alınır. v maksimum grup faydasını temsil eder, 0 ile 1 arasında değer almaktadır. (Opricovic ve Tzeng, 2004).

4. Uygulama ve Araştırma Metodolojisi

Çalışmada bir imalat işletmesi için alınması planlanan işleme merkezi seçimine yönelik olarak AAS yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Ardından PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri ile

alternatifler sıralanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın adımları, işleme merkezi seçimi problemin tanımlanması, alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesi, kriter ağırlıklarının elde edilmesi, alternatiflerin sıralanarak en uygun alternatifin seçimi ve sonuçların değerlendirilmesi sürecini kapsamaktadır. Bu süreçler takip edilerek çözülen karar probleminde araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyulmuştur. Şekil 5'te çalışmanın uygulama adımları sırasıyla sunulmaktadır.



Şekil 5. Araştırma Metodolojisi

Çalışmada problemin tanımlanmasının ardından belirlenen kriterlerin ağırlıkları, AAS yöntemi ile “Super Decisions” paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri ile alternatifler sıralanmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.1 Problemin Tanımı

Bu çalışmada 200’ü aşkın çalışanı bulunan ve yıllık 7 milyon Euro düzeyinde satış potansiyeline sahip bir işletmede işleme merkezi seçim problemi ele alınmıştır. Uygulamaya konu işletmede, müşteri siparişlerine göre çelik ve alüminyum hammadde ile iskele ürünleri, cam çerçevesi, paslanmaz teker üretimi, çelik döküm hammadde ve yarı mamullerin işlenmesinde kullanılmak üzere işleme merkezi alınması planlanmaktadır. İşleme merkezinin alımı için yaklaşık olarak 1.5 milyon TL bütçe ayrılmıştır. İşletmede üretim süreçlerinde işleme merkezleri çokça kullanıldığından üretimin hızı, kalitesi ve verimliliği büyük ölçüde bu makinelere bağlıdır. Bu bağlamda gerek üretim sürecini doğrudan etkilemesi gerekse yapılacak yatırımın maliyeti açısından işleme merkezinin seçiminde en uygun kararın verilmesi işletme için stratejik nitelikte bir karar problemidir.

4.2 Alternatiflerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

Alternatifler uygulama yapılan imalat işletmesindeki üst düzey yönetici, satın alma müdürü ve işleme merkezi operatörleri olmak üzere alanında uzman dört kişi ile bir araya gelerek belirlenmiştir. Alınması planlanan işleme merkezinin üç eksenli (X,Y,Z) dikey işleme yeteneğine sahip, minimum 500 milimetre kalınlıkta alüminyum ve çelik hammadde işleyebilen, 10000 devir/dakikanın üzerinde fener mili devrine sahip, fener mili soğutma (30 bar içten soğutma) yapabilme gibi teknik özelliklere sahip olması istenmektedir. Ayrıca kullanım noktasında otomatik arıza gösterme, işleme esnasında müdahale edebilme, harici bellek kullanılabilme ve ağ bağlantısı kurabilme gibi kullanıma ilişkin özellikler barındırması beklenmektedir.

Bu kapsamda piyasa araştırması neticesinde belirlenen 7 alternatif arasından istenilen minimum özellikleri sağlamayan dört alternatif değerlendirme dışı bırakılarak üç alternatif değerlendirmeye alınmıştır. Bu alternatifler JIH-I CNC 6500 M (A Alternatifi), Frontier MCV 1166 (B Alternatifi), ve TAKUMI (C Alternatifi) markalı işleme merkezleridir. Bu işleme merkezlerinin piyasa değeri yaklaşık olarak, A alternatifi için 150 Bin Euro, B ve C alternatifi için ise 90 Bin Euro’dur. Kriterler literatürde yer alan çalışmaların incelenmesi (Arslan ve diğ. 2004; Gürbüz ve Uğurlular 2016; Kaya ve diğ. 2007; Perçin 2012) ve işleme merkezi seçim konusunda uzman ve tecrübeli, üretim müdürü ve işleme merkezi

operatörleri ile yapılan mülakatlar neticesinde belirlenmiştir. Belirlenen ana kriterler teknolojik özellik, finansal faktörler, servis faktörleri, fiziksel

faktörler ve kullanım faktörleridir. Kriterlere ilişkin bilgiler Tablo 4'te özetlenmiştir.

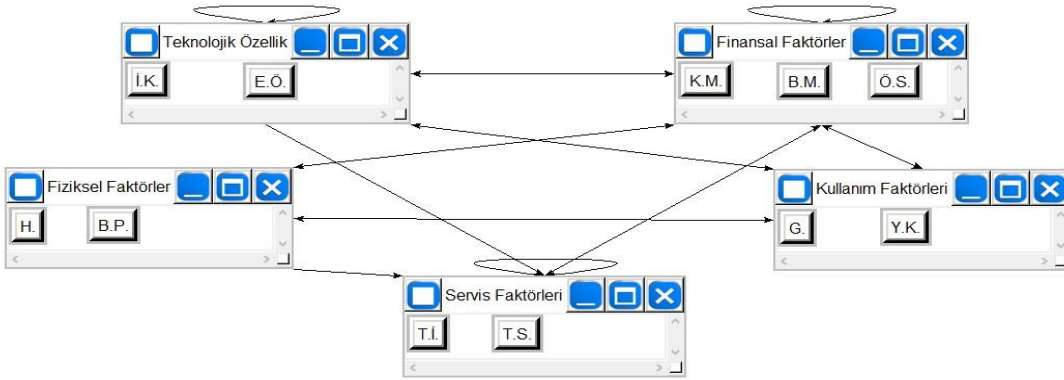
Tablo 4
Kriterler ve Açıklamaları

Kriterler	Alt Kriterler	Açıklamalar
Teknolojik Özellik Faktörleri	Esneklik Özellikleri (EÖ)	Tezgahın teknik olarak yeteneklerini ve esneklik özelliklerini ifade etmektedir. Ürün işleme kapasitesi, hız, çeşitli kalınlıktaki malzemelerin kesimi, eksen sayısı ve takım sayısı vb. özellikleri değerlendirilmesi.
	İşleme Kapasitesi (İK)	
Finansal Faktörler	Bakım Maliyeti (BM)	Tezgahın satın alma/kurulum ve bakım maliyetleri, ve ödeme seçenekleri açısından değerlendirilmesi.
	Kurulum Maliyeti (KM)	
	Ödeme Seçenekleri (ÖS)	
Servis Faktörleri	Tedarik İmkânı (Tİ)	Tezgahın arızalanması halinde yedek parça tedarik imkanının kolaylığı ve tedarik süresi açısından değerlendirilmesi.
	Tedarik Süresi (TS)	
Fiziksel Faktörler	Hacim (H)	Tezgahın tesis alanı içerisinde kapladığı alan açısından ve bütünleyici parça varlığı açısından değerlendirilmesi.
	Bütünleyici Parça (BP)	
Kullanım Faktörleri	Güvenlik (G)	Operatörün tezgahı kullanımı açısından yazılımında anlaşılabilirliği ve tezgahın kontrolünün güvenlik açısından değerlendirilmesi.
	Yazılım Kolaylığı (YK)	

4.3 AAS Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Elde Edilmesi

En uygun işleme merkezi seçimini etkileyebilen kriterler bölüm 4.2'de ifade edilmiştir. AAS yöntemine göre kriterlerin öncelik değerlerinin hesaplanması için kriterler arasındaki ilişkiler tanımlanmıştır. AAS yöntemine göre kriter ağırlıklarının elde edilmesinde AAS uygulamaları için geliştirilen "Super Decisions" paket programından yararlanılmıştır (Üstün, Özdemir ve Demirtaş, 2005). AAS yönteminde kriterlerin

ilişkileri ve etkileşimleri Şekil 6'da sunulmaktadır. Örneğin teknolojik özellik alt kriterleri kendi arasında ilişkiyken maliyet ile teknolojik özellik arasında ise tek yönlü bir ilişkinin varlığı belirtilmiştir. Aynı şekilde yedek parça ana kriterinde tedarik imkanı ve tedarik süresi alt kriterlerinin kendi arasındaki ilişki belirtilmiştir. Kriterler arası ağ yapısı oluşturulduktan sonra AAS yönteminin bir sonraki adımında kriterler birbirleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 6. Kriterler Arası İlişkilerin Gösterimi

Oluşturulan AAS modeli kapsamında kriterlerin birbiri arasındaki karşılaştırmaların yapılmasının ardından "Super Decisions" programı aracılığıyla kriterlerin ağırlıkları elde edilir. İkili karşılaştırma matrislerinde tutarlılık oranları 0,10'un altında

çıkacağından veriler tutarlıdır. Şekil 7'de "bakım maliyeti" kriterine göre "tedarik imkanı" ve tedarik süresi" kriterlerinin ikili karşılaştırması örnek olarak verilmiştir.

2. Node comparisons with respect to B.M.

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "B.M." node in "Servis Faktörleri" cluster

T.İ. is moderately more important than T.S.

1. T.İ.	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	T.S.
---------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------	----------	------

Şekil 7. İkili Karşılaştırma Ekranı

Super Decisions paket programı ile elde edilen alt kriter ağırlıkları Şekil 8'de yer almaktadır. AAS yöntemine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması neticesinde elde edilen ana kriter ağırlıkları ve alt kriter ağırlıkları Tablo 5'te yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre teknolojik özellik ve servis kriterlerinin, diğer kriterlere göre daha yüksek düzeyde ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Nitekim işleme merkezinin teknolojik özellikleri işletmeye talepleri karşılayabilme esnekliğini sağlamaktadır. Öte yandan servis imkanlarına kolay

ulaşılabilmesi ise işleme merkezinin üretimde daha uzun süre ve verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Aksi halde arıza durumunda servis imkanlarına kolay ulaşamaması işleme merkezinin faaliyetini aksatacaktır. Ana kriterler arasında teknolojik özellik kriteri %49,82 kriter ağırlığı ile önem düzeyi en yüksek kriterdir. Servis faktörleri %23,13 kriter ağırlığı ile önem düzeyi yüksek ikinci kriterdir. Bu kriterleri sırasıyla finansal, kullanım ve fiziksel faktörler takip etmektedir.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	B.M.	0.32263	0.094275
No Icon	K.M.	0.45717	0.133591
No Icon	Ö.S.	0.22020	0.064344
No Icon	B.P.	0.97619	0.032435
No Icon	H.	0.02381	0.000791
No Icon	G.	0.59512	0.031442
No Icon	Y.K.	0.40488	0.021391
No Icon	T.İ.	0.50356	0.149644
No Icon	T.S.	0.49644	0.147529
No Icon	E.Ö.	0.55351	0.179645
No Icon	İ.K.	0.44649	0.144913

Şekil 8. Super Decisions Programı AAS Sonuçları Ekran Görüntüsü

Tablo 5

AAS Yöntemi Göre Kriter Ağırlıkları

Ana Kriterler (Kriter Ağırlıkları)	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlıkları
Teknolojik Özellik (0,49825)	İK	0,44649
	EÖ	0,55351
	BM	0,32263
Finansal Faktörler (0,13026)	KM	0,45717
	ÖS	0,22020
	Tİ	0,50356
Servis Faktörleri (0,23130)	TS	0,49644
	BP	0,97619
Fiziksel Faktörler (0,06086)	H	0,02381
	G	0,59512
Kullanım Faktörleri (0,07933)	YK	0,40488

4.4 PROMETHEE Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

Çalışmada alternatiflerin sıralamasını elde etmek için "Visual PROMETHEE" paket programı kullanılmıştır. PROMETHEE yönteminin ilk adımı veri matrisi oluşturulmasıdır. Veri matrisinin

oluşturulmasının ardından ikinci adımda bölüm 3.2.'de sunulan PROMETHEE tercih fonksiyonları belirlenmelidir. Çalışmada teknolojik özellik, bakım maliyeti ve kurulum maliyeti kriterleri için nicel kriterlere daha uygun olan ve bu üç kriterin özelliklerinin belirli bir ortalamanın üstünde olması istendiği için doğrusal fonksiyon (5. Tip) tercih

edilmiştir. Herhangi bir tercih ve sınırlamanın söz konusu olmadığı, bütünleyici parça, hacim ve yazılım kolaylığı kriterleri için olağan fonksiyon (1. Tip) kullanılmaktadır (Bülbül ve Köse, 2016). Servis kriterleri ve güvenlik kriterleri için ise V tipi (3. Tip) fonksiyon kullanılmıştır. Servis ve güvenlik kriterlerinin belli bir değer üstünde olması gerektiği ancak bu değerlerin altında değere sahip olan alternatiflerin de ihmal edilmesi istenmediği için V tipi (3. Tip) fonksiyon belirlenmiştir (Ömürbek, Karaatlı, Eren ve Şanlı, 2014).

Karar matrisinin oluşturulması ve ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesinin ardından veriler

“Visual PROMETHEE” programına girilmiştir. Karar matrisinde 1-9 skalası kullanılmıştır. Kriterlerin tanımlanmasının ardından her bir kriter için minimum değerlerin mi yoksa maksimum değerlerin mi karar verici açısından daha iyi olduğu belirtilmiştir. “Max” tanımlanması durumunda veri matrisinde yer alan en büyük değer karar verici için tercih edilecek değer olacağı, “Min” tanımlanması halinde ise en küçük değer karar verici için tercih edilecek değer olduğu ifade edilmektedir. Visual PROMETHEE paket programı veri giriş ekranı Şekil 9’da verilmiştir.

Scenario1	İ.K.	E.Ö.	B.M.	K.M.	Ö.S.	T.İ.	T.S.	B.P.	H.	G.	Y.K.
Unit	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences											
Min/Max	max	max	min	min	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,22	0,28	0,04	0,06	0,03	0,12	0,11	0,06	0,00	0,05	0,03
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Usual	V-shape	V-shape	Usual	Usual	V-shape	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
-Q: Indifference	4,00	4,00	5,00	5,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
-P: Preference	5,00	5,00	4,00	4,00	n/a	5,00	5,00	n/a	n/a	5,00	n/a
-S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics											
Minimum	4,00	5,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00	5,00	4,00
Maximum	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	7,00	7,00	7,00	5,00
Average	5,33	6,00	4,67	5,00	5,00	4,67	4,00	5,33	5,67	6,00	4,67
Standard Dev.	1,25	0,82	1,25	0,82	0,82	0,47	0,82	1,25	1,25	0,82	0,47
Evaluations											
<input checked="" type="checkbox"/> A Markası	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> B Markası	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00
<input checked="" type="checkbox"/> C Markası	4,00	6,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	7,00	7,00	7,00	5,00

Şekil 9. Visual PROMETHEE Veri Giriş Ekranı

Veri girişi ve tercih fonksiyonlarının tanımlanmasının ardından “Visual PROMETHEE” programı ile alternatiflerin sıralaması elde edilmiştir. “Visual PROMETHEE” programı aracılığıyla pozitif üstünlük (Φ^+) ve negatif üstünlük (Φ^-) değerleri hesaplanmıştır. Pozitif üstünlük ve negatif üstünlük değerleri arasındaki fark alınarak tam üstünlük değerleri (Φ) elde edilmiştir. PROMETHEE yöntemine göre

alternatiflerin sıralaması Tablo 6’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre C alternatifinin birinci, B alternatifinin ikinci ve A alternatifinin üçüncü alternatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 6
PROMETHEE Yöntemi Sonuçları

Sıralama	Alternatifler	Phi+	Phi-	Phi
1	C	0,1171	0,0488	0,0683
2	B	0,0926	0,0733	0,0193
3	A	0,0449	0,1325	-0,0876

4.5 VIKOR Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

VIKOR yönteminde kullanılan veri matrisi Tablo 7'de yer almaktadır. VIKOR yönteminde de bölüm 4.3'te AAS yöntemi ile hesaplanan kriterlerin

ağırlıkları kullanılmıştır. Veri matrisinde yer alan bilgiler ile her kriter için en iyi ve en kötü değerler belirlenmektedir. Burada kriterin maliyeti mi yoksa faydayı mı temsil ettiği önceden bilinmelidir.

Tablo 7
Veri Matrisi

Alternatifler	İK	EÖ	KM	BM	ÖS	Tİ	TS	BP	H	G	YK
A	7	7	6	6	6	4	4	6	4	6	7
B	5	5	4	5	4	5	5	4	6	5	5
C	4	6	5	3	5	5	3	7	7	7	5
En İyi Değer	7	7	4	3	6	5	5	7	7	7	7
En Kötü Değer	4	5	6	6	4	4	3	4	4	5	5

En iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesinin ardından VIKOR yöntemi adımları takip edilerek her bir alternatif için S_j ve R_j değerleri hesaplanır. Ardından Q_j değerleri hesaplanmaktadır. S_j değeri, en iyi değere olan uzaklıkların toplamını ifade etmektedir. R_j değeri ise maksimum uzaklığı temsil etmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2007). Q_j değerleri hesaplanırken maksimum grup faydasını sağlayan

strateji ağırlığını (v) ifade eden bir değer kullanılmaktadır (Paksoy, 2015). Çalışmada 0,25, 0,50 ve 0,75 olmak üzere üç farklı strateji ağırlığına göre Q_j değeri hesaplanmıştır. Her bir strateji ağırlığına göre hesaplanan değerler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8
Farklı Strateji Ağırlıklarına Göre Q_j Sonuçları

Alternatifler	$v = 0,25$	$v = 0,50$	$v = 0,75$
A	0	0	0
B	1,0957	1,1915	1,2872
C	0,7489	0,8326	0,9163

Tablo 8'de yer alan sonuçlarda görüldüğü gibi üç farklı strateji ağırlığında da Q_j değeri en küçük olan

A alternatiftir. Tablo 9'da S_j , R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Elde edilen bu

değerler ve sıralamalar ile yöntemin son adımı olan kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar kümeleri belirlenmektedir.

Tablo 9

S_j, R_j, ve Q_j Değerleri ve Sıralamaları

Alternatifler	S _j Değeri	S _j Sırası	R _j Değeri	R _j Sırası	Q _j Değeri	Q _j Sırası
A	0,3919	1	0,1164	1	0	1
B	0,5680	3	0,2757	3	1,1915	3
C	0,5192	2	0,2224	2	0,8326	2

A alternatifinin koşul bir ve koşul iki durumunu sağlayarak kabul edilebilir avantaj ve istikrarlı bir avantaja sahip olduğu görülmüştür. Kabul edilebilir avantaj, en iyi ve en iyiye en yakın alternatifi ifade eder. Kabul edilebilir istikrar ise ideal çözüm (Q_j) değerine sahip alternatifin, aynı zamanda en iyi maksimum grup faydası (S_j) veya en iyi minimum pişmanlık (R_j) değerlerinden birine sahip olan alternatifi ifade etmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2007). VIKOR yöntemine göre işletme için alınması planlanan alternatifler arasında A alternatifi en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. İkinci sırada C alternatifi ve üçüncü olarak ise B alternatifi gelmektedir.

5. Sonuçlar

Günümüzde gelişen sanayi teknolojisi ile birlikte imalat sektöründe işletmeler kuruluş sürecinde ve sonraki süreçlerde yüksek sermaye yatırımı gerektiren makineler almaktadırlar. İmalat sanayisinde ihtiyaçların çeşitlenmesi ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte makine alımında yöneticilerin daha çok analizler yapmaları gerekmektedir. Farklı kriterlerin etkili olduğu bu süreçte işletmeler için fazla sayıda alternatifin olması en iyi alternatifin seçimini zorlaştırmaktadır. Bu seçim probleminde yöneticilerin karar verme sürecine yardımcı olmak amacıyla ÇKKV yöntemleri de kullanılmaktadır.

Bu çalışmada imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin işleme merkezi alım problemi ele alınmıştır. İşletme müşteri taleplerini karşılamada en üst düzeyde fayda sağlayacak, yüksek esneklik düzeyine sahip, servis imkanlarına kolay erişilebilen ve finansal açıdan en uygun işleme merkezini seçmek istemektedir. Ayrıca seçilecek makinenin

işletmenin tesis içi yerleşimine uygun ve personel açısından kullanışlı bir makine olması istenmektedir. Bu doğrultuda çalışmada işleme merkezi seçimi problemi için kriterler belirlenerek en uygun alternatif ÇKKV yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışmada AAS yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ana kriterlerden teknolojik özellik %49,82, servis faktörleri %23,13, finansal faktörler %13,02, fiziksel özellikler %6,08 ve kullanım kolaylığı %7,93 önem düzeyine sahiptir. Bu sonuçlara göre imalat işletmeleri özelinde işleme merkezi alımını etkileyen kriterlerden finansal faktörlerin, teknolojik özellik ve servis faktörlerine göre önem düzeyi daha düşük çıkmıştır. Günümüzde özellikle rekabet ortamından kaynaklı olarak önceliğin müşteri istek ve taleplerini karşılayabilecek nitelikte ürün üretmek olduğu düşünülecek olursa, teknolojik özellikleri yüksek bir işleme merkezine sahip olmak imalat sektöründe rekabet avantajı oluşturmaktadır. Servis faktörü yönünden ise bir işleme merkezinin üretimde sürekli çalışması için servis imkanlarının yaygın olması istenmektedir. Makinenin arızalanması durumunda servis imkanından hızlı bir şekilde yararlanılamaz ise üretim durur ve müşteri siparişleri gecikir. Bu durum da müşteri kaybına neden olmaktadır. Özellikle sipariş üzerine çalışan ve stoksuz veya stok düzeyi düşük işletmelerde makinenin durmaması ve siparişlerin gecikmemesi için servis ağı yaygın alternatiflerin tercih edilmesi gerekmektedir. Finansal faktörler açısından sonuçlara bakıldığında ise üç farklı alt kriter dikkate alınarak kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Finansal faktörler özelinde bakım maliyeti, satın alma maliyeti ve ödeme seçenekleri kriterlerinin öncelik

değerleri sırasıyla, %32,26, %45,71 ve %22,02 olarak elde edilmiştir. Literatürde yer alan çalışmaların çoğunda finansal faktörler dikkate alınmıştır. Ancak bakım maliyeti dört çalışmada ve ödeme seçenekleri yalnızca bir çalışmada dikkate alınmıştır. Elde edilen kriter ağırlıklarına bakıldığında bakım maliyeti ve ödeme seçenekleri kriterlerinin ağırlıkları önemli bir düzeydedir. Benzer özelliklere sahip birçok işleme merkezinin fiyatları birbirine yakın ancak ödeme seçeneklerindeki esneklik ve bakım maliyetleri karar verici açısından önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada AAS yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri ile alternatifler sıralanmıştır. Her iki yöntem ile elde edilen sonuçlar birbirlerinden farklıdır. PROMETHEE yönteminde C alternatifi birinci alternatif iken VIKOR yönteminde birinci alternatif olarak A alternatifi çıkmıştır. A alternatifinin teknolojik özellik yönünden C alternatifinin ise servis faktörleri yönünden güçlü alternatifler olduğu görülmektedir. Bu yönüyle elde edilen sonuçlar anlamlı düzeydedir. PROMETHEE yönteminde C alternatifi birinci A alternatifi üçüncü alternatif olarak belirlenmesinin PROMETHEE yönteminde kullanılan ortak tercih fonksiyonu ve eşik değeri tanımlamaları nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

Makine seçim problemlerinde öncelikle işletmeler üretim tipine uygun alternatifleri belirlemelidir. Özellikle seri ve atölye tipi üretim yapan işletmelerde üretilen ürünün sayıca fazla ve ürün açısından çeşitliliğinin fazla olması makinelerde ürünlerin tiplerine göre farklı özellikler aranmasına neden olmaktadır. Bu tip üretim süreci ile üretim yapan işletmelerde makinelerin çalışma saatleri yüksektir. Bu nedenle arıza potansiyeli yüksek olduğundan servis faktörleri önem arz etmektedir. Proje tipi vb. üretim süreci ile üretim yapan, havacılık ve savunma sanayi gibi sektörlerde ise üretilen ürünlerin çeşitliliği az, fakat işlemlerin yüksek teknolojik özelliklere sahip makineler ile yapılması gerektiği için makinelerin üretilen ürünlere uygun olması önceliklidir. Sektörler farklı olsa dahi bir makine alım kararının verilmesinde, kararın stratejik öneme sahip olduğu göz önünde bulundurularak yöneticilerin teknolojik özellik açısından yüksek donanıma sahip, servis ağı yaygın olan makinelere odaklanması önerilmektedir. Ayrıca finansal faktörler değerlendirilirken kurulum maliyetlerinin yanı sıra bakım maliyetleri ve ödeme seçenekleri gibi faktörlerin değerlendirmeye dahil

edilmesi oldukça önemlidir. Zira işletmeler için bir maddi duran varlık alımında nakit ödeme seçeneğinden ziyade vadeli veya taksitli ödeme seçenekleri daha tercih sebebi olabilmektedir. Makinenin kullanım noktasında ise, işletmelerin makineyi kullanabilecek yeni personel istihdam etmesine ihtiyaç duymadan mevcut personel ile makineyi kullanılabilmesi istenmektedir. Bu nedenle, makinelerin personelin kullanımı açısından güvenli ve kolay bir işletme prosedürüne sahip olması gerekmektedir. Özellikle gıda, sanayi, tarım ve sağlık sektörleri için de bu çalışmanın kriterleri ve sonuçları örnek teşkil etmektedir. Çalışmada kullanılan teknolojik özellik kriteri işleme merkezi özelinde değerlendirilmektedir. Bu nedenle diğer sektörlerde bir makine alım problemi ele alınması halinde teknolojik özellik faktörlerinin sektörün yapısına özgü olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Finansal ve servis faktörleri ise genel olarak herhangi bir sektörde makine alım problemi için dikkate alınabilir. Ayrıca çalışmada kullanılan kriterler arasında kurulan ağ yapısı bu çalışmada incelenen probleme özel olarak oluşturulmuştur. Diğer bir sektör için yapılacak çalışmada ağ yapısı değişebilecektir. Araştırmacıların incelediği sektöre göre ağ yapısını yeniden revize etmesi gerekmektedir.

Çalışmada dikkate alınan kriterler imalat sektöründe yer alan bir işletme için alınması planlanan işleme merkezi seçimi problemi özelinde değerlendirilmiştir. Kriterlerin çeşitli sektörler özelinde değerlendirilerek ÇKKV yöntemlerinin uygulanması sonraki araştırmalar için önerilmektedir. Ayrıca birden fazla alternatifin seçilmesinin söz konusu olduğu durumlarda amaç programlama ve matematiksel model ile problemin çözülebileceği önerilmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Emre YAZICI, araştırma probleminin tespiti, önemi ve çözümü noktasında araştırmacının planlanması; Tamer EREN, bilimsel yayın araştırması, makalenin oluşturulması; Hacı Mehmet ALAKAŞ, problemin çözümü için kullanılan yöntemlerin belirlenmesi, yöntemlerin uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesi konularında katkı

sağlamışlardır.

Kaynaklar

- Arslan, M. Ç., Çatay, B., & Budak, E. (2004). A decision support system for machine tool selection. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(1), 101-109. Doi: <https://doi.org/10.1108/09576060410512374>
- Bedir, N., ve Eren, T. (2015). AHP-PROMETHEE Yöntemleri Entegrasyonu ile Personel Seçim Problemi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama. *Social Sciences Research Journal*, 4(4), 46-58. Doi: <https://doi.org/10.21541/apjes.328325>
- Brans, J-P. (1982) L'ingenierie de la decision: Elaboration d'instruments d'aide a la decision. La Methode PROMETHEE, L'aide à la décision: Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir, Université Laval, Québec, 183-213.
- Brans, J.-P., & Smet, Y. De. (2016). PROMETHEE METHODS. Multiple criteria decision analysis, 187-219. *Springer*. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4>
- Bülbül, S. E. ve Köse, A. (2016). Türk Sigorta Sektörünün PROMETHEE Yöntemi ile Finansal Performans Analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 187-210. Doi: <https://doi.org/10.14780/iibd.29194>
- Cihan, Ş., Ayan, E., Eren, T., Topal, T., ve Yıldırım, E. K. (2017). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması. *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 4(1). Doi: <https://doi.org/10.17681/hsp.285651>
- Çimren, E., Çatay, B., & Budak, E. (2007). Development of a machine tool selection system using AHP. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35(3-4), 363-376. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0714-0>
- Dağdeviren, M. (2008). Decision making in equipment selection: An integrated approach with AHP and PROMETHEE. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(4), 397-406. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10845-008-0091-7>
- Dağdeviren, M., Dönmez, D., ve Kurt, M. (2006). Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2), 247-255. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6668/89359>
- Dağdeviren, M., ve Eraslan, E. (2008). Promethee sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23(1), 69-75. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6675/88291>
- Ertuğrul, İ., ve Karakaşoğlu, N. (2009). Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1), 19-28. Erişim adresi: https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekle/c4692732b25c1ee_ek.pdf
- Gürbüz, H., ve Uğurlular, A. (2016). *En Uygun CNC Tezgahı Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı ve Uygulanması*. Paper presented at the meeting of the 7th International Congress on Entrepreneurship (ICE 2016), Kırgızistan. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/308890449>
- Hamurcu, M., ve Eren, T. (2017). Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP ve AAS-HP Kombinasyonu. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-13. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gmbd/issue/31064/371820>
- İç, Y. T., Kabacaoğlu, E., Tümay, Ç., ve Demirtaş, H. İ. (2018). Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler İçin İşleme Merkezi Seçiminde Kullanılabilecek Bir Karar Destek Sistemi. *MAKİNA Tasarım ve İmalat Dergisi*, 16(2), 71-80. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/matim/issue/49752/474174>
- İç, Y. T., ve Yurdakul, M. (2008). İşleme Merkezi Seçimine Yönelik Bir Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 85-95. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6675/88295>
- Karim, R., & Karmaker, C. (2016). Machine Selection by AHP and TOPSIS Methods. *American Journal of Industrial Engineering*, 4(1), 7-13. Doi: <https://doi.org/10.12691/ajie-4-1-2>
- Kaya, İ., Kılınc, M. S., ve Çevikcan, E. (2007). Makine-Techizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci. *Mühendis ve Makina*, 49(576), 8-14. Erişim adresi: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/2cec96096d4281b_ek.pdf

- Li, H., Wang, W., Fan, L., Li, Q., & Chen, X. (2020). A novel hybrid MCDM model for machine tool selection using fuzzy DEMATEL, entropy weighting and later defuzzification VIKOR. *Applied Soft Computing Journal*, 91, 106207. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106207>
- Lin, Z. C., & Yang, C. B. (1996). Evaluation of machine selection by the AHP method. *Journal of Materials Processing Technology*, 57(3-4), 253-258. Doi: [https://doi.org/10.1016/0924-0136\(95\)02076-4](https://doi.org/10.1016/0924-0136(95)02076-4)
- Macharis, C., Springael, J., Brucker, K. De, & Verbeke, A. (2020). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, 153(2004), 307-317. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00153-X)
- Nouri, F. A., Esbouei, S. K., & Antucheviciene, J. (2015). A Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS for Technology Selection. *INFORMATICA*, 26(3), 369-388. Doi: <http://dx.doi.org/10.15388/Informatica.2015.53>
- Ömürbek, N., Karaatlı, M., Eren, H., ve Şanlı, B. (2014). AHP Temelli PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Hafif Ticari Araç Seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 47-64. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sduiibfd/issue/20813/222634>
- Opricovic, S. (1998). Multi-criteria optimization of civil engineering systems. (Ph. D Thesis), *Faculty of Civil Engineering*, Belgrade.
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178, 514-529. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.01.020>
- Özdağoğlu, A. (2014). Üretim Faaliyetinde Bulunan İşletmeler İçin CNC Torna Tezgahı Alternatiflerinin VIKOR ve TOPSIS Yöntemleri ile Karşılaştırılması. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 37-57. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/15457605-Uretim-faaliyetinde-bulunan-isletmeler-icin-cnc-torna-tezgahi-alternatiflerinin-vikor-ve-topsis-yontemleri-ile-karsilastirilmesi.html>
- Özdağoğlu, A., Yakut, E., ve Bahar, S. (2017). Entropi ve SAW Yöntemlerinin Bütünleştirilmesiyle Bir Süt Ürünleri Fabrikasında Makine Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 341-359. Doi: <https://doi.org/10.24988/deuiibf.2017321605>
- Paksoy, S. (2015). Ülke Göstergelerinin Vikor Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 153-169. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/esad/issue/38966/456085>
- Perçin, S. (2012). Bulanık Ahs Ve Topsis Yaklaşımının Makine Teçhizat Seçimine Uygulanması. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 169-184. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cusosbil/issue/4389/60337>
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2006). Decision Making with the Analytic Network Process (Second Edu). Springer Science+Business Media. Erişim adresi: <https://www.springer.com/gp/book/9781461472780>
- Şahin, İ. (2020). CNC Dik İşleme Merkezi Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. T.C. Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- 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. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.560906>
- Şenkayas, H., ve Hekimoğlu, H. (2013). Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi Problemine PROMETHEE Yöntemi Uygulaması. *Verimlilik Dergisi*, 2, 63-80. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/verimlilik/issue/21763/233932>
- Tolun, B. G., ve Tümtürk, A. (2020). AHP ile Bütünleşik Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile Makine Seçimi: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 21-34. Doi: <https://doi.org/10.18657/yonveek.610281>
- Üstün, Ö., Özdemir, M. S., ve Demirtaş, E. A. (2005). Kıbrıs Sorunu Çözüm Önerlerini

- Değerlendirmede Analitik Serim Süreci Yaklaşımı. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 16(4), 2-13. Erişim adresi: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/10f760a89db30aa_ek.pdf
- Uyanık, A. S. (2006). *Üç Eksenli Terco Yüzey İşleme Tezgahının Bilgisayar ile Kontrolü*. (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Wu, Z., Ahmad, J., & Xu, J. (2016). A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information. *Applied Soft Computing Journal*, 42(C). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.02.007>
- Yavuz, M. (2010). *Makina Ekipman Seçimine Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımı*. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, K., Öztürk, Y., ve Burdurlu, E. (2017). Mobilya Endüstrisi Üretim Süreçlerinde Teknoloji Seçimi: Panel Ebatlama Makinesi Seçimi Örnekleme. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 774-785. Doi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceitbd/issue/33124/364584>