

BÜTÜNLEŞİK SWARA-TOPSIS YÖNTEMİ İLE MAKİNE SEÇİMİ: BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA*

Machine Selecting Using Integrated SWARA – TOPSIS Method: Application in A Manufacturing Company

Yrd.Doç.Dr. Engin ÇAKIR

Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İşletme Bölümü, Aydın/Türkiye

Yrd.Doç.Dr. Gülşah SEZEN AKAR

Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, Aydın/Türkiye

Doğan, İ.; Afsal M.Ş.; Aydın, S. ve Gürbüz, S. (2017). "Faiz Oranları ve Döviz Kuru Dönemsel Analizi; Türkiye Örneği", Vol:3, Issue:13; pp:206-216 (ISSN:2149-8598)

ARTICLE INFO

Article History

Makale Geliş Tarihi

Article Arrival Date

21/07/2017

Makale Yayın Kabul Tarihi

The Published Rel. Date

21/08/2017

Anahtar Kelimeler

CNC Makinesi Seçimi,
Kriter Ağırlıklandırma,
SWARA Yöntemi, TOPSIS
Yöntemi

Keywords

CNC Machine Selection,
Criteria Weighting, SWARA
Method, TOPSIS Method

ÖZ

Günümüz üretim işletmelerinde verimli, hızlı ve güvenilir üretim için CNC (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol - Computer Numerical Control) makineleri en önemli teçhizatlardan biri haline gelmiştir. İşletmelerin CNC makinesi satın alımlarında, işletme için uygun olan birçok alternatif bulunabilmektedir. Ancak, işletmelerin beklentilerini en üst seviyede karşılayacak CNC makinesini seçerken, sadece maliyete göre hareket etmeleri durumunda hatalı kararlar alabildiği, alanda yapılan çalışmalar neticesinde tespit edilmiştir. CNC makinesinin seçimi, bir anlamda çok kriterli karar verme işlemidir. Bu çalışmada amaç, bir üretim işletmesi için optimum faydayı sağlayacak CNC makinesinin bütünleşik SWARA -TOPSIS yöntemiyle seçilmesidir.

Uygulama çalışması, Aydın'da faaliyet gösteren bir üretim işletmesinde yapılmıştır. CNC makinesi satın almayı planlayan bu işletmede, CNC için göreceli seçim kriterleri "Esneklik", "Güvenilirlik", "Güvenlik", "Kullanım Kolaylığı", "Satış Sonrası Servis" ve "Verimlilik"; göreceli olmayan seçim kriteri de "Maliyet" olarak belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarını belirleyecek ve CNC makinelerini göreceli kriterlere göre değerlendirecek beş karar vericiden oluşan bir grup oluşturulmuştur. Karar vericiler tarafından en önemli ilk sırada olacak şekilde kriterleri sıralayarak, kriterler arası önem düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla SWARA uygulama adımları kullanılarak kriter ağırlıkları ortaya konulmuştur. Daha sonra, göreceli kriterleri göz önünde bulunduran karar vericiler alternatif CNC makinelerinin değerlendirme işlemini yapmıştır. Göreceli olmayan "Maliyet" kriteri için her bir alternatif CNC makinesi için fiyat teklifi alınmıştır. Elde edilen tüm değerler TOPSIS yöntemi ile değerlendirilerek, işletme için optimum olan CNC makinesi işletmeye önerilmiştir.

ABSTRACT

Computer Numerical Control (CNC) machines have become one of the most important equipments for efficient, fast and reliable production in today's production companies. There are many alternatives available for companies to purchase CNC machines. However, when choosing the CNC machine that will meet the expectations of the companies at the highest level, it is determined in the studies conducted in the literature that the wrong decisions can be made if they move only according to the cost. The choice of CNC machine, in a sense, is a multi-criteria decision-making process. The purpose of this study is to select the CNC machine, which will provide optimum utilization for a production company, by using the integrated SWARA -TOPSIS method.

Implementation study was conducted in a production company operating in Aydın. In this company which planned to buy a CNC machine, it was determined that while the relative selection criteria for CNC were "Flexibility", "Reliability", "Safety", "Ease of Use", "After-Sales Service", and "Efficiency", the non-relative selection criterion was "cost". A group including five decision makers was formed to determine the criterion weights and evaluate the CNC machines according to relative criteria. Significance level of the criteria was determined by the decision makers ranking them so that the most important one is the first. Criterion weights were determined by using SWARA application steps with the help of the obtained data. Then, decision makers taking the relative criteria into consideration performed the evaluation process of the alternative CNC machines. For the non-relative "Cost" criterion, price quotation for each alternative CNC machine was obtained. By evaluating all the obtained values with TOPSIS method, optimum CNC machine was suggested to the company.

1. GİRİŞ

İşletmeler, yoğun rekabet nedeniyle karşılaşabilecekleri her türlü durum için etkin ve hızlı karar almak durumundadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri işletmelerin sürdürülebilirliği ve verimliliği için etkin karar almada önemli araç haline gelmiştir. Literatürde birbirlerinden farklı özelliklere sahip birçok çok kriterli karar verme yöntemi mevcuttur. Son zamanlarda araştırmacılar tarafından sıklıkla

*Bu çalışma 18-20 Mayıs 2017 tarihleri arasında Alanya Alaattin Keykubad Üniversitesi evsahipliğinde düzenlenen II. Uluslararası Sosyal Bilimler Sempozyumu'nda sunulmuştur.

kullanılan SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis - Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) yöntemi, kriterlere ait önem düzeylerinin belirlenmesinde etkili ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle tercih edilmektedir.

Üretim işletmeleri için makine seçimine ilişkin karar verme problemi olumsuz sonuçlar doğurabileceğinden önem arz etmektedir. Hatalı seçilen makinaların yarattığı sorun işletmelerin üretim performanslarını ve verimliliklerini doğrudan etkileyecektir. Bu nedenle, işletme yöneticileri ve operatörlerin makine seçimine ilişkin nicel maliyet kalemiyle birlikte, diğer nitel performans ölçütlerini birlikte değerlendirmesi gerekmektedir.

Bu çalışma ile, Aydın Nazilli’de dişli imalatı yapan bir şirketin makine seçimi probleminin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Şirketteki üç üst düzey yönetici ile iki CNC operatörü karar verici olarak atanmıştır. CNC (Computer Numerical Control) makinesi almayı planlayan şirket, öncelikle CNC için seçim kriterlerini belirlemiş ve bu kriterlere ait önem düzeylerini SWARA yöntemi ile belirlemiştir. Daha sonra önem düzeyleri de dikkate alınarak TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution - İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Tekniği) yöntemi yardımıyla belirlenen altı CNC makinesinin değerlendirme işlemi yapılmıştır. Değerlendirme sonrası en yüksek skora sahip CNC makinesi şirkete önerilmiştir.

Bu çalışmada; giriş bölümünden sonra yer alan ikinci bölümde CNC makinesi seçimi ile ilgili literatür taramasına; SWARA metodunun kullanım alanlarına yönelik literatür taraması ile SWARA ve TOPSIS yöntemlerinin teorik alt yapısına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde SWARA ve TOPSIS yöntemleri ile analizler yürütülmüş ve ele alınan alternatifler arasından en iyi CNC makinesinin seçimi yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise bulunan analiz sonuçları yorumlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yöneticilerin en temel problemi zamanında ve en doğru kararı vermektir. Alt, orta ve üst kademe yöneticileri kısa, orta ve uzun dönemde stratejik ve operasyonel kararlar vermek durumundadır. Doğru ve zamanında karar verebilmek ise, işletmelere önemli avantajlar sağlamaktadır (Gavcar ve diğerleri, 2011). Karar verme, karar vericilerin farklı alternatiflerle karşı karşıya bulunduğu durumlarda bu alternatifler arasından amaca en uygun olanını seçmedir (Tekin, 2008). Bir kararın iyi veya kötü olması, muhtemel alternatiflere, erişilebilen verilere ve karar vermek için kullanılan kriterlere bağlıdır (Timor, 2010). Şekil 1, karar verme sürecini özetlemektedir (Erdem, 2013; Hillier ve Lieberman, 2001).



Şekil 1. Karar Verme Süreci

Günümüzde gerek bireysel gerekse daha büyük ölçekli kararlar almak durumunda olan insanoğlu, aldıkları kararlarda birden fazla kriteri dikkate alarak hareket etmek durumundadır (Yıldırım ve Önder, 2014). Bu çalışmaya konu olan CNC makinesinin seçiminin de çok sayıda kriter dikkate alınarak karar verilmesi gereken bir durum olduğundan; çok kriterli karar verme yöntemleri ile seçim işlemi yapılabilmektedir. Tablo 1’de, CNC makinesi ve makine/teçhizat seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemleri ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir.

Tablo 1. Makine/Teçhizat Seçiminde Kullanılmış ÇKKV Yöntemleri

Kaynakça	Çalışma İçeriği
(Ayağ, 2007)	Geliştirilen AHP – Simülasyon yöntemi ile makine seçimi
(Kaya, Kılınç ve Çevikcan, 2007)	Bulanık TOPSIS ile CNC makine seçimi
(Önüt, Kara ve Efendigil, 2008)	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile makine seçimi
(Tsai, Cheng, Wang ve Kao, 2010)	AHP yöntemi ile makine seçimi
(Athawale ve Chakraborty, 2010)	AHP ve TOPSIS yöntemi ile makine seçimi
(Yılmaz ve Dağdeviren, 2010)	Promethee ve Bulanık Promethee yöntemi ile ekipman seçimi
(Dawal, Yusoff, Nguyen ve Aoyama, 2012)	Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemi ile makine seçimi
(Perçin, 2012)	Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemi ile makine – teçhizat seçimi
(Organ, 2013)	Bulanık DEMATEL yöntemi ile makine seçim kriterlerinin değerlendirilmesi

(Aghdaie, Zolfani ve Zavadskas, 2013)	SWARA VE COPRAS – G yöntemi ile makine seçimi
(Vatansever ve Kazançoğlu, 2014)	Bulanık AHP ve Bulanık MOORA yöntemi ile makine seçimi
(Karim ve Karmaker, 2016)	AHP ve TOPSIS yöntemi ile makine seçimi
(Gupta, Kumar ve Mandal, 2016)	AHP, MOORA, TOPSIS, ELECTRE I ve COPRAS yöntemi ile makine seçimi
(Kabak ve Dağdeviren, 2017)	ANP ve Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile makine seçimi

CNC makinelerin seçiminde değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırma işlemi SWARA yöntemi ile yapılmış, alternatif CNC makinelerinin değerlendirilmesinde ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

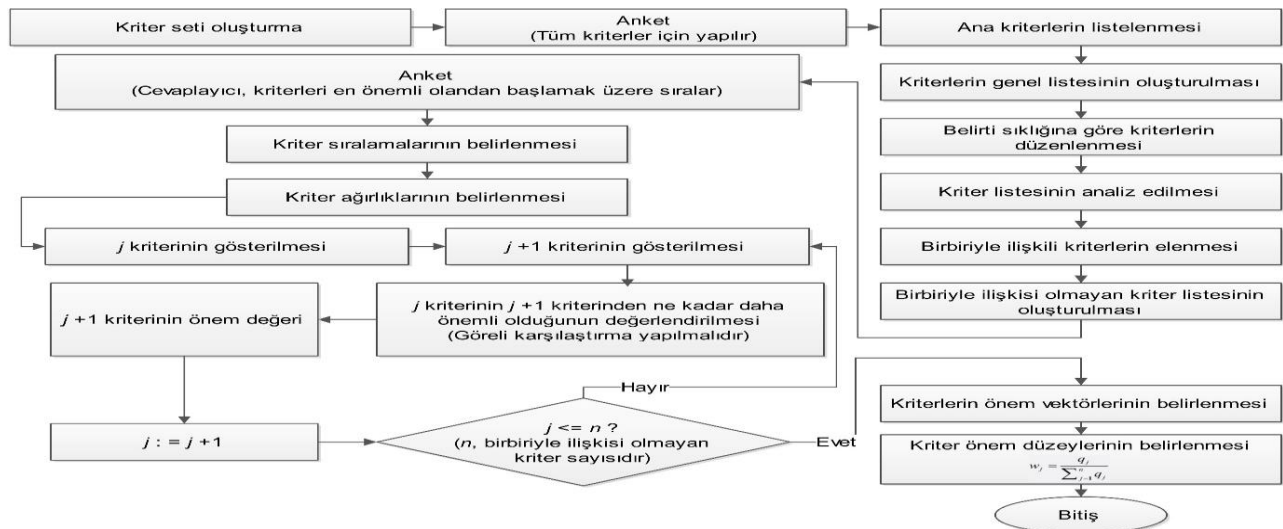
2.1. SWARA Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan ve son zamanlarda sıklıkla kullanılmaya başlanan SWARA yöntemi, ilk olarak Keršulienė, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından ortaya konulmuştur. SWARA yöntemi, mevcut çevresel ve ekonomik durumları dikkate alarak, karar vericilere kendi önceliklerini seçme konusunda fırsat tanımaktadır. Ayrıca karar verici olarak belirlenen uzmanların rolü bu yöntemde daha da önemlidir.

SWARA yöntemi ile ilgili literatüre göre, birçok problemin çözümünde kullanılmıştır. Tablo 2’de SWARA yöntemi ile yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 2: SWARA Yöntemi Literatür İncelemesi

Kaynak	Çözüm
(Keršulienė ve diğerleri, 2010)	Uyumsuzluk çözümü
(Keršulienė ve Turskis, 2011)	Mimar seçimi
(Zolfani, Esfahani, Bitarafan, Zavadskas ve Arefi, 2013)	Optimal mekanik havalandırma alternatifinin seçimi
(Alimardani, Zolfani, Aghdaie ve Tamošaitienė, 2013)	Tedarikçi seçimi
(Zolfani, Zavadskas ve Turskis, 2013)	Ürün tasarımı
(Aghdaie ve diğerleri, 2013)	Makine parçası seçimi
(Zolfani ve Saparaskas, 2013)	Enerjide sürdürülebilirliği değerlendirme göstergeleri
(Zolfani ve Banihashemi, 2014)	Personel seçimi
(Zolfani ve Bahrami, 2014)	Yatırım önceliklendirme
(Vafaeipour, Zolfani, Varzandeh, Derakhti ve Keshavarz, 2014)	Güneş enerji santrallerinin kurulacağı bölgenin seçimi
(Aghdaie, Zolfani ve Zavadskas, 2014)	Tedarikçi kümeleme ve sıralama
(Aghdaie ve diğerleri, 2014)	Satış şubesi seçimi
(Dehnavi, Aghdam, Pradhan ve Morshed Varzandeh, 2015)	Bölgesel heyelan tehlikesinin değerlendirilmesi
(Nezhad, Zolfani, Moztarzadeh, Zavadskas ve Bahrami, 2015)	Ar-ge projesi seçimi
(Karabasevic, Stanujkic, Urosevic ve Maksimovic, 2015)	İşe alınacak maden mühendisi adaylarının seçimi
(Stanujkic, Karabasevic ve Zavadskas, 2015)	Paket tasarımı seçimi
(Karabasevic, Stanujkic, Urosevic ve Maksimovic, 2016)	Personel seçimi
(Karabasevic, Paunkovic ve Stanujkic, 2016)	Sosyal sorumluluk alma düzeylerine göre işletme seçimi
(Tuş Işık ve Aytaç Adalı, 2016)	Otel seçimi
(Shukla, Mishra, Jain ve Yadav, 2016)	ERP sistemi seçimi
(Çakır, 2016a)	Yazılım seçimi
(Çakır, 2016b)	Müteahhit seçimi
(Yazdani, Zavadskas, Ignatius ve Abad, 2016)	Malzeme seçimi
(Çakır, 2017)	CNC makine seçim kriterlerinin önem düzeylerinin belirlenmesi



Şekil 2: SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kaynak: (Keršulienė ve Turskis, 2011)

Şekil 2’de, SWARA yöntemi ile yapılan kriter ağırlıklandırma işleminin geniş çaplı iş akışı görülebilir. Yöntemde değerlendirmeye alınacak kriterlerin (Şekil 2’deki “Birbiriyle ilişkisi olmayan kriter listesinin oluşturulması” adımı) belirlenmesi durumunda ise, aşağıda yer alan 5 adımda kriter ağırlıkları belirlenebilmektedir.

1. Adım: Kriterler en önemliden başlamak üzere sıralanır.

2. Adım: İkinci kriterden başlayarak, her bir kriter için göreceli önem düzeyleri belirlenir. Bunun için, j kriteri ile bir önceki kriter ($j-1$) karşılaştırılır. Kerşulienė vd. (2010) bu orana “ortalama değerin karşılaştırmalı önemi” olarak adlandırmış ve s_j simgesi ile göstermişlerdir .

3. Adım: Katsayı (k_j) aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

4. Adım: Önem vektörü q_j , aşağıda yer alan eşitlikle hesaplanır:

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{x_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

5. Adım: Kriterlere ait ağırlıkların (w_j) hesaplama işlemi ise, aşağıdaki eşitlikle sağlanır:

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

w_j, j kriterinin göreceli önemini göstermektedir.

2.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. TOPSIS yöntemi ile pozitif ideal çözüme en yakın uzaklığa ve negatif ideal çözüme en fazla uzaklığa göre alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda sıralaması yapılmaktadır (Chen, 2000, s. 1; Paksoy, Pehlivan ve Özceylan, 2013, s. 152; Timor, 2011, s. 20). Yöntemde ideal çözüm için gerekli olan yakınlık bulunurken hem pozitif ideal çözüme uzaklık, hem de negatif ideal çözüme uzaklık birlikte değerlendirilir. Sonuçta yapılacak tercih sıralaması, uzaklıkların karşılaştırılması sonucu elde edilir (Yıldırım ve Önder, 2014).

Adım 1: Değerlendirmeye alınacak m sayıda alternatifin belirlenmesi

Adım 2: n sayıdaki kriter dikkate alınarak, alternatiflerin k sayıda karar verici tarafından değerlendirilmesi ve böylece her bir karar vericiye ait karar matrisine ulaşılması,

$$A_{ij}^k = \begin{bmatrix} a_{11}^k & a_{12}^k & \cdots & a_{1n}^k \\ a_{21}^k & a_{22}^k & \cdots & a_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}^k & a_{m2}^k & \cdots & a_{mn}^k \end{bmatrix} \quad (4)$$

Adım 3: k sayıdaki karar vericiden elde edilen değerler yardımıyla grup değerinin hesaplanması ve grup karar matrisinin elde edilmesi (Karabasevic, Stanujkic, ve diğerleri, 2016),

$$a_{ij} = \left(\prod_{k=1}^k a_{ij}^k \right)^{1/k} \quad (5)$$

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 4: Grup karar matrisinin normalize edilerek, normalize karar matrisinin elde edilmesi

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (7)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Adım 5: Normalize karar matrisinin ağırlıklandırılması ile ağırlıklı normalize karar matrisine ulaşılması,

$$v_{ij} = w_{ij} \times r_{ij} \quad (9)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Adım 6: Pozitif ideal çözüm kümesinin (A^*) belirlenmesi,

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

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

Adım 7: Negatif ideal çözüm kümesinin (A^-) belirlenmesi,

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

$$A^- = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

Adım 8: Alternatiflerin pozitif ideal çözüme uzaklığının hesaplanması,

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (13)$$

Adım 9: Alternatiflerin negatif ideal çözüme uzaklığının hesaplanması,

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (14)$$

Adım 10: Alternatiflerin ideal çözüme göreceli yakınlık değerlerinin hesaplanması,

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}; 0 \leq C_i \leq 1 \quad (15)$$

2.3. SWARA - TOPSIS Yöntemlerinin Bütünleştirilmesi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin bütünleşik hale getirildiği çok sayıda çalışmaya literatürde karşılaşmak mümkündür. Çalışmalardaki ortak yapı genel anlamda şu şekildedir: çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, Entropi, SWARA vb. yöntemler ile değerlendirme kriterlerinin önem düzeyleri (ağırlıkları) ortaya konulmakta; TOPSIS, VIKOR, COPRAS, Gri İlişkisel Analiz gibi farklı birçok kriterli karar verme yöntemi ile de alternatiflerin değerlendirilmesi yoluna gidilmektedir.

Bu çalışmada da çok kriterli karar verme yöntemlerinden SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları tespit edilecek; TOPSIS yöntemi ile alternatifler değerlendirilecektir. SWARA - TOPSIS yöntemlerinin özet haldeki bütünleştirme işlemi, Şekil 3'teki adımlar izlenerek yürütülmüştür.



Şekil 3: SWARA - TOPSIS Bütünleştirme Aşamaları

3. BULGULAR

Bu çalışmada, Aydın'da faaliyet gösteren dişli imalat şirketinde satın alınması planlanan CNC makinesinin SWARA temelli TOPSIS belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın uygulamasında öncelikle kriter ağırlıkları SWARA yöntemi kullanılarak tespit edilmiş, daha sonra TOPSIS yöntemi ile alternatif CNC makinelerinin değerlendirme işlemi yapılmıştır.

3.1. Kriterlerin SWARA Yöntemi ile Ağırlıklandırılması Aşaması

CNC makinesinin seçiminde kullanılacak olan değerlendirme kriterlerinin uzmanlar ve literatür dikkate alınarak Tablo 3'teki gibi olmasına karar verilmiştir.

Tablo 3: CNC Makinası Değerlendirme Kriterleri

	Kriterler	Açıklama
C ₁	Esneklik	
C ₂	Güvenilirlik	
C ₃	Güvenlik	
C ₄	Kullanım Kolaylığı	
C ₅	Maliyet	
C ₆	Satış Sonrası Servis	
C ₇	Verimlilik	

Tablo 3'teki değerlendirme kriterlerinin önem düzeylerinin belirlenebilmesi için, beş karar verici belirlenmiştir. Öncelikle, SWARA yönteminin ilk adımı olan kriterlerin en önemliden en az önemliye sıralanması işlemi her bir karar verici tarafından ayrı ayrı yapılmıştır. Sıralama sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. Tabloya göre, karar verici 1 (KV1) için en önemli kriterin "C5 - Maliyet" kriteri olduğu görülebilmektedir.

Tablo 4: Karar Vericilere Göre Kriter Sıralamaları

	KV ₁	KV ₂	KV ₃	KV ₄	KV ₅
C ₁	3	6	5	2	7
C ₂	7	5	4	7	6
C ₃	2	4	1	1	3
C ₄	4	1	3	3	4
C ₅	1	3	2	4	2
C ₆	6	7	7	5	5
C ₇	5	2	6	6	1

Tablo 4'te yer alan kriterler en önemli olanı ilk sırada olmak üzere, Tablo 5'teki gibi sıralanmış ve ikinci kriterden itibaren her bir kriter için göreceli önem düzeyleri (s_j) karar vericiler tarafından ayrı ayrı belirlenmiştir. Örneğin, karar verici 1 için C5 kriteri ile C3 kriteri arasında karşılaştırmalı önem düzeyi 0,20'dir.

Tablo 5. Kriterlerin Karar Vericiler Düzeyinde Karşılaştırmalı Önemi

Önem Sırası	KV ₁		KV ₂		KV ₃		KV ₄		KV ₅	
	Sıra	s _j	Sıra	s _j	Sıra	s _j	Sıra	s _j	Sıra	s _j
1	C ₅		C ₄		C ₃		C ₃		C ₇	
2	C ₃	0,20	C ₇	0,10	C ₅	0,05	C ₁	0,10	C ₅	0,15
3	C ₁	0,25	C ₅	0,15	C ₄	0,15	C ₄	0,20	C ₃	0,40
4	C ₄	0,30	C ₃	0,25	C ₂	0,40	C ₅	0,05	C ₄	0,05
5	C ₇	0,05	C ₂	0,10	C ₁	0,05	C ₆	0,15	C ₆	0,15
6	C ₆	0,25	C ₁	0,20	C ₇	0,10	C ₇	0,20	C ₂	0,20
7	C ₂	0,10	C ₆	0,40	C ₆	0,30	C ₂	0,15	C ₁	0,05

SWARA yöntemiyle yapılan kriter ağırlıklandırma adımları ise, şu şekilde devam etmektedir;

Öncelikle, Eşitlik 1 ile s_j 'ler yardımıyla, katsayı (k_j) değerlerine ulaşılmıştır. Ardından Eşitlik 2 kullanılarak, her bir kriter için önem vektör (q_j) değerleri hesaplanmıştır. Son olarak, kriterlere ait ağırlıklar (w_j) Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır. Karar verici 1'e ait her bir kriter için hesaplanan k_j , q_j ve w_j değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. SWARA Yöntemi ile Karar Verici 1'e Ait Kriter Ağırlıklarını Hesaplama

Sıralama	Kriterler	s_j	k_j	q_j	w_j
1	C_5		1,00	1,00	0,235
2	C_3	0,20	1,20	0,833	0,196
3	C_1	0,25	1,25	0,667	0,157
4	C_4	0,30	1,30	0,513	0,121
5	C_7	0,05	1,05	0,488	0,115
6	C_6	0,25	1,25	0,391	0,092
7	C_2	0,10	1,10	0,355	0,084

Tablo 6'da, Karar Verici 1 için yapılan hesaplamaların diğer karar vericiler için de yapılması sonucu elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 7'ye çıkarılmıştır.

Tablo 7. Kriterlerin KV'lar Bazında Hesaplanan Ağırlıkları

Kriterler	KV ₁	KV ₂	KV ₃	KV ₄	KV ₅
C_1	0,157	0,101	0,116	0,182	0,092
C_2	0,084	0,122	0,122	0,091	0,097
C_3	0,196	0,134	0,207	0,200	0,140
C_4	0,121	0,211	0,171	0,152	0,133
C_5	0,235	0,167	0,197	0,145	0,196
C_6	0,092	0,072	0,081	0,126	0,116
C_7	0,115	0,192	0,106	0,105	0,226

Her bir karar vericiye ait kriter ağırlıklarının geometrik ortalamasının normalize edilmesi sonucu elde edilen kriter ağırlıkları ise, Tablo 8'de gösterilmiştir. Karar vericilerin değerlendirmeleri sonucunda, en önemli kriterin 0,190 değeriyle " C_5 – Maliyet" kriteri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 8. Nihai Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Nihai Kriter Ağırlığı
C_1 Esneklik	0,128
C_2 Güvenilirlik	0,104
C_3 Güvenlik	0,177
C_4 Kullanım Kolaylığı	0,159
C_5 Maliyet	0,190
C_6 Satış Sonrası Servis	0,098
C_7 Verimlilik	0,144

Tablo 8 ile nihai kriter ağırlıklarına ulaşılmıştır. Bu aşamadan sonra yapılacak olan işlem; elde edilen kriter ağırlıkları da dikkate alınarak, TOPSIS yöntemi ile alternatif CNC makinelerinin değerlendirilme işleminin yapılmasıdır.

3.2. CNC Makinesinin TOPSIS Yöntemi ile Seçilmesi

Uygulamanın bu aşamasında, üst yönetim tarafından belirlenen 250.000 Dolar üzeri dört alternatif CNC makinesi için değerlendirme yapılması yönünde satın alma birimine talimat gönderilmiştir. Satın alma birimi karar verici olarak belirlediği beş personelden "Esneklik", "Güvenilirlik", "Güvenlik", "Kullanım Kolaylığı", "Satış Sonrası Servis" ve "Verimlilik" kriterlerine göre alternatifleri değerlendirmelerini istemiştir. Beş karar vericinin yapmış oldukları değerlendirmeler eşitlik 5 ile grup kararına dönüştürülerek, elde edilen sonuçlar Tablo 9'daki ilgili sütunlarda gösterilmiştir.

Satın alma biriminin yapmış olduğu görüşmeler neticesinde alternatif CNC makinelerinin maliyet bilgilerine ulaşılmış ve Tablo 9'da ilgili sütuna aktarılmıştır. Görüşme sağlanan firmaların isimleri ve markaları haksız rekabete yol açmaması için bu çalışmada verilmemiştir.

Tablo 9: Alternatif Değerlendirme Sonrası Karar Matrisi

	Esneklik	Güvenilirlik	Güvenlik	Kullanım Kolaylığı	Maliyet	Satış Sonrası Servis	Verimlilik
	maks	maks	maks	maks	min	maks	maks
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
Kriter Ağırlıkları	0,128	0,104	0,177	0,159	0,190	0,098	0,144
A₁	72,680	77,831	76,764	78,780	275000	81,843	64,613
A₂	72,658	68,439	80,793	82,841	325000	46,951	84,830
A₃	77,438	75,357	79,568	66,999	285000	72,594	72,211
A₄	70,608	78,726	59,395	75,468	265000	87,905	86,906

Maliyet kriteri dışındaki tüm kriterler, maksimum olması istenen durumlara sahiptir. Tablo 9'daki karar matrisi, eşitlik 7 ile normalize edilmesi ile Tablo 10'da verilen normalize karar matrisine ulaşılmıştır.

Tablo 10: Normalize Karar Matrisi

	maks	maks	maks	maks	min	maks	maks
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
Kriter Ağırlıkları	0,128	0,104	0,177	0,159	0,190	0,098	0,144
A₁	0,4952	0,5175	0,5143	0,5166	0,4768	0,5530	0,4159
A₂	0,4950	0,4551	0,5413	0,5433	0,5635	0,3173	0,5460
A₃	0,5276	0,5011	0,5331	0,4394	0,4941	0,4905	0,4648
A₄	0,4811	0,5235	0,3979	0,4949	0,4594	0,5940	0,5594

Normalize karar matrisinde ilgili sütundaki değerlerin SWARA yöntemi ile elde edilen kriter önem düzeyleri ile ağırlıklandırılması ile Tablo 11'deki ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 11: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	maks	maks	maks	maks	min	maks	maks
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
A₁	0,0634	0,0538	0,0910	0,0821	0,0906	0,0542	0,0599
A₂	0,0634	0,0473	0,0958	0,0864	0,1071	0,0311	0,0786
A₃	0,0675	0,0521	0,0944	0,0699	0,0939	0,0481	0,0669
A₄	0,0616	0,0544	0,0704	0,0787	0,0873	0,0582	0,0805

Tablo 11'den yararlanarak öncelikle pozitif ideal çözüm kümesi A⁺ eşitlik 11 ile negatif ideal çözüm kümesi A⁻ eşitlik 12 ile belirlenmiş ve Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12: Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Bulunması

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
A⁺	0,0675	0,0544	0,0958	0,0864	0,0873	0,0582	0,0805
A⁻	0,0616	0,0473	0,0704	0,0699	0,1071	0,0311	0,0599

Eşitlik 13 ve Eşitlik 14 kullanılarak alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanmış ve elde edilen değerlere Tablo 13'te yer verilmiştir.

Tablo 13: Pozitif İdeal Çözüm Değeri ile Negatif İdeal Çözüm Değerine Olan Uzaklıkların Hesaplanması

Alternatifler	S ⁺	S ⁻
A₁	0,0226	0,0378
A₂	0,0346	0,0357
A₃	0,0247	0,0338
A₄	0,0272	0,0410

Eşitlik 15 ile alternatiflerin ideal çözüme olan yakınlık değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin büyükten küçüğe sıralanması sonucunda işletme için en iyi CNC makinesi alternatifinin A1 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yakınlık değerleri ve sıralama sonuçları Tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14: Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması ve Alternatif Sıralamalarının Yapılması

Alternatifler	C	Sıralama
A₁	0,6252	1
A₂	0,5074	4
A₃	0,5773	3
A₄	0,6014	2

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üretim işletmelerinde CNC makineleri en önemli teçhizatlarından biri durumundadır. İşletmelerin CNC makinesi seçiminde birçok alternatif ile karşı karşıya kalabilmektedir. İşletmeye uygun CNC makinesinin seçimi, çok kriterli karar verme yöntemi adımları ile çözüme ulaşılacak bir konudur. Bu çalışmada amaç, bir üretim işletmesi için en yüksek katkıyı verecek CNC makinesinin SWARA yönteminden elde edilmiş kriter ağırlıkları da dikkate alınması ile TOPSIS yöntemiyle seçilmesidir. CNC makinelerin seçim kriterlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi, literatüre katkıda bulunmasının yanı sıra üretim departmanı yöneticilerine de ışık tutabilecektir.

Çalışmanın ilk aşamasında CNC makinelerinin değerlendirme kriterlerinin önem düzeylerinin belirlenmesi ile başlanılmıştır. Değerlendirme kriterlerinin önem düzeylerinin belirlenmesinde karar vericilerin öznel görüşleri alınmış, elde edilen veriler SWARA yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu yöntemle göre en yüksek göreceli öneme sahip kriterin “Maliyet” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer kriterlerin önem düzeyleri ise; Güvenlik: 0,177, Kullanım Kolaylığı: 0,159, Verimlilik: 0,144, Esneklik: 0,128, Güvenilirlik: 0,104, Satış Sonrası Servis: 0,098 olarak bulunmuştur.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, alternatif olarak önerilen CNC makineleri arasından, uygulamanın yapıldığı şirket için en uygun olan CNC makinesinin çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSIS yöntemi ile seçilme işlemi yapılmıştır. Bunun için beş karar vericiden öznel kriterleri dikkate alarak alternatifleri değerlendirmeleri istenmiştir. Beş karar vericinin değerlendirmeleri grup kararına dönüştürülerek karar matrisi oluşturulmuştur. Ayrıca, “Maliyet” kriteri için, alternatif CNC makinelerinin üretimini sağlayan şirketlerle görüşme sağlanarak alternatiflere ait maliyet değerlerine ulaşılmış ve karar matrisinde ilgili bölüme aktarılmıştır. Elde edilen verilerin TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda en iyi alternatifin A₁ olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2013). Decision Making in Machine Tool Selection : An Integrated Approach with SWARA and COPRAS-G Methods. *Engineering Economics*, 24(1), 5–17.
- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2014). Sales Branches Performance Evaluation: A Multiple Attribute Decision Making Approach. 8th International Scientific Conference “Business and Management 2014” içinde (ss. 1–7). Lithuania: Vilnius Gediminas Technical University.
- Alimardani, M., Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H. ve Tamošaitienė, J. (2013). A Novel Hybrid SWARA and VIKOR Methodology for Supplier Selection in an Agile Environment. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(3), 533–548.
- Athawale, V. M. ve Chakraborty, S. (2010). A TOPSIS Method-based Approach to Machine Tool Selection. *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 65–70.
- Ayağ, Z. (2007). A hybrid approach to machine-tool selection through AHP and simulation. *International Journal of Production Research*, 45(9), 2029–2050. doi:10.1080/00207540600724856
- Chen, C.-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1–9. doi:10.1016/S0165-0114(97)00377-1
- Çakır, E. (2016a). Electronic Document Management System (EDMS) Software Selection with Fuzzy COPRAS Method: A Municipal Case. W. Sayers ve M. Avcı (Ed.), *Law and Order in Turkish Society* içinde (ss. 92–100). Berlin: AGP Research.
- Çakır, E. (2016b). Kentsel Dönüşüm Kapsamında Müteahhit (Yüklenici) Firmanın Bütünleşik SWARA - VIKOR Yöntemiyle Seçilmesi. *Proceedings of XVII. International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics* içinde (ss. 881–896). Sivas: *Proceedings of XVII. International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics*.
- Çakır, E. (2017). Kriter Ağırlıklarının SWARA – Copeland Yöntemi ile Belirlenmesi : Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 42–56.

- Dawal, S. Z., Yusoff, N., Nguyen, H.-T. ve Aoyama, H. (2012). Multi-Attribute Decision-Making for CNC Machine Tool Selection in FMC Based On the Integration of the Improved Consistent Fuzzy AHP and TOPSIS. *ASEAN Engineering Journal*, 3(2), 15–31.
- Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B. ve Morshed Varzandeh, M. H. (2015). A New Hybrid Model Using Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) Technique and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) for Tegmental Landslide Hazard Assessment in Iran. *Catena*, 135(2015), 122–148.
- Erdem, İ. (2013). *Yöneylem Araştırması ve WinQSB Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Gavcar, E., Coşkun, E., Paksoy, T., Eleren, A., Sulak, H., Özdemir, M., ... Keskin, R. (2011). *Yöneylem Araştırması*. (V. Tecim, Ed.). İstanbul: Lisans Yayıncılık.
- Gupta, V., Kumar, B. ve Mandal, U. K. (2016). CNC Machine Tool Selection Using MCDM Techniques and Application of Software. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 35(7), 323–334.
- Hillier, F. S. ve Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to Operational Research*. New York: McGraw-Hill.
- Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Kabak, M. ve Dağdeviren, M. (2017). A Hybrid Approach Based on ANP and Grey Relational Analysis for Machine Selection. *Technical Gazette* 24, 1(2017), 109–118. doi:10.17559/TV-20141123105333
- Karabasevic, D., Paunkovic, H. ve Stanujkic, D. (2016). Ranking of companies according to the indicators of corporate social responsibility based on SWARA and ARAS methods. *Serbian Journal of Management*, 11(1), 43–53. doi:10.5937/sjm11-7877
- Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S. ve Maksimovic, M. (2015). Selection of Candidates in the Mining Industry Based on the Application of the SWARA and the MULTIMOORA Methods. *Acta Montanistica Slovaca*, 20(2), 116–124.
- Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S. ve Maksimovic, M. (2016). An approach to personnel selection based on Swara and Waspas methods. *Journal of Economics, Management and Informatics*, 7(1), 1–11. doi:10.5937/bizinfo1601001K
- Karim, R. ve Karmaker, C. L. (2016). Machine Selection by AHP and TOPSIS Methods. *American Journal of Industrial Engineering*, Vol. 4, 2016, Pages 7-13, 4(1), 7–13. doi:10.12691/AJIE-4-1-2
- Kaya, İ., Kılınç, M. S. ve Çevikcan, E. (2007). Makine-Techizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci. *Mühendis ve Makina*, 49(576), 8–14.
- Keršulienė, V. ve Turskis, Z. (2011). Integrated Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Model for Architect Selection. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(4), 645–666.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (Swara). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243–258.
- Nezhad, M. R. G., Zolfani, S. H., Moztarzadeh, F., Zavadskas, E. K. ve Bahrami, M. (2015). Planning the priority of high tech industries based on SWARA-WASPAS methodology: The case of the nanotechnology industry in Iran. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 28(1), 1111–1137. doi:10.1080/1331677x.2015.1102404
- Organ, A. (2013). Bulanık dematel yöntemiyle makine seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 157–172.
- Önüt, S., Kara, S. S. ve Efendigil, T. (2008). A hybrid fuzzy MCDM approach to machine tool selection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(4), 443–453. doi:10.1007/s10845-008-0095-3
- Paksoy, T., Pehlivan, N. Y. ve Özceylan, E. (2013). *Bulanık Küme Teorisi*. Ankara: Nobel Yayın.
- Perçin, S. (2012). BULANIK AHS VE TOPSIS YAKLAŞIMININ MAKİNE-TEÇHİZAT SEÇİMİNE UYGULANMASI. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 169–184.

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:BULANIK+AHS+VE+TOPSIS+YAKLAŞIMININ+MAKİNE-TEÇHİZAT+SEÇİMİNE+UYGULANMASI#0> adresinden erişildi.

Shukla, S., Mishra, P. K., Jain, R. ve Yadav, H. C. (2016). An integrated decision making approach for ERP system selection using SWARA and PROMETHEE method. *Int. J. of Intelligent Enterprise*, 3(2), 120–147. doi:10.1504/IJIE.2016.076041

Stanujkic, D., Karabasevic, D. ve Zavadskas, E. K. (2015). A Framework for the Selection of a Packaging Design Based on the SWARA Method. *Engineering Economics*, 26(2), 181–187.

Tekin, M. (2008). Sayısal Yöntemler. Konya: Selçuk Üniversitesi İİBF.

Timor, M. (2010). Yöneylem Araştırması. İstanbul: Türkmen Kitabevi.

Timor, M. (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi. İstanbul: Türkmen Kitabevi.

Tsai, J.-P., Cheng, H.-Y., Wang, S.-Y. ve Kao, Y.-C. (2010). Multi-criteria decision making method for selection of machine tool. 2010 International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation (3CA), 49–52. doi:10.1109/3CA.2010.5533376

Tuş Işık, A. ve Aytaç Adalı, E. (2016). A new integrated decision making approach based on SWARA and OCRA methods for the hotel selection problem. *International Journal of Advanced Operations Management*, 8(2), 140–151. doi:10.1504/IJAOM.2016.079681

Vafaeipour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A. ve Keshavarz, M. E. (2014). Assessment of Regions Priority for Implementation of Solar Projects in Iran: New Application of a Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approach. *Energy Conversion and Management*, 86(2014), 653–663.

Vatansever, K. ve Kazançoğlu, Y. (2014). Integrated Usage of Fuzzy Multi Criteria Decision Making Techniques for Machine Selection Problems and an Application. *International Journal of Business and Social Science*, 5(9), 12–24.

Yazdani, M., Zavadskas, E. K., Ignatius, J. ve Abad, M. D. (2016). Sensitivity analysis in MADM methods: Application of material selection. *Engineering Economics*, 27(4), 382–391. doi:10.5755/j01.ee.27.4.14005

Yıldırım, B. F. ve Önder, E. (2014). İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler için Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Bursa: Dora Yayınları.

Yılmaz, B. ve Dağdeviren, M. (2010). Ekipman Seçimi Probleminde Promethee ve Bulanık Promethee Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 25(4), 811–826.

Zolfani, S. H. ve Bahrami, M. (2014). Investment Prioritizing in High Tech Industries Based on SWARA-COPRAS Approach. *Technological & Economic Development of Economy*, 20(3), 534–553.

Zolfani, S. H. ve Banihashemi, S. S. A. (2014). Personnel Selection Based on a Novel Model of Game Theory and MCDM Approaches. 8th International Scientific Conference “Business and Management 2014” içinde (ss. 191–198). Lithuania: Vilnius Gediminas Technical University.

Zolfani, S. H., Esfahani, M. H., Bitarafan, M., Zavadskas, E. K. ve Arefi, S. L. (2013). Developing A New Hybrid MCDM Method for Selection of The Optimal Alternative of Mechanical Longitudinal Ventilation of Tunnel Pollutants During Automobile Accidents. *Transport*, 28(1), 89–96. doi:10.3846/16484142.2013.782567

Zolfani, S. H. ve Saparauskas, J. (2013). New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System. *Engineering Economics*, 24(5), 408–414.

Zolfani, S. H., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2013). Design of Products with Both International and Local Perspectives Based on Yin-Yang Balance Theory and SWARA Method. *Economic Research*, 26(2), 153–166.