

## BİR TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİ İÇİN SWARA VE WASPAS YÖNTEMLERİNE DAYANAN KARAR VERME YAKLAŞIMI

Esra AYTAÇ ADALI\*

Ayşegül TUŞ IŞIK\*\*

### Özet

Tedarikçilerin seçimi ve seçilen tedarikçiler ile sürdürülebilir ilişkiler kurulması, rekabet avantajı yakalamanın önemli girdilerinden biridir. İşletmeler kendi belirleyeceği, rekabet ve satın alma stratejilerine uygun kriterlerle tedarikçi seçimi yapabilirler. Ancak bu, çok kolay bir iş değildir. Çünkü tedarikçilerin seçilmesinde göz önüne alınması gereken birden fazla kriter söz konusudur ve piyasada çok sayıda tedarikçi olup bu seçim, hem nicel hem de nitel kriterlerden etkilenmektedir. Dolayısıyla bir işletme için tedarikçi seçimi, bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemi olarak ele alınabilmektedir. Bu çalışmada, tedarikçi seçim problemini çözmek için SWARA (*Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis - Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi*) ve WASPAS (*Weighted Aggregated Sum Product Assessment - Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi*) yöntemlerine dayanan bütünleşik bir karar verme yaklaşımı anlatılmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA yöntemi, alternatiflerin sıralamasını belirlemek ve en iyi tedarikçiyi seçmek için ise WASPAS yöntemi kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV); SWARA; WASPAS; tedarikçi seçimi

**Jel Kodları:** C02, C63, C65

\* Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, eaytac@pamukkale.edu.tr

\*\* Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, atus@pamukkale.edu.tr

**Date of submission:** 20-08-2017

**Date of acceptance:** 25-12-2017

## THE DECISION MAKING APPROACH BASED ON SWARA AND WASPAS METHODS FOR THE SUPPLIER SELECTION PROBLEM

### Abstract

Suppliers' selection and establishment of sustainable relations with suppliers play an important role in gaining competitive advantage. The companies select the suppliers considering the criteria related with their own competition and purchase strategies. But this task is not easy. Because there are many qualitative and quantitative criteria to be considered in supplier selection. At the same time there are many suppliers in the market. So, this supplier selection problem is handled as Multi Criteria Decision Making (MCDM) problem. In this study an integrated decision approach based on SWARA (*Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis*) and WASPAS (*Weighted Aggregated Sum Product Assessment*) methods are performed for solving supplier selection problem. The weights of the selection criteria are acquired from SWARA method whereas the best supplier alternative is determined with WASPAS method.

**Keywords:** Multi Criteria Decision Making (MCDM); SWARA; WASPAS; supplier selection

**Jel Codes:** C02, C63, C65

---

## I. GİRİŞ

İşletmelerin üretimlerini etkin ve verimli bir şekilde sürdürebilmeleri ve mevcut pazardan en yüksek payı alabilmeleri için tedarik fonksiyonuna önem vermeleri gerekmektedir (Sarıççek vd., 2001). Bu fonksiyonun yerine getirilmesi sürecinde tedarikçi seçimi, işletmeler açısından önemli bir karardır. Çünkü bu karar, işletmelerin başarısını ve rekabet avantajını doğrudan etkilemektedir. Genel bir tanım ile tedarikçi seçimi; tedarik edilmek istenen farklı özelliklerde ve miktarlardaki maddelerin veya hizmetlerin, hangi tedarikçiden temin edileceğine yönelik bir süreçtir.

Literatürde tedarikçi seçim problemini ele alan ve bu problemler için farklı çözüm yöntemleri öneren birçok çalışma bulunmaktadır. Tedarikçi seçimi konusunda ilk çalışmalardan biri Dickson (1966) tarafından Amerika'da yapılmış ve en önemli kriterler ürün kalitesi, zamanında teslim ve garanti politikası olarak belirlenmiştir. Narasimhan (1983), Partovi vd. (1989), Nydick ve Hill (1992), Barbarosoğlu ve Yazgaç (1997), tedarikçi seçim probleminin çözümünde AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemini kullanmışlardır.

Ghodsypour ve O'Brien (1998), AHP ve DP (Doğrusal Programlama); Dağdeviren ve Eren (2001), AHP ve 0-1 HP (Hedef Programlama); Soner ve Önüt (2006), AHP ve ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) yöntemlerini birlikte kullanarak tedarikçi seçim problemini çözmüşlerdir. Dağdeviren ve Eraslan (2008), tedarikçi seçimi problemi için PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) yöntemini kullanmıştır. Kazançoğlu ve Ada (2010), perakende sektöründe bulanık AHP metodu ile tedarikçi seçimi yapmıştır. Razmi ve Rafiei (2010), tedarikçi seçimi problemi için AAS (Analitik Ağ Süreci) ve karma tamsayı doğrusal olmayan programlama, Supçiller ve Çapraz (2011), AHP ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution); Gökalp ve Soylu (2012), AAS ve PROMETHEE; Arıkan ve Küçükçe (2012) AHP ve PROMETHEE II yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Baynal ve Yüzügüllü (2013), AAS yöntemi ile tedarikçi seçmişlerdir. Çakın (2013), tedarikçi seçiminde AAS ve ELECTRE yöntemlerini bir arada kullanmıştır. Gökbek (2014), AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bir model oluşturup bir elektronik firmasında uygulama gerçekleştirmiştir. Özder ve Eren, tedarikçi seçim problemi için AHP ve HP (2015a); AAS ve HP (2015b) yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Özder vd. (2015), TOPSIS ve HP yöntemlerini kullanarak bir firmanın tedarikçisini seçmişlerdir. Eren ve Özder (2016), bir içecek firması için AHP, AAS, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri kullanarak tedarikçi seçmişlerdir. AHP yönteminin sonuçlarından elde edilen ağırlıklar PROMETHEE yönteminde; AAS yönteminden elde edilen ağırlıklar ise ELECTRE yönteminde kullanılarak tedarikçiler için bir sıralama elde edilmiştir. Alkan vd. (2017), tarımsal lastik üretimi yapan bir işletmede en uygun hammadde tedarikçisini AHP ve PROMETHEE I-II yöntemleri ile seçmiştir.

Bu çalışmada ise iki ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) yöntemi - SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis - Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) ve WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment - Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi) - bir arada kullanılmıştır. Çalışmanın genel amacı, karar vericilere en uygun tedarikçiyi belirlemede etkin biçimde yardımcı olmaktır. Bu nedenle yöntemlerin genel yapısının anlatılmasının ardından her iki yöntemin birlikte kullanılmasıyla tedarikçi seçimine yönelik bir uygulama yapılmıştır. Bu uygulamada SWARA, tedarikçi

## 59 Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemleri

seçim problemiyle ilgili her kriterin ağırlıklarını hesaplamak için kullanılmıştır. SWARA yöntemi, karar vericiye öncelikliklerini seçme şansı veren uzman odaklı bir yöntem olarak bilinmektedir. Bu yöntemin temel özelliği, kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kriterlerin önem oranlarına ilişkin uzman görüşlerini tahmin edebilme yeteneğidir. Ayrıca yöntem, uzmanlardan bilgi toplanması ve bunların biraraya getirilmesi bakımından önemlidir (Aghdaie vd., 2013a). Yöntem, doğrudan kriterler ve öncelikleri hakkında karar verebilmekte bu nedenle kriter ağırlıklarının önceden bilindiği durumlar için de uygun olmaktadır. WASPAS yöntemi ise Ağırlıklı Toplam Modeli (Weighted Sum Model, WSM) ile Ağırlıklı Çarpım Modelinin (Weighted Product Model, WPM) birleşimi olup tedarikçi alternatiflerini sıralamak için kullanılmıştır. Bu yöntem, problemin çözümünde alternatiflerin kriterler bazındaki performans değerlerini ve kriter ağırlıklarını kullanmaktadır. Ayrıca yöntem, kendi işleyişi içerisinde duyarlılık analizi yaparak alternatif sıralamalarındaki tutarlılığı kontrol edebilmektedir (Chakraborty ve Zavadskas, 2014). Bu iki yöntemin tedarikçi seçim probleminde ilk kez uygulanmış olması ve bundan sonraki çalışmalarda bu tür seçim problemlerinde alternatif bir yol olarak önerilebilmesi yönünde, yapılan çalışmanın bilime katkısının olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma, altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde görece olarak yeni sayılabilecek karar verme yöntemlerinden SWARA ve WASPAS yöntemleri ile ilgili literatür incelemesi yapılmıştır. Üçüncü ve dördüncü bölümlerde ise sırasıyla SWARA ve WASPAS yöntemleri ayrıntılı olarak tanıtılmıştır. Beşinci bölümde, daha önceki bölümlerde bahsedilen iki yöntem, tedarikçi seçim probleminde uygulanmış ve uygulamanın sonuçları verilmiştir. Son bölümde ise sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## II. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Çalışmanın ana konusunu oluşturan yöntemler, literatürde pek çok yazar tarafından farklı alanlara uygulanmıştır. Öncelikle SWARA yöntemi, Kersulienė vd. (2010) tarafından anlaşmazlıkların çözümü için gerekli yöntemlerin seçiminde kullanılmıştır. Kersulienė ve Turskis (2011), ARAS-F (Additive Ratio Assessment method with Fuzzy numbers) ve SWARA yöntemlerini mimar seçimi probleminde bir arada kullanmıştır. Zolfani vd. (2013a),

Yin-Yang Denge Teorisi'ni ürün tasarımıda kullanmışlar ve bu teori çerçevesinde ürün üretiminde hayati olan kriterlerin belirlenmesinde SWARA yöntemini önermişlerdir. Zolfani vd. (2013b), SWARA ve VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemleri ile tünel kirleticileri için mekanik boyamsal havalandırmalarda optimal yöntemin seçimini yapmıştır. Zolfani vd. (2013c), tarayıcılara bağlı olarak çevrimiçi oyunların başarı faktörlerini SWARA yöntemi ile ortaya çıkarmıştır. Zolfani vd. (2013d), alışveriş merkezi yer seçim problemini SWARA ve WASPAS yöntemleri ile çözmüştür. Zolfani ve Zavadskas (2013), yerel iklime dayalı olarak kırsal bölgelerdeki binaların yapıları için sürdürülebilir gelişme alternatiflerinin seçiminde SWARA ve COPRAS (COmplex PROportional ASsessment) yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Zolfani ve Sapauskas (2013), enerji sisteminin sürdürülebilir değerlendirme göstergelerinin önceliklendirilmesinde SWARA yöntemini kullanmıştır. Aghdaie vd. (2013a), SWARA ve COPRAS-G (COmplex PROportional Assessment with grey relations) yöntemlerini makine parçası seçiminde kullanmıştır. Aynı şekilde Aghdaie vd. (2013b) de bu iki yöntemi, piyasa bölümlerinin değerlendirilmesinde ve seçiminde kullanmıştır. Alimardani vd. (2013), SWARA ve VIKOR yöntemlerini çevik tedarikçi seçim problemini çözümünde kullanmıştır. Zolfani ve Bahrami (2014), yüksek teknoloji endüstrilerinde yatırımların önceliklendirilmesinde SWARA ve COPRAS yöntemlerini kullanmıştır (Tuş Işık ve Aytaç Adalı, 2016). Zolfani ve Banihashemi (2014), SWARA ve oyun teorisi ile personel seçimi yapmıştır. Karabašević vd. (2015a), personel seçiminde SWARA ve ARAS (Additive Assessment Ratio) yöntemlerine dayalı bir ÇKKV modeli önermiştir. Önerilen yöntem, bir telekomünikasyon sektöründeki bir uygulama ile gösterilmiştir. Karabašević vd. (2015b), SWARA ve MULTIMOORA (The Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis plus Full Multiplicative Form) yöntemlerini kullanarak işe alınacak maden mühendisi adaylarını seçmiştir. Stanujkic vd., (2015a), personel seçiminde SWARA ve ARAS yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Vafaeipour vd., (2014) güneş enerji santrallerinin kurulacağı bölgenin seçiminde; Aghdaie vd., (2014a), tedarikçi kümeleme ve sıralamada; Aghdaie vd., (2014b), satış şubesi seçiminde SWARA yöntemini kullanmıştır. Zolfani vd. (2015), İran'da AR&GE projelerinin seçiminde SWARA yönteminin kullanımını önermiştir. Tuş Işık ve Aytaç Adalı (2016), otel seçim problemini SWARA ve OCRA yöntemleri ile çözmüştür. Zolfani vd. (2017), İran'da 5 yıldızlı bir otelin

## 61 Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemleri

inşaat projesinin değerlendirmesinde SWARA ve COPRAS yöntemlerini kullanmıştır. SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenirken; COPRAS yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. Mardani vd. (2017), SWARA ve WASPAS yöntemlerinin bulanık uzatılarını kullanmayı önermiştir. Can vd. (2017a), farklı tablet markalarını kullanılabilirlik açısından karşılaştırılmıştır. Bu uygulamada, tablet markalarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin ağırlıklarının hesabı SWARA yöntemi ile tablet alternatiflerinin sıralanmasını ise COPRAS yöntemi ile yapmışlardır. Can vd. (2017b), pim imalatı yapan bir firmada, ısıl işlem istasyonunu ergonomik açıdan analiz etmiş ve oturma düzeneği seçimi problemini çözmüştür. Bu amaçla yedi farklı oturma düzeneği dört karar verici tarafından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada seçim kriterleri SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmış, alternatiflerin sıralanması ise WASPAS yöntemi ile yapılmıştır. Çakır (2017), grup kararlarının alınması gerektiği durumlar için SWARA–Copeland yöntemi olarak adlandırılan bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem, bir uygulama ile gösterilmiştir. Uygulamada grup kararlarını içeren kriterlerin ağırlıklandırılması, SWARA ve önerilen yöntem ile yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tablo 1’de yapılan çalışmaların özeti, tablo halinde sunulmuştur.

Tablo I. SWARA Yöntemi Literatür Taraması

<i>Uygulama alanları</i>	<i>Kaynakça</i>
Personel seçimi	Zolfani ve Banihashemi (2014), Karabašević vd. (2015a), Karabašević vd. (2015b), Stanujkic vd. (2015a), Keršulienė ve Turskis (2011)
Ürün tasarımı problemleri	Zolfani vd. (2013a), Stanujkic vd., (2015b)
Makine parçası seçim problemleri	Zolfani vd. (2013b), Aghdaie vd. (2013a)
Yer seçimi problemleri	Zolfani vd. (2013d), Vafaeipour vd. (2014)
Tedarikçi seçimi problemleri	Alimardani vd. (2013), Aghdaie vd. (2014a)
Yatırım önceliklendirme	Zolfani ve Bahrami, (2014)
AR&GE projelerinin seçimi	Zolfani vd. (2015); Zolfani vd. (2017)
Pazarlama problemleri	Aghdaie vd. (2013b), Zolfani vd. (2013c), Can vd. (2017a)
Diğer seçim problemleri	Keršulienė vd. (2010), Can vd. (2017b) Zolfani ve Sapauskas, (2013), Zolfani ve Zavadskas (2013, Aghdaie vd., (2014b), Tuş Işık ve Aytaç Adalı, (2016)

Literatürde WASPAS yöntemi ise kolaylığı sebebiyle birçok karar verme probleminin çözümünde uygulanmıştır. Zolfani vd. (2013d), alışveriş merkezi yer seçimi değerlendirmesinde SWARA ve WASPAS yöntemlerine dayanan bütünleştirilmiş bir yöntem önermiştir. Bu çalışmada SWARA, kriter ağırlıklarının hesaplanmasında, WASPAS ise potansiyel alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Zavadskas vd. (2013), kamu ve ticari dört binanın ön cephe alternatiflerini WASPAS ve oran yöntemi, referans noktası yöntemi ve çarpımlal sisteme dayanan MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) yöntemi ile değerlendirmiştir. Madic vd. (2014), çeşitli makina süreçlerinin çok kriterli ekonomik analizini yapmıştır. Bu amaçla WASPAS yöntemi ile makine süreçlerinin seçimi yapılmıştır. Lashgari vd. (2014), sağlık hizmetinde dış kaynak kullanım stratejilerini sıralamış ve bu stratejilerden en iyisini Nicel Stratejik Planlama Matrisi ve WASPAS yöntemleri ile seçmiştir. Chakraborty ve Zavadskas (2014), üretimde ortaya çıkan sekiz gerçek seçim problemini WASPAS yöntemi ile çözmüştür. Turskis vd. (2015), bulanık küme teorisi ile WASPAS'ı birleştirmiştir. Bu bağlamda yeni bir inşaat projesi için yer seçiminde bulanık AHP ve bulanık WASPAS kullanılmıştır. Chakraborty vd. (2015), 5 geleneksel olmayan makine süreçlerinin parametre seçimi problemlerini, WASPAS yöntemi ile çözmüştür. Zavadskas vd. (2015), atık yakma tesisi için yer seçim problemini WASPAS-SVNS adı verilen bir yöntemle çözmüştür. Bu yöntem, tek değerli nötrofok kümesine dayanmaktadır. Ghorabae vd. (2017), aralık değerli tip 2 bulanık kümeleri kullanarak CRITIC ve WASPAS yöntemlerine dayanan ÇKKV problemleri için çözüm önermiştir. Akçakanat vd. (2017), Entropi ve WASPAS yöntemleri ile aktif büyüklüklerine göre bankaların performanslarını değerlendirmiştir. Mathew vd. (2017), endüstriyel robot seçiminde WASPAS yöntemini kullanmıştır. Tablo 2'de yapılan çalışmaların özeti, tablo halinde sunulmuştur.

Tablo II. WASPAS Yöntemi Literatür Taraması

<i>Uygulama alanları</i>	<i>Kaynakça</i>
Yer seçimi problemleri	Zolfani vd. (2013d), Zavadskas vd. (2015), Turskis vd. (2015)
Makine süreçlerine ilişkin seçim problemleri	Madic vd. (2014), Chakraborty vd. (2015), Mathew vd. (2017)
Hizmet işletmelerindeki seçim problemleri	Lashgari vd. (2014), Zavadskas vd. (2013)
Bankaların performanslarını değerlendirme	Akçakanat vd. (2017)

### III. KADEMELİ AĞIRLIK DEĞERLENDİRME ORAN ANALİZİ (SWARA) YÖNTEMİ

SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis-Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi), ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için kullanılan ve Keršulienė vd. (2010) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Literatürde uzman odaklı yöntem olarak bilinmektedir. Çünkü yöntemin temel özelliği, kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kriterlerin önem oranlarına ilişkin uzman görüşlerini tahmin edebilme yeteneğidir. Ayrıca yöntem, uzmanlardan bilgi toplanması ve bunların biraraya getirilmesi bakımından önemlidir (Aghdaie vd., 2013a). Yöntem, doğrudan kriterler ve öncelikleri hakkında karar verebilmekte bu nedenle kriter ağırlıklarının önceden bilindiği durumlar için de uygun olmaktadır (Zolfani vd., 2015; Tuş Işık ve Aytaç Adalı, 2016).

SWARA yönteminin adımları aşağıda özetlenmiştir (Kersulienė ve Turskis, 2011; Zolfani ve Saparauskas, 2013; Zolfani ve Banihashemi, 2014; Tuş Işık ve Aytaç Adalı, 2016):

*Adım 1.* Öncelikle probleme ilişkin kriterler ve seçim sürecine katılacak karar vericilerden oluşan karar komitesi belirlenmektedir. Problemde  $n$  tane kriterin ( $C_j$ ,  $j=1,2,\dots,n$ ) ve karar komitesinde  $k$  tane karar vericinin ( $KV_k$ ,  $k=1,2,\dots,K$ ) bulunduğu varsayılmaktadır.

*Adım 2.* Bu adımda seçim sürecine katılan her KV, kendi bilgileri ve deneyimlerine dayalı olarak kriterleri değerlendirmektedir. Bu değerlendirmenin ardından KV'lerden, kriterlerin en iyiden en kötüye doğru sıralanmasına ilişkin ortak bir bütünleştirilmiş sıralama oluşturmaları istenmektedir. Bu bütünleştirilmiş sıralamada  $C_1$  ve  $C_n$ , en iyi ve en kötü kriteri belirtmektedir.

*Adım 3.* Bütünleştirilmiş sıralama dikkate alınarak her KV, ikinci sıradaki kriterden başlayarak kriterlerin karşılaştırmalı ağırlığını belirlemektedir. Bu belirlemede KV'ler, en önemli kritere 1,00 puanını vermektedir. Diğer kriterlere atanan puanlar, en önemli kritere göre yapılmaktadır. Tüm puanlar, 0 ile 1 arasında 5'in katları olacak şekilde atanmaktadır. KV bazında yapılan karşılaştırmalı ağırlıkların ortalamalarının alınması ile her kriter için



karşılaştırmalı ağırlıkların ortalamaları ( $s_j$ ) hesaplanmaktadır. Örneğin  $s_1$ , 1. önemli kriter ile 2. önemli kriter arasındaki karşılaştırmalı ağırlığın ortalama değerini göstermektedir.

*Adım 4.* Her kriter için Eşitlik (1)'de verilen bir katsayı ( $k_j$ ) hesaplanmaktadır. Kriterlerin ortak sıralamasında en önemli kriterin  $k_j$  katsayısı, 1 olarak atanmaktadır.

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

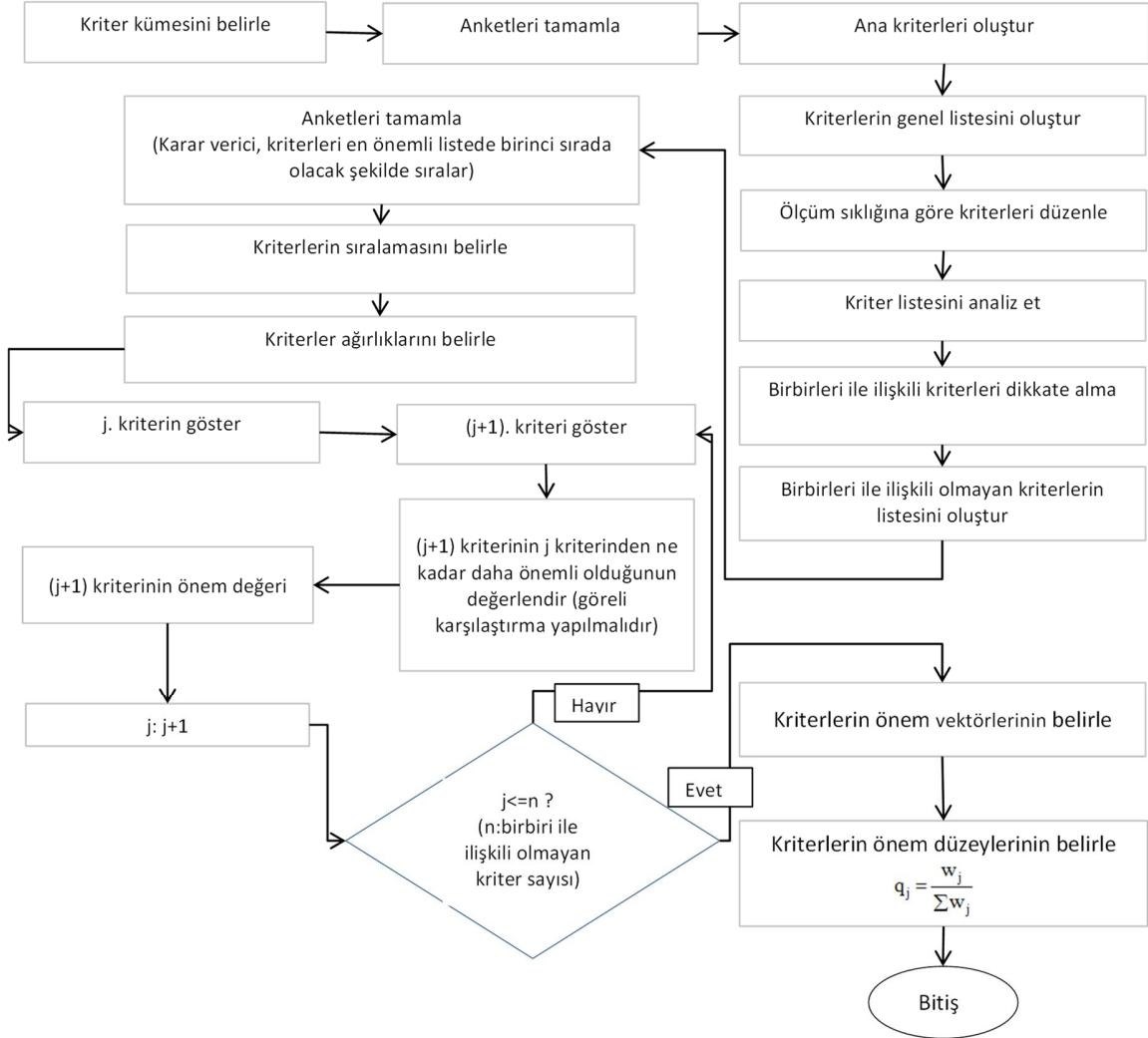
*Adım 5.* Her bir kriter için ağırlık ( $w_j$ ), Eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmaktadır. Bir önceki adımda olduğu gibi kriterlerin ortak sıralamasında en önemli kriterin  $w_j$  katsayısı, 1'dir.

$$w_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j = 1 \\ \frac{w_{j-1}}{k_j} & \text{eğer } j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

*Adım 6.* Son olarak bir önceki adımda hesaplanan kriter ağırlıkları ( $w_j$ ), kriter ağırlıkları toplamına bölünerek her bir kriterin nihai ağırlıkları ( $q_j$ ) bulunmaktadır.

$$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \quad (3)$$

Şekil 1'de SWARA yöntemi ile kriter ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılan adımlar özetlenmiştir. Bu çalışmada kriterlere ait  $q_j$  değerleri, bir sonraki bölümde anlatılan WASPAS yönteminde alternatifin toplam göreceli önemlerinin hesaplanması aşamasında kullanılmaktadır.



Şekil I: SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi (Kerşuliené ve Turskis, 2012)

#### IV. AĞIRLIKLANDIRILMIŞ BÜTÜNLEŞİK TOPLAM ÇARPIM DEĞERLENDİRMESİ (WASPAS) YÖNTEMİ

WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment-Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi) yöntemi, ÇKKV'de oldukça yaygın bir şekilde kullanılan Ağırlıklandırılmış Toplam Modeli (Weighted Sum Model ,WSM) ve Ağırlıklandırılmış Çarpım Modeli (Weighted Product Model, WPM) adlı yöntemlerin birleşimine dayanmaktadır (Zolfani vd., 2013d). Yöntem, Zavadskas vd. (2012) tarafından

geliştirilmiştir. WASPAS yöntemi, problemin çözümünde alternatiflerin kriterler bazındaki performans değerlerini ve kriter ağırlıklarını kullanmaktadır. Çözüm sonucu olarak karar vericilere alternatiflere ilişkin bir sıralama sunulmaktadır. Ayrıca yöntem, ağırlıklı bütünleştirilmiş fonksiyonu optimize ederek tahminde yüksek tutarlılığa ulaşmayı denemektedir (Lashgari vd., 2014).

WASPAS yönteminin adımlarına geçmeden önce ele alınan problemde  $m$  tane alternatif  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) ve  $n$  tane kriter  $C_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) olarak gösterilmektedir. WASPAS yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir (Zavadskas vd., 2013; Madic vd., 2014; Zavadskas vd., 2015):

*Adım 1.* Farklı alternatiflerin farklı kriterler altında performanslarını gösteren karar matrisi  $X$  oluşturulur. Karar matrisi, Eşitlik (4)'te gösterilmiştir.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

Karar matrisi  $X$ 'te  $i$ . alternatifin  $j$ . kriter altındaki performansı,  $x_{ij}$  ile gösterilmektedir.

*Adım 2.* Karar matrisi normalize edilir. Maksimizasyon ve minimizasyon tipindeki kriterler sırasıyla Eşitlik (5) ve Eşitlik (6) ile normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Bu eşitliklerde  $i$ . alternatifin  $j$ . kriter altındaki normalize edilmiş performans değeri,  $x_{ij}^*$  ile gösterilmiştir.

*Adım 3.* Bu adımda WSM ve WPM'ye göre  $i$ . alternatifin toplam görelî önemi ayrı ayrı hesaplanmaktadır. WSM'ye göre bir alternatifin toplam görelî önemi, kriter değerlerinin ağırlıklı toplamı olarak belirlenirken; WPM'ye göre ise bir alternatifin kriter bazındaki

## 67 Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemleri

performans değerinin kriter ağırlığı kadar kuvvetinin çarpımı olarak hesaplanır (Turskis vd., 2015). WSM'ye göre  $i$ . alternatifin toplam görelî önemi ( $Q_i^{(1)}$ ), Eşitlik (7) ve WPM'ye göre  $i$ . alternatifin toplam görelî önemi ( $Q_i^{(2)}$ ), Eşitlik (8) ile şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n r_{ij} w_j \quad (7)$$

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n r_{ij}^{w_j} \quad (8)$$

*Adım 4.* Adım 3'te WSM ve WPM yöntemlerine göre hesaplanan alternatiflerin toplam görelî önemleri, Eşitlik (9) ile genelleştirilirilebilir:

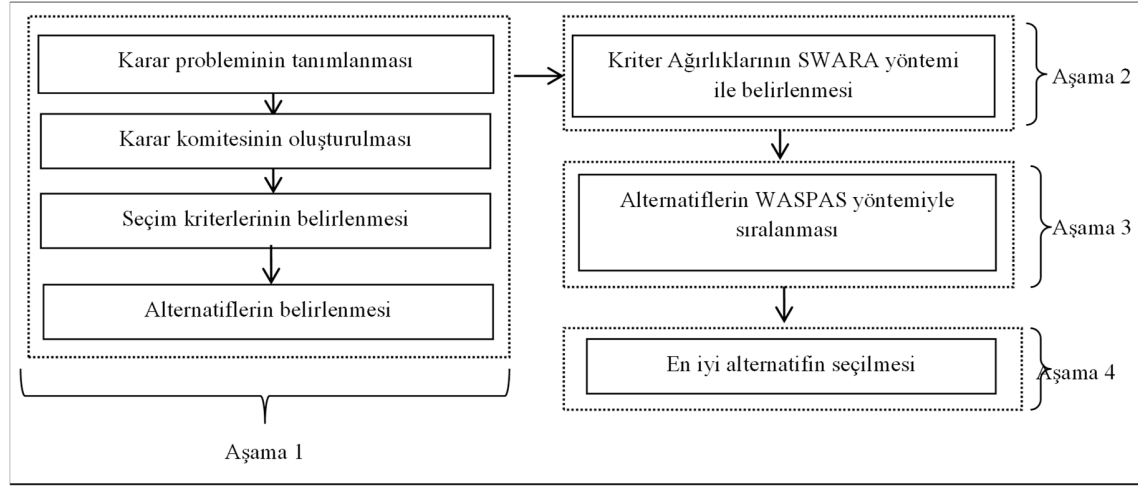
$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) Q_i^{(2)} \quad (9)$$

Burada  $Q_i$ , WASPAS yöntemine göre  $i$ . alternatifin toplam görelî önemini göstermektedir.  $\lambda$  ise WASPAS yönteminde kullanılan bir parametre olup 0 ile 1 arasında değer almaktadır.  $\lambda=0$  ve  $\lambda=1$  olarak alındığında WASPAS yöntemi, sırasıyla WPM ve WSM yöntemlerine dönüşmektedir. Burada  $\lambda$  değerinin seçimi, karar vericiye bağlıdır.  $\lambda$  değerinin ne olacağı konusunda Zavadskas vd. (2012), optimal  $\lambda$ 'nın hesaplanmasını önermektedir. WASPAS yönteminde alternatiflerin sıralaması,  $Q_i$  değerleri dikkate alınarak yapılmaktadır. En yüksek  $Q_i$  değerine sahip alternatif, en iyi alternatif olarak seçilmektedir.

## V. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Bu bölümde, SWARA ve WASPAS yöntemlerinin birleşimine dayanan bir karar verme yaklaşımının uygulanabilirliği, Denizli'de faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinin konfeksiyon bölümünün tedarikçi seçim problemi ile gösterilmiştir. Bu işletmenin amacı, işletmenin amaçlarına uygun bir tedarikçi bulmaktır. Bu işletmede, tedarikçileri araştırıp analiz edilmesinde kalite kontrol, üretim ve satın alma departmanlarındaki üç personel sorumludur. Bu personellerden oluşan karar komitesi öncelikle seçim kararlarını etkileyen altı kriteri, ürün kalitesi ( $C_1$ ), ürün maliyeti ( $C_2$ , YTL), teslimat süresi ( $C_3$ , gün), tedarikçinin üretim kapasitesi ( $C_4$ , adet/gün), tedarikçinin coğrafi konumu ( $C_5$ , km) ve tedarikçinin

güvenilirliği ( $C_6$ ) olarak belirlemişlerdir. Bu kriterler arasında  $C_1$ ,  $C_4$  ve  $C_6$ , daha yüksek değerleri tercih edildiği için maksimizasyon tipindedir.  $C_2$ ,  $C_3$  ve  $C_5$  kriterleri ise daha düşük değerleri tercih edildiği için minimizasyon tipindedir. Uygulamadaki akış şeması, Şekil 2’de görüldüğü gibidir.



Şekil II. Akış şeması

Seçim süreci, SWARA yöntemi aracılığıyla kriter ağırlıklarının belirlenmesi ile başlamıştır. Bu amaçla, karar komitesi kriterleri en iyiden en kötüye doğru  $C_1$ ,  $C_6$ ,  $C_3$ ,  $C_2$ ,  $C_4$  ve  $C_5$  olarak sıralamıştır. Ortak sıralamanın oluşturulmasının ardından karar komitesinin her üyesi, kriterlerin karşılaştırmalı ağırlığını belirlemiştir. Karar verici bazındaki kriterlerin karşılaştırmalı ağırlığı, Tablo 3’te görülmektedir. Kriterlerin bu görece önemlerinin ortalamaları alınmış ve görece ağırlıkların ortalama değeri ( $s_j$ ) hesaplanmıştır.  $s_j$  değerleri, Tablo 4’ün ilk sütununda gösterilmiştir. Her kriterin katsayısı ( $k_j$ ) ise Eşitlik (1) kullanılarak hesaplanmıştır. Son olarak her kriterin toplam ağırlığı, Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) ile bulunmuştur. SWARA yöntemi için yapılan hesaplamaların tümü, Tablo 4’te verilmiştir. Tablo 4’teki  $q_j$  değerlerine göre en önemli kriter olan  $C_1$ ’in ağırlık değeri 0,221’dir.

Tablo III. Karar Verici Bazında Kriterlerin Karşılaştırmalı Ağırlığı

	$KV_1$	$KV_2$	$KV_3$
$C_1$			
$C_6$	0,05	0,15	0,1
$C_3$	0,15	0,05	0,25
$C_2$	0,05	0,1	0,15
$C_4$	0,25	0,3	0,2
$C_5$	0,05	0,1	0,1

Tablo IV. SWARA Yöntemine İlişkin Hesaplamalar

	$s_j$	$k_j$	$w_j$	$q_j$
$C_1$		1,000	1,000	0,221
$C_6$	0,100	1,100	0,909	0,201
$C_3$	0,150	1,150	0,791	0,175
$C_2$	0,100	1,100	0,719	0,159
$C_4$	0,250	1,250	0,575	0,127
$C_5$	0,083	1,083	0,531	0,117
<b>Toplam</b>			4,524	1

Tüm kriterlere ilişkin ağırlık değerlerinin bulunması ile SWARA yöntemi sona ermiş ve WASPAS yöntemine geçilmiştir. WASPAS yöntemi için karar komitesi öncelikle seçim kriterlerini göz önüne alarak, Denizli çevresinde beş farklı tedarikçi alternatifi ( $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ ) belirlemiştir. Karar komitesi; bilgilerine, deneyimlerine ve tedarikçilerle yapılan toplantılara dayanarak beş tedarikçi alternatifini, seçim kriterleri altında değerlendirmiştir. Bu şekilde problemin karar matrisi ortaya çıkmıştır. Karar komitesi;  $C_1$  ve  $C_6$  kriterlerine

göre alternatifleri değerlendirirken 5'li ölçek (5: Mükemmel, 4: Çok iyi, 3: İyi, 2: Orta, 1: Kötü) kullanmıştır. Tedarikçi probleminin karar matrisi, Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo V. Karar Matrisi

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
$A_1$	3	12,5	2	120	14	3
$A_2$	5	15	3	110	38	4
$A_3$	3	13	2	120	19	3
$A_4$	4	14	2	100	31	4
$A_5$	3	15	1,5	125	40	4
<b>Kriter tipi</b>	Maks	Min	Min	Maks	Min	Maks

Tablo VI. WASPAS Yöntemi İçin Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
$A_1$	0,600	1,000	0,750	0,960	1,000	0,750
$A_2$	1,000	0,833	0,500	0,880	0,368	1,000
$A_3$	0,600	0,962	0,750	0,960	0,737	0,750
$A_4$	0,800	0,893	0,750	0,800	0,452	1,000
$A_5$	0,600	0,833	1,000	1,000	0,350	1,000
$w_j$	0,221	0,159	0,175	0,127	0,117	0,201

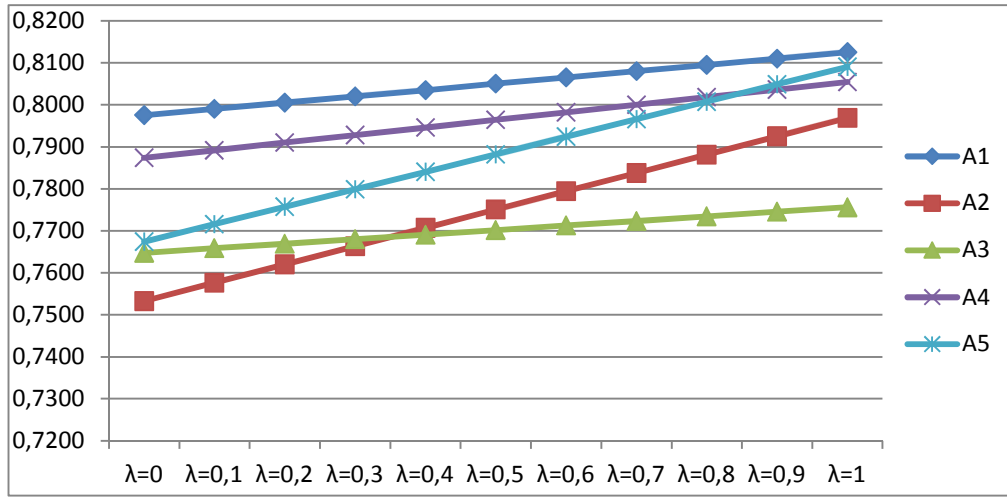
WASPAS yöntemi için öncelikle, fayda ve maliyet tipindeki kriterler Eşitlik (5) ve Eşitlik (6) ile ayrı ayrı normalize edilmiştir. Bu işlemlerin sonuçları, normalize edilmiş karar matrisi olarak Tablo 6'de verilmiştir. Alternatiflerin toplam görelî önemleri, WSM ve WPM yöntemleri ile Eşitlik (7) ve Eşitlik (8) ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar esnasında bir önceki bölümde SWARA yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Her alternatifin nihai toplam görelî önemi, Eşitlik (9) ile hesaplanmış ve Tablo 7'de verilmiştir.

## 71 Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemleri

Bu hesaplamalarda farklı  $\lambda$  değerleri kullanılmıştır. Tablo 7'nin daha iyi anlaşılması için alternatiflerin farklı  $\lambda$  değerlerine göre sıralaması Şekil 3'te görüldüğü gibidir.

Tablo VII. Alternatiflerin Sıralanması

$\lambda = 0$	$\lambda = 0,1$	$\lambda = 0,2$	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,4$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,6$	$\lambda = 0,7$	$\lambda = 0,8$	$\lambda = 0,9$	$\lambda = 1$
0,7975	0,7990	0,8005	0,8020	0,8035	0,8050	0,8065	0,8080	0,8095	0,8110	0,8125
0,7533	0,7576	0,7620	0,7663	0,7707	0,7751	0,7794	0,7838	0,7881	0,7925	0,7969
0,7647	0,7658	0,7669	0,7680	0,7691	0,7702	0,7713	0,7724	0,7734	0,7745	0,7756
0,7874	0,7892	0,7910	0,7928	0,7946	0,7964	0,7982	0,8000	0,8018	0,8036	0,8055
0,7674	0,7716	0,7758	0,7799	0,7841	0,7882	0,7924	0,7966	0,8007	0,8049	0,8091



Şekil III. Alternatiflerin farklı  $\lambda$  değerlerine göre sıralaması

Tablo 7 ve Şekil 3 incelendiğinde alternatiflerin sıralaması, seçilen  $\lambda$  değerine bağlı olarak değişmektedir.  $0 \leq \lambda \leq 0,3$  iken tekstil firması için belirlenen tedarikçi alternatiflerinin sıralaması  $A_1 > A_4 > A_5 > A_3 > A_2$ ;  $0,4 \leq \lambda \leq 0,8$  iken sıralama  $A_1 > A_4 > A_5 > A_2 > A_3$ ;  $\lambda = 0,9$  ve  $\lambda = 1$  iken sıralama  $A_1 > A_5 > A_4 > A_2 > A_3$  olarak değişmiştir.



## VI. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Günümüz rekabet dünyasında işletmeler için doğru tedarikçilerle çalışmak, önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada da SWARA ve WASPAS yöntemleri, tedarikçi seçim problemini çözmek için bir arada kullanılmıştır. SWARA yöntemi kriter ağırlıklarını belirlemede, WASPAS yöntemi ise alternatifleri sıralamasını elde etmek için kullanılmıştır. Böylece en iyi alternatifi belirlemek için karar vericilerin tercihlerini dikkate alarak bilimsel ve sezgisel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Nispeten yeni olan SWARA yöntemi, karar vericilerin öznel görüşünü yansıtır ve bu nedenle karar vericilerin tercihleri seçim sürecine aktarılmaktadır (Zolfani ve Sapauskas, 2013). WASPAS yöntemi, problemin maksimizasyon ve minimizasyon tipindeki kriterlerini ayrı ayrı değerlendirir. Her iki yöntem de basit hesaplamalar içerir. Dolayısıyla gerçek hayatta birçok seçim problemine kolayca uygulanır. Bu yöntemler hem nitel hem nicel birbiriyle çelişen çok sayıda kriterler bazında alternatiflerin performanslarının analizi için uygundur. Yöntem, karar matrisine dayanır ve bu matriste kriter ve alternatif sayısı açısından herhangi bir sınırlama yoktur. Böylece karmaşık karar problemleri tutarlı bir şekilde çözülebilir. Ele alınan problemin kriter ve alternatif sayıları artarsa çözüm için gereken süre çok uzun olabilir. SWARA ve WASPAS yöntemlerinin adımlarını yerine getiren bir yazılım geliştirerek bu durumun üstesinden gelinebilir.

Gelecek çalışmalarda, önerilen yaklaşım diğer ÇKKV problemlerine de uygulanabilir. Tedarikçi seçim problemi için işletmenin ihtiyaçlarına göre kriter ve alternatiflerin sayısı değiştirilebilir. Kriterlerin ağırlıkları diğer ağırlıklandırma yöntemleri ile elde edilebilir. Alternatiflerin sıralaması diğer ÇKKV yöntemleri ile gerçekleştirilebilir ve nihai sonuçlar karşılaştırılabilir.

**REFERANSLAR**

- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. & Zavadskas, E. K. 2013a. 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. & Zavadskas, E. K. 2013b. A hybrid approach for market segmentation and market segment evaluation and selection: an integration of data mining and MADM. *Transformations in Business & Economics*, 12(2B): 431-458.
- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. & Zavadskas, E. K. 2014a. Synergies of data mining and multiple attribute decision making, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 110: 767-776.
- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. & Zavadskas, E. K. 2014b. Sales branches performance evaluation: a multiple attribute decision making approach, 8th International Scientific Conference-Business and Management, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania.
- Akçakanat, Ö., Eren, H., Aksoy, E. & Ömürbek, V. 2017. Bankacılık sektöründe Entropi ve WASPAS yöntemleri ile performans değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2): 285-300.
- Alimardani, M., Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H. & 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.
- Alkan, A., Kasımoğlu, H. Ç., Çelik, C., & Aladağ, Z. 2017. AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile lastik üreticisi bir firma için tedarikçi seçimi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2): 261-269.
- Arıkan, F. & Küçükçe, Y.S. (2012). Satın alma faaliyeti için bir tedarikçi seçimi – değerlendirme problemi ve çözümü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 27(2), 255-264.
- Barbarosoglu, G. & Yazgac, T. 1997. An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. *Production and Inventory Management Journal*, 1: 14-21.
- Baynal, K. & Yüzügüllü, E. 2013. Tedarik zinciri yönetiminde analitik ağ süreci ile tedarikçi seçimi ve bir uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 42(1): 77-92.
- Çakın, E. 2013. *Tedarikçi seçim kararında analitik ağ süreci (AAS) ve ELECTRE yöntemlerinin kullanılması ve bir uygulama*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Çakır, E. 2017. Kriter ağırlıklarının SWARA – Copeland yöntemi ile belirlenmesi: bir üretim işletmesinde uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1): 42-56.

- Can, G. F., Atalay, K. D., & Eraslan, E. 2017a. Tabletlerin kullanılabilirlik ölçütlerine göre çok kriterli karar verme yaklaşımıyla değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(SI): 81-88.
- Can, G. F., Delice, E. K., & Özçakmak, B. C. 2017b. Çok kriterli karar verme yaklaşımıyla oturma düzeneği seçimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(SI): 213-225.
- Chakraborty, S., Bhattacharyya, O., Zavadskas, E.K. & Antucheviciene, J. 2015. Application of WASPAS method as an optimization tool in non-traditional machining processes. *Information Technology and Control*, 44(1): 77-88.
- Chakraborty, S., & Zavadskas, E.K. 2014. Applications of WASPAS method in manufacturing decision making. *Informatika*, 25(1): 1-20.
- Dağdeviren, M., & Eraslan, E. 2008. PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1): 69-75.
- Dağdeviren, M., & Tamer, E. 2001. Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1): 41-52.
- Dickson, G.W. 1966. An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2: 5-17.
- Eren, T., & Özder, E. H. 2016. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile bir içecek firması için tedarikçi seçimi. In *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Alanya/Antalya-Turkey.
- Ghodsypour, S. H. & O'Brien, C. 1998. A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56(1): 199-212.
- Gökalg B. & Soylu, B. 2012. Tedarikçinin süreçlerini iyileştirme amaçlı tedarikçi seçim problemi. *Journal of Industrial Engineering*, 23(1): 4-15.
- Gökbek, B. 2014. *Çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarına dayalı tedarikçi seçimi ve bir uygulama*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Işık, A. T., & Adalı, E. A. 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.
- Karabašević, D., Stanujkić, D. & Urošević, S. 2015a. The MCDM model for personnel selection based on SWARA and ARAS methods. *Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions In Emerging Economies*, 20 (77): 43-52.
- Karabašević, D., Stanujkić, D., Urošević, S. & Maksimovic, M. 2015b. 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.
- Kazançoğlu, Y. & Ada, E. 2010. Perakende sektöründe tedarikçi seçiminin bulanık AHP ile gerçekleştirilmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1): 29-52.

- Keršulienė, V. & 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. & Turskis, Z. 2010. Selection of rational dispute resolution method by applying new stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2): 243–258.
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Kazimieras Zavadskas, E. & Antuchevičienė, J. 2017. Assessment of third-party logistics providers using a CRITIC–WASPAS approach with interval type-2 fuzzy sets. *Transport*, 32(1): 66-78.
- Lashgari, S., Antuchevičienė, J., Delavari, A. & Kheirkhah, O. 2014. Using QSPM and WASPAS methods for determining outsourcing strategies. *Journal of Business Economics and Management*, 15(4): 729-743.
- Madić, M., Gecevska, V., Radovanović, M. & Petković, D. 2014. Multi-criteria economic analysis of machining processes using the WASPAS method. *Journal of Production Engineering*, 17(2): 79-82.
- Mardani, A., Nilashi, M., Zakuan, N., Loganathan, N., Soheilrad, S., Muhamad Zamri Mat Saman, M.Z., M & Ibrahim, O. 2017. A systematic review and meta-analysis of SWARA and WASPAS methods: theory and applications with recent fuzzy developments. *Applied Soft Computing*, 57: 265-292.
- Mathew, M., Sahu, S., & Upadhyay, A. K. 2017. Effect of normalization techniques in robot selection using weighted aggregated sum product assessment. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies (IJIRAS)*, 4(2): 59-63.
- Narasimahn R. 1983. An analytical approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Management*, 19 (4): 27-32.
- Nydick, R.L. & Hill, R.P. 1992. Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure. *Journal of Purchasing and Management*, 25(2): 31-36.
- Özder, E.H. & Eren, T. 2015a. Tedarikçi seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama yöntemlerinin entegrasyonu: örnek bir uygulama. 15. *Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Özder, E. H. ve Eren, T. 2015. Integration of analytic network process and goal programming methods in supplier selection: a case study, *XVIth International Symposium On Econometrics, Operations Research And Statistics*, Edirne.
- Özder, E.H., Eren, T. & Çetin Özel, S. 2015c. Supplier selection with TOPSIS and goal programming methods: a case study. *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 19(1): 109-112.
- Partovi F.Y., Burton J. & Banerjee A. 1989. Application of analytic hierarchy process in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 10(3): 5-19.

- Razmi, J. & Rafiei, H. 2010. An integrated analytic network process with mixed-integer non-linear programming to supplier selection and order allocation. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49: 1195-1208.
- Sarıçiçek, İ., Dağdeviren, M., & Yüzügüllü, N. 2001. Bir işletmede tedarikçi seçimine yönelik bir model ve uygulaması. *Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(1): 247-255.
- Soner, S. & Önüt, S. 2006. Çok kriterli tedarikçi seçimi: Bir ELECTRE-AHP uygulaması. *Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4: 110-120.
- Stanujkić, D, Djordjević, B.& Karabašević, D. 2015a. Selection of candidates in the process of recruitment and selection of personnel. *QUAESTUS Multidisciplinary Research Journal*, 7: 53–64.
- Stanujkić, D., Karabašević, D. & Zavadskas, E. K. 2015b. A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method. *Engineering Economics*, 26(2): 181–187.
- Supçiller, A. & Çapraz, O. 2011. AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçim uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13: 1-22.
- Turskis, Z., Zavadskas, E.K., Antucheviciene, J. & Kosareva, N. 2015. A hybrid model based on fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for construction site selection. *International Journal of Computers Communications & Control*, 10(6): 873-888.
- Vafaeipour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A. & 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: 653–663.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. & Zakarevicius, A. 2012. Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir elektrotechnika*, 122(6): 3-6.
- Zavadskas, E.K., Antucheviciene, J., Šaparauskas, J. & Zenonas Turskis, Z. 2013. Multi-criteria assessment of facades' alternatives: peculiarities of ranking methodology. *Procedia Engineering*, 57: 107 – 112.
- Zavadskas, E.K., Baušys, R. & Lazauskas, M. 2015. Sustainable assessment of alternative sites for the construction of a waste incineration plant by applying WASPAS method with single-valued neutrosophic set. *Sustainability*, 7: 15923–15936.
- Zolfani, S. H. & Banihashemi, S. S. A. 2014. Personnel selection based on a novel model of game theory and MCDM approaches. In Proc. of 8th International Scientific Conference Business and Management, Vilnius, Lithuania.
- Zolfani, S. H. & 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. 2013. Sustainable development of rural areas' building structures based on local climate. *Procedia Engineering*, 57: 1295-1301.
- Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H., Derakhti, A., Zavadskas, E. K. & Varzandeh, M. H. M. 2013d. Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. *Expert systems with applications*, 40(17): 7111-7121.
- Zolfani, S. H., Esfahani, M. H., Bitarafan, M., Zavadskas, E. K. & Arefi, S. L. 2013b. 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.
- Zolfani, S. H., Pourhossein, M., Yazdani, M., & Zavadskas, E. K. 2017. Evaluating construction projects of hotels based on environmental sustainability with MCDM framework. *Alexandria Engineering Journal*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2016.11.002>
- Zolfani, S. H., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. 2013a. Design of products with both International and Local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method. *Economic ResearchEkonomiska Istraživanja*, 26(2): 153-166.
- Zolfani, S.H. & Bahrami, M. 2014. Investment prioritizing in high tech industries based on SWARA COPRAS approach. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(3): 534-553.
- Zolfani, S.H., Farrokhzad, M. & Turskis, Z. 2013c. Investigating on succesful factors of online games based on explorer. *E & M: Ekonomie a Management*, 16(2): 161–169.
- Zolfani, S.H., Salimi, J., Maknoon, R. & Kildienė, S. 2015. Technology Foresight about R&D Projects Selection: application of SWARA method at the policy making level. *Engineering Economics*, 26(5): 571-580.