

# TÜRKİYE'DEKİ İMALAT SANAYİ SEKTÖRLERİNİN PROMETHEE MULTIMOORA VE SMAA-2 YÖNTEMLERİYLE SIRALANMASI

Aslı ÇALIŞ\*, Gökhan ÖZÇELİK, Cevriye GENCER

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara

aslicalis@gazi.edu.tr, gokhanozcelik@gazi.edu.tr, ctemel@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi: 29.01.2016; Kabul Ediliş Tarihi: 25.03.2016

## ÖZ

Son yıllarda sanayi sektörü, gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkenin rekabet politikalarını etkiler hale gelmiştir. Özellikle yaşanan ekonomik krizler sonrasında, imalat sanayinin önemi yeniden vurgulanmıştır. Çünkü üretimin olmadığı bir ortamda, yalnızca hizmet sektörünün varlığı ile rekabetçi bir ekonomiden söz etmek mümkün değildir. Bu çalışmada, Türkiye'deki imalat sanayi sektörlerinin, çok kriterli karar verme yöntemlerinden PROMETHEE, MULTIMOORA ve SMAA-2 yöntemleriyle ortalama çalışan sayısı, katma değer, istihdam payları, işyeri sayısı gibi farklı rekabet göstergeleri bazında sıralanması hedeflenmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İmalat sanayi sektörleri, MULTIMOORA, PROMETHEE, SMAA-2

## RANKING OF MANUFACTURING INDUSTRY SECTORS IN TURKEY WITH THE HELP OF PROMETHEE MULTIMOORA AND SMAA-2 METHODS

### ABSTRACT

In recent years, industrial sector has affected the competition policies of both developed and developing countries. Especially after the economic crises, the importance of the manufacturing industry has been emphasized again because it is impossible to talk about a competitive economy just in the presence of the service sector without production sector. In this study, it is aimed to rank the manufacturing industry sectors in Turkey based on different competition indicators such as average number of employees, value added, employment shares, number of workplace by using PROMETHEE, MULTIMOORA and SMAA-2 which are multi criteria decision making methods and the results are analyzed.

**Keywords:** Manufacturing industry sectors, MULTIMOORA, PROMETHEE, SMAA-2

\* İletişim yazarı

## 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında gelişmiş ekonomilerin aynı zamanda sanayileşmiş ülkeler olmaları, ekonomik gelişme ile sanayileşme arasında çok yakın bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda imalat sanayi sektörünün Türkiye ekonomisi içinde önemli bir yeri vardır. Kuşkusuz, oluşturduğu katma değer, istihdam ve ihracat ile ekonomimizin temel taşı niteliğindedir. Geline son noktaya bakacak olursak, sanayi sektörünün kayda değer bir hızla küresel ekonomiye entegre olduğunu söylemek mümkündür. Konu ile ilgili çalışmalar şu şekildedir: Ayaş ve Çeştepe (2010), Türk imalat sanayi örneği üzerinde dış ticaret değişmelerinin istihdam üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ayaş (2011) diğer bir çalışmada, Türk imalat sanayi sektörlerinin stratejik önem analizi için Chenery-Watanabe, Rasmussen-Ghosh, Dietzenbacher ve Laumas katsayı yöntemlerini kullanmıştır. Akan ve Çalmaşur (2011) çalışmalarında, 2004-2007 dönemi için TRA1 alt bölgesi imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların teknik etkinlik düzeylerini, veri zarflama ve stokastik sınır analizi yöntemleri ile tahmin etmiş ve yöntemleri karşılaştırmışlardır. Yalçın vd. (2012) ise Türk imalat endüstrilerinin finansal performans değerlendirmesi için bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile kriter ağırlıklarını belirleyip, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır.

Bu çalışmada, Türkiye'deki imalat sektörlerinin ortalama çalışan sayısı, istihdam, katma değer, toplam İV (İşgücü Verimliliği) artışı, toplam TFV (Toplam Faktör Verimliliği) artışı ve işyeri sayısı kriterlerine bağlı olarak AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci)-PROMETHEE, AHP-SMAA-2, PROMETHEE ve MOORA yöntemleriyle değerlendirilmesi ve sıralanması hedeflenmiştir.

Literatürde AHP-PROMETHEE ile ilgili farklı alanlarda da yapılmış oldukça fazla çalışma vardır: Taha ve Rostam (2012); Turcsin vd. (2011); Akıncılar ve Dağdeviren (2014); Wang ve Yang (2007); Macharis vd. (2004). Literatürde SMAA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalardan bazıları da şöyledir: Makkonen vd. (2003), liberal piyasada elektrik dağıtıcısının stratejik kararlarını optimizasyon, stokastik simülasyon, ve SMAA-2 yöntemlerinden oluşan bir karar destek sistemi ile belirlemişlerdir. Okul vd. (2013), stokastik çok kriterli

karar verme için SMAA ve TOPSIS yöntemlerini ilaç ve makineli tüfek seçim problemlerinde hibrit olarak kullanmıştır. Karabay vd. (2014), Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA-TRI) yöntemi ile bir kamu kurumuna ait tesis yeri seçimi problemi için çözüm önermişlerdir. Durbach vd. (2014), kararların tutarlılığının ve SMAA-AHP modelinin yeterliğinin değerlendirilmesi için bir simülasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir.

Ayrıca, literatürde MOORA yöntemine bakacak olursak son zamanlarda oldukça fazla çalışmanın yapıldığını ve yöntemin farklı alanlarda uygulandığını görmekteyiz. Bu çalışmalardan bazıları şöyledir: Brauers ve Zavadskas (2006, 2008, 2009, 2010, 2011); Brauers vd. (2008); Brauers ve Ginevicus (2009, 2010); Chakraborty (2011); Kracka vd. (2010); Özçelik vd. (2014); Akkaya vd. (2015); Altuntas vd. (2015); Achebo ve Odinikuku (2015); Patel ve Maniya (2015).

## 2. YÖNTEM VE UYGULAMA

Uygulamada ÇKKV (*Çok Kriterli Karar Verme*) yöntemlerinden, PROMETHEE, MOORA ve SMAA-2 metotları kullanılarak farklı senaryolar oluşturulmuştur. Bu senaryoların bir kısmında uzman görüşü alınarak belirlenen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde bir başka ÇKKV yöntemi olan AHP kullanılmıştır. AHP ve PROMETHEE yöntemlerine ilişkin detaylı bilgi Çalış vd. (2015) tarafından verilmiştir. Uygulamanın ileriki aşamalarında MOORA ve SMAA yöntemleri ile ilgili detaylı bilgilere yer verilmektedir.

### 2.1 Problemin Tanımı (Amaç)

Bu çalışmada, TÜSİAD tarafından 2014 yılında yayımlanan "*İmalat Sanayi Sektörleri Rekabet Göstergeleri Raporu*" dikkate alınarak, Türkiye'deki on dokuz farklı imalat sanayi sektörünün ortalama çalışan sayısı, istihdam, katma değer, gibi farklı rekabet göstergeleri bazında, PROMETHEE, MOORA ve SMAA-2 yöntemleriyle sıralanması hedeflenmiştir.

### 2.2 Kriterler

Çalışmanın amacı doğrultusunda imalat sanayi sektörleri için rekabet unsuru olabilecek altı farklı kriter belirlenmiştir. Bu kriterler aşağıdaki gibidir:

**Kriter 1:** Ortalama çalışan sayısı  
(20+ girişimler için)

**Kriter 2:** İstihdam (20+ girişimler için)

**Kriter 3:** Katma Değer (20+ girişimler için)

**Kriter 4:** Toplam İV (İşgücü Verimliliği) Artışı

**Kriter 5:** Toplam TFV (Toplam Faktör Verimliliği) Artışı\*

**Kriter 6:** İşyeri Sayısı

\*Not: Sadece emek girdisini değil aynı zamanda sermaye girdisini de kontrol eden bir verimlilik göstergesidir.

**Tablo 1.** Alternatifler (Dikkate Alınan İmalat Sanayi Sektörleri)

<b>Alternatif 1:</b> Gıda ve İçecek	<b>Alternatif 11:</b> Ana Metal
<b>Alternatif 2:</b> Tekstil	<b>Alternatif 12:</b> Fabrikasyon Metal Ürünleri
<b>Alternatif 3:</b> Giyim	<b>Alternatif 13:</b> Bilgisayar, Elektronik ve Optik
<b>Alternatif 4:</b> Deri	<b>Alternatif 14:</b> Elektrikli Teçhizat
<b>Alternatif 5:</b> Ağaç ve Ağaç Ürünleri	<b>Alternatif 15:</b> B.y.s. Makine ve Ekipman
<b>Alternatif 6:</b> Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri	<b>Alternatif 16:</b> Motorlu Kara Taşıtı
<b>Alternatif 7:</b> Kayıtlı Medya	<b>Alternatif 17:</b> Diğer Ulaşım Araçları
<b>Alternatif 8:</b> Kimya	<b>Alternatif 18:</b> Mobilya
<b>Alternatif 9:</b> Kauçuk ve Plastik	<b>Alternatif 19:</b> Diğer İmalat
<b>Alternatif 10:</b> Diğer Metalik Olmayan Mineraller	

**Tablo 2.** Kriterler ve Alternatifler

	Ortalama Çalışan Sayısı	İstihdam	Katma Değer	Toplam İV Artışı	Toplam TFV Artışı	İşyeri Sayısı
<b>Gıda ve İçecek</b>	103	69	91	-1,94	-3,9	2674
<b>Tekstil</b>	115	82	92	1,18	-0,64	2530
<b>Giyim</b>	80	69	82	6,6	5,62	4017
<b>Deri</b>	60	69	82	0,55	-0,08	601
<b>Ağaç ve A. Ürünleri</b>	62	41	83	3,67	2,79	416
<b>Kâğıt ve K. Ürünleri</b>	79	81	94	0,63	-8,17	481
<b>Kayıtlı Medya</b>	56	37	60	0,81	1,59	364
<b>Kimya</b>	91	78	92	4,55	1,3	565
<b>Kauçuk ve Plastik</b>	75	68	89	3,33	3,06	1580
<b>Diğer Metalik Olm. M.</b>	92	85	96	-0,28	-4,64	1879
<b>Ana Metal</b>	152	93	99	4,32	-2,33	679
<b>Fabrikasyon Metal Ür.</b>	73	62	85	0,81	2,22	2317
<b>Bilgisayar El. ve Op.</b>	137	91	96	10,46	9,08	182
<b>Elektrikli Teçhizat</b>	121	84	96	0,07	-3,74	850
<b>B.Y.S Makine ve Ekip.</b>	73	72	86	4,73	5,05	1670
<b>Motorlu Kara Taşıtı</b>	165	91	98	3,79	7,4	790
<b>Diğer Ulaşım Araçları</b>	124	90	93	23,42	11,5	186
<b>Mobilya</b>	68	51	75	0,55	-0,14	1242
<b>Diğer İmalat</b>	57	60	78	10,28	4,87	533

### 2.3 Alternatifler

Alternatifler bazında on dokuz farklı imalat sanayi sektörü ele alınmıştır. Bunlar Tablo 1’de, her bir kritere ilişkin mevcut değerler ise Tablo 2’de gösterilmektedir.

### 2.4 Alternatiflerin Sıralanması

Çalışmada, alternatiflerin sıralanması için dört farklı senaryo geliştirilmiştir.

#### SENARYO - 1: AHP-PROMETHEE Hibrit Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

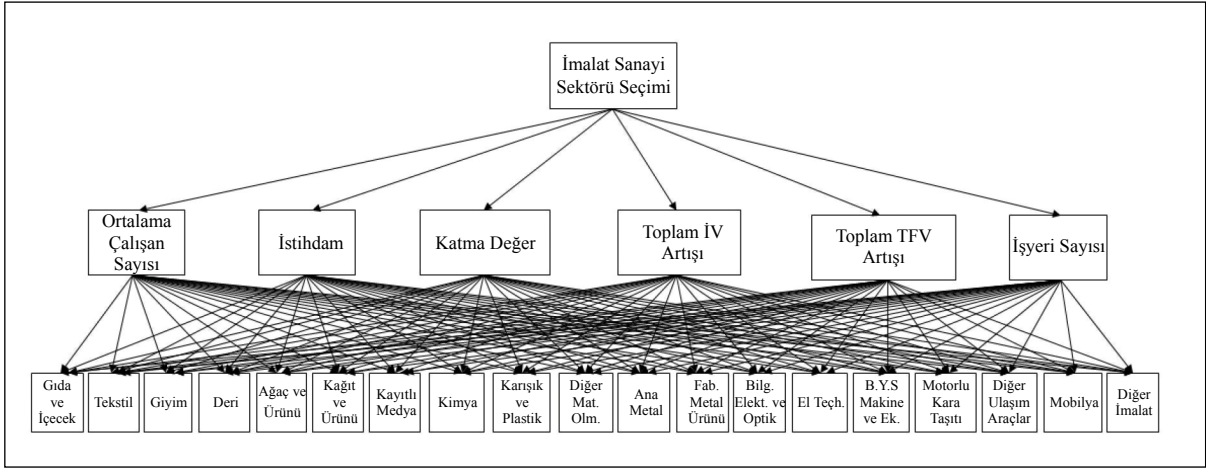
**Adım 1. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması:** Amaç, kriterler ve alternatifler doğrultusunda oluşturulan karar hiyerarşisi Şekil 1’de gösterilmektedir.

**Adım 2. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması:** Alternatiflerin kriterler bazında sayısal değerlerini içeren veriler mevcut olduğu için sadece kriterler arasın-

da ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için uzman görüşü alınarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Uzman değerlendirmesi dikkate alınarak öncelik ilişkileri Tablo 3’teki gibi belirlenmiştir.

**Adım 3. Matris Tutarlılık Oranlarının Hesaplanması:** Uzman görüşü baz alınarak oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi “Expert Choice” programına girilmiş ve kriterler için matris tutarlılık oranı 0,01 olarak hesaplanmıştır. Bu oran 0,10’un altında çıktığı için oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Programa ilişkin detaylar Şekil 2’de verilmektedir. İkili karşılaştırmada kırmızı renkle girilen  $a_{ij}$  değerleri  $(1/a_{ji})$ ’yi temsil etmektedir.

**Adım 4. AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Elde Edilmesi:** AHP yöntemi ile gerçekleştirilen uygulama sonucunda kriter ağırlıkları Şekil 3’teki gibi elde edilmiştir.



Şekil 1. Karar Hiyerarşisi

Tablo 3. Kriterler için İkili Karşılaştırma Matrisi

	Ortalama Çalışan Sayısı	İstihdam	Katma Değer	Toplam İV Artışı	Toplam TFV Artışı	İşyeri Sayısı
Ortalama Çalışan Sayısı	1	1/2	1/2	1/3	1/4	1
İstihdam	2	1	1	1/2	1/3	2
Katma Değer	2	1	1	1/2	1/3	2
Toplam İV Artışı	3	2	2	1	1/2	3
Toplam TFV Artışı	4	3	3	2	1	4
İşyeri Sayısı	1	1/2	1/2	1/3	1/4	1

Compare the relative importance with respect to: Goal: İmalat Sanayi Sektörü Seçimi						
	Ortalama Ç	İstihdam	Katma Değ	Toplam IV	Toplam TF	İşyeri Sayı
Ortalama Çalışan Sayısı		2,0		3,0	4,0	1,0
İstihdam			2,0	2,0	3,0	2,0
Katma Değer				2,0	3,0	2,0
Toplam IV Artışı					2,0	3,0
Toplam TFV Artışı						4,0
İşyeri Sayısı	Incon: 0,01					

Şekil 2. Matris Tutarlılık Oranı



Şekil 3. Kriter Ağırlıkları

**Adım 5. PROMETHEE Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması:** AHP ile Adım 4'te elde edilen kriter ağırlıkları, uzman görüşü alınarak elde edilen tercih fonksiyonu tipleri ve fonksiyonlara ilişkin Q (*indifference*) ve P (*preference*) değerleri Visual Promethee paket programına girilmiş ve PROMETHEE II ile elde edilen tam sıralama Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4'te görüldüğü gibi, "Diğer Ulaşım Araçları" en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. "Bilgisayar, Elekt-

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Diğer Ulaşım Araçları	0,4030	0,4245	0,0216
2	Bilgisayar El. ve Op.	0,2449	0,2734	0,0285
3	Motorlu Kara Taşıtı	0,1759	0,2121	0,0361
4	Giyim	0,1351	0,1891	0,0540
5	B.Y.S Makine ve Ekip.	0,0690	0,1288	0,0598
6	Diğer İmalat	0,0629	0,1495	0,0866
7	Kauçuk ve Plastik	0,0144	0,0921	0,0777
8	Kimya	-0,0027	0,0808	0,0835
9	Ana Metal	-0,0119	0,1052	0,1171
10	Tekstil	-0,0193	0,0849	0,1042
11	Fabrikasyon Metal Ür.	-0,0278	0,0770	0,1048
12	Ağaç ve A. Ürünleri	-0,0624	0,0693	0,1317
13	Deri	-0,1043	0,0363	0,1406
14	Elektrikli Teçhizat	-0,1108	0,0530	0,1638
15	Diğer Metalik Olm. M.	-0,1233	0,0552	0,1785
16	Mobilya	-0,1294	0,0349	0,1643
17	Gıda ve İçecek	-0,1364	0,0528	0,1892
18	Kayıtlı Medya	-0,1553	0,0402	0,1955
19	Kağıt ve K. Ürünleri	-0,2216	0,0302	0,2518

Şekil 4. Senaryo-1 İçin Visual Promethee ile Elde Edilen Sıralama

ronik ve Optik" ikinci sırada yer alırken üçüncü sıradaki imalat sanayi sektörü ise "Motorlu Kara Taşıtı" olarak belirlenmiştir.

#### SENARYO-2: AHP-SMAA-2 Hibrit Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

#### Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA Metodu)

SMAA yöntemi alternatiflerin kriter değerlerinin ve kriter ağırlıklarının karar vericilerden temin edilemediği, eksik, veya belirsiz olduğu kesikli ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir (Teryonen ve Lahdelma, 2007).

SMAA metodunun diğer çok kriterli karar verme metodları ile kıyaslandığında en önemli avantajlarından bir tanesi, bu yöntemin hiçbir kriter ağırlığı değeri olmadan kullanılabilir olmasıdır (Lahdelma vd., 1998).

Gerçek hayatta kesin değerlere ulaşmak her zaman mümkün değildir. Bunun üstesinden gelmek için ters ağırlık uzayı yaklaşımı kullanılmaktadır. Ters ağırlık uzayı yaklaşımı, problemi çözmek için parametre değerlerini sormak yerine farklı alternatiflerin hangi parametre değerleri ile seçilebileceğine cevap aramaktadır. SMAA ters ağırlık uzayı hesaplamalarını çok boyutlu integallerle gerçekleştirir. İntegral hesaplamalarını yaparken kullandığı yöntemlerden birisi Monte Carlo Simülasyonudur (Karabay vd., 2014).

SMAA metodunda temel amaç, stokastik parametre kümesindeki çok boyutlu integraller gibi tanımlayıcı ölçümler vasıtasıyla, karar desteği sağlamaktır. SMAA metodunda bu ölçümler için tanımlayıcı üç ölçek kullanılmıştır:

**a. Kabul Edilebilirlik İndisi:** Bir alternatifin tercih edilebilmesi için gerekli değeri tanımlar. Bu değer olasılıklı kriter değerleri dağılımı ve uygun kriter ağırlıkları uzayı üzerinde çok boyutlu integrallerle hesaplanır (Okul, 2012).

**b. Merkezi Ağırlık Vektörü:** Merkezi ağırlık vektörü  $w_i^c$ , uygun ağırlık kümesinin beklenen ağırlık merkezi olarak tanımlanır. Merkezi ağırlık vektörü, varsayılan tercih modeliyle, bu alternatifi destekleyen karar vericinin tercihlerini tanımlar. Merkezi ağırlık vektörü, kriter ve ağırlık dağılımları üzerinde çok boyutlu integrallerle hesaplanır (Okul, 2012).

**c. Güvenilirlik Faktörü:** Güvenilirlik faktörü  $p_i^c$ , merkezi ağırlık vektörünün seçilmesi halinde alternatifin tercih edilme ihtimali olarak tanımlanır. Güvenilirlik faktörleri, kriter ölçümlerinin etkin alternatifleri ayırt etmede yeterince doğru olup olmadığını ölçer. Güvenlik faktörü kriter dağılımları üzerine çok boyutlu integrallerle hesaplanır (Okul vd., 2013).

SMAA yöntemlerinde ÇKKV problemlerinde olduğu gibi,  $m$  alternatif seti  $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$   $n$  adet kriter ile değerlendirilir. Karar vericiler bir veya birden fazla en çok tercih ettikleri alternatif setlerini kurabilirler, kendi tercihlerine göre alternatifleri kısmi veya tam olarak sıralayabilirler (Ehrgott vd., 2010). SMAA yönteminde kriter ve tercih parametrelerinin olasılık dağılımları  $f_x(x)$  ve  $f_w(w)$  ifadeleri ile gösterilmektedir.

$m$  adet alternatif kümesi  $A = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ ;  $n$  adet kriter kümesi  $K = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$  olmak üzere,

$x_i$  alternatifinin  $g_j$  kriterine göre değerlendirilmesi  $g_j(x_i)$  şeklinde gösterilmektedir. Ağırlıklar negatif değildir ve normalizedir. Uygun ağırlık kümesi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Okul vd., 2013):

$$W = \left\{ w \in R^n : w \geq 0 \wedge \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right\} \quad (1)$$

## SMAA-2 Metodu

SMAA yöntemi alternatifler arasında en iyisinin seçimini yapmaktadır. En iyi alternatifin seçimi yapılırken diğer alternatifleri sıralamamaktadır. Bu eksikliğin üstesinden gelmek için Lahdelma ve Salminen, SMAA metodunu tüm alternatifleri sıralayacak şekilde geliştirmişlerdir (Lahdelma ve Salminen, 2001). SMAA-2 yöntemi tüm alternatifleri sıralarken aynı zamanda en iyi alternatifi de ortaya çıkardığı için uygulamalarda öne çıkmaktadır.

SMAA-2, SMAA'yı tüm sıralamaları dikkate alacak şekilde genişletmekte ve bunu yaparken beş yeni tanımlayıcı ölçü ortaya çıkarmaktadır. Bunlar; sıra kabul edilebilirlik indisi, üç tip en iyi sıra tipi ölçüğü ve tümleşik kabul edilebilirlik indisi (Lahdelma ve Salminen, 2001).

SMAA-2 metodunda her alternatifin sıralaması en iyi (=1) en kötü (=m) olacak şekilde sıralama fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır (Okul, 2012):

$$rank(i, \xi, w) = 1 + \sum_{k \neq i} p(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w)) \quad (2)$$

Bu fonksiyonda  $p(\text{true})=1$  ve  $p(\text{false})=0$  kuralı geçerlidir. SMAA-2 metodu,  $W_i^r(\xi)$  uygun sıra ağırlıkları kümelerinin analizini temel alır.  $w \in W_i^r(\xi)$  olan bir ağırlık, faydaları alternatiflere öyle bir şekilde tahsis eder ki alternatif  $x$ ,  $r$  sırasını alır.

**a. Sıra Kabul Edilebilirlik İndisi:** Sıra kabul edilebilirlik indisi  $b_i^r$ , daha önce tanımlanan kabul edilebilirlik indisinin kesin sıralamaları dikkate alacak şekilde genişletilmiş halidir. Kriter dağılımları ve uygun sıra ağırlıkları üzerinde çok boyutlu integrallerle aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Okul vd., 2013).

$$b_i^r = \int_{\xi \in x} f_x(\xi) \int_{w \in W_i^r(\xi)} f_w(w) dw d\xi \quad (3)$$

En iyi alternatifler yüksek kabul edilebilirliklere sahip alternatiflerdir. Sıra kabul edilebilirlik indisleri  $[0,1]$  aralığındadır. 0, alternatifin hiçbir zaman verilen sıralamayı sağlamayacağını, 1 ise seçilen herhangi bir ağırlık için verilen sıralamanın her zaman sağlanacağını gösterir. İlk sıra kabul edilebilirlik indisi  $b_i^r$ , kabul edilebilirlik indisi  $a_i^r$ 'ye eşittir (Okul vd., 2013).

**b. Tümlleşik Kabul Edilebilirlik İndisi:** Her alternatif için sıra kabul edilebilirlikleri birleştirilerek  $a_i^h$  tümlleşik kabul edilebilirlik indisleri aşağıdaki şekilde elde edilmektedir:

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r \quad (4)$$

$a^r$ , meta ağırlık olarak ifade edilmektedir. Meta ağırlıkları seçmenin birçok yolu bulunmaktadır (Lahdelma ve Salminen, 2001). Ağırlıklar negatif olmamalı, normalize edilmiş olmalı ve sıra değerinin artışıyla artmamalıdır.

### JSMMA Yazılımı

Simülasyon kullandığı için SMAA yöntemleri manuel olarak hesaplanamamaktadır. Bu nedenle JSMMA yazılımı geliştirilmiştir. JSMMA, Java platformunda yaratılmış olan açık kaynak kodlu bir programdır. Çalışmada JSMMA 1.0.2 versiyonu kullanılmıştır.

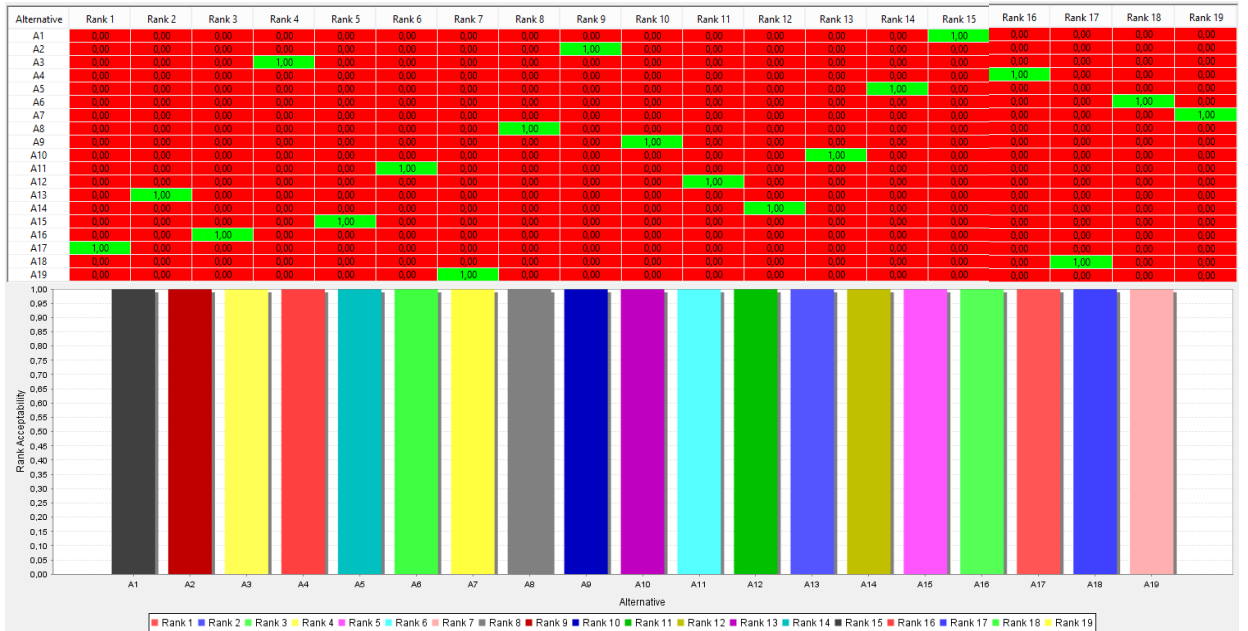
JSMMA programında alternatif ve kriterlerin değerleri girildikten sonra tercih (*preference*) türünün seçilmesi gerekmektedir. Ardından kriterler için artan (*ascending*) ve azalan (*descending*) tercih durumlarının belirtilmesi

gerekmektedir. Uygulamada ağırlık bilgisinin olduğu durumlarda kullanılan “*cardinal*” tercihi seçilerek AHP yöntemi ile belirlenen ağırlıklar girilmiştir. Çalışmadaki tüm kriterler fayda unsuru içerdiğinden hiçbir kriter için “*ascending*” ifadesi kaldırılmamıştır.

Şekil 5’te verilen sıra kabul edilebilirlik indislerine göre on yedinci alternatif olan “*Diğer Ulaşım Araçları*” %100 olasılıkla birinci sırada tercih edilmekte iken yedinci alternatif olan “*Kayıtlı Medya*” ise son sırada tercih edilmektedir.

Şekil 6’da görüldüğü gibi, güvenilirlik faktörü değeri birinci alternatif için %100’dür. Yani “*Gıda ve İçecek*” alternatifinin birinci sırada tercih edilme olasılığının (%0) güvenilirlik oranı %100’dür.

Birinci sırada olma olasılığı bulunmayan alternatifler için kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri hesaplanamamaktadır. Merkezi ağırlık vektörleri sütunlarında görülen NA (*Not Applicable*) kısaltması bunu ifade etmektedir. Güvenilirlik faktörü değeri, on yedinci alternatif olan “*Diğer Ulaşım Araçları*” için %100’dür. Yani bu alternatifin birinci sırada tercih edilme olasılığının (%100) güvenilirlik oranı %100’dür.



Şekil 5. Senaryo-2’ye Göre Alternatiflerin Sıra Kabul Edilebilirlik İndisleri

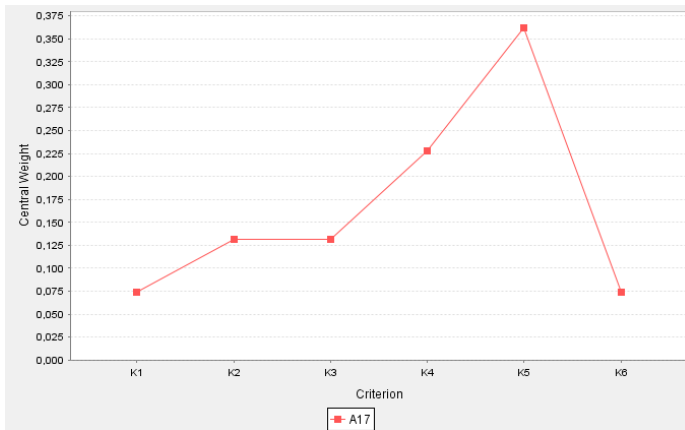
Alternative	CF	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A2	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A3	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A4	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A5	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A6	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A7	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A8	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A9	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A10	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A11	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A12	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A13	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A14	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A15	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A16	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A17	1,00	0,07	0,13	0,13	0,23	0,36	0,07
A18	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A19	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Şekil 6. Senaryo-2'ye Göre Güvenilirlik Faktörleri

Şekil 7'deki Merkezi ağırlık vektörüne baktığımızda, on yedinci alternatifin birinci sırada tercih edilmesinde kriterlerin sırasıyla %7, %13, %13, %23, %36 ve %7'lik önem derecelerine sahip oldukları görülmektedir. Buradan on yedinci alternatifin birinci sırada tercih edilmesini sağlayan en önemli kriterin %36 değeri ile Kriter 5 olduğunu söylemek mümkündür. Diğer alternatifler için merkezi ağırlık vektörleri hesaplanmadığından, sadece A17 için grafik elde edilebildiği görülmektedir.

### SENARYO-3: PROMETHEE Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

Tüm kriterlerin eşit önem derecesine sahip olduğu düşünülerek oluşturulan 3. Senaryoda, tercih fonksiyonu tipleri ve fonksiyonlara ilişkin Q (*indifference*) ve P



Şekil 7. Senaryo-2'ye Göre Merkezi Ağırlık Vektörleri

(*preference*) değerleri değiştirilmeden Visual Promethee paket programına girilmiş ve PROMETHEE II ile tam sıralama Şekil 8'de verilmiştir.

### SENARYO-4: MOORA Yöntemleri ile Alternatiflerin Sıralanması

MOORA metodu, ilk olarak Willem Karel M. Brauers ve Edmundas Kazimieras Zavadskas tarafından bir bütün olarak 2006 yılında 'Control and Cybernetics' adlı çalışmaları ile tanıtılmıştır (Brauers ve Zavadskas, 2006). Literatürde çeşitli MOORA yöntemleri bulunmaktadır:

- MOORA-Oran Metodu
- MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Diğer Ulaşım Araçları	0,2501	0,2967	0,0467
2	Bilgisayar El. ve Op.	0,1596	0,2089	0,0493
3	Motorlu Kara Taşıtı	0,1558	0,1977	0,0418
4	Giyim	0,1417	0,2013	0,0596
5	Ana Metal	0,0593	0,1393	0,0800
6	Tekstil	0,0565	0,1229	0,0664
7	B.Y.S Makine ve Ekip.	0,0294	0,0985	0,0691
8	Kauçuk ve Plastik	-0,0028	0,0767	0,0795
9	Kimya	-0,0160	0,0655	0,0815
10	Fabrikasyon Metal Ür.	-0,0167	0,0823	0,0990
11	Diğer Metalik Olm. M.	-0,0267	0,0834	0,1101
12	Gıda ve İçecek	-0,0274	0,0949	0,1223
13	Diğer İmalat	-0,0289	0,0920	0,1208
14	Elektrikli Teçhizat	-0,0338	0,0754	0,1092
15	Deri	-0,1113	0,0268	0,1380
16	Ağaç ve A. Ürünleri	-0,1215	0,0390	0,1605
17	Mobilya	-0,1288	0,0312	0,1600
18	Kağıt ve K. Ürünleri	-0,1298	0,0378	0,1675
19	Kayıtlı Medya	-0,2088	0,0193	0,2281

Şekil 8. Senaryo-3 İçin Visual Promethee ile Elde Edilen Sıralama



- MOORA-Tam Çarpım Formu
- MULTIMOORA

### MOORA-Oran Metodu

Oran sisteminde, kriterler temelinde alternatiflerin başlangıç verileri Tablo 4'teki gibi normalize edilir. (Verilerde "0" değeri mevcut olduğundan hesaplamalarda hatalı sonuçlar elde edilmemesi için değerler 1-10 arasında normalize edilmiştir.) Kriter temelindeki her bir alternatif, o kriterle ilgili bütün alternatifleri temsil eden bir payda (*bölen*) ile karşılaştırılır (Kracka vd., 2010). Payda, her kriterin, her bir alternatifte aldığı değerlerin kareler toplamının karekökünü içerir.  $x_{ij}$  :  $i$  kriteri için  $j$  alternatifinin değeri;  $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $m$  alternatiflerin sayısı;  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  kriterlerin sayısı;  $x_{ij}^*$  :  $i$  kriteri için  $j$  alternatifinin normalize değerini ifade eden boyutsuz (*ölçüleri olmayan*) sayıdır (Kracka vd., 2010).

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (5)$$

Öncelikle her bir alternatifin kriterler bazında aldığı değerlerin kareler toplamı ve kareler toplamının karekökleri bulunmuştur (Tablo 5). Daha sonra, kriterler bazında alternatiflerin aldığı değerler Eşitlik (5)'teki formülasyona göre normalize edilmiş ve Tablo 6'da gösterilmiştir. MOORA metodunun oran sistemi yaklaşımına dayanan optimizasyonu için, normalize değerler Eşitlik (6)'daki formülasyonda belirtildiği gibi, maksimizasyon durumunda eklenir minimizasyon durumunda ise çıkarılır (Stanujkic vd., 2012);

$$y_j^* = \sum_{i=1}^g x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} x_{ij}^* \quad (6)$$

**Tablo 4.** Başlangıç Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
	max	max	max	max	max	max
A1	4,8807339	6,1428571	8,1538462	1	2,9537367	6,8482399
A2	5,8715596	8,2321429	8,3846154	2,1072555	4,4453482	6,5102999
A3	2,9816514	6,1428571	6,0769231	4,0307571	7,3096085	10
A4	1,3302752	6,1428571	6,0769231	1,8836751	4,701576	1,9833116
A5	1,4954128	1,6428571	6,3076923	2,9909306	6,0147433	1,5491525
A6	2,8990826	8,0714286	8,8461538	1,9120662	1	1,7016949
A7	1	1	1	1,9759464	5,4656838	1,4271186
A8	3,8899083	7,5892857	8,3846154	3,3032334	5,3329944	1,8988266
A9	2,5688073	5,9821429	7,6923077	2,8702681	6,1382816	4,2808344
A10	3,9724771	8,7142857	9,3076923	1,5891167	2,61515	4,9825293
A11	8,9266055	10	10	3,2216088	3,6720895	2,1663625
A12	2,4036697	5,0178571	6,7692308	1,9759464	5,75394	6,0104302
A13	7,6880734	9,6785714	9,3076923	5,4006309	8,89273	1
A14	6,3669725	8,5535714	9,3076923	1,7133281	3,0269446	2,5676662
A15	2,4036697	6,625	7	3,3671136	7,0488053	4,4920469
A16	10	9,6785714	9,7692308	3,0335174	8,1240468	2,4268579
A17	6,6146789	9,5178571	8,6153846	10	10	1,0093872
A18	1,9908257	3,25	4,4615385	1,8836751	4,674123	3,4876141
A19	1,0825688	4,6964286	5,1538462	5,3367508	6,9664464	1,8237288

**Tablo 5.** Kareler Toplamı ve Kare Kökler

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
	max	max	max	max	max	max
A1	4,8807339	6,1428571	8,1538462	1	2,9537367	6,8482399
A2	5,8715596	8,2321429	8,3846154	2,1072555	4,4453482	6,5102999
A3	2,9816514	6,1428571	6,0769231	4,0307571	7,3096085	10
A4	1,3302752	6,1428571	6,0769231	1,8836751	4,701576	1,9833116
A5	1,4954128	1,6428571	6,3076923	2,9909306	6,0147433	1,5491525
A6	2,8990826	8,0714286	8,8461538	1,9120662	1	1,7016949
A7	1	1	1	1,9759464	5,4656838	1,4271186
A8	3,8899083	7,5892857	8,3846154	3,3032334	5,3329944	1,8988266
A9	2,5688073	5,9821429	7,6923077	2,8702681	6,1382816	4,2808344
A10	3,9724771	8,7142857	9,3076923	1,5891167	2,61515	4,9825293
A11	8,9266055	10	10	3,2216088	3,6720895	2,1663625
A12	2,4036697	5,0178571	6,7692308	1,9759464	5,75394	6,0104302
A13	7,6880734	9,6785714	9,3076923	5,4006309	8,89273	1
A14	6,3669725	8,5535714	9,3076923	1,7133281	3,0269446	2,5676662
A15	2,4036697	6,625	7	3,3671136	7,0488053	4,4920469
A16	10	9,6785714	9,7692308	3,0335174	8,1240468	2,4268579
A17	6,6146789	9,5178571	8,6153846	10	10	1,0093872
A18	1,9908257	3,25	4,4615385	1,8836751	4,674123	3,4876141
A19	1,0825688	4,6964286	5,1538462	5,3367508	6,9664464	1,8237288
<b>Kareler Toplamı</b>	<b>457,882</b>	<b>971,9324</b>	<b>1130,012</b>	<b>262,3711</b>	<b>664,9298</b>	<b>338,2926</b>
<b>Karekökler</b>	<b>21,39818</b>	<b>31,17583</b>	<b>33,61565</b>	<b>16,19787</b>	<b>25,78623</b>	<b>18,39273</b>

**Tablo 6.** Normalize Değerler

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,2280911	0,1970391	0,242561	0,0617365	0,114547	0,372334
A2	0,2743953	0,2640553	0,249426	0,1300946	0,1723923	0,3539604
A3	0,1393414	0,1970391	0,1807766	0,2488448	0,2834694	0,543693
A4	0,0621677	0,1970391	0,1807766	0,1162915	0,1823289	0,1078313
A5	0,0698851	0,0526965	0,1876415	0,1846496	0,2332541	0,0842263
A6	0,1354827	0,2589002	0,2631558	0,1180443	0,0387804	0,09252
A7	0,046733	0,0320761	0,0297481	0,121988	0,2119613	0,0775914
A8	0,1817869	0,2434349	0,249426	0,2039301	0,2068156	0,1032379
A9	0,120048	0,191884	0,2288312	0,1772003	0,2380449	0,232746
A10	0,1856456	0,2795206	0,2768857	0,0981065	0,1014165	0,2708966
A11	0,4171666	0,3207613	0,2974805	0,1988908	0,142405	0,1177836
A12	0,1123306	0,1609534	0,2013714	0,121988	0,22314	0,3267829
A13	0,3592864	0,3104511	0,2768857	0,333416	0,3448635	0,0543693
A14	0,2975474	0,2743655	0,2768857	0,1057749	0,1173861	0,1396022
A15	0,1123306	0,2125044	0,2082364	0,2078738	0,2733554	0,2442294
A16	0,4673295	0,3104511	0,2906156	0,1872787	0,3150537	0,1319466
A17	0,3091235	0,305296	0,2562909	0,617365	0,3878039	0,0548797
A18	0,0930372	0,1042474	0,1327221	0,1162915	0,1812643	0,1896191
A19	0,0505916	0,1506433	0,1533169	0,3294723	0,2701615	0,0991549

$i = 1, 2, \dots, g$ , maksimize edilecek (*fayda*) kriterilerdir;  $i = g + 1, g + 2, \dots, n$  ise minimize edilecek (*maliyet*) kriterileridir.  $j = 1, 2, \dots, m$  alternatifleri temsil etmektedir ve  $y_j^*$ ;  $j$  alternatifinin toplam sıralama indeksidir.  $y_j^*$ 'nin büyüklük sıralaması nihai durumu verecektir, dolayısıyla en iyi alternatif en yüksek  $y_j^*$  değerine sahipken, en kötü alternatif en düşük  $y_j^*$  değerine sahiptir (Chakraborty, 2011). Sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir.

### Referans Noktası Yaklaşımı

Referans noktası yaklaşımında en iyi kriter değeri referans noktası olarak dikkate alınır (Brauers ve Zavadskas, 2009). Referans noktası yaklaşımı daha gerçekçi ve objektiftir, her bir kriter için aday alternatiflerin en iyi skorları belirlenerek ( $r_i$ ) referans seri oluşturulur. Karar matrisinde verilen normalize değerlerin referans seriden sapmaları Eşitlik (7)'de verilen formülasyona göre hesaplanır. Bu yaklaşımda 8. eşitlikteki gibi hesaplanan ( $P_i$ ),  $i$ . alternatifin tüm dikkate alınan fayda ve maliyet kriterleri için toplam sapmasını ölçmektedir (Karande ve Chakraborty, 2012). Referans değerler ve sonuç değerleri Tablo 8 ve Tablo 9'da gösterilmektedir.

$$d_{ij} = |r_i - x_{ij}^*| \quad (7)$$

$$P_i = \min_{(i)} (\max_{(j)} |r_i - x_{ij}^*|) \quad (8)$$

### Tam Çarpım Formu

Brauers and Zavadskas, MOORA'yı (MULTIMOORA) diğer karışık formlardan ayıran tam çarpım formu için aşağıdaki formülasyonu (Eşitlik 9) geliştirmişlerdir (Karande ve Chakraborty, 2012; Brauers ve Zavadskas, 2010; Brauers ve Zavadskas, 2011). Burada  $A_i = \prod_{j=1}^g x_{ij}^*$ ,  $B_i = \prod_{j=g+1}^n x_{ij}^*$  şeklinde ifade edilmiştir,  $U_i$  ise  $i$ . alternatifin kullanım derecesidir. 9. eşitlikte maksimize edilecek kriter (fayda kriteri) pay olarak, minimize edilecek kriter ise (maliyet kriteri) payda olacak şekilde dikkate alınmıştır (Balezentis vd., 2010).

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (9)$$

Tam çarpım metoduna göre yapılan analiz sonuçları Tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 7.** Oran Sistemi Metodu Sonuç Tablosu

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Skor	Sıralama
A1	0,2280911	0,1970391	0,242561	0,0617365	0,114547	0,372334	<b>1,216308751</b>	<b>8</b>
A2	0,2743953	0,2640553	0,249426	0,1300946	0,1723923	0,3539604	<b>1,444323882</b>	<b>6</b>
A3	0,1393414	0,1970391	0,1807766	0,2488448	0,2834694	0,543693	<b>1,593164301</b>	<b>4</b>
A4	0,0621677	0,1970391	0,1807766	0,1162915	0,1823289	0,1078313	<b>0,846435074</b>	<b>16</b>
A5	0,0698851	0,0526965	0,1876415	0,1846496	0,2332541	0,0842263	<b>0,812353075</b>	<b>18</b>
A6	0,1354827	0,2589002	0,2631558	0,1180443	0,0387804	0,09252	<b>0,906883323</b>	<b>15</b>
A7	0,046733	0,0320761	0,0297481	0,121988	0,2119613	0,0775914	<b>0,520097899</b>	<b>19</b>
A8	0,1817869	0,2434349	0,249426	0,2039301	0,2068156	0,1032379	<b>1,188631278</b>	<b>12</b>
A9	0,120048	0,191884	0,2288312	0,1772003	0,2380449	0,232746	<b>1,188754285</b>	<b>11</b>
A10	0,1856456	0,2795206	0,2768857	0,0981065	0,1014165	0,2708966	<b>1,212471485</b>	<b>10</b>
A11	0,4171666	0,3207613	0,2974805	0,1988908	0,142405	0,1177836	<b>1,494487924</b>	<b>5</b>
A12	0,1123306	0,1609534	0,2013714	0,121988	0,22314	0,3267829	<b>1,146566325</b>	<b>13</b>
A13	0,3592864	0,3104511	0,2768857	0,333416	0,3448635	0,0543693	<b>1,679272007</b>	<b>3</b>
A14	0,2975474	0,2743655	0,2768857	0,1057749	0,1173861	0,1396022	<b>1,211561748</b>	<b>9</b>
A15	0,1123306	0,2125044	0,2082364	0,2078738	0,2733554	0,2442294	<b>1,258529912</b>	<b>7</b>
A16	0,4673295	0,3104511	0,2906156	0,1872787	0,3150537	0,1319466	<b>1,702675161</b>	<b>2</b>
A17	0,3091235	0,305296	0,2562909	0,617365	0,3878039	0,0548797	<b>1,930758882</b>	<b>1</b>
A18	0,0930372	0,1042474	0,1327221	0,1162915	0,1812643	0,1896191	<b>0,817181574</b>	<b>17</b>
A19	0,0505916	0,1506433	0,1533169	0,3294723	0,2701615	0,0991549	<b>1,053340389</b>	<b>14</b>

**Tablo 8.** Referans Değerler ( $r_i$ )

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
	max	max	max	max	max	max
A1	0,2280911	0,1970391	0,242561	0,0617365	0,114547	0,372334
A2	0,2743953	0,2640553	0,249426	0,1300946	0,1723923	0,3539604
A3	0,1393414	0,1970391	0,1807766	0,2488448	0,2834694	0,543693
A4	0,0621677	0,1970391	0,1807766	0,1162915	0,1823289	0,1078313
A5	0,0698851	0,0526965	0,1876415	0,1846496	0,2332541	0,0842263
A6	0,1354827	0,2589002	0,2631558	0,1180443	0,0387804	0,09252
A7	0,046733	0,0320761	0,0297481	0,121988	0,2119613	0,0775914
A8	0,1817869	0,2434349	0,249426	0,2039301	0,2068156	0,1032379
A9	0,120048	0,191884	0,2288312	0,1772003	0,2380449	0,232746
A10	0,1856456	0,2795206	0,2768857	0,0981065	0,1014165	0,2708966
A11	0,4171666	0,3207613	0,2974805	0,1988908	0,142405	0,1177836
A12	0,1123306	0,1609534	0,2013714	0,121988	0,22314	0,3267829
A13	0,3592864	0,3104511	0,2768857	0,333416	0,3448635	0,0543693
A14	0,2975474	0,2743655	0,2768857	0,1057749	0,1173861	0,1396022
A15	0,1123306	0,2125044	0,2082364	0,2078738	0,2733554	0,2442294
A16	0,4673295	0,3104511	0,2906156	0,1872787	0,3150537	0,1319466
A17	0,3091235	0,305296	0,2562909	0,617365	0,3878039	0,0548797
A18	0,0930372	0,1042474	0,1327221	0,1162915	0,1812643	0,1896191
A19	0,0505916	0,1506433	0,1533169	0,3294723	0,2701615	0,0991549
<b>ri</b>	<b>0,46733</b>	<b>0,320761</b>	<b>0,297481</b>	<b>0,617365</b>	<b>0,387804</b>	<b>0,543693</b>

**Tablo 9.** Referans Noktası Yaklaşımı Sonuç Tablosu

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	MAX	MIN (Sıralama)
A1	0,2392384	0,1237222	0,0549195	<b>0,555628</b>	0,2732568	0,171359	<b>0,555628468</b>	<b>19</b>
A2	0,1929342	0,056706	0,0480545	<b>0,48727</b>	0,2154115	0,1897325	<b>0,487270392</b>	<b>9</b>
A3	0,3279882	0,1237222	0,1167039	<b>0,36852</b>	0,1043344	0	<b>0,368520143</b>	<b>1</b>
A4	0,4051618	0,1237222	0,1167039	<b>0,501073</b>	0,2054749	0,4358617	<b>0,501073465</b>	<b>15,16</b>
A5	0,3974445	0,2680648	0,109839	0,4327154	0,1545498	<b>0,459467</b>	<b>0,459466641</b>	<b>8</b>
A6	0,3318468	0,0618611	0,0343247	<b>0,499321</b>	0,3490235	0,451173	<b>0,499320694</b>	<b>14</b>
A7	0,4205966	0,2886852	0,2677325	<b>0,495377</b>	0,1758425	0,4661015	<b>0,495376958</b>	<b>12,13</b>
A8	0,2855426	0,0773264	0,0480545	0,4134349	0,1809883	<b>0,440455</b>	<b>0,440455108</b>	<b>6</b>
A9	0,3472816	0,1288773	0,0686493	<b>0,440165</b>	0,1497589	0,310947	<b>0,440164666</b>	<b>5</b>
A10	0,2816839	0,0412407	0,0205948	<b>0,519258</b>	0,2863873	0,2727964	<b>0,519258466</b>	<b>18</b>
A11	0,0501629	0	0	0,4184741	0,2453988	<b>0,425909</b>	<b>0,425909371</b>	<b>3</b>
A12	0,3549989	0,1598079	0,0961091	<b>0,495377</b>	0,1646638	0,2169101	<b>0,495376958</b>	<b>12,13</b>
A13	0,1080432	0,0103102	0,0205948	0,2839489	0,0429404	<b>0,489324</b>	<b>0,489323679</b>	<b>11</b>
A14	0,1697821	0,0463958	0,0205948	<b>0,51159</b>	0,2704178	0,4040908	<b>0,511590092</b>	<b>17</b>
A15	0,3549989	0,1082569	0,0892442	<b>0,409491</b>	0,1144485	0,2994635	<b>0,40949117</b>	<b>2</b>
A16	0	0,0103102	0,0068649	<b>0,430086</b>	0,0727502	0,4117464	<b>0,430086231</b>	<b>4</b>
A17	0,158206	0,0154653	0,0411896	0	0	<b>0,488813</b>	<b>0,488813302</b>	<b>10</b>
A18	0,3742924	0,2165139	0,1647584	<b>0,501073</b>	0,2065396	0,3540738	<b>0,501073465</b>	<b>15,16</b>
A19	0,4167379	0,170118	0,1441636	0,2878927	0,1176424	<b>0,444538</b>	<b>0,444538122</b>	<b>7</b>

**Tablo 10.** Tam Çarpım Formu Sonuç Tablosu

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	TAM ÇARPIM	
	max	max	max	max	max	max	K1*K2*K3*K4*K5*K6	Sıralama
A1	4,8807339	6,1428571	8,1538462	1	2,9537367	6,8482399	4945,02852	13
A2	5,8715596	8,2321429	8,3846154	2,1072555	4,4453482	6,5102999	24715,73342	5
A3	2,9816514	6,1428571	6,0769231	4,0307571	7,3096085	10	32793,80156	4
A4	1,3302752	6,1428571	6,0769231	1,8836751	4,701576	1,9833116	872,2401321	16
A5	1,4954128	1,6428571	6,3076923	2,9909306	6,0147433	1,5491525	431,8660071	18
A6	2,8990826	8,0714286	8,8461538	1,9120662	1	1,7016949	673,5194108	17
A7	1	1	1	1,9759464	5,4656838	1,4271186	15,41273585	19
A8	3,8899083	7,5892857	8,3846154	3,3032334	5,3329944	1,8988266	8279,785924	9
A9	2,5688073	5,9821429	7,6923077	2,8702681	6,1382816	4,2808344	8915,437766	8
A10	3,9724771	8,7142857	9,3076923	1,5891167	2,61515	4,9825293	6671,714795	11
A11	8,9266055	10	10	3,2216088	3,6720895	2,1663625	22877,23452	6
A12	2,4036697	5,0178571	6,7692308	1,9759464	5,75394	6,0104302	5579,28377	12
A13	7,6880734	9,6785714	9,3076923	5,4006309	8,89273	1	33262,15669	3
A14	6,3669725	8,5535714	9,3076923	1,7133281	3,0269446	2,5676662	6750,03537	10
A15	2,4036697	6,625	7	3,3671136	7,0488053	4,4920469	11884,37316	7
A16	10	9,6785714	9,7692308	3,0335174	8,1240468	2,4268579	56550,29465	1
A17	6,6146789	9,5178571	8,6153846	10	10	1,0093872	54749,53339	2
A18	1,9908257	3,25	4,4615385	1,8836751	4,674123	3,4876141	886,4123375	15
A19	1,0825688	4,6964286	5,1538462	5,3367508	6,9664464	1,8237288	1776,655242	14

## 2.5 MultiMoora

Multi-Moora ilk kez 2010 yılının başlarında Brauers ve Zavadskas tarafından ortaya atılmıştır. Multi-Moora, Moora yöntemlerinin ve çok amaçlı tam çarpan form-

larının bir dizisi şeklindedir. Temelde amaç, baskın alternatifleri belirlemek ve bu doğrultuda karar vericiye yön vermektir.

**Tablo 11.** Multi-Moora Analizi

Alternatifler	Oran Sistemi Metodu	Referans Nokta Yaklaşımı	Tam Çarpım Formu	Multi-Moora
A1	8	19	13	13
A2	6	9	5	6
A3	4	1	4	4
A4	16	15,16	16	16
A5	18	8	18	18
A6	15	14	17	17
A7	19	12,13	19	19
A8	12	6	9	9
A9	11	5	8	8
A10	10	18	11	11
A11	5	3	6	5
A12	13	12,13	12	12
A13	3	11	3	3
A14	9	17	10	10
A15	7	2	7	7
A16	2	4	1	1
A17	1	10	2	2
A18	17	15,16	15	15
A19	14	7	14	14

Kesin baskınlık, tüm yöntemlerde aynı sıranın elde edilmesidir “örneğin (1-1-1) durumu”. Genel baskınlık ise üç yöntemden ikisinin baskın olma durumudur.  $a < b < c < d$  olmak üzere ( $a=1$ . sırada ve  $d=4$ . sırada olduğunu varsayalım). (d-a-a), (c-b-b)’ye; (a-d-a), (b-c-b)’ye ve (a-a-d), (b-b-c)’ye genellikle baskındır (Brauers ve Zavadskas, 2011).

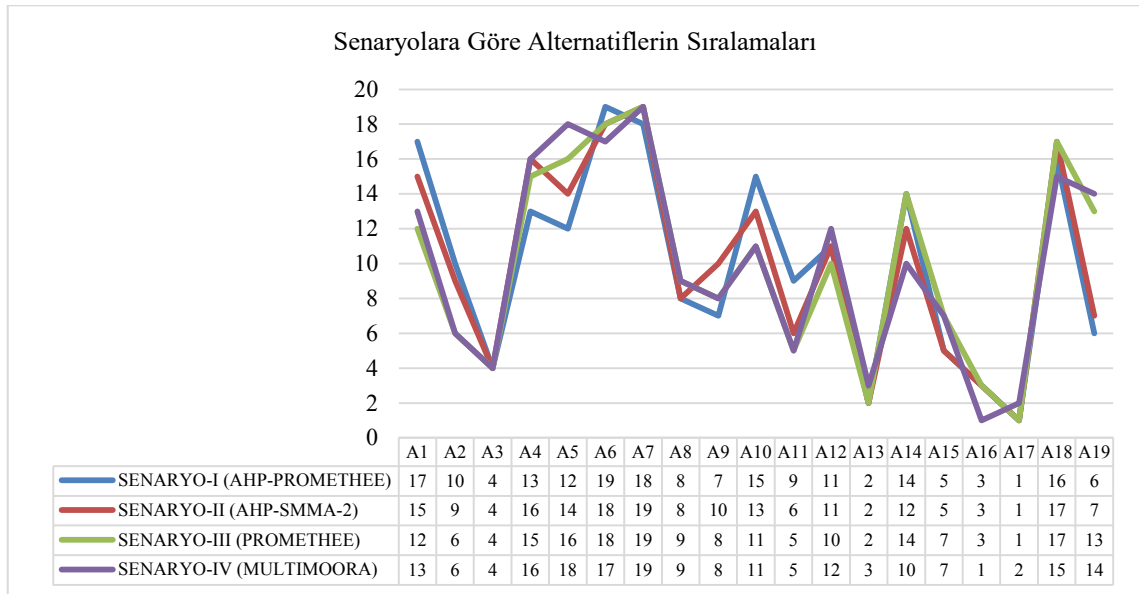
Çalışmada, alternatif bazında üç yöntemden elde edilen sonuçlara göre, en az iki yöntemin aynı sıralamayı verdiği durumlarda, ilgili alternatifin o sıraya atanması tercih edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, (d-a-a) a. sıraya; (c-b-b) ise b. sıraya atanacak şekilde Multi-Moora analizi gerçekleştirilmiş ve alternatiflerin sıralama sonuçları Tablo 11’de gösterilmiştir. Her bir alternatif için uygulanan yöntemlerdeki baskın sıraları dikkate alınarak sıralama yapılmıştır.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye’deki on dokuz imalat sanayi sektörü, ortalama çalışan sayısı, istihdam, katma değer, toplam İV artışı, toplam TFV artışı ve işyeri sayısı kriterlerine bağlı olarak sıralanmıştır. Bu amaçla, etkin sıralama yöntemlerinden PROMETHEE, SMAA-2 ve

MOORA metotları kullanılmıştır. Sonuçların doğruluğunu pekiştirmek adına kullanılan bu yöntemlerle dört farklı senaryo oluşturulmuştur. İlk iki senaryoda, AHP ile belirlenen kriter ağırlıkları dikkate alınırken, diğer senaryolarda kriterlerin eşit öneme sahip olduğu varsayılmıştır. Senaryolardan elde edilen sonuçlar Şekil 9’da görülmektedir. Şekil 9 incelendiğinde, yapılan analizler sonucunda dört senaryo için de imalat sanayi sektörlerinden “Diğer Ulaşım Araçları”, “Bilgisayar, Elektronik ve Optik” ile “Motorlu Kara Taşıtı” alternatiflerinin sıralamada ilk üçte yer aldığı görülmektedir. Buna ek olarak üçüncü alternatif olan “Giyim” tüm senaryolara göre sıralamada dördüncü sırada yer almaktadır. Altıncı ve yedinci alternatifler olan “Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri” ile “Kayıtlı Medya”nın dört senaryo için de son sıralarda yer aldığı görülmektedir. Ayrıca diğer alternatiflerin sıralamada aldıkları değerlerin birbirlerine yakın olduğunu söylemek mümkündür.

İlk üç senaryo için birinci; dördüncü senaryo için ikinci sırada yer alan diğer ulaşım araçlarının imalatının faaliyet alanı oldukça kapsamlıdır. Diğer ulaşım araçlarının imalatı, deniz taşıtları, gemi, eğlence ve sportif amaçlı teknelerin yapımı ve onarımı, demiryolu



Şekil 9. Senaryo-I-II-III-IV İçin Alternatiflerin Sıralamaları

ve tramvay lokomotifleri ile vagonlarının imalatı, hava ve uzay taşıtları imalatı, askeri savaş araçlarının imalatı, motosiklet ve bisiklet imalatı, engelli aracı imalatı gibi alt faaliyetleri kapsamaktadır (T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2013).

Çalışmada kullanılan veriler, TÜSİAD İmalat Sanayi Sektörleri Rekabet Göstergeleri Raporundan elde edilmiş olup, bu rapor TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından hazırlanan Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri veri setinin 2005-2011 yıllarına ait verilerini kapsamaktadır (TÜSİAD, 2014).

2011 yılı verilerine göre, diğer ulaşım araçları ihracatı coğrafi bölgeler olarak incelendiğinde en büyük tedarikçinin Avrupa Birliği bölgesi olduğu görülmektedir. Bu durumun en büyük nedeni söz konusu bölgenin diğer ulaşım araçları ihracatında başta gelen ülkelerden olan Fransa, Almanya ve İngiltere ve İtalya'yı içermesidir. Ayrıca, Diğer Avrupa içinde sınıflandırılan Türkiye'nin 2011 yılında söz konusu bölgenin ihracatının %13'ünü yaptığı tespit edilmiştir. Diğer ulaşım araçları ithalatı, coğrafi bölgeler olarak incelendiğinde ise en büyük pazarın AB-27 bölgesi olduğu görülmektedir. Bu durumun en büyük nedeni söz konusu bölgenin diğer ulaşım araçları ithalatında başta gelen ülkelerden olan Almanya, Fransa, İngiltere ve İtalya'yı içermesidir (T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2013).

Türkiye son yıllarda kent içi ulaşımına verdiği hızlı yatırım projeleri ile birçok ilde raylı ulaşım araçlarını faaliyete geçirmiştir ve bu yatırımlar devam etmektedir. Raylı ulaşım araçlarında ağırlıklı olarak yabancı markalar kullanılmaktadır. Yerli üretimin desteklenmesi ile ülkemizin bu sektördeki ihracat oranının daha da artması sağlanabilir.

Savunma sanayii, bütünsel olarak sanayileşmenin ve kalkınmanın önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bilindiği gibi, 1980'lerde Türkiye yapısal bir dönüşüm sürecine girmiş, birçok sektör gelişen koşullar çerçevesinde yeniden örgütlenmiştir. Türk Silahlı Kuvvetleri'nin mali boyutu büyüyen ve teknolojik gereksinimi artan talebine çözüm bulmak için yeni bir model geliştirilmiştir. Bu çerçevede, 1985 yılında mali kaynağın sağlanması için Savunma Sanayii Fonu oluş-

turulmuş, savunma sanayii projelerini yürütmek için Savunma Sanayii Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (SAGEB) yapılandırılmıştır (Dünya Gazetesi, 2015).

Bugün kendi teknolojisi ve tasarımına ağırlık vermeye başlayan Türk Savunma Sanayii, TSK'nın ihtiyaçlarının yüzde 50'sinden fazlasını karşılamayı başarmaktadır. Tamamı Türk tasarımı olan Milli piyade tüfeği, Türkiye'nin insansız hava aracı ANKA ve Milli tank (ALTAY) ile Milli helikopter (ATAK) projeleri, Türk savunma sanayinin bugün ulaştığı noktayı ortaya koymaktadır. Türkiye savunma sanayi sektörü, ürettiğinin üçte birini ihraç eder duruma gelmiştir. İhracatta, ürün grupları bazında hava araçları ilk sırada yer alırken, kara araçları ikinci, silah sistemleri ise üçüncü konumdadır (Dünya Gazetesi, 2015). Bu da çalışmada elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

Diğer ulaşım araçları imalatı alt faaliyetlerinden savunma sanayi ürünlerinin imalatı ve ihracatı nitelikli insan kaynağı, araştırma enstitüleri, AR-GE laboratuvarları ve kobi gücü ile desteklenerek Türkiye'nin savunma sanayiindeki yerli oranını artırması sağlanabilir. Aynı şekilde tüm senaryolarda ikinci, üçüncü ve dördüncü sırada yer alan Bilgisayar, Elektronik ve Optik", "Motorlu Kara Taşıtı" ve "Giyim" sektörlerindeki desteklerin artırılarak istihdam, katma değer, toplam verimlilik artışı gibi kriterler bazında daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

## TEŞEKKÜR

2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamındaki desteklerinden dolayı Tübitak'a teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

1. **Achebo, J., Odinikuku, W. E.** 2015. "Optimization of Gas Metal Arc Welding Process Parameters Using Standard Deviation (SDV) and Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)," Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, vol. 3 (4), p. 298-308.
2. **Akan, Y., Çalmaşur, G.,** 2011. "Etkinliğin Hesaplanmasında Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Yaklaşımı Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Tra1 Alt Bölgesi Üzerine Bir Uygulama)," Atatürk Ü. IIBF Dergisi, 10. Ekonometri

- ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, s. 13-32.
3. **Akncılar, A., Dağdeviren, M.**, 2014. "A Hybrid Multi-Criteria Decision Making Model to Evaluate Hotel Websites," *International Journal of Hospitality Management*, vol. 36, p. 263-271.
  4. **Akkaya, G., Turanoğlu, B., Öztaş, S.** 2015. "An Integrated Fuzzy AHP and Fuzzy MOORA Approach to the Problem of Industrial Engineering Sector Choosing," *Expert Systems with Applications*, vol. 42 (24), p. 9565-9573.
  5. **Altuntas, S., Dereli, T., Yılmaz, M.K.**, 2015. "Evaluation of Excavator Technologies: Application of Data Fusion Based MULTIMOORA Methods," *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 21 (8), p. 977-997.
  6. **Ayaş, N., Çeştepe, H.**, 2010. "Dış Ticaretin İstihdam Üzerindeki Etkileri: Türk İmalat Sanayi Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi," vol. 15 (2), p. 259-281.
  7. **Ayaş, N.**, 2011. "Türk İmalat Sanayi Sektörlerinin Stratejik Önem Analizi," *Ege Akademik Bakış*, cilt 11 (4), s. 525-535.
  8. **Baležentis, A., Valkauskas, R., Baležentis, T.** 2010. "Evaluating Situation of Lithuania in the European Union: Structural Indicators and Multimooora Method," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 4, p. 578-602.
  9. **Brauers, W. K. M., Ginevicius, R.**, 2009. "Robustness in Regional Development Studies," *The case of Lithuania, Journal of Business Economics and Management*, vol. 10 (2), p. 121-140.
  10. **Brauers, W. K. M., Ginevicius, R.**, 2010. "The Economy of The Belgian Regions Tested with MULTIMOORA", *Journal of Business Economics and Management*, vol. 11 (2), p. 173-209.
  11. **Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.**, 2006. "The MOORA Method and its Application to Privatization in a Transition Economy," *Control and Cybernetics*, vol. 35 (2), p. 445-469.
  12. **Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.**, 2008. "Multi-Objective Optimization in Location Theory with a Simulation for a Department Store," *Transformations in Business & Economics* vol. 7 (3), p. 163-183.
  13. **Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., Peldschus, F.** ve **Turskis, Z.**, 2008. "Multi-Objective Decision-Making for Road Design," *Transport* vol. 23 (3), p. 183-193.
  14. **Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.** 2009. "Robustness of the Multiobjective MOORA Method with a Test for the Facilities Sector," *Technological and Economic Development of Economy: Baltic J on Sustainability*, vol. 15 (2), p. 352-375.
  15. **Brauers, W. K. M., Zavadskas E. K.** 2010. "Project Management by MULTIMOORA as an Instrument for Transition Economies," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 16 (1), p. 5-24.
  16. **Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.** 2011. "MULTIMOORA Optimization Used to Decide on a Bank Loan to Buy Property," *Technol. Econ. Dev. Econ.* vol. 17 (1), p. 174-88.
  17. **Chakraborty, S.** 2011. "Application of the MOORA Method for Decision Making in Manufacturing Environment," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 54 (9-12), p. 1155-1166.
  18. **Çalış, A., Özçelik G., Gencer, C.** (2015). "Türkiye'deki İmalat Sanayi Sektörlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi," *Uluslararası Katılımlı Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 14-16 Ekim, Ege Üniversitesi, İzmir.
  19. **Durbach, I., Lahdelma, R., Salminen, P.**, 2014. "The Analytic Hierarchy Process with Stochastic Judgements," *European Journal of Operational Research*, vol. 238 (2), p. 552-559.
  20. **Dünya Gazetesi**, 2015. "Savunma Sanayiine Bakış", <http://www.istekobi.com.tr/sectorler/savunma-sanayiine-bakis-s27/sectore-bakis/savunma-sanayiine-bakis-b27.aspx>, son erişim tarihi: 25.01.2016.
  21. **Ehrgott, M., Figueira, J. R., Greco, S.** (Eds.) 2010. *Trends in Multiple Criteria Decision Analysis*, Springer, New York, USA.
  22. **Karabay, S., Köse, E., Kabak, M.** 2014. "Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi," *Ege Akademik Bakış*, cilt 14 (3), s. 361-369.
  23. **Karande, P., Chakraborty, S.** 2012. "Application of Multi-objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) Method for Materials Selection," *Materials and Design*, vol. 37, p. 317-324.



24. **Kracka, M., Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.** 2010. "Ranking Heating Losses in a Building by Applying the MULTIMOORA," ISSN 1392 – 2785 Inzinerine Ekonomika Engineering Economics, vol. 21 (4), p. 352-359.
25. **Lahdelma, R., Hokkanen J., Salminen, P.**, 1998. "SMAA-Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis," European Journal of Operational Research, vol.106 (1), p. 137-143.
26. **Lahdelma, R., Salminen, P.** 2001. "SMAA-2: Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis for Group Decision Making," Operations Research, vol. 49 (3), p. 444-454.
27. **Macharis, C., Springael, J., Brucker, K. D., Verbeke, A.** 2004. "PROMETHEE and AHP: The Design of Operational Synergies in Multicriteria Analysis.: Strengthening PROMETHEE with Ideas of AHP," European Journal of Operational Research, vol. 153 (2), p. 307-317.
28. **Makkonen, S., Lahdelma, R., Asell, A. M., Jokinen, A.** 2003. "Multi Criteria Decision Support in the Liberalized Energy Market," Journal of Multi Criteria Decision Analysis, vol. 12 (1), p. 27-42.
29. **Okul, D.** 2012. "Stokastik Çok Kriterli Karar Vermede Yeni Bir Yöntem: SMAA-TOPSIS ve Bir Uygulama," Yüksek Lisans Tezi, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Kara Harp Okulu.
30. **Okul, D., Gencer, C., Aydoğan, E. K.** 2013. "A Method Based On SMAA-TOPSIS For Stochastic Multi-Criteria Decision Making and a Real-World Application," International Journal of Information Technology & Decision Making, vol. 13 (5), p. 1-22.
31. **Özçelik, G., Aydoğan, E. K., Gencer C.** 2014. "A Hybrid Moora-Fuzzy Algorithm for Special Education and Rehabilitation Center Selection," Journal of Military and Information Science, vol. 2 (3), p. 53-61.
32. **Patel, J. D., Maniya, K. D.** 2015. "Application of AHP/MOORA Method to Select Wire Cut Electrical Discharge Machining Process Parameter to Cut EN31 Alloys Steel with Brasswire," Materials Today: Proceedings, vol. 2 (4-5), p. 2496–2503.
33. **Stanujkic, D., Magdalinovic, N., Jovanovic, R., Stojanovic, S.** 2012. "An Objective Multi-Criteria Approach to Optimization Using MOORA Method and Interval Grey Numbers," Technological and Economic Development of Economy, vol. 18 (2), p. 331-363.
34. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı. 2013. Risk Yönetimi ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ekonomik Analiz ve Değerlendirme Dairesi, Diğer Ulaşım Araçları Sektörü Raporu.
35. **Taha, Z., Rostam, S.**, 2012. "A Hybrid Fuzzy AHP-PROMETHEE Decision Support System for Machine Tool Selection in Flexible Manufacturing Cell," Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 23 (6), p. 2137-2149.
36. **Tervonen, T., Lahdelma, R.**, 2007. "Implementing Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis," European Journal of Operational Research, vol. 178 (2), p. 500-513.
37. **Turcksin, L., Bernardini, A., Macharis, C.** 2011. "A Combined AHP-PROMETHEE Approach for Selecting the Most Appropriate Policy Scenario to Stimulate a Clean Vehicle Fleet," Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 20, p. 954-965.
38. TÜSİAD. 2014. İmalat Sanayi Sektörleri Rekabet Göstergeleri Raporu.
39. **Wang, J. J., Yang, D. L.** 2007. "Using a Hybrid Multi-Criteria Decision aid Method for Information Systems Outsourcing," Computers & Operation Research, vol. 34 (12), p. 3691-3700.
40. **Yalcin, N., Bayrakdaroglu, A., Kahraman, C.** 2012. "Application of Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methods for Financial Performance Evaluation of Turkish Manufacturing Industries," Expert Systems with Applications, vol. 39 (1), p. 350-364.