

LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE AĞIR TİCARİ ARAÇ SEÇİMİ PROBLEMİNE ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR YAKLAŞIM

Mehmet KABAK*, Ömer Osman UYAR

*Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, Kara Harp Okulu, 06654 Ankara
Savunma Bilimleri Enstitüsü, Kara Harp Okulu, 06654 Ankara
mkabak@kho.edu.tr, ouuyar@kho.edu.tr

(Geliş/Received: 08.03.2012; Kabul/Accepted: 28.12.2012)

ÖZET

Ulaştırma sektöründe faaliyet gösteren lojistik firmaların temel elamanlarından biri sahip oldukları yük taşıma araçlarıdır. Özellikle firma bünyelerine yeni araç alınması veya araç filosunun tamamen yenilenmesi söz konusu olduğunda, karar verici konumundaki yöneticiler için araç seçim problemleri, çok fazla ölçüte bağlı olarak değerlendirilmesi nedeniyle karar verilmesi gereken zor problemlerdir. Firmalar için çok büyük bir öneme sahip karar verme problemlerinin akılcı bir biçimde çözülebilmesi için bilimsel yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada, bir firmanın araç filosuna katmayı düşündüğü yeni yük aracı alım sürecinin değerlendirilebilmesi için gereken seçim ölçütlerinin belirlenmesi ve bu ölçütlerin önem ağırlıkları doğrultusunda en iyi aracın seçilmesi modellenmiştir. Ağır ticari araç seçimi için önerilen 20 ölçütün ağırlıkları analitik ağ süreci (AAS) ile belirlenmiş ve araçların sıralaması PROMETHEE yöntemi ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç seçimi, ÇÖKV, AAS, PROMETHEE.

A MULTI CRITERIA APPROACH FOR HEAVY COMMERCIAL VEHICLE SELECTION PROBLEM IN LOGISTICS SECTOR

ABSTRACT

One of the basic elements of logistics firms operating in the transportation sector is their load carrying vehicles. Especially, in the case of taking new vehicles for a company or a total renewal of vehicle fleet is concerned, vehicle selection problems are too difficult for the managers who are at the position of decision making, because it depends on the evaluation of multi criteria. In order to be solved in a rational manner, scientific methods should be used to solve the decision making problems which have great importance for the firms. In this study, the determination of the selection criteria for the process of buying a new vehicle which a firm intends to add it to vehicle fleet and choosing the best vehicle in accordance with these importance weights of criteria has modeled. The importance weights of 20 criteria which are proposed for the selection of heavy commercial vehicles are determined by analytic network process (ANP), and vehicles are ranked by using PROMETHEE method.

Keywords: Vehicle selection, MADM, ANP, PROMETHEE.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Lojistik, müşterilerin gereksinimlerini karşılamak üzere, her türlü ürün, hizmet ve onlarla ilgili bilginin başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar etkin ve verimli bir şekilde taşınması, depolanması, denetlenmesi ve planlanması faaliyetlerinden oluşmaktadır. Bu süreçte en önemli faaliyetlerden biri lojistik firmalarının maliyet giderlerinin büyük bir

kısmını oluşturan, ürünlerin taşınması hizmetidir. Firmanın müşteri kaybetmemek ve yeni müşteriler kazanmak için ürünleri istenilen yer ve zamanda kaliteli bir şekilde hazır edebilmesi ve hizmeti en düşük maliyetle yerine getirebilmesi, büyük oranda araç filosunu uygun ağır ticari araçlar ile oluşturmaya bağlıdır.

Ağır ticari araçlar alım, idame ve bakım maliyetleri yüksek olan karayolu ulaştırma araçlarıdır. Doğru yapılmayan bir seçim firmaların maliyetlerini arttırabileceği gibi müşteri kaybetmelerine de yol açabilmektedir. Bundan dolayı firmalar için satın alma sürecinde doğru karar vererek en iyi aracı seçmek oldukça önemlidir.

Yeni bir araç satın alma, firmaların tercihlerini yansıtan karmaşık bir karar verme işlemidir [1]. Hızla büyüyen günümüz lojistik sektöründe işletmelerin rekabet gücünü arttırabilmeleri, karşılaşılan problemler karşısında kararların hızlı ve etkin bir şekilde verilmesine bağlıdır [2]. Karar verme, tek ölçüte sahip problemlerin çözümü için oldukça kolay bir işlemdir. Ancak karar vericiler, birçok ölçüte sahip seçeneklerin değerlendirilmesi aşamasında, seçim ölçütleri ile önem ağırlıklarının belirlenmesi ve ölçütler arasındaki çatışmalar gibi pek çok problemle karşılaşılır. Problemlerin üstesinden gelebilmek için doğru yöntemleri kullanarak karar verme işlemini yapmak zorundadırlar.

Bu kararları alırken, karar vericiler doğru ve güvenilir verilere ve değerlendirme süreçlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden, karar verme süreçlerine çok sayıda nitel ve nicel faktörü bir arada değerlendirebilen bilimsel yöntemlerin dâhil edilmesi sonuçların daha güvenilir olmasına yardımcı olur [3]. Bundan dolayı, özellikle lojistik sektöründe en büyük işlem hacmine sahip ulaştırma faaliyetlerinin icrasında, ana aktör olan ağır ticari araçların alımı için karar verme işlemi, çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) yöntemlerinin kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bilimsel yöntemler içermeyen, genellikle çevre algısı ve sadece fiyat faktörü değerlendirilerek yapılan araç satın alma işleminin, sürecin tüm boyutlarıyla ele alınmaması ve bu nedenle yanlış araç seçilmesine yol açmasından dolayı, lojistik firmaların maliyet giderlerini artırarak rekabet gücünü oldukça zayıflatacağı ve lojistik sektöründe ayakta kalabilmelerini zorlaştıracacağı öngörülmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki kısmını oluşturan 2'nci bölümde literatür araştırmasının sonuçları, 3'üncü bölümde Analitik Ağ Süreci (AAS) ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod of Enrichment Evaluation) yöntemleri açıklanmıştır. 4'üncü bölümde ise önerilen bütünleşik model, bir lojistik firmasında uygulanmış ve 5'inci bölümde çalışmanın sonuçları tartışılarak gelecek çalışma alanları belirtilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW)

Lojistik firmalarında önemi büyük ve aynı zamanda maliyeti yüksek olan araç seçimi zordur ve birçok seçim ölçütü içermektedir. Araç seçimi konulu

bilimsel çalışmalar genelde hususi araç seçimine yoğunlaşmıştır. Literatür incelendiğinde, lojistik firmaların temel elemanı olan ağır ticari araçlarının seçimine yönelik yapılan bir çalışma bulunamamıştır. Literatürde daha çok hususi araç seçim ölçütleri değerlendirilerek yapılan, matematiksel ve istatistiksel yöntemleri içeren çalışmalar vardır.

Konu ile ilgili çalışmalar kısaca şu şekildedir. Yousefi ve Vencheh [4] yaptıkları çalışmada, farklı otomobil seçeneklerinden en iyisini seçmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemini kullanmış ve çalışma sonunda otomobil seçiminde en önemli ölçütlerin sırasıyla güvenlik, fiyat ve yedek parça bulunabilirliği olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bozdemir ve Yılmaz [5] tüketicilerin araç alırken karşılaştıkları problemlere sistematik bir çözüm yaklaşımı hedeflemiş ve bu amaçla bir araç seçim modeli geliştirmiştir. Yaptıkları çalışmada araç satın alırken değerlendirilen bazı ölçütleri fiyat, motor gücü, konfor, yakıt tüketimi, güvenlik ve erişebilecek hız olarak belirtmişlerdir. Byun [1] otomobil satın alma modeli seçimine yönelik olarak yapmış olduğu çalışmada AHS yöntemini kullanmış ve çalışma sonunda en önemli araç seçim ölçütünün güvenlik olduğunu, bunu sırasıyla araç performansı ve ekonomik faktörlerin takip ettiği sonucuna ulaşmıştır. Terzi ve ark. [6] otomobil satın alma probleminde işlemin, satın alıcı için ifade ettiği önem, kısıtlar ve kişisel değer yapısının yanında, satıcının teknik bilgi tabanının da önemli olduğunu ifade etmiştir. Çalışmalarında bahsedilen bu iki yönlü etkiyi bir araya getirmek suretiyle AHS ve hedef programlama yöntemlerinden yararlanarak örnek bir karar destek modeli sunmuşlardır. Güngör ve İşler [7] otomobil satın almak isteyen tüketicinin kendisi için en iyi olan arabayı seçebilmesi amacıyla yaptıkları çalışmayı; tüketici bütçesine ve kişisel beğenisine uygun düşen otomobillerin belirlenmesi, belirlenen otomobiller için AHS uygulanması ve tüketicinin subjektif değerlerine ilişkin bulanık yapıya uygun çözümler dikkate alınarak, en iyi otomobilin seçilmesi esasına göre yapmışlardır.

Vrkljan ve Anaby [8] tüketicilerin araç satın almaya karar verdiklerinde hangi araç özelliklerini göz önüne aldıklarını belirlemeye yönelik çalışmalarını, istatistiksel yöntemler kullanarak yapmış ve araştırma sonunda en önemli araç seçim ölçütü araç güvenliği olurken en az öneme sahip ölçüt ise performans ve tasarım olarak sonuçlanmıştır. Ballı ve ark. [9] yaptıkları çalışmada en iyi otomobil seçimi problemi için bulanık PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında insanların otomobil alırken sadece fiyatına bakmadıklarını bunun yanında güvenlik, yakıt tüketimi, performansı gibi ölçütleri de göz önünde bulundurdıklarını belirtmiş ve 7 otomobil modelini bu ölçütlere göre sözel ifadeleri kullanmak suretiyle değerlendirmişlerdir. Yi ve ark. [10] müşterilerin üst

Tip	Parametreler	Fonksiyon	Grafik, $p(x)$
Birinci Tip (olağan)	-	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip (U-tipi)	l	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$	
Üçüncü Tip (V-tipi)	m	$p(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	
Dördüncü Tip (Seviyeli)	q, p	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq q + p \\ 1, & x > q + p \end{cases}$	
Beşinci Tip (Lineer)	s, r	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ (x-s)/r, & s \leq x \leq s+r \\ 1, & x \geq s+r \end{cases}$	
Altıncı Tip (Gaussian)	σ	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x \geq 0 \end{cases}$	

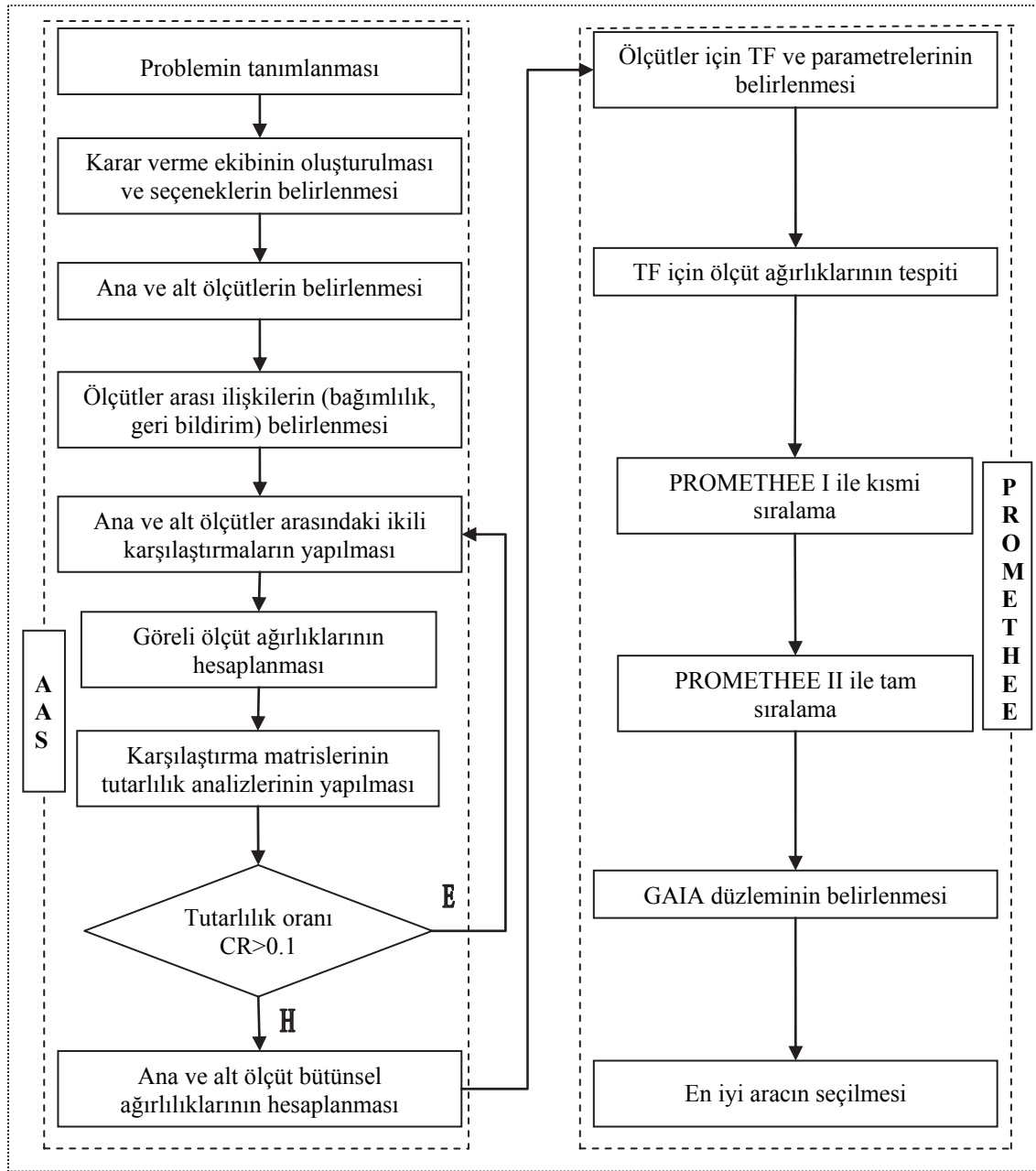
Şekil 1. Tercih fonksiyonları (Preference functions)

sınıf araç modellerinden birini satın almaya karar verirken hangi seçim ölçütlerinin göz önüne alınması gerektiğini ele alan “Tüketici seçim davranış modeli” oluşturarak bir çalışma ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada ağır ticari araç seçim problemi, ÇÖKV yöntemlerinden olan ve literatürde farklı alanlarda yaygın bir şekilde kullanılan AAS ve PROMETHEE yöntemleri ile ele alınmıştır. Son yıllarda ÇÖKV problemlerinde sıklıkla kullanılan AAS’ne ilişkin farklı alanlarda yapılan ve melez AAS yöntemlerini de içeren çalışmalardan bazıları, tedarikçi seçimi [11,12], ulaştırma modlarının seçimi [13], proje seçimi [14], yakıt seçimi [15], lojistik servis sağlayıcı seçimi [16], yer seçimi [17], malzeme seçimi [18],

öğretim üyelerinin iş yükünün belirlenmesi [19], yazılım seçimi [20], personel seçimi [21], deniz ulaşım aracı seçimi [22] olarak literatürde yer almaktadır.

Literatür incelediğinde, PROMETHEE yönteminin, lojistik ve ulaştırma sektöründen çevre ve enerji yönetimine, üretim ve planlama alanından finans ve teknoloji yönetimine kadar birçok farklı alanda kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları, proje seçimi [23], yer seçimi [24], tedarikçi seçimi [25,26], yol seçimi [27], yenilenebilir enerji seçimi [28], strateji seçimi [29], donanım seçimi [30], portföy seçimi [31] ve üretim sistemleri seçimi [32] olarak literatürde yer almaktadır.



Şekil 2. Ağır ticari araç seçimine ilişkin akış şeması (Flow chart related heavy commercial vehicle selection)

Daha önce belirtildiği üzere, literatürde lojistik firmaların temel elemanı olan ağır ticari araçlarının seçimine yönelik bir çalışma bulunamamıştır. Firmalara ağır ticari araç seçimini bilimsel süreçler izleyerek yapabilmeleri amacıyla ele alınan bu çalışmada, bir lojistik firmasının mevcut araç filosuna katmayı düşündüğü araçların, karar verme sürecini oluşturan araç seçimi problemi, AAS ve PROMETHEE yöntemleri ile incelenmiş ve en iyi seçeneğin belirlenmesine çalışılmıştır. Uygulamada 8 araç, 5 ana ölçüt ve 20 alt ölçüt bazında incelenmiştir. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde AAS yöntemi kullanılmış ve araçların sıralaması PROMETHEE yöntemi ile yapılmıştır. ÇOKV problemi olan araç seçimine ilişkin uygulama adımları ile kullanılan yöntemleri gösteren akış şeması Şekil 2’de verilmiştir.

3. YÖNTEMLER (METHODS)

3.1. Analitik Ağ Süreci (The Analytic Network Process)

AAS, AHS’nin uzantısı olarak Saaty [33] tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir. Karar verme problemlerinin birçoğu, daha yüksek seviyedeki elemanlarla daha düşük seviyedeki elemanlar arasındaki ilişki ve bağlılık sebebiyle hiyerarşik olarak yapılandırılmazlar. AAS yönteminde karar verme problemi bir ağ yapısı ile modellenmekte ve modelleme aşamasındaki faktörler arasındaki bağımlılıklar ve faktör içindeki iç bağımlılıklar dikkate alınmaktadır. Bu nedenle AAS yöntemi karar verme problemlerinin daha doğru bir şekilde çözülmesini sağlamaktadır [12].

AAS ile karar verme problemlerinin çözümü Şekil 2'deki AAS bölümünde gösterilen adımların uygulanmasıyla yapılmaktadır. Ayrıntılı bilgiler çeşitli çalışmalarda bulunabilir [33,12,34].

3.2. PROMETHEE Yöntemi (The PROMETHEE method)

PROMETHEE yöntemi Brans [35] tarafından literatüre kazandırılan ve daha sonra Vincke ve Brans [36] tarafından geliştirilen, son yıllarda oldukça yaygın olarak kullanılan ÇÖKV yöntemlerinden biridir. PROMETHEE, birbiriyle çatışan ölçütler temelinde, ölçütlerin belirlenmesi ve sonlu sayıdaki seçeneğin sıralanması esasına dayanan bir yöntemdir. Ölçütler için Şekil 1'de gösterilen 6 farklı tercih fonksiyon tanımlanabilir. Aynı zamanda, diğer ÇÖKV yöntemleri ile karşılaştırıldığında, kavram ve uygulama temelinde oldukça basit bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır [37,38].

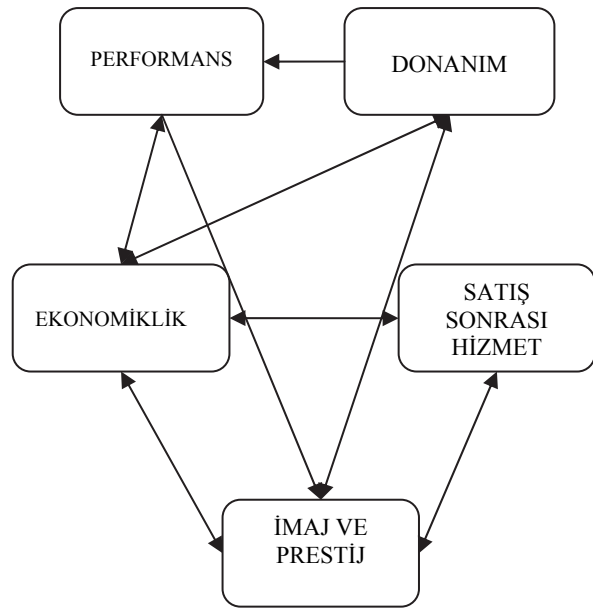
PROMETHEE yöntemi, seçeneklerin hem kısmi (PROMETHEE I), hem de tam sıralamasına (PROMETHEE II) imkân vermesinin yanında, karar probleminin geometrik temsili, iki boyutlu bir düzlemde (Graphical Analysis for Interactive Assistance-GAIA) gösterebilmekte ve duyarlılık analizlerinin sayılar ve şekillerle yapılmasına olanak sağlamaktadır [39]. Hesaplamalar elle yapılacağı gibi "Decision Lab 2000" programı yardımıyla yapılabilir. PROMETHEE yöntemi ile ilgili ayrıntılı bilgiler çeşitli çalışmalarda bulunabilir [36,37,40,41].

4. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada Ankara ilinde bulunan bir lojistik firması için en iyi ağır ticari araç seçimi problemi ele alınmıştır. Firmanın hâlihazırda 18 adet ağır ticari aracı bulunmaktadır. Firma bunlardan üretim yılı eski olan 3 âdetini elden çıkararak yerine 5 âdet yeni araç almayı planlamakta ve araç filosunu 20 âdete çıkarmayı düşünmektedir. Uygulamada araç seçim problemi için ilk olarak, lojistik firmasında görev yapan 1 yönetici, 1 araç bakım görevlisi, 2 şoför ve bu makalenin yazarları olmak üzere 6 kişilik uzman ekip oluşturulmuş, değerlendirilecek olan 8 farklı marka (BMC, DAF, FORD, MAN, MERCEDES, RENAULT, SCANIA, VOLVO) araç belirlenmiştir. Daha sonra ise araç seçim probleminde kullanılacak olan ölçütler belirlenmiştir. Araç seçim ölçütlerinin belirlenmesinde; literatür çalışmalarından [1,4,6,7] ve ulaşılan farklı yük taşıma firmalarından elde edilen bilgilerden faydalanılmıştır. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan AAS'de ikili karşılaştırmaların geometrik ortalaması, araç seçiminde kullanılan PROMETHEE yönteminde ise değerlendirmeler fikir birliği ile yapılmıştır. Bu kapsamda değerlendirilecek olan araç seçim ölçütleri Tablo 1 ve ölçütler arası bağımlılıkları gösteren durum Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Araç seçim ölçütleri (Criteria using in vehicle selection)

Ana Ölçütler	Alt Ölçütler
Performans (P)	P1 Motor özellikleri
	P2 Yakıt tank kapasitesi
	P3 Hareket sığası
	P4 Taşıma kapasitesi
	P5 Şanzıman tipi
Donanım (D)	D1 Güvenli sürüş
	D2 Kullanım kolaylığı
	D3 Teknolojik faktörler
Ekonomiklik (E)	E1 Fiyat
	E2 Yakıt tüketimi
	E3 2. El fiyatı
	E4 Ödeme kolaylığı
	E5 Bakım maliyeti
	E6 Garanti süresi/km.
	E7 Filoya benzerlik
İmaj ve Prestij (I)	I1 Marka
	I2 Tasarım
Satış Sonrası Hizmet (S)	S1 Servis istasyon sayısı
	S2 Yedek parça bulunabilirliği
	S3 Ortalama tamir süresi



Şekil 3. Ölçütler arası bağımlılık (Dependence between criteria)

4.1. AAS Hesaplamaları (ANP calculations)

Bu bölümde araç seçiminde kullanılacak olan ölçütlerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde Saaty [33] tarafından literatüre kazandırılan 1-9 ölçekli gösterge çizelgesi ile ikili karşılaştırma matrislerinden faydalanılmıştır. İkili karşılaştırma matrisleri için değerlendirmeler, elde edilen verilerin geometrik ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Saaty [33] yapılan ikili

karşılaştırmalarda birden çok karar verici olması durumunda geometrik ortalamanın tutarlı bir sonuç verdiğini söylemektedir. Ana ölçütlere ait ikili karşılaştırmalar ve önem ağırlıkları Tablo 2’de görülmektedir. Ekonomikliği etkileyen ölçütlerin ikili karşılaştırmaları Tablo 3’de, ana ölçütler arası bağımlılık matrisi Tablo 4’de verilmiştir. Bağımlılık bulunan ölçüt kümelerinin kesiştiği hücrelerde öncelik vektörleri, bağımlılık bulunmayan hücrelerde ise sıfır değerleri yer almıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde AAS yöntemine ilişkin sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5’de verilen ölçüt ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılan ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerleri 0.10’dan oldukça küçüktür. Bu durum yapılan ikili karşılaştırma yargılarının tutarlı olduğunu ve dolayısıyla kurulan modelin geçerli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Analiz sonucunda en önemli 3 ölçüt sırasıyla yakıt tüketimi, güvenli sürüş ve fiyat olarak belirlenmiştir. Uygulama yapılan firmanın yöneticileri ve görüşülen diğer farklı taşıma firmalarından alınan bilgiler doğrultusunda, taşıma giderlerinin yaklaşık % 35-40 arasındaki maliyetini araçların yakıt tüketiminin oluşturduğu belirtilmektedir. Bu orandaki bir maliyet

dikkate alındığında yakıt tüketimi ölçütünün önemi daha da artmaktadır. Güvenli sürüş ölçütü de kaza riskini azaltarak can ve mal kaybını önlemek ve dolayısıyla firmanın imajını koruması açısından önemli ölçütlerden biridir. Diğer taraftan bütün ticari sektörlerde en önemli ticari kalemlerden biri malzemenin ilk alım fiyatıdır. Tüm firmalar maliyetleri en küçüklemek isterler. Bu nedenle fiyat ölçütü değerlendirilmesi gereken öncelikli ve önemli ölçütlerden biridir. Bu değerlendirmelerin ışığında ve karar ekibinin de onayı doğrultusunda PROMETHEE uygulamasında AAS yöntemi ile hesaplanan ölçüt ağırlıklarının kullanılmasına karar verilmiştir.

4.2. PROMETHEE Hesaplamaları (PROMETHEE calculations)

Bu aşamada öncelikle, daha önce ölçüt ağırlıkları AAS yöntemi ile belirlenen araçların seçimine yönelik olarak, karar verme ekibi tarafından belirlenen tercih fonksiyonu (TF) eşik değerleri ile seçeneklere ait değerlendirme rakamlarını gösteren bir değerlendirme veri matrisi oluşturulmuştur. Bu matris Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 2. Ana ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi (Pairwise comparison matrix for main criteria)

	P	D	E	I	S	Öncelik vektörü
P	1,00	1,78	0,77	3,00	1,50	0,262
D	0,56	1,00	0,83	1,90	0,90	0,178
E	1,30	1,20	1,00	3,48	2,68	0,315
I	0,33	0,53	0,29	1,00	0,81	0,096
S	0,67	1,11	0,37	1,23	1,00	0,149

Tablo 3. Ekonomikliği etkileyen ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi (Pairwise comparison matrix of criteria affecting economical cluster)

	P	D	I	S	Öncelik vektörü
P	1,00	1,20	3,52	1,15	0,339
D	0,83	1,00	3,00	0,70	0,266
I	0,28	0,33	1,00	0,69	0,121
S	0,87	1,43	1,45	1,00	0,274

Tablo 4. Ana ölçütler arası bağımlılık (etkileşim) matrisi (Matrix of dependence between main criteria)

	P	D	E	I	S
P	0,000	0,000	0,339	0,356	0,000
D	0,324	0,000	0,266	0,217	0,000
E	0,676	0,761	0,000	0,144	0,826
I	0,000	0,239	0,121	0,000	0,174
S	0,000	0,000	0,274	0,283	0,000

Tablo 5. AAS yönteminden elde edilen hesaplama sonuçları (Results obtained from ANP calculations)

Ana ölçütler		Alt ölçütler	
Bütünsel ağırlıklar		Görelî ağırlıklar	Bütünsel ağırlıklar
P	0,141	P1	0,355
		P2	0,044
		P3	0,219
		P4	0,301
		P5	0,081
D	0,190	D1	0,495
		D2	0,225
		D3	0,280
E	0,449	E1	0,181
		E2	0,268
		E3	0,071
		E4	0,065
		E5	0,131
		E6	0,112
		E7	0,173
I	0,107	I1	0,747
		I2	0,253
S	0,113	S1	0,414
		S2	0,493
		S3	0,093

Tablo 6. PROMETHEE yöntemi için oluşturulan değerlendirme veri matrisi (Evaluation data matrix constructed for PROMETHEE method)

Ana Krt.	Amaç	TF	Eşik değerler	Alt Krt	Bütünsel ağırlık	Seçenekler							
						A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
P	Max	V	s=5 r=10	P1	0,050	7	10	6	8,5	7,5	9,5	9	10
	Max	IV	q=600 q+p=750	P2	0,006	600	750	650	760	580	780	580	690
	Max	V	s=2000 r=2500	P3	0,031	2142	2500	2500	2814	2416	2785	2148	2379
	Max	V	s=10000 r=13000	P4	0,042	10550	12532	10566	10700	11178	13100	12550	12400
	Max	III	m=3	P5	0,011	2	3	1	2	2	3	3	3
D	Max	V	s=5 r=9	D1	0,094	7,5	9	8	9	10	10	9,5	9
	Max	III	m=8	D3	0,043	7	9,5	7	8	9	10	10	9,5
	Max	III	m=8	D3	0,053	7,5	9	7,5	8	9	10	8,5	9,5
E	Min	V	q=200000 q+p=250000	E1	0,081	198000	238000	172000	232000	247000	252000	235000	255000
	Min	III	m=25	E2	0,120	28	30	26	27	24	26	27	25
	Max	V	s=150000 r=200000	E3	0,032	125000	185000	115000	182000	195000	193	181000	198000
	Max	VI	$\sigma=24$	E4	0,029	18	24	30	22	28	28	24	18
	Min	III	m=2000	E5	0,059	1400	1800	1600	2000	2200	1900	1950	2100
	Max	IV	q=150000 q+p=200000	E6	0,050	180000	230000	180000	200000	250000	200000	225000	220000
	Max	IV	q=1 q+p=3	E7	0,078	1	3	1	2	2	2	3	3
I	Max	VI	$\sigma=6$	I1	0,080	2	5	4,5	6	9	7	6,5	8
	Max	III	m=9	I2	0,027	5,5	9	6,5	8	10	9,5	10	9,5
S	Max	III	m=25	S1	0,047	78	25	55	20	18	19	22	25
	Max	V	s=5 r=10	S2	0,056	9,5	8,5	10	8	9	8	8,5	8,5
	Min	III	m=60	S3	0,010	75	50	65	50	45	55	55	45

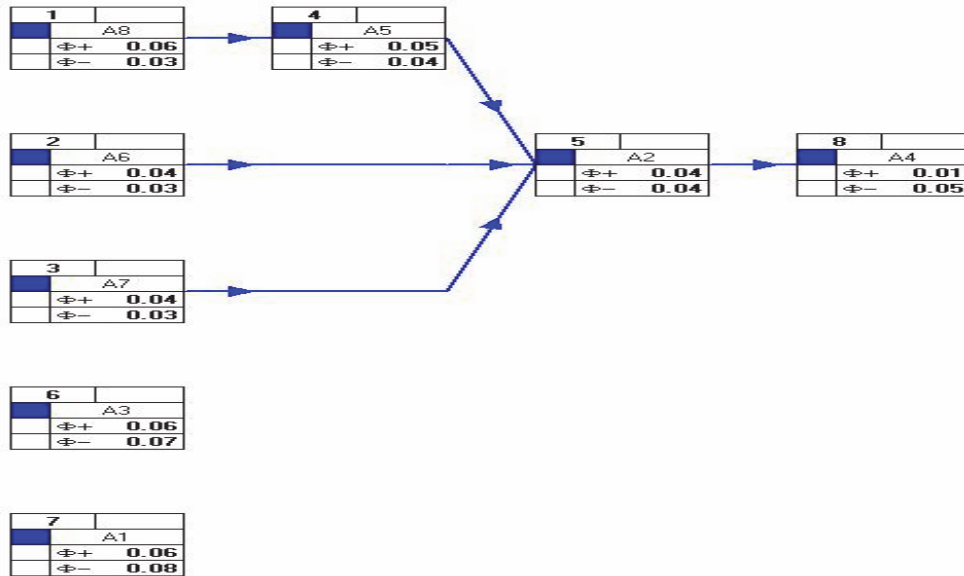
Araç seçim probleminin çözümünde gerek ölçüt gerekse seçenek sayısının fazla olması nedeniyle PROMETHEE paket programının kullanılmasına karar verilmiş ve “Decision Lab 2000” bilgisayar yazılım programı kullanılmıştır. Karar verme ekibi tarafından oluşturulan değerlendirme verileri hesaplama sokularak, öncelikle kısmi sıralama için gerekli olan pozitif (ϕ^+) ve negatif (ϕ^-) üstünlük değerleri ile tam sıralama için gerekli olan net (ϕ^{net}) üstünlük değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Tablo 7’de verilmiştir.

Üstünlük akış değerleri elde edildikten sonra, seçeneklerin kısmi ve tam sıralamasını gösteren PROMETHEE I ve PROMETHEE II sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar Şekil 4 ve Şekil 5’te görülmektedir.

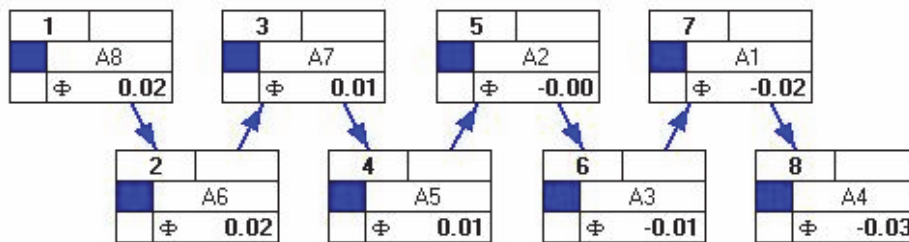
Şekil 4’te verilen kısmi önceliklere göre A8 seçeneği A5, A2 ve A4 seçeneğine göre üstünlük sağlarken diğer seçeneklerle karşılaştırılamamaktadır. A2 seçeneği A4 seçeneğine üstünlük sağlarken A3 ve A1 seçenekleri ile karşılaştırılamamaktadır. A6 ve A7 seçenekleri A2 ve A4 seçeneklerine üstünlük sağlarken diğer seçenekler ve birbirleri ile karşılaştırma olanağına sahip değildir. Diğer taraftan A1 ve A3 seçeneklerinin kendileri ve diğer seçenekler ile karşılaştırılmaları mümkün olmamaktadır. PROMETHEE I’e göre seçeneklerin birbiriyle karşılaştırılamama durumları şu şekilde açıklanabilir. Örneğin, A8 seçeneği bir dizi ölçüt temelinde A6 seçeneğine daha iyiyken, A6 alternatifini diğer ölçütler temelinde A8 seçeneğine göre daha iyi konuma sahiptir. Dolayısıyla karşılaştırma yapılması mümkün olmamakta ve önem sırası karar vericinin tercihinde kalmaktadır. Ancak bu durum net akışların ortaya konduğu PROMETHEE II tam sıralama yöntemi ile aşılabilmektedir.

Tablo 7. Araçlar için hesaplanan üstünlük akış değerleri (Calculating superiority flow values for alternative vehicles)

ALTERNATİFLER	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
ϕ^+	0,0642	0,0398	0,0602	0,0143	0,0469	0,0412	0,0415	0,0553
ϕ^-	0,0822	0,0422	0,0671	0,0471	0,0372	0,0259	0,0298	0,0319
ϕ^{net}	-0,0180	-0,0025	-0,0069	-0,0328	0,0097	0,0153	0,0117	0,0234



Şekil 4. Araçlar için PROMETHEE I kısmi sıralaması (PROMETHEE I partial ranking for alternative vehicles)



Şekil 5. Araçlar için PROMETHEE II tam sıralaması (PROMETHEE II complete ranking for alternative vehicles)

Şekil 5'te verilen tam sıralama önceliklerine göre en iyi seçenek A8 aracı olurken, diğer araçlar A6-A7-A5-A2-A3-A1 ve A4 olarak sıralanmış ve Tablo 8'de gösterilmiştir.

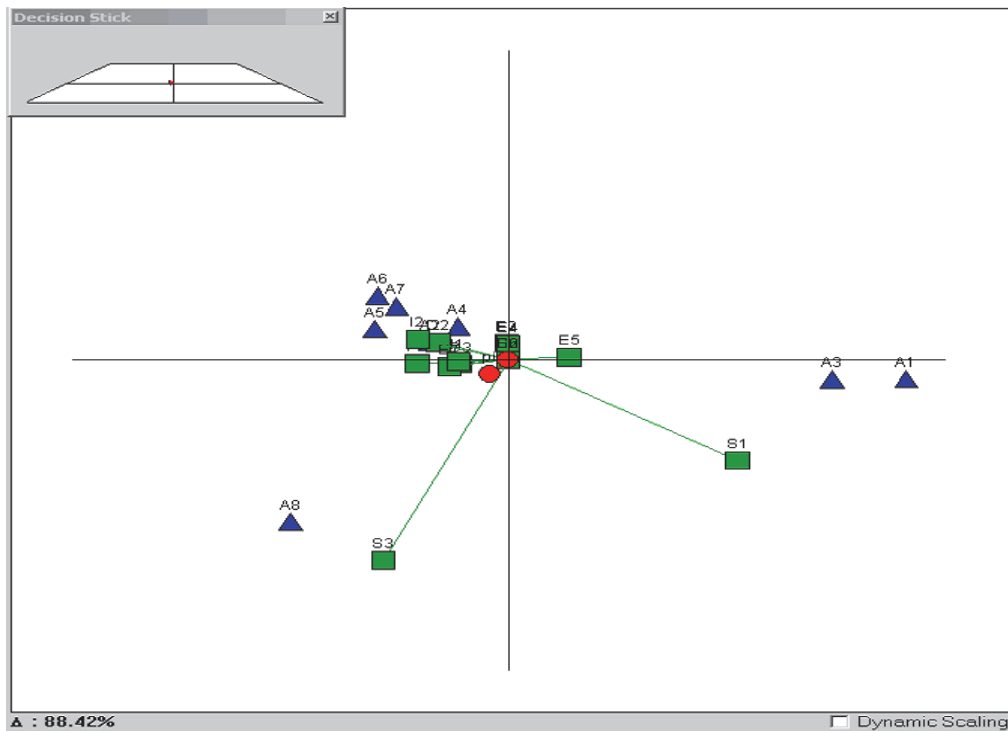
PROMETHEE I ve PROMETHEE II ile seçeneklere ait kısmi ve tam sıralama sonuçları elde edilirken, GAIA düzlemi ile benzer ve çelişen ölçütler ile seçenekleri değerlendirmek mümkün olabilmektedir [23,41,42]. Bu düzlemde, seçenekler temelinde benzer özelliklere sahip ölçütler aynı yöndeki vektörlerle, çelişen ölçütler ise zıt yöndeki vektörlerle temsil edilmektedir. Ayrıca aynı ölçüt üzerinde benzer özelliklere sahip seçenekler bu ölçüt vektörü yönünde yer alırken, birbirine benzemeyen seçenekler ise konum olarak birbirinden uzak noktalarda yer almaktadır. Bunlara ilaveten PROMETHEE karar eksenini (Pi vektörü) denilen ve GAIA düzleminde yer alan bu vektör, en iyi seçeneğin seçilmesi ve çelişen ölçütlerin sayısı hakkında karar vericilere yol göstermektedir. Pi vektörünün yönündeki seçenek en iyi olanı gösterirken, vektörün kısa olması ise çelişen ölçütlerin çok olduğu bir karar problemi yansıtmaktadır [23,41,42]. Ölçüt ve seçeneklerin yer aldığı GAIA düzlemi Şekil 6'da görülmektedir.

Şekil 6 incelendiğinde karar problemi için belirlenen TF ve hesaplama değerlerinin doğruluğunu gösteren delta parametresi (Δ) değeri % 88,42 olarak

görülmektedir. Mareschal [43] genel bir kural olarak Δ değeri % 70'den büyük rakamlar için yapılan analizin yeterince doğru ve güvenilir olduğunu belirtmekte, bu rakamdan küçük değerlere sahip GAIA düzleminin güvenilir olmadığı ve problemin iyi bir şekilde analiz edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu uygulamada ortaya çıkan Δ değeri, yapılan analizin doğru ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Şekilde benzer ve çelişen ölçütler de açıkça görülebilmektedir. Seçenekler temelinde benzer ölçütlere örnek olarak marka (I1) ve tasarım (I2) ölçütlerine ait vektörler aynı yönde yer alırken, çelişen ölçütlere örnek olarak bakım maliyeti (E5) ile servis istasyon sayısı (S1) ve motor özelliği (P1), güvenli sürüş (D1), kullanım kolaylığı (D2), teknolojik faktörler (D3), ikinci el fiyatı (E5), marka (I1), tasarım (I2) ile fiyola benzerlik (E7) ölçütleri zıt yönlü vektörlere sahiptirler. Ölçütler temelinde ise A1 ve A3 seçenekleri birbirleri ile A2, A4, A5, A6 ve A7 seçenekleri de kendi aralarında benzer özelliklere sahiptir ve GAIA düzlemi üzerinde birbirlerine yakın noktalarda yer almaktadırlar. Karar eksenine baktığımızda Pi vektörünün kısa olması problemde çelişen ölçütlerin çok olduğunu göstermektedir. Ayrıca Pi vektörü yönünde bulunan A8 seçeneği en iyi seçenek olarak karşımıza çıkmakta ve PROMETHEE I ile PROMETHEE II sıralama sonuçları ile uygunluk göstermektedir.

Tablo 8. Seçeneklerin Sıralanması (Ranking alternatives)

ÖNCELİK SIRASI	1	2	3	4	5	6	7	8
SEÇENEK	A8	A6	A7	A5	A2	A3	A1	A4



Şekil 6. GAIA düzlemi (GAIA plane)

Karar verici ekip tarafından, firmanın seçim aşamasındaki tercihlerini dikkate alması ve seçim sonucunda çıkan A8 aracının da tatmin edici bir sonuç olması nedeniyle, kullanılan ANP-PROMETHEE yönteminin iyi sonuç verdiği ve önerilen yaklaşımın benzer problemlerde uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Ulaştırma hizmet sektöründe faaliyet gösteren lojistik firmalar rekabet ortamının çok hızlı büyüdüğü günümüzde ayakta kalabilmek ve rakipleri ile yarışabilmek için araç filolarını çok iyi oluşturmak zorundadır. Bu çalışmada ağır ticari araç seçiminde kullanılabilecek olan ölçütler belirlenmiş, belirlenen bu ölçütlerin önem dereceleri AAS yöntemi ile hesaplanmış ve sonrasında AAS ile bir seçim işlemi yapılmıştır. Sonraki aşamada ise kişilerin ölçütler temelindeki tercih yapısını da dikkate alan ve bir sıralama yöntemi olan PROMETHEE yöntemi ile araç seçim işlemi uygulanmış ve iki yöntem ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda ölçüt önem ağırlıklarının oluşturulmasında, ölçütlerin birbirleriyle olan bağımlılıklarını da dikkate alan AAS yönteminin kullanılmasına, seçim aşamasında ise, değerlendirilen ölçütlerin her biri için ayrı bir TF belirlenmesine ve seçeneklerin kısmi ve tam sıralamasına imkân sağlayan PROMETHEE yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Uygulama sonucunda, AAS-PROMETHEE bütünleşik yaklaşımının, AAS yöntemi ile yapılan araç seçim işlemine göre, firma tercihlerini daha iyi yansıtarak en iyi aracı belirlediği görülmüştür.

Sonuç olarak; oluşturulan bu modelin, taşımacılık sektöründe faaliyet gösteren şirketler tarafından örnek alınarak kullanılması neticesinde, şirketlerin lojistik etkinlik ve verimliliğini oldukça arttıracakı düşünülmektedir. Model, araç seçimi için önerilmiş olsa da donanım seçimi, tedarikçi seçimi, hizmet alımı gibi diğer karar problemlerinde de uygulanabilir. Gelecek çalışmalarda problem farklı ÇÖKV teknikleri ile ve uzman kişilerinin kesin olmayan bilgilerini daha doğru ifade edebilmeleri için bulanık mantık ile ele alınabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Byun, D.H., "The AHP Approach for Selecting an Automobile Purchase Model", **Information & Management**, 38, 289-297, 2001.
2. Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M. ve Dizdar, E., "Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım" **Teknoloji**, Cilt 8, Sayı 2, 115-122, 2005.
3. Soner, S. ve Önüt, S., "Multi-Criteria Supplier Selection: An ELECTRE-AHP Application", **Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, Cilt:4, s.110-120, 2006.
4. Yousefi, A ve Vencheh, A. H., "An Integrated Group Decision Making Model and its Evaluation By DEA for Automobile Industry", **Expert Systems with Applications**, 37, 8543-8556, 2010.
5. Bozdemir, Y. ve Yılmaz, İ. T., "Kural Tabanlı Karar Verme Mekanizmasına Sahip Sistematik Araç Seçim Modeli Geliştirilmesi", **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi** Cilt: 6, No: 2, 19-27, 2009.
6. Terzi, Ü., Hacaloğlu, S. E. ve Aladağ, Z., "Otomobil Satın Alma Problemi İçin Bir Karar Destek Modeli", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi** Yıl: 5 Sayı:10, s. 43-49, 2006.
7. Güngör, İ. ve İşler, D.B., "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi" **ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt 1, Sayı 2, s. 21-33, 2005.
8. Vrkljan, B. H. ve Anaby, D., "What Vehicle Features are Considered Important When Buying an Automobile? An Examination Of Driver Preferences By Age And Gender", **Journal of Safety Research**, 42, 61-65, 2011.
9. Ballı, S., Karasulu, B. ve Korukoğlu, S., "En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık Promethee Yöntemi Uygulaması", **D.E.Ü.İ.B.F. Dergisi**, Cilt:22 Sayı:1, s.139-147, 2007.
10. Yi, H. C., Chen, K.T. ve Tzeng, G.H., "FMCDM with Fuzzy DEMATEL Approach for Customers' Choice Behavior Model", **International Journal of Fuzzy Systems**, Vol. 9, No. 4, December 2007.
11. Shyur, H.J. ve Shih, H.S., "A Hybrid MCDM Model for Strategic Vendor Selection", **Mathematical and Computer Modelling**, 44, 8, 749-761, 2006.
12. Dağdeviren, M., Dönmez N. ve Kurt, M., "Developing A New Model For Supplier Evaluation Process For A Company And Its Application", **J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.**, Vol.21, No.2, 247-255, 2006.
13. Tuzkaya, U.R. ve Önüt, S., "A Fuzzy Analytic Network Process Based Approach to Transportation-Mode Selection Between Turkey and Germany: A Case Study" **Information Sciences**, 178, 3133-3146, 2008.
14. Chen, H.H., Lee, H.I. ve Kang, H.Y., "A Model for Strategic Selection of Feeder Management Systems: A Case Study", **Electrical Power and Energy Systems**, 32, 421-427, 2010.
15. Köne, A.Ç. ve Büke, T., "An Analytical Network Process (ANP) Evaluation of Alternative Fuels for Electricity Generation in Turkey", **Energy Policy**, 35, 5220-5228, 2007.
16. Çelebi, D., Bayraktar, D. ve Bingöl, L., "Analytical Network Process for Logistics Management: A Case Study in a Small Electronic Appliances Manufacturer", **Computers & Industrial Engineering**, 58, 432-441, 2010.

17. Güneri, A.F., Cengiz, M. ve Şeker, S., “A Fuzzy ANP Approach to Shipyard Location Selection”, **Expert Systems with Applications**, 36, 7992–7999, 2009.
18. Tuzkaya, G., Gülsün, B., Kahraman, C. ve Özgen, B., “Integrated Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methodology for Material Handling Equipment Selection Problem and an Application”, **Expert Systems with Applications**, 37, 2853–2863, 2010.
19. Bulut, K. ve Soylu, B., “Öğretim Üyelerinin İş Yükü Seviyelerinin Bir Analitik Ağ Modeli İle Değerlendirilmesi: Mühendislik Fakültesinde Bir Uygulama”, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 25 (1-2), 150 – 167, 2009.
20. Gümüş, A.T., Çetin, A. ve Kaplan, E., “A Fuzzy-Analytic Network Process Based Approach for Enterprise Information System Selection”, **Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma**, 28, 74-85, 2010.
21. Lin, H.T., “Personel Selection Using Analytic Network Process and Fuzzy Data Envelopment Analysis Approaches”, **Computers & Industrial Engineering**, 59, 937–944, 2010.
22. Gümüş, A.T. ve Yılmaz, G. “Sea Vessel Type Selection via an Integrated VAHP–ANP Methodology For High-Speed Public Transportation in Bosphorus”, **Expert Systems with Applications**, 37, 4182–4189, 2010.
23. Halouani, N., Chabchoub, H. ve Martel, J.M., “PROMETHEE-MD-2T Method for Project Selection”, **European Journal of Operational Research**, 195(3), 841–895, 2009.
24. Fernández-Castro, A.S., ve Jiménez, M., “PROMETHEE: An Extension through Fuzzy Mathematical Programming”, **Journal of the Operational Research Society**, 56, 119–122, 2005.
25. Dulmin, R. ve Mininno, V., “Supplier Selection Using a Multi-Criteria Decision Aid Method”, **Journal of Purchasing & Supply Management**, 9, 177–187, 2003.
26. Wang, J.J., Wei, C.M. ve Yang, D., “Decision Method for Vendor Selection Based on AHP/PROMETHEE/GAIA”, **Journal of Dalian University of Technology**, 46 (6), 926–931, 2006.
27. Radojevic, D. ve Petrovic, S., “A Fuzzy Approach to Preference Structure in Multicriteria Ranking”, **International Transaction in Operation Research**, 4 (5/6), 419–430, 1997.
28. Madlener, R., Kowalski, K. ve Stagl, S., “New Ways for the Integrated Appraisal Of National Energy Scenarios: The Case of Renewable Energy Use in Austria”, **Energy Policy**, 35, 6060–6074, 2007.
29. Roux, O., Duvivier, D., Dhaevers, V., Meskens, N. ve Artiba, A., “Multicriteria Approach to Rank Scheduling Strategies”, **International Journal of Production Economics**, 112 (11), 192–201, 2008.
30. Dağdeviren, M., “Decision Making in Equipment Selection: An Integrated Approach with AHP and PROMETHEE”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 19, 397–406, 2008.
31. Bouri, A., ve Martel, J.M., “A Multi-Criterion Approach for Selecting Attractive Portfolio”, **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, 11, 269–277, 2002.
32. Anand, G. ve Kodali, R. “Selection Of Lean Manufacturing Systems Using the PROMETHEE”, **Journal of Modelling in Management**, 3 (1), 40–70, 2008.
33. Saaty, T.L., **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process**, Pittsburgh, RWS Publications, 1996.
34. Jharkharia, S. ve Shankar, R., “Selection of Logistics Service Provider: An Analytic Network Process (ANP) Approach”, **Omega**, 35, 274 – 289, 2007.
35. Brans, J.P., “Lingenierie de la decision. Elaboration dinstruments daide a la decision: Methode PROMETHEE”, **Presses de Universite Laval, Quebec, Canada**, 183–214, 1982.
36. Vincke, J.P. ve Brans, J.P., “A Preference Ranking Organization Method. The PROMETHEE Method for MCDM”, **Management Science**, 31, 641–656, 1985.
37. Brans, J.P., Vincke, Ph. ve Mareschal, B., “How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method”, **European Journal of Operational Research**, 24 (2), 228–238, 1986.
38. Goumas, M., ve Lygerou, V., “An Extension of the PROMETHEE Method for Decision Making in Fuzzy Environment: Ranking of Alternative Energy Exploitation Projects”, **European Journal of Operational Research**, 123, 606–613, 2000.
39. Le Teno, J., F., ve Mareschal, B., “An Interval Version of PROMETHEE For the Comparison of Building Products’ Design with Ill-Defined Data on Environmental Quality”, **European Journal of Operational Research**, 109, 522–529, 1998.
40. Dağdeviren, M. ve Eraslan, E., “Supplier Selection Using PROMETHEE Sequencing Method”, **J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.**, Vol. 23, No.1, 69-75, 2008.
41. Brans, J.P., ve Mareschal, B., “PROMETHEE V – MCDM Problems with Segmentation Constraints”, **INFOR**, 30 (2), 85–96, 1992.
42. Mareschal, B. ve Brans, J.E., "Geometrical Representations for MCDM" (GAIA), **EJOR**, Vol. 34, 69-77, 1988.
43. Mareschal, B., “What is the Delta Value in GAIA?”. http://www.promethee-gaia.net/faqpro/index.php?action=article&cat_id=003&id=17&lang.

