



## BİR İŞLETMENİN TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME VE SEÇİM PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜNDE AAS VE VIKOR YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI

İmre Ferah GÖKTÜRK<sup>1</sup>, Avni Yücel ERYILMAZ<sup>2</sup>,  
Bahadır YÖRÜR<sup>1</sup>, Yıldız YULUĞKURAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli,  
gferah@gmail.com, bayorur@kocaeli.edu.tr, yildiz.yulugkural@kocaeli.edu.tr

<sup>2</sup> Haliç Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,  
Bomonti, Şişli/İstanbul, avnieryilmaz@halic.edu.tr

Geliş Tarihi: 29.12.2010

Kabul Tarihi: 14.06.2011

### ÖZET

Tedarikçi değerlendirme ve seçim problemi, işletmelerin ileriye dönük planlarının gerçekleştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Tedarik zinciri yönetimindeki bu önemli sorunun üstesinden gelmek ise işletmelere önemli ölçüde rekabet avantajı sağlamaktadır. Çok kriterli bir karar verme problemi olan tedarikçi değerlendirme ve seçim problemi, günümüze kadar çok sayıda değişik yöntem ve yaklaşımların kullanılmasıyla çözülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı, VIKOR yöntemi kullanımı ile, makine imalatı gerçekleştiren bir işletmenin 14 tedarikçisi arasında bir değerlendirme ve sıralama gerçekleştirmektir. VIKOR yönteminin çözümünde önemli bir rol oynayan değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasında, kriterlerin karşılıklı etkileşim içermesinden dolayı Analitik Ağ Süreci (AAS) yönteminden yararlanılmıştır. Uzlaşık çözümün elde edilmesinde dikkate alınan maksimum grup faydasının farklı değerleri için ayrı ayrı VIKOR çözümleri elde edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Tedarikçi Değerlendirme ve Seçimi, Analitik Ağ Süreci (AAS) Yöntemi, VIKOR Yöntemi*

## USAGE OF ANP AND VIKOR METHODS FOR SUPPLIER ASSESSMENT AND SELECTION PROBLEM OF A COMPANY

### ABSTRACT

Supplier assessment and selection problem is an important milestone to perform business plan for a company. Therefore, to solve this important problem in supply chain management brings competitiveness to the company. Supplier assessment and selection problem based on multi criteria decision making problem is tried to solve by numerous different method and approaches until today. The aim of this study is to order and evaluate 14 suppliers of a machine manufacturer company by using VIKOR method. Analytic Network Process (ANP) method was used due to the interactions among criteria which has an important role to weight evaluation criteria in VIKOR method. VIKOR solutions are obtained for the different values of the maximum group utility which has taken into consideration to have a compromise solution, and results are interpreted.

**Keywords:** *Supplier Evaluation and Selection, Analytic Network Process (ANP), VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) Method*

### 1. GİRİŞ

Pek çok işletme için üretim ve lojistik planlama faaliyetlerinde ki en önemli bileşenlerden birisi tedarikçi değerlendirme ve seçim sürecidir. Tedarikçi seçiminin doğru şekilde yapılamaması, işletmeleri finansal ve operasyonel açıdan sıkıntıya sokabilmekle birlikte, işletmenin yer aldığı tedarik zinciri/zincirlerinde de çeşitli

boyutlarda problemlerin yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Tedarikçi seçiminin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi ise; satın alma maliyetlerinde düşüş sağlarken, rekabet gücünün ve tedarik zinciri içerisinde yer alan son kullanıcı memnuniyetinin de artmasına imkan tanımaktadır[1]. Günümüz şartlarında işletmeler birlikte çalışabilme imkanı buldukları çok sayıda tedarikçi ile karşılaşabilmektedirler. Bu durum ise, rekabetin yoğun yaşandığı günümüz dünyasında, işletmeler açısından tedarikçi değerlendirme ve seçim problemini daha önemli hale getirmektedir.

Tedarikçi değerlendirme alanında gerçekleştirilen ilk çalışmalar incelendiğinde, karar verme sürecinde finansal ölçeklerin ön planda tutulduğu dikkat çekmekte, daha sonra ise değerlendirme sürecine çok sayıda değerlendirme kriterinin dahil edildiği görülmektedir. Tedarikçi değerlendirme ve seçimi problemi, sayısal ve sayısal olmayan pek çok faktörü bir arada barındırabilen, karmaşık çok kriterli bir karar verme problemi olarak nitelendirilmektedir[2, 3]. Dolayısıyla bu tür bir problemin sistematik olarak değerlendirilmesi doğru çözümler üretebilmek açısından önem taşımaktadır[4].

Tedarikçi değerlendirme ve seçimi problemlerinin çözümlenmesinde günümüze gelinceye kadar birçok değişik yaklaşım kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında kümeleme analizi[5], vaka esaslı nedensellik (CBR)[6, 7], toplam maliyet modelleri[8], matematik programlama modelleri[9-11], istatistiksel modeller[12, 13], yapay zeka esaslı yöntemler[14, 15] ve çok kriterli karar verme yöntemleri[16-19] sayılabilmektedir[20]. Ayrıca çok kriterli karar verme yöntemlerinin entegrasyonu sağlanarak oluşturulmuş çözümlerde literatürde yer almaktadır[21-23].

Bu çalışmada makine imalatı gerçekleştiren bir işletmenin üretim esnasında kullandığı bir yarı mamulü temin ettiği tedarikçileri arasında değerlendirme yapmak amacıyla entegre bir çözüm metodolojisi kullanılmıştır. Metodoloji Analitik Ağ Süreci (AAS) ve VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemlerinin entegrasyonuna dayanmaktadır. VIKOR yöntemi birbirleriyle çelişen kriterler esasına dayalı olarak mevcut alternatifler arasında uzlaşık bir çözüm bulmayı amaçlayan bir yaklaşımdır[24]. Yöntemin kullanılmasında her bir kriterin, çözüm içerisindeki önem derecesini ortaya koyan, ağırlığı eşit kabul edilebileceği gibi, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) veya AAS gibi çok kriterli karar verme yöntemlerinden elde edilebilecek ağırlıklar da çözüm için kullanılabilir.

Çalışmada, mevcut karar problemi için ortaya konan değerlendirme kriterlerinin birbiri ile çelişen yapıda olması nedeniyle problemin çözümünde VIKOR yöntemi, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ise model yapısının hiyerarşik bir yapıda modellenemesinden ve karşılıklı etkileşimlerden dolayı AAS yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Mevcut literatür incelendiğinde; VIKOR yönteminin değişik alanlarda ve değişik çok kriterli karar verme yöntemlerinin entegrasyonu ile kullanıldığı görülmektedir. Tsai ve diğerleri tarafından, Tayvan ulusal parkı için bir web sitesinin oluşturulması amacıyla önerilen web sitesi alternatiflerinin değerlendirildiği bir çalışma gerçekleştirmiştir[25]. Bu çalışmada değerlendirme kriterleri arasındaki ilişki yapısının ortaya konması amacıyla DEMATEL (Decision making trial and evaluation laboratory) yönteminden yararlanılmış, belirlenen değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanmasında AAS yöntemi kullanılmış ve alternatiflerin sıralanması VIKOR yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Liou ve Chuang tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışma; Tsai ve diğerleri tarafından ortaya konan çözüm yaklaşımının hava yolu endüstrisinde dış kaynak kullanımının değerlendirilmesi problemine uygulandığı görülmektedir[26]. Ho ve diğerleri; sermaye varlıkları fiyatlandırma modeli esasına dayalı portföy seçimi probleminin çözümünde DEMATEL, AAS ve VIKOR yöntemleri entegrasyonundan faydalanmışlardır[27]. Diğer bir çalışma Wu ve diğerleri tarafından Tayvan'daki üç üniversitenin eğitim merkezlerinin BSC (Balanced scorecard) yöntemi ile değerlendirilmesine yönelik olarak DEMATEL, AAS ve VIKOR yöntemleri entegrasyonunu kullanmışlardır[28]. Bu çalışmada da AAS yönteminden yine kriter ağırlıklarının tespit edilmesinde yararlanılmıştır. Baykal gerçekleştirdiği çalışmada bankacılık sektöründeki gerçek bir uygulamayı ele almıştır. Çalışmanın amacı, en iyiden en kötüye doğru bir sıralama yaparak sınava katılan adaylar arasından en iyi alternatifleri belirlemektir. Sınav bölümlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde AHS ve Entropy yöntemlerinden yararlanılmıştır. Adayların sıralanması amacıyla ise hesaplanan her bir ağırlık tipi için VIKOR ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri dönüşümlü olarak kullanılmıştır[29]. Lixin ve diğerleri tarafından lojistik sektörde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, lojistik servis sağlayıcıları arasındaki sıralama VIKOR yöntemi kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Çalışmada VIKOR yönteminde kullanılan kriterlerin ağırlıklandırılması AAS yöntemi kullanılarak sağlanmıştır[30].

Mevcut literatür örneklerinden görüleceği üzere VIKOR yöntemi değişik yöntemlerin entegrasyonu ile birlikte kullanılmıştır. Ayrıca kriter ağırlıklarının belirlenmesinde de; kriter ağırlıklarının eşit kabul edilmesinden, entropy, AHS, AAS gibi çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Özellikle tedarikçi seçimi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Dickson (1966) tarafından öne sürülen ve genellikle klasik anlamda kabul görmüş olan kriterlerin kullanıldığı görülmektedir[31]. Bu çalışmada, karar probleminin daha iyi temsil edilebilmesi amacıyla klasik alt kriterler yerine çalışmanın gerçekleştirildiği firmanın yapısına uygun, mevcut verilerden türetilmiş sayısal değer alabilen alt kriterler kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında çözüm amaçlı kullanılan metodolojiye ait teorik bilgiler sunulmuştur. Önerilen yaklaşımın uygulaması üçüncü bölümde ve uygulamaya ait sonuç ve değerlendirmeler ise dördüncü bölümde yer almaktadır.

## 2. METODOLOJİ

### 2.1 Analitik Ağ Süreci (AAS) Yöntemi

Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi, Saaty'nin[32] önerdiği çok ölçütlü bir karar verme tekniği olan AHS'nin genişletilmiş ve daha genel formda verilmiş bir şeklidir[33]. Her iki yöntem de ikili karşılaştırma esasına dayanmaktadır. AHS karar problemini hiyerarşik bir yapıda modellerken, AAS yapılar arasındaki keskin hiyerarşiyi kaldırarak AHS'yi genelleştirir[34, 35]. AHS'nin önemli bir kabulü, hiyerarşideki elemanların birbirinden bağımsız olduğudur. Karar problemleri; yapıdaki bileşenler arasında karmaşık bağımlılıklar, karşılıklı etkileşimler ya da geri bildirimleri içerdiğinde hiyerarşik biçimde modellenemezler. AAS yöntemi bu türden problemlerin çözümünde kolaylıkla kullanılabilir ve karmaşık karar durumlarının daha doğru bir şekilde modellenbildiği bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır[33].

AAS yönteminin çözüm süreci aşağıdaki temel adımlarla açıklanabilmektedir[33, 36, 37]:

Adım 1: Model geliştirme ve problemin yapılandırılması.

Karar problemi açıkça ortaya konmalı ve bileşenler arası etkileşimler belirlenerek problemin yapısına uygun bir modele dönüştürülmelidir. Söz konusu yapının oluşturulması sırasında ise beyin fırtınası ya da diğer uygun yöntemlerin kullanımı vasıtasıyla uzmanlardan elde edilen görüşlere başvurulmaktadır.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisleri ve öncelik vektörleri.

Varlıklara anlamlı büyüklükler atanmanın tek yolu onları başka varlıklarla ilişkilendirerek karşılaştırmaktır[33]. AHS ve AAS'de bu amaçla gerçekleştirilen işleme ikili karşılaştırma adı verilmektedir. İkili karşılaştırma, elemanların bağlı oldukları kriterlere ne düzeyde katkı sağladıklarıyla ilgili verileri sağlamak için bilgi ve tecrübeye dayanan yargıların ortaya konmasıdır. Bileşenlerin görece önem değerlerinin ortaya konmasında kullanılan ikili karşılaştırmalar, Saaty tarafından önerilen 1-9 skalasına göre gerçekleştirilmektedir[38].

Böylelikle bir yerel öncelik vektörü, formül (1) in kullanımı vasıtasıyla birbirleri ile ilişkili elemanların görece önemlerinin bir tahmini olarak elde edilebilmektedir. Bu eşitlikte  $A$  ikili kıyaslamalar matrisi,  $w$  öz vektör ve  $\max \lambda$  ise en büyük öz değerdir.

$$A \times w = \lambda_{\max} \times w \quad (1)$$

AHS ve AAS ile problem çözümünde kullanılan ikili kıyaslama işlemlerinde yargıların tutarlı olması çözümün doğruluğu açısından önemlidir. İkili karşılaştırma matrisleri yapılırken her bir matrisin tutarlılığı kontrol edilir. Tutarlılık indeksi 0,10'dan küçük çıkarsa matris tutarlı kabul edilerek işlemlere devam edilir, aksi durumda ise bileşenler arası ikili karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi gerekir.

Adım 3: Ağırlıklandırılmamış süpermatris.

Geri bildirimli sistemlerde üstünlük durumlarını belirlemede bileşenler ve elemanlar arasındaki tüm etkileşimlerin hesaplamaya dahil edilmesi için "süpermatris" yöntemi geliştirilmiştir. Süpermatris, genel olarak ağ yapısında mümkün olan tüm ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilmiş olan üstünlük vektörlerinden oluşan bir kare matristir.  $C_N$ 'ler ağ yapısındaki bileşenler  $e_{Nn}$ 'ler bileşenlerin elemanları  $W_{ij}$ 'ler üstünlük vektörlerinden oluşan blok matrisler olmak üzere bir süpermatris Şekil 1'de gösterilmektedir.



Formül (2) deki  $w_j$  değeri uzman görüşleri doğrultusunda belirlenebileceği gibi kriter ağırlıklarının hesaplanmasına imkan tanıyan herhangi bir çok kriterli karar verme yöntemi ile de elde edilebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken ağırlık toplamlarının 1'e eşit olmasıdır.

VIKOR yönteminde  $L_k^{p=1}(S_k)$  ve  $L_k^{p=\infty}(Q_k)$  notasyonları sıralama ölçütlerini formüle etmek amacıyla kullanılmaktadır[40, 42].

$$S_k = L_k^{p=1} = \sum_{j=1}^n \left[ w_j \left( |f_j^* - f_{jk}| \right) / \left( |f_j^* - f_j^-| \right) \right] \quad (3)$$

$$Q_k = L_k^{p=\infty} = \max_j \left\{ \left( |f_j^* - f_{jk}| \right) / \left( |f_j^* - f_j^-| \right) \right\} \quad j=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

VIKOR uzlaşık sıralama yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

**Adım 1:** Her kriter için en iyi ( $f_j^*$ ) ve en kötü ( $f_j^-$ ) değerlerin belirlenmesi. Bu adımda  $j$ . kriterin bir fayda kriteri olduğu düşünüldüğünde  $f_j^*$  ve  $f_j^-$  değerleri aşağıdaki gibi belirlenmektedir.

$$f_j^* = \max_k f_{jk} \quad f_j^- = \min_k f_{jk} \quad j=1, 2, \dots, n$$

**Adım 2:** Ortalama grup faydası ve maksimal pişmanlığının hesaplanması. Ortalama grup faydası hesaplanırken Formül (3), pişmanlık değerinin hesaplanmasında da Formül (4) kullanılmaktadır.

**Adım 3:** İndeks değerlerinin hesaplanması. Bu adımın uygulanmasında Formül (5)den yararlanılmaktadır.

$$R_k = v(S_k - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(Q_k - Q^*) / (Q^- - Q^*) \quad k=1, 2, \dots, m \quad (5)$$

Burada,  $S^* = \min_k S_k$ ,  $S^- = \max_k S_k$ ,  $Q^* = \min_k Q_k$ ,  $Q^- = \max_k Q_k$ ; "v" değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, (1-v) karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir[42].

**Adım 4:** Uzlaşık çözümü elde etmek amacıyla alternatiflerin sıralanması. Bu aşamada her bir alternatif için hesaplanmış olan  $S_k$ ,  $Q_k$  ve  $R_k$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak üç ayrı sıralama oluşturulmaktadır[43].

**Adım 5:**  $Q$  (minimum) değerine göre gerçekleştirilen sıralamada aşağıda verilen koşulların sağlanması durumunda  $A^1$  alternatifi uzlaşık çözüm olarak önerilmektedir.

**Koşul 1.**  $C_1$  kabul edilebilir avantaj,

$$R(A^1) - R(A^2) \geq DR$$

$DR = 1/(J - 1)$ ; j alternatif sayısını göstermektedir.

Burada  $A^1$ ,  $R$  değerlerine göre gerçekleştirilen sıralamada 1.,  $A^2$  ise 2. sırada yer alan alternatifi ifade etmektedir.

**Koşul 2.**  $C_2$  karar vermede kabul edilebilir istikrar,

$A'$  alternatifi aynı zamanda  $S$  ve/veya  $Q$  açısından incelendiğinde de sıralamadaki en iyi alternatif olmalıdır. Bu koşulları sağlayan uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlı kabul edilir. Verilen bu iki koşuldan biri sağlanmadığında uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilmektedir:

- $C_2$  koşulunun sağlanmaması durumunda  $A'$  ve  $A''$  alternatifleri,
- $C_1$  koşulunun sağlanmaması durumunda ise  $A', A'', \dots, A^m$  alternatifleri ve değeri maksimum  $M$  için
- $R(A^M) - R(A') < DR$  belirlenir (bu alternatiflerin pozisyonları arasında bir yakınlık bulunmaktadır).

$R$  değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum  $R$  değerine sahip alternatiflerden biridir[40, 42, 44]. Elde edilen temel sıralama sonucu alternatiflerin bir uzlaşık sıralama listesi ve alternatiflere ait avantaj oranına bağlı bir uzlaşık çözümdür. VIKOR yöntemi, karar vericinin özellikle sistem tasarımının başında tercihlerini tam olarak neyin etkilediğinin farkında olmadığı durumlarda kullanılmaya elverişli çok kriterli bir karar verme aracıdır. Elde edilen uzlaşık çözüm, grup faydasını maksimize etmesi ve bireysel pişmanlığı minimize etmesi bakımından karar verici tarafından kabul görebilecek bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır[42].

VIKOR yöntemi, diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre nispeten yeni bir yöntem olmakla birlikte farklı uygulama alanlarında çözüm aracı olarak kullanılmıştır. Örneğin; Tzeng ve diğerleri[44] tarafından gerçekleştirilen çalışma Tayvan kısa ve orta vadeli toplu taşıma stratejisinin belirlenmesi amacıyla, kullanılabilir farklı yakıt alternatiflerine sahip otobüsler arasında bir değerlendirme temin etmektedir. Chu ve diğerleri[45], bilgi toplumu başarımını ortaya koymada basit ağırlıklı ortalamalar yöntemi (SAW), TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin grup karar analizine uygulanabilirliklerindeki benzerlik ve farklılıkları değerlendirmişlerdir. Gerçekleştirilen bir diğer çalışma yazılım programı geliştirme projelerinin değerlendirilmesine yönelik olarak Büyüközkan ve Ruan tarafından bulanık VIKOR yöntemi kullanımıyla ortaya konmuştur[43]. Bunların yanı sıra; malzeme ve ekipman seçimi[24, 46], banka performanslarının değerlendirilmesi[47], bilgi sistemleri/bilgi teknolojileri dış kaynak projelerinde tedarikçi tercihlerinin optimize edilmesi[26, 48, 49], arazi kullanımı kısıtlama kararlarının değerlendirilmesi[50], havayolu servis kalitesi artırma çalışmaları[51, 52], üniversite eğitim sisteminde performans değerlendirmesi[28], yenilenebilir enerji projeleri değerlendirmesi[53] ve portföy seçimi[27] gibi farklı alanlarda uygulamaları yer almaktadır.

### 3. MAKİNA İMALATÇISI BİR İŞLETMENİN TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME VE SEÇİM SÜRECİNİN AAS VE VIKOR YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

Bu bölümde, makine imalatı gerçekleştiren bir işletmenin tedarikçileri ele alınmakta ve belirlenen değerlendirme kriterleri doğrultusunda işbirliği yapılabilecek en uygun tedarikçi/tedarikçilerin saptanması amacıyla iki aşamalı bir çözüm önerisi sunulmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında problemin yapısına uygun değerlendirme kriterleri belirlenerek, kriter ağırlıkları AAS yöntemi ile hesaplanmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise VIKOR yöntemi kullanılarak belirlenen 14 alternatif tedarikçi arasından en uygun olanlar farklı karar ortamlarına bağlı olarak sıralanmaktadır.

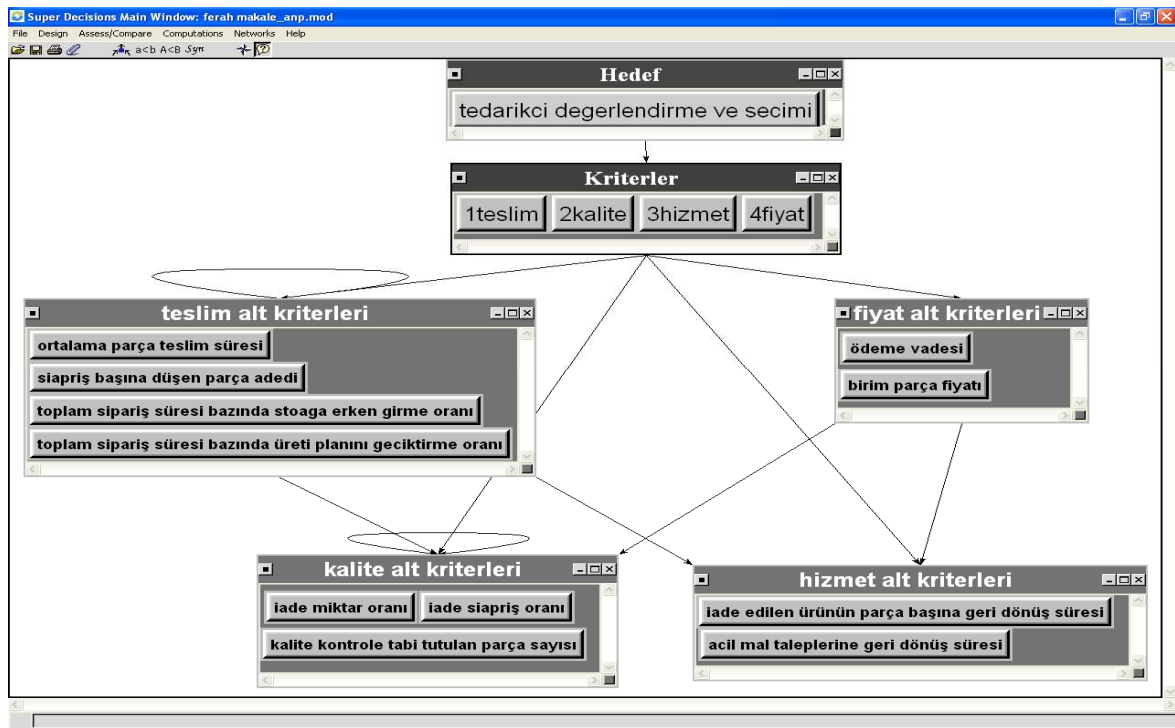
#### 3.1. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Literatürde tedarikçi değerlendirme ve seçim problemi için kullanılan çok sayıda kriter yer almaktadır. Bu çalışmada değerlendirme amacıyla belirlenen dört ana kriter literatürde de yaygın olarak kullanılan teslim, kalite, hizmet ve fiyat kriterleridir. Her bir ana kritere ait belirlenen alt kriterler ise problemin yapısına uygun olarak tespit edilmiştir. Her bir alt kritere ait açıklamalar Tablo 1'de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Tedarikçi seçim problemi değerlendirme kriterleri

Ana kriter	Alt Kriter	Açıklama
Teslim	Ortalama parça başına teslim süresi	Tedarikçiden talep edilen toplam parça adedi ve gerçekleşen sipariş süresi verilerinin oranlanmasıyla elde edilmiştir.
	Sipariş başına düşen parça adedi	Tedarikçiden talep edilen toplam parça adedi ve sipariş sayısına bağlı olarak elde edilmiş oransal değerdir.
	Toplam sipariş süresi bazında stoğa erken girme oranı	Tedarikçinin ürünleri toplam erken teslim etme süresinin termin süresine oranlanmasıyla elde edilmiştir.
	Toplam sipariş süresi bazında üretim planını geciktirme oranı	Tedarikçinin ürünleri toplam gecikmeli teslim etme süresinin termin süresine oranlanmasıyla elde edilmiştir.
Kalite	İade miktar oranı	Toplam iade miktarının toplam parça miktarına oranlanmasıyla elde edilmiştir.
	İade sipariş oranı	İade edilen ürün içeren toplam sipariş sayısının toplam sipariş sayısına oranlanmasıyla elde edilmiştir.
	Kalite kontrole tabi tutulan parça sayısı	Tedarikçi tarafından kalite kontrole tabi tutulan parça adedinin toplam parça adedine oranlanmasıyla elde edilmiştir.
Hizmet	Acil mal taleplerine geri dönüş süresi	Tedarikçinin acil mal taleplerine 100 kalemlik sipariş bazında geri dönüş süresidir.
	İade edilen ürünün parça başına geri dönüş süresi	Toplam iade edilen parça teslim süresinin iade miktarına oranlanmasıyla elde edilmiştir.
Fiyat	Birim parça fiyatı	Tedarikçiden alınan ürünlerin toplam bedelinin sipariş miktarına oranlanmasıyla elde edilmiştir.
	Ödeme vadesi	Tedarikçinin ödemede sağladığı kolaylıktır.

Problemin yapısı dikkate alındığında; belirlenen kriterler doğrultusunda uzman görüşlerine dayalı olarak oluşturulan AAS modeli Şekil 2’de görülmektedir.



**Şekil 2.** Tedarikçi değerlendirme problemi bileşen ağırlıklandırma modeli

Probleme özel olarak oluşturulan AAS modeli; imalat gerçekleştiren firmaların satın alma bölümlerinde çalışan uzman kişilere uygulanan bir anket formu yardımıyla elde edilen verilerle, Superdecisions paket programı vasıtasıyla değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonrasında Şekil 2’de görülen AAS modeline ait elde edilen sonuçlar Tablo 2’de görüldüğü gibidir.

**Tablo 2.** AAS modeli için normalize edilmiş çözüm sonuçları

Teslim	0,09	Ortalama parça başına teslim süresi
0,24	0,02	Sipariş başına düşen parça adedi
	0,03	Toplam sipariş süresi bazında stoğa erken girme oranı
	0,06	Toplam sipariş süresi bazında üretim planını geciktirme oranı
Kalite	0,09	İade miktar oranı
0,34	0,05	İade sipariş oranı
	0,26	Kalite kontrole tabi tutulan parça sayısı
Hizmet	0,23	Acil mal taleplerine geri dönüş süresi
0,18	0,03	İade edilen ürünün parça başına geri dönüş süresi
Fiyat	0,09	Birim parça fiyatı
0,24	0,05	Ödeme vadesi

### 3.2. VIKOR Yöntemi İle Tedarikçi Seçeneklerinin Değerlendirilmesi

Çalışmanın ikinci aşamasında; mevcut karar problemi için belirlenen tedarikçi değerlendirme kriterlerinin AAS yöntemi ile değerlendirilmesinden ve her bir değerlendirme kriterinin ağırlığının ortaya konmasından sonra, çalışılması düşünülen 14 tedarikçinin VIKOR yöntemi ile sıralanması işlemi gerçekleştirilecektir. Tablo 3; belirlenen 11 değerlendirme kriterine göre her bir alternatif tedarikçinin sahip olduğu verileri göstermektedir.

**Tablo 3.** Tedarikçilere ilişkin veriler

Alternatif Tedarikçiler	Ortalama Parça Başına Teslim Süresi	Sipariş Başına Düşen Parça Adedi	İade Miktar Oranı	İade Sipariş Oranı	Toplam Sipariş Süresi Bazında Üretim Planını Geciktirme Oranı	Toplam Sipariş Süresi Bazında Stoğa Erken Girme Oranı	Kalite Kontrole Tabi Tutulan Parça Oranı	İade Edilen Ürünün Parça Başına Geri Dönüş Süresi	Birim Parça Fiyatı	Ödeme Vadesi	Acil Mal Taleplerine Geri Dönüş Süresi (100 kalemlik siparişte)
Tedarikçi 1	0,86	14,38	0,20	0,38	0,08	0,00	0,65	0,90	12,50	90,00	2,00
Tedarikçi 2	0,31	58,67	0,02	0,22	0,52	0,00	0,57	1,20	12,90	45,00	1,50
Tedarikçi 3	0,37	32,80	0,09	0,24	0,00	0,03	0,66	2,50	12,74	60,00	3,00
Tedarikçi 4	0,35	32,16	0,09	0,21	0,00	0,11	0,65	1,50	13,20	30,00	1,75
Tedarikçi 5	0,39	34,70	0,00	0,00	0,00	0,05	0,54	0,00	14,10	60,00	1,25
Tedarikçi 6	0,42	49,36	0,17	0,43	0,43	0,00	0,79	3,00	12,15	45,00	1,20
Tedarikçi 7	0,67	34,80	0,00	0,00	0,57	0,00	0,82	0,00	14,80	90,00	2,80
Tedarikçi 8	0,76	11,67	0,06	0,17	0,00	0,12	0,49	3,50	13,50	60,00	1,10
Tedarikçi 9	0,08	182,33	0,00	0,17	0,00	0,00	0,82	0,80	14,50	30,00	2,20
Tedarikçi 10	1,79	12,16	0,07	0,08	0,40	0,00	0,84	0,75	12,60	30,00	1,60
Tedarikçi 11	0,16	80,10	0,05	0,50	0,00	0,30	0,72	2,00	13,00	60,00	1,50
Tedarikçi 12	0,35	63,80	0,01	0,20	0,14	0,00	0,79	1,80	13,05	90,00	2,90
Tedarikçi 13	0,55	36,50	0,00	0,00	0,03	0,00	0,84	0,00	13,95	90,00	2,75
Tedarikçi 14	0,34	47,88	0,04	0,16	0,00	0,18	0,73	2,45	13,85	60,00	3,00



Tablo 3’de yer alan veriler tedarikçilerin son üç aylık dönemdeki verilerinin ortalamasının alınmasıyla elde edilmiştir. Tablo incelendiği iade miktar oranı, iade sipariş oranı, toplam sipariş süresi bazında üretim planını geciktirme oranı, toplam sipariş süresi bazında stoğa erken girme ve iade edilen ürünün parça başına geri dönüş süresi kriterlerinde belli verilerin sıfır değerini aldıkları görülmektedir. Bu durum, o kriterler için alternatif tedarikçilerde ilgili değişkenliğin sadece negatif yönde gerçekleştiği ve kriterin anlamı bazında bir değişkenliğin olmadığı anlamına gelmektedir. VIKOR yönteminin uygulama adımları aşağıda verilmektedir.

Adım 1. VIKOR yönteminin 1. adımında Tablo 3’teki veriler kullanılarak her bir değerlendirme kriteri için en iyi ve en kötü değerler belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler Tablo 4’te görülmektedir.

**Tablo 4.** Her Kriter için En İyi ( $f_i^*$ ) ve En Kötü ( $f_i^-$ ) Değerler

Kriterler	$f_i^*$	$f_i^-$
K1 Ortalama parça teslim süresi	1,79	0,08
K2 Sipariş başına düşen parça adedi	182,33	11,67
K3 Toplam sipariş süresi bazında stoğa erken girme oranı	0,00	0,30
K4 Toplam sipariş süresi bazında üretim planını geciktirme oranı	0,00	0,57
K5 İade miktar oranı	0,00	0,20
K6 İade sipariş oranı	0,00	0,50
K7 Kalite kontrole tabi tutulan parça sayısı	0,84	0,49
K8 Acil mal taleplerine geri dönüş süresi	1,10	3,00
K9 İade edilen ürün parça başına geri dönüş süresi	0,00	3,50
K10 Birim parça fiyatı	12,15	14,80
K11 Ödeme vadesi	90,00	30,00

Adım 2. VIKOR yönteminin uygulanmasında ikinci adım her bir alternatif tedarikçi için ortalama grup faydası ( $S$ ) ve maksimal pişmanlığının ( $Q$ ) hesaplanmasıdır. Bu değerlerin hesaplanması sırasında Formül (3) ve Formül (4)’ten faydalanılmıştır. Hesaplama sonrası elde edilen değerler Tablo 5’de verilmektedir.

Adım 3. Her bir tedarikçi alternatifi için indeks değerlerinin hesaplanması. Bu adımın uygulanmasında ise Formül (5)’den yararlanılmıştır. Karar vericinin alabileceği farklı risk düzeylerindeki seçim sonucunu görebilmek amacıyla, formül (5)’de maksimum grup faydasını sağlayan “ $v$ ” değeri sırasıyla 0, 0,25, 0,5, 0,75 ve 1 değerleri olarak alınmış ve beş ayrı  $R$  değeri hesaplanmıştır. “ $v$ ” değerleri 0 ve 1 arasında değişkenlik gösterdiğinde elde edilen  $R_j$  değerlerine göre alternatiflerin sıralanmasında değişiklik olabilmektedir. “ $v$ ” değerlerinin çözüm sonuçları üzerindeki etkisinin araştırılması farklı karar ortamlarında doğru karar verebilmek için önem arz etmektedir. Hesaplama sonrası elde edilen değerler Tablo 5’de verilmektedir.

**Tablo 5.** Tedarikçiler İçin  $S_k$ ,  $Q_k$  ve farklı “ $v$ ” değerleri için  $R_k$  değerleri

	$S_k$	$Q_k$	( $v=0$ ) $R_k$	( $v=0.25$ ) $R_k$	( $v=0.5$ ) $R_k$	( $v=0.75$ ) $R_k$	( $v=1$ ) $R_k$
1	0,471	0,141	0,393	0,465	0,538	0,611	0,683
2	0,502	0,205	0,699	0,717	0,735	0,753	0,771
3	0,584	0,226	0,796	0,847	0,898	0,949	1,000
4	0,479	0,140	0,384	0,464	0,545	0,625	0,706
5	0,430	0,226	0,795	0,739	0,682	0,626	0,569
6	0,362	0,081	0,101	0,170	0,240	0,309	0,378
7	0,447	0,202	0,682	0,666	0,649	0,632	0,615
8	0,494	0,268	1,000	0,937	0,875	0,812	0,749
9	0,396	0,131	0,341	0,374	0,407	0,440	0,472
10	0,227	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	0,399	0,089	0,140	0,225	0,311	0,397	0,483
12	0,428	0,214	0,739	0,695	0,651	0,607	0,563
13	0,339	0,196	0,654	0,569	0,485	0,400	0,315
14	0,558	0,226	0,796	0,829	0,861	0,894	0,927

Adım 4. Bu aşamada her bir alternatif için hesaplanmış olan  $S_k$ ,  $Q_k$  ve farklı  $R_k$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak çözümde kullanılacak sıralama listeleri oluşturulmuştur. Sıralama sonuçlarını gösteren listeler Tablo 6'da verilmektedir.

**Tablo 6.** Farklı “ $v$ ” Değerleri İçin Duyarlılık Analizi Sonuçları

$S_k$ değerine göre sıralama	$Q_k$ değerine göre sıralama	$R_k$ değerine göre sıralama				
		( $v=0$ )	( $v=0.25$ )	( $v=0.5$ )	( $v=0.75$ )	( $v=1$ )
10	10	10	10	10	10	10
13	6	6	6	6	6	13
6	11	11	11	11	11	6
9	9	9	9	9	13	9
11	4	4	4	13	9	11
12	1	1	1	1	12	12
5	13	13	13	4	1	5
7	7	7	7	7	4	7
1	2	2	12	12	5	1
4	12	12	2	5	7	4
8	5	5	5	2	2	8
2	3	3	14	14	8	2
14	14	14	3	8	14	14
3	8	8	8	3	3	3

Adım 5. Uzlaşık çözüm önerisi değerlendirmesi. Yapılan hesaplamaların ardından uzlaşık çözümün belirlenebilmesi için iki ayrı koşulun gerçekleşmesi gerekmektedir. Bölüm 2.2’de detayları verilen  $CI$  koşulunun sağlanması durumu farklı “ $v$ ” değerleri için yapılan hesaplamalar sonucunda aşağıda verildiği gibidir.  $v = 0$  durumu için 1, 10, 11 ve 14. sırada yer alan tedarikçilerin kabul edilebilir avantaja sahip oldukları görülmektedir. Diğer tedarikçiler  $v=0$  durumu için  $CI$  koşulunu sağlamamaktadırlar.

$v = 0.25$  durumu için 1, 3, 5, 9, 10, 11 ve 13. sırada yer alan tedarikçilerin kabul edilebilir avantaja sahip oldukları görülmektedir. Diğer tedarikçiler  $v = 0.25$  durumu için  $CI$  koşulunu sağlamamaktadırlar.

$v = 0.5$  durumu için 2, 4, 9, 10 ve 11. sırada yer alan tedarikçilerin kabul edilebilir avantaja sahip oldukları görülmektedir. Diğer tedarikçiler  $v = 0.5$  durumu için  $CI$  koşulunu sağlamamaktadırlar.

$v = 0.75$  durumu için 6, 7, 8, 9 ve 10. sırada yer alan tedarikçilerin kabul edilebilir avantaja sahip oldukları görülmektedir. Diğer tedarikçiler  $v = 0.75$  durumu için  $CI$  koşulunu sağlamamaktadırlar.

$v = 1$  durumu için 2, 6, 10 ve 11. sırada yer alan tedarikçilerin kabul edilebilir avantaja sahip oldukları görülmektedir. Diğer tedarikçiler  $v = 1$  durumu için  $CI$  koşulunu sağlamamaktadırlar.

Yukarıda verilen değerlendirmelerin ardından  $C_2$  karar vermede kabul edilebilir istikrar koşulu araştırılmıştır. Bu koşulun gerçekleşmesi alternatif tedarikçinin  $S_k$ ,  $Q_k$  ve  $R_k$  değerlerine göre aynı sıralamada yer almasına bağlıdır.  $S_k$  ve  $Q_k$  değerleri için daha önceden hesaplama gerçekleştirilmiş ve bu iki değer için yapılan sıralamada aynı sırada yer alan alternatifler Tablo 6’da koyu renkli olarak verilmiştir. Her bir alternatif için  $R_k$  değerindeki sıralama “ $v$ ” değerine bağlı olarak değişmektedir. Tablo 6 incelendiğinde 7. ve 9. tedarikçilerin  $v = 0.75$  durumu dışında  $C_2$  koşulunu sağladıkları görülmektedir. 10. tedarikçi  $v$ ’nin tüm değerleri için bu koşulu sağlamaktadır. Yine 14. tedarikçi  $v$ ’nin 0.25 ve 0.5 değerleri dışında  $C_2$  koşulunu sağlamaktadır.

Uzlaşık çözümün önerilebilmesi her iki koşulun aynı anda gerçekleşmesine bağlı olduğundan, farklı “ $v$ ” durumları için her iki koşulu sağlayan alternatif tedarikçilerin araştırılması gerekmektedir. Tablo 6 ve adım 5’de yer alan açıklamalara göre 10. ve 14. tedarikçilerin  $v = 0$  durumu için her iki koşulu da sağladığı ve uzlaşık çözüm için önerilebilecekleri görülmektedir. Bu iki tedarikçi arasında bir değerlendirme yapmak gerekirse, 10. tedarikçinin 14. tedarikçiye göre daha yüksek bir performans sergilediği söylenebilir.

$v$ 'nin diğer durumları için de aynı şekilde inceleme yapıldığında;  $v = 0.25$  ve  $v = 0.5$  değerleri için sırasıyla 10. ve 9. tedarikçinin,  $v = 0.75$  ve  $v = 1$  değerleri için sadece 10. tedarikçinin uzlaşık çözüm olarak önerilebileceği görülmektedir.

#### 4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER

Tedarikçi değerlendirme ve seçim problemi, tedarik zinciri içerisinde yer alan işletmelerin etkin çözüm geliştirmeleri gereken bir karar problemi durumundadır. Bu nedenle işletmeler için mevcut veya potansiyel tedarikçi durumda bulunan firmaları doğru bir şekilde değerlendirmek ve bu doğrultuda seçim yapmak bir zorunluluktur. Tedarikçi değerlendirme ve seçimi; birbiriyle çelişen özellikte çok sayıda değerlendirme kriterini dikkate alan karmaşık bir çok kriterli karar verme problemidir. Dolayısıyla, doğru kararlar üretebilmek mevcut karar problemini temsil eden uygun modelin ortaya konmasına ve doğru çözüm yönteminin kullanılmasına bağlıdır.

Bu çalışmada, makine imalatı gerçekleştiren bir işletmenin mevcut tedarikçileri arasında bir değerlendirme yapılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, karar probleminin incelenmesinde kullanılacak değerlendirme kriterleri, karar sorununu iyi temsil edebilecek yeterlilikte ve tüm tedarikçiler arasındaki değişkenlikleri ortaya koyabilecek kapsamdaki verilerden türetilmiştir. Türetilen kriterlerin birbiriyle çelişen yapıda olmaları nedeniyle problem çözme ve değerlendirmede VIKOR yöntemi tercih edilmiştir. VIKOR yönteminin çözümünde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri, karar vericinin bilgi ve tecrübesine bağlı olarak değerlendirmeye katılabileceği gibi, herhangi bir çok kriterli karar verme yönteminden yararlanılarak da hesaplanabilmektedir. Mevcut karar probleminin karmaşık ilişkiler içeren ve hiyerarşik olarak modellenmeye elverişli olmayan yapısı nedeniyle değerlendirme kriterlerine ait ağırlıkların elde edilmesinde AAS yönteminden yararlanılmıştır.

Üzerinde çalışılan karar probleminde, öncelikle kalite, maliyet, teslimat ve hizmet olmak üzere 4 ana kriter ve bunlara bağlı olarak ortaya konmuş 11 alt kriter ile AAS modeli oluşturulmuştur. Bu sayede VIKOR çözümünde kullanılacak olan 11 değerlendirme kriterinin ağırlıkları tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda "kalite kontrole tabi tutulan parça sayısı" kriteri 0.26 ile en yüksek ağırlık değerini alırken, 0.02 değeri ile "sipariş başına düşen parça adedi" kriteri en düşük ağırlık değerine sahip olmuştur.

Çalışmada farklı " $v$ " değerleri için beş ayrı çözüm önerisi geliştirilmiştir. Yapılan beş farklı çözüm önerisine göre;  $v$  değerinin 0 olduğu durumda 10. ve 14. tedarikçiler, 0.25 ve 0.50 olduğu durumda 9. ve 10. tedarikçiler, 0.75 ve 1.00 olduğu durumda ise sadece 10. tedarikçi belirlenen kriterler ve ağırlıkları doğrultusunda çalışılabilir tedarikçiler olarak önerilmektedir. Görüldüğü gibi 10. tedarikçi her " $v$ " değeri için uygun bir alternatif durumundadır. Bu çalışma ile önerilen uzlaşık çözümler, karar vericinin farklı risk durumlarına göre değerlendirme yapabilmesine ve uygun tedarikçi veya tedarikçileri seçebilmesine imkan tanımaktadır.

Gelecek çalışmalarda, tedarikçi seçiminde sayısal olmayan kriterler de karar problemine dahil edilerek bulanık VIKOR yaklaşımı ile yeni bir çözüm geliştirilmesi mümkündür. Ayrıca kriter ağırlıklarının hesaplanmasında istatistiksel yöntemlerden faydalanılarak daha objektif sonuçlar elde edilebilmesi sağlanabilir.

#### KAYNAKÇA

- [1] S. Önüt, S.S. Kara, and E. Işık, "Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company", *Expert Systems with Applications*, 36, 3887-3895 (2009).
- [2] D. Özgen, S. Önüt, B. Gülsün, U.R. Tuzkaya, and G. Tuzkaya, "A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-objective supplier evaluation and order allocation problems", *Information Sciences*, 178, 485-500 (2008).
- [3] S.S. Kara, "Supplier selection with an integrated methodology in unknown environment", *Expert Systems with Applications*, 38, 2133-2139 (2011).
- [4] C. Gencer and D. Gurpınar, "Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm", *Applied Mathematical Modeling*, 31, 2475-2486 (2007).

- [5] L. Boer, E. Labro, and P. Morlacchi, "A review of methods supporting supplier selection", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(2), 75-89 (2001).
- [6] K.L. Choy, W.B. Lee, and V. Lo, "Design of a case based intelligent supplier relationship management system-the integration of supplier rating system and product coding system", *Expert Systems with Applications*, 25, 87-100 (2003).
- [7] R.Cook, "Case-based reasoning systems in purchasing: Applications and development", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 33(1), 32-39 (1997).
- [8] Z. Degraeve, E. Labro, and F. Roodhooft, "An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective", *European Journal Operation Research*, 125, 34-58 (2000).
- [9] S. Talluri and R. Narasimhan, "Vendor evaluation with performance variability: a max-min approach", *European Journal Operation Research*, 146, 543-552 (2003).
- [10] J. Zhu, "A buyer-seller game model for selection and negotiation of purchasing bids: extensions and new models", *European Journal Operation Research*, 134, 150-156 (2004).
- [11] S.H. Ghodspour and C. O'Brien, "The total cost of logistics in supplier selection under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", *International Journal Production Economics*, 73, 15-27 (2001).
- [12] C. Hinkle, P.J. Robinson, and P.E. Green, "Vendor evaluation using clusters analysis", *Journal of Purchasing*, 5(3), 49-58 (1969).
- [13] B. Ronen and D. Trietsch, "A decision support system for purchasing management of large projects", *Operations Research*, 36(6), 882-890 (1998).
- [14] V. Albino and A. Garavelli, "A neural network application to subcontractor rating in construction firms", *International Journal of Project Management*, 16(1), 9-14 (1998).
- [15] K. Choy, W.B. Lee, and L. Victor, "An intelligent supplier management tool for benchmarking suppliers in outsource manufacturing", *Expert System with Applications*, 22, 213-224 (2002).
- [16] E. Lee, S. Ha, and S. Kim, "Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48, 307-318 (2001).
- [17] F. Liu and H. Hai, "The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier", *International Journal of Production Economics*, 97(3), 308-317 (2005).
- [18] J. Sarkis and S. Talluri, "A model for strategic supplier selection", *Journal of Supply Chain Management*, 38, 18-28 (2002).
- [19] C-T. Chena, C-T. Lin, and S-F. Huangb, "A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management", *International Journal of Production Economics*, 289-301 (2006).
- [20] G. Aydın Keskin, S. İlhan, and C. Özkan, "The Fuzzy ART algorithm: A categorization method for supplier evaluation and selection", *Expert Systems with Applications*, 37, 1235-1240 (2010).
- [21] T.M. Lang, J.H. Chiang, and L.W. Lan, "Selection of optimal supplier in supply chain management strategy with analytic network process and choquet integral", *Computers & Industrial Engineering* 57, 330-340 (2009).

- [22] R.J. Kou, Y.C. Wang, and F.C. Tien, "Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection", *Journal of Cleaner Production*, 18, 1161-1170 (2010)
- [23] E.A. Demirtas and O. Ustun, "Analytic network process and multi-period goal programming integration in purchasing Decisions", *Computers & Industrial Engineering*, 56, 677-690 (2009).
- [24] P. Chatterjee, V.M. Athawale, and S. Chakraborty, "Selection of materials using compromise ranking and outranking methods", *Materials and Design*, 30, 4043-4053 (2009).
- [25] W-H. Tsai, W-C. Chou, and C-W. Lai, "An effective evaluation model and improvement analysis for national park websites: A case study of Taiwan", *Tourism Management*, 31, 936-952 (2010).
- [26] J.J.H. Liou and Y-T. Chuang, "Developing a hybrid multi-criteria model for selection of outsourcing providers", *Expert Systems with Applications*, 37, 3755-3761 (2010).
- [27] W-R, J. Ho, C-L. Tsai, G-H. Tzeng, and S-K. Fang, "Combined DEMATEL technique with a novel MCDM model for exploring portfolio selection based on CAPM", *Expert Systems with Applications*, 38, 16-25 (2011).
- [28] H-Y. Wu, Y-K. Lin, and C-H. Chang, "Performance evaluation of extension education centers in universities based on the balanced scorecard", *Evaluation and Program Planning*, 34, 37-50 (2011).
- [29] İ.Ö. Baykal, "Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinin Personel Seçimi Problemine Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, No.213589 (2007).
- [30] D. Lixin, L. Ying, and Z. Zhiguang, "Selection of Logistics Service Provider Based on Analytic Network Process and VIKOR Algorithm", In *Proceedings of the IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2008*, 6-8 April, Hainan, China, 1207-1210, (2008).
- [31] G.W. Dickson, "An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions", *Journal of Purchasing*, 2, 5-17, (1966).
- [32] T.L. Saaty, "The analytic hierarchy process, Mc Graw-Hill, New York, (1980)
- [33] T.L. Saaty, "The Analytic Network Process: Decision Making With Dependence and Feedback." RWS Publ., Pittsburg (1996).
- [34] E.E. Karsak, S. Sözer, and S.E. Alptekin, "Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach", *Computers & Industrial Engineering*, 44, 171-190 (2002).
- [35] L.M. Meade and A. Presley, "R&D Project Selection Using the Analytic Network Process", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 49(1), 59-66 (2002).
- [36] T.L. Saaty, "Fundamentals of the Analytic Network Process", *Proceedings of ISAHP*, Kobe, Japan (1999).
- [37] L.M. Meade and J. Sarkis, "Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: An analytic network approach", *International Journal of Production Research*, 37(2), 241-261 (1999).
- [38] T.L. Saaty, "Multicriteria decision making: The analytic hierarchy process", RWS Publications, Pittsburg (1988).

- [39] İ. Ertuğrul ve N. Karakaşoğlu, “Banka şube performanslarının VIKOR yöntemi ile değerlendirilmesi”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1), 19-28 (2008).
- [40] S. Opricovic and G.H. Tzeng, “Compromise Solution by MCDM Methods: a Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455 (2004).
- [41] P.L. Yu, “A class of solutions for group decision problems”, *Management Science*, 19(8), 936-946 (1973).
- [42] S. Opricovic and G.H. Tzeng, “Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods”, *European Journal of Operational Research*, 178, 514-529 (2007).
- [43] G. Büyüközkan and D. Ruan, “Evaluation of software development projects using a fuzzy multi-criteria decision approach”, *Mathematics and Computers in Simulation*, 77, 464-475 (2008).
- [44] G-H. Tzeng, C-W. Lin, and S. Opricovic, “Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation”, *Energy Policy*, 33, 1373-1383 (2005).
- [45] M-T. Chu, J. Shyu, G-W. Tzeng, and R. Khosla, R, “Comparison among three analytical methods for knowledge communities group-decision analysis”, *Expert Systems with Applications*, 33, 1011-1024 (2007).
- [46] A.A Bazzazi, M. Osanloo, and B. Karimi, “Deriving preference order of open pit mines equipment through MADM methods: Application of modified VIKOR method”, *Expert Systems with Applications*, 38, 2550-2556 (2011).
- [47] H-Y. Wu, G-H. Tzeng, and Y-H. Chen, “A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard”, *Expert Systems with Applications*, 36, 10135-10147 (2009).
- [48] L.Y. Chen, V.M. Athawale, and S. Chakraborty, “Optimizing partners’ choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR”, *International Journal Production Economics*, 120, 233-242 (2009).
- [49] A. Sanayei, S.F. Mousavi, and A. Yazdankhah, “Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment”, *Expert Systems with Applications*, 37, 24-30 (2010).
- [50] C-L. Chang and C-H. Hsu, “Multi-criteria analysis via the VIKOR method for prioritizing land-use restraint strategies in the Tseng-Wen reservoir watershed”, *Journal of Environmental Management*, 90, 3226-3230 (2009).
- [51] J.J.H. Liou, C-Y. Tsai, R-H. Lin, and G-H. Tzeng, G-H, “A modified VIKOR multiple-criteria decision method for improving domestic airlines service quality”, *Journal of Air Transport Management*, doi:10.1016/j.jairtraman.2010.03.004 (2010).
- [52] M-S. Kuo and G-S. Liang, “Combining VIKOR with GRA techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment”, *Expert Systems with Applications*, 38, 1304-1312 (2011).
- [53] J.R. San Cristóbal, “Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy Project in Spain: The VIKOR method”, *Renewable Energy*, 36, 498-502 (2011).