

## Tedarikçi Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması The Use of Multi-Criteria Decision Making Methods in Supplier Selection

Yrd. Doç. Dr. Aşır Özbek

### Öz

Doğru tedarikçinin seçilmesi, işletmelerin rekabet yeteneğinin artırılmasında ve maliyetlerin azaltılmasında, önemli bir etkiye sahiptir. En uygun tedarikçiyi seçme, bir birlerini etkileyen faktörlerin yer aldığı karmaşık bir problem türüdür. Karar verme sürecinde kalite, fiyat, esneklik ve teknoloji gibi birçok tedarikçinin nitel ve nicel performans göstergeleri dikkate alınmaktadır. Tedarikçilerin güçlü ve zayıf yönleri de tedarikçi seçim sürecinde göz önüne alınması gereken diğer faktörlerdir. Literatürde tedarikçi seçim problemini çözmek için çok sayıda ve farklı çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri önerilmiştir.

Bu çalışmada, bir işletme için en uygun tedarikçileri belirlemede bulanık analitik ağ süreci (BAAS) ve VI-seKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yaklaşımına dayanan bütünleşik bir çözüm modeli geliştirilmiştir. BAAS, karar verme sürecinde, faktörler arasındaki bağımlılığı ve geri beslemeyi değerlendiren, nicel ve nitel kriterleri dikkate alabilen ÇKKV yöntemlerinden birisidir. Karar verme modelinin kriterleri ve karar ağı yapısı literatür taramasından elde edilen veriler ve uzman kişilerin görüşleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Önerilen modelin kriter önem ağırlıkları BAAS ile seçeneklerin sıralanması ise VIKOR ile belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Bulanık Analitik Ağ Süreci, BAAS, Çok Kriterli Karar Verme, VIKOR, Tedarikçi Seçimi

### Abstract

A good supplier selection is important in order to enhance the enterprise's ability of competition and minimizing the costs. Choosing the best supplier is a kind of complicated problem in the elements influencing each other. Qualitative and quantitative performance indicators such as quality, price, flexibility and technology should be considered in the period of decision. Another criteria to be considered is the strong and weak aspects of the supplier. Many and varied multi-criteria decision making methods of supplier selection are suggested in technical literature.

In this study, a formula grounded on fuzzy analytic network process (FANP) and VI-seKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) in supplier selection is developed. FANP is one of the multi-criteria decision making (MCDM) methods which takes into consideration dependency, feedback, quantitative and qualitative criteria in the decision period. The criteria of the practice and the structure of decision network are determined according to the data in technical literature and specialist's ideas. In this suggested method, significance of criteria is according to FANP and the ordering of options is determined according to VIKOR.

**Keywords:** Fuzzy Analytic Network Process, FANP, Multi-Criteria Decision Making, VIKOR, Supplier Selection

## Giriş

Satın alma, işletmelerin temel işlevlerinden biridir. Son yıllarda rekabet ortamının en kritik konularından birisi de satın alma süreci olmaktadır. Rekabetin çok yoğun olduğu günümüzde, sürdürülebilir olmanın temel prensibi, üretim maliyetlerinin azaltılmasıdır. Uygun tedarikçi seçimi, satın alma maliyetlerini azaltabilir, üretimde esnekliği artırabilir, ürün kalitesi üzerinde olumlu etki yapabilir, müşteri memnuniyeti sağlayabilir ve organizasyonun rekabet yeteneğini önemli ölçüde artırabilir. Çünkü hammadde ve parçaların maliyeti birçok sektörde son ürünün fiyatının (% 70) büyük bir bölümünü oluşturmaktadır (Ghodsypour ve O'Brien, 1998, s. 199-212). İşletmelerin ürettiği ürünün kalitesi, üretim kabiliyetinin yanı sıra tedarikçi tarafından temin edilen hammaddeye de bağlı olmaktadır. Tedarikçilerle yapılan uzun süreli iş ilişkisinin en önemli bileşeni uygun tedarikçiyi seçmektir (Kannan vd. 2014a, 1).

Son yıllarda, en iyi tedarikçinin nasıl belirleneceği, tedarik zincirinde stratejik bir faktör olarak kabul edilmektedir. İşletmeler, organizasyon üzerinde en az etkiye sahip tedarikçileri seçerek, stratejik konumunu güçlendirmek istemektedirler. Bu tür kararların çözümünde kesin bir yolu bulunmamaktadır. Tedarikçi seçimi, tedarikçileri, işletmenin tedarik zincirinin bir parçası haline getirmek için değerlendirme ve gözden geçirme sürecidir. Tedarikçi seçiminde temel amaç; tedarikçinin işletme ile uyum içinde olması ve makul maliyetle en yüksek verimi sağlamasıdır. Doğru tedarikçiyi bulmak işletmelerin stratejileri açısından çok önemlidir. Ancak işletmeler, kendisi için uygun tedarikçiyi bulmakta zaman zaman zorluklarla karşılaşabilmektedirler. En uygun tedarikçi seçiminde; kalite, fiyat, esneklik ve teknoloji gibi birçok nicel ve nitel performans göstergeleri dikkate alınmaktadır. Son yıllarda işletme için en uygun tedarikçiyi değerlendirme ve seçme konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Birçok araştırmacı, işletmelerin bu tür sorunlarını, kendilerinin ÇKKV sorunu olarak görmüş ve bu konunun çözümüne yönelik olarak çok farklı uygulamalar geliştirmişlerdir. İşletmeler uzun süreli stratejik ilişkiye girecekleri tedarikçileri belirlerken çok dikkatli bir seçim yapmalıdırlar. Çünkü uzun vadeli yapılan iş sözleşmelerini iptal etmek, onarması güç sorunlar oluşturabilmektedirler. Bu ve benzeri nedenlerden dolayı tedarikçi seçim süreci çok iyi yönetilmelidir.

Literatürde tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi, tedarikçi seçimi ve değerlendirmesiyle ilgili çok farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların ilki sayılabilecek araştırma; Dickson (1966) tarafından 273 satın alma sorumlusu ve müdürü ile görüşme yaparak yapıldığı anket çalışmasıdır. Dickson (1966), bu çalışmanın sonucunda tedarikçi değerlendirmede 23 adet temel kriter belirlemiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda karar verme sürecinde; kararı etkileyen birçok faktörün olmasından dolayı, etkin kararların alınabilmesi için doğrusal ağırlıklı modeller ve matematiksel programlama temeline dayanan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Veri Zarflama Analizi (VZA), Hedef Programlama (HP), Doğrusal Programlama (DP) gibi yöntemlerin son yıllarda yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Tablo 1'de son yıllarda yapılan çalışmalar listelenmiştir. Çalışmalar analiz edildiğinde yöntemlerin tek başına kullanıldığı gibi hibrid olarak da kullanıldığı görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı; en uygun tedarikçi firmayı seçmede, işletme yöneticilerinin spesifik yazılımlara ihtiyaç duymadan basit olarak uygulayabilecekleri bir karar verme modeli geliştirmektir. Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde analitik ağ süreci (AAS), BAAS ve VIKOR yöntemleri tanıtılmış ve bu yöntemlerle geliştirilen bazı uygulamalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde ise 11 kriterin kullanıldığı tedarikçi seçim modeli geliştirilmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışma değerlendirilmiş ve bu konuda gelecekte yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

## Analitik Ağ Süreci

Literatürde ÇKKV problemlerin çözümünde; fayda-maliyet analizi, HP, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE ya da AHS gibi birçok yöntem bulmak mümkündür. Ancak; bu yöntemler, kriterler arasındaki yatay bağımlılıkları dikkate almamaktadır. Kriterler arasındaki yatay ya da dikey bağımlılıkları dikkate alan AAS yöntemidir (Peters ve Zelewski, 2008 s.475).

AAS, Saaty (2001, s. 83) tarafından AHS'nin geliştirilmesi ile geliştirilmiş ve AHS'de olduğu gibi nicel verilerin yanında nitel verileri de değerlendirme sürecine dâhil edebilen bir yöntemdir. Bu yöntem, karar

Tablo 1. Literatür Taraması

Yazar Adı	Kullanılan Yöntem	Yıl
Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C. A.	AHS ve Doğrusal Programlama	1998
Yahya, S. ve Kingsman, B.	AHS	1999
Sarkis, J. ve Talluri, S.	AAS	2002
Wang, G., Huang, S. H. ve Dismukes, J. P.	AHS ve Hedef Programlama	2004
Dağdeviren, M., Dönmez, N. ve Kurt, M.	AAS	2006
Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E. ve Giacchetta, G.	Bulanık Kalite Fonksiyon Yayılımı	2006
Chan, F. T. S. ve Kumar, N.	Bulanık AHS ve Bulanık TOPSIS	2007
Gencer, C. ve Gürpınar, D.	AAS	2007
Chou, S.Y. ve Chang, Y.-H.	Bulanık SMART	2008
Ha, S.H. ve Krishnan, R.	AHS, VZA ve Yapay Sinir Ağı	2008
Lang, T. M., Chiang, J. H. ve Lan, L.W.	AAS	2009
Wang, J.-W., Cheng, C.-H. ve Kun-Cheng, H	Bulanık TOPSIS	2009
Sanayei, A., Mousavi, S., F. ve Yazdankhah, A.	Bulanık VIKOR ve Çevresel Etki Analiz Yöntemi	2010
Saen, R. F.	VZA	2010
Fazlollahtabar, H., Mahdavi, I., Ashoori, M.T., Kaviani, S. ve Mahdavi-Amiri, N.	AHS, TOPSIS ve Çok Amaçlı Doğrusal Olmayan Programlama	2011
Lin, C. T., Chen, C. B. ve Ting, Y. C.	AAS	2011
Dalalah, D., Hayajneh, M. ve Batieha, F.	Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS	2011
Liao, C.-N. ve Kao, H.-P.	TOPSIS ve Hedef programlama	2011
Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M. ve Tarokh, M.J.	Bulanık VIKOR	2011
Toloo, M. ve Nalchigar, S.	VZA	2011
Shaw K., Shankar, R., Yadav, S.S. ve Thakur, L.S.	Bulanık AHS ve Çok Amaçlı Doğrusal Programlama	2012
Büyüközkan, G. ve Çiftçi, G.	Bulanık DEMATEL, Bulanık AAS ve Bulanık TOPSIS	2012
Girubha, J. ve Vinodh, S.	Bulanık VIKOR ve Çevresel Etki Analiz Yöntemi	2012
Zouggari, A. ve Benyoucef, L.	Bulanık TOPSIS	2012
Sharma, S. ve Balan, S.	Taguchi, TOPSIS ve Çok Kriterli Hedef Programlama	2012
Dey S., Kumar, A., Ray, A. ve Pradhan, B. B.	Kalite Fonksiyon Dağıtım ve DEMATEL	2012
Şenkayas, H. ve Hekimoğlu, H.	PROMETHEE	2013
Kılıç, H. S.	Doğrusal Programlama ve Bulanık TOPSIS	2013
Vatanserver, K.	Bulanık TOPSIS	2013
Roshandel, J., Miri-Nargesi, S. S. ve Hatami-Shirkouhi, L.	Hiyerarşik Bulanık TOPSIS	2013
Azizi, H.	VZA	2013
Zhao, M. ve Ren, R. R.	TOPSIS	2013
Rajesh, G. ve Malliga, P.	AHS ve Kalite Fonksiyon Yayılımı	2013
Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A. ve Diabat, A.	AHS, TOPSIS ve Çok Amaçlı Doğrusal Programlama	2013
Deng, X., Hu, Y., Deng, Y. ve Mahadevan, S.	Geliştirilmiş AHS	2014
Kannan, D., Jabbour, A. B. L. D. S. ve Jabbour, C. J. C.	Bulanık TOPSIS	2014
Ware, N. R., Singh, S. P. ve Banwet, D. K.	Karışık Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama	2014
Kumar, S.	Yeşil VZA	2014
Karimi, H., & Rezaeinia, A.	Çok Segmentli Hedef Programlama	2014
Jadidi, O., Zolfaghari, S. ve Cavalieri, S.	Hedef Programlama	2014
Kannan, D., Kannan, G. ve Rajendran, S.	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	2014

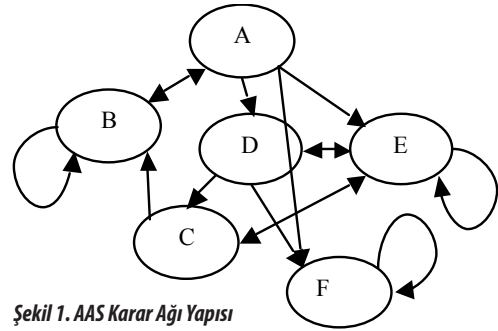
verme sürecinde yer alan kriterler arasındaki yatay ya da dikey etkileşimleri dikkate alan ve problemin yukarıdan aşağıya doğru bir yapıda tasarlanması zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Yatay etkileşimleri dikkate almak için AAS'de yukarıdan aşağıya doğru hiyerarşik bir yapı yerine karar ağı yapısı seçilmektedir.

AAS uygulaması çerçevesinde bir kontrol hiyerarşisi (control hierarchy) modelinin oluşturulup oluşturulamayacağına tespit edilmesi gerekmektedir. Kontrol hiyerarşisi, kontrol kriterlerinin bir araya gelmesinden meydana gelmektedir. Kontrol hiyerarşisinin mutlaka hiyerarşik bir yapıda olması gerekmektedir. Kontrol hiyerarşisi, üzerinde çalışılan sistemin amacına yönelik üstünlüklerin türetildiği, kriterler ve alt kriterlerden oluşan bir yapıdır (Saaty, 2001, s. 91). Kontrol hiyerarşisi, amaç, kriterler ve alt kriterlerden oluşan hiyerarşik bir yapı olabileceği gibi kriterlerin birbirlerine karşılıklı bağımlılık ve geri bildirim ilişkileri içinde olduğu bir karar ağı yapısı şeklinde de olabilmektedir (Şekil 1). Bu yapı sayesinde, doğrudan ilişkilendirilmemiş elemanlar arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır.

Bir karar ağı, kümeler, elemanlar ve etkilerden oluşmaktadır. Kümeler ana kriterleri, elemanlar ise alt kriterleri ya da seçenekleri sembolize etmektedir. Kümeler, içerisinde elemanlardan (alt kriter) oluşan elips şeklinde gösterilir (Saaty, 2001, s. 151). Karar ağında ana kriter, etkileşimde bulunan kümeleri, alt kriterler de elemanları karşılaştırmada kullanılmaktadır (Peters ve Zelewski, 2008, s.480).

Bir hiyerarşide üst düzeydeki elemanların daha alt seviyedeki elemanlarla etkileşimleri söz konusu olabilmektedir. Bu durum karşılıklı bağımlılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle çözülmesi gereken birçok karar sorunu hiyerarşik yapıda oluşturulamamaktadır. Diğer taraftan bir karar ağında tüm elemanların diğer kümelerdeki ve buldukları kümelerdeki tüm elemanlarla etkileşim halinde olmaları söz konusu olmamaktadır (Saaty, 2001, s.91). Yöntem, sadece belirli ana kriterler altındaki alt kriterlerin ikili karşılaştırmalarını değil, birbiri ile etkileşimde olan tüm alt kriterlerin bağımsız olarak karşılaştırılabilmesine imkân sağlamaktadır (Saaty, 2001). AAS, karar verirken, konuyla ilişkisi olan bütün kriterleri ve etkileşimleri sürece dâhil edebilme kabiliyetine sahiptir.

Şekil 1'de bir karar ağı yapısı verilmiştir (Saaty, 2001). Bu karar ağı yapısı altı kümeden oluşmaktadır. Ağ yapısının A kümesi sadece B kümesini etkilemektedir. B kümesi ise A ve C kümelerini etkilerken aynı zamanda kendi içerisindeki elemanlar arasında da etkileşimi söz konusudur. C kümesi D ve E kümelerini etkilerken, D kümesi A ve E kümelerini etkilemektedir. E kümesi A, C, D kümelerini etkilerken aynı zamanda kendi içerisindeki elemanlar arasında da etkileşim söz konusu olmaktadır. F kümesi ise A ve D kümelerini etkilerken, diğer taraftan kendi içerisindeki elemanlar arasında da etkileşim olmaktadır.



Şekil 1. AAS Karar Ağı Yapısı

AAS, çok farklı karar problemlerinin çözümünde başarılı şekilde uygulanmıştır. Tavana (2012, 5694–5702) sosyal medya platformu seçiminin kriter önem ağırlıklarının belirlenmesinde, Ivanović vd. (2013, s.22-29) ulaşım projelerinin seçiminde AAS yöntemini kullanmışlardır. Yeh ve Huang (2014, s.159-169) rüzgar çiftliklerinin yerini belirlemede dikkate alınması gereken temel faktörlerin tespitinde AAS ve DEMATEL; Aragonés-Beltrán vd. (2014, s.1-17) belirli bir güneş termik santral projesine yatırım karar verme ve şirketin portföyündeki projelerin öncelik sırasını belirlemede AHS ve AAS; Kabak ve Dağdeviren (2014, s.25-33) Türkiye'nin enerji durumunu tespit etmede ve alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının önceliklerini belirlemede faydalar, fırsatlar, riskler ve maliyetler ile AAS temeline dayanan bütünlük bir model önermişlerdir.

### Bulanık Analitik Ağ Süreci

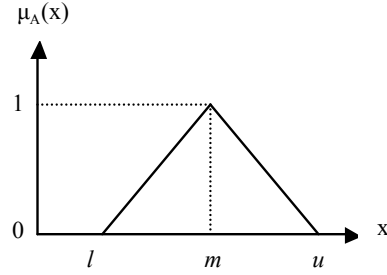
Bulanık mantık kavramı ilk olarak Zadeh tarafından 1965 yılında geliştirilmiştir. Bulanık mantık, belirsizlik ve kesin olmayan problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Chen ve

Chen, 2008, s.85). Teori, matematiksel işlemleri ve programlamayı bulanık alanda uygulamaya oldukça elverişlidir.

Geleneksel küme yaklaşımında; kümenin üyeleri, 0 ya da 1, “evet” veya “hayır” gibi ikiye bölme kuralına göre belirlenmektedir. Bulanık mantık da ise “orta”, “yüksek”, “düşük” gibi ortalama değerler kullanılır. Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ( $\mu_A(x)$ ) ile tanımlanmaktadır. Bir  $x$  faktörü  $A$  kümesine kesinlikle ait ise  $\mu_A(x)=1$ , kesinlikle ait değil ise  $\mu_A(x)=0$  olur. Daha yüksek bir üyelik derecesi değeri,  $x$  faktörünün  $A$  kümesine ait olma derecesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir (Dağdeviren, 2007, s.793).

Yapılan çalışmalarda yaygın olarak üçgen ya da yamuk bulanık sayılar kullanılmaktadır. Bulanık sayıların özel bir sınıfı olan üçgensel bir bulanık sayı, üç gerçek sayı ile ifade edilmekte ve üyelik fonksiyonu da bu sayılara bağlı olarak tanımlanmaktadır. Formül (1)'de üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu tanımlanmaktadır (Zimmermann, 1990). Şekil 2'de üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu görülmektedir.

$$\mu_A^x = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (1)$$



Şekil 2. Bulanık Üçgen Sayı

( $l, m, u$ ) ile ifade edilen ( $\tilde{A}$ ) bulanık sayısında  $l, m$  ve  $u$  parametreleri, sırasıyla, mümkün olan en küçük, en geniş ve en büyük değeri temsil etmektedir.

$\tilde{A} = (l_a, m_a, u_a)$  ve  $\tilde{B} = (l_b, m_b, u_b)$  iki üçgensel bulanık sayı olmak üzere bulanık sayılar üzerindeki temel aritmetik kurallar şu şekilde tanımlanır (Zimmermann, 1990).

$$\text{Toplama: } \tilde{A} + \tilde{B} = (l_a, m_a, u_a) + (l_b, m_b, u_b) = (l_a + l_b, m_a + m_b, u_a + u_b) \quad (2)$$

$$\text{Çıkarma: } \tilde{A} - \tilde{B} = (l_a, m_a, u_a) - (l_b, m_b, u_b) = (l_a - l_b, m_a - m_b, u_a - u_b) \quad (3)$$

$$\text{Çarpma: } \tilde{A} \times \tilde{B} = (l_a, m_a, u_a) \times (l_b, m_b, u_b) = (l_a \cdot l_b, m_a \cdot m_b, u_a \cdot u_b) \quad (4)$$

$$\text{Bölme: } \frac{\tilde{A}}{\tilde{B}} = \frac{(l_a, m_a, u_a)}{(l_b, m_b, u_b)} = \left[ \frac{l_a}{u_b}, \frac{m_a}{m_b}, \frac{u_a}{l_b} \right] \quad (5)$$

$$\text{Tersini Alma: } \tilde{A}^{-1} = \left[ \frac{1}{u_a}, \frac{1}{m_a}, \frac{1}{l_a} \right] \quad (6)$$

BAAS yöntemi, çok farklı çalışmalarda başarılı olarak uygulanmıştır. Wu vd. (2006, s.53-73) Taiwan'da ki sağlık örgütlerinin performansını ölçmede ve kriz yönetimini değerlendirmede; Güneri vd. (2009, s.7992-7999) tersane yeri seçiminde; Vinodh vd. (2011) üretim işletmesi için tedarikçi seçiminde; Tavana vd. (2013) Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin ileri teknoloji projelerinin önceliklerinin belirlenmesinde; Nguyen vd. (2014) tezgah seçiminde BAAS yöntemini kullanmışlardır.

BAAS ile problemlerinin çözümü beş temel adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar aşağıda açıklanmaktadır.

#### Adım 1: Problemin Tanımlanması ve Karar Ağının Tasarlanması

Bu aşamada problem açık bir şekilde tanımlanmalı, kümeler, küme elemanları, küme içi ve dışı bağımlılıklar belirlenerek karar ağı tasarlanmalıdır. Kriterler belirlenirken uzmanların görüşleri ve literatür taraması sonucunda elde edilen bulgular dikkate alınabilir.

**Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması ve Bulanık Önem Ağırlıklarının Hesaplanması** BAAS'de kararları etkileyen kriterler ikili olarak karşılaştırılarak bulanık önem ağırlıkları belirlenir. Kümeler birbirleriyle, küme içindeki elemanlar kendi içlerinde ve ilişkili olduğu diğer küme elemanlarıyla ikili olarak karşılaştırılır. Her hangi bir elemanla et-

kileşim içinde olmayan bir elemanın değeri, matriste (0,0,0) olarak belirtilir.

Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty (2001) tarafından önerilen Tablo 2'de gösterilen 1-9 karşılaştırma ölçeğini temel alarak, Prakash (2003, s.31) tarafından oluşturulan Tablo 3'de verilen skala değerleri ve karşılığı olan üçgensel bulanık sayılar kullanılır.

**Tablo 2. Karşılaştırma Ölçeği**

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenekte eşit değerde öneme sahip
3	Biraz önemli	Bir kriter diğerine göre biraz daha önemli sayılmıştır
5	Fazla önemli	Bir kriter diğerine göre çok daha önemli sayılmıştır
7	Çok fazla önemli	Kriter diğer kriterlere göre kesinlikle çok fazla önemli sayılmıştır
9	Son derece önemli	Bir kriterin diğerine göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır.
2, 4, 6, 8	Ara dereceler	Gerektiğinde kullanılacak ara değerler.

**Tablo 3. Kriter Karşılaştırmalarında Kullanılan Skala Değeri ve Üçgensel Bulanık Sayılar**

Skala Değeri	Üçgensel Bulanık Sayılar	Skala Değeri	Ters Üçgensel Bulanık Sayılar
1	(1, 1, 1)	1/1	(1/1, 1/1, 1/1)
2	(1, 2, 4)	1/2	(1/4, 1/2, 1/1)
3	(1, 3, 5)	1/3	(1/5, 1/3, 1/1)
5	(3, 5, 7)	1/5	(1/7, 1/5, 1/3)
7	(5, 7, 9)	1/7	(1/9, 1/7, 1/5)
9	(7, 9, 11)	1/9	(1/11, 1/9, 1/7)

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}] = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ C_1 & \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \frac{1}{\tilde{a}_{12}} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{\tilde{a}_{1n}} & \frac{1}{\tilde{a}_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \\ C_2 & \\ \vdots & \\ C_n & \end{matrix} \quad (7)$$

Karşılaştırmalar, formül (7)'de görüldüğü gibi ikili karşılaştırma matrisinin tüm değerleri (1) olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılmaktadır.

$\tilde{a}_{i,j}$  bulanık sayısı,  $i$ . eleman ile  $j$ . elemanın ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilecek olursa,  $\alpha_{j,i}$  bulanık sayı değeri  $1/\alpha_{i,j}$  eşitliğinden elde edilir.

Örneğin temel alınan bir kriter gere birinci eleman, üçüncü elemana göre karşılaştırmayı yapan tarafından **biraz önemli** görünüyorsa, bu durumda ikili

karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ( $i=1, j=3$ ), Tablo 2'de **biraz önemli** ifadesinin Tablo 3'de karşılığı olan (1, 3, 5) üçgensel bulanık sayıyı içerecektir. Aksi durumda yani birinci elemanın üçüncü elemanla karşılaştırılmasında, **biraz önemli** tercihi üçüncü elemandan yana kullanılacaksa bu durumda ikili karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni  $1/\alpha_{i,j}$  kuralına göre (1/5, 1/3, 1/1) üçgensel bulanık sayı değerini alacaktır. Aynı karşılaştırmada birinci elemanla üçüncü eleman karşılaştırılmasında elemanlar eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda  $\alpha_{i,j}$ , (1, 1, 1) değerini almaktadır.

İkili karşılaştırma matrislerinin düzenlenmesinden sonra kriterlerin, bulanık geometrik ortalama yöntemi ile ortalama değerleri bulunur. Kriterlerin bulanık önem ağırlıkları; her bir kriterin bulanık geometrik ortalamasının ilgili kriterin toplamına bölünmesiyle bulunur.

### Adım 3: Bulanık Önem Ağırlıkların Durulaştırılması ve Normalleştirilmesi

Kriter bulanık önem ağırlıklarının her hangi bir durulaştırma yöntemi ile durulaştırılması gerekir. Bulanık üçgen sayıların durulaştırılmasına yönelik olarak literatürde birçok yöntem yer almaktadır. Burada uygulanan (8) numaralı formül ile ifade edilen durulaştırma yöntemi; Hus ve Nian (1997, 79-96) ve Liou ve Wang (1992)'in çalışmalarını esas almaktadır. Bu çalışmalarda; karar vericilerin risk tolerans ( $\lambda$ ) ve tercih

( $\alpha$ ) değerleri dikkate alınmaktadır.  $\alpha$ , 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilen sabit ya da değişken bir durumu ifade etmektedir.  $\lambda$  değişkeni ise 0 ile 1 arasında bir değer alabilmekte ve karar vericinin eğilimini yansıtmaktadır.  $\lambda$  değişkeninin 0 değerini alması durumunda; karar vericinin daha iyimser, 1 değerini alması durumunda ise daha kötümser olduğu anlaşılmaktadır. Uygulamamızda  $\alpha$  ve  $\lambda$  değişkenlerine 0,5 değeri verilmiştir.

$$(a_{ij}^{\alpha}) = [\lambda \cdot L_{ij}^{\alpha} + (1 - \lambda) \cdot U_{ij}^{\alpha}], 0 \leq \lambda \leq 1, 0 \leq \alpha \leq 1, \quad (8)$$

Burada;

$$L_{ij}^{\alpha} = (M_{ij} - L_{ij}) \cdot \alpha + L_{ij}$$

$$U_{ij}^{\alpha} = U_{ij} - (U_{ij} - M_{ij}) \cdot \alpha$$

$i$ . kriterlerin durulaştırılmış yerel önem ağırlıkları  $i$ . kriterin yerel önem ağırlıkları toplamına bölünerek normalleştirilir. Normalleştirme sonucunda kriterlerin önem ağırlıkları toplam değeri 1 olur.

### Adım 4: Süpermatris ve Limit Süpermatrisin Oluşturulması

Kriterlerin amaca göre kendi aralarında ki ikili karşılaştırmalar yoluyla elde edilen önem ağırlıklarının diğer bir ifadeyle öncelik vektörlerinin bir matriste bir araya getirilmesiyle süpermatris elde edilir. Süpermatriste elemanlar arasındaki dolaylı etkiler yerine sadece direkt etkiler dikkate alındığı zaman; süpermatrisin büyük dereceden kuvvetinin alınması gerekmektedir. Kuvvet alma işlemi, aynı satıra karşılık gelen sütun değerleri birbirine eşit olana kadar, yani matrisin satırları durağanlaşmaya kadar devam eder. Elde edilen yeni matris, limit süpermatris olarak adlandırılır (Saaty, 2001, 112). Karar sürecini etkileyen en önemli kriter, limit süpermatriste en yüksek önceliğe sahip olan elemandır. Bu sonuçlar bize kriterlerin nihai önem ağırlıklarını vermektedir.

### VIKOR

VIKOR yöntemi, ilk defa 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından (2004, 445-455) yapılan çalışmada ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılmıştır.

Yöntemin çeşitli araştırmacılar tarafından 2004 yılından itibaren farklı alanlardaki çalışmalarda kullanıldığı görülmektedir. Yöntemin amacı, seçeneklerin sıralanmasında uzlaşık çözüme ulaşmaktır. Uzlaşık çözüme ulaşmak için her bir kritere göre değerlendirilen her seçeneğin, ideal seçeneğe yakınlık değerleri karşılaştırılmaktadır (Opricovic ve Tzeng, 2007, s.515-529). Opricovic (2009, s.1549-1561) su kaynakları planlamasında, Ali-Mohammad vd. (2010, s.206-210) bilgi portal sisteminin seçiminde, Cristóbal (2011, s.498-502) İspanya'daki yenilenebilir enerji projelerinin seçiminde VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Sanayei vd. (2010, s.24-30) otomotiv sektöründe parça tedarikçisi seçiminde, Shemshadi (2011, s.12160-12167) tedarikçi seçiminde, Liou vd. (2011, s.57-61) Tayvan yerli havayollarının hizmet kalitesini artırmada, Devi (2011) robot seçiminde bulanık VIKOR yöntemini uygulamışlardır. Tzeng vd. (2005) toplu taşımada kullanılacak alternatif yakıtların değerlendirmesinde VIKOR, TOPSIS ve AHS; Wua vd. (2009) performans ölçümü amacıyla üç bankayı yirmi üç kriter kapsamında bulanık ortamda analiz etmede AHS ve VIKOR; Liou ve Chuang (2010, s.3755-3761) dış kaynak kullanım alternatiflerinin seçiminde AAS ve VIKOR; Kuo ve Liang (2011, s.1304-1312) hava limanlarının servis kalitesini değerlendirmede bulanık VIKOR ve GİS; Girubha ve Vinodh (2012, s.478-486) otomobil parçası tedarikçisinin malzeme seçiminde bulanık VIKOR ve çevresel etki analiz yöntemini kullanmışlardır.

**Uzlaşık sıralama algoritması VIKOR aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:**

**Adım 1:** Her kriter için en iyi ve en kötü değerleri belirlenmelidir.

$f_i^*$  ve  $f_i^-$ 'nin alacağı değer, kriterin fayda ya da maliyet cinsinden olup olmadığına göre değişmektedir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij}, \quad f_i^- = \min_j f_{ij}, \quad \text{eğer } i. \text{ fonksiyon fayda cinsinden ise}$$

$$f_i^* = \min_j f_{ij}, \quad f_i^- = \max_j f_{ij}, \quad \text{eğer } i. \text{ fonksiyon maliyet cinsinden ise}$$

**Adım 2:**  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri,  $j=1,2,\dots,j$  için hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (9)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (10)$$

$w_i$ , kriter ağırlıklarını ve göreceli önemleri göstermektedir.

**Adım 3:**  $Q_j$  değerleri tüm  $j=1,2,\dots,j$  için belirlenir.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (11)$$

$$S^* = \min_j S_j, \quad S^- = \max_j S_j,$$

$$R^* = \min_j R_j, \quad R^- = \max_j R_j$$

$v$  değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade etmektedir.

**Adım 4:**  $S$ ,  $R$  ve  $Q$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak, seçenekler arasında üç adet sıralama listesi oluşturulur.

**Adım 5:** Eğer aşağıdaki iki koşul sağlanırsa; seçeneklerin  $Q$  değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanmasında en iyi sırayı sağlayan  $a'$  seçeneği uzlaşık çözüm olarak önerilmektedir.

**C1. Kabul edilebilir avantaj:**

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (12)$$

$$DQ = \frac{1}{J-1} \quad (13)$$

(12) numaralı formüldeki  $a''$  değeri,  $Q$  değerine göre küçükten büyüğe doğru yapılan sıralamada ikinci sırayı alan seçenek olmaktadır. (13) numaralı formül-

deki  $J$  değişkeni, seçenek sayısını göstermektedir. Seçenek sayısı 4'ten küçükse  $D(Q) = 0,25$  alınmaktadır.

**C2. Karar vermede kabul edilebilir istikrar:**

$S$  ve/veya  $R$  değerlerine göre yapılan sıralamada da  $a'$ , en iyi sıradaki seçenek olmalıdır. Eğer koşullardan biri yerine getirilemezse bu durumda uzlaşık ortak çözüm kümesi aşağıdaki gibi önerilmektedir.

- Eğer C2 koşulu yerine getirilemiyor ise;  $a'$  ve  $a''$  seçenekleri yani birinci ( $A_1$ ) ve ikinci ( $A_2$ ) sıradaki seçenekler en iyi uzlaşık çözüm olarak belirlenmektedir.
- Eğer C1 koşulu yerine getirilemiyorsa;  $a', a'', \dots, a^M$  yani ( $A_1, A_2, \dots, A_M$ ) seçenekleri uzlaşık en iyi çözüm kümesi olarak belirlenmektedir.  $a^M$ , maksimum  $M$  için  $Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ$  formülü ile belirlenmektedir.

## Uygulama

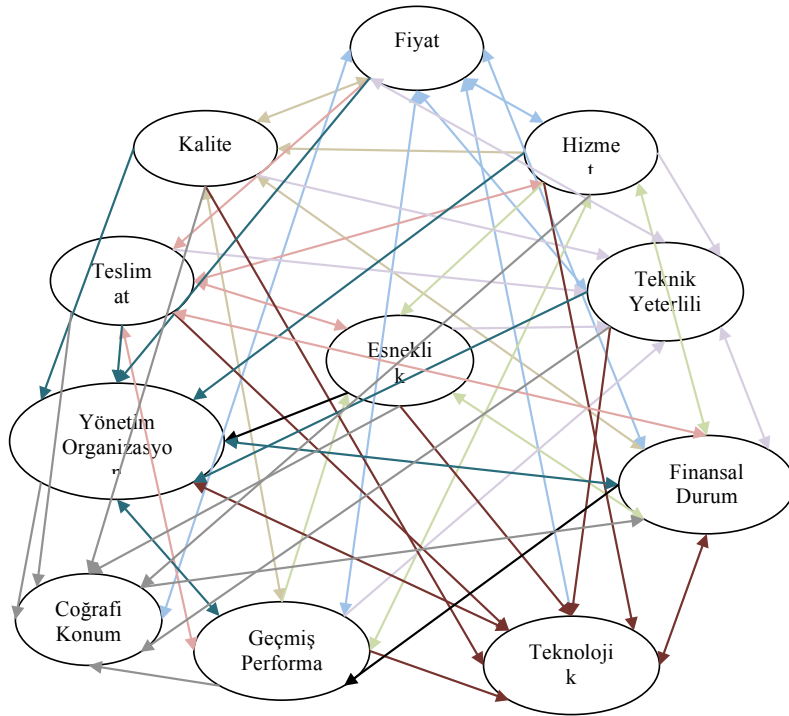
### Problemin Tanımlanması ve Karar Ağıнын Tasarlanması

Bir işletmenin üretim sürecinde kullanacağı malzemelerin tedariki için tedarikçi seçim modeli tasarlanacaktır. Bu nedenle literatür taraması sonucu Kalite (K), Fiyat (F), Teslimat (T), Hizmet (H), Esneklik (E), Teknik Yeterlilik (TY), Teknolojik Kabiliyet (TK), Yönetim ve Organizasyon (YO), Geçmiş Performans (GP), Finansal Durum (FD) ve Coğrafi Konum (CK) faktörleri seçim kriteri olarak belirlenmiştir. Bu kriterlerin alt kriterleri olmadığından aynı zamanda elemanı olmayan kümeler yerine geçmektedir. Kriterlerin kendi aralarındaki etkileri Tablo 4'de gösterilmiştir. Tablo 4'de gösterilen etkiler dikkate alınarak Şekil 3'de görülen karar ağ yapısı oluşturulmuştur.



Tablo 4. Karar Ağının Kriterleri ve Etkileri

Kriter	Kriter Sembolü	Etkilediği Kriter	Etkilendiği Kriter
Kalite	K	F, H, GP, FD	F, TY, TK, YO, GP, FD, CK
Fiyat	F	K, H, TY, TK, GP, FD, CK	K, T, H, TY, TK, YO, GP, FD, CK
Teslimat	T	F, H, E, GP, FD	H, E, TY, TK, YO, GP, FD, CK
Hizmet	H	F, T, GP, FD	K, F, T, E, TY, TK, YO, GP, FD, CK
Esneklik	E	T, H, GP, FD	T, TY, TK, YO, FD, CK
Teknik Yeterlilik	TY	K, F, T, H, E, GP, FD	F, TK, YO, FD, CK
Teknolojik Kabiliyet	TK	K, F, T, H, E, TY, YO, GP, FD	F, YO, FD
Yönetim ve Organizasyon	YO	K, F, T, H, E, TY, TK, GP, FD	TK, GP, FD, CK
Geçmiş Performans	GP	K, F, T, H, YO, FD	K, F, T, H, E, TY, TK, YO, CK
Finansal Durum	FD	K, F, T, H, E, TY, TK, YO, CK	K, F, T, H, E, TY, TK, YO, GP
Coğrafi Konum	CK	K, F, T, H, E, TY, YO, GP	F, FD



Şekil 3. Karar Ağı

### İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Amaç dikkate alınarak her bir kritere (küme) diğer kriterlerin etkilerini belirlemek için on bir adet ikili karşılaştırma matrisi düzenlenir. İkili olarak karşılaştırılan kriterlerin, temel alınan kriteri ne oranda etkiledikleri Tablo 2 ve Tablo 3'de belirtilen ölçüğe göre yapılır. Bu kısımda örnek olarak amaç dikkate

alınarak, K kriterine diğer kriterlerin etkilerinin nasıl belirlendiği gösterilmiştir. Tablo 4 ve Şekil 3'de gösterildiği gibi K kriterini; F, TY, TK, YO, GP, FD ve CK kriterleri etkilemektedir. Bu nedenle bu kriterlerin ikili olarak karşılaştırıldığı bir matris Tablo 5'de gösterildiği gibi oluşturulur.

Tablo 5. Kalite Kriterine Etki Eden Kriterlerin İkili Olarak Karşılaştırılması

	F			TY			TK			YO			GP			FD			CK		
F	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	9,00	0,25	0,50	1,00	0,25	0,50	1,00	7,00	9,00	11,00	3,00	5,00	7,00	7,00	9,00	11,00
TY	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00
TK	1,00	2,00	4,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	7,00	9,00	11,00	3,00	5,00	7,00	7,00	9,00	11,00
YO	1,00	2,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	9,00
GP	0,09	0,11	0,14	0,20	0,33	1,00	0,09	0,11	0,14	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,25	0,50	1,00
FD	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00
CK	0,09	0,11	0,14	0,14	0,20	0,33	0,09	0,11	0,14	0,11	0,14	0,20	1,00	2,00	4,00	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00

Tablo 5'de K kriterine etki eden diğer kriterlerin ne oranda etkili oldukları gösterilmiştir. Benzer şekilde sırasıyla diğer on kritere (küme) de etki eden kriterler karşılaştırılarak toplamda 11 adet ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

#### Bulanık Ham Önem Ağırlıkların Hesaplanması

Her kriterin ham bulanık önem ağırlıklarını bulmak için bulanık sayıların geometrik ortalaması alınır. Örnek olarak K kriterine etkisi olan kriterlerin karşılaştırıldığı Tablo 5'de F kriterinin geometrik ortalamasının nasıl bulunduğu aşağıda gösterilmiştir:

$$F_{G.o.l} = \sqrt[7]{1 * 5 * 0,25 * 0,25 * 7 * 3 * 7} = 1,73$$

$$F_{G.o.m} = \sqrt[7]{1 * 7 * 0,5 * 0,5 * 9 * 5 * 9} = 2,55$$

$$F_{G.o.u} = \sqrt[7]{1 * 9 * 1 * 1 * 11 * 7 * 11} = 3,59$$

$$F_d = [0,5 * ((0,24 - 0,11) * 0,5 + 0,11) + (1 - 0,5) * (0,48 - (0,48 - 0,24)0,5)] = 0,27$$

Durulaştırma sürecinden sonra durulaştırılan ham önem ağırlıkları, toplam ham önem ağırlıklarına bölünerek normalleştirilir. F kriterinin normalleştirilme süreci örnek olarak verilmiştir:

$$F_N = \frac{0,27}{1,13} = 0,237$$

Her bir geometrik ortalama, geometrik ortalamaların toplamına bölünerek bulanık ham önem ağırlıkları bulunur. Bulanık sayıların bölme işlemi (5) numaralı formül kullanılır. K kriterine etkisi olan kriterlerden F kriteri için bulanık önem ağırlıkları aşağıda gösterilmiştir.

$$F_{B.ö.A.l} = \frac{1,73}{15,04} = 0,115$$

$$F_{B.ö.A.m} = \frac{2,55}{10,85} = 0,235$$

$$F_{B.ö.A.u} = \frac{3,59}{7,44} = 0,483$$

Bulanık ham önem ağırlıkları (8) numaralı formül kullanılarak durulaştırma işlemine tabi tutulur. F kriterinin bulanık önem ağırlığının durulaştırma süreci aşağıda örnek olarak açıklanmıştır. Uygulamamızda  $\alpha$  ve  $\lambda$  değişkenlerine 0,5 değeri verilmiştir.

Tablo 6. Kalite Kriterine Etki Eden Kriterlerin Ham Önem Ağırlıkları

	GEOMETRİK ORTALAMA			BULANIK HAM ÖNEM AĞIRLIKLARI			DURULAŞTIRMA	NORMALLEŞTİRİLMİŞ HAM ÖNEM AĞIRLIKLARI
F	1,728	2,554	3,586	0,115	0,235	0,482	0,267	0,237
TY	0,647	1,037	1,420	0,043	0,096	0,191	0,106	0,094
TK	2,792	4,123	5,568	0,186	0,380	0,749	0,424	0,375
YO	1,403	1,925	2,578	0,093	0,177	0,347	0,199	0,176
GP	0,182	0,249	0,390	0,012	0,023	0,052	0,028	0,025
FD	0,472	0,679	1,089	0,031	0,063	0,146	0,076	0,067
CK	0,211	0,282	0,406	0,014	0,026	0,055	0,030	0,027
<b>TOPLAM</b>	<b>7,436</b>	<b>10,848</b>	<b>15,037</b>				<b>1,129</b>	<b>1,000</b>

### Süpermatrisin Oluşturulması

Her bir kritere (küme) etki eden diğer kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmaları sonucu elde edilen normalleştirilmiş ham önem ağırlıkları (öncelik vektörleri) süpermatris diye adlandırılan bir matriste birleştirilir. Her bir kümenin ham önem ağırlıklarının yer

aldığı bu yeni matris Tablo 7'de gösterilmektedir. K kümesine etki eden kriterlerin karşılaştırılması sonucu elde edilen öncelik vektörü süpermatrisin 1. sütununda yer almaktadır. Süpermatrisin stokastik olması sağlanmalıdır. Yani matrisin elemanları negatif değer içermemeli ve sütun toplamları 1 olmalıdır.

Tablo 7. Süpermatris

	K	F	T	H	E	TY	TK	YO	GP	FD	CK
K	0,000	0,282	0,000	0,206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,244	0,271	0,000
F	0,237	0,000	0,000	0,033	0,000	0,338	0,648	0,000	0,079	0,199	0,827
T	0,000	0,078	0,000	0,157	0,280	0,000	0,000	0,000	0,185	0,099	0,000
H	0,000	0,217	0,196	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,242	0,125	0,000
E	0,000	0,000	0,100	0,154	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114	0,046	0,000
TY	0,094	0,057	0,179	0,157	0,251	0,000	0,000	0,000	0,040	0,071	0,000
TK	0,375	0,081	0,137	0,084	0,075	0,160	0,000	0,163	0,025	0,078	0,000
YO	0,176	0,083	0,174	0,091	0,149	0,254	0,155	0,000	0,052	0,088	0,000
GP	0,025	0,048	0,038	0,025	0,000	0,000	0,000	0,367	0,000	0,000	0,000
FD	0,067	0,094	0,067	0,048	0,106	0,151	0,197	0,195	0,000	0,000	0,173
CK	0,027	0,060	0,109	0,045	0,139	0,097	0,000	0,275	0,020	0,023	0,000

### Limit Süpermatrisin Oluşturulması

Süpermatriste kriterler arasındaki dolaylı etkiler yerine sadece direkt etkiler dikkate alınmıştır. Bu nedenle süpermatrisin büyük dereceden ( $2k+1$ ) kuvvetinin alınması gerekmektedir. Kuvvet alma işlemi, aynı satıra karşılık gelen sütun değerleri birbirine eşit olana kadar, yani matrisin satırları durağanlaşmaya kadar yapılır. Elde edilen yeni matris, limit süpermat-

ris olarak adlandırılır (Saaty, 2001). Kriterlerin limit süpermatris ile öncelikleri belirlenmiş olur. Karar sürecini etkileyen en önemli kriter limit süpermatriste en yüksek önceliğe sahip olan kriteridir. Tablo 8'da süpermatrisin 16. kuvveti alınarak elde edilen **limit süpermatris** görülmektedir. Bu sonuçlar bize kriterlerin önem ağırlıklarını göstermektedir.

Tablo 8. Limit Süpermatris

	K	F	T	H	E	TY	TK	YO	GP	FD	CK
K	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117
F	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207
T	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058
H	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830
E	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
TY	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
TK	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
YO	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105
GP	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
FD	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103
CK	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068

### Karar Matrisinin Oluşturulması ve En İyi $f_i^*$ ve En Kötü $f_i^-$ Değerleri Belirlenmesi

Seçenekler, 5'li Likert ölçeğine göre (1: Çok Düşük, 2: Düşük, 3: Orta, 4: Yüksek ve 5: Çok Yüksek) şeklinde uzmanlarca değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Değerlendirme sonucunda Karar Matrisi (KM) oluşturulur. KM aşağıda Tablo 9'da verilmiştir. En iyi ve en kötü değerler ise Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Karar Matrisi

	K	F	T	H	E	TY	TK	YO	GP	FD	CK
S1	5	20	4	4	3	4	5	4	3	4	500
S2	5	25	5	5	4	4	5	5	4	4	1000
S3	4	18	4	4	3	3	4	4	4	4	100
S4	4	16	3	3	4	4	4	4	3	3	50

Tablo 10. En İyi ve En Kötü Değerler

$f_i^*$	5	16	5	5	4	4	5	5	4	4	50
$f_i^-$	4	25	3	3	3	3	4	4	3	3	1000

### $S_j$ , $R_j$ ve $Q_j$ Değerlerinin Hesaplanması

Tablo 11,  $S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  değerlerinin sıralanmasını göstermektedir. Aşağıda örnek olarak  $S_1$  değerinin nasıl hesaplandığı (9) numaralı formülü kullanarak gösterilmiştir.

$$S_1 = 0,117*(5-5)/(5-4) + 0,207*(16-20)/(16-25) + 0,058*(5-4)/(5-3) + 0,83*(5-4)/(5-3) + 0,03*(4-3)/(4-3) + 0,063*(4-4)/(4-3) + 0,114*(5-5)/(5-4) + 0,105*(5-4)/(5-4) + 0,056*(4-3)/(4-3) + 0,103*(4-4)/(4-3) + 0,068*(50-500)/(50-1000) = 0,759$$

$R_1$  değerinin (10) numaralı formülü kullanarak hesaplanması aşağıda örnek olarak gösterilmiştir.

$$R_1 = \max [0,117*(5-5)/(5-4); 0,207*(16-20)/(16-25); 0,058*(5-4)/(5-3); 0,83*(5-4)/(5-3); 0,03*(4-3)/(4-3); 0,063*(4-4)/(4-3); 0,114*(5-5)/(5-4); 0,105*(5-4)/(5-4); 0,056*(4-3)/(4-3); 0,103*(4-4)/(4-3); 0,068*(50-500)/(50-1000)]$$

$$R_1 = \max [0; 0,092; 0,029; 0,415; 0,03; 0; 0; 0,105; 0,056; 0; 0,032] = 0,415$$

$Q_1$  değeri, (11) numaralı formülü kullanarak hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

$$Q_1 = 0,5*(0,759-0,275)/(1,383-0,275) + (1-0,5)*(0,415-0,207)/(0,83-0,207) = 0,385$$

Tablo 11.  $S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  Değerleri

	S	R	Q
S1	0,759	0,415	0,385
S2	0,275	0,207	0,000
S3	0,923	0,415	0,459
S4	1,383	0,830	1,000

S<sub>j</sub>, R<sub>j</sub> ve Q<sub>j</sub> değerleri hesaplanıp küçükten büyüğe doğru sıralanmalıdır.

**Tablo 12. S, R ve Q Değerlerinin Küçükten Büyüğe Doğru Sıralanması**

S		R		Q	
S2	0,275	S2	0,207	S2	0,000
S1	0,759	S1	0,415	S1	0,385
S3	0,923	S3	0,415	S3	0,459
S4	1,383	S4	0,830	S4	1,000

$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$  formülünde değerler yerine konulduğunda (0,385-0) >= 0,333 sonucu C1 koşulu sağlanmaktadır. S2 seçeneği S<sub>j</sub> ve R<sub>j</sub> sıralamasında da birinci sırayı alarak C2 koşulunu da yerine getirmektedir. Bu durumda en iyi seçeneğin S2 olduğu görülmektedir.

## Sonuç ve Öneriler

Tedarikçi seçimi; birçok nitel ve nicel faktörü dikkate alarak, potansiyel tedarikçiler arasından işletme için en uygun olan tedarikçiyi belirleme sürecidir. İşletmeler, maliyetlerini azaltarak, zamanında ve hızlı teslimat yaparak, ürün kalitesini iyileştirerek, başarılı yönetim sergileyerek ve benzer iyileştirmelerle rekabet gücünü artırmak için kendi stratejisine uygun tedarikçilerle uzun süreli bağlantılar kurmak istemektedirler. Bu anlamda tedarikçi seçimi; süreçte bağımlı ya da bağımsız faktörlerin etkili olduğu ÇKKV problemi olarak görülmektedir.

Bu çalışma ile bir işletme için BAAS ve VIKOR yöntemlerinin tümleşik olarak kullanıldığı tedarikçi seçim modeli geliştirilmiştir. BAAS, kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemede, VIKOR ise belirlenen önem ağırlıklarını kullanarak en uygun tedarikçiyi seçmede kullanılmıştır. Modelin kriterleri literatür taraması sonucu; **Kalite, Fiyat, Teslimat, Hizmet, Esneklik, Teknik Yeterlilik, Teknolojik Kabiliyet, Yönetim ve Organizasyon, Geçmiş Performans, Finansal Durum ve Coğrafi Konum** olarak belirlenmiştir. Modelin uygulanması sonucunda en etkili kriterin 0,207 ile **fiyat** olduğu görülmüştür. Tedarikçi seçiminde ikinci sırada yer alan kriter ise 0,117 ile **kalite** olmuştur. En aza etkili kriterin ise 0,030 ile **esneklik** olduğu anlaşılmıştır. Modelin uygulanması sonucunda S2 tedarikçisinin en uygun tedarikçi olduğu anlaşılmıştır.

Çalışma, tedarikçi seçim sürecinde; BAAS ve VIKOR yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanılabilceğini ve özel yazılımlar gerektirmeden her hangi bir tablolama programı kullanılarak uygulanabileceğini göstermiştir. Ortaya konan seçim modelinin tedarikçi seçim sürecinde de başarılı şekilde uygulanabileceği görülmüştür. Tedarikçi seçimine yönelik olarak ilerideki çalışmalarda; BAAS ile bütünleşmiş TOPSIS, PROMETHEE veya ELECTRE gibi diğer ÇKKV yöntemleri kullanılabilir ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

## Kaynakça

- Ali-Mohammad, A., Mahdi, B. & Zahra, A. (2010). The critical path definition with fuzzy multi criteria decision making, *IEEE Xplore-Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, The 2nd International Conference on, 5, 206-210.
- Aragonés-Beltrán, P., Chaparro-González, F., Pastor-Ferrando, J. P. & Pla-Rubio, A. (2014). An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects. *Energy*, 1-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.12.016>
- Azizi, H. (2013). A note on "A decision model for ranking suppliers in the presence of cardinal and ordinal data, weight restrictions, and nondiscriminatory factors". *Annals of Operations Research*, 211(1), 49-54. DOI 10.1007/s10479-013-1486-1
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E. & Giacchetta, G. (2006). A fuzzy-QFD approach to supplier selection, *J. Purch. Supply Manage*, 12 (1), 14-27. doi:10.1016/j.pursup.2006.02.001
- Büyüközkan, G. & Çiftçi, G. (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy dematel, fuzzy anp and fuzzy topsis to evaluate green suppliers, *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000-3011, doi:10.1016/j.eswa.2011.08.162
- Chan, F. T. S. & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach, *Omega*, 35(4), 417-431.

- Chen J. K., Chen I. S. (2008). A Method for Promoting Vision in Secondary Schools: A Novel Hybrid Model based on Fuzzy AHP and TOPSIS, *Journal of Global Business Issues*, 2(2), 83-94.
- Chou, S.Y. & Chang, Y.-H. (2008). A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach, *Expert Syst. Appl.* 34 (4), 2241–2253. doi:10.1016/j.eswa.2007.03.001
- Cristóbal, J.R. San (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The VIKOR method, *Renewable Energy*, 36(2), 498-502.
- Dağdeviren, M., Dönmez, N., Kurt, M. (2006). Bir işletmede tedarikçi değerlendirme süreci için yeni bir model tasarımı ve uygulaması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2), 247-255.
- Dağdeviren, M. (2007). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4), 791-799.
- Dalalah, D., Hayajneh, M. & Batieha, F. (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert Syst. Appl*, 38 (7), 8384–8391. doi:10.1016/j.eswa.2011.01.031
- Deng, X., Hu, Y., Deng, Y. & Mahadevan, S. (2014). Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers, *Expert Systems with Applications*, 41(1), 156-167.
- Devi, K., (2011). Extension of VIKOR method in intuitionistic fuzzy environment for robot selection, *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14163-14168.
- Dey S., Kumar, A., Ray, A. & Pradhan, B. B. (2012). Supplier Selection: Integrated Theory using DEMATEL and Quality Function Deployment methodology, *Procedia Engineering* 38, 2111–2116. doi: 10.1016/j.proeng.2012.06.253.
- Dickson, G. W. (1996). An analysis of vendor selection systems and decisions, *Journal of Purchasing* 2(1): 5-17.
- Fazlollahtabar, H., Mahdavi, I., Ashoori, M.T., Kaviani, S., Mahdavi-Amiri, N. (2011). A multi-objective decision-making process of supplier selection and order allocation for multi-period scheduling in an electronic market, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52, 1039-1052.
- Gencer, C., Gürpınar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm, *Applied Mathematical Modelling*, 31(11), 2475-2486.
- Girubha, J., Vinodh, S. (2012). Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component, *Materials & Design*, 37, 478-486.
- Ghodsypour, S. H., O'Brien, C. A. (1998). Decision support system for supplier selection using an integrated analytical hierarchy process and linear programming, *International Journal of Production Economics*, 56–57, 199–212.
- Güneri, A. F., Cengiz, M., Seker, S. (2009). A fuzzy ANP approach to shipyard location selection. *Expert Systems with Applications*, 36, 7992–7999. doi:10.1016/j.eswa.2008.10.059
- Ha, S.H., Krishnan, R. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain, *Expert Syst. Appl.* 34 (2), 1303–1311. doi:10.1016/j.eswa.2006.12.008
- Hus, T. H., Nian, S. H. (1997). Interactive fuzzy decision aided systems-a case on public transportation system operations, *Journal of Transportation Taiwan*, 10(4), 79-96.
- Ivanović, I., Grujičić, D., Macura, D., Jović, J., Bojović, N. (2013). One approach for road transport project selection. *Transport Policy*, 25, 22-29. http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.10.001
- Jadidi, O., Zolfaghari, S., Cavalieri, S. (2014). A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation. *International Journal of Production Economics*, 148, 158-165. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.10.005

- Kabak, M., Dağdeviren, M. (2014). Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology. *Energy Conversion and Management*, 79, 25-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.11.036>
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47 (2013) 355-367, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.010>
- Kannan, D., Jabbour, A. B. L. D. S., Jabbour, C. J. C. (2014a). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 432-447. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.07.023>
- Kannan, D., Kannan, G., Rajendran, S. (2014b). Fuzzy Axiomatic Design Approach based Green Supplier Selection: A Case Study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 1-15, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.076>
- Karimi, H., Rezaeinia, A. (2014). Supplier selection using revised multi-segment goal programming model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(5-8), 1227-1234. DOI 10.1007/s00170-013-5368-0
- Kilic, H. S. (2013). An integrated approach for supplier selection in multi-item/multi-supplier environment. *Applied Mathematical Modelling*, 37(14), 7752-7763.
- Kumar, S. (2014). A Comprehensive Environment Friendly Approach For Supplier Selection. *Omega. International Journal of Management Science*, 42(1), 109-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2013.04.003>
- Kuo, M.-S., Liang, G. (2011). Combining VIKOR with GRA techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 38(3), 304-1312.
- Lang, T. M., Chiang, J. H., Lan, L.W., (2009), Selection of optimal supplier in supply chain management strategy with analytic network process and choquet integral, *Computers & Industrial Engineering*, 57, 330-340.
- Liao, C.-N., Kao, H.-P. (2011). An integrated fuzzy TOPSIS and MCGP approach to supplier selection in supply chain Management, *Expert Syst. Appl.* 38 (9), 10803-10811. doi:10.1016/j.eswa.2011.02.031
- Lin, C. T., Chen, C. B., Ting, Y. C. (2011). An ERP model for supplier selection in electronics industry, *Expert Systems with Applications*, 38, 1760-1765.
- Liou, J.J.H., Chuang, Y.T. (2010). Developing a Hybrid Multi-Criteria Model for Selection of Outsourcing Providers, *Expert Systems with Applications*, 37, 3755-3761.
- Liou, J. J.H., Tsai, C.-Y., Lin, R.-H., Tzeng, G.-H. (2011). A modified VIKOR multiple-criteria decision method for improving domestic airlines service quality, *Journal of Air Transport Management*, 17(2), 57-61.
- Liou, T. S., Wang, M. J. J. (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value, *Fuzzy sets and systems*, 50(3), 247-255.
- Nguyen, H. T., Dawal, S. Z. M., Nukman, Y., Aoyama, H. (2014). A hybrid approach for fuzzy multi-attribute decision making in machine tool selection with consideration of the interactions of attributes. *Expert Systems with Applications*, 41(6), 3078-3090. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.10.039>
- Opricovic, S., Tzeng, G. H. (2004). Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research* 156(2), 445-455. doi:10.1016/S0377-2217(03)00020-1
- Opricovic, S., Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods, *European Journal of Operational Research*, 178, 514-529. doi:10.1016/j.ejor.2006.01.020

- Opricovic, S. (2009). A Compromise Solution in Water Resources Planning, *Water Resources Management*, 23, 1549-1561. DOI 10.1007/s11269-008-9340-y.
- Prakash, T.N. (2003), Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach, MSc Thesis, ITC Institute.
- Peters, M. L., Zelewski, S. (2008). Der Analytic Network Process als Technik zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen Kriterien, *WiSt*, 9, 475-482.
- Rajesh, G., Malliga, P. (2013). Supplier Selection based on AHP QFD Methodology. *Procedia Engineering*, 64, 1283-1292. doi: 10.1016/j.proeng.2013.09.209.
- Roshandel, J., Miri-Nargesi, S. S., Hatami-Shirkouhi, L. (2013). Evaluating and selecting the supplier in detergent production industry using hierarchical fuzzy TOPSIS. *Applied Mathematical Modelling*, 37(24), 10170-10181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2013.05.043>
- Sarkis, J., Talluri, S. (2002). A model for strategic supplier selection, *Journal of Supply Chain Management*, 38(1),18–28.
- Sanayei, A., Mousavi, S.,F, Yazdankhah, A. (2010). Group Decision Making Process For Supplier Selection With VIKOR Under Fuzzy Environment, *Expert Systems with Applications*, 37, 24-30.
- Saaty, T. L. (2001). Decision Making with Dependence and Feedback, The Analytic Network Process, *RWS Publications*, Pittsburg.
- Saen, R. F. (2010). Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51(9-12), 1243-1250. DOI 10.1007/s00170-010-2694-3
- Sharma, S., Balan, S. (2012). An integrative supplier selection model using Taguchi loss function, TOPSIS and multi criteria goal programming. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-8. DOI 10.1007/s10845-012-0640-y.
- Shaw K., Shankar, R., Yadav, S.S., Thakur, L.S. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain, *Expert Systems with Applications*, 39(9), 8182-8192.
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M. Tarokh, M.J. (2011). A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting, *Expert Syst. Appl.* 38(10), 12160–12167. doi:10.1016/j.eswa.2011.03.027
- Şenkayas, H., Hekimoğlu, H. (2013). Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi Problemine PROMETHEE Yöntem Uygulaması, *Verimlilik Dergisi*, 2(63).
- Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Abtahi, A. R. (2012). A hybrid fuzzy group decision support framework for advanced-technology prioritization at NASA, *Expert Systems with Applications*. 40,480–491 <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.07.040>
- Tavana, M., Momeni, E., Rezaeiniya, N., Mirhedayatian, S. M., Rezaeiniya, H. (2013). A novel hybrid social media platform selection model using fuzzy ANP and COPRAS-G. *Expert Syst. Appl.*, 40(14), 5694-5702. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.05.015>
- Toloo, M., Nalchigar, S. (2011). A new DEA method for supplier selection in presence of both cardinal and ordinal data, *Expert Syst. Appl.* 38 (12), 14726–14731. doi:10.1016/j.eswa.2011.05.008
- Tzeng, G-H., Lin, C-W., Opricovic, S., (2005), Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportatio, *Energy Policy*, 33, 1373-1383.



- Wang, G., Huang, S. H., Dismukes, J. P. (2004). Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology, *International Journal of Production Economics*, 91(1), 1–15.
- Vatansever, K. (2013). Tedarikçi Seçim Kararlarında Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanımı ve Bir Uygulama. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(3), 155-168.
- Vinodh, S., Anesh Ramiya, R., Gautham, S. G. (2011). Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organisation. *Expert Systems with Applications*, 38(1), 272-280. doi:10.1016/j.eswa.2010.06.057
- Wang, J.-W., Cheng, C.-H., Kun-Cheng, H. (2009). Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection, *Applied Soft Computing*, 9, 377-386.
- Ware, N. R., Singh, S. P., Banwet, D. K. (2014). A mixed-integer non-linear program to model dynamic supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 41(2), 671-678. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.092>
- Wu, C. R., Chang, C. W., Lin, H. L. (2008). A fuzzy ANP-based approach to evaluate medical organizational performance, *International journal of information and management sciences*, 19(1), 53-74.
- Wua, H.Y., Tzeng, G.H., Chen, Y.H (2009). A Fuzzy Mcdm Approach For Evaluating Banking Performance Based On Balanced Scorecard, *Expert Systems with Applications*, 36,10135-10147.
- Yahya, S., Kingsman, B. (1999). Vendor rating for an entrepreneur development programme: a case study using the analytic hierarchy Process method, *Journal of Operational Research Society*, 50, 916–930.
- Yeh, T. M., Huang, Y. L. (2014). Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP. *Renewable Energy*, 66, 159-169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2013.12.003>
- Zhao, M., Ren, R. R. (2013). The Decision-Making Model for Aviation Project's Supplier Selection Based on Improved TOPSIS, In LISS 2012 (pp. 1171-1176), *Springer*, Berlin Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-642-32054-5\_165
- Zimmermann, H.J. (1990). Fuzzy Set Theory and its Application, *Kluwer Academic Publishers*, Boston.
- Zouggari, A., Benyoucef, L. (2012). Simulation Based Fuzzy TOPSIS Approach for Group Multi-Criteria Supplier Selection Problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25, 507-519. doi:10.1016/j.engappai.2011.10.012