

PhD Research Article / Doktora Çalışması Araştırma Makalesi
**FUZZY CHOQUET INTEGRAL APPROACH FOR MULTI CRITERIA
SUPPLIER EVALUATION PROBLEM**

Gökhan AYYILDIZ*¹, Nihan ÇETİN DEMİREL²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldız-İSTANBUL

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Received/Geliş: 21.12.2009 Accepted/Kabul: 16.08.2010

ABSTRACT

During the supplier selection evaluation, many factors like tangible, intangible, financial and non-financial etc. must be considered. In literature, many multi criteria decision making (MCDM) methods have been used for supplier selection problems. Exposing a different strategy in supplier selection and using the Generalized Choquet Fuzzy Integral (GCFI) algorithm with the proposed supplier evaluation model in which the dependent criteria are evaluated, more effective results are obtained. The effect of dependent criteria over an alternative selection is taken into account. It is obtained that a firm in textile sector has determined the best alternative out of its suppliers.

Keywords: Supplier evaluation, generalized choquet fuzzy integral, multi criteria decision making.

**ÇOK KRİTERLİ TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME PROBLEMİNE BULANIK CHOQUET
İNTEGRALİ YAKLAŞIMI**

ÖZET

Tedarikçi seçiminin değerlendirilmesinde soyut, somut, finansal olan ve finansal olmayan vb. birçok faktör üzerinde durulmaktadır. Literatürde, tedarikçi seçimi problemlerinde kullanılan çok ölçütlü kara verme yöntemleri yer almaktadır. Tedarikçi seçimine farklı bir bakış açısı getirmek ve kurulan tedarikçi değerlendirme modeli sayesinde birbiri ile bağımlı olan ölçütlerin değerlendirilmesinde Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBİ) algoritması kullanılarak daha etkin sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bağımlı ölçütlerin alternatif seçimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tekstil sektöründeki bir işletmenin çalıştığı tedarikçileri arasından en iyi alternatifi belirlemesi sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Tedarikçi değerlendirme, genelleştirilmiş choquet bulanık integrali, çok ölçütlü karar verme.

1. GİRİŞ

Uygun tedarikçi seçiminde birtakım finansal olan ve olmayan, soyut ve somut, iç ve dış faktörlerin etkisi göz önünde bulundurulacağından çok ölçütlü karar verme araçlarından birini kullanmak uygun olacaktır.

*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ayyildizgg@yahoo.com, tel: (533) 559 46 85

Birçok ölçüt, alt-ölçüt ve belirleyicilerin söz konusu olduğu, karar ölçütleri seviyelerinin birbiri ile bağımlı olduğu ve birçok ölçütün dilsel olarak ifade edilemediği müphem durumlarda AHP'den üstün yönleri de dikkate alınarak Bulanık ANP yöntemi tercih edilmiştir. Bunun yanında birbiri ile bağımlı olan ölçütler arasındaki ilişkinin derecesini ölçmek için Choquet integralinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Tedarikçi seçimi, birtakım birbiriyle çatışmalı faktörden etkilenen çok ölçütlü karar verme (MCDM) problemi olduğundan, satın alma yöneticisinin analiz etmesi gereken birtakım ölçütler bulunmaktadır. Alternatif kümeleri arasından değerlendirme yapacak olan karar vericileri destekleyen MCDM teknikleri bu konuda önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, satın alma koşullarına bağlı olarak ölçütlere önem derecelerine göre ağırlık verilir [1].

Sugeno [2] tarafından ortaya koyulan bir esnek bütünlük operatörü olan Choquet integrali ağırlıklı ortalama metodu, sıralı ağırlıklı ortalama operatörü ve maks-min operatörünün geliştirilmiş bir şeklidir.

Bu çalışmada, çok ölçütlü karar vermede ağırlıklı olarak kullanılan Bulanık Analitik Ağ Prosesi (ANP) yöntemlerinde yapılan hesaplama ve ikili karşılaştırma matrislerinin yoğunluğundan arındırılarak, tedarikçi seçiminde bağımlı ölçütlerin değerlendirilmesi amacıyla Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBI) kullanılarak daha etkin sonuçlar elde edilmeye çalışılacaktır.

2. ÇOK KRİTERLİ TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME

Dickson [3], satın alma yöneticilerinin yapmış olduğu bir araştırmaya dayanarak ilk defa tedarikçi seçimine ilişkin 23 ölçütü tanımlamış ve analiz etmiştir. Kalite ölçütünün dağıtım ve geçmiş performansın önünde en önemli ölçüt olduğunu ortaya koymuştur.

Gaballa [4], gerçek bir olayda matematik programlamayı kullanan ilk araştırmacıdır. Tam sayılı programlamayı satın alma, dağıtım ve envanter maliyetlerini minimize etmek için kullanmıştır.

Weber ve Current [5], tedarikçi seçiminde birbiriyle çelişen ölçütlerin analizinde çok amaçlı bir yaklaşımı tercih etmiştir.

Ribeiro [6], bulanık MCDM yöntemlerini özetlemiştir. Bu çalışmada ölçütlere bağlı olarak iki farklı yaklaşımı ayırt etmek mümkündür. İlkinde, c_j ölçütü bir bulanık küme olarak kabul edilirse, bu bulanık ölçüte göre a_i alternatiflerinin üyelik derecelerine göre v_{ij} değerleri belirlenir. Öte yandan, c_j ölçütünün olası değerleri belirsiz olarak kabul edilirse, v_{ij} değerleri sözel ifadeler haline gelir. Bu durumda her bir sözel ifade bulanık küme olur.

Ghodsypour ve O'Brien [7], satın alma faaliyetinde niteliksel ve niceliksel faktörleri birlikte ele alan bütünlük bir AHP-LP modeli kurmuştur.

Karpak vd. [8], maliyetleri düşürerek dağıtım güvenilirliği ve kaliteyi artıran hedef programlama modeli kurmuştur.

Degraeve ve Roodhooft [9], matematik programlama ile toplam maliyet yaklaşımını ele alan bir model üzerinde durmuştur.

Ghodsypour ve O'Brien [10] net fiyat, depolama ve sipariş maliyeti ve dağıtımını içeren toplam lojistik maliyetini minimize edecek karmaşık tamsayı doğrusal olmayan programlama yaklaşımını ele almıştır.

Lin ve Chang [11], TOPSIS yöntemi ile siparişlerin alınması ve tedarikçi seçimi maliyetlerinin belirlenmesinde sabit ve esnek miktarlı MIP modeli üzerinde durmuştur.

Choquet [12] ve Sugeno [2], bulanık değerleri oluşturmak için bulanık integralleri tanımlayarak fikir birliğine varmıştır. Bulanık ölçülerden oluşan ağırlık değerleri; $f: S \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu ile tanımlanmış ve S 'nin herhangi bir alt kümesinin önem derecesi de bu fonksiyondan elde edilmiştir.

Guo vd. [13] bulanık değerli bulanık ölçüleri tanıtarak, geliştirilmiş bulanık integral hakkında özelliklere çalışmalarında yer vermişlerdir.

Marichal ve Roubens'in [14] çalışmalarında toplanma operatörü olarak kullanılan Sugeno integrali çoklu ölçütler için analiz edilmiştir. Toplanma operatörleri arasında bazı istenilen özelliklere sahip olduğu ispatlanmıştır.

Godo ve Torra [15], Choquet integralini genişleterek sıra değerler oluşturmuştur. Choquet integrali sayesinde; WM, OWA ve WOWA operatörleri ile yapılamayan kaynaklar arasındaki bağımlılığı ölçmeyi başarmışlardır.

Auephanwiriyaikul vd. [16], standart Choquet bulanık integrali ile geliştirilmiş Choquet bulanık integralini karşılaştırmıştır.

Tzeng vd. [17], λ -bulanık değerini temel alarak bulanık yoğunluk ve bulanık integrali belirleyen etkin bir algoritma ortaya koymuştur. Kurumsal intranet web ağları örnek olayı üzerinden Choquet integral modeli için λ -bulanık değeri hiyerarşik yapısı incelenmiştir.

Yao vd. [18], daha farklı bir alanda, bulanık integral yöntemini temel alan bulanık nakit talepleri ile optimal nakit yönetimi politikalarını analiz etmiştir.

Meyer ve Roubens [19], sıralama oluşturma ve alternatif kümelerinden en iyisinin seçilmesini öneren çok ölçütlü karar destek yaklaşımını ele almıştır.

Tesfamariam ve Lindberg [20], imalat sistemi tasarımında toplam analizinin uygun olmayan alternatiflerin erken aşamalarda elenmesine yardımcı olan kullanışlı bir yaklaşım olduğu ortaya koymuşlardır. Örnek olay ile rekabetçi sistem konfigürasyonu içinden en iyi olanın seçilmesi sağlanmıştır.

Adamides ve Voutsina [21], stratejik yönetimin rekabetçi bakış açısı temel alındığında, iş süreçlerinin oluşturulmasında kaynak ve kapasite kullanımı gibi imalat ve pazarlama stratejilerinin eş zamanlı değerlendirildiği bir çalışma sunmuşlardır. Eş zamanlı gelişim gösteren bu iki strateji, yöneticilere değişken durumlarda daha verimli kararlar almaları yönünde referans olmaktadır.

Tsai ve Lu [22], psikolojik ve sözel ifadelerin uygunluğu bakış açısından hareketle, ölçülebilir değerleri ve bulanık değerleri gerçel sayılar olan standart Choquet integralini geliştirmişlerdir. Üç sütunlu SERVQUAL yapısı geliştirilmiş Choquet bulanık integraline dönüştürülmüştür. Elektronik ortamdaki depoların (e-store) toplam hizmet kalitesini değerlendiren nümerik bir örnek ele alınmıştır.

3. BULANIK CHOQUET İNTEGRALİ

3.1. Bulanık Aritmetik

Sözel ifadeler evreninde X gerçel sayılar R 'nin bir alt kümesi olsun: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. X içinde sıralı ikililerden oluşan A bulanık kümesinde $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\}$, üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0, 1].$$

\tilde{A} bulanık sayılarının ortalama değerleri, $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ olmak üzere, yamuk bulanık sayıların durulaştırılmasında kullanılan aşağıdaki denklemden elde edilir [23].

$$F(\tilde{A}) = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} \quad (1)$$

3.2. Choquet İntegrali

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ve $P(S)$, S 'nin kuvvet kümesi olmak üzere, toplamsal olmayan (non-additive) ve aşağıdaki özelliklere sahip olan bir bulanık ölçü $g : P(S) \rightarrow [0, 1]$ fonksiyonu ile ifade edilir.

- (i) $g(\emptyset) = 0$;
- (ii) $g(S) = 1$;

- (iii) Eğer $A, B \in P(S)$ ve $A \subset B$ ise $g(A) \leq g(B)$ olur (monotonluk);
- (iv) $P(S)$ kümesinde, eğer $A_1 \subset A_2 \subset A_3 \subset \dots$ ve $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \in P(S)$ ise $\lim_{i \rightarrow \infty} g(A_i) = g(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i)$ olur (alttan sürekli);
- (v) $P(S)$ kümesinde, eğer $A_1 \supset A_2 \supset A_3 \supset \dots$ ve $\bigcap_{i=1}^{\infty} A_i \in P(S)$ ise $\lim_{i \rightarrow \infty} g(A_i) = g(\bigcap_{i=1}^{\infty} A_i)$ olur (üstten sürekli).

Çizelge 1. Yamuk bulanık sayılar ve sözel önem dereceleri arasındaki ilişki [24]

Düşük/yüksek seviyeler		Önem dereceleri		Yamuk bulanık sayılar
Kıs.	Sözel ifadeler	Kıs.	Sözel ifadeler	
FD	Fazla düşük	FÖZ	Fazla önemsiz	(0, 0, 0, 0)
ÇD	Çok düşük	ÇÖZ	Çok önemsiz	(0, 0,01, 0.02, 0.07)
D	Düşük	ÖZ	Önemsiz	(0,04, 0.1, 0.18, 0.23)
AD	Az düşük	AÖZ	Az önemsiz	(0.17, 0.22, 0.36, 0.42)
O	Orta	O	Orta	(0.32, 0.41, 0.58, 0.65)
AY	Az yüksek	AÖL	Az önemli	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)
Y	Yüksek	ÖL	Önemli	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)
ÇY	Çok yüksek	ÇÖL	Çok önemli	(0.93, 0.98, 0.98, 1)
FY	Fazla yüksek	FÖL	Fazla önemli	(1, 1, 1, 1)

3.3. Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali

S üzerinde g'nin bulanık bir ölçü olduğu kabul edilirse; Choquet integralinin $g_i = g(\{s_i\})$, $0 \leq f(s_{(1)}) \leq f(s_{(2)}) \leq \dots \leq f(s_{(n)}) \leq 1$ ve $f(s_{(0)}) = 0$ olmak üzere $f(s_{(i)})$, g_i ve λ 'nın monoton olarak artan bir fonksiyonu olduğu görülür. Aşağıdaki önermeler ile standart Choquet integrali genelleştirilmiştir [16].

Önerme 1. $\tilde{f} \in \tilde{F}(S)$ ve $\tilde{g} \in \tilde{M}(S)$ olmak üzere, aralık sayılı bulanık ölçü (INF-measure) \tilde{g} 'ye karşılık gelen \tilde{f} Choquet integrali aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(C)\int \tilde{f}d\tilde{g} = [(C)\int f^- dg^-, (C)\int f^+ dg^+] \tag{2}$$

Önerme 2. $\tilde{f} \in \tilde{F}(S)$ ve $\tilde{g} \in \tilde{M}(S)$ olduğunda aşağıdaki eşitlikten söz etmek mümkündür.

$$((C)\int \tilde{f}d\tilde{g})_\alpha = [(C)\int f_\alpha^- dg_\alpha^-, (C)\int f_\alpha^+ dg_\alpha^+] \tag{3}$$

Önerme 3. $0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_n \leq 1$ sağlandığında aşağıdaki ifade elde edilir.

$$((C)\int \tilde{f}d\tilde{g})_{\alpha_1} \supset ((C)\int \tilde{f}d\tilde{g})_{\alpha_2} \supset \dots \supset ((C)\int \tilde{f}d\tilde{g})_{\alpha_n} \tag{4}$$

Önerme 4. Önerme 2 ve Önerme 3'ten aşağıdaki eşitliğe ulaşılır.

$$(C)\int \tilde{f}d\tilde{g} = \big\|_{\alpha \in [0,1]} [(C)\int f_\alpha^- dg_\alpha^-, (C)\int f_\alpha^+ dg_\alpha^+] \tag{5}$$

3.4. Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBİ) Algoritması

Burada; j , ana ölçüt sayısı ve m , ana ölçüte bağlı alt ölçüt sayısı olmak üzere n_j , toplam ölçüt sayısını belirtmektedir.

Adım 1. Belirlenen i ölçütü, karar vericilerin sözel tercihlerinden elde edilen önemlilik derecesi, gerçekleşen tedarikçi performansı ve beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı araştırılır ve sonuçlar çizelgeye işlenir.

Adım 2. $t=1,2,3,\dots,k$, $i=1,2,\dots,n_j$, $j=1,2,\dots,m$ ve k karar verici sayısı olmak üzere, t karar verici ve i ölçütü ile \tilde{A}_i^t bulanık sayısı önemlilik derecesini, \tilde{p}_i^t bulanık sayısı gerçekleşen tedarikçi performansını ve \tilde{e}_i^t bulanık sayısı beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığına karşılık gelecek şekilde parametreler oluşturulur.

Adım 3. Denklem (6) kullanılarak \tilde{A}_i^t , \tilde{p}_i^t , ve \tilde{e}_i^t 'nin ortalamaları alınır ve sırasıyla \tilde{A}_i , \tilde{p}_i ve \tilde{e}_i değerleri bulunur.

$$\tilde{A}_i = \left(\sum_{t=1}^k \tilde{A}_i^t \right) / k = \left[\left(\sum_{t=1}^k a_{i1}^t \right) / k, \left(\sum_{t=1}^k a_{i2}^t \right) / k, \left(\sum_{t=1}^k a_{i3}^t \right) / k, \left(\sum_{t=1}^k a_{i4}^t \right) / k \right] \quad (6)$$

Adım 4. $\tilde{f}_i \in \tilde{F}(S)$ ifadesi bulanık değerli bir fonksiyon olmak üzere her bir ölçütün tedarikçi performansı üzerindeki etkisi Denklem (7) ile normalleştirilir.

$$\tilde{f}_i = \parallel_{\alpha \in [0,1]} \tilde{f}_i^\alpha = \parallel_{\alpha \in [0,1]} [f_{i,\alpha}^-, f_{i,\alpha}^+] \quad (7)$$

Adım 5. Tüm bulanık değerli \tilde{f} fonksiyonlarının kümesi $\tilde{F}(S)$ olur ve tüm $\alpha \in [0,1]$ için \tilde{p}_i ve \tilde{e}_i 'nin α -seviye kesimleri \bar{p}_i^α ve \bar{e}_i^α olmak üzere aşağıdaki denklem elde edilir.

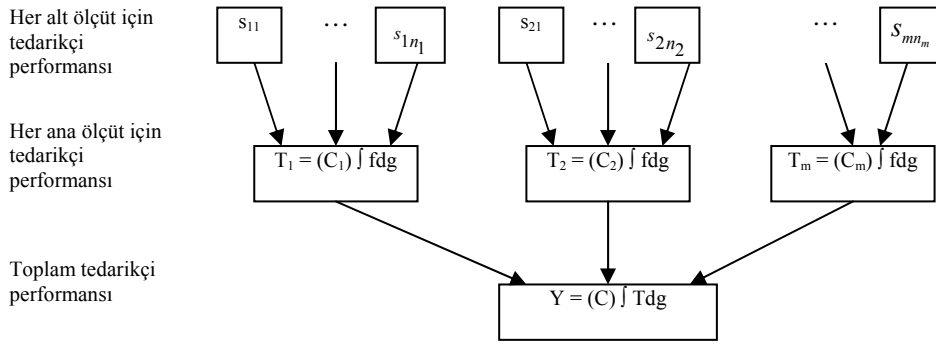
$$\bar{f}_i^\alpha = [f_{i,\alpha}^-, f_{i,\alpha}^+] = \frac{\bar{p}_i^\alpha - \bar{e}_i^\alpha + [1, 1]}{2} \quad (8)$$

Adım 6. j alt ölçütleri dikkate alınarak tedarikçi performansı Denklem (9) kullanılarak elde edilir.

$$(C) \int \tilde{f} d\tilde{g} = \parallel_{\alpha \in [0,1]} [(C) \int f_\alpha^- dg_\alpha^-, (C) \int f_\alpha^+ dg_\alpha^+] \quad (9)$$

Adım 7. Tüm alt ölçütlerden elde edilen toplam tedarikçi performansı, genelleştirilmiş Choquet integralinin iki aşamalı hiyerarşik süreci uygulanarak bulanık bir \tilde{Y} sayısına indirgenir. Oluşan hiyerarşik yapı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Adım 8. $\mu_{\tilde{Y}}(x)$ değeri \tilde{Y} 'nin üyeliği olarak kabul edilecek olunursa, Denklem (1) kullanılarak \tilde{Y} bulanık sayısı y kesin değerine durulaştırılır ve tedarikçilerin toplam performansları karşılaştırılır.



Şekil 1. Toplam tedarikçi performansının hiyerarşik yapısı

4. TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME MODELİ

Bu bölümde tekstil sektöründeki bir şirketin sürekli çalıştığı üç tedarikçisi arasından en uygun olanının seçimine ilişkin bir tedarikçi değerlendirme modeli üzerinde durulacaktır. Modeli oluşturacak tedarikçi değerlendirme ölçütleri, şirketin satın alma, üretim planlama ve pazarlama bölümlerinde yetkili olan kişiler tarafından belirlenmiştir.

Beklenen tedarikçi performanslarının belirlenmesinde, her bir tedarikçi için karar vericilerin yaptığı sözel ifadeler dikkate alınmıştır. Her bir ölçütün bireysel önem değeri için katılımcıların sözel ifadelerinin ortalaması alınmıştır. Gerçekleşen tedarikçi performansı, tedarikçilerin belirli bir zaman aralığında ortaya koyduğu performansa göre değerlendirilmiştir. Burada, Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBİ) algoritması ile problem çözülecek ve en iyi alternatifin belirlenmesi sağlanacaktır.

4.1. Tedarikçi Değerlendirme Kriterleri

Belirlenen üç tedarikçi arasından en iyi alternatifin belirlenmesi için üç karar vericiden elde edilen verilere göre dört ana ölçüt ve bunlara bağlı alt ölçütler Çizelge 2’de özetlenmiştir.

4.2. GCBİ Algoritma Yapısı ile Tedarikçi Performansının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, 4 ana ölçüt ve 13 alt ölçüt sorgulanarak üç tedarikçi arasından en iyi olanın belirlenmesi için GCBİ algoritma yapısında yer alan adımlar izlenerek tedarikçilerin performansları değerlendirilmiştir.

$t=3, i=1,2,\dots,n_j, j=1,2,3,4, n_1=5, n_2=3, n_3=2$ ve $n_4=3$ olacak şekilde karar vericilerden elde edilen ifadelerden tedarikçi performansı, önemlilik dereceleri ve gerçekleşen tedarikçi performanslarının sözel ifadeleri ile Çizelge 3 (tek karar verici örneği üzerinden) oluşturulmuş ve yamuk bulanık sayılara karşılık gelen hali Çizelge 4’te (tek karar verici için) verilmiştir.

Çizelge 2. Tekstil sektöründe tedarikçi değerlendirme ölçütleri

Değerlendirme ölçütü	Kısaltma	Ölçüt parametresi
<i>Genel Tedarikçi Kriterleri</i> (ana ölçüt)	GTK	T ₁
Fiyat	F	S ₁₁
Coğrafi Konum	CK	S ₁₂
Kalite	K	S ₁₃
Mali Durum	MD	S ₁₄
Esneklik	E	S ₁₅
<i>Üretim Kapasitesi</i> (ana ölçüt)	ÜK	T ₂
Tekstil Sektöründeki Yeri	TSY	S ₂₁
Geçmiş Performansı	GP	S ₂₂
Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama	MİK	S ₂₃
<i>Lojistik</i> (ana ölçüt)	L	T ₃
Teslimat Performansı	TP	S ₃₁
Paketleme	P	S ₃₂
<i>İşbirliği, Hizmet ve Destek</i> (ana ölçüt)	İHD	T ₄
İlişkilerin Yakınlığı	İY	S ₄₁
Anlaşmazlıkların Çözümlemesi	AÇ	S ₄₂
Renk Çalışması Süreci	RÇS	S ₄₃

Çizelge 3. Tek karar verici örneği üzerinden sözel ifadeler

Ölçütler	Ölçütün bireysel önemliliği	Beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı	Tedarikçi performansı		
			Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3
T ₁ : GTK	ÇÖL				
S ₁₁ : F	ÖL	[O,ÇÖL]	Y	FY	AY
S ₁₂ : CK	AÖL	[O,ÖL]	ÇY	ÇY	O
S ₁₃ : K	FÖL	[ÇÖL,FÖL]	AY	Y	ÇY
S ₁₄ : MD	ÖL	[ÖL,ÇÖL]	ÇY	AY	FY
S ₁₅ : E	ÇÖL	[ÖL,ÇÖL]	FY	AY	Y
T ₂ : ÜK	FÖL				
S ₂₁ : TSY	ÇÖL	[ÇÖL,FÖL]	Y	AY	FY
S ₂₂ : GP	ÇÖL	[ÖL,ÇÖL]	AY	Y	FY
S ₂₃ : MİK	ÖL	[ÖL,FÖL]	Y	AY	ÇY
T ₃ : L	ÇÖL				
S ₃₁ : TP	FÖL	[ÇÖL,FÖL]	ÇY	Y	FY
S ₃₂ : P	ÇÖL	[O,ÇÖL]	FY	O	AY
T ₄ : İHD	ÇÖL				
S ₄₁ : İY	ÇÖL	[ÇÖL,FÖL]	FY	Y	AY
S ₄₂ : AÇ	FÖL	[ÇÖL,FÖL]	Y	AY	O
S ₄₃ : RÇS	ÇÖL	[AÖL,ÇÖL]	ÇY	Y	AD

Çizelge 4. Beklenen tedarikçi performansı, önemlilik dereceleri ve seçilen tedarikçi performansı (tek karar verici için)

Ölçüt	Bireysel önemlilik	Beklenen tedarikçi performansı	Tedarikçi performansı		
			Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3
T ₁	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)				
S ₁₁	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,32, 0,41, 0,98, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)
S ₁₂	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(0,32, 0,41, 0,92, 0,97)	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,32, 0,41, 0,58, 0,65)
S ₁₃	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)	(0,93, 0,98, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)
S ₁₄	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,72, 0,78, 0,98, 1,00)	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)
S ₁₅	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,98, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)
T ₂	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)				
S ₂₁	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,93, 0,98, 1,00, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)
S ₂₂	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,98, 1,00)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)
S ₂₃	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,72, 0,78, 1,00, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)
T ₃	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)				
S ₃₁	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)	(0,93, 0,98, 1,00, 1,00)	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)
S ₃₂	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,32, 0,41, 0,98, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)	(0,32, 0,41, 0,58, 0,65)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)
T ₄	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)				
S ₄₁	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,93, 0,98, 1,00, 1,00)	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)
S ₄₂	(1,00, 1,00, 1,00, 1,00)	(0,93, 0,98, 1,00, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,58, 0,63, 0,8, 0,86)	(0,32, 0,41, 0,58, 0,65)
S ₄₃	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,58, 0,63, 0,98, 1,00)	(0,93, 0,98, 0,98, 1,00)	(0,72, 0,78, 0,92, 0,97)	(0,17, 0,22, 0,36, 0,42)

Algoritma adımları uygulanarak, genelleştirilmiş Choquet bulanık integralinin iki aşamalı toplanma süreci kullanılmış ve üç tedarikçiye ait değerlerden elde edilen toplu tedarikçi performansları hesaplanmıştır. Sözel ifadelerle yamuk bulanık sayılara dönüştürülen performans ölçütleri, Denklem (1) yardımıyla Çizelge 5'te gösterildiği gibi durulaştırılmıştır.

Çizelge 5. GCBİ algoritması ile seçilmiş üç tedarikçinin toplam performanslarını durulaştırma

Ölçüt	Tedarikçi performansı			Durulaştırma		
	Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3	Ted-1	Ted-2	Ted-3
Toplam tedarikçi perf.	Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3
	(0,463, 0,515, 0,778, 0,847)	(0,460, 0,519, 0,770, 0,842)	(0,485, 0,522, 0,735, 0,803)	0,651	0,648	0,636
T ₁	(0,465, 0,518, 0,785, 0,849)	(0,480, 0,535, 0,779, 0,844)	(0,482, 0,504, 0,739, 0,804)	0,654	0,660	0,632
S ₁₁	(0,295, 0,335, 0,548, 0,605)	(0,482, 0,513, 0,641, 0,675)	(0,095, 0,148, 0,338, 0,395)	0,446	0,578	0,244
S ₁₂	(0,508, 0,565, 0,818, 0,873)	(0,508, 0,565, 0,818, 0,873)	(0,420, 0,478, 0,773, 0,835)	0,691	0,691	0,626
S ₁₃	(0,378, 0,403, 0,455, 0,500)	(0,313, 0,348, 0,400, 0,448)	(0,465, 0,490, 0,500, 0,535)	0,434	0,377	0,498
S ₁₄	(0,378, 0,413, 0,593, 0,652)	(0,413, 0,450, 0,623, 0,668)	(0,488, 0,507, 0,644, 0,675)	0,509	0,538	0,579
S ₁₅	(0,453, 0,473, 0,737, 0,773)	(0,325, 0,363, 0,680, 0,735)	(0,223, 0,260, 0,570, 0,625)	0,609	0,526	0,419
T ₂	(0,356, 0,387, 0,536, 0,597)	(0,353, 0,388, 0,566, 0,624)	(0,486, 0,500, 0,604, 0,639)	0,469	0,483	0,557
S ₂₁	(0,325, 0,356, 0,540, 0,598)	(0,360, 0,393, 0,570, 0,625)	(0,488, 0,500, 0,607, 0,640)	0,455	0,487	0,559
S ₂₂	(0,260, 0,303, 0,435, 0,493)	(0,325, 0,358, 0,490, 0,545)	(0,477, 0,498, 0,553, 0,588)	0,373	0,429	0,529
S ₂₃	(0,378, 0,403, 0,455, 0,500)	(0,260, 0,298, 0,385, 0,440)	(0,465, 0,490, 0,500, 0,535)	0,434	0,346	0,498
T ₃	(0,436, 0,487, 0,658, 0,703)	(0,327, 0,383, 0,605, 0,665)	(0,476, 0,526, 0,666, 0,708)	0,571	0,495	0,594
S ₃₁	(0,360, 0,390, 0,470, 0,525)	(0,290, 0,315, 0,410, 0,465)	(0,477, 0,493, 0,503, 0,535)	0,436	0,370	0,502
S ₃₂	(0,452, 0,500, 0,668, 0,705)	(0,335, 0,393, 0,615, 0,668)	(0,475, 0,530, 0,675, 0,710)	0,581	0,503	0,598
T ₄	(0,465, 0,495, 0,632, 0,672)	(0,366, 0,404, 0,574, 0,631)	(0,404, 0,441, 0,609, 0,661)	0,566	0,494	0,529
S ₄₁	(0,482, 0,507, 0,641, 0,675)	(0,330, 0,366, 0,578, 0,633)	(0,418, 0,453, 0,623, 0,668)	0,576	0,476	0,540
S ₄₂	(0,360, 0,393, 0,520, 0,573)	(0,325, 0,356, 0,490, 0,545)	(0,378, 0,406, 0,505, 0,553)	0,461	0,429	0,460
S ₄₃	(0,465, 0,495, 0,588, 0,623)	(0,413, 0,445, 0,573, 0,615)	(0,155, 0,188, 0,343, 0,395)	0,543	0,511	0,270

Çizelge 5'te görüldüğü gibi, durulaştırma işlemi sonucunda Tedarikçi-1 sahip olduğu birçok güçlü ölçütler nedeniyle en yüksek sırayı elde etmiştir. Sıralama şu şekilde olmuştur: 0,651 (Tedarikçi-1) > 0,648 (Tedarikçi-2) > 0,636 (Tedarikçi-3)

Çizelgeden kolaylıkla okunacağı gibi tedarikçiler arasında birtakım farklılıklar göze çarpmaktadır. GTK ana ölçütü dikkate alındığında; özellikle “fiyat” alt ölçütünde Tedarikçi-2 diğerlerinden oldukça iyi olmasına rağmen, “kalite” ve “esneklik” ölçütlerinde Tedarikçi-1 kadar iyi olmadığından genel sıralamada birinci olması için kendisine avantaj sağlamamaktadır.

Öte yandan, fiyatları yüksek olduğu için çok iyi finansal pozisyona ve en iyi kalitede hizmete sahip olmasına rağmen Tedarikçi-3 tercih edilmemektedir.

ÜK ana ölçütü üzerinden değerlendirme yapılacak olunursa, çok iyi bir geçmiş performansa sahip olup tekstil endüstrisinde söz sahibi bir pozisyonda olan Tedarikçi-3 daha iyi bir seçenek olabilir. Müşteri isteklerine hızlı yanıt vermesi de Tedarikçi-3’ün başka önemli bir özelliği olarak görülmektedir.

“Renk çalışması süreci”, “ilişkilerin yakınlığı” ve “anlaşmazlıkların çözümü” faktörlerinde de Tedarikçi-1 diğerlerinden öndedir.

5. SONUÇ

İşletmeler faaliyetlerini sürdürebilmek için ihtiyaç duydukları hammadde, yarı mamul ya da malzemeleri birçok farklı kaynaklardan sağlayabilirler. Günümüzde dünya çapında faaliyet gösteren büyük firmalar başta olmak üzere birçok firmanın tedarik zinciri incelendiğinde, bu tedarikçilerin dünyanın pek çok farklı noktalarına yayılmış durumda olduklarını görmemiz mümkündür. Böyle farklı özelliklere sahip tedarikçiler arasından seçim yapabilmek ve satın alma faaliyetini gerçekleştirebilmek oldukça güç olmaktadır. Bu nedenle tedarik zinciri yönetimi, işletmelerde çok önemli ve uzmanlık gerektiren bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada, tekstil sektöründe faaliyet göstermekte olan bir örme fabrikasının sürekli olarak çalıştığı üç tedarikçisi arasından en uygun olanının seçimine ilişkin bir tedarikçi değerlendirme modeli kurulmuştur. İşletmenin çalıştığı tedarikçiler; şirketin satın alma, üretim planlama ve pazarlama bölümlerinde deneyimli karar vericiler tarafından ve tekstil sektöründeki yapıya uygun olarak belirlenen dört ana ölçüt ve her bir ana ölçüte ait alt ölçütlerle birlikte toplam 17 ölçüt üzerinden değerlendirilmiştir.

Önerilen sistemde, işletme stratejileri ve politikalarına bağlı olarak yeni tedarikçilerle çalışma ihtiyacı gündeme geldiğinde mevcut üç tedarikçisiyle çalışan işletmenin yeni bir tedarikçiyi gündemine alacak şekilde yeni bir modele ihtiyacı olacaktır. Ayrıca, tedarikçilerin geçmiş performanslarının değerlendirilmesinin yanında güncel değerleri de göz önünde bulunduran bir dinamik programlama modeli de geliştirmek mümkün olabilir. Böylece değerlendirme aşaması daha kapsamlı hale getirilebilir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Amid A., Ghodsypour S.H. ve O'Brien C., “Fuzzy Multiobjective Linear Model for Supplier Selection in a Supply Chain”, *Int. J. Production Economics*, 104, 394–407, 2006.
- [2] Sugeno M., “Theory of Fuzzy Integrals and its Applications”, Ph.D. Thesis, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, 1974.
- [3] Dickson G.W., “An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions”, *Journal of Purchasing*, 2(1), 5–17, 1966.
- [4] Gaballa A.A., “Minimum Cost Allocation of Tenders”, *Operational Research Quarterly*, 25(3), 389–398, 1974.
- [5] Weber C.A. ve Current J.R., “A Multiobjective Approach to Vendor Selection”, *European Journal of Operational Research*, 68, 173–184, 1993.
- [6] Ribeiro, R. A., “Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: A Review and New Preference Elicitation Techniques”, *Fuzzy Sets and Systems*, 78(2):155-181, 1996.

- [7] Ghodsypour S.H. ve O'Brien C., "A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytical Hierarchy Process and Linear Programming", *International Journal of Production Economics*, 56–57, 199–212, 1998.
- [8] Karpak B., Kumcu E. ve Kasuganti R., "An Application of Visual Interactive Goal Programming: A Case in Vendor Selection Decisions", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 8, 93–105, 1999.
- [9] Degraeve Z. ve Roodhooft F., "A Mathematical Programming Approach for Procurement Using Activity Based Costing", *Journal of Business Finance and Accounting*, 27(1–2), 69–98, 2000.
- [10] Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C., "The Total Cost of Logistic in Supplier Selection, under Conditions of Multiple Sourcing, Multiple Criteria and Capacity Constraint", *International Journal of Production Economics*, 73:15–27, 2001.
- [11] Lin H.T. ve Chang W.L., "Order Selection and Pricing Methods Using Flexible Quantity and Fuzzy Approach for Buyer Evaluation", *European Journal of Operational Research*, 187, 2008.
- [12] Choquet G., "Construction d'ultrafiltres Sur N", *Bull. Sci. Math.*, (2)92, 1968.
- [13] Guo C., Zhang D. ve Wu C., "Fuzzy-Valued Fuzzy Measures and Generalized Fuzzy Integrals, *Fuzzy Sets And Systems*", 97:255-260, 1998.
- [14] Marichal, J. ve Roubens, M., "Consensus with Ordinal Data", *Proceedings of the EUFIT Conference*, 1999.
- [15] Godo, L. ve Torra, V., "Extending Choquet Integrals for Aggregation of Ordinal Values", *Int. Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Bases*, 9:17-32, 2001.
- [16] Auephanwiriyakul S., Keller J. ve Gader P., "Generalized Choquet Fuzzy Integral Fusion", *Information Fusion*, Vol. 3, 69-85, 2002.
- [17] Tzeng G.H., Ou Yang Y.P., Lin C.T. vd., "Hierarchical MADM with Fuzzy Integral for Evaluating Enterprise Intranet Web Sites", *Information Sciences*, Vol. 169, 409-426, 2004.
- [18] Yao J.S., Chen M.S. ve Lu H.F., "A Fuzzy Stochastic Single-period Model for Cash Management", *European Journal of Operational Research*, 170:72-90, 2004.
- [19] Meyer P. ve Roubens M., "On the Use of the Choquet Integral with Fuzzy Numbers in Multiplecriteria Decision Support", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 157, 927-938, 2005.
- [20] Tesfamariam, D. ve Lindberg, B., "Aggregate Analysis of Manufacturing Systems Using System Dynamics and ANP", *Computers & Industrial Engineering*, 49:98-117, 2005.
- [21] Adamides, E. D. ve Voutsina, M., "The Double-Helix Model of Manufacturing and Marketing Strategies", *Int. J. Production Economics*, 104:3-18, 2006.
- [22] Tsai H.H. ve Lu I.Y., "The Evaluation of Service Quality Using Generalized Choquet Integral", *Information Sciences*, Vol. 176, 640-663, 2006.
- [23] Fortemps P. ve Roubens M., "Ranking and Defuzzification Methods Based on Area Compensation", *Fuzzy Sets and Systems*, 82:319-330, 1996.
- [24] Delgado M., Herrera F., Herrera-Viedma E. vd., "Combining Numerical and Linguistic Information in Group Decision Making", *Information Sciences*, 107, 177–194, 1998.