



Çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarına dayalı tedarikçi seçimi: elektronik sektörde bir uygulama

Murat ARIKAN¹, Berat GÖKBEK¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe-Ankara

ÖZET

Tedarik zinciri yönetiminin önemli bir halkasını oluşturan tedarikçi seçimi, bir çok faktörü gözönüne almayı gerektiren çok aşamalı ve zor bir karar problemidir. Bu çalışmada, bir elektronik firmasının en iyi tedarikçiyi seçme probleminin çözümü için çok ölçütlü karar verme tekniklerinden AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi)'nin, TOPSIS ile entegre edildiği bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu yöntemler için kullanılan performans kriterleri istatistiksel analizler, kriter ağırlıkları ise AHP yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. TOPSIS yöntemi ile alternatifler sıralanarak en iyi tedarikçi seçilmiş ve duyarlılık analizi yapılmıştır.

Anahtar

Kelimeler:

Tedarik Zinciri Yönetimi, Tedarikçi Seçimi, Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS

Supplier selection based on multi-criteria decision making approaches: an implementation in electronics sector

ABSTRACT

Supplier selection which is an important part of the supply chain management, is a multi-stage and difficult decision problem requiring the consideration of multiple factors. In this study, an approach that integrates Analytic Hierarchy Process (AHP) with TOPSIS, is used to solve the supplier selection problem of an electronics company. The input set of criteria for these techniques is determined by statistical analysis while criteria weights are identified via AHP calculations. Alternative suppliers are put in order by using TOPSIS method to select the best one and sensitivity analysis is performed.

Key Words:

Supply chain management, Supplier Selection, Analytic Hierarchy Process, TOPSIS.

1. Giriş

Artan rekabet koşullarında işletmeler varlıklarını sürdürebilmek için giderlerini azaltmak durumundadırlar. Günümüzde, işletmelerin giderlerini azaltmak için izleyebilecekleri yollardan biri faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli olan hammaddeleri ve yarı ürünleri doğru tedarikçiden, doğru zamanda ve en düşük maliyetle tedarik etmektir. Bu hedefin gerçekleştirilmesi etkin bir tedarik zinciri yönetimi ile mümkündür. Tedarikçi seçimi, tedarik zinciri yönetiminin önemli süreçlerinden birisidir ve işletmelerin doğru tedarikçilerle çalışması müşteri beklentilerini karşılayabilmeleri için gereklidir. İşletmeler, sürekli değişen rekabet koşulları karşısında rekabetçi yapılarını sürdürebilmek için kendi hedeflerine uygun özellikteki tedarikçileri seçmelidir. Bu nedenle, tedarikçi seçimi işletmelerin üzerinde önemle durması gereken stratejik öneme sahip kararlardan biridir.

Tedarikçi seçimi, birden çok kriteri bünyesinde barındıran bir karar verme problemidir. Probleme uygulanan karar verme teknikleri üzerine son döneme ait sistematik bir literatür araştırması Chai vd. (2013) tarafından yapılmıştır. Konuyla ilgili diğer ayrıntılı taramalar Ho vd. (2010) ve De Boer vd. (2001)'nin çalışmalarıdır. Tedarikçi seçimi probleminin çözümü için geliştirilen yöntemlerin büyük bir kısmı AHP (Tam ve Tummala, 2001; Levary, 2008), TOPSIS (Yurdakul ve İç, 2009), ELECTRE (Almeida, 2007; Sevklı, 2010), PROMETHEE (Dulmin ve Mininno, 2003; Chen vd., 2011) gibi çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerine ya da veri zarflama analizi (Wu ve Blackhurst, 2009), doğrusal programlama (Ng, 2008; Guneri vd., 2009, Amin ve Zhang, 2012), hedef programlama (Tsai ve Hung, 2009) gibi matematiksel programlama tekniklerine dayanmaktadır. Bunun yanında ÇKKV yöntemlerinin birbirleriyle (Arıkan ve Küçükçe, 2012; Corrente vd., 2013) ya da matematiksel programlama teknikleriyle (Kull ve Talluri, 2008; Zeydan vd., 2011) beraber kullanıldığı melez yaklaşımlar da mevcuttur.

Bu çalışmada, elektronik sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin ürün yelpazesinin büyük bölümünde kullanılan ve çok az sayıda yurt içi/dışı tedarikçiden sağlanabilen bir ana malzemesinin tedarikçi seçim problemi ile ilgilenilmiştir. Problem çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ve TOPSIS kullanılarak çözülmüştür. Ele alınan karar problemini etkileyen kriterler bir anket çalışmasıyla belirlenmiş, kriterlerin ilişkili olup olmadığı istatistiksel analizlerle araştırılmıştır. Kriterler arasında anlamlı bir ilişki bulunamadığından AHP yöntemi kullanılarak ağırlıkların belirlenmesine karar verilmiştir. Elde edilen ağırlıklar tedarikçi seçimi için kullanılan TOPSIS tekniği için girdi oluşturmuştur. Ayrıca, TOPSIS için kullanılan ağırlıklara ve en kritik kriterin tespitine yönelik bir duyarlık analizi çalışması da yapılmıştır. Çalışma, problem kriterlerinin bir anket çalışması sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi yoluyla belirlenmesi açısından literatürdeki birçok çalışmadan farklılık göstermektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ele alınan problem tanımlanmış, üçüncü ve dördüncü bölümlerde ise sırasıyla, kullanılan metodoloji ve sonuçlara yer verilmiştir.

2. Problemin tanımı

Çalışmanın gerçekleştirildiği işletme, elektronik ürünler ve

sistemler tasarlayan, geliştiren, üreten ve ürünlerinin satış sonrası servis hizmetlerini karşılayan; yüksek teknolojiye sahip geniş ürün yelpazesine sahip bir elektronik sanayi kuruluşudur. Müşteriden sipariş alınıp üretim planı yapıldıktan sonra ürün ağaç yapıları doğrultusunda malzeme ihtiyaçları belirlenmekte ve malzeme talepleri yapılmaktadır. Bu aşamada, firmanın tedarikçileriyle işbirliği başlamaktadır. Onaylı tedarikçi konumunu elde eden tedarikçilerin/alt yüklenicilerin performansları sevkiyat bazında, temin ettikleri malzemelerin kalite ve teslimat verimliliği açısından ERP programında izlenmekte ve puanlandırılmaktadır. Yoğun tasarım, ARGE ve üretim geliştirme faaliyetlerinin yürütüldüğü bu sektörde malzeme tedarik sürecinin titizlikle yürütülmesi gerekmektedir. Temel olarak fiyat, kalite ve teslimat performansları baz alınarak yürütülen tedarikçi değerlendirme sürecinde; tedarikçi düzeltici/önleyici faaliyetlerinin fazla olduğu görülmektedir, bu durum da firmanın tedarikçi seçim sürecinde bir takım sıkıntılarının yaşandığının göstergesidir.

Bu çalışmada, firmanın ürün yelpazesinin büyük çoğunluğunda kullanılan, çok az sayıda yurt içi/dışı tedarikçiden sağlanabilen, termin süresi hayli uzun, zamanında teslim edilemeyen, tamiri uzun süren, satın alımları uzun zamana yayılmış sözleşmelere dayanan, ERP programında düşük malzeme kalite puanına sahip ve fazla sayıda tedarikçi düzeltici/önleyici faaliyetlere ihtiyaç duyan bir ana malzemeyle ilgili tedarikçilerin seçiminde ve sıralanmasında yaşanan sıkıntılarının giderilmesi amacıyla karar vericiye destek olacak bir model tasarlanmıştır. Bunun sonucunda da; tedarik edilen ana malzemenin kalitesinin üretilen ürünlere de olumlu yansımalarıyla işletmenin temel amacı olan müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenmektedir.

3. Yöntem

3.1. Performans kriterlerinin belirlenme süreci

Bir işletme için tedarikçi seçimi ve değerlendirme probleminin en önemli basamaklarından biri problemin çözümünde dikkate alınacak performans kriterlerinin belirlenmesidir. Tedarikçilerin değerlendirilmesini etkileyecek bu kriterlerin doğru belirlenmesi problem çözümünün temelini oluşturacaktır.

Firmanın satın alma sürecinde etkin olan ana ve alt kriterleri belirlemek için iki aşamadan oluşan bir anket çalışması yapılmıştır. Anket, tedarikçiler ile doğrudan ilişki içerisinde bulunan toplam 35 kalite kontrol, üretim planlama ve satın alma mühendisine, geçerlilik derecesinin yüksek olması için katılımcılarla yüz yüze görüşülerek uygulanmıştır. Anket çalışmasının ilk aşaması işletmenin tedarikçi seçimi ve değerlendirmesinde kullanacağı ana kriterleri, ikinci aşaması ise alt kriterleri belirlemeye yöneliktir. Uygulanan anket çalışması 1-5 Likert skalasıyla hazırlanmış (1-önemsiz, 2-az önemli, 3-orta, 4-önemli, 5-çok önemli) ve sırasıyla frekans dağılımı, merkezi eğilim ölçüleri (ortalama, mod, medyan), ortalamadan sapma ölçüleri (varyans, standart sapma), normallik testleri, korelasyon ve güvenilirlik analizleri kullanılarak SPSS 15 programıyla sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.1.1. Anket 1. aşama istatistik analiz (Ana kriterler)

Firmanın tedarikçi seçim performans kriterlerinin belirlenmesindeki öncelikli hususlar dikkate alınarak literatürde sık geçen performans değerlendirme kriterlerinden 21 ana kriter belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla, (1) kalite, (2) hizmet, (3) maliyet, (4) usul uygunluğu, (5) kontrata uyum, (6) iletişim sistemi, (7) sanayideki itibarı, (8) esneklik, (9) teknoloji,

(10) iş yapma isteği, (11) yönetim ve organizasyon, (12) tamir servisi, (13) güvenilirlik, (14) tutum, (15) görüşme sonucu bıraktıkları etki, (16) paketleme yeteneği, (17) işçi ilişkileri kayıtları, (18) coğrafi yer, (19) geçmiş dönemde yapılan iş, (20) eğitim katkısı ve (21) karşılıklı anlaşmalardır. Bu kriterlerin önemini 1-5 ölçeğinde 35 katılımcıya soran anket çalışmasından elde edilen merkezi eğilim ölçüleri özet halinde Çizelge 1'de verilmiştir. Tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesinde kullanılacak ana kriterler, merkezi eğilim ölçülerinden en kapsamlı bilgi veren aritmetik ortalama, medyan ve mod değerleri kullanılarak, 4 (önemli) ve 5 (çok önemli) aralığına giren hizmet, kalite, maliyet, esneklik, teknoloji ve güvenilirlik kriterleri olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Ana kriterlerin merkezi dağılım ölçüleri

No	Kriter	N	Ort.	Medyan	Mod
1	Kalite	35	4,34	4	5
2	Hizmet	35	4,37	4	4
3	Maliyet-finans	35	4,31	4	4
4	Prosedüre uyum	35	3,6	4	4
5	Kontrata uyum	35	3,63	4	3
6	İletişim sistemi	35	2,71	3	3
7	Sanayideki itibarı	35	3,51	3	3
8	Esneklik	35	4,29	4	4
9	Teknoloji	35	4,03	4	4
10	İş yapma isteği	35	3,14	3	3
11	Yönetim ve organizasyon	35	3,09	3	3
12	Tamir servisi	35	3,74	4	4
13	Güvenilirlik	35	4	4	4
14	Tutum	35	3,09	3	3
15	Görüşme sonucu bıraktıkları etki	35	2,97	3	3
16	Paketleme yeteneği	35	3,66	4	4
17	İşçi ilişkileri kayıtları	35	3,31	3	3
18	Coğrafi yer	35	3,06	3	3
19	Geçmiş dönemde yapılan iş	35	2,89	3	3
20	Eğitim katkısı	35	3,06	3	3
21	Karşılıklı anlaşmalar	35	3,43	3	3

Ana kriter verilerinin normallikten sapma ölçüleri

Kullanılan verinin normal dağılım gösterip göstermediği değerlendirme yöntemlerinin kullanımını etkileyecektir. Veriler normal dağılıma uyuyorsa parametrik testler, uymuyorsa parametrik olmayan testler uygulanır. Bir veri kümesinin normal dağılıma sahip olup olmadığının belirlenmesi için grafik metodlar (histogram, boxplot, Q-Q plot), sayısal metodlar (çarpıklık, basıklık katsayıları) ya da istatistiksel testler (Shapiro-Wilk testi, Kolmogorov-Smirnov testi) kullanılabilir (Razali ve Wah, 2011). Bu çalışmada, daha tarafsız bir sonuç elde etmek için istatistiksel normallik testlerinden Shapiro-Wilk (SW) ve Kolmogorov-Smirnov (KG) testlerinden yararlanılmıştır. Razali ve Wah (2011) küçük örnek büyüklüklerinde Shapiro-Wilk testinin daha güçlü olduğunu göstermiştir. Bu testin H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibi yazılır.

H_0 : Verilerin dağılımı normaldir.

H_1 : Verilerin dağılımı normal değildir.

35 olan gözlem sayısı için $\alpha=0,05$ kabul edildiğinde öncelikli olarak Shapiro-Wilk testinin sonuçları incelenmiş, verilerin anlamlılık düzeylerinin 0,05'ten küçük olması nedeniyle tüm kriterler için H_0 hipotezi reddedilmiş ve verilerin normal dağılımdan gelmediğine karar verilmiştir (Çizelge 2).

Ana kriterlerin korelasyon analizi

Ana kriterler arasında bir bağımlılık olup olmadığını belirlemek için korelasyon analizine başvurulmuştur. Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki veya daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Korelasyon katsayısı (r) -1 ile +1 arasında değer alır. Katsayı +1'e yaklaştığında ilişkinin arttığı, -1'e yaklaştığında benzerlik ilişkisinin zıt yönde arttığı söylenir.

Çizelge 2. Ana kriterlerin normallik testleri

Normallik Testi		KG			SW		
Kriter	İstatistik	Sd*	Sig.	İstatistik	Sd*	Sig.	
1	Kalite	0,289	35	0	0,769	35	0
2	Hizmet	0,304	35	0	0,745	35	0
3	Maliyet-finans	0,273	35	0	0,776	35	0
4	Prosedüre uyum	0,278	35	0	0,845	35	0
5	Kontrata uyum	0,278	35	0	0,831	35	0
6	İletişim sistemi	0,305	35	0	0,84	35	0
7	Sanayideki itibarı	0,25	35	0	0,867	35	0,001
8	Esneklik	0,266	35	0	0,779	35	0
9	Teknoloji	0,285	35	0	0,829	35	0
10	İş yapma isteği	0,302	35	0	0,786	35	0
11	Yönetim ve organizasyon	0,361	35	0	0,733	35	0
12	Tamir servisi	0,243	35	0	0,874	35	0,001
13	Güvenilirlik	0,271	35	0	0,84	35	0
14	Tutum	0,23	35	0	0,838	35	0
15	Görüşme sonucu bıraktıkları etki	0,287	35	0	0,835	35	0
16	Paketleme yeteneği	0,349	35	0	0,793	35	0
17	İşçi ilişkileri kayıtları	0,212	35	0	0,894	35	0,003
18	Coğrafi yer	0,333	35	0	0,799	35	0
19	Geçmiş dönemde yapılan iş	0,274	35	0	0,847	35	0
20	Eğitim katkısı	0,246	35	0	0,888	35	0,002
21	Karşılıklı anlaşmalar	0,281	35	0	0,853	35	0

*Serbestlik derecesi

Belirlenen ana kriterler (kalite (K), hizmet (H), maliyet ve finans (M), esneklik (E), teknoloji (T), güvenilirlik (G)) arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini ölçmek için Spearman'ın sıra korelasyonu kullanılmıştır. Spearman'ın sıra korelasyonu, Pearson korelasyon katsayısının sıralı verilerle kullanılmak üzere tasarlanmış parametrik olmayan versiyonudur. Çizelge 3'te ana kriterlerin hesaplanan ikili korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 3. Ana kriterler arasındaki korelasyon katsayıları

Ana Kriterler	K	H	M	E	T	G
K	1	0,339	-0,026	0,194	0,413	0,131
H	0,339	1	0,019	0,406	0,203	0,324
M	-0,026	0,019	1	-0,027	-0,063	0,208
E	0,194	0,406	-0,027	1	0,425	0,417
T	0,413	0,203	-0,063	0,425	1	0,2
G	0,131	0,324	0,208	0,417	0,2	1

Çizelge3'ten ana kriterler arasındaki tüm ikili ilişkilerin zayıf veya orta dereceli olduğu görülmektedir. Bazı kriterler arasında orta dereceli bir korelasyon bulunması bu kriter verilerinin bazı noktalarda beraber hareket ettiklerini göstermektedir. Ancak, iki kriter arasındaki kısmi benzerlikten dolayı bu değişkenlerin birbirine bağımlı olduğu söylenemez.

Ana kriterlerin güvenilirlik analizi:

Ana kriterler için anket değerlerinin birbirleriyle olan tutarlılığını ve kullanılan ölçeğin ilgilenilen sorunu ne derece yansıttığını görebilmek amacıyla güvenilirlik analizi yapılmıştır. Cronbach alfa katsayısı, maddeler 1-3, 1-4, 1-5 gibi puanlandığında kullanılması uygun olan bir iç tutarlılık tahmin yöntemidir. Ölçekte yer alan k maddenin varyansları toplamının genel varyansa oranlanması ile bulunan bir ağırlıklı standart değişim ortalamasıdır (Ercan ve Kan, 2004). Ana kriterlerin belirlenmesi ile ilgili çalışmanın tutarlı ve güvenilir olduğunu ispatlayacak Cronbach alfa değeri 0,896 olarak belirlenmiştir. Bu değer 0.70'ten büyük olduğu için ana kriterleri belirleyen anket çalışmasının oldukça güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

3.1.2 Anket 2. aşama istatistik analiz (Alt kriterler)

Anket çalışmasının ikinci aşaması ise işletmenin tedarikçi seçimi ve değerlendirmesinde kullanılacağı ana kriterlerin altında toplanacak alt kriterleri belirlemeye yöneliktir. Bu aşamada yapılan istatistiksel analizlerin sonuçları sadece kalite kriteri için gösterilmiştir. Çizelge 4'te kalite ana kriterinin anketin ikinci aşamasında ele alınan alt kriterleri için elde edilen ortalama, mod ve medyan değerleri görülmektedir. Buna göre; 4 (önemli) ve 5 (çok önemli) aralığına giren hatalı ürün oranı, siparişlerin şirket süreçlerine uyumluluğu, toplam kalite uygulamaları kalite kriteri altında toplanacak alt kriterler olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Kalite ana kriterlerinin ele alınan alt kriterleri için merkezi dağılım ölçüleri

Kalite ana kriteri için alt kriterler	N	Ort.	Me d-yan	Mod
1 Hatalı ürün oranı	35	4,71	5	5
2 Firmanın kalite belge sayısı	35	3,91	4	4
3 Siparişlerin şirket süreç. uyum.	35	4,17	4	4
4 Kalite araçlarına bağlılık	35	3,83	4	4
5 Toplam kalite uyg.	35	4,09	4	4

Alt kriter verilerinin normallikten sapma ölçüleri

Ana kriterlere ait alt kriterlerin belirlenmesi için kullanılan verilerin normal dağılıma uygunluğunun testi için Kolmogorov-Smirnov (KG) ve Shapiro-Wilk (SW) testleri kullanılmıştır ve tüm alt kriter veri dağılımlarının normalden farklı olduğu sonucuna varılmıştır. Çizelge 5'te kalite alt kriterlerinin normallik testi sonuçları görülmektedir. Verilerin anlamlılık düzeyinin (Sig.) %5'ten küçük olması dağılımın normal dağılımdan gelmediğini göstermektedir.

Çizelge 5. Kalite alt kriterlerin normallik testleri

Normallik Testi		KG			SW		
Kalite ana kriterinin alt kriterleri		İstatistik	Sd*	Sig.	İstatistik	Sd*	Sig.
1	Hatalı ürün oranı	0,448	35	0	0,567	35	0
2	Firmanın kalite belge sayısı	0,295	35	0	0,793	35	0
3	Siparişlerin şirket süreçlerine uyumluluğu	0,402	35	0	0,685	35	0
4	Kalite araçlarına bağlılık	0,381	35	0	0,751	35	0
5	Toplam kalite uygulamaları	0,361	35	0	0,733	35	0

* Serbestlik Derecesi

Alt kriterlerin korelasyon analizi

Spearman'ın Sıra korelasyon analizi kullanılarak alt kriterlerin tüm 2'li korelasyonları incelenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre her bir ana kritere ait alt kriterler arasında pozitif veya negatif kuvvetli bir ilişki bulunmamaktadır. Dolayısıyla birbiri ile ilişkili değişkenlerin bulunmadığı ve alt kriterlerin birleştirilmesi durumunun söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Çizelge 6'da kalite alt kriterinin ikili korelasyon katsayıları görülmektedir.

Çizelge 6. Kalite alt kriterleri arasındaki korelasyon katsayıları

Kalite alt kriterleri	1	2	3	4	5
1	1	0,409	0,345	0,432	0,337
2	0,409	1	0,131	0,362	0,1
3	0,345	0,131	1	0,103	0,428
4	0,432	0,362	0,103	1	0,247
5	0,337	0,1	0,428	0,247	1

Alt Kriterlerin Güvenilirlik Analizi :

Ana kriterlerin alt kriterlerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmanın tutarlı ve güvenilir olduğunu ispatlayacak Cronbach's Alpha değerleri hizmet, kalite, maliyet-finans, esneklik, teknoloji, güvenilirlik için sırasıyla, 0.729, 0.713, 0.814, 0.727, 0.835 bulunmuştur. Değerlerin tamamının 0.70'ten büyük olması, her bir ana kritere ait alt kriterleri belirleyecek anket çalışmasının güvenilir olduğunun göstergesidir.

Böylece; esneklik ana kriterinin alt kriterleri; ürün çeşitliliğindeki değişimlere cevap verebilme (E1), ürün miktarındaki değişimlere cevap verebilme (E2), malzeme tasarımındaki değişimlere cevap verebilme (E3), termin tarihi değişikliklerine cevap verebilme (E4), güvenilirlik ana kriterinin alt kriterleri; garantili ürünler sağlayabilme (G1), geçmiş dönem performansı (G2), işletmenin örgütsel durumu (G3), tazminat (G4), hizmet ana kriterinin alt kriterleri; nakliye performansı (H1), satış sonrası teknik servis (H2), zamanında teslimat performansı (H3), kalite ana kriterinin alt kriterleri; hatalı ürün oranı (K1), siparişlerin şirket süreçlerine uyumluluğu (K2), toplam kalite uygulamaları (K3), maliyet ana kriterinin alt kriterleri; finansal uygunluk (M1), fiyat (M2), maliyet analizinin etkin kullanımı (M3), yalın düşünceye uygun verimlilik uygulamalarının yapılması (M4), teknoloji ana kriterinin alt kriterleri; firmanın ARGE kabiliyeti (T1), firmanın sahip olduğu bilgi teknolojileri kaynak seviyesi (T2), firmanın know-how seviyesi (T3) ve firmanın teknik problem çözme yeterliliği (T4) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7. Probleme etki eden kriterlerin ağırlıkları

Kriter	Ağırlık	Kriter	Ağırlık
E1	0,016	K1	0,120
E2	0,039	K2	0,036
E3	0,018	K3	0,066
E4	0,039	M1	0,063
G1	0,026	M2	0,063
G2	0,036	M3	0,027
G3	0,011	M4	0,038
G4	0,027	T1	0,022
H1	0,065	T2	0,022
H2	0,035	T3	0,012
H3	0,183	T4	0,040

Sonuç olarak; yapılan anket çalışmasıyla performans ölçümü için kullanılacak ana kriterler ve alt kriterler tespit edilmiştir. Kriterler arasında bir ilişki bulunmadığı korelasyon analiziyle belirlenmiş ve kriter ağırlıklarının hesaplanmasında AHP yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

3.2. AHP ile ağırlık belirleme

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), 1977 yılında Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir. AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler dikkate alınarak karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak tanımlanabilir. AHP, bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma

skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse karar noktalarının bu faktörler açısından önem değerlerine göre, birebir karşılaştırmalarına dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir (Yaraloğlu, 2001). AHP yönteminin aşamaları aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Karar verme probleminin tanımlanması. Amaç, ana kriter ve alt kriterleri içeren AHP modeli hiyerarşik bir yaklaşımla oluşturulur.

Adım 2: Faktörler arası karşılaştırma matrislerinin oluşturulması. Ana ve alt kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

Adım 3-4: Faktörlerin yüzde önem dağılımları ve tutarlılıkları belirlenir.

Adım 5: Her bir faktör için, karar noktalarındaki yüzde önem dağılımları bulunur.

Ana kriterler ve her bir ana kriterin alt kriterlerinin karşılaştırma matrisleri işletmenin kalite kontrol, üretim planlama ve satın alma bölüm sorumluları ile ortak değerlendirmeler yapılarak oluşturulmuş, sözkonusu kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile elde edilmiştir. Tutarlılık oranı (CR), ana kriterler için 0.026, esneklik, güvenilirlik, hizmet, kalite, maliyet ve teknoloji alt kriterleri için sırasıyla, 0.008, 0.030, 0.003, 0.008, 0.023 ve 0.004 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 0,1'in altında kaldığı için bu çalışmadaki sonuçlar tutarlıdır. Çizelge 7'de verilen tedarikçi seçim alt kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemle tedarikçiler sıralanmış ve bir duyarlık analizi çalışması yapılmıştır.

3.3. TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), Yoon ve Hwang tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntemin temeli, seçilecek alternatifin geometrik anlamda ideal çözüme en kısa mesafede ve negatif-ideal çözümden en uzak mesafede olmasına dayanır. TOPSIS metodu her bir kriterin tekdüze bir şekilde artan ya da azalan fayda eğilimine sahip olduğunu varsaymaktadır. Bundan dolayı, ideal ve negatif-ideal çözümleri tanımlamak kolaydır. Öklid mesafesi yaklaşımı alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıklarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Böylece, bu göreli mesafelerin bir dizi karşılaştırması aracılığıyla alternatiflerin tercih sırası çıkarılabilmektedir (Triantaphyllou, 2000). Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları ve ele alınan probleme uygulaması verilmiştir.

Adım 1: Her bir kriter için tedarikçi değerlendirmelerine göre karar matrisi (A) oluşturulması (Çizelge 8). Çizelgede *i*, alternatifleri, *j*, kriterleri göstermektedir. Karar matrisinde ürün çeşitliliğindeki (E1), miktarındaki (E2), tasarımındaki (E3) ve termin tarihindeki değişimlere cevap verebilme (E4) kriterleri için daha önceki hizmetlerdeki cevap verebilme

yüzdeleri, tazminat (G4) kriteri için, olası yaşanacak sorun esnasında her alım tutarı kapsamında sözleşmelerde sunulan tazminat oranları, malzemenin tedarik performansı (H3) ve hatalı ürün oranı (K1) kriterleri için SAP sisteminden analiz edilmiş zamanında teslim ve hatalı ürün ortalama oranları, toplam kalite uygulamaları (K3) kriteri için, işletmenin kalite standartlarına göre firmalarda uygulanan toplam kalite tekniklerinin sayısı (Poka Yoke, İstatiksel Proses Kontrol, vb.), finansal uygunluk (M1) kriterinin değerlendirmesinde tedarikçilere ait aktif büyüklük değerleri, fiyat (M2) kriteri için her bir tedarikçinin ele alınan malzemeye istediği birim fiyat, maliyet etkinlik (M3) kriteri için her bir firmaya ait maliyet etkinlik oranları, verimlilik uygulamaları (M4) kriteri için tedarikçilerde uygulanan Milli Produktivite Merkezi üretim yönetimi esaslı verimlilik artırma tekniklerinin sayısı (Yalın üretim, toplam kalite yönetimi vb.), AR-GE kabiliyeti (T1) kriteri için AR-GE faaliyetlerinde istihdam edilen personel sayısı, bilgi teknolojileri kaynak seviyelerinde (T2) ise sahip olunan ISO 20000-1 standart süreç sayısı (hizmet düzeyi yönetim süreci, sürüm yönetimi süreci, vb.) kullanılmıştır. Diğer değerlendirme kriterlerine ait tedarikçi değerleri ise; Toplam Kalite Yönetimi, Üretim Planlama ve Satın Alma bölümleri sorumluları ile ortak değerlendirmeler yapılarak 1 ile 10 arasında puanlandırılarak belirlenmiştir.

Çizelge 7. Karar Matrisi (A)

i/j	ESNEKLİK				GÜVENİLİRLİK				HİZMET		
	E1	E2	E3	E4	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
1	21%	63%	8%	82%	6	2	4	65%	4	6	38%
2	46%	53%	18%	24%	10	8	10	20%	8	10	35%
3	46%	53%	20%	44%	10	3	6	42%	9	10	65%
4	51%	42%	18%	54%	7	2	4	55%	3	4	30%
i/j	KALİTE			MALİYET				TEKNOLOJİ			
	K1	K2	K3	M1	M2	M3	M4	T1	T2	T3	T4
1	13%	5	3	110×10 ⁶ TL	1800 TL	15	3	58	5	5	4
2	5%	9	6	250×10 ⁶ TL	6000 TL	45	12	87	8	9	6
3	8%	6	5	255×10 ⁶ TL	3500TL	25	7	66	14	6	10
4	15%	5	2	155×10 ⁶ TL	2400TL	20	4	30	5	5	3

Çizelge 8. Standart Karar Matrisi (R)

i/j	E1	E2	E3	E4	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
1	0,2462	0,5913	0,2399	0,7439	0,3554	0,2222	0,3086	0,6699	0,3068	0,3780	0,4304
2	0,5394	0,4975	0,5398	0,2177	0,5923	0,8889	0,7715	0,2061	0,6136	0,6299	0,3964
3	0,5394	0,4975	0,5998	0,3991	0,5923	0,3333	0,4629	0,4329	0,6903	0,6299	0,7363
4	0,5980	0,3942	0,5398	0,4899	0,4146	0,2222	0,3086	0,5669	0,2301	0,2520	0,3398
i/j	K1	K2	K3	M1	M2	M3	M4	T1	T2	T3	T4
1	0,5915	0,3869	0,3487	0,2719	0,2379	0,2621	0,2032	0,4558	0,2840	0,3869	0,3152
2	0,2275	0,6964	0,6975	0,6180	0,7930	0,7863	0,8127	0,6838	0,4544	0,6964	0,4729
3	0,3640	0,4643	0,5812	0,6304	0,4626	0,4369	0,4741	0,5187	0,7951	0,4643	0,7881
4	0,6825	0,3869	0,2325	0,3832	0,3172	0,3495	0,2709	0,2358	0,2840	0,3869	0,2364

Çizelge 9. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V)

i/j	E1	E2	E3	E4	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
1	0,0039	0,0231	0,0043	0,0268	0,0092	0,0080	0,0034	0,0181	0,0199	0,0132	0,0788
2	0,0086	0,0194	0,0097	0,0078	0,0154	0,0320	0,0085	0,0056	0,0399	0,0220	0,0726
3	0,0086	0,0194	0,0108	0,0144	0,0154	0,0120	0,0051	0,0117	0,0449	0,0220	0,1347
4	0,0096	0,0154	0,0097	0,0176	0,0108	0,0080	0,0034	0,0153	0,0150	0,0088	0,0622
i/j	K1	K2	K3	M1	M2	M3	M4	T1	T2	T3	T4
1	0,0710	0,0139	0,0230	0,0171	0,0150	0,0071	0,077	0,0100	0,0062	0,0046	0,0126
2	0,0273	0,0251	0,0460	0,0389	0,0500	0,0212	0,0309	0,0150	0,0100	0,0084	0,0189
3	0,0437	0,0167	0,0384	0,0397	0,0291	0,0118	0,0180	0,0114	0,0175	0,0056	0,0315
4	0,0819	0,0139	0,0153	0,0241	0,0200	0,0094	0,0103	0,0052	0,0062	0,0046	0,0095

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması. Standart Karar Matrisi (Çizelge 8), A matrisinin elemanlarından yararlanarak Eşitlik (1)'e göre hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (1)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması. AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlık dereceleri (w_i) standart karar matrisinin (R) her bir sütunu ile çarpılarak Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V) elde edilir (Çizelge 9).

Adım 4: Eşitlik (2) ve (3)'e göre, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin en iyileri seçilerek İdeal Çözüm Seti (A^*), en kötülerini seçilerek Negatif İdeal Çözüm Seti (A^-) oluşturulur (Çizelge 10, Çizelge 11). Burada J fayda kriterleri kümesini, J' ise maliyet kriterleri kümesini göstermektedir. Ele alınan problemde hatalı ürün oranı (K1) ve fiyat (M2) maliyet kriterleridir.

$$A^* = \{(max_i v_{ij} | j \in J), (min_i v_{ij} | j \in J')\} \quad (2)$$

$$A^- = \{(min_i v_{ij} | j \in J), (max_i v_{ij} | j \in J')\} \quad (3)$$

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması. Öklid Uzaklık Yaklaşımından yararlanılarak bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerlerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapma değerleri, S_i^* ve S_i^- eşitlik (4) ve (5)'e göre bulunmuştur.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j^*})^2} \quad (4)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j^-})^2} \quad (5)$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- değerleri sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır ve aşağıda verildiği gibidir.

$$S_i^* = \{0,0942 \quad 0,0766 \quad 0,0386 \quad 0,1127\}$$

$$S_i^- = \{0,0483 \quad 0,0842 \quad 0,1014 \quad 0,0348\}$$

Adım 6: İdeal Çözümüne Göreli Yakınlığın Hesaplanması. İdeal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılarak her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığı eşitlik (6)'da gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (6)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

$$C_i^* = \{0,3387 \quad 0,5237 \quad 0,7239 \quad 0,2361\}$$

Dört karar noktası için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri bulunmuştur. Bu değerler büyüklük sırasına sokulduğunda karar noktalarının önem sırası 3, 2, 1 ve 4 şeklinde elde edilmektedir.

Çizelge 10. İdeal Çözüm Seti (A^*)

<i>j</i>	E1	E2	E3	E4	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
	0,0096	0,0231	0,0108	0,0268	0,0154	0,0320	0,0085	0,0181	0,0449	0,0220	0,1347
<i>j</i>	K1	K2	K3	M1	M2	M3	M4	T1	T2	T3	T4
	0,0273	0,0251	0,0460	0,0397	0,0150	0,0212	0,0309	0,0150	0,0175	0,0084	0,0315

Çizelge 11. Negatif İdeal Çözüm Seti (A^-)

<i>j</i>	E1	E2	E3	E4	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3
	0,0039	0,0154	0,0043	0,0078	0,0092	0,0080	0,0034	0,0056	0,0150	0,0088	0,0622
<i>j</i>	K1	K2	K3	M1	M2	M3	M4	T1	T2	T3	T4
	0,0819	0,0139	0,0153	0,0171	0,0500	0,0071	0,0077	0,0052	0,0062	0,0046	0,0095

3.4. Duyarlılık analizi

Bu çalışmada en kritik kriteri belirlemek amacıyla bir duyarlılık analizi çalışması yapılmıştır. Sezgisel olarak, en kritik kriter en büyük ağırlığa sahip kriter olarak düşünülür. Ancak, kritikliği bu şekilde düşünmek yanıltıcı olabilir (Triantaphyllou, 2000). Karar verici, her bir kriterin ne kadar kritik olduğunu, diğer bir deyişle alternatiflerin mevcut sıralamasının kriterlerin ağırlıklarındaki değişimlere ne kadar duyarlı olduğunu belirleyebilirse daha iyi kararlar alabilir. Gerçekleştirilen duyarlılık analizinde, ilk önce, her bir kriter ağırlığı için alternatiflerin mevcut sıralamasının değişmeden kaldığı aralık Excel’de geliştirilen bir makro program yardımıyla saptanmıştır. En kritik kriter ise diğer tüm kriter ağırlıkları sabitken güncel sıralamayı ağırlığındaki en küçük değişimle değiştiren kriter olarak

ifade edilmektedir. Buradaki en küçük değişim kavramı, mutlak ve oransal olmak üzere iki farklı şekilde tanımlanabilir. Mutlak değişim, ilgili kriter için mevcut ağırlık ile alt limit ve üst limit arasındaki fark olarak hesaplanırken oransal değişim, mutlak değişimin mevcut ağırlığa bölünmesi ile bulunur. Çizelge 12’de her bir kriter için mevcut sıralamanın değişmeden kaldığı aralıklar ve mevcut ağırlıkların alt ve üst limitlerden mutlak ve oransal farkları gösterilmektedir.

Buna göre, mutlak değişim açısından fiyatın (M2), oransal değişim açısından ise tedarik performansının (H3) kriterinin en kritik kriterler olduğu görülmektedir. Fiyat kriterinin ağırlığı mutlak olarak 0.067 birimden fazla arttırılırsa, tedarik performansının ağırlığı ise oransal olarak %88’den fazla azaltılırsa alternatiflerin mevcut sıralaması değişecektir.

Çizelge 12. Kriter ağırlıkları için alt ve üst limitler

Kriter	Mevcut ağırlık	Alt limit	Üst limit	Mutlak Fark		Oransal Fark	
				Alt limitten	Üst limitten	Alt limitten	Üst limitten
E1	0,016	0,000*	0,115	-	0,099	-	6,188
E2	0,039	0,000*	0,466	-	0,427	-	10,949
E3	0,018	0,000*	0,129	-	0,111	-	6,167
E4	0,039	0,000*	0,125	-	0,086	-	2,205
G1	0,026	0,000*	0,501	-	0,475	-	18,269
G2	0,036	0,000*	0,112	-	0,076	-	2,111
G3	0,011	0,000*	0,180	-	0,169	-	15,364
G4	0,027	0,000*	0,139	-	0,112	-	4,148
H1	0,065	0,000*	1,000**	-	-	-	-
H2	0,035	0,000*	1,000**	-	-	-	-
H3	0,183	0,022	0,849	0,161	0,666	0,880	3,639
K1	0,120	0,000*	0,386	-	0,266	-	2,217
K2	0,036	0,000*	0,250	-	0,214	-	5,944
K3	0,066	0,000*	0,440	-	0,374	-	5,667
M1	0,063	0,000*	0,283	-	0,22	-	3,492
M2	0,063	0,000*	0,130	-	0,067	-	1,063
M3	0,027	0,000*	0,161	-	0,134	-	4,963
M4	0,038	0,000*	0,162	-	0,124	-	3,263
T1	0,022	0,000*	0,306	-	0,284	-	12,909
T2	0,022	0,000*	1,000**	-	-	-	-
T3	0,012	0,000*	0,248	-	0,236	-	19,667
T4	0,040	0,000*	1,000**	-	-	-	-

* Ağırlığın 0’a eşit alınması sıralamayı değiştirmez

** Ağırlığın 1’e eşit alınması sıralamayı değiştirmez

Buna göre, mutlak değişim açısından fiyatın (M2), oransal değişim açısından ise tedarik performansının (H3) kriterinin en kritik kriterler olduğu görülmektedir. Fiyat kriterinin ağırlığı mutlak olarak 0.067 birimden fazla arttırılırsa, tedarik performansının ağırlığı ise oransal olarak %88'den fazla azaltılırsa alternatiflerin mevcut sıralaması değişecektir.

4. Sonuç ve öneriler

Tedarikçi seçim kararı işletmelerin performansını doğrudan etkileyen bir karardır. İşletmeler, sürekli değişen rekabet koşulları karşısında rekabetçi yapılarını sürdürebilmek için kendi hedeflerine uygun özellikteki tedarikçileri seçmelidir. Bunun yanında tedarikçileri seçmek için kullanılacak kriterler her sektör ve her işletme için farklı olabilir. Bu nedenle tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi de büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, elektronik sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin ürün yelpazesinin büyük çoğunluğunda kullanılan, çok az sayıda yurt içi/dışı tedarikçiden sağlanabilen bir ana malzemesinin tedarikçi değerlendirme ve seçim problemi için karar vericiye destek olacak bir model önerilmiştir. Problem çok kriterli bir karar verme problemidir. İşletmenin tedarikçi seçimini etkileyen kriterler anket çalışmaları ve istatistiksel analizler ile belirlenmiştir. Belirlenen esneklik, güvenilirlik, hizmet, kalite, maliyet ve teknoloji ana kriterleri ve bu ana kriterlere bağlı toplam 22 adet alt kriterin ağırlıkları AHP yöntemiyle hesaplanmış ve elde edilen ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca, her bir kriter ağırlığı için alternatiflerin mevcut sıralamasının değişmeden kaldığı aralığın ve en kritik kriterin belirlenmesi için bir duyarlılık analizi çalışması yapılmıştır. Bu sayede işletmenin söz konusu malzeme ile ilgili tedarikçilerin seçiminde ve sıralanmasında yaşanan sıkıntılar giderilmiş ve temel hedef olan müşteri memnuniyetinin arttırılması yolunda ilerleme sağlanmıştır.

Elektronik sanayi sektörü için yapılan bu çalışma diğer sektörlerdeki firmalar için de uygulanabilir ve sektörlerde faaliyet gösteren firmaların değerlendirilmesinde araştırmacılara yol gösterici olabilir.

KAYNAKLAR

1. Chai, J., Liu, J.N.K., Ngai, E.W.T., Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature, *Expert Systems with Applications*, 40(10), 3872–3885, 2013.
2. Ho, W., Xu, X., Dey, P.K., Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24, 2010.
3. De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., A review of methods supporting supplier selection, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(2), 75–89, 2001.
4. Tam M.C.Y., Tummala V.M.R., An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System, *OMEGA*, 29(2), 171-182, 2001.
5. Levary, R.R., Using the Analytic Hierarchy Process to Rank Foreign Suppliers Based on Supply Risks, *Computers & Industrial Engineering*, 55(2), 535-542, 2008.
6. Yurdakul, M., İç Y.T., Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems, *Journal of Materials Processing Technology*, 209(1), 310-317, 2009.
7. Almeida, A.T., Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method, *Computers & Operations Research*, 34(12), 3569-3574, 2007.
8. Sevkli, M., An application of the fuzzy ELECTRE method for supplier selection, *International Journal of Production Research*, 48(12), 3393–3405, 2010.
9. Dulmin, R., Mininno, V., Supplier selection using a multi-criteria decision aid method, *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9(4), 177–187, 2003.
10. Chen, Y.H., Wang, T.C., Wu, C.Y., Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing, *Expert Systems with Applications* 38(10), 13216–13222, 2011.
11. Wu, T., Blackhurst, J., Supplier evaluation and selection: an augmented DEA approach, *International Journal of Production Research*, 47(16), 4593–4608, 2009.
12. Ng, W.L., An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem, *European Journal of Operational Research*, 186(3), 1059–1067, 2008.
13. Guneri, A.F., Yucel, A., Ayyildiz, G., An integrated fuzzy-1p approach for a supplier selection problem in supply chain management, *Expert Systems with Applications*, 36(5), 9223–9228, 2009.
14. Amin, S.H., Zhang, G., An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach, *Expert Systems with Applications*, 39(8), 6782–6791, 2012.
15. Tsai, W.H., Hung, S.J., A fuzzy goal programming approach for green supply chain optimisation under activity-based costing and performance evaluation with a value-chain structure, *International Journal of Production Research*, 47(18), 4991–5017, 2009.
16. Arıkan, F., Küçükçe, Y.S., Satın Alma Faaliyeti İçin Bir Tedarikçi Seçimi-Değerlendirme Problemi ve Çözümü, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2), 255-264, 2012.
17. Corrente, S., Greco, S., Slowinski, R., Multiple Criteria Hierarchy Process with ELECTRE and PROMETHEE, *OMEGA*, 41(5), 820-846, 2013.
18. Kull, T.J., Talluri, S., A Supply Risk Reduction Model Using Integrated Multicriteria Decision Making, *IEEE Transactions On Engineering Management*, 55(3), 409-419, 2008.
19. Zeydan, M., Çolpan, C., Çobanoğlu, C., A combined methodology for supplier selection and performance evaluation, *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2741–2751, 2011.
20. Razali, N. M., Wah, Y.B., Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests, *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33, 2011.
21. Ercan, İ., Kan, İ., Ölçeklerde Güvenilirlik ve Geçerlik, *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 30(3), 211-216, 2004.
22. Saaty, T. L., A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281, 1977.
23. Yarahoglu, K., Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Prosesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 16(1), 129-142, 2001.
24. Triantaphyllou, E., *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000.