

KALİTE FONKSİYON YAYILIMINDA (KFY) BİR VERİ ZARFLAMA ANALİTİK AĞ SÜRECİ (VZAAS) UYGULAMASI

Süleyman ERSÖZ, Adnan AKTEPE

Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara Yolu 7. Km., Yahşihan/KIRIKKALE
sersoz40@hotmail.com, aaktepe@gmail.com

(Geliş/Received: 07.06.2010 ; Kabul/Accepted: 14.02.2011)

ÖZET

Bu çalışmada çoklu müşteri gruplarının değerlendirilmesi durumunda Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY)'de ilk adımı oluşturan müşteri gereksinimlerinin önemini ön plana çıkaran bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Analitik Ağ Süreci (AAS) tekniği kullanılarak geliştirilen bir KFY algoritmasına, müşteri grubunun birden fazla olduğu durumlarda müşteri beklentilerini önem derecelerine göre sıralamak yerine etkin olanları tespit etmek amacıyla VZA adımları eklenmiştir. Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Analitik Ağ Süreci (AAS)'yi birleştiren bu yaklaşım VZAAS algoritması olarak adlandırılmıştır. Ürün teknik gereksinimlerinin göreceli önem değerleri bu yöntemle hesaplanmış ve Türkiye'de beyaz eşya üreticisi olan bir firmada uygulanmıştır. VZAAS algoritması ile elde edilen sonuçların AAS tekniği ile elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu pazarlama uzmanları tarafından da doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Analitik Ağ Süreci, Kalite Fonksiyon Yayılımı.

AN APPLICATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYTIC NETWORK PROCESS (DEANP) IN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)

ABSTRACT

In this paper a solution method is proposed for emphasizing the importance of customer needs at the starting of Quality Function Deployment (QFD) application when there are multi customer groups. Data Envelopment Analysis (DEA) steps are added to an algorithm in which an Analytic Network Process (ANP) approach is used in QFD. The need for adding DEA steps is determining the efficient customer requirements when there are multi customer groups. This solution approach is called DEANP which aggregates data DEA to ANP. The relative importance values of product technical requirements are calculated with this algorithm and application is performed at a manufacturer of white goods company in Turkey. The fact that using DEANP instead of ANP produced more powerful solutions is also confirmed by marketing specialists.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Analytic Network Process, Quality Function Deployment.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüz işletmeleri, rekabetin her gün yoğunlaştığı pazarda, rakiplerin ürünleriyle rekabet edebilmek ve müşterilerin beklentilerini en üst düzeyde karşılamak zorundadırlar. Bu amaçla işletmeler her geçen gün yeni bilimsel teknikler uygulamaktadır. Bilgi işlem teknolojilerinin gelişmesi ile yönetim tekniklerindeki hızlı gelişmeler, mevcut tekniklerin yeni ilavelerle sentezlenmesi imkânını doğurmaktadır. Pazarın görüşlerini ve müşteri beklentilerini tespit etmek üzere kullanılan KFY

metodu 1970'li yıllarda geliştirilen ve bugüne kadar etkin bir şekilde kullanılan bir tekniktir. KFY metodunun etkinliğini tüm aşamalarında artırmak için literatürde AAS kullanılarak yapılan çalışmalar şunlardır: Kahraman vd. [1] çalışmalarında AAS tekniğini kullanarak bir KFY modeli oluşturmuşlardır. Liu ve Wang [2] çalışmalarında bulanık AAS kullanarak bir KFY modeli oluşturmuşlardır. Karsak vd. [3] KFY'de AAS ve hedef programlama tekniklerini sentezleyerek bir model oluşturmuşlardır. Partovi [4] çalışmasında KFY'de AAS tekniği kullanarak tesis yerleşimi probleminde bir çözüm yaklaşımı sunmuştur. Partovi [5] çalışmasında KFY

metoduna AAS tekniğini entegre ederek kimya endüstrisinde yeni kurulan bir tesis için uygun kimyasal proseslerin belirlenmesi problemine çözüm yaklaşımı sunmuştur. Ridder vd. [6] araştırma geliştirme faaliyetlerinde çok kriterli karar verme problemlerine bir çözüm yaklaşımı olarak KFY ve ASS'yi sentezlemiş ve bir uygulama yapmışlardır. Raharjo vd. [7] KFY elemanları arasındaki etkileşimi bir ağ modeli olarak tasarlayarak Kalite Evi içinde analiz etmişlerdir. Ertay vd. [8] ise çalışmalarında KFY'de AAS tekniğinin uygulama adımlarını vermiş ve otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada uygulama yapmışlardır.

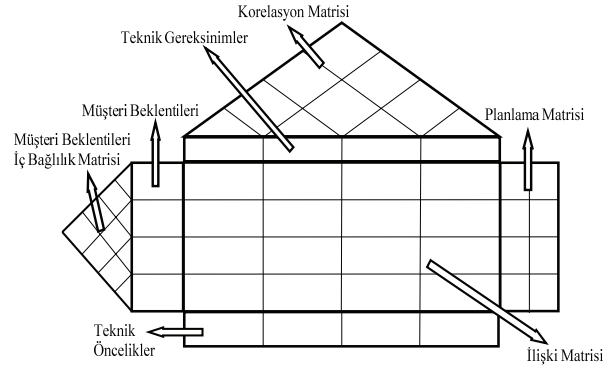
Bu çalışmada da Ertay vd. [8]'nin sekiz adımda geliştirdiği algoritmaya dört yeni adım ile VZA sentezlenerek KFY modeli için yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Çoklu müşteri gruplarının değerlendirilmesi için geliştirilen VZAAS modelinde müşteri beklentileri ve teknik gereksinimlerin önem dereceleri doğrusal modellerden elde edilen etkinlik skorları ile ifade edilmiştir. Çalışmada beyaz eşya üretimi yapan bir firmada uygulama yapılmıştır.

1.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) (Quality Function Deployment)

KFY müşteri ihtiyaçları veya beklentilerini tanımlayan ve bunların karşılanması için ürünlerin üretimine yönelik özel planlar oluşturabileceğimiz sistematik bir yaklaşımdır. Metod, müşterilerin bir ürüne yönelik istekleri ve tercihlerini pazar araştırmaları ve anketlerle belirleyen ve bunları müşteri beklentileri olarak düzenleyen/belirleyen "müşteri beklentileri" yönetimi ve "ürün geliştirme" sistemlerini kapsar [9].

KFY'nin temel amacı, müşteri beklentileri (CN) olarak da bilinen müşterinin sesini (VoC), bir ürünün üretiminde önemli olan mühendislik özelliklerini, parça özelliklerini, süreç planlarını ve üretim ihtiyaçlarını teknik gereksinimlere (PTR) yansıtmaktır. Kalite Evi, KFY takımı tarafından oluşturulan KFY'nin temel yapısıdır. Müşteri istekleri ile bunları karşılamaya yönelik olarak belirlenen kalite karakteristiklerini ilişkilendirmeye, ürün özelliklerini algılamaya dayalı olarak karşılaştırmaya, kalite karakteristiklerini objektif ölçütlere dayalı olarak karşılaştırmaya ve aralarındaki olumlu ya da olumsuz korelasyonları belirlemeye yarayan bir matrisler setidir [10]. KFY'nin her bir elemanı Şekil 1'deki Kalite Evi üzerinde gösterilmiştir. Kalite Evi'nin 7 elemanı vardır [11]. Kalite evi, müşteri beklentileri (CN), ürün teknik gereksinimleri (PTR), CN ve PTR arasındaki ilişki matrisi, müşteri beklentileri arasındaki iç bağlılık matrisi, teknik gereksinimler arasındaki iç bağlılık matrisi (korelasyon matrisi), teknik gereksinimlerin öncelikleri ve planlama matrisinden oluşmaktadır. KFY, ürün geliştirmeden [12, 13, 14], kalite yönetimine [15, 16] birçok alanda uygulanmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) bilindiği üzere bir problemi belirli bir hiyerarşi oluşturacak şekilde birçok aşamaya ayırarak çözen bir tekniktir [17]. AHP geniş bir kullanım alanına sahip olup çok kriterli karar verme problemlerine çözüm yaklaşımı olan bir araçtır.

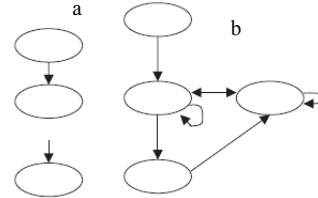


Şekil 1. Kalite Evi (House of Quality)

1.2. Analitik Ağ Süreci (AAS) (Analytic Network Process)

AAS ise hiyerarşileri değiştirerek AHP'yi genelleyen bir araçtır. AHP metodu hiyerarşik yapıda sunulan unsurların birbirinden bağımsız olduğunu varsayar fakat bu her zaman makul bir varsayım değildir. Unsurlar arası olası bağımlılıklar ancak iç ve dış çevresel analizler sonucunda belirlenebilir [18]. Bu çalışmada da müşteri beklentileri ve teknik gereksinimler arasında iç bağımlılıklar tespit edilmiş ve geliştirilen algoritmada bu bağımlılıklar dikkate alınmıştır.

AAS bir sistemin elemanlarının bir şebeke biçimi oluşturduğu durumlarda kullanılabilen etkin bir araçtır [19]. AAS karar aşamaları arasında karşılıklı ilişkilerin oluşturulabildiği ve karakteristiklerin daha genel anlamda dikkate alındığı bir tekniktir. Fakat yukarıda da belirtildiği gibi AHP'de olduğu gibi kesin bir hiyerarşik yapı önerilmez, Şekil 2'de görüldüğü gibi bir karar problemini geri besleme kullanan bir sistemle modeller.



Şekil 2. Hiyerarşi ve şebeke arasındaki yapısal farklılık modeli (a) hiyerarşi, (b) şebeke (Structural difference between a hierarchy and a network: (a) a hierarchy; (b) a network) [20]

AAS ikili kıyaslamalara dayanan (1) ve (9) arasında bir ölçek kullanır. Rakamlar ortak olan bir özellik veya kritere göre hangi alternatifin diğerinden daha üstün olduğunu göstermek için kullanılmaktadır [19]. Örneğin, iki eleman arasındaki eşit önem (1) ile ifade edilirken, elemanlar arasındaki üstünlük derecesi de (3), (5), (7) ve (9) ile ifade edilmektedir. Bu ilişkileri belirlemek için bir süper matris oluşturulmaktadır. Bu matris, elemanların birbiri arasındaki etkisini öncelik vektörleri ile göstermektedir. Süper matriste aralarında ilişki bulunan her bir elemanın birbiri üzerindeki kümülatif etkisi görülebilmektedir [21]. Hiyerarşi süper matrisi aşağıda verildiği gibidir:

$$W = \begin{matrix} \text{Hedef (H)} \\ \text{Kriterler (K)} \\ \text{Alternatifler (A)} \end{matrix} \begin{pmatrix} & \text{H} & \text{K} & \text{A} \\ 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & 1 \end{pmatrix}$$

Burada w_{21} hedeflerin kriterler üzerindeki etkisini gösteren vektörü, w_{32} kriterlerin her bir alternatif üzerindeki etkisini gösteren matrisi ve (I) birim matrisi temsil etmektedir.

KFY modelinin şebeke gösterimi de aşağıda görüldüğü gibidir:

$$W = \begin{matrix} \text{Hedef (H)} \\ \text{Müşteri Beklentileri (M)} \\ \text{Teknik Gereksinimler (T)} \end{matrix} \begin{pmatrix} & \text{H} & \text{M} & \text{T} \\ 0 & 0 & 0 \\ w_1 & w_3 & 0 \\ 0 & w_2 & w_4 \end{pmatrix}$$

Burada w_1 hedeflerin müşteri beklentileri üzerindeki etkisini gösteren matrisi, w_2 müşteri beklentilerinin teknik gereksinimler üzerindeki etkisini gösteren matrisi, w_3 ve w_4 sırasıyla müşteri beklentileri ve teknik gereksinimler arasındaki iç bağımlılıkları gösteren matrisleri temsil etmektedir.

1.3. Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)

Veri Zarflama Analizi (VZA) birimler arasındaki göreceli etkinlik değerlerini ölçen bir metod olup, Charnes vd. [22] tarafından geliştirilmiştir. "CCR Model" olarak da bilinen, karar verme birimlerini (DMU) ölçmeye ve karşılaştırmaya yarayan bir değerlendirme aracıdır. VZA'nın amacı bir sistemin etkinliğini belirlemektir. Başka bir deyişle, VZA en az girdi ile en çok çıktı değerlerini veren DMU'ları belirlemeye yarayan bir araçtır [23]. VZA, hizmet ve üretim sistemlerinde etkin olan karar verme birimlerinin belirlenmesinde birçok alanda kullanılmaktadır. VZA kullanılarak yapılan çalışmaların bazıları şunlardır: Donthu vd. [24] ve Seol vd. [25] pazarlamada kıyaslama sürecini; Kuosmanen vd. [26] tek fiyat kanunu; Lahdelma ve Salminen [27] stokastik çok kriterli kabul analizini; Ulutaş ve Ulutaş [28] Türkiye'deki havaalanlarının performans değerlendirmesini; Ertay vd. hücreli imalat sistemlerinde operatör atama problemini [29] veri zarflama analizi ile incelemiştir.

DMU'lar girdileri kullanarak çıktıların yorumlanmasını sağlamaktadırlar. m . DMU'nun x_{im} girdisini y_{jm} çıktısına dönüştürdüğü ve N tane DMU I tane girdi kullanarak J adet çıktı ürettiği model aşağıdadır. Bu durumda genel etkinlik ölçüm modeli aşağıda sunulduğu gibidir [30]:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{j=1}^J \frac{v_{jm} y_{jm}}{u_{im} x_{im}} \\ & \text{s.t.} \\ & 0 \leq \sum_{j=1}^J \frac{v_{jm} y_{jm}}{u_{im} x_{im}} \leq 1; n=1,2,\dots,N \\ & v_{jm}, u_{im} \geq \epsilon; i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J \end{aligned} \quad (1)$$

Burada u_{im} girdilerin ağırlıklarını; v_{jm} çıktıların ağırlıklarını; y_{jm} m . DMU'nun j . çıktısını; x_{im} m . DMU'nun i . girdisini göstermektedir. Eğer etkinlik değeri 1 ise, m . DMU etkin olabilmek için gerekli koşulu sağlıyor demektir. 1'den küçük değere sahip birimler en etkin birime göre daha az etkindir [24]. Eşitlik (1)'de ilk kısıt etkinlik oranının 1 (%100) ile sınırlandırıldığını göstermekte ve optimum çözümün kapalı alanda (finite) olma garantisini vermektedir [31]. Amaç fonksiyonu kesirli olduğu için eşitlik (1)'de verilen modeli çözmek zordur. Bu model paydayı 1 yapacak şekilde normalize edecek gibi kısıt eklemek suretiyle Eşitlik (2)'de görüldüğü gibi doğrusal bir modele dönüştürülebilmektedir [30]:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jm} \\ & \text{s.t.} \\ & \sum_{i=1}^I u_{im} x_{im} = 1 \\ & \sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jm} - \sum_{i=1}^I u_{im} x_{im} \leq 0; n=1,2,\dots,N \end{aligned} \quad (2)$$

$$v_{jm}, u_{im} \in \epsilon; i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J$$

Bu model literatürde çıktıyı enbüyükleyen çarpan versiyonu olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, literatürde bu modelin birçok farklı versiyonu olup bu çalışmada bu modellere yer verilmemiştir. Modeller ile ilgili ayrıntılı bilgilere Ramanathan [32] ve Charnes vd. [33]'nin çalışmalarından ulaşılabilir.

2. Veri Zarflama Analizi ve Analitik Ağ Süreci Entegrasyonunun KFY'de Uygulanması (Data Envelopment Analysis and Analytic Network Process-A Synthesis of DEA and ANP applied in QFD)

KFY uygulamasının ilk adımında müşteri beklentilerinin önemini belirlenmesinin gerekliliği "Giriş" kısmında ifade edilmiştir. Müşteri gruplarına ait parametrelerin ortalaması alınarak hesaplanan değerler Tablo 1'de gösterildiği gibidir. Fakat bu durumda bazı parametrelere daha az önem veren müşteri grupları daha memnun müşteriler olmasına rağmen bazı parametrelere daha fazla önem veren müşteri grupları ise daha az memnun müşteriler olabilmektedir. Burada VZA tekniği kullanılarak 0 ile 1 arasında değişen etkinlik değerleri hesaplanmaktadır. Müşteri beklentilerini önem sırasına göre sıralamak yerine etkin olan beklentileri belirlemek daha uygundur. Tablo 1'de 2. Müşteri Beklentisi (CN2)'nin ortalama ağırlığı 0.230 ve Etkinlik Değeri 1'dir ve bu CN1 ve CN3 ile birlikte etkin bir müşteri beklentisidir. Burada sadece etkinlik değeri 1 olan özelliklerin etkin olduğunu söyleyebiliriz.

VZA, birçok girdi değişkeni ile çıktıların etkinlik değerlerini belirleyen DMU'lar ile göreceli etkinlikleri değerlendirmeye yarayan ve bu konuda başarıyla uygulanan bir yöntemdir [32]. Bu yüzden VZA kıyaslama yapmak için de kullanışlı bir tekniktir [24].

Müşteri gruplarını kıyaslayarak müşteri beklentileri ile ilgili daha doğru sonuçlar elde edebilmek için ortalama ağırlıklar hesaplamak yerine etkinlik skorları hesaplamak daha uygun bir yöntemdir.

Tablo 1. Her bir müşteri grubu (CG) için beklentilerin (CN) ortalama ağırlıkları ve etkinlik Değerleri (Importance and efficiency scores of the customer needs (CN) for each customer group (CG))

	CG1	CG2	CG3	CG4	Ortalama Ağırlıklar	Etkinlik Değeri
CN1	0,219	0,389	0,315	0,399	0,330	1,000
CN2	0,501	0,153	0,105	0,161	0,230	1,000
CN3	0,219	0,389	0,529	0,357	0,373	1,000
CN4	0,062	0,069	0,051	0,083	0,066	0,333

2.1 Karar Matrisinden Yerel Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması (Deriving Local Efficiency Scores from Judgment Matrix)

Karar matrisinden yerel etkinlik değerlerinin hesaplanması Ramanathan [23] tarafından ispat edilmiştir. Konuya ilişkin teoremler aşağıda verildiği gibidir:

Teorem 1: Tutarlı bir karar matrisi için, VZA kullanılarak hesaplanan alternatiflerin yerel ağırlıkları matrisi oluşturmak için gerekli doğru ağırlıklarla örtüşmektedir.

İspat: m tane elemanın karşılaştırılması; m büyüklüğünde bir W karar matrisinde $w_1 \leq w_2 \leq \dots \leq w_n$ kabul edilerek oluşturulan model: (Burada w_i i biriminin ağırlığını göstermektedir.)

Model 1

$$\max_{\phi, \mu} \phi_m$$

s.t.

$$Y_\mu \geq \phi_m Y_m,$$

$$X_\mu \leq X_m,$$

$$\mu \geq 0; \phi_m \text{ free.}$$

(3)

Model 2

$$\text{Max } \phi_m$$

s.t.

$$\phi_k \leq \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{w_m} \mu_{mi}$$

$$\sum_{i=1}^n \mu_{mi} \leq 1$$

$$\mu \geq 0; \phi_k \text{ free}$$

(4)

İfade (3) ve İfade (4)'te μ çarpanları, m etkinlik skorlarının hesaplandığı elemanları göstermektedir. Tutarlı karar matrisinin özelliğinden dolayı, Model 1'deki $Y_\mu \geq \phi_m Y_m$ kısıtları Model 2'de $\phi_m \leq \sum_{i=1}^n \left(\frac{w_i}{w_m} \right) \mu_{mi}$

kısıtına dönüşmektedir. Yine Model 1'de tek sabit hayali girdi olduğu için, $X_\mu \leq X_m$ kısıtları Model 2'deki $\sum_{i=1}^n \mu_{mi} \leq 1$ kısıtına dönüşmektedir. Ayrıca bu

kısıtın optimum çözümde $\sum_{i=1}^n \mu_{mi} = 1$ eşitliğine dönüştüğü de ispatlanmıştır.

n 'nin ağırlığını bulmak için Model 2'de $m=n$ eşitliği sağlanarak, optimum çözümde, $\mu_{nn}^* = 1 - \sum_{i=1}^{n-1} \mu_{ni}^*$ eşitliği

sağlanmıştır. Model 2'nin ilk kısıtını yerine koyarak, İfade (5) elde edilir:

$$\phi_n^* \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{w_1}{w_n} \mu_{n1}^* + \frac{w_2}{w_n} \mu_{n2}^* + \dots + \frac{w_{n-1}}{w_n} \mu_{n,n-1}^* + \frac{w_n}{w_n} \mu_{nn}^*, \\ \frac{w_1}{w_n} \mu_{n1}^* + \frac{w_{21}}{w_n} \mu_{n2}^* \dots + \frac{w_{n-1}}{w_n} \mu_{n,n-1}^* + \left(1 - \sum_{i=1}^{n-1} \mu_{ni}^* \right), \\ 1 + \left[\frac{w_1}{w_n} - 1 \right] \mu_{n1}^* + \left[\frac{w_1}{w_n} - 1 \right] \mu_{n2}^* + \dots + \left[\frac{w_{n-1}}{w_n} - 1 \right] \mu_{n,n-1}^* \end{array} \right\}$$

$$w_1 \leq w_2 \leq \dots \leq w_n \quad (5)$$

Köşeli parantezler içindeki ifadelerin hepsi negatiftir. Böylece, ϕ_n^* 'in maksimum değeri μ^* 'ler minimum olduğunda yani $\mu_{n1}^* = \mu_{n2}^* = \dots = \mu_{n,n-1}^* = 0$ olduğunda gerçekleşir. Optimum çözümde: $\phi_n^* = 1$, $\mu_{nn}^* = 1$ ve $\mu_{ni}^* = 0, i = 1, 2, \dots, n-1$.

Benzer bir mantıkla,

$$\phi_1^* = \frac{w_n}{w_1}, \phi_2^* = \frac{w_n}{w_2}, \dots, \phi_{n-1}^* = \frac{w_n}{w_{n-1}} \quad \text{olması da}$$

ispatlanabilir. Çıktı yönlü VZA formülasyonu nedeniyle, ağırlıklar aslında ϕ 'nin tersidir. Böylece elemanların ağırlıklarının

$$\text{oranları: } \left[\frac{w_1}{w_n}, \frac{w_2}{w_n}, \dots, \frac{w_{n-1}}{w_n}, 1 \right] \text{ veya } [w_1, w_2, \dots, w_{n-1}]$$

şeklinde dir.

Tablo 2'de C1, C2, C3 ve C4 kriterleri göstermek üzere bir karar matrisinden etkinlik skorlarının hesaplandığı VZA analizi görülmektedir:

Tablo 2. Karar Matrisi (Judgment Matrix)

	C1	C2	C3	C4
C1	1	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄
C2	a ₂₁	1	a ₂₃	a ₂₄
C3	a ₃₁	a ₃₂	1	a ₃₄
C4	a ₄₁	a ₄₂	a ₄₃	1

VZA modeli eşitlik (6)'da verildiği gibidir:

$$\max z = 1 * v_{11} + a_{12} * v_{12} + a_{13} * v_{13} + a_{14} * v_{14}$$

s.t.

$$\begin{aligned}
1 * v_{11} + a_{12} * v_{12} + a_{13} * v_{13} + a_{14} * v_{14} &\leq 1 \\
a_{21} * v_{11} + 1 * v_{12} + a_{23} * v_{13} + a_{24} * v_{14} &\leq 1 \\
a_{31} * v_{11} + a_{32} * v_{12} + 1 * v_{13} + a_{34} * v_{14} &\leq 1 \\
a_{41} * v_{11} + a_{42} * v_{12} + a_{43} * v_{13} + 1 * v_{14} &\leq 1 \\
v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14} &\geq 0
\end{aligned} \quad (6)$$

Eşitlik (6)'da verilen bu model amaç fonksiyonu uyarlanarak C2, C3 ve C4 için de çözülmüş ve her bir modelin çözümü C_i değerlerini vermiştir.

2.2. Nihai Etkinlik Değerlerinin Bulunması (Calculation of Final Efficiency Scores)

AAS bir sistemin elemanları şebeke yapısı oluşturduğunda etkin bir araç olarak kullanılabilir [19]. Ağ yapısındaki etkileşimlerden dolayı nihai etkinlik değerleri yerel etkinlik değerlerinin birleştirilmesiyle hesaplanır.

C1 değeri için alternatiflerin etkinlik değerleri Tablo 3'te, kriterlerinin yerel değerleri Tablo 4'te ve kriterler için alternatiflerin yerel etkinlik değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 3. C1 için alternatiflerin yerel etkinlik değerleri (Local efficiency scores of alternatives for C1)

Alternatifler	Yerel etkinlik Değerleri
A1	b_{11}
A2	b_{21}
A3	b_{31}
A4	b_{41}

Tablo 4. Kriterlerin yerel etkinlik değerleri (Local efficiency scores of criteria)

Kriterler	Yerel etkinlik Değerleri
C1	b_1
C2	b_2
C3	b_3
C4	b_4

Tablo 5. Kriterler için alternatiflerin yerel etkinlik değerleri (Local efficiency scores of alternatives for each criteria)

	C1	C2	C3	C4
A1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}
A2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}
A3	b_{31}	b_{32}	b_{33}	b_{34}
A4	b_{41}	b_{42}	b_{43}	b_{44}

Alternatifler şebeke yapısında aşağı doğru yerleştirilmiş ve kriterlere göre önem dereceleri üst katmana yerleştirilmiştir. Bu nedenle alternatiflerin etkinlik değerleri hesaplanırken kriterlerin etkinlik değerleri de

dikkate alınmalıdır. Ramanathan [32] VZA ile etkinlik skorlarını şu şekilde hesaplamıştır:

Parametreler

i kriter(ler) $i = 1, \dots, 4$
 m alternatif(ler) $m = 1, \dots, 4$

Karar değişkenleri

v_{li} i 'inci alternatifin etkinlik ağırlıkları

Model 3

$$\max z = \sum_{i=1}^4 b_{mi} * v_{li}$$

s.t

$$\sum_{i=1}^4 b_{mi} * v_{li} \leq 1 \quad \forall i \quad \forall m$$

$$v_{lm} = \frac{b_m}{b_i} v_{li} \quad m \neq i, \quad \forall i$$

$$v_{li} \geq 0$$

(7)

$$v_{lm} = \frac{b_m}{b_i} v_{li}$$

(8)

Model 3'te, Eşitlik (8)'de verilen kısıt, kriterlerin yerel etkinlik değerlerini kullanarak alternatiflerin etkinlik değerlerini hesaplayan ek bir kısıttır. Şebeke modelinde, alt katmanda bulunan alternatiflerin etkinlik skorlarını hesaplamak için kriterlerin etkinlik değerleri şebeke yapısında üst katmandadır.

Modelde, her bir alternatif için yukarıda bahsedilen ek kısıt ve amaç fonksiyonu güncellenmelidir; fakat b değerleri değişmez, her bir alternatif için bir kere ek kısıt yazılması yeterlidir.

Örneğin;

Alternatif 1 için ek kısıtlar şunlardır:

$$v_{11} = \frac{b_1}{b_2} v_{12}, \quad v_{11} = \frac{b_1}{b_3} v_{13}, \quad v_{11} = \frac{b_1}{b_4} v_{14}$$

Alternatif 2 için ek kısıtlar şunlardır:

$$v_{12} = \frac{b_2}{b_1} v_{11}, \quad v_{12} = \frac{b_2}{b_3} v_{13}, \quad v_{12} = \frac{b_2}{b_4} v_{14}$$

1. alternatif için yazılan $v_{11} = \frac{b_1}{b_3} v_{13}$, alternatif 2'de v_{12}

yerine $\frac{b_2}{b_1} v_{11}$ yazmakla aynı durumu gösterir. Her bir

alternatif için etkinlik değerlerinin hesaplanması için amaç fonksiyonu güncellenmektedir.

Teorem 2: y_{mj} m. alternatif ve j. kriter için yerel ağırlığı göstermek üzere; N alternatif ve J kriterin olduğu bir matriste, kriterlerin önem

dereceleri $v_{m1} = d_j v_{mj}$ ($\square j = 1, 2, \dots, J$ ve $d_1=1$ için)

nihai ağırlıklar $\sum_{j=1}^J d_j v_{mj}$ ile orantılıdır.

İspat: m alternatifinin nihai ağırlığını hesaplamak için oluşturulan model:

Model 4

$$\max \sum_{j=1}^J v_{mj} y_{mj}$$

subject to

$$u_{m1} = 1;$$

$$\sum_{j=1}^J v_{mj} y_{mj} - u_{m1} \leq 0 \quad n = 1, 2, \dots, N,$$

$$v_{mj}, u_{m1} \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, J$$

$$v_{m1} = d_j v_{mj} \quad (9)$$

($\square j = 1, 2, \dots, J$ ve $d_1=1$ için) ek kısıtları eklenerek oluşturulan model:

Model 5

$$\max \sum_{j=1}^J d_j y_{mj}$$

subject to

$$v_{m1} \sum_{j=1}^J d_j y_{mj} \leq 1 \quad n = 1, 2, \dots, N,$$

$$v_{n1} \geq 0 \quad (10)$$

Model 5 v_{m1} değerlerini $v_{m1} \sum_{j=1}^J d_j y_{mj}$ kısıtları $n = 1, 2, \dots, N$ için beraber sağlanınca seçecektir. Bu kısıtlar N adet DMU'nun etkinlik değerlerini bulmak için bütün N VZA formülasyonları için aynıdır, v_{m1} bütün VZA modelleri için aynıdır. Bu da, m . DMU'nun etkinlik değerinin $\sum_{j=1}^J d_j y_{mj}$ ile orantılı olduğunu göstermektedir.

2.3. Kalite Fonksiyon Yayılımında Veri Zarflama Analitik Ağ Süreci (Data Envelopment Analytic Network Process in Quality Function Deployment)

Burada KFY'nin adımları AAS modeli olarak tanımlanmıştır. Teknik gereksinimlerin göreceli önem değerlerini bulmak için AAS modelinin kullanıldığı KFY adımları şunlardır [8]:

Adım 1. Müşteri beklentilerinin belirlenmesi ve bu müşteri beklentileriyle ilişkili teknik gereksinimlerin oluşturulması

Adım 2. Müşteri beklentilerinin önem derecelerinin dilsel değişkenlerle aralarında bağımlılık olmadığı varsayılarak belirlenmesi: W_1 matrisinin oluşturulması

Adım 3. Teknik gereksinimlerin önem derecelerinin aralarında bağımlılık olmadığı varsayılarak her bir müşteri ihtiyacına göre dilsel değişkenlerle belirlenmesi: W_2 Matrisinin oluşturulması

Adım 4. Her bir müşteri beklentisine göre müşteri beklentileri iç bağıllık matrisinin müşteri beklentileri arasındaki iç bağıllıkların şematik gösterimini kullanarak dilsel değişkenlerle oluşturulması: W_3 Matrisinin oluşturulması

Adım 5. Her bir teknik gereksinime göre teknik gereksinimler iç bağıllık matrisinin teknik gereksinimler arasındaki iç bağıllıkların şematik gösterimini kullanarak dilsel değişkenlerle oluşturulması: W_4 Matrisinin oluşturulması

Adım 6. Müşteri beklentilerinin birbirleriyle bağlantılı olan önceliklerinin belirlenmesi:

$W_C = W_3 * W_1$ Matrisinin hesaplanması

Adım 7. Teknik gereksinimlerin birbirleriyle bağlantılı olan önceliklerinin belirlenmesi:

$W_A = W_4 * W_2$ Matrisinin hesaplanması

Adım 8. Teknik gereksinimlerin göreceli önem değerlerinin hesaplanması: $W_{AAS} = W_A * W_C$

Bu çalışmada yukarıda 8 adımda verilen algoritma geliştirilerek yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen yeni algoritma VZAAS algoritmasıdır. VZAAS'nin KFY'de kullanılmasının temel nedeni çoklu müşteri gruplarının dikkate alınması gerekliliğidir, bu nedenle, VZAAS'nin ilk adımı müşteri gruplarının belirlenmesi ile başlar. VZA ve AAS prensiplerini kullanan VZAAS'nin adımları ise şunlardır:

Adım 1. Müşteri gruplarının ve temel beklentilerinin belirlenmesi

Adım 2. Müşteri beklentilerinin önem derecelerinin dilsel değişkenlerle aralarında bağımlılık olmadığı varsayılarak belirlenmesi

Adım 3. Adım 2'de her bir müşteri grubu için hesaplanan müşteri beklentileri etkinlik değerlerinin tek bir matriste birleştirilmesi ve etkinlik değerlerinin tekrar hesaplanması: W_1 Matrisinin oluşturulması.

Adım 4. Teknik gereksinimlerin önem derecelerinin aralarında bağımlılık olmadığını varsayarak her bir müşteri beklentisine göre dilsel değişkenlerle belirlenmesi

Adım 5. Adım 4'te her bir müşteri beklentisine göre hesaplanan etkinlik değerlerinin tek bir matriste birleştirilmesi: W_2 Matrisinin oluşturulması

Adım 6: Her bir müşteri beklentisine göre müşteri beklentileri iç bağıllık matrisinin müşteri beklentileri arasındaki bağımlılığın dilsel değişkenlerle oluşturulması

Adım 7. Adım 6'da bulunan etkinlik değerlerinin tek bir matriste birleştirilmesi: W_3 Matrisinin oluşturulması.

Adım 8. Her bir teknik gereksinime göre teknik gereksinimler iç bağıllık matrisinin teknik gereksinimler arasındaki birbirleriyle bağımlı dilsel değişkenlerle oluşturulması

Adım 9. Adım 8'de bulunan etkinlik değerlerinin tek bir matriste birleştirilmesi: W_4 Matrisinin oluşturulması

Adım 10. Müşteri beklentilerinin birbirleriyle bağımlı önceliklerinin belirlenmesi: w_c Matrisinin

hesaplanması. W_c , w_c matrisinin normalize edilmiş biçimidir. ($W_c = W_3 * W_1$)

Adım 11. Teknik gereksinimlerin birbirleriyle bağımlı önceliklerinin belirlenmesi: W_a Matrisinin

hesaplanması. W_a, W_a 'nın normalize edilmiş biçimidir. ($W_a = W_4 * W_2$)

Adım 12. Teknik gereksinimler için etkinlik değerlerinin hesaplanması: $W_{DEANP} = W_a * W_c$

Adım 10 ve 11 kriterlerin yerel etkinlik değerlerinin, alternatiflerin yerel etkinlik değerleriyle birleşimidir. VZA modelinde, yerel etkinlik değerleri nihai etkinlik değerlerine ek kısıtlarla doğrusal programlama kullanılarak birleştirilmiştir, fakat doğrusal modelden elde edilen nihai etkinlik değerleri, kriterlerin yerel etkinlik değerleri matrisi ile alternatiflerin yerel etkinlik değerleri matrisinin çarpılması ile aynıdır. Bu nedenle VZAAS algoritmasında kolaylık sağladığı için çarpma operatörü tercih edilmiştir. Ramanathan [23]'ün ispatına göre nihai ağırlıklar yerel ağırlıkların ağırlıklı toplamına orantılıdır.

3. VERİ ZARFLAMA ANALİTİK AĞ SÜRECİ UYGULAMASI (APPLICATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYTIC NETWORK PROCESS)

VZAAS uygulaması Türkiye'de beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmada gerçekleştirilmiştir. Firma geniş bir müşteri portföyüne sahip orta ölçekli bir şirkettir. Beyaz eşya sektörü VZAAS uygulaması ve sonuçlarının analiz edilmesi için uygun bir platformdur çünkü; müşteriler bu çalışmada 4 ayrı gruba ayrılabilir. Müşteri beklentileri aynı fakat bu beklentilerin önem dereceleri her bir grup için farklıdır.

Uygulama adımları sırayla aşağıda sunulmuştur:

Adım 1. Müşteri grupları ve ihtiyaçları: 1. grup müşteriler, memnuniyetleri yüksek ancak bağlılıkları düşük kısım, 2. grup müşteriler, memnuniyetleri ve bağlılıkları yüksek kesim, 3. grup müşteriler memnuniyetsiz ve bağlı olmayan kesim, 4. grup müşteriler memnuniyetleri düşük ve bağlılıkları yüksek olan kesimdir [34]. Burada bağlılık, müşterinin ürüne yönelik değil markaya yönelik bağlılığıdır. Bir beyaz eşya markasının bir ürününden memnun olmayan bir müşteri markaya bağlılığından dolayı başka bir beyaz eşya ürünü alırken yine aynı markayı tercih edebilmektedir. 4. gruptaki müşteriler bu kategori altında değerlendirilmiştir. 1. Müşteri beklentisi: KSH (Kullanım Sonrası Hatalar), 2. Müşteri beklentisi: TG (Teslimatta Gecikme), 3. Müşteri beklentisi: SHYO (Servis Hizmetlerinin Yetersiz Olması), 4. Müşteri beklentisi: ÜKSP (Ürünün Kullanıldıktan Sonraki Performansı).

Adım 2. Her bir müşteri grubu için müşteri beklentilerinin göreceli önem değerleri Ersöz vd.[34] tarafından yapılan çalışmadaki anket sonuçları analiz edilerek belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıda Tablo 6A, 6B, 6C ve 6D'de sunulmuştur:

Müşteri beklentilerinin ağırlıkları ve etkinlik değerleri her bir tabloda son iki sütunda görülmektedir.

Ağırlıklar klasik AAS tekniği kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 6A. 1. Müşteri Grubu İçin Müşteri Beklentileri (Customer Needs for 1st. Customer Group)

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	0,333	1,000	5,000	0,219	1,000
TG	3,000	1,000	3,000	5,000	0,501	1,000
SHYO	1,000	0,333	1,000	5,000	0,219	1,000
ÜKSP	0,200	0,200	0,200	1,000	0,062	0,200
Tutarlılık Oranı:	0,058					

Tablo 6B. 2. Müşteri Grubu İçin Müşteri Beklentileri (Customer Needs for 2nd. Customer Group)

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	3,000	1,000	5,000	0,389	1,000
TG	0,333	1,000	0,333	3,000	0,153	0,600
SHYO	1,000	3,000	1,000	5,000	0,389	1,000
ÜKSP	0,200	0,333	0,200	1,000	0,069	0,200
Tutarlılık Oranı:	0,016					

Tablo 6C. 3. Müşteri Grubu İçin Müşteri Beklentileri (Customer Needs for 3rd. Customer Group)

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	5,000	0,333	7,000	0,315	1,000
TG	0,200	1,000	0,200	3,000	0,105	0,429
SHYO	3,000	5,000	1,000	7,000	0,529	1,000
ÜKSP	0,143	0,333	0,143	1,000	0,051	0,143
Tutarlılık Oranı:	0,086					

Tablo 6D. 4. Müşteri Grubu İçin Müşteri Beklentileri (Customer Needs for 4th. Customer Group)

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	3,000	1,000	5,000	0,399	1,000
TG	0,333	1,000	0,333	3,000	0,161	0,600
SHYO	1,000	3,000	1,000	3,000	0,357	1,000
ÜKSP	0,200	0,333	0,333	1,000	0,083	0,333
Tutarlılık Oranı:	0,043					

Etkinlik skorları VZA modelinin çözümüyle elde edilmiştir. 1. Müşteri grubu için VZA modeli eşitlik (11)'de verilmiştir:

$$\max z = v_{11} + 0,333v_{12} + v_{13} + 5v_{14}$$

s.t.

$$v_{11} + 0,333v_{12} + v_{13} + 5v_{14} \leq 1$$

$$3v_{11} + v_{12} + 3v_{13} + 5v_{14} \leq 1$$

$$v_{11} + 0,333v_{12} + v_{13} + 5v_{14} \leq 1$$

$$0,2v_{11} + 0,2v_{12} + 0,2v_{13} + v_{14} \leq 1 \quad (11)$$

$$v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14} \geq 0$$

KSH için etkinlik değeri VZA modeli ile çözülerek bulunmuştur. Diğer müşteri beklentileri için etkinlik değerleri modellerin amaç fonksiyonları aşağıda olduğu gibi değiştirilerek hesaplanmıştır:

$$\text{TG için: } \max z = 3 * v_{11} + 1 * v_{12} + 3 * v_{13} + 5 * v_{14}$$

$$\text{SHYO için: } v_{11} + 0,333v_{12} + v_{13} + 5v_{14} \leq 1$$

$$\text{ÜKSP için: } 0,2v_{11} + 0,2v_{12} + 0,2v_{13} + v_{14} \leq 1$$

Bu modellerin çözümüyle, TG, SHYO ve ÜKSP için etkinlik skorları sırasıyla 1, 1 ve 0,2 olarak bulunmuştur. Bu sonuç 1. Müşteri grubunda KSH, TG ve SHYO'nun müşteri beklentileri açısından etkin olduğunu göstermektedir fakat bunlar etkinlik seviyesine göre sıralanamamaktadır.

Adım 3. W_1 matrisinin hesaplanması.

$$\max z = 1 * v_{11} + 1 * v_{12} + 1 * v_{13} + 1 * v_{14}$$

s.t.

$$v_{11} + v_{12} + v_{13} + v_{14} \leq 1$$

$$v_{11} + 0,6v_{12} + 0,429v_{13} + 0,6v_{14} \leq 1$$

$$v_{11} + v_{12} + v_{13} + v_{14} \leq 1$$

$$0,2v_{11} + 0,2v_{12} + 0,143v_{13} + 0,333v_{14} \leq 1$$

$$v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14} \geq 0$$

(12)

Eşitlik (12)'de verilen denklemlerle KSH için her bir müşteri grubunun etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Amaç fonksiyonu değiştirilerek aynı işlem diğer müşteri beklentileri için de gerçekleştirilmiştir:

$$\text{TG için: } v_{11} + 0,6v_{12} + 0,429v_{13} + 0,6v_{14} \leq 1$$

$$\text{SHYO için: } v_{11} + v_{12} + v_{13} + v_{14} \leq 1$$

$$\text{ÜKSP için: } 0,2v_{11} + 0,2v_{12} + 0,143v_{13} + 0,333v_{14} \leq 1$$

Bu modellerin çözümünden sonra, KSH, TG, SHYO ve ÜKSP için etkinlik skorları sırasıyla 1, 1, 1, ve 0.333 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar KSH, TG ve SHYO'nun bütün müşteri gruplarının memnuniyeti için etkin değerler olduğunu göstermektedir. Adım 2'de her bir müşteri grubu için hesaplanan etkinlik değerleri, tek bir matriste birleştirilerek Tablo 6E'de verilmiştir.

Tablo 6E. Müşteri grupları için beklentilerin etkinlik değerleri (Efficiency scores of customer needs for customer groups)

	CG1	CG2	CG3	CG4	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
TG	1,000	0,600	0,429	0,600	1,000
SHYO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ÜKSP	0,200	0,200	0,143	0,333	0,333

Adım 4. Her bir müşteri beklentisine göre belirlenen teknik gereksinimler şunlardır: SAY (Servis Ağının Yetersizliği), TE (Tasarım Eksiklikleri), SEY (Servis Elemanlarının Yetersizliği), FÖ (Fonksiyonel Özellikler) ve ETÜ (Enerji Tüketimi).

KSH için SAY'nin VZA modeli eşitlik (13)'te verilmiştir:

$$\max z = v_{11} + 0,2v_{12} + 0,333v_{13} + 0,143v_{14} + 0,143v_{15}$$

s.t.

$$v_{11} + 0,2v_{12} + 0,333v_{13} + 0,143v_{14} + 0,143v_{15}$$

$$5v_{11} + v_{12} + 3v_{13} + 0,333v_{14} + 0,2v_{15} \leq 1$$

$$3v_{11} + 0,333v_{12} + v_{13} + 0,2v_{14} + 0,2v_{15} \leq 1$$

$$7v_{11} + 3v_{12} + 5v_{13} + v_{14} + v_{15} \leq 1$$

$$7v_{11} + 5v_{12} + 5v_{13} + v_{14} + v_{15} \leq 1$$

(13)

$$v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14} \geq 0$$

Amaç fonksiyonu değiştirilerek diğer müşteri beklentileri için teknik gereksinimlerin etkinlik skorları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{TE için: } 5v_{11} + v_{12} + 3v_{13} + 0,333v_{14} + 0,2v_{15} \leq 1$$

$$\text{SEY için: } 3v_{11} + 0,333v_{12} + v_{13} + 0,2v_{14} + 0,2v_{15} \leq 1$$

$$\text{FÖ için: } 7v_{11} + 3v_{12} + 5v_{13} + v_{14} + v_{15} \leq 1$$

$$\text{ETÜ için: } 7v_{11} + 5v_{12} + 5v_{13} + v_{14} + v_{15} \leq 1$$

KSH için teknik gereksinimlerin etkinlik değerleri sırasıyla 0,143, 0,714, 0,429, 1 ve 1'dir. Müşteri beklentilerine göre belirlenen teknik gereksinimlerin etkinlik değerleri müşteri beklentilerine göre sırasıyla aşağıda Tablo 7A, 7B, 7C ve 7D'de sunulmuştur:

Tablo 7A. KSH için PTR göreceli karşılaştırmaları (Relative importance of PTR for KSH)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	0,200	0,333	0,143	0,143	0,039	0,143
TE	5,000	1,000	3,000	0,333	0,200	0,147	0,714
SEY	3,000	0,333	1,000	0,200	0,200	0,078	0,429
FÖ	7,000	3,000	5,000	1,000	1,000	0,347	1,000
ETÜ	7,000	5,000	5,000	1,000	1,000	0,389	1,000
Tutarlılık Oranı:	0,064						

Tablo 7B. TG için PTR göreceli karşılaştırmaları (Relative importance of PTR for TG)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	5,000	0,333	3,000	3,000	0,234	1,000
TE	0,200	1,000	0,200	0,333	0,333	0,053	0,200
SEY	3,000	5,000	1,000	7,000	7,000	0,519	1,000
FÖ	0,333	3,000	0,143	1,000	1,000	0,097	0,600
ETÜ	0,333	3,000	0,143	1,000	1,000	0,097	0,600
Tutarlılık Oranı:	0,073						

Tablo 7C. SHYO için PTR göreceli karşılaştırmaları (Relative importance of PTR for SHYO)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	0,200	0,333	3,000	3,000	0,125	0,600
TE	5,000	1,000	3,000	5,000	9,000	0,493	1,000
SEY	3,000	0,333	1,000	5,000	7,000	0,274	1,000
FÖ	0,333	0,200	0,200	1,000	1,000	0,060	0,200
ETÜ	0,333	0,111	0,143	1,000	1,000	0,048	0,200
Tutarlılık Oranı:	0,052						

Tablo 7D. ÜKSP için PTR göreceli karşılaştırmaları (Relative importance of PTR for ÜKSP)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	0,333	0,333	3,000	3,000	0,145	0,600
TE	3,000	1,000	0,333	5,000	7,000	0,294	1,000
SEY	3,000	3,000	1,000	5,000	7,000	0,445	1,000
FÖ	0,333	0,200	0,200	1,000	1,000	0,061	0,200
ETÜ	0,333	0,200	0,143	1,000	1,000	0,055	0,200
Tutarlılık Oranı:	0,070						

Adım 5. Her bir müşteri grubu için teknik gereksinimlerin Adım 4'te bulunan etkinlik değerleri tek bir matriste birleştirilerek Tablo 7E'de verilmiştir: (W_2 Matrisinin Hesaplanması)

Tablo 7E. Teknik gereksinimler için etkinlik değerleri (Efficiency scores of PTR)

	KSH	TG	IS	ÜKSP
SAY	0,143	0,600	1,000	0,600
TE	0,714	1,000	0,200	1,000
SEY	0,429	1,000	1,000	1,000
FÖ	1,000	0,200	0,600	0,200
ETÜ	1,000	0,200	0,600	0,200

Adım 6. CN arasındaki bağımlılıklar Şekil 3'te verilmiştir. Müşteri beklentileri arasındaki bağımlılıklar anket sonuçlarına göre aralarında korelasyon tespit edilen müşteri beklentilerine göre oluşturulmuştur. Müşteri beklentileri arasındaki bu bağımlılıklar sırasıyla Tablo 8A, 8B, 8C ve 8D'de aşağıda sunulmuştur.

Tablo 8A. KSH'ye göre CN arasındaki bağımlılıklar (Inner dependence of CN with respect to KSH)

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	5,000	3,000	5,000	0,539	1,000
TG	0,200	1,000	0,333	1,000	0,093	0,200
SHYO	0,333	3,000	1,000	5,000	0,282	1,000
ÜKSP	0,200	1,000	0,200	1,000	0,086	0,200
Tutarlılık Oranı:	0,043					

Tablo 8B. TG'ye göre CN arasındaki bağımlılıklar (Inner dependence of CN with respect to TG)

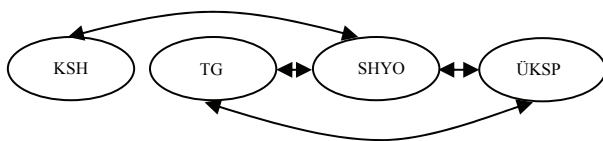
	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	0,143	0,200	0,333	0,057	0,143
TG	7,000	1,000	3,000	5,000	0,558	1,000
SHYO	5,000	0,333	1,000	3,000	0,263	0,714
ÜKSP	3,000	0,200	0,333	1,000	0,122	0,429
Tutarlılık Oranı:	0,044					

Tablo 8C. SHYO'ya göre CN arasındaki bağımlılıklar (Inner dependence of CN with respect to SHYO)

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	1,000	0,333	1,000	0,158	0,333
TG	1,000	1,000	0,333	3,000	0,208	0,600
SHYO	3,000	3,000	1,000	5,000	0,525	1,000
ÜKSP	1,000	0,333	0,200	1,000	0,109	0,333
Tutarlılık Oranı:	0,043					

Tablo 8D. ÜKSP'ye göre CN arasındaki bağımlılıklar (Inner dependence of CN with respect to ÜKSP)

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP	Ağırlık	Etkinlik Değeri
KSH	1,000	0,200	0,333	0,143	0,061	0,143
TG	5,000	1,000	1,000	0,333	0,219	0,714
SHYO	3,000	1,000	1,000	0,333	0,188	0,429
ÜKSP	7,000	3,000	3,000	1,000	0,532	1,000
Tutarlılık Oranı:	0,021					

**Şekil 3.** Müşteri beklentileri arasındaki bağımlılık (Inner dependence among customer needs)

KSH için VZA modeli eşitlik (14)'te verilmiştir. KSH için amaç fonksiyonu değiştirilerek hesaplanan etkinlik değerleri sırasıyla: 1, 0,2, 1 ve 0,2'dir.

VZA modeli:

$$\max z = 1 * v_{11} + 5 * v_{12} + 3 * v_{13} + 5 * v_{14}$$

s.t

$$v_{11} + 5v_{12} + 3v_{13} + 5v_{14} \leq 1$$

$$0,2v_{11} + v_{12} + 0,333v_{13} + v_{14} \leq 1$$

$$0,333v_{11} + 3v_{12} + v_{13} + 5v_{14} \leq 1$$

$$0,2v_{11} + v_{12} + 0,2v_{13} + v_{14} \leq 1$$

$$v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14} \geq 0$$

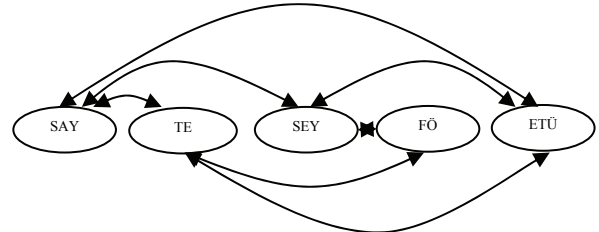
(14)

Adım 7. Müşteri beklentileri için etkinlik değerlerinin tek matriste birleştirilerek W_3 matrisinin hesaplanması. W_3 matrisi Tablo 8E'de verilmiştir.

Tablo 8E. Müşteri beklentileri için etkinlik skorları (W_3) (Efficiency scores for CN (W_3))

	KSH	TG	SHYO	ÜKSP
KSH	1,000	0,143	0,333	0,143
TG	0,200	1,000	0,600	0,714
SHYO	1,000	0,714	1,000	0,429
ÜKSP	0,200	0,429	0,333	1,000

Adım 8. Teknik gereksinimler arasındaki iç bağımlılıklar Şekil 4'te verilmiştir. Teknik gereksinimler arasındaki bağımlılıklar öncelikle beyin fırtınası tekniği ile belirlenmiş ve daha sonra üretim yönetimi departmanı yetkilileri ile doğrulanmıştır.

**Şekil 4.** PTR arasındaki bağımlılıklar (Inner dependence among PTR)

SAY için VZA modeli eşitlik (15)'te görülmektedir:

$$\max z = v_{11} + 5v_{12} + 3v_{13} + 7v_{14} + 5v_{15}$$

s.t.

$$v_{11} + 5v_{12} + 3v_{13} + 7v_{14} + 5v_{15} \leq 1$$

$$0,2v_{11} + v_{12} + 0,333v_{13} + 3v_{14} + 3v_{15} \leq 1$$

$$0,333v_{11} + 3v_{12} + v_{13} + 3v_{14} + 3v_{15} \leq 1$$

$$0,143v_{11} + 0,333v_{12} + 0,333v_{13} + v_{14} + 0,333v_{15} \leq 1$$

$$0,2v_{11} + 0,333v_{12} + 0,333v_{13} + 3v_{14} + v_{15} \leq 1$$

(15)

$$v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14} \geq 0$$

Teknik gereksinimler arasındaki etkinlik skorları sırasıyla Tablo 9A, 9B, 9C, 9D ve 9E'de aşağıda sunulmuştur.

Tablo 9A. SAY'ye göre PTR arasındaki bağımlılıklar
(Inner dependence of PTR with respect to SAY)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	5,000	3,000	7,000	5,000	0,494	1,000
TE	0,200	1,000	0,333	3,000	3,000	0,139	0,600
SEY	0,333	3,000	1,000	3,000	3,000	0,222	0,600
FÖ	0,143	0,333	0,333	1,000	0,333	0,053	0,143
ETÜ	0,200	0,333	0,333	3,000	1,000	0,093	0,429
Tutarlılık Oranı:	0,094						

Tablo 9B. TE'ye göre PTR arasındaki bağımlılıklar
(Inner dependence of PTR with respect to TE)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	0,200	3,000	0,333	0,333	0,089	0,429
TE	5,000	1,000	7,000	3,000	3,000	0,464	1,000
SEY	0,333	0,143	1,000	0,200	0,200	0,044	0,143
FÖ	3,000	0,333	5,000	1,000	1,000	0,202	0,714
ETÜ	3,000	0,333	5,000	1,000	1,000	0,202	0,714
Tutarlılık Oranı:	0,036						

Tablo 9C. SEY'ye göre PTR arasındaki bağımlılıklar
(Inner dependence of PTR with respect to SEY)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	3,000	0,333	5,000	3,000	0,264	1,000
TE	0,333	1,000	0,200	1,000	0,333	0,070	0,200
SEY	3,000	5,000	1,000	5,000	3,000	0,442	1,000
FÖ	0,200	1,000	0,200	1,000	0,333	0,065	0,200
ETÜ	0,333	3,000	0,333	3,000	1,000	0,158	0,600
Tutarlılık Oranı:	0,060						

Tablo 9D. FÖ'ye göre PTR arasındaki bağımlılıklar
(Inner dependence of PTR with respect to FÖ)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	0,200	0,333	0,143	1,000	0,056	0,143
TE	5,000	1,000	3,000	0,333	3,000	0,239	0,714
SEY	3,000	0,333	1,000	0,200	3,000	0,132	0,429
FÖ	7,000	3,000	5,000	1,000	7,000	0,512	1,000
ETÜ	1,000	0,333	0,333	0,143	1,000	0,061	0,143
Tutarlılık Oranı:	0,045						

Tablo 9E. ETÜ'ye göre PTR arasındaki bağımlılıklar
(Inner dependence of PTR with respect to ETÜ)

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ	Ağırlık	Etkinlik Değeri
SAY	1,000	0,333	0,333	3,000	0,200	0,090	0,429
TE	3,000	1,000	0,333	3,000	0,333	0,153	0,600
SEY	3,000	3,000	1,000	5,000	0,333	0,254	1,000
FÖ	0,333	0,333	0,200	1,000	0,143	0,047	0,143
ETÜ	5,000	3,000	3,000	7,000	1,000	0,456	1,000
Tutarlılık Oranı:	0,072						

Adım 9. W_4 Matrisinin hesaplanması. Teknik gereksinimlerin etkinlik değerleri tek matriste birleştirilerek Tablo 9F'de sunulmuştur:

Tablo 9F. Teknik Gereksinimlerin Etkinlik Değerleri
(W_4) (Efficiency scores of PTR (W_4))

	SAY	TE	SEY	FÖ	ETÜ
SAY	1,000	0,429	1,000	0,429	0,429
TE	0,600	1,000	0,200	0,600	0,600
SEY	0,600	0,143	1,000	1,000	1,000
FÖ	0,143	0,714	0,200	0,143	0,143
ETÜ	0,429	0,714	0,600	1,000	1,000

Adım 10. w_c Matrisinin hesaplanması. W_c, W_c matrisinin normalize edilmesiyle elde edilmiştir.

$$W_c = W_3 * W_1$$

$$w_c = \begin{bmatrix} 1,524 \\ 2,038 \\ 2,857 \\ 1,295 \end{bmatrix}$$

W_c 'deki en büyük değer: 2.857'dir. Bütün elemanların 2.857 ile bölünmesiyle elde edilen normalize edilmiş matris:

$$w_c' = \begin{bmatrix} 0,533 \\ 0,713 \\ 1,000 \\ 0,453 \end{bmatrix}$$

Adım 11. W_a 'nın hesaplanması. W_a, W_a matrisinin normalize edilmesiyle elde edilmiştir.

$$W_a = W_4 * W_2$$

$$w_a = \begin{bmatrix} 1,7363 & 2,2006 & 2,6006 & 2,2006 \\ 2,0856 & 1,800 & 1,7200 & 1,8000 \\ 2,6169 & 1,9030 & 2,8286 & 1,9030 \\ 0,9020 & 1,0570 & 0,6574 & 1,0570 \\ 2,8285 & 1,9714 & 2,3718 & 1,9714 \end{bmatrix}$$

ve en büyük değerler 1. Sütun için: 2.8285, 2. Sütun için: 2.2006, 3. Sütun için: 2.8286 ve 4. Sütun için: 2.2006'dır. Her bir sütundaki elemanların ait olduğu sütundaki en değere bölünmesiyle elde edilen normalize edilmiş matris:

$$w_a' = \begin{bmatrix} 0,614 & 1,000 & 0,919 & 1,000 \\ 0,737 & 0,818 & 0,608 & 0,818 \\ 0,925 & 0,865 & 1,000 & 0,865 \\ 0,319 & 0,480 & 0,232 & 0,480 \\ 1,000 & 0,896 & 0,839 & 0,896 \end{bmatrix}$$

$$Adım 12. W_{DEANP} = W_a' * W_c'$$

$$W_{DEANP} = \begin{bmatrix} 2,4123 \\ 1,9546 \\ 2,5016 \\ 0,9617 \\ 2,4167 \end{bmatrix}$$

W_{DEANP} 'nın 2.5016 ile bölünmesiyle normalize edilen matris:

$$w_{DEANP} = \begin{bmatrix} 0,964 \\ 0,781 \\ 1,000 \\ 0,384 \\ 0,966 \end{bmatrix}$$

4. VERİ ZARFLAMA ANALİTİK AĞ SÜRECİ İLE BULUNAN DEĞERLERİN KALİTE EVİNDE GÖSTERİLMESİ (DISPLAYING RESULTS CALCULATED WITH DEANP ON HOUSE OF QUALITY)

VZAAS algoritması uygulanarak elde edilen Kalite Evi Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5'te müşteri beklentileri, müşteri beklentileri arasındaki iç bağımlılıklar, teknik gereksinimler, teknik gereksinimler arasındaki iç bağımlılıklar ve teknik gereksinimlerin göreceli önem değerleri görülmektedir.

Müşteri Beklentileri	Teknik Gereksinimler				
	Servis Ağrının Yetersizliği	Tasarım Eksiklikleri	Servis Elemanlarının Yetersizliği	Fonksiyonel Özellikler	Enerji Tüketimi
	1	2	3	4	5
Kullanım Sonrası Hatalar					
Teslimatta Gecikme					
Servis Hizmetinin Yeterli Olması					
Yanlış Ürün Teslimatı					
Göreceli Önemler	0,964	0,781	1	0,384	0,966

Şekil 5. Kalite Evi Sonuçları (Results in HoQ)

Sonuçlara göre en etkin ya da başka bir deyişle öncelikle geliştirilmesi gereken teknik gereksinim: SEY'dir. SEY'den sonra öncelikli geliştirilmesi gereken teknik gereksinimler ise sırasıyla ETÜ, SAY, TE ve FÖ'dür.

Şekil 5'te verilen sonuçlara göre beyaz eşya kullanımında servis hizmeti ön plana çıkmaktadır. Servis hizmetinden sonra müşterilerin en çok önem verdiği unsurlar enerji tüketimi ve beyaz eşyanın tasarımı olmuştur. Beyaz eşyaların fonksiyonel özellikleri ise müşteri beklentilerini karşılamada diğer teknik gereksinimlere göre daha az önem arz etmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

KFY müşteri beklentilerinin gerekli teknik gereksinim ve faaliyetlere dönüştürülerek ürün geliştirmenin bütün aşamalarına yayan sistematik bir yaklaşımdır. Müşterilerin beklentilerinin doğru belirlenmesi ve bunların teknik gereksinimlere yansımaları doğru bir şekilde gerçekleştirmek işletmelerin pazarda rekabet ve üstünlük sağlaması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, bütün müşteri gruplarını değerlendirmek ve bu müşteri gruplarının birbirlerine göre önem ağırlıklarını belirlemek KFY uygulaması için kritik bir süreçtir.

Bu çalışmada, çoklu müşteri grupları ve bunların ortak beklentileri olması durumunda, müşteri beklentilerinin önem derecelerini ve teknik gereksinimler arasındaki göreceli önem derecelerini hesaplamada etkin bir yöntem olarak KFY'de uygulanan AAS tekniğine VZA adımları eklenerek VZAAS algoritması kullanılmıştır. VZAAS etkinlik değerleri hesaplayarak bu konuda doğru bilgilerin üretilmesinde kullanışlı bir tekniktir. Çalışmada VZAAS tekniğinin adımları anlatılmış ve bu teknik kullanılarak bir uygulama yapılmıştır. VZAAS sonuçları, AAS ile bulunan sonuçlarla karşılaştırılmış olup; karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. AAS ve VZAAS Sonuçlarının Karşılaştırılması (Comparison of ANP and DEANP Results)

Teknik Gereksinimler	AAS	VZAAS	Önem Sırası	AAS	VZAAS
Servis Ağrının Yetersizliği (SAY)	0,201	0,964	1.	SEY	SEY
Tasarım Eksiklikleri (TE)	0,203	0,781	2.	TE	ETÜ
Servis Elemanlarının Yetersizliği (SEY)	0,248	1,000	3.	SAY	SAY
Fonksiyonel Özellikler (FÖ)	0,155	0,384	4.	ETÜ	TE
Enerji Tüketimi (ETÜ)	0,189	0,966	5.	FÖ	FÖ

Tablo 10'da AAS ve VZAAS ile bulunan göreceli önem değerleri en etkin olan gereksinimden en az etkin olana doğru sıralanmıştır. Her iki yöntemle de elde edilen sonuçlara göre Servis Elemanlarının Yetersizliği (SEY) öncelikle ele alınması gereken teknik gereksinimdir. Servis Ağrının Yetersizliği (SAY) her iki yöntemde de 3. sırada yer almaktadır. Fonksiyonel Özellikler (FÖ) her iki yöntemle de bulunan sonuçlarda en düşük önem derecesi ile son sırada yer almaktadır. Servisin çağrıldığında hizmeti kısa sürede sunabilmesi tüketiciler için büyük önem arz etmektedir. Çünkü tüketiciler servisi çağdıktan sonra saatlerce servis bekleyip kendilerini eve hapsedememektedirler. Örneğin bozulan bir buzdolabına müdahalenin gecikmesi ya da bozulan bir kombiye geç hizmet verilmesi müşteriyi madden ve manen madur etmektedir. Etkin bir servis ağı kurularak müşterilere daha hızlı ulaşılmalıdır. Ana özelliklerin dışında detay fonksiyonların bulunması ürünü karmaşıktırılmakta, kullanımını zorlaştırmakta ve ürünün maliyetini artırmakta olduğu için tüketiciler ayrıntı fonksiyonlardan kaçınmaktadırlar. Diğer teknik gereksinimlerden tasarım eksiklikleri (TE) ve enerji tüketimi (ETÜ) çapraz olarak yer değiştirmiş ve enerji tüketimi AAS'ye göre 4 ve VZAAS'ye göre ise 2. önem sırasında yer almaktadır. VZAAS metodunda enerji tüketimini tasarım eksikliklerine göre daha yüksek önem derecesine sahip olmasının nedenleri beyaz eşya tercihiinde ekonomik kullanıma dikkat edilmesi, içinde bulunduğumuz yüzyılda müşterilerin daha çevreci olması ve bu doğrultuda kıt kaynakların daha rasyonel kullanılması ile örtüşmektedir. Beyaz eşya sektöründe ciddi deneyimlere sahip pazarlama uzmanları ile de sonuçlar tartışıldığına yukarıdaki bulguların onlar açısından da kabul edilebilir ve doğru sonuçlar olduğu ifade edilmiştir.

Firma yetkililerine öncelikle servis elemanları sayısının artırılmasının müşteri beklentilerini karşılamada en önemli unsur olduğu belirtilmiştir. Beyaz eşya kullanımında müşterilerin servisten sonra en çok önem verdiği unsurlar ise enerji tüketimi ve tasarım olarak belirtilmiştir. Fonksiyonel özellikler ise müşteri beklentilerinin karşılanmasında en az öneme sahip unsur olarak belirtilmiştir.

İleriki çalışmalarda, geliştirilen yöntem başka sektörlerde faaliyet gösteren firmalarda uygulanacaktır. Ayrıca KFY’de müşteri beklentilerinin hizmet kalitesi ölçüm teknikleri olan Servqual ve Servperf ile analiz edilmesine yönelik çalışmalar ve bunların bu makalede geliştirilen yöntemle entegre edilmesi konusundaki çalışmalar da devam etmektedir.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kahraman C., Ertay T., Büyükozan G., “A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach”, **European Journal Of Operational Research**, 171, 390-411, 2006.
2. Hao-Tien Liu, Chih-Hong Wang “An advanced quality function deployment model using fuzzy analytic network process” **Applied Mathematical Modelling**, Volume 34, Issue 11, November, Pages 3333-3351, 2010.
3. Karsak E. E., Sozer S., Alptekin Emre S., “Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach” **Computers & Industrial Engineering**, 44-1, 2003, 171-190, 2003.
4. Partovi F.Y., “An analytic model for locating facilities strategically”, **Omega**, 33-1, 41-55, 2006.
5. Partovi F.Y., “An analytical model of process choice in the chemical industry”, **International Journal of Production Economics**, 105-1, 213-227, 2007.
6. Ridder K., Rivera C. A., Bongers P., Bruin S., Flapper S. D., “Dealing with subjectivity in early product design phase: A systematic approach to exploit Quality Function Deployment potentials”, **Computers & Industrial Engineering**, 55- 1, 253-278, 2008.
7. Raharjo H., Brombacher A. C., Xie M., “Multi criteria decision making in product driven Process Synthesis”, **Computer Aided Chemical Engineering**, 25, 1021-1026, 2008.
8. Ertay T., Büyükozan G., Kahraman C., Ruan D., “Quality Function Deployment Implementation Based on Analytic Network Process with Linguistic Data: An application in automotive industry”, **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, 16, 221-232, 2005.
9. Chen L., Weng M., “An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models”, **European Journal Of Operational Research**, 172, 230-248, 2006.
10. Delano G., Parnell G.S., Smith C. and Vance M. “Quality function deployment and decision analysis – A R&D case study”, **International Journal of Operations and Production Management**, 20, pp. 591–609, 2000.
11. Önder H., Türker A. K., Ersöz S., “KOBİ’lerin Sorunlarının Tespiti ve QFD Yaklaşımı ile Çözümü”, **YA-EM 2007 Bildiriler Kitabı**, Sayfa 1134-1139, İzmir, 2007.
12. Kauli, M.A., “Consumer and user involvement in product development: a framework and a review of selected methods”, **Total Quality Management**, 9(1), 141-149, 1998.
13. Shen X.X., Tan K.C., Xie M., “An integrated approach to innovative product development using kano’s model and QFD”, **European Journal Of Innovation Management**, 3(2), 91-99, 2000.
14. Bennera M., Linnemanna A.R., Jongena W.M.F., Folstara P., “Quality function deployment –can it be used to develop food products?”, **Food quality and preferences**, 14, 327-339, 2003.
15. Anjard R.P., Management and planning tools, **Training for quality**, 3(2), 34-37, 1995.
16. Hassan A., Baksh M.S.N., Shahroun A.M. (2000), “Issues in quality engineering research”, **International Journal Of Quality And Reliability Management**, 17, 858-875, 2000.
17. Saaty T.L., “The analytic hierarchy process”, **New York: McGraw-Hill**, 1980.
18. Yüksel İ., Dağdeviren M., “Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – A case study for a textile firm”, **Information Sciences**, 177, 3364–3382, 2007.
19. Saaty T.L., “Decision making with dependence and feedback: The analytic network process”, **Pittsburg: RWS Publication**, 1996.
20. Chung, Amy H.I. Lee, W.L. Pearn Shu-Hsing, “Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator”, **Int. J. Production Economics**, 96, 15–36, 2005.
21. Saaty T.L., Vargas L. G.,” Diagnosis with dependent symptoms: bayes theorem and the analytic hierarchy process”, **Operation Research**, 46, 491-502, 1998.
22. Charnes A., Cooper W., Lewin A.Y., Seiford L.M., “Data envelopment analysis: theory, methodology and applications”, Kluwer, Boston, 1994.
23. Ramanathan R., “Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process”, **Computers And Operation Research**, 33, 1289-1307, 2006.
24. Donthu N., Hersberger E.K., Osmonbekov T., “Benchmarking marketing productivity using

- data envelopment analysis”, **Journal Of Business Research**, 58, 1474-1482, 2005.
25. Seol H., Choi J., Park G., Park Y., “A framework for benchmarking service process using data envelopment analysis and decision tree”, **Expert Systems With Applications**, 2006.
26. Kuosmanen T., Cherchye L., Sipilanen T., “The law of one price in data envelopment analysis: Restricting weight flexibility across firms”, **European Journal Of Operational Research**, 170,735-757, 2006.
27. Lahdelma R., Salminan P., “Stochastic multicriterion acceptability analysis using the data envelopment model”, **European Journal Of Operational Research**, 170, 241-252, 2006.
28. Ulutaş B., Ulutaş B., “An ANP Combined DEA Methodology to Evaluate the Performance of Airports in Turkey”, Proceedings of the 10th International Symposium on the Analytic Hierarchy/Network Process Multi-criteria Decision Making, 2009.
29. Ertay T., Ruan D., “Data envelopment analysis based decision model for optimal operator allocation in CMS”, **European Journal of Operational Research**, 164, 800-810, 2005.
30. Ramanathan R., “A multi factor efficiency perspective to the relationship among world GDP, energy consumption and carbon dioxide emissions”, **Technological Forecasting & Social Change**, 73, 483-494, 2006.
31. Bernroder E., Stix V., “A method using weight restriction in data envelopment analysis for ranking and validity issues in decision making”, **Computers& Operation Research**, 34-9, 2637-2647, 2007.
32. Ramanathan R., “An introduction to data envelopment analysis”, Sage, New Deldhi, 2003.
33. Charnes D., Cooper WW., Rhodes E., “Measuring the efficiency of decision making units”, **European Journal of Operational Research**, 429-444, 1978.
34. Ersöz S., Yaman N., Birgören B., “Müşteri İlişkileri Yönetiminde Verilerin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi ve Analizi”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**. Vol 23, No 4, 759-767, 2008.

