

VERİ ZARFLAMA ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (VZAHP) İLE SAYISAL KARAR VERME

Yrd. Doç. Dr. Ergün EROĞLU
İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi
Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı
eroglu@istanbul.edu.tr

Arş. Grv. Fatma LORCU
İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi
Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı
florcu@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Veri Zarflama Analizi (VZA) Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaklaşımlarının bir arada kullanılması ile geliştirilen Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi (VZAHP) yöntemi ele alınmıştır. VZAHP; AHP yönteminin temelini oluşturan ikili karşılaştırma matrislerindeki ağırlık hesaplamasında, VZA modellerini kullanmakta ve bu ağırlıklar yardımı ile en uygun kararı belirlemektedir. Ampirik açıdan da, Türkiye'deki otomotiv sektöründeki fiyatlandırma stratejilerini araştıran Analitik Hiyerarşi Prosesi verileri ele alınmıştır. Teorik ve ampirik karşılaştırmalardan elde edilen bulgular ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi (VZAHP), Karar Verme

ABSTRACT

In this paper, we study a new technique Data Envelopment Analysis Analytical Hierarchy Method (DEAHP), which is a hybrid from Data Envelopment Analysis (DEA) and the Analytical Hierarchy Method (AHP). The DEAHP methodology benefits from DEA models in determining the weights in pairwise comparison matrices, which are the fundamental of the AHP technique. The hybrid approach yields the most appropriate decisions by means of these weights. From empirical view, we use a set of published data on pricing strategies in automobile sector in Turkey, which fed a

classical AHP model. Our findings stemming from our comparisons are discussed in detail from both theoretical and empirical points of view.

Keywords: *Data Envelopment Analysis, Analytic Hierarchy Process, Data Envelopment Analytic Hierarchy Process (DEAHP), Decision Making*

GİRİŞ

Karar verme; hedef/amaçlar doğrultusunda, mümkün seçenekler arasından bir ya da birkaçının belirlenmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Doğru ve zamanında karar verme insanlar için birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Bu nedenle firmaların stratejik öneme sahip kararlarını oluştururken çeşitli sayısal karar verme yöntem ve yaklaşımlarını kullanmaları rakiplerine göre avantaj sağlamaları açısından önemlidir.

Karar verme sürecinde kişilerin veya firmaların yararlandıkları en önemli sayısal karar verme yöntem ve yaklaşımlardan birisi AHP'dir. AHP, karar seçenek ve kriterlerine göreceli önem değerleri verilerek suretiyle oluşturulan karar verme sürecidir [Saaty, 1980].

Karar verme sürecinin karmaşık yapıya sahip olması, özellikle; karar problemlerinin çok sayıda kriterinin, alt kriterin ve seçeneklerin bulunması veya karar problemi modelindeki hiyerarşi seviyesinin artması durumunda, AHP ile belirlenen ağırlıkların özellikle birbirine yakın değerler alması, en uygun kararların oluşturulmasını zorlaştırmaktadır. Karar vericilerin birden fazla karar destek yöntemi ve yaklaşımı kullanması ile en uygun kararları alabilme olasılıkları artacaktır.

Bu makalede, karar vericilerin stratejik kararlarında, AHP ile elde ettiği sonuçları test etmek, desteklemek veya kararlarına farklı bir açıdan bakabilmek amacıyla kullanabilecekleri, Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP) bir arada kullanılması (hibriti) ile oluşturulan, Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi (VZAHP) yaklaşımı tanıtılmaktadır.

Çalışmanın devamında, VZAHP ile karar verme sürecinin bütün aşamaları ayrıntılı olarak açıklanmış ve AHP ile sonuçları belirlenen gerçek bir problem için bir uygulama yapılmıştır. Uygulamada B segmentinde bulunan araçlar için en uygun fiyat stratejisinin belirlenmesine yönelik, 2006 yılında Zeynep Çavdar tarafından yapılmış olan “*Fiyatlandırma stratejilerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ile değerlendirilmesi: Otomotiv sektöründe bir uygulama*” konulu [Çavdar, 2006] Yüksek Lisans tezindeki veriler kullanılmış ve elde edilen sonuçlar AHP ile bulunmuş olan sonuçlarla birlikte değerlendirilmiştir.

1. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

İlk olarak Myers & Alpert [1968] tarafından ortaya atılan ve daha sonra Saaty [1977, 1982] tarafından geliştirilen AHP, karar seçenek ve kriterlerine göreceli önem değerleri verilmek suretiyle yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılması esasına dayanan karar verme sürecidir [Saaty, 1990]. AHP ile karar vermede, sadece nicel (kantitatif) değil aynı zamanda nitel (kalitatif) değerler de göz önüne alınabilmektedir [Cheng & Li, 2002].

Karmaşık karar problemleri, problemi oluşturan bileşenlerin hiyerarşik yapılarının belirlenmesi ile daha anlaşılır duruma getirilmektedir. Karar hiyerarşisinin en üstünde; ana hedef (amaç), bir alt seviyede kararı etkileyen kriterler yer almaktadır. Bu kriterlerin, ana hedefi etkileyebilecek özellikleri varsa, hiyerarşiye başka seviyeler de eklenebilir. Hiyerarşinin en alt seviyesini ise, karar seçenekleri oluşturmaktadır.

1.1. AHP'nin Uygulama Aşamaları

Karar verme problemlerinin AHP ile çözümünde **dört adım** bulunmaktadır [Kuruüzüm & Atsan, 2001]:

1. Adım: Problemin hiyerarşik bir düzende alt problemlere ayrıştırılması (decomposition),

2. Adım: Karşılaştırmalı yargılar veya ikili karşılaştırmalar: ikili karşılaştırma (görelî önem dereceleri) (pairwise comparison) terimi, iki kriterin birbirleriyle karşılaştırılması anlamına gelir ve karar vericinin yargısına dayanmaktadır. Saaty'nin [Saaty & Vargas, 1991] geliştirmiş olduğu 1-9 puanlı tercih ölçeğinden faydalanılarak, hiyerarşide yer alan bileşenlerin görelî önemlerine ilişkin, karar vericinin kişisel yargılarını yansıtan ikili karşılaştırmalar; n , değerlendirilecek kriter sayısı ve a_{ij} ; i özelliğinin, j özelliğine göre önemini göstermek üzere, A matrisi elde edilmektedir.

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$a_{ii} > 0$ olmak üzere, matris elemanları arasında; $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ve $a_{ii} = 1$ ilişkisi bulunmaktadır. Karşılaştırmalarda; i . özelliğinin ağırlığı w_i , j

özelliğinin ağırlığı w_j ile gösterilmek üzere; $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ ile ifade edilebilir. Bu durumda A matrisi;

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdot & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdot & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdot & w_n/w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \cdot & 1 \end{bmatrix}$$

3. Adım: AHP'nin üçüncü adımı "sentezleme" dir. Bu adımda, her kriter için öncelik vektörleri bulunur.

Karşılaştırmaların tam tutarlı olduğu durumlarda; $a_{ik} = a_{ij} a_{jk}$. Ancak, gerçekte her zaman böyle bir ideal durum söz konusu olmadığından, bu eşitlik de sağlanamamaktadır. Bu durumda, w_i 'yi aşağıda gösterilen eşitlik ile elde etmek daha uygun olacaktır [Saaty, 1980].

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j$$

Yukarıdaki eşitlik;

$$Aw = nw$$

ile gösterilebilir.

Burada; n , A matrisinin bir özdeğeri ve w 'de bu özdeğerlere ait özvektördür. Karar vericinin tam tutarlı olduğu durumda, A 'nın rankı "1" dir ve bu nedenle biri hariç tüm özdeğerleri "0"dir. Bu durumda, A 'nın izi " n " e eşittir. λ_i , A 'nın özdeğerlerini göstermek üzere;

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = iz(A) = n$$

dir [Tulunay, 2006]. Tutarlılık durumunda, A 'nın en büyük özdeğeri n 'dir (λ_{mak}). İdeal tutarlılık söz konusu olmadığı durumda, λ_{mak} , n 'ye eşit

olmayacaktır ($\lambda_{mak} > n$). Eğer, tutarsızlık belirli sınırlar dâhilinde tutulursa, λ_{mak} 'ın, n 'ye yakın olması sağlanmaktadır. Bu durumda w_i , aşağıdaki şekilde de yazılabilir.

$$w_i = \frac{1}{\lambda_{mak}} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \text{ ya da } Aw = \lambda_{mak} w$$

olur.

4. Adım: Tutarlılıkların hesaplanarak, kararın alınmasıdır.

W , ağırlık vektörünün elde edilmesi için, çeşitli yöntemler olmasına rağmen en sık kullanılan yöntem; *Özvektör (Eigenvector) Yöntemi (EVM)*' dir [Aguaron & Jimenez, 2003]. *EVM* vektörünün kullanıldığı durumda, AHP'deki uyum oranı;

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

ile hesaplanmaktadır [Timor, 2001]. Burada CI ; λ_{mak} 'ın, n 'den ne kadar saptığını gösteren ve

$$CI = \frac{(\lambda_{mak} - n)}{(n - 1)}$$

şeklinde hesaplanan *tutarlılık oranı*, RI ise; rassal olarak oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisinin *tutarlılık indeksi*dir [Saaty, 1982].

Hesaplanan CR değerinin **0,10** dan küçük olması; “karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı” olduğunu göstermektedir. CR değerinin **0,10**’ dan büyük olması ya AHP’ deki bir “hesaplama hatasını” ya da “karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığı” göstermektedir [Saaty, 1982].

2. Veri Zarflama Analizi (VZA)

1978 yılında Charnes vd. tarafından [Charnes, Cooper & Rhodes, 1978] Farrell'in [1957] önerdiği sınır (frontier) analizinden yola çıkılarak geliştirilen VZA, tanıtılmasından sonra büyük ilgi görmeye başlamıştır [Seiford, 1997]. Başlangıçta, kar amacı taşımayan organizasyonların performans ölçümünde kullanılan yöntem, geliştirilerek kar amacı taşıyan

kuruluşların performans ölçümünde de güçlü bir araç haline gelmiştir. [Sezen & Doğan, 2005]

VZA, farklı ölçeklerle ölçülmüş ya da farklı ölçü birimlerine sahip, çok sayıda girdi ve çıktıları olan **homojen karar verme birimlerinin (KVB)** görelî performanslarını (etkinliklerini), çok sayıdaki girdiyi/çıktıyı tek bir girdi/çıktıya (sanal girdi ve sanal çıktı) dönüştürerek ölçmektedir [Cooper vd., 2000]. Yöntemde, üretim sürecinde yer alan girdiler ve çıktılar arasında herhangi bir üretim fonksiyonunun analitik yapısı hakkında ön varsayım [Kaynar vd., 2005] ve fiyat bilgisine ihtiyaç duyulmadığı [Odeck, 2000] gibi, girdi ve çıktı ağırlıkları da model tarafından belirlenmektedir [Kocakoç, 2003].

2.1. VZA'nin Uygulama Aşamaları

VZA ile performans ölçümünde üç aşama vardır [Golany & Roll, 1989]:

1. **Analize girecek olan KVB'lerinin tanımlanması:** VZA ile performans ölçüm sürecindeki ilk adım, analize dâhil edilecek KVB'lerinin tanımlanmasıdır. Yöntem; görelî etkinliklerin hesaplanmasında kullanılacağından, karşılaştırmanın anlamlı olabilmesi için, KVB'lerinin aynı girdiyi kullanarak, aynı çıktıyı üreten homojen birimler olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, homojen KVB'lerinin sayısı, girdi ve çıktıların sayısının en az iki katı olmalıdır [Dyson, 2001].
2. **Seçilmiş olan KVB'lerinin görelî etkinliklerinin değerlendirilmesi için uygun girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi:** VZA sonuçları, analizde kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri kümesine dayanmaktadır. Farklı girdi ve çıktı değişkenlerinin kullanımı, tamamıyla farklı sonuçlara yol açabilmektedir [Tankersley & Tankersley, 1997] Ancak literatürde, analizde yer alacak girdi ve çıktıların seçilmesine çok az önem verilmekte ve bir fikir birliğine ulaşılamamakla birlikte, [Wagner & Shimshak, 2006] girdi ve çıktı seçiminde; çoğu zaman konuyla ilgili uzmanların fikirleri, geçmiş deneyimler ve ekonomik teoriler yol gösterici olmaktadır. [Kontodimopoulos, 2006].
3. **VZA modellerinin uygulanması ve sonuçların yorumlanması:** VZA ile etkinlik ölçümünde, uygun modellerin seçilerek analizin yapılması ve elde edilen sonuçların yorumlanması üçüncü adımı oluşturmaktadır. VZA'de, model seçimi ile ilgili olarak; Pastor [Pastor, vd., 2002], Cinca [Cinca vd., 2004] tarafından çalışmalar yapılmış ve farklı yöntemler ileri sürülmüştür.

2.1 VZA Modelleri

VZA ile etkinlik ölçümünde kullanılan çeşitli modeller vardır [Adler vd., 2002]. Bu modeller, çıktıların ağırlıklı toplamının, girdilerin ağırlıklı toplamına oranı olarak ölçülen oran modelinden (*CCR Modeli*) türetilmektedir [Bal, 2005]. m adet girdi (x_i) kullanarak, s adet çıktı (y_r) üreten, N sayıdaki KVB'den oluşan bir gözlem kümesinde; k . KVB'nin girdiye yönelik oran modeli Model 1 (M-1) gösterilmektedir [Charnes, Cooper & Rhodes, 1978].

Model -1

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s y_{r_0} u_r}{\sum_{i=1}^m x_{i_0} v_i}$$

st

$$\frac{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_r}{\sum_{i=1}^m x_{ij} v_i} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, N$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

M-1'deki karar değişkenleri u_r , r çıktısının marjinal biriminin atfedilen değeri, v_i ise; i girdinin marjinal biriminin atfedilen değeri olarak kabul edilmektedir [Thanassoulis, 2001].

Kesirli programlama formundaki parametrik olmayan Model-1, doğrusal programlama modeline dönüştürülerek ve Model-2 ile gösterilmektedir. [Tarım, 2001]

Model -2

$$\text{mak } f_0 = \sum_{r=1}^s y_{r_0} \mu_r$$

st

$$\sum_{i=1}^m x_{i_0} w_i = 1$$

$$- \sum_{i=1}^m x_{ij} w_i + \sum_{r=1}^s y_{rj} \mu_r \leq 0$$

$$\mu_{rk}, w_{ik} \geq \varepsilon > 0 \quad j = 1, 2, \dots, N \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, s$$

w_i = Etkinliği değerlendirilen KVB'nin, i . girdisine atanan ağırlık,
 μ_r = Etkinliği değerlendirilen KVB'nin, r . çıktısına atanan ağırlık

olarak tanımlanmaktadır.

3. Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi – VZAHP Yaklaşımı

VZAHP, AHP yönteminin temelini oluşturan ikili karşılaştırma matrislerindeki ağırlık hesaplamasında, VZA modellerini kullanmakta ve bu ağırlıklar yardımı ile en uygun kararı belirleyen bir yaklaşımdır. [Ramanathan, 2006].

AHP'nin içine yerleştirilmiş olan bu yaklaşımda, **ikili karşılaştırma matrisinin her satırı karar verme birimi**, her **sütunu da çıktı** olarak kabul edilmektedir. Bu durumda; $n \times n$ boyutundaki ikili karşılaştırma matrisi, n sayıda KVB'ne ve n sayıda da çıktıya sahip olmaktadır. VZA'nın uygulanabilmesi için en az bir girdiye gereksinim duyulduğunda, her KVB için, değeri "1" olan **kukla girdi** eklenmektedir. Yukarıdaki açıklamalar, Şekil 1'de özetlenmektedir:

	Özellik 1	Özellik 2	...	Özellik n	
Özellik 1	1	a_{12}	...	a_{1n}	KVB 1
Özellik 2	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}	KVB 2
...
Özellik n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	...	1	KVB n

\Rightarrow

	Çıktı 1	Çıktı 2	...	Çıktı n	Kukla Girdi
KVB 1	1	a_{12}	...	a_{1n}	1
KVB 2	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}	1
...	...	...	...	...	1
KVB n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	...	1	1

Şekil 1. AHP Yargı Matrisinin KVB'lerine, Çıktılara (Ç 1, Ç2, ..., Çn) Dönüşümü ve Kukla Girdi (KG)

Her KBV için, değeri "1" olan tek **girdi ile n sayıda çıktı üreten n adet KVB'nin performansları** VZA yöntemi ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan performans değerleri, ilgili **KVB'nin yerel ağırlığı** olarak adlandırılır [Sevklı vd., 2007]. VZA tarafından hesaplanan yerel ağırlıkların ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olması durumunda doğruluğu, Ramanathan [2006] tarafından ispatlanmıştır. Hesaplanan yerel ağırlıklar, AHP ile hesaplanan öncelik vektörü gibi yorumlanmaktadır.

4. Literatür Taraması

Ortaya çıkışından günümüze kadar, geniş bir uygulama alanı bulan AHP'nin, tek başına kullanımının yanı sıra, diğer teknikler ile birlikte kullanımına, literatürde sık olarak rastlanmaktadır. AHP'nin matematik programlama (doğrusal programlama, tamsayılı programlama, karma tamsayılı programlama, hedef programlama), kalite fonksiyon geçeri, sezgisel yaklaşımlar (genetik algoritma, yapay sinir ağları) SWOT analizi ve VZA ile birlikte kullanımına ilişkin literatür taramasında, 1997-2006 yılları arasında yayınlanan 66 makale incelenmiş, incelenen bu makalelerden 4 tanesinde (%6,1) AHP ve VZA'nın birlikte kullanıldığı görülmüştür [Ho, 2008].

Etkin karar birimlerinin, kendi içinde sıralanmasını sağlayan, VZA-süper etkinlik [Tone, 2002] modeline alternatif olarak geliştirilen yaklaşımda, VZA ile etkin oldukları belirlenen karar birimlerinin sınıflandırılması ve değerlendirilmesi için AHP kullanılmıştır [Jablonsky, 2007].

VZA'ndeki ağırlıkların kısıtlanması için oluşturulacak kısıt koşulları AHP kullanılarak elde edilmiş. Elde edilen kısıtlar ile oluşturulan VZA modeli, deneysel bir veri seti üzerinde uygulanmıştır [Kocakoç, 2003].

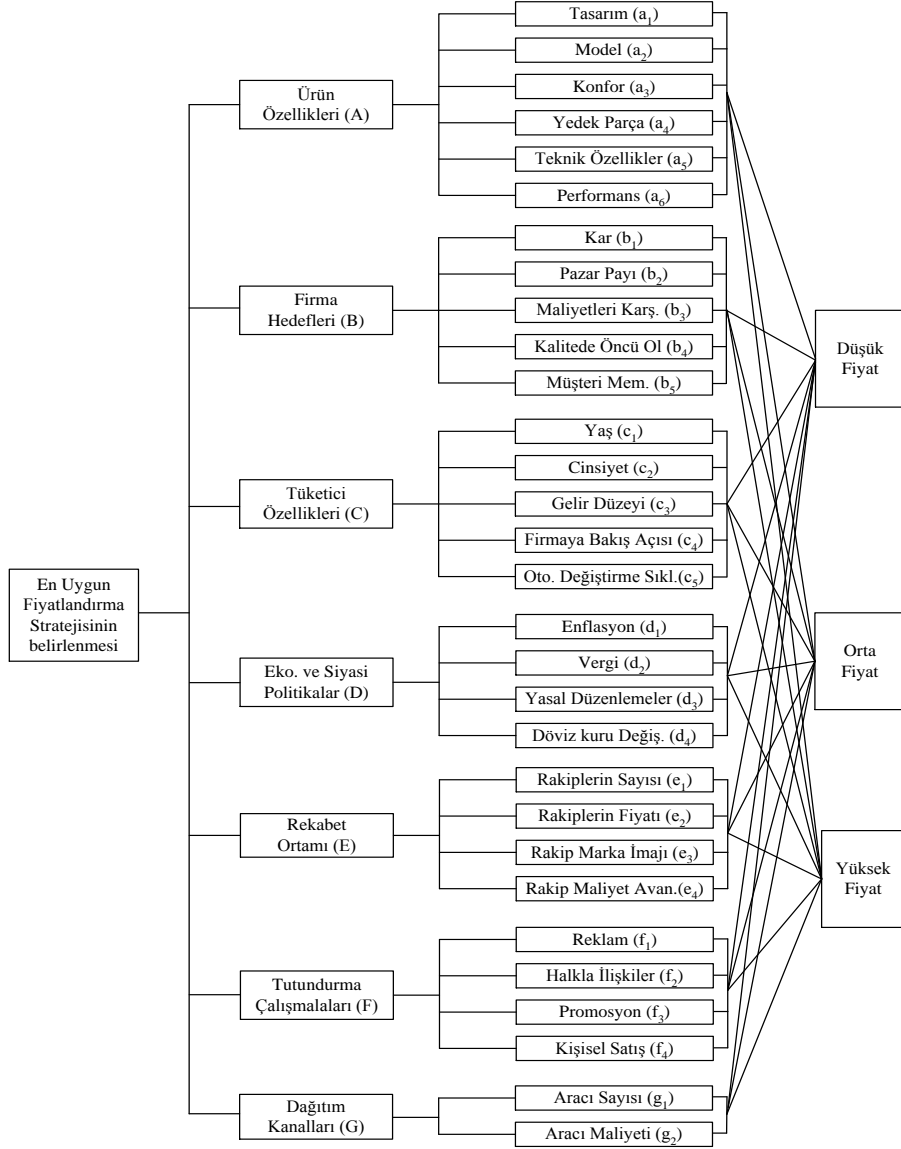
Yerleşim planı probleminde, yer alan kalitatif veriler AHP kullanılarak değerlendirilmiş, değerlendirilen kalitatif veriler, kantatif verilerle birlikte VZA modelinde yer almıştır [Yang & Kuo, 2003] Ahmad vd.[Ahmad, Berg & Simons, 2006] ve Kim [2000] de, benzer yaklaşım ile AHP ve VZA'ni bir arada kullanmışlardır.

Sevki vd. [2007]; BEKO firmasının tedarikçi seçimi için yaptıkları çalışmada, VZAHP yaklaşımını kullanmışlardır. VZAHP'nin, ağırlık hesaplamasında AHP'ye göre daha uygun bir yaklaşım olduğu vurgulanmış ve tedarikçi seçim problemlerinin çözümündeki üstünlüğü savunulmuştur.

Ayrıca, AHP ve VZA'nin birlikte kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır [Seiford & Zhu, 1998; Takamura & Tone, 2003; Feng, Lu & Bi, 2004; Wang vd., 2007].

5. VZAHP ile karar verme uygulaması

AHP'nde ve VZAHP'nde işlemlerin gerçekleştirmek için öncelikle karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. Örnek problemde, amaç; B segmentinde bulunan araçların en uygun fiyatlandırma stratejilerinin belirlenmesidir. Fiyatlandırma stratejisi belirlenirken, **ürün özellikleri (A), firma hedefleri (B), tüketici özellikleri (C), ekonomik ve siyasi politikalar (D), rekabet ortamı (E), tutundurma çalışmaları (F), dağıtım kanalları yapısı (G)** gibi birçok kriter göz önüne alınmıştır. Ayrıca bu kriterler alt kriterlere de ayrılmaktadır. Örneğin ürün özellikleri kriteri; **tasarım (a₁), model (a₂), konfor (a₃), yedek parça (a₄), teknik özellikler (a₅), performans (a₆)** alt kriterlerine ayrılmaktadır. Bu problemin hiyerarşik yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Fiyatlandırma stratejisi belirleme probleminin hiyerarşik yapısı

Ürün özellikleri kriterinin, alt kriterleri açısından ikili karşılaştırmaları Tablo-1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Ürün Özellikleri Kriteri İçin İkili Karşılaştırmalar

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	Girdi	Ağırlıklar		
								AHP	VZAHP	
a_1	1,00	0,30	0,88	2,23	0,85	2,97	1,00	0,154	0,747	
a_2	3,32	1,00	1,57	2,98	2,76	5,43	1,00	0,352	1,000	
a_3	1,13	0,64	1,00	1,81	1,44	2,88	1,00	0,187	0,637	
a_4	0,45	0,34	0,55	1,00	0,55	2,65	1,00	0,103	0,488	
a_5	1,17	0,36	0,69	1,81	1,00	2,61	1,00	0,149	0,608	
a_6	0,34	0,18	0,35	0,38	0,38	1,00	1,00	0,055	0,221	
CR	0,018									

İkili karşılaştırma matrisi kullanılarak, ilgili alt kriterlere ait yerel ağırlıklar (öncelik vektörü) AHP ile elde edilmiştir.

Yerel ağırlıkların VZAHP yaklaşımı ile elde edilebilmesi için, ikili karşılaştırma matrisine kukla girdi sütunu eklenmiştir. N adet KVB (alt kriter sayısı), bir adet girdi (her biri 1 değerine sahip girdi), N adet çıktı (alt kriter sayısı) sahip bir sistem için oluşturulan VZA modeli, Model-1 ile gösterilmiştir.

Model-1

$$mak Z = 1y_{11} + 0,30y_{12} + 0,88y_{13} + 2,23y_{14} + 0,85y_{15} + 2,97y_{16}$$

st

$$x_{11} = 1$$

$$1y_{11} + 0,30y_{12} + 0,88y_{13} + 2,23y_{14} + 0,85y_{15} + 2,97y_{16} - x_{11} \leq 0$$

$$3,32y_{11} + 1y_{12} + 1,57y_{13} + 2,98y_{14} + 2,76y_{15} + 5,43y_{16} - x_{12} \leq 0$$

$$1,13y_{11} + 0,64y_{12} + 1y_{13} + 1,81y_{14} + 1,44y_{15} + 2,88y_{16} - x_{13} \leq 0$$

$$0,45y_{11} + 0,34y_{12} + 0,55y_{13} + 1y_{14} + 0,55y_{15} + 2,65y_{16} - x_{14} \leq 0$$

$$1,17y_{11} + 0,36y_{12} + 0,69y_{13} + 1,81y_{14} + 1y_{15} + 2,61y_{16} - x_{15} \leq 0$$

$$0,34y_{11} + 0,18y_{12} + 0,35y_{13} + 0,38y_{14} + 0,38y_{15} + 1y_{16} - x_{16} \leq 0$$

$$y_{11}, y_{12}, y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{16}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16} \geq 0$$

Model-1, her bir alt kriter için ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçlar Tablo-1'de yer alan VZAHP sütununda gösterilmiştir. VZAHP ile elde edilen bu ağırlıklar, ilgili kriterin alt kriterlerinin yerel ağırlıkları (öncelik vektörü)

olarak kabul edilmektedir. Tüm kriterler için benzer modeller kurularak çözülmüş ve sonuçlar Tablo 2, 3, 4, 5, 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Firma Hedefleri Kriteri İçin AHP ve VZAHP Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
b₁	0,407	1,000
b₂	0,133	0,616
b₃	0,051	0,184
b₄	0,238	1,000
b₅	0,170	0,677
CR=0,028		

Tablo 3. Tüketici Özellikleri Kriteri İçin AHP ve VZAHP Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
c₁	0,054	0,184
c₂	0,061	0,221
c₃	0,374	1,000
c₄	0,245	0,958
c₅	0,266	1,000
CR=0,021		

Tablo 4. Eko. ve Siyasi Politika Kriteri İçin AHP ve VZAHP Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
d₁	0,311	1,000
d₂	0,320	1,000
d₃	0,095	0,342
d₄	0,274	1,000
CR=0,013		

Tablo 5. Rekabet Kriteri İçin AHP ve VZAHP Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
e₁	0,218	0,844
e₂	0,264	0,844
e₃	0,381	1,000
e₄	0,137	0,439
CR=0,017		

Tablo 6. Tutundurma Çalışmaları Kriteri İçin AHP ve VZAHP Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
f₁	0,561	1,000
f₂	0,156	0,345
f₃	0,112	0,247
f₄	0,171	0,352
CR=0,006		

Tablo 7. Dağıtım Kanalları İçin AHP ve VZAHP Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
g₁	0,423	0,732
g₂	0,577	1,000
CR=0,000		

Analizin bundan sonraki aşamasında, her seçenek için, alt kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Böylece, alt kriterlerde tanımlanan özelliklerin, seçeneklerde hangi düzeyde olması gerektiği belirlenmiştir. Yargı matrisi kullanılarak, VZA modeli kurulmuş, her bir alt kriter için, seçeneklerin alacağı ağırlıklar, VZAHP ile elde edilmiştir. Örneğin; ürün özellikleri kriterinin alt kriterleri olan tasarım (a₁), model (a₂), konfor (a₃), yedek parça (a₄), teknik özellikler (a₅) ve performans (a₆), düşük, orta ve

yüksek fiyat seçenekleri için karşılaştırılarak VZAHP ile yerel ağırlıklar elde edilmiştir. Sonuçlar, Tablo-8, 9, 10, 11, 12 ve 13'te gösterilmektedir. Tüm kriterler için benzer işlemler yapılmalıdır.

Tablo 8. Tasarım Alt Kriterinin Seçenekler için Karşılaştırma Matrisi

	Düşük Fiyat	Orta Fiyat	Yüksek Fiyat	Girdi	Ağırlıklar	
					AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	1,00	0,18	1,33	1,00	0,145	0,235
Orta Fiyat	5,62	1,00	5,63	1,00	0,736	1,000
Yüksek Fiyat	0,75	0,18	1,00	1,00	0,120	0,178
CR = 0,008						

Tablo 9. Model Alt Kriterinin Seçenekler için Karşılaştırma Matrisi

	Düşük Fiyat	Orta Fiyat	Yüksek Fiyat	Girdi	Ağırlıklar	
					AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	1,00	0,17	1,15	1,00	0,131	0,183
Orta Fiyat	5,92	1,00	6,26	1,00	0,752	1,000
Yüksek Fiyat	0,87	0,16	1,00	1,00	0,117	0,160
CR = 0,001						

Tablo 10. Konfor Alt Kriterinin Seçenekler için Karşılaştırma Matrisi

	Düşük Fiyat	Orta Fiyat	Yüksek Fiyat	Girdi	Ağırlıklar	
					AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	1,00	0,18	0,83	1,00	0,136	0,241
Orta Fiyat	5,56	1,00	3,46	1,00	0,684	1,000
Yüksek Fiyat	1,20	0,29	1,00	1,00	0,180	0,289
CR = 0,008						

Tablo 11. Yedek Parça Alt Kriterinin Seçenekler için Karşılaştırma Matrisi

	Düşük Fiyat	Orta Fiyat	Yüksek Fiyat	Girdi	Ağırlıklar	
					AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	1,00	0,18	0,46	1,00	0,108	0,175
Orta Fiyat	5,71	1,00	3,76	1,00	0,686	1,000
Yüksek Fiyat	2,16	0,27	1,00	1,00	0,206	0,377
CR = 0,001						

Tablo 12. Teknik Özellikler Alt Kriterinin Seçenekler için Karş. Matrisi

	Düşük Fiyat	Orta Fiyat	Yüksek Fiyat	Girdi	Ağırlıklar	
					AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	1,00	0,24	0,64	1,00	0,149	0,244
Orta Fiyat	4,10	1,00	2,69	1,00	0,618	1,000
Yüksek Fiyat	1,57	0,37	1,00	1,00	0,232	0,383
CR = 0,001						

Tablo 13. Performans Alt Kriterinin Seçenekler için Karşılaştırma Matrisi

	Düşük Fiyat	Orta Fiyat	Yüksek Fiyat	Girdi	Ağırlıklar	
					AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	1,00	0,20	0,61	1,00	0,121	0,195
Orta Fiyat	5,13	1,00	4,60	1,00	0,703	1,000
Yüksek Fiyat	1,65	0,22	1,00	1,00	0,176	0,322
CR = 0,015						

Karşılaştırmalarda; tutundurma çalışmaları kriteri altında yer alan halkla ilişkiler ve promosyon alt kriterlerinin, fiyat seçenekleri ile karşılaştırılmasında, VZAHP ile elde edilen ağırlıklar, AHP ile elde edilen değerlerden farklı bulunmuştur.

Karşılaştırma matrislerinden faydalanarak, AHP ile ürün özellikleri kriterinin alt kriterlerinin, seçenekler açısından öncelikleri Tablo-14'de gösterilmektedir.

Tablo 14. Ürün Özellikleri Kriterinin Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin AHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	AHP
Düşük Fiyat	0,145	0,131	0,136	0,108	0,149	0,121	0,134
Orta Fiyat	0,736	0,752	0,684	0,686	0,618	0,703	0,707
Yüksek Fiyat	0,120	0,117	0,180	0,206	0,232	0,176	0,159
Kriterlerin Yerel Ağırlıkları	0,154	0,352	0,187	0,103	0,149	0,055	

VZAHP ile benzer ağırlıkların elde edilmesi için şu yol izlenmektedir: Her bir alt kriterin, seçenekler açısından karşılaştırılması kullanılarak elde edilen VZAHP değerleri, çıktı değeri ve kriterin, alt kriterler açısında karşılaştırılmasından elde edilen VZAHP değerleri, kısıtları oluşturacak

edecek şekilde VZA Model-2 kurulur, her bir seçenek için model çözülür. Çözüm sonuçları Tablo-15’de VZAHP sütununda gösterilmiştir.

Model-2

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & 0,235y_{11} + 0,183y_{12} + 0,241y_{13} + 0,175y_{14} + 0,244y_{15} + 0,195y_{16} \\
 \text{st} \quad & \\
 & x_{11} = 1 \\
 & 0,235y_{11} + 0,183y_{12} + 0,241y_{13} + 0,175y_{14} + 0,244y_{15} + 0,195y_{16} - x_{11} \leq 0 \\
 & y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{16} - x_{12} \leq 0 \\
 & 0,178y_{11} + 0,160y_{12} + 0,289y_{13} + 0,377y_{14} + 0,383y_{15} + 0,322y_{16} - x_{13} \leq 0 \\
 & 1,3y_{11} = y_{12} = 1,57y_{13} = 2,05y_{14} = 1,64y_{15} = 4,52y_{16} \\
 & y_{11}, y_{12}, y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{16}, x_{11}, x_{12}, x_{13} \geq 0
 \end{aligned}$$

Tablo 15. Ürün Özellikleri Kriterinin Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	Girdi	VZAH P
Düşük Fiyat	0,235	0,183	0,241	0,175	0,244	0,195	1	0,213
Orta Fiyat	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1
Yüksek Fiyat	0,178	0,160	0,289	0,377	0,383	0,322	1	0,260
Kısıtlar	1,34y₁₁ = y₁₂ = 1,57y₁₃ = 2,05y₁₄ = 1,64y₁₅ = 4,52y₁₆							

Tüm kriterler için, benzer tablolar hazırlanarak VZA modelleri oluşturulmaktadır. Modellerin çözümü ile elde edilen VZAHP sonuçları Tablo-16, 17, 18, 19, 20 ve 21’de gösterilmektedir.

Tablo 16. Firma Hedefleri Kriterler Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin AHP ve VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	0,139	0,300
Orta Fiyat	0,485	1,000
Yüksek Fiyat	0,375	0,663

Tablo 17. Tüketici Özellikleri Kriterinin Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin AHP ve VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	0,112	0,185
Orta Fiyat	0,663	1,000
Yüksek Fiyat	0,225	0,392

Tablo 18. Eko. Siyasi Politikalar Kriterinin Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin AHP ve VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	0,108	0,246
Orta Fiyat	0,434	0,985
Yüksek Fiyat	0,458	1,000

Tablo 19. Rekabet Kriterinin Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin AHP ve VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	0,133	0,233
Orta Fiyat	0,617	1,000
Yüksek Fiyat	0,250	0,483

Tablo 20. Tutundurma Kriterinin Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin AHP ve VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	0,133	0,242
Orta Fiyat	0,604	1,000
Yüksek Fiyat	0,262	0,573

Tablo 21. Dağıtım Kanalları Kriterinin Alt Kriterleri Düzeyinde Seçeneklerin AHP ve VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıkları

	AHP	VZAHP
Düşük Fiyat	0,120	0,184
Orta Fiyat	0,703	1,000
Yüksek Fiyat	0,176	0,291

Tablo-22’de üreticilerin fiyatlandırmada göz önünde tuttıkları özelliklere verdikleri önemler gösterilmiştir. İkili karşılaştırmalardan faydalanarak, AHP ve VZAHP ile her bir kriterin alacağı ağırlıklar hesaplanmıştır. VZAHP ile elde edilen ağırlıklar, bir sonraki aşama için kısıtları oluşturacaktır.

Tablo-23’de, her bir seçeneğin, tüm kriter ve alt kriterler açısından karşılaştırma değerleri ve AHP kullanılarak alacağı ağırlıklar gösterilmektedir. VZAHP ile bu ağırlıkları hesaplanması için; bir alt seviyedeki karşılaştırmaların VZAHP sonuçları **çıktı** ve en üst seviyedeki karşılaştırmaların VZAHP sonuçları **kısıt** olarak kullanılarak VZA modeli kurulmuş ve her bir KVB için model çözülmüştür. Çözüm sonuçları, her bir seçeneğin alacağı ağırlıkları gösterecektir.

Tablo 22. Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları, AHP ve VZAHP ile Elde Edilen Ağırlıklar

	A	B	C	D	E	F	G	Girdi	Ağırlıklar	
									AHP	VZAHP
A	1,00	0,19	1,82	0,22	0,86	2,47	1,54	1	0,086	0,343
B	5,15	1,00	4,82	1,29	2,92	5,08	5,20	1	0,319	1,000
C	0,55	0,21	1,00	0,17	0,64	2,08	1,47	1	0,066	0,289
D	4,46	0,78	5,75	1,00	3,23	7,19	6,10	1	0,321	1,000
E	1,17	0,34	1,57	0,31	1,00	4,10	1,86	1	0,111	0,570
F	0,41	0,20	0,48	0,14	0,24	1,00	0,44	1	0,037	0,197
G	0,65	0,19	0,68	0,16	0,54	2,30	1,00	1	0,059	0,320
CR = 0,019										

Tablo 23. Seçeneklerin AHP ile Belirlenen Ağırlıkları

	A	B	C	D	E	F	G	AHP
Düşük Fiyat	0,134	0,139	0,112	0,108	0,133	0,113	0,120	0,124
Orta Fiyat	0,707	0,485	0,663	0,434	0,617	0,604	0,703	0,531
Yüksek Fiyat	0,159	0,375	0,225	0,458	0,250	0,262	0,176	0,343
Kriterlerin Yerel Ağırlıkları	0,086	0,319	0,066	0,321	0,111	0,037	0,059	

Tablo 24. Seçeneklerin VZAHP ile Belirlenen Ağırlıkları

Karar Verme Birimi	A	B	C	D	E	F	G	Girdi	VZAHP
Düşük Fiyat	0,213	0,300	0,185	0,242	0,246	0,233	0,184	1,000	0,246
Orta Fiyat	1,000	1,000	1,000	1,000	0,985	1,000	1,000	1,000	1,000
Yüksek Fiyat	0,260	0,663	0,392	0,573	1,000	0,483	0,291	1,000	0,634
Kısıtlar	$2,92y_{11} = y_{12} = 3,46y_{13} = y_{14} = 1,76y_{15} = 5,08y_{16} = 3,13y_{17}$								

AHP ve VZAHP ile yapılan analiz sonuçları incelendiğinde; her iki yöntemde de, orta fiyat stratejisinin ağırlığı en yüksek olan seçenek olduğu belirlenmiştir. VZHP ağırlıkları normalize edildiğinde, AHP ile elde edilen ağırlıklara çok yakın değerlerin elde edileceği Tablo-25’de gösterilmiştir.

Tablo 25. AHP ve Normalize Edilmiş VZAHP Ağırlıkları

Seçenekler	AHP Ağırlıkları	Normalize Edilmiş VZAHP Ağırlıkları
Düşük Fiyat	0,124	0,131
Orta Fiyat	0,531	0,534
Yüksek Fiyat	0,343	0,335

SONUÇ

Bu çalışmada, VZA ve AHP’nin bir arada kullanılması ortaya çıkan VZAHP tanıtılarak, VZAHP’nin çok amaçlı karar verme problemlerinde kullanılabilirliği bir uygulama ile gösterilmektedir. Çok amaçlı karar verme problemlerindeki hiyerarşi seviyesinin artması durumunda, AHP ile bazen seçim kararı daha zor hale gelmektedir. VZAHP; farklı bir sayısal karar destek aracı olarak, karar vericilerin gerçek yaşam kararlarında AHP ile elde ettiği sonuçları farklı bir yaklaşımla destekleyerek daha uygun, daha etkin kararları alabilme olasılığını artırmaktadır.

Yapılan uygulamada, hiyerarşide yer alan kriter, alt-kriter ve seçeneklere ilişkin ağırlıklar, AHP ve VZAHP yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve sonuçların benzer olduğu görülmüştür. Ancak, hiyerarşi seviyesi, kriter ve alt kriter sayısının arttığı durumlarda, VZAHP ile gerçek

yaşam problemlerinde daha güvenilir ve gerçekçi sonuçlara ulaşıldığı da Sevikli ve diğerleri tarafından da gösterilmiştir.

Ayrıca, VZAHP ile etkin bulunan (ağırlık değeri 1 olan) KVB'lerinin sayısı birden fazla ise; süper etkinlik modelleri yardımıyla ağırlıkların yeni değerleri elde edilip, AHP ağırlıkları ile karşılaştırılarak, sonuçlar yeniden değerlendirilmelidir.

VZA analizinde, kalitatif değerlerin kullanımı çok zor hatta bazen olanaksızdır. VZAHP yaklaşımı ile VZA'de kalitatif değerlerin kullanılacak hale getirilmesi mümkün olabilir.

KAYNAKÇA

1. Adler, N., Lea Friedman, Zilla S. Stern, 2002, "Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context", **European Journal of Operational Research**, 140, pp: 249-265.
2. Aguaron, J. & Jimenez, J.M.M., 2003, "The geometric consistency index: Approximated thresholds", **European Journal of Operational Research**, 147, pp:137-145.
3. Ahmad, N., Daniel Berg, Gene R. Siomans, 2006, "The Integration of Analytical Hierarchy Process and Data Envelopment Analysis in a Multi- Criteria Decision- Making Problem", **International Journal of Information Technology & Decision Making**, Vol: 5, No: 2, pp: 263-276.
4. Bal, H. & H. Hasan Örkcü, 2005, "Combining The Discriminant Analysis and Data Envelopment Analysis in View of Multiple Criteria Decision Making: A New Model", **G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, 18(3), pp: 355-364.
5. Charnes, A., W.W. Cooper, & E. Rhodes, 1978, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", **European Journal of Operational Research**, 2, 1978, pp: 429-444.
6. Cheng, E.W.L. & Li, H., 2002, Construction partnering process and associated critical success factors: quantitative investigation, **Journal of Management in Engineering**, October 2002, pp: 194-202.

7. Cinca, C. S. & C. Mar Molinero, 2004, "Selecting DEA Specifications and Rankings Units via PCA" *Journal of the Operational Research Society*, 55, pp: 521-528.
8. Cooper, W.W., L.M. Seiford & K.Tone, 2000, **A Comprehensive Text with Models Application References and DEA Solver Software**, Boston Kluwer Academic Publisher.
9. Çavdar, Z. 2006, "Fiyatlandırma stratejilerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ile değerlendirilmesi: Otomotiv sektöründe bir uygulama", Osmangazi Üniv., Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
10. Dyson, R.G., R. Allen, A.S. Camanho, V.V. Podinovski, C.S. Sarrico & E.A Shale, 2001, "Pitfalls and Protocols in DEA", *European Journal of Operational Research*, 132, pp: 245-259.
11. Farrell, M.J., 1957, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Series A (General)*, Vol: 120, No: 3, pp: 253-290.
12. Feng, Y.J., Lu, H., Bi, K., 2004, "An AHP/DEA Method for Measurement of the Efficiency of R & D Management Activities in Universities", *International Transactions in Operational Research*, 11, pp: 181-191.
13. Golany, B. & Y. Roll, 1989, "An Application Procedure for DEA", *Omega, Int, J.of Mgmt Sci*, Vol: 17, No: 3, pp: 237-250.
14. Ho, W., 2008, "Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications- A literature Review", *European Journal of Operational Research*, 186, 2008, pp: 211-228.
15. Jablonsky, J. 2007, "Measuring the Efficiency of Production Units by AHP Models", **Mathematical and Computer Modeling**, 46, pp: 1091-1098.
16. Kaynar O., M. Zontul & H. Bircan, 2005, "Veri Zarflama Analizi ile OECD Ülkelerinin Telekomünikasyon Sektörlerinin Etkinliğinin Ölçülmesi", *Ç.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 6, Sayı:1, ss: 37-57.

17. Kim, T.S., 2000, Extended Topic in the Integration of Data Envelopment Analysis and the Analytical Hierarchy Process in Decision Making, Doktora Tezi, Louisiana State University.
18. Kocakoç, İ. D., 2003, “*Veri Zarflama Analizi’ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanılması*”, **D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi**, Cilt: 18, Sayı: 2, ss: 1-12.
19. Kontodimopoulos, N., Thalia Bellali, Georgios Labiris & Dimitris Niakas, 2006, “*Investigating Sources of Inefficiency in Residential Mental Health Facilities*”, **Journal of Medical Systems**, 30, pp: 171.
20. Kuruüzüm, A. & Atsan, N. 2001, “*Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik Alanındaki uygulamaları*”, **Akdeniz IIBF dergisi**, (1), ss: 83-105.
21. Myers, J.H., & Alpert, M.I., 1968, “*Determinant buying attributes: Meaning and measurement*”, **Marketing**, 32(10), pp: 13-20.
22. Odeck, J., 2000, “*Assessing the Relative Efficiency and Productivity Growth of Vehicle Inspection Services: An Application of DEA and Malmquist Indices*”, **European Journal of Operational Research**, 126, pp: 501-514.
23. Pastor, J., J.L Ruiz Gomez, & I. Sirvent I., 2002, “*A Statistical Test for Radial DEA Models*”, **Operations Research**, pp: 728-735.
24. Ramanathan, R., 2006, “*Data Envelopment Analysis for weight derivation and aggregation in the Analytic Hierarchy Process*”, **Computers & Operations Research**, 33, 5, pp: 1289-1307.
25. Saaty, T.L., 1977, “*A scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures*”, **Journal of Mathematical Psychology**, 15, pp: 234-281.
26. Saaty, T.L. 1980, **The Analytic Hierarchy Process**, McGraw-Hill, New York, NY.
27. Saaty, L. T. 1982, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill Comp., U.S.A.

28. Saaty, T.L. 1990, **Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process**, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
29. Saaty T.L. & Vargas, L.F., 1991, **Prediction, Projection and Forecasting**, Kluwer Academic, Boston.
30. Seiford, L.M., 1997, “A Bibliography for DEA (1978-1996)”, *Annals of Operations Research*, 73, pp: 393-438.
31. Seiford, L.M. & Joe Zhu, 1998, “Identifying Excesses and Deficits in Chinese Industrial Productivity (1953-1990): A Weighted Data Envelopment Analysis Approach”, *Omega, Int. Mgmt. Sci.*, Vol: 26, No: 2, pp: 279-296.
32. Sevkli, Mehmet, S.C. Lenny Koh, Selim Zaim, Mehmet, Ekrem Tatođlu, 2007, “An Application of Data Envelopment Analytic Hierarchy Process for Supplier Selection: A Case Study of BEKO in Turkey”, *International Journal of Production Research*, (45), 9, pp: 1973-2003.
33. Sezen B. & E. Doğan, 2005, “Askeri Bir Tersaneye Bağlı Atölyelerin Karşılaştırmalı Verimlilik Deđerlendirmesi: Bir Veri Zarflama Yöntemi Uygulaması”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 2, ss: 77-87.
34. Takamura K. & K.Tone, 2003, “A Comparative Site Evaluation Study for Relocating Japanese Government Agencies out of Tokyo”, *Socio Economic Planning Sciences*, 37, 2, pp: 85-102.
35. Tankersley, W.B. & J.E. Tankersley, 1997, “The Hypothetical Efficient Organization: Exploring the Diagnostic Value of DEA”, *Coastal Business Review*, 6, pp: 57-64.
36. Tarım, A., 2001, **Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelilik Ölçüm Yaklaşımı**, Sayıştay Yayın İleri Müdürlüğü, Araştırma / İnceleme / Çeviri Dizisi : 15, Ankara.
37. Thanassoulis, E., 2001, **Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis**, Kluwer Academic Publisher.

38. Timor, M., 2001, **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**, İÜ İşletme Fakültesi Yayını, İstanbul.
39. Tone, Kaoru, 2002, “A Slack- Based Measure of Super Efficiency in Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, 143, pp: 32-41.
40. Tulunay, Y., 2006, **İşletme Matematiği**, Nobel Yayınevi, Dördüncü Baskı, İstanbul.
41. Wagner J. M., Daniel, G. Shimshak, 2006, “Stepwise Selection of Variables in Data Envelopment Analysis: Procedures and Managerial Perspectives”, **European Journal of Operational Research**, (Article in press).
42. Wang, Ying-Ming, Jun Liu, Taha M.S. Elhag, 2007, “An Integrated AHP-DEA Methodology for Bridge Risk Assessment”, **Computers & Industrial Engineering**, (Article in press).
43. Yang, Taho & Chunwei Kuo, 2003, “A Hierarchical AHP/DEA Methodology for Facilities Layout Design Problems”, **European Journal of Operational Research**, 147, pp: 128-136.