

## ANKARA'DA BULUNAN 4 YILDIZLI OTELLERİN, VZA-AHS SIRALI HİBRİT YÖNTEMİYLE ETKİNLİK DEĞERLENDİRMESİ

Babak DANESHVAR ROUYENDEGH \*

Turan Erman ERKAN \*\*

### Öz:

*Rekabetin giderek arttığı günümüzde modern işletmeler rekabetçi güçlerini arttırabilmek için verimlilik analizlerine önem vermektedirler. Üretim yapan firmaların etkinlik analizleri kendini kanıtlamış “anahtar performans indikatörleri” sayesinde servis sunan firmalara göre daha kolay gerçekleştirilebilir durumdadır. Hizmet üreten firmaların etkinlik analizlerinde Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılabilir. Veri Zarflama ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) sıralı hibrit algoritması performans değerlendirmede etkinlik sağlanması açısından oldukça önemlidir. Çalışmada, iki aşamalı bir teknikle sırasıyla önce VZA modeli kurularak modelin çözümü LINDO programında yapılmış ikinci aşamada ise bulunan sonuçlar üzerinde AHS tekniği ile tam hiyerarşi yapılmıştır. Ankara'da çalışma kapsamında 4 yıldızlı oteller ele alınarak, VZA-AHS sıralı hibrit algoritması uygulanmasıyla etkinlik ölçümünü en iyi yansıtabilecek değişkenler seçilmiş ve otellerle ilgili en uygun girdi- çıktılar derlenmiştir. Bu makalede, Dünyadaki benchmark (kıyaslama) kriterlerine göre, Ankara'daki yirmi bir tane dört yıldızlı otel arasından birbirine en yakın sekiz otel seçilmiştir ve yapılan çalışma sonucunda yatak sayısı, çalışan sayısı, restoran kapasitesi, konferans salonu kapasitesi girdilerinin; otelin gelirine, oda doluluk oranına ve müşteri memnuniyetine yansımaları gözlemlemek amacıyla Veri Zarflama Analizi yapılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Veri Zarflama(VZA), VZA-AHS, Karar Verme Birimleri, Etkinlik Ölçümü, Tam Hiyerarşi

---

\* Yrd. Doç., Dr. Babak DANESHVAR ROUYENDEGH(Babek ERDEBİLLİ), Atılım Üniversitesi, Endüstri Müh. Bölümü. babekd@atilim.edu.tr

\*\* Yrd. Doç. Dr., Turan Erman ERKAN, Atılım Üniversitesi, Endüstri Müh. Bölümü ermanerk@atilim.edu.tr

**THE DEA - AHP HYBRID RANKING MODEL APPLIED 4 STAR  
HOTELS IN ANKARA**

**Abstract:**

*Today, competition is an increasing trend and modern business attach to importance of productivity analysis for increasing their competitive forces. The manufacturing companies can easily make their efficiency analysis by using “key Performance Indicators” and it is easier than service serving companies’ efficiency analysis. Data Envelope Analysis (DEA) is available for service serving companies’ efficiency analysis. Data Envelope Analysis and Analytic Hierarchy Process (AHP) hybrid algorithm essential for effectiveness of performance evaluation. In this study by two staged technique, firstly DEA model has been established and solved by LINDO software and then in the second stage AHP has been used on computed results. Four starred Hotels in Ankara have been analyzed by DEA-AHP hybrid algorithm in order to determine effectiveness among parameters that was chosen related for Hotel’s input-output. In this research, eight hotels, which are similar with each other according to benchmark criteria’s, are chosen among 21 four star Ankara hotels and as a result of the study, the number of beds, number of employees, restaurant capacity, conference room capacity inputs, hotel revenue, room occupancy rates and customer satisfaction was monitored in data envelopment analysis.*

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process (AHP), Data Envelope Analysis (DEA), AHP-DEA, Decision Making Criteria’s, Efficiency Measurement, Fully Ranking.

## GİRİŞ

Rekabetin giderek arttığı günümüzde modern işletmeler rekabetçi güçlerini arttırabilmek için verimlilik analizlerine önem vermektedirler. Üretim yapan firmaların etkinlik analizleri kendini kanıtlamış “anahtar performans indikatörleri” sayesinde servis sunan firmalara göre daha kolay gerçekleştirilebilir durumdadır. Hizmet üreten firmaların etkinlik analizlerinde Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılabilir. Hizmet üretme denince akla gelen ilk servisler; eğitim, sağlık, konaklama, türü servislerdir

VZA parametrik olmayan yöntemlerden en yaygın olarak kullanılan yöntemidir [Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978]. VZA, verimlilik analizinde karşılaşılan güçlükleri giderebilecek parametresiz bir yöntemdir. Bu yöntemin sahip olduğu en önemli özellik; her karar alma birimindeki etkinsizlik miktarını ve kaynaklarını tanımlayabilmesidir. Bu özelliği ile yöntem, etkin olmayan birimlerde ne kadarlık bir girdi azaltma ve / veya çıktı miktarını artırmak gerektiğine ilişkin olarak yöneticilere yol gösterebilir. Yöntemin getirdiği en önemli yenilik, birçok girdinin kullanılarak birçok çıktının elde edildiği ortamlarda, parametrik yöntemlerde olduğu gibi önceden belirlenmiş herhangi bir analitik üretim fonksiyonu varlığının öngörülmesine gereksinim duymadan ölçüm yapılabilmesidir. Ayrıca girdi ve çıktılar, ölçüm birimlerinden bağımsızdırlar. Bu nedenle işletmenin değişik boyutlarının aynı zamanda ölçülebilmesi olanağı vardır. [Karsak ve İşcan, 2000].

Analitik Hiyerarşi Süreci’nin (AHS) karar vericiler tarafından tercih edilmesinin nedeni çok ölçütlü kararların alınmasında sübjektif kriterleri dikkate alabilmesidir. Çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarından olan AHS’de nitel faktörler başlıca öneme sahiptir. Alternatiflerin ayrıntılı değerlendirilmesinde nitel ve sayısal faktörleri birleştirebilen bir tekniktir. AHS çeşitli seviyelerde birbirinden bağımsız olan faktörlerin, içinde buldukları hiyerarşik yapıda değerlendirilmesinde kullanılır. Bu çalışmada nitel girdilerin değerlendirilmesinde kullanılacaktır. Bu çalışmada da Ankara’da buluna 4 yıldızlı otellerden bir kısmının etkinlik analizi yapılacaktır. Çalışmada AHS ve VZA modelleri bir araya getirilerek otellerin etkinliği analiz edilecektir.

### I) VZA-AHS Sıralı Hibrit Algoritma

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Veri Zarflama Analizi (VZA) modellerinin bir araya getirmek yeni bir fikir değildir. Bu metotları gerçek uygulamalarda bütünleştirmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır.

**Bowen (1990)**, AHS ve VZA metotlarını alan seçme problemi için kullanmış ve bu iki metodun benzerliklerini hem yapıları hem de sonuçları bakımından tartışmıştır. Bu metotları alan seçiminde bir araya getirmek için iki aşamalı bir yöntem önermişlerdir. İlk aşama sayısal açıdan verimli olmayan alanları ayıklamak, ikinci aşama ise AHS metodunu VZA açısından verimli alanlara uygulamaktır. Bu bütünleşmenin hem nesnel hem de öznel verilerden çifte avantaj getirmesinin yanı sıra karar vericini (Decision Maker) gerektirdiği ikili kıyaslama kararlarının sayısını indirgeyeceğini ve VZA açısından verimli alanları ayırt etmek için bir araç oluşturabileceğini ileri sürmüşlerdir

**Shang and Sueyoshi (1995)**, bir imalathaneye uygulanabilecek en uygun esnek imalat sistemini (FMS) seçmek için bir birleşik yapı önermişlerdir. Önerilen yapı ortak hedefler ve uzun vadeli amaçlardan gelecek maddi (parasal olmayan) yararların miktarını ölçmek için AHS metodu, maddi yararları analiz etmek için simülasyon modeli, potansiyel yararların farkına varmak amacıyla harcama ve kaynaklar gibi girdileri belirlemek için hesaplama yöntemi ve en verimli esnek imalat sistemini(FMS) belirlemek için de VZA metodunu kullanmışlardır.

**Seifert ve Zhu (1998) (1953–1990)**, yılları için VZA'yı Delphi, AHS ve güven alanı (AR) teknikleri gibi diğer yönetim bilimi yaklaşımları ile birleştirerek Çin endüstriyel üretkenliğinin aşırılıklarını ve hatalarını incelemişlerdir. Katkılı VZA modeli ağırlıkların Delphi ve AHS yaklaşımları aracılığıyla uzman görüşlerden elde edildikleri bir ağırlıklı ölçeğe sabit dönüşler (CRS) katkı VZA modeli ile değiştirilmiştir. Çin endüstrisinin genel performansı, endüstriyel gelişimi ve ürüne ilişkin verimliliğini araştırmak için çeşitli çoklu girdi ve çoklu çıktı setleri seçilmiştir. Araştırmaları, daha geçerli sonuçlar, içgöçüler ve tavsiyelere ulaşmak için VZA'nın diğer yöntemlerle birleştirilebileceğini göstermektedir.

**Zhang ve Cui (1999)**, Çin Devlet Bilgi Merkezi'nin Çin Devlet Ekonomik Bilgi Sisteminin (SEIS) toplam yatırımın sermaye oluşturulması, sistem bakımı, uygulama geliştirme, eğitim ve tesis alımı şeklindeki beş alt-

kaynağa bölündüğü çeşitli kısımlarındaki (alt-sistemler) yatırımları yönetmek için bir proje değerlendirme sistemi geliştirmişlerdir. Bu beş alt-kaynağın her biri dört faktöre göre daha da bölünmüş ve alt-sistemlere dağıtılmıştır: verimlilik oranı, tahmini gereklilikler, yerel kısıtlayıcılar (sosyal ve ekonomik anlamda bölgesel gelişim) ve SEIS'in stratejisinin geliştirilmesi (SEIS stratejisinde alt-sistemin konumu). Bu karar destek sisteminde VZA yöntemi SEIS'in alt-sistemlerinin göreceli verimliliklerini değerlendirmek ve 'verimlilik oranı' ve 'gereklilik' faktörleri için ağırlıklarını belirlemek için kullanılmışlardır ve AHS de makul bir yatırım dağıtım oranı ve sırasıyla 'yerel kısıtlayıcılar' ve 'stratejiler' faktörleri için alt-sistemlerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur.

**Sinuany-Stern, Mehrez ve Hadad (2000)**, çoklu girdilere ve çoklu çıktılara sahip tam olarak sıralı organizasyonel birimler için bir AHS/VZA metodolojisi sunmuştur. Teklif edilen AHS/VZA metodolojisi iki ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, VZA çifte bağlı (pairwise) bir karşılaştırma matrisi yaratmak için her çift birim için ayrı ayrı uygulanmıştır. İkinci aşamada, ilk aşamada yaratılan çifte bağlı karşılaştırma matrisi AHS üzerinden birimlerin tam olarak sıralanması için kullanılmıştır. AHS/VZA metodolojisinin avantajı AHS çifte bağlı karşılaştırmaların girdi/çıktı verilerinden çifte bağlı VZA modellerinin uygulanması ile matematiksel olarak ayrılması ve metodolojide öznel bir değerlendirmenin olmamasıdır.

**Yang ve Kuo (2003)**, tesis yerleşim tasarımı problemi için hiyerarşik bir AHS/VZA metodolojisi öne sürmüşlerdir. Kantitatif performans verilerinin toplanmasının yanı sıra yerleşim alternatifi yaratma süreci için bilgisayar destekli bir yerleşim-planlama aracı kullanılmış, niteleyici performans verilerini toplamak için AHS yöntemi uygulanmış ve son aday yerleşim alternatiflerine yol açan performans sınırlarını tanımlamak için VZA yöntemi kullanılmıştır.

**Takamura ve Tone (2003)**, Japon hükümet birimlerini Tokyo'nun dışına yerleştirmek için metodolojikel konulara odaklanarak karşılaştırmalı saha değerlendirme araştırması gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında, kriterlerin ağırlığını veya VZA modelinin güven alanını belirlemek için AHS yöntemi kullanılmıştır. VZA güven alanı modeli tarafından elde edilen sonuçların hem adaylar hem de değerlendirenler için özel değerleri olduğu öne sürülmüştür.

**Saen, Memariani ve Lotfi (2005)**, biraz homojen olmayan karar verme birimlerinin (KVB) görel verimliliğini belirlemek için VZA'yi kullanarak bir yöntem teklif etmişlerdir. Ortak çıktılar üretmek için homojen karar verme birimlerinin (KVB) ortak girdileri kullandıkları var sayılır. Ancak bu varsayım gerçek uygulamalarda her zaman doğru olmayabilir. Örneğin, tüm banka şubeleri ATM hizmeti sunmazlar. Eğer ATM hizmeti sunmayan şubelere basit bir şekilde bir sıfır değeri atanırsa, sonuçsal verimlilikler haksız ve gerçek dışı olacaktır. Saen ve diğerleri'nin yaklaşımında bir veya daha fazla özelliği (girdiler ve/veya çıktılar) olmayan karar verme birimleri (KVB) eksik değer(ler)e sahip birimler olarak ele alınmıştır. Eksik değerler AHS tarafından belirlenmiş ayarlı faktörle çarpılan bir dizi ortalama olarak yerleştirilmişlerdir. Karar verme birimlerinin(KVB) görel verimliliği daha sonra şans zorlanmış (constrained) VZA modeli ile hesaplanmıştır. Eksik değerlerin iki boyutlu tahmininin karar verme birimlerinin(KVB) eksikliğini duyduğu işlevde hem ara değeri hem de potansiyeli dikkate aldığına ve son verimlilik sonucunda taraflılığı azaltacağına inanılmaktadır.

**Liu ve Hai (2005)**, tedarikçi seçimi için oylamalı bir AHS yöntemi sunmuşlardır. Oylamalı AHS kriterlerin ağırlıklarını çifte bağlı karşılaştırmalar yaparak değil oylama yoluyla yapar. VZA yöntemi her kriterin değişik sıralama yerlerinde elde ettiği oyları her kriterin genel puanına toplamak için kullanılmıştır. Daha sonra genel puanlar kriterlerin görel ağırlıkları olarak normalleştirilmişlerdir.

**Ramanathan (2006)**, AHS'de kullanılan çifte bağlı karşılaştırma matrislerinden yerel ağırlık alternatifleri yaratmak ve yerel alternatif ağırlıklarını değişik kriterler anlamında son ağırlıklara toplamak için VZA'yi kullanan bir DEAHP yöntemi geliştirmişlerdir. VZA'nın tutarlı karşılaştırma matrisleri uygulandığında VZA'nın gerçek ağırlıkları doğru tahmin ettiği bulunmuştur. Ayrıca teklif edilen DEAHP yönteminin gereksiz bir alternatif eklendiğinde veya çıkartıldığında sıralamasının bozulmadığı da iddia edilmiştir.

**Ertay, Ruan ve Tuzkaya (2006)**, da ayrıca tesis yerleşim tasarımının (FLD) değerlendirilmesi için VZA ve AHS üzerine kurulmuş benzer bir karar-verme metodolojisi öne sürmüşlerdir. En aza indirilecek kriterler girdi olarak görülürken en fazlaya çıkartılacak kriterler çıktı olarak ele alınmıştır. Bulanık küme teorisi (fuzzy set) aracılığıyla tam ve belirsiz verileri kullanarak niceleyici verileri toplamanın yanı sıra yerleşim alternatif tasarım

süreçlerini kolaylaştırmak için bilgisayar destekli yerleşim planlama aracı olan VisFactory kullanılmıştır. Kalite ve esneklikle ilgili verileri toplamak için AHS yöntemi uygulanmıştır. Hem niceleyici hem de niteleyici verileri eş zamanlı olarak ele almak suretiyle yerleşim tasarım problemini çözmek için VZA metodolojisi kullanılmıştır.

## II) Veri Zarflama Analizi(VZA)

Veri Zarflama Analizi (VZA), doğrusal programlama prensiplerine dayanan, ve literatürde Karar Verme Birimleri(KVB) olarak geçip girdiyi çıktıya dönüştürmekten sorumlu işletme veya ekonomik kuruluşların görel verimliliğin ölçmek için tasarlanmış olan bir yöntemdir. Başka bir deyişle, VZA birçok girdi ve çıktıyı bir skaler etkinlik ölçütüne dönüştüren doğrusal programlama bazlı bir yöntemdir. Analizin temelinde benzer türden karar birimlerinin üretim etkinliklerinin değerlendirilmesi yer alır. Analize konu olacak karar birimlerinin aynı hedefe yönelik benzer işlevleri görmesi, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün birimlerin verimliliklerini nitelendiren etmenlerin, yoğunluk ve büyüklüklerdeki farklılıklar hariç aynı olması şartları aranır.

Farrell'in 1957'deki önemli çalışmasının(iki girişli ve bir çıkışlı sistemi üzerinde)uzantısı olarak Boles ve Afriat'ın matematiksel programlama önerileri olmuştur, ancak bu çalışmalar fazla dikkat çekmemiştir. Charnes ve arkadaşlarının 1978'de yayımlanan yaklaşıma VZA adını veren çalışmayla birlikte bu alan, yoğun ilgi görmeye başlamıştır. VZA metodolojisi ile ilgili olarak Seiford ve Thrall, Fried ve diğerleri, Fare ve diğerleri, Gubbin ve Ganley, Charnes ve diğerleri ve Coelli ve diğerleri incelenebilir [Tarım, 2001].

Veri Zarflama Analizi, Charnes ve diğerleri tarafından ortaya atıldığı 1978 yılından beri gittikçe genişleyen bir uygulama alanına sahip olmuştur. Seiford'un yaptığı kapsamlı bibliyografik tarama [Seiford, 1990,1996], ve Seiford ve Thrall çalışması[Tarım, 2001], VZA'nın geldiği yeri görmek bakımından önemlidir.

Charnes ve diğerleri Farrell'in tanımından hareketle kurdukları kesirli programlama modeli ve buna eş doğrusal programlama modeli, Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) Modelini çok sayıda girdi ve çıktılı olan sistemlere genişlettiler. Aynı zamanda bu yöntemi 1984 yılında Bonker, Charnes ve Cooper (BCC) genişleterek çeşitli özellikleri modele ekleyerek sonraki tüm gelişmeler için bir temel oluşturdular.

VZA ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes(1978) tarafından, kamu kuruluşlarının teknik verimliliğini ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Kamu kuruluşları için piyasa fiyatları var olmadığından, görelî performansın ölçülebilmesi için ağırlıkların belirlenmesi gereklidir. Yöntem, regresyon tekniklerin doğrudan uygulanmadığı çoklu girdi ve çoklu çıktılar içeren ve fiyatların belirsiz olduğu bu gibi üretim ilişkilerinde, girdi ve çıktıların ağırlıklarını (görece önemlerini) belirleyerek, performans karşılaştırmaları yapılmasına olanak tanır. Gerçekleştirilen ilk VZA uygulamasında (Charnes A. Cooper W. Rhodes E.(1978)), okulların verimliliklerini ölçmek hedeflemiştir.

VZA, aynı zamanda girdileri kullanarak aynı çıktıları üreten aynı tip üreticilerin verimliliğini değerlendirmek üzere kullanılmaktadır. VZA, her bir karar biriminin görelî verimliliğini, gözlemlenen girdi ve çıktıları kullanarak, ağırlıklı girdilere oranını hesaplayarak belirler. Geleneksel yöntemlerin çoklu girdi ve çoklu çıktıların değerlendirilmesi için sağlayamadıkları bütünselliği, toplam faktör verimliliği mantığı ile sağlayabilmektedir.

VZA bugüne kadar sağlık hizmetleri, eğitim, bankalar, imalat sektörü, kıyaslama, yönetim performanslarının değerlendirilmesi, restoranlar, toptancılar, kamu kurumları, ve bölgesel gelişme alanlarında görelî kaynak kullanımı verimliliği ölçümü yapmak amacıyla uygulanmıştır. Ayrıca, son yıllarda yöneylem araştırması ve yönetim bilimlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

VZA yöntemi esas olarak kesirli programlama yaklaşımı ile oluşturulur, ancak etkinlik analizi için kurulan matematiksel programlama modelinin, özel yapısı kullanılarak, kesirli programlama modelini standart çözüm bulunan doğrusal programlama modeline dönüştürmek mümkündür. Öncelikle modelin kesirli programlama biçimindeki ifadesini vererek VZA yaklaşımının özelliklerinin açıklanmasını, daha sonra da doğrusal programlamadaki ifadesiyle verilmesi uygun görülmüştür. VZA, verilen dönemlerde birden fazla girdi ve çıktıları ölçülerek bazı organizasyonel birimlerin geçmiş performansının kesitsel görüşüne dayanır. Pareto düşüncesine göre birimleri iki grupta **verimli** ve **verimsiz** olarak sınıflandırılır. Basit durumda verimlilik  $Y/X$  den hesaplanır. Y çıktılar, X ise girdilerdir.



### VZA Modeli

$$e_k = \max \sum_{r=1}^t u_r y_{rk}$$

Kısıt

$$\sum_{i=1}^t v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r \geq 0, \quad v_i \geq 0$$

$$r = 1, 2, \dots, t, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Bu modele göre; K karar verme birimi(KVB)\* etkin ise amaç fonksiyonunun değeri 1'e eşit olur. Etkinliği ölçülen karar verme birimi etkin değilse, bu durumda amaç fonksiyonunun değeri 1'den küçük olacaktır. ( $DMU_k$ ,  $x_{ik}$  ( $i=1,2,\dots,m$ ) girdileri,  $y_{rk}$  ( $r=1,2,\dots,t$ ) çıktıları göstermektedir.

Sonuçta n doğrusal program çözümünde  $e_1, e_2, e_3$  miktarları bulunmaktadır. Grupta miktarları 1'e eşit olanlar verimli ve bazıları da 1'den küçük ve verimsiz birer karar birimidirler. VZA yönteminde çözülen problemde sadece verimlilik yönünden incelenmektedir. Ama tam olarak hiyerarşi yapılmamaktadır. Bu problemde VZA metodunun eksik yönüdür.

#### A) VZA'nın Uygulanmasındaki Amaçlar

- Karşılaştırılan birimlerin her biri için girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birinde görece etkinliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi,
- Etkinliğe göre birimlerin sınıflandırılması,
- Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi,

---

\* Decision Making Unit

- Birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliği ayırt etmek,
- Değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulması. Bu yeniden atama politikalarının genel amacı, sınırlı kaynakları istenilen çıktıları üretmekte daha etkin kullanılacak birimler arasında değiştirmektir.
- Birimler arasındaki karşılaştırma ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıkıtı ilişkilerinin belirlenmesi,
- Spesifik girdi-çıkıtı ilişkileri için yürürlükteki standartların gerçekleşen performansla göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi,
- Önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılması.[ERKUT &POLAT, 1993]

#### **B) Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)**

AHS, 1970'lerin sonlarında Saaty tarafından geliştirilmiştir. AHS'nin karar vericiler tarafından tercih edilmesinin nedeni çok ölçütlü kararların alınmasında subjektif kriterleri dikkate alabilmesidir. Çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarından olan AHS'de nitel faktörler başlıca öneme sahiptir. Alternatiflerin ayrıntılı değerlendirmesinde nitel ve sayısal faktörleri birleştirebilen bir tekniktir. AHS çeşitli seviyelerde birbirinden bağımsız olan faktörlerin, içinde buldukları hiyerarşik yapıda değerlendirilmesinde kullanılır.

AHS, insanoğlunun karmaşık bir problemi nasıl algılayıp biçimlendirdiğini gözler önüne seren bir modeldir ve çeşitli gözlemler sonucunda oluşturulmuştur. Bu gözlemlerden biri, kişilerin bu tip durumlarda öğeleri gruplandırıp problemi hiyerarşik olarak parçalara ayırma işlemidir. Söz konusu parçalama kişiden kişiye farklılık gösterebilir; ancak kişiler bir sorunu aynı şekilde yargılıyorlar ise çözüm de yaklaşık aynı olacaktır.[Evren, 1992]

AHS genel olarak şu tür problemlere uygulanabilmektedir [Saaty, 2001].

- Önceliklerin belirlenmesi

- Seçenek kümesi oluşturma
- En iyi politika seçeneğini seçme
- İhtiyaçların belirlenmesi
- Kaynak tahsisi
- Risk değerlendirme
- Performans ölçme
- Sistem tasarlama
- Eniyileme
- Planlama
- Çatışma çözümü
- Sistem dengesini sağlama
- Maliyet ve yararları kullanımına karar verme

Bu yöntem üç temel ilkeye dayanmaktadır [ Mollaghasemi, 1997]:

- Ayrışma ilkesi
- Karşılıklı yargılama ilkesi
- Önceliklerin bileşimi (sentezi) ilkesi

### C) AHS' nin avantajları

Saaty'ye göre AHS'nin esas özellikleri ve avantajları [Daneshvar, 2004]:

1- **Model tekliği ve benzersizliği**<sup>†</sup>: AHS birçok karar verme problemine uygulanabilecek nitelikte anlaşması kolay olan esnek bir yöntemdir.

2- **Karmaşıklık**<sup>‡</sup>: AHS karar verme sürecinde kullanılan faktörlere ilişkin hem yerel hem de küresel ağırlıkları incelemeye fırsat verir.

3- **Bağımlılık**<sup>§</sup> : AHS'de tek yönlü bir bağımlılık söz konusudur.

---

<sup>†</sup> Unity

<sup>‡</sup> Complexity

<sup>§</sup> Interdependence

4- **Hiyerarşik yapılanma**<sup>\*\*</sup> : AHS karar verme problemlerinin hiyerarşik yapılanmasında birinci seviyede amaç, ikinci seviyede faktörler, üçüncü seviyede de alternatifler yer alır.

5- **Ölçme**<sup>††</sup> : AHS, karar verme sürecinde kullanılan faktörleri ikili karşılaştırmalar kullanarak ölçer ve her faktör ve alt faktör için bir ağırlık değeri hesaplar.

6- **Uyumluluk**<sup>‡‡</sup> : AHS, karar verme sürecinde kullanılan ikili karşılaştırma karar matrisinin tutarlılığını inceler ve daha hassas ve mantıklı sonuçlar alınmasını sağlar.

7- **Birleştirmek**<sup>§§</sup> : AHS her alternatif için bir öncelik değeri hesaplar.

8- **Ödünleşim**<sup>\*\*\*</sup> : AHS, karar verme sürecinde kullanılan faktörlere bağlı olarak alternatif önceliklerini belirler ve sonucunda bu öncelikleri birleştirir.

9- **Yargı ve Grup uyumu**<sup>†††</sup> : AHS karar verme sürecinde birden fazla karar vericinin yargılarını birleştirmeye imkân sağlar.

10- **Sürecin Tekrarı**<sup>††††</sup> : AHS karar vericilerinin yargılarını karar verme sürecinde değiştirmesine imkân sağlayan esnek bir yöntemdir, ayrıca karar verme sürecinde kullanılan faktör ve alt faktörlerin değiştirilmesine de imkan sağlar.

#### D) AHS' de temel ölçek kullanımı

Kişilerin bir soruna ilişkin bilgi düzeyleri arttıkça, söz konusu sorunun daha tutarlı bir şekilde modelini oluşturmaları beklenir. İkili karşılaştırmalar kişinin, soruna ilişkin olabildiğince bilgi kullanıp, tutarlılığını arttırmasına yardımcı olur. İkili karşılaştırmalar yapılırken yargılama için aşağıdaki çizelgede verilen ölçek kullanılır. Thomas L. Saaty tarafından ortaya atılan, "1-9 ölçeği" olarak adlandırılan ve daha sonra AHS çerçevesinde kullanılan görelî önceliklendirme ölçeği Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bu çizelge sayesinde ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmaktadır [Saaty, 1980].

---

\*\* *Hierarchy Structuring*

†† *Measurment*

‡‡ *Consistency*

§§ *Synthesis*

\*\*\* *Tradeoffs*

††† *Judgment and Consensus*

†††† *Process Repetition*

**Tablo: 1**  
**AHS'de kullanılan temel ölçek ve tanımları**

Önem Derecesi	Göreceli Önemi	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenekte eşit derecede öneme sahip
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

#### E) İkili karşılaştırmalar matrisi

İkili karşılaştırmaları elde etmek için göreceli veya mutlak ölçümler kullanılır. Bunlardan elde edilen bilgilere göre AHS'de yargılar bir matrise dönüştürülür.  $a_{ij}$ , i. özellik ile j. özelliğin ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilecek olursa, genel olarak ikili karşılaştırma matrisi;

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

olur.  $a_{ji}$  ise, j. özellik ile i. özelliğin karşılaştırma değeridir. Bu değer  $a_{ij}$  değeri verilmişse;  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  eşitliğinden elde edilir. Bu özelliğe karşılık olma özelliği denir. Yukarıdaki ikili karşılaştırma matrisinin çözümünden elde edilecek öncelik veya özdeğer vektörü  $W=(w_1, w_2, \dots, w_n)$  ile gösterilir.  $w_i$ , öncelik veya özdeğer olarak tanımlanır. Bu değerlerden  $W^*$  matrisi elde edilir.

$$W^* = \begin{vmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{vmatrix}$$

Eğer sonuçlar tutarlı ise A ve  $W^*$  matrislerinin elemanları arasında çok büyük farkların olmaması gerekir.

İkili karşılaştırma matrisinin temel özellikleri [Dağdeviren, 2002]:

1. Temel ölçek olarak AHS'de 1-9 skalası kullanıldığı için A matrisinin öğeleri daima pozitif ve kare matris olacaktır. Yani ikili karşılaştırma matrisi pozitif değerlerden oluşmaktadır.

$$a_{ij} > 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

2. İkili karşılaştırma matrisi veya yargı matrisi eğer tam tutarlı ise aşağıdaki eşitliği sağlar .

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n$$

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = \left(\frac{w_i}{w_j}\right) \cdot \left(\frac{w_j}{w_k}\right) = \frac{w_i}{w_k} = a_{ik} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n$$

Bu özelliğin yani tam tutarlılığın göreceli karşılaştırmalarda elde edilmesi oldukça zordur. Bu nedenle AHS'de ağırlıkların veya öncelik vektörünün hesaplanmasında bazı farklı yöntemler kullanılmaktadır. Eğer A matrisi tam tutarlı ise öncelik veya ağırlık vektörlerini elde etmek oldukça kolaylaşmaktadır.

3. Eğer A matrisi tam tutarlı ise herhangi bir satırından matrisin diğer tüm öğeleri kolaylıkla elde edilebilir.

4. Toplam olarak  $C(n,2)$  kadar karşılaştırma yapılıır. Örneğin 7 alternatifli bir durum için karar verici 21 ayrı ikili karşılaştırma yapacaktır.

5. Bu matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör matrisi AHS'de ağırlık veya öncelik vektörü olarak adlandırılır.

6. A matrisinin köşegen değerleri 1'e eşittir.

### F) AHS'nin teorik temelleri

Saaty tarafından literatüre kazandırılan bu yöntem bir dizi aksiyom ve teoremlerden oluşmaktadır [Dağdeviren, 2002]:

**Aksiyom 1 (karşılık olma):** Eğer bir a kriteri b kriterine göre x kez daha önemli ise, b kriteri de a'ya göre 1/x kez daha önemlidir.  $a_{ij}=x$  ise  $a_{ji}=1/x$ 'dir.

**Aksiyom 2 (homojenlik):** İkili karşılaştırmalarda a ve b kriterleri için biri diğerine göre  $\infty$  kez üstün kabul edilemez. Yani  $a_{ij} \neq \infty$  ( $\forall i$  ve  $j$ 'ler için) dir. Kullanılan ölçek 1-9 aralığında olduğu için  $a_{ij}$  değerleri de 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 7, 8, 9 aralığında bir değer olacaktır.

**Aksiyom 3 (bağımsızlık):** Kriterler kendi aralarında ve alternatiflerden bağımsızdır.

**Aksiyom 4 (beklenti):** Bir karar problemi hiyerarşik yapıda sunulabilir.

### III) Matematiksel Model

VZA-AHS sıralı tekniği iki aşamalı bir metottur. Birinci aşamada VZA ile birimlerin ikili karşılaştırması, ikinci aşamada ise birinci aşamada bulunan sonuçların AHS ile tam hiyerarşisi yapılır.

**1.Aşama:** K ( $k=1,2,\dots,n$ ) no'lu karar biriminin (KVB) değerlendirilmesi gerekir. Her KVB, m çeşit girdiyi s çeşit çıktı üretimi için kullanır. VZA-AHS sıralı tekniğinde Bu durumda 1 ve 2 için olan VZA'nın LP formulasyonu kurulacaktır.

Eğer iki birim ele alınırsa, yani 1.birim ve 2.birim birbiriyle karşılaştırıldığında:

$$E_{k,k'} = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$$

s.t

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk'} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik'} \leq 0$$

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

$$k' = 1, \dots, n \quad k = 1, \dots, n \quad \text{ve} \quad k \neq k'$$

$X_{ik}$  : k karar birimi tarafından üretilen i.girdi

$Y_{rk}$  : k karar birimi tarafından üretilen r. çıktı

$e_{k,k'}$  : k karar birimin verimliliği k' karar birimiyle karşılaştırıldığında

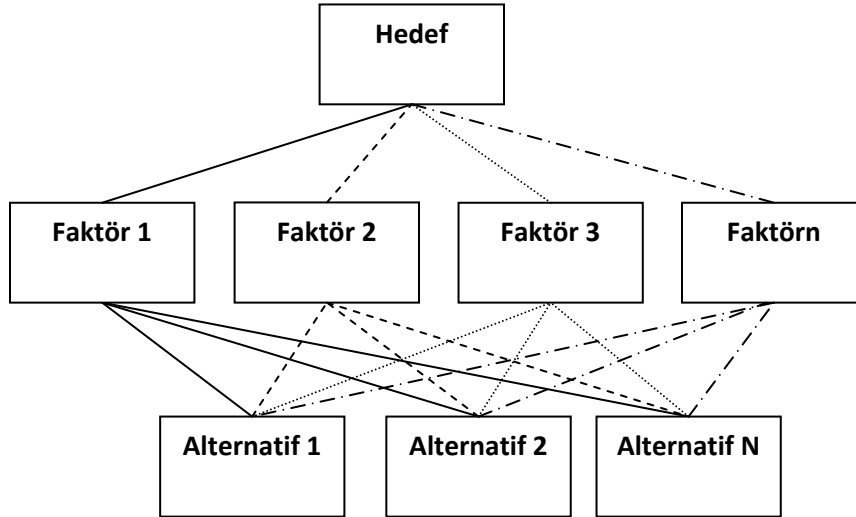
$u_r$  : k karar birimi tarafından r.çıkıya verilen ağırlık

$v_i$  :k karar birimi tarafından i.girdiye verilen ağırlık

KVB'lerin birbirine göre ikili karşılaştırması yapılır.

VZA-AHS sürecinin ikinci aşamasında iki seviyeli AHS modeli verilmiştir.

**2.Aşama:**



**Şekil: 1**  
**İki Seviyeli AHS**



AHS hiyerarşisi inşa edildikten sonra izleyen aşama AHS hiyerşisindeki faktör ve alt faktörler için ikili karşılaştırmalı matrislerin oluşturulmasıdır. Bu aşamada kullanılan algoritmanın adımları şöyledir:

*Adım1:* İkili karşılaştırmalı matrisin elemanları  $a_{k,k'} = e_{k,k'} / e_{k',k}$  formülünden elde edilir.

*Adım2:* Bunu takiben adım 1'deki matriste her bir eleman o sütun toplamına bölünür

(A') matrisi :  $a'_{k,k'} = a_{k,k'} / \sum_{k=1}^n a_{k,k'}$  elde edilen matris normleştirilmiş matristir.

*Adım 3:* Satırlar toplanarak, sütun vektörü elemanları bulunur.

$$(A'') a''_k = \sum_{k=1}^n a'_{k,k'}$$

*Adım 4:* Sütun vektörü normalize edilir. (A''')  $a'''_k = a''_k / \sum_{k=1}^n a''_k$

#### IV) Ankara'daki Oteller arası VZA-AHS Sıralı Hibrit Algoritmasının Uygulanması

Ankara'da Turizm Bakanlığının belirlemiş olduğu toplam yirmi bir tane dört yıldızlı otel vardır. Bu oteller verdikleri servis kalitesi ve tesis olanaklarıyla dört yıldız hak etmişlerdir. Bu oteller; IC Otel Tetra, Class Otel, Capital Plaza Otel, Gazi Park Otel, Otel Dedeman Ankara, Houston Otel, Otel İçkale, Otel Midi, Ulaşan Otel, Radisson Sas Otel, Büyükhanlı Park Otel, Best Western Otel, Akar International Otel, Midas Otel, Best Otel, Patalya Thermal Resort, Ankara Plaza Otel, Ramada 2000, Gürkent Otel, Best Apart Otel ve Patalya Lakeside Resort'tur.

Dört yıldızlı olan tüm otellerden aynı servisi sağlamaları beklenmemelidir. İşletmelerin yönetim şekli malzemede kullanılan malzeme kalitesine kadar her şey işletmenin servis kalitesini etkilemektedir. Sonuç olarak, bunca değişkenin olduğu otelcilik sektöründe karar noktaları olarak tasvir edebileceğimiz girdi ve çıktılarının etkinliğini ölçmek oldukça güçtür.

Otel işletmesinin içinde departmanlar arası karar mekanizmalarının etkinliğini ölçmek ya da eşlenik oteller arası girdi ve çıktılarının etkinlik analizini yapmak Veri Zarflama Analiziyle mümkündür. Gizlilik prensibinden dolayı, birbirine en yakın sekiz otel seçilmiş ve H1, H2... H8 olarak belirtilmiştir.

Etkinlik ölçülmesi, VZA-AHS sıralı hibrit algoritması kurulduktan sonra, model LINDO Paket programı ile çözülmüştür. Sonuçlar Çizelge 2’de gösterilmiştir.

**Tablo: 2**  
**Otellere ait girdiler ve çıktılar**

		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
G1	Yatak Sayısı	102	250	638	240	161	240	83	190
G2	Çalışan Sayısı	35	50	110	53	40	50	32	45
G3	Restaurant Kapasitesi	500	620	800	275	180	300	150	180
G4	Konferans Salonu Kapasitesi	100	500	1800	500	550	400	150	960
Ç1	Müşteri Memnuniyeti	8	7	8	6	7	5	4	8
Ç2	Oda Doluluk Oranı	65%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	55%
Ç3	Gelir(*10000)TL	10.30	20.50	40.00	18.20	1.10	1.15	90	1.80

Girdileri ve Çıktıları Çizelge 2’de belirtildiği gibi algoritmada yerine koyduktan sonra görülüyor ki; ilk sırada H8 diğer otellerle kıyaslandığında en etkin otel olarak ön plana çıkmıştır.

Veri Zarflama Analizi sonucuna göre tüm Oteller etkin çıkmıştı. Hangi otelin en etkin olduğunu bulabilmek için VZA-AHS hibrit algoritmayı kullanıp, sonuçlar ise Çizelge 3’de gösterilmiştir.

**Tablo: 3**  
**Otellere ait etkinlik sırası**

Otel	VZA-AHS	Sıra
H1	0,1112	4
H2	0,1213	2
H3	0,1213	2
H4	0,1213	2
H5	0,1213	2
H6	0,1184	3
H7	0,1096	5
H8	0,1757	1

## SONUÇ

Bu çalışmada etkinlik ölçümü süreci çok ölçütlü karar verme yöntemleri bütünlük ele alınmış ve değerlendirme süreci için farklı algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritmada parametrik olmayan VZA yöntemi ve çok ölçütlü karar verme yöntemi olan AHS ile farklı bir algoritma geliştirmiştir.

Dünyada servis sektörü gibi çıktıya yönelik sektörlerde, kamu kurumlarında Veri Zarflama Analizi kullanılmaktadır. Girdilerin ve çıktılarının etkinliğini ölçmek ve departmanlar arası ya da şirketler arası kıyaslamayı sağlamak için kullanılan VZA, AHS ile desteklenince kesin sonuca ulaştırmaktadır.

Ankara'daki dört yıldızlı otellerin sekizinde yapılan çalışma sonucunda yatak sayısı, çalışan sayısı, restoran kapasitesi, konferans salonu kapasitesi girdilerinin; otelin gelirin, oda doluluk oranına ve müşteri memnuniyetine yansımaları gözlemek amacıyla Veri Zarflama Analizi yapılmıştır.

- VZA-AHS sıralı hibrit algoritmasının sahip olduğu en önemli özellik, Hem VZA yöntemi hem de AHS yöntemi birçok alanda yaygındır, ancak VZA-AHS sıralı hibrit algoritması iki modelin zayıf noktalarını tamamlamıştır. Yani hem gerçek verilerle hemde sıralama özelliğiyle, etkinlik değerlendirme açısından yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur.
- VZA-AHS'nin sonuçları yönetsel açıdan son derece önemli bilgiler içerir. VZA-AHS sıralı hibrit algoritması incelenen setteki her karar biriminin değerlerine göre etkinlik skorunu verir. Böylece, etkinlik skoru düşük olan karar birimleri belirlenir ve bunların etkinliklerinin ne ölçüde artırabileceğine ilişkin veriler elde edilir ve yönetimin dikkatini etkinliği en düşük olan birimler üzerine toplayabilir. Yönetim, eğer bir karar biriminin etkinlik skoru düşük olursa, birimin etkinliğini artırabilmek için gerekli olan stratejileri etkinliği yüksek olan karar birimlerine referans vererek önerir. Bu bilgiler ışığında yönetim, etkinlik skoru düşük olan karar birimlerinin hangi girdileri gereğinden ne kadar fazla kullandığını, hangi çıktılar açısından ne ölçüde yetersiz üretim yaptığı ve etkinlik skorunun yükselmesi için ne yapılması gerektiği hakkında değerlendirme yapılabilir.

- Pratikte VZA ve AHS yöntemlerinin ikisi de kullanılır. Her ikisinin de sınırlaması vardır. VZA-AHS sıralı Hibrit algoritma bu yöntemler arasındaki en anlamlı algoritma çünkü her iki yöntemdeki sorunlardan uzaklaşır. Bunun sebebi ise birimlerdeki somut girdi ve çıktı verileriyle çalışıyor olmamız ve hesaplama sürecinde herhangi bir subjektif değerlendirme içermemesidir.

*VZA-AHS sıralı hibrit algoritması, girdi ve çıktıların doğru seçilmesi halde anlamlı ve etkin bir araçtır. Algoritmanın avantajları şöyle özetlenebilir:*

- VZA-AHS sıralı hibrit algoritması çok girdi ve çok çıktılı sistemlere uygulanabilir.
- VZA-AHS sıralı hibrit algoritması karar birimleri arasında verimli ( $h_k = 1$ ) veya verimsi ( $h_k < 1$ ) harici, **anlamlı** bir şekilde karar birimler arasında etkilik sıralaması yapar.

### KAYNAKÇA

- BOWEN, W. M. 1990., Subjective judgments and data envelopment analysis in site selection. *Computers, Environment and Urban Systems*, 14(2):133–144.
- CHARNES, A., W., W., Cooper, Rhodes, E., (1978), .Measuring The Efficiency Of Decision Making Units., *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 429-444.
- CHARNES, A. Cooper, W., Lewin, A.Y. ve Seiford, L.M.1994., ‘‘Data Envelopment Analysis’’. Kluwer Academic Publihers, USA.
- ERKUT, H., Polat, S. 1993., ‘‘Türk Sanayinde Verimlilik Analizi İçin Simulasyon Modeli’’ Yayınlanmamış Araştırma Projesi Raporu, İ.T.Ü., İstanbul
- EVREN, Ramazan ve F. Ülengin, 1992., ‘‘Yönetimde Karar Verme’’, İTÜ Matbaası, İstanbul, 5–6, 48, 59.
- KARSAK, E.E., İşcan, F., 2000., ‘‘Çimento Sektöründe Göreli Faaliyet Performanslarının Ağırlıklı Kısıtlamaları Ve Çapraz Etkinlik Kullanılarak Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi’’ *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt:11, Sayı:3 Sayfa:2-10
- LIU F. H., H. L Hai, The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier, *Int. J. Pr. Eco.* 97(3) (2005) 308–317.
- RAMANATHAN R., Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process, *Comp. Op. Res.* 33(5) (2006)1289–1307.
- SAATY, L.T., Vargas, L.G., 2001., ‘‘Prediction, Projection and Forecasting’’, Boston, Kluwer Academic Publishers :12-13.
- SAATY, T. L. 1980., ‘‘The analytic hierarchy process’’. New York: McGraw-Hill.
- SAEN ET al., 2005 R.F. Saen, A. Memariani and F.H. Lotfi, Determining relative efficiency of slightly non-homogeneous decision making units by data envelopment analysis: A case study in IROST, *Applied Mathematics and Computation* 165 (2) (2005), pp. 313–328.
- SEIFERT and Zhu, 1998 L.M. Seifert and J. Zhu, Identifying excesses and deficits in Chinese industrial productivity (1953–1990): A weighted data envelopment analysis approach, *Omega* 26 (2) (1998), pp. 279–296.
- SEIFORD, L., Thrall, R., 1990., ‘‘Recend Developments in DEA Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis’’, *Journal Of Econometrics*, 46:7-38.
- SEIFORD L.M., The evolution of the state-of-art (1978-1995). *J. Pr. Anal*, 7 (2,3) (1996) 99-137.
- SEIFORD, L., 1996., ‘‘Non –discretionary Inputs in DEA’’, *European Journal Of Operation Reseach* , 7:99-138 .
- SHANG J., T Sueyoshi, 1995., ‘‘A united framework for the selection of a flexible manufacturing system’’, *Euro. J. Op. Res.* 85(2) 297–315.

- SINUANY-STERN, Z., Mehrez, A., & Hadad, Y. 2000., “An AHP/DEA methodology for ranking decision making units”. *International Transactions in Operational Research*, 7(2): 109–124.
- TAKAMURA Y., K.Tone, A comparative site evaluation study for relocating Japanese government agencies out of Tokyo, *Soc. Eco. Pl.* 37(2) (2003) 85–102.
- TARIM, A., 2001., ‘Veri zarflama analizi: Matematiksel programlama tabanlı görelî etkinlik ölçüm yaklaşımı’,: Sayıştay Yayınları, Araştırma serisi No.15 :1-27, 45-84, 151-158.
- WANG Y.M, J. Liu, T.M.S. Elhag, An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment, *Comp. Ind. Eng.* (2007) 1-13.
- YANG T., C. Kuo, A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, *Euro. J. Op. Res.* 147(1) (2003)128–136.
- ZHANG X. S., J. C. Cui, 1999., “A project evaluation system in the state economic information system of China”: An operations research practice in public sectors, *Int. Tr. Op. Res.* 6(5) 441–452.