



VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE BİRİMLERİN SIRALANMASI İÇİN YENİ YAKLAŞIMLAR

Proje No: 109T337

Prof.Dr. Hasan BAL

EYLÜL 2011
ANKARA

ÖNSÖZ

Bu çalışma klasik VZA ile karşılaştırıldığında daha az sayıda etkin birim sayısına sahip yeni VZA temelli sıralama modellerinin geliştirilmesi üzerinedir. Ayrıca geliştirilen bu modeller yardımı ile ülkemizdeki illere yönelik alternatif bir etkinlik sıralaması da elde edilmiştir. İlgili proje TÜBİTAK ARDEB tarafından 1001 kodlu projeler kapsamında desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Özet.....	5
Abstract.....	5
1. Giriş.....	6
2. Genel Bilgiler.....	7
3. Gereç ve Yöntem.....	8
3.1. Veri Zarflama Analizi.....	9
3.2. Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	10
3.2.1. Charnes Cooper Rhodes (CCR) Modeli.....	10
3.2.2. Banker Charnes Cooper (BCC) Modeli.....	15
3.2.3. Süper Etkinlik Sıralama Yöntemi.....	16
3.2.4. Çapraz Etkinlik Sıralama Yöntemi.....	17
3.2.5. Çok Kriterli Veri Zarflama Analizi Modeli.....	20
3.3. Önerilen Öncelikli Hedef Programlama Modeli.....	23
3.4. Önerilen Ağırlıklı Hedef Programlama Modeli Sıralama Yaklaşımı.....	25
3.5. Önerilen Gerçekleşen Girdi ve Çıktıya Dayalı Veri Zarflama Analizi Sıralama Modeli.....	26
3.6. CVDEA Sıralama Yöntemi.....	27
3.7. Temel Bileşenler Analizi ile Birimlerin Sıralanması.....	28
3.8. Modifiye Edilmiş Temel Bileşenler Analizi ile Birimlerin Sıralanması.....	30
3.9. Çok Boyutlu Ölçekleme Yöntemi Algoritmasının TBA'ya Entegre Edilmesi.....	30
4. Bulgular,Tartışma ve Sonuç.....	31
Kaynaklar.....	37
Ekler.....	39
Ek-1.....	39
Ek-2.....	47

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Çıktı ve Girdi Değişkenleri	31
Tablo 2. Özetleyici İstatistikî Bilgiler	32
Tablo 3. Önerilen Modellerin Sıralama Sonuçları.....	33-34
Tablo 4. Yöntemlerin Süper Etkinlikle Arasındaki Spearman'ın Sıra Korelasyon Değerleri	35
Tablo 5. Yöntemler ile DPT Sıralaması Arasındaki Spearman'ın Sıra Korelasyon Değerleri	35
Tablo 6. 81 İlimizin Girdi ve Çıktı Değişkenleri Bakımından Aldıkları Değerler	47-48

ÖZET

Veri Zarflama Analizi (VZA), karar verme birimlerini (KVB) görel olarak bir bütün içinde karşılaştırma yaparak değerlendirip, etkin olan veya olmayan karar verme birimi şeklinde iki sınıfa ayıran, etkin olmayan karar birimi için de etkinsizliğin kaynaklarını ve miktarını belirleyerek karar vericilere yardımcı olan yaklaşımlar bütünüdür. VZA çok çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde uygulanan ve 1978'den bu yana birçok teknikle de etkileşim halinde olan bir yöntemdir. Bu kadar yaygın kullanım alanına sahip olmakla birlikte bazı eksiklikleri de vardır. Bunlardan en önemli olanı, etkin birimlerin ayırt edilememesi ve gerçekçi olmayan ağırlık dağılımı problemidir. Bu çalışma klasik VZA ile karşılaştırıldığında daha az sayıda etkin birim sayısına sahip sıralama modelleri geliştirilmesi üzerinedir. Bu çalışmadaki modeller çapraz etkinlik modeli, çok kriterli VZA modeline alternatif olarak düşünülen ağırlıklı hedef programlama VZA sıralama modeli, ağırlıkların değişim katsayılarının en küçük yapılmaya çalışıldığı CVDEA modeli, her bir ağırlıklı çıktı ve ağırlıklı girdi toplamının sırasıyla çıktı ve girdi bileşenlerine yaklaştırıldığı modelleri kapsamaktadır. Ayrıca klasik VZA ve önerilen VZA tabanlı yeni modeller ülkemizdeki illerin etkinliğinin araştırılmasında da kullanılmıştır.

ABSTRACT

Data Envelopment Analysis (DEA) is a sum of approaches which evaluates the decision making units in a globe by comparing relatively and dividing them into two parts as efficient and inefficient, and then helps the decision makers for the inefficient units in determining the degree of inefficiency of the sources. DEA has found a widespread applications in diverse areas and also perpetuated interactively its development with many techniques since 1978. Although DEA has a wide range of applications, it has also some drawbacks. Two of first considered drawbacks are the problems of indiscrimination of efficient units and unrealistic dispersion of weights. This study is based on developing ranking methods which have fewer efficient units compared with the classical Data Envelopment Analysis (DEA). Models planned in this study are as follows: the cross efficiency model, the weighted goal programming DEA ranking model recognized as an alternative to multiple criteria DEA, the CVDEA model minimizing the dispersion of weights and the model which closes each weighted output (input) component to weighted output (input) sum, and hence providing a contribution to efficiency account of each output (input) component proportional to the output

(input) values. Moreover, the classical DEA and proposed new models will be used for the investigation of efficiency of all provinces in our country.

1. GİRİŞ:

Veri Zarflama Analizi (VZA), karar verme birimlerini (KVB) görel olarak bir bütün içinde karşılaştırma yaparak değerlendirip, etkin olan veya olmayan karar verme birimi şeklinde iki sınıfa ayıran, etkin olmayan karar birimi için de etkinsizliğin kaynaklarını ve miktarını belirleyerek karar vericilere yardımcı olan bir tekniktir. VZA çok çeşitli alanlarda uygulanan ve 1978'den bu yana birçok teknikle de etkileşim halinde olan bir yöntemdir. Bu kadar yaygın kullanım alanına sahip olmakla birlikte bazı dezavantajları da vardır. Bunlardan en önemli olanı, etkin birimlerin ayırt edilememesi ve gerçekçi olmayan ağırlık dağılımı problemidir.

Bu çalışmada klasik VZA ile karşılaştırıldığında daha az sayıda etkin birim sayısına sahip sıralama modelleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Birimlerin sıralanması veya birbirinden ayırt edilebilmesi her zaman güncelliğini koruyan bir konudur. Örneğin, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) düzenli olarak sosyo-ekonomik değişkenler bazında ülkelerin ve ülkemizdeki illerin performans sıralamasını yayınlamaktadır. DPT sıralama işlemini çok değişkenli bir analiz yöntemi olan temel bileşenler analizi ile yapmaktadır. Temel bileşenler analizinin ana amacı, çok sayıda birbiri ile ilişkili olan değişkenlerden bağımsız veri grupları (faktörler) elde etmek, yani, boyut indirgemektir. Elde edilen birbirinden bağımsız faktörler sıralama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Temel bileşenler analizinin uygulanabilmesi için çok değişkenli normal dağılım gibi bazı istatistiksel varsayımların sağlanması gerekmektedir. Veri zarflama analizi ve veri zarflama analizinden türetilen sıralama modelleri ise, veri üzerinde herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymamaktadır. Klasik veri zarflama analizine dayalı sıralama modellerinin de önemli eksiklikleri vardır. Örneğin, süper etkinlik sıralama modelinin bazı durumlarda çözümsüz olması, çapraz etkinlik modelinin klasik VZA'daki çoklu optimal çözümlerden olumsuz etkilenmesi gibi.

Bu çalışmanın amacı ülkemizdeki illerin sosyo-ekonomik performanslarının herhangi bir ön varsayıma gerek duymayan VZA yöntemi ile ele almak, illerin sosyo-ekonomik performans sıralamasını yeni önerdiğimiz ve literatürde de yayınladığımız yöntemlerle değerlendirmek ve karar vericilere objektif politikalar sunmaktır.

İncelenen modeller çapraz etkinlik modeli, çok kriterli VZA modeline alternatif olarak düşünülen ağırlıklı hedef programlama VZA sıralama modeli, ağırlıkların değişim

katsayılarının en küçük yapılmaya çalışıldığı CVDEA modeli, her bir ağırlıklı çıktı ve ağırlıklı girdi toplamının sırasıyla çıktı ve girdi bileşenlerine yaklaştırıldığı modelleri kapsamaktadır. Çalışma, etkin Karar Verme Birimlerinin kendi içlerinde sıralanmasında kullanılan Süper Etkinlik Yöntemiyle, literatürdeki diğer yaklaşımlara göre daha iyi uyum gösteren önerdiğimiz yaklaşımlar ile Çok Değişkenli İstatistiksel tekniklerden yararlanılarak geliştirilen birimlerin sıralamasıyla ilgili olan yaklaşımları da kapsamaktadır.

Ayrıca klasik VZA ve önerilen VZA tabanlı yeni modeller illerin etkinliğinin araştırılmasında kullanılmıştır. İllerin etkinliğinde ise ele alınan değişkenler şehirleşme oranı, ücretli çalışanların toplam istihdama oranı, işverenlerin toplam istihdama oranı, okur-yazar nüfus oranı, onbin kişiye düşen hekim sayısı, banka şubesi sayısı, kırsal yerleşmelerde asfalt yol uzunluğu, yeterli içme suyu götürülebilen nüfus oranı v.b. değişkenleridir. Önerilen modeller yardımı ile illerin etkinlikleri ve sıralanmaları üzerine objektif yaklaşımlar sunulmaya çalışılmıştır. Araştırma verileri 2009 yılını kapsamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER:

Klasik VZA' nın en önemli dezavantajlarından biri etkin birimlerin ayırt edilememesi problemidir. Zayıf ayırt edilebilme gücü problemi, çoğunlukla değerlendirme altındaki karar verme birimlerinin (KVB) sayısının, girdi ve çıktıların toplam sayısı ile mukayese edildiğinde yeterli büyüklükte olmamasından meydana gelir. Bu durumda, çoğunlukla klasik VZA modelleri çok fazla sayıda KVB'lerin etkin olduğunu belirten çözümler verir. Birbirine bağımlı olan bu iki problem birçok uygulamada sıklıkla aynı zamanda meydana gelmektedir. Bu çalışmada VZA alanında geliştirdiğimiz yeni yaklaşımlar yardımı ile bu tür problemler giderilmeye çalışılmıştır. Birimlerin sıralanması ve buna bağlı olarak performans geliştirme küçük bir firmadan ülkelere kadar her organizasyonel birimin vazgeçilmez uğraşısı ve problemidir. Yukarıda da belirtildiği gibi ülkemizde Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) düzenli olarak sosyo-ekonomik değişkenler bazında temel bileşenler analizini kullanarak ülkelerin ve ülkemizdeki illerin gelişmişlik sıralamalarını yayınlamaktadır. Bu raporlar yardımıyla ülkemizde illerin durumları incelenmekte ve performans iyileştirme politikaları geliştirilmektedir. DPT bu analizleri temel bileşenler analizi ile yapmaktadır. Temel bileşenler analizinin sıralama amaçlı kullanımı için çeşitli varsayımların olması ve elde edilen sonuçların yorumlama eksikliği nedeniyle birimlerin performanslarını iyileştirmede sınırlı kalmaktadır. Veri zarflama analizi ve veri zarflama analizinden türetilen sıralama

modellerinin ise veri üzerinde herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymaması ve performans geliştirmede yorumlama ve politika geliştirme kolaylığı bu yöntemleri her zaman güncel kılmaktadır. Klasik veri zarflama analizinin ve literatürde önerilen sıralama modellerinin de önemli eksiklikleri vardır. Bu çalışma ile Klasik VZA'nın bu olumsuzlukları giderilmiştir ve özellikle de sosyo-ekonomik uygulamalarda etkin olarak kullanılabilecek yeni VZA temelli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Ayrıca birimlerin sıralanması üzerine olan literatürdeki Çok Değişkenli Analiz temelli yöntemler kullanılmış ve Süper Etkinlik Yöntemiyle uyumları karşılaştırılmıştır.

Önerdiğimiz modellerin uygulanabilirliği 2009 yılında çeşitli sosyo-ekonomik değişkenlerin baz alındığı ülkemizdeki 81 ili kapsayan bir durum çalışması ile gösterilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM:

Araştırmada VZA temelli yöntemler kullanılmıştır. VZA'da karar verme birimleri yapılan çözümleme sonunda bulunan etkinlik skorlarına göre sıralanmaktadır. En yüksek etkinlik skoruna sahip karar verme birimi birinci sırada yer alırken, en düşük etkinlik skoruna sahip KVB son sırada yer almaktadır. Fakat VZA'da etkin bulunan karar verme birimlerinin tamamına "1" etkinlik skoru atanması, etkin birimlerin kendi aralarında bir sıralama yapılmasına imkan vermemektedir. Sadece etkin olmayan karar verme birimlerinin sıralanmasında kullanılabilen VZA'nın bu dezavantajını gidermek için literatürde çeşitli sıralama yöntemleri geliştirilmiş olsa da bu yöntemler kısıtlı kullanımlara sahiptirler. Bu çalışmada literatürde önerilen süper etkinlik ve çapraz etkinlik gibi klasik yöntemlere alternatif olarak kullanılabilecek yeni VZA yaklaşımları önerilmiştir. Bu yaklaşımlar ışığında ülkemiz genelinde illerimizin performanslarına iyileştirici politika geliştirmede daha tutarlı kararlar vermek mümkün olmuştur. Ayrıca klasik VZA ya alternatif olarak daha az sayıda etkin birim sayısı veren yeni modeller de geliştirilmiştir. Bunlar çapraz etkinlik temelli model, çok kriterli VZA modeline alternatif olarak düşünölen ağırlıklı hedef programlama VZA modeli, girdi-çıkıtı ağırlıklarının değişimlerini en küçük yapmaya çalışan CVDEA modeli, her bir ağırlıklı girdi ve ağırlıklı çıkıtı toplamını sırasıyla girdi ve çıkıtı bileşenlerine yaklaştıran modelleri kapsamaktadır. Bu yeni yaklaşımlar kullanılarak zayıf ayırt edilebilme problemine de çözüm getirilmiştir. Başta Veri Zarflama Analizi olmak üzere, bu yöntemlerin genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

3.1. Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizi (VZA) ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından, ürettikleri mal veya hizmet açısından birbirlerine benzer ekonomik karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş olan parametrik olmayan bir etkinlik yöntemidir. Bu yöntemin sahip olduğu en önemli özellik, her karar verme birimindeki etkinsizlik miktarını ve kaynaklarını tanımlayabilmesidir. Bu özelliği ile yöntem etkin olmayan karar verme birimlerinde ne kadarlık bir girdi azaltma ve/veya çıktı miktarının ne kadar artırılması gerektiğine ilişkin olarak yöneticilere yol gösterebilir. Regresyon analizi gibi parametrik yaklaşımlarda bağımlı değişkenin diğer değişkenlere göre bir fonksiyonu tahmin edilmeye çalışılır. Bu ise normallik varsayımı gibi bazı özel varsayımların sağlanmasını gerektirmektedir. Buna karşılık Veri Zarflama Analizi tekniğini kullanırken herhangi bir fonksiyonel ilişki tanımlamaya gerek yoktur. Metot için gerekli olan tek varsayım ise her bir karar verme biriminin etkinlik sınırının üzerinde veya altında olmasıdır. Sınırdan olmayan her bir karar verme birimi (KVB), sınırda kendisine en yakın olan birime göre değerlendirilir.

Farrell'in fikirlerini geliştiren Charnes, Cooper ve Rhodes tek bir çıktının tek bir girdiye oranlanmasıyla elde edilen etkinlik değerini, çoklu çıktıların çoklu girdilere oranlanmasına genişletmişlerdir. Buradan her bir KVB için yapay bir çıktı ve yapay bir girdi bulunmakta ve bu yapay çıktı ve girdiler vasıtasıyla KVB'lerin etkinlik değerleri bulunabilmektedir. Bu yapay çıktı ve girdiler, çıktı ve girdilerin ağırlıklı bir ortalaması olarak alınmıştır. Burada ağırlıklar, etkinlik değerlerini 1'den büyük yapmayacak şekilde seçilmektedirler (CHARNES vd., 1978). Veri Zarflama Analizi tekniğinin önemli bir yanı, her bir KVB'nin etkinlik değeri diğerlerine göre hesaplandığından, hesaplanan etkinliklerin göreceli etkinlikler olmasıdır. Etkinlik değerlerinin her bir karar verici için optimum değerleri hesaplanmakta, bu sayede optimumu veren KVB'ler etkinlik sınırının üzerinde, diğerleri ise sınırın altında kalmaktadırlar. Sınırın altında kalan KVB'ler için, her bir girdi ve çıktı için kullanılmayan kaynaklar ve benzeri bilgiler elde edilebilmektedir. Bunu yapmak için etkin olmayan KVB, benzer girdi ve çıktı miktarları olan ve sınır üzerinde yer alan KVB ya da KVB'lerle karşılaştırılır. Etkin olmayan KVB'nin aynı miktarda girdi ile ne kadar daha çıktı üretebileceği ya da aynı miktarda çıktıyı girdilerindeki ne kadarlık bir azaltma ile üretebileceği, etkin KVB(ler)'e göre hesaplanır. Böylece etkin olmayan KVB için, etkin olan KVB'lere göre bir hedef değeri de belirlenmiş olur.

İlk başta kar amacı gütmeyen kurumların (hastane, silahlı kuvvetler, üniversite v.b.) karşılaştırmalı etkinliğinin ölçülmesini hedefleyen bu yöntem, daha sonraları ARGE projelerinde, çok uluslu ya da çok şubeli şirketlerin göreceli performanslarının ölçümünde ve nihayet kar amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de işletmeler arası göreceli etkinliğin ölçümünde yaygınca kullanılmaya başlanmıştır. Yöntemin getirdiği en önemli yenilik, birçok girdinin kullanılarak birçok çıktının elde edildiği durumlarda; parametrik yöntemlerde olduğu gibi önceden belirlenmiş herhangi bir analitik üretim fonksiyonu varlığının öngörülmesine ihtiyaç duymadan ölçüm yapılabilmesidir. Veri Zarflama Analizinin ilk uygulaması Amerika'da ki kamu okullarına giden özürsüz çocukların programlarının değerlendirilmesine yönelik olarak federal hükümetin desteğinde gerçekleştirilmiştir.

3.2. Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri

Veri Zarflama Analizi metodu girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki yönlü kullanılabilir özelliğine sahiptir. Girdiye yönelik Veri Zarflama Analizi modelleri; belirli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırır. Çıktıya yönelik Veri Zarflama Analizi modelleri ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırır.

Veri Zarflama Analizinde tüm modellerin ortak yanı, hangi KVB'lerin etkinlik sınırını oluşturduklarını, böylece etkinlik sınırının oluşturulmasıyla, etkin ve etkin olmayan KVB'lerin tespit edilmesidir. Modeller arasındaki fark, kullanılan modele göre bu yüzeyin geometrisinde ortaya çıkmaktadır. Sınırın oluşturulmasıyla birlikte sınırın altında kalan etkin olmayan KVB'ler için kullanılmayan kaynaklar tanımlanabilir. En çok kullanılan Veri Zarflama Analizi modeli Charnes Cooper Rhodes (CCR) modelidir. Diğer modeller verilmekle birlikte özellikle CCR modeli üzerinde durulacaktır.

3.2.1. Charnes Cooper Rhodes (CCR) Modeli

Veri Zarflama Analizinin ilk önerilen modeli olan CCR modeli, Charnes, Cooper ve Rhodes (CHARNES v.d.,1978) tarafından önerilmiştir. Bu model ile ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında teknik etkinlik ölçülmektedir. Bu tip Veri Zarflama Analizi modellerinde etkinlik sınırı orijinden başlayıp, etkin olan karar verme birim(ler)inden geçen bir doğru ile temsil edilmektedir.

Girdileri çıktılarına dönüştüren n tane karar verme birimi olsun. Her karar verme birimi için girdi ve çıktı çoklukları değişmekle birlikte, kullanılan girdi ve üretilen çıktı miktarları aynıdır. Matematiksel gösterimle j . karar verme birimi s boyutlu çıktı vektörü y_{rj} ($r=1,2, \dots, s$) üretmek üzere m boyutlu girdi vektörü x_{mi} ($i=1,2, \dots, m$) kullanır. Girdi ve çıktı değişkenleriyle ilişkilendirilen etkinlik ölçüsü aşağıdaki eşitlikte verildiği gibi tanımlanabilir (COOPER vd., 2000).

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Çıktıların ağırlıklı toplamı}}{\text{Girdilerin ağırlıklı toplamı}}$$

Değerlendirilecek karar verme birimini o indisi ile diğerlerini ise j indisi ile gösterilsin. Etkinlik skorları oran formunda aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\max h_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} / \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 1 \\ v_i &\geq 0 \quad i=1,2, \dots, m \\ u_r &\geq 0 \quad r=1,2, \dots, s \\ j &=1,2, \dots, n \end{aligned}$$

Burada v_i ve u_r sırasıyla girdi ve çıktı ağırlıklarını göstermektedir. $\sum u_r y_{rj}$ ağırlıklı çıktı toplamını, $\sum v_i x_{ij}$ ağırlıklı girdi toplamını göstermektedir. Çıktı/Girdi oranı h_o , optimal girdi-çıktı ağırlıklarını seçerek maksimum yapılacak amaç fonksiyonudur. Eşitsizlik kısıtı aynı ağırlıklarla tüm karar verme birimlerinin etkinlik oranlarının birim büyüklükten fazla olmasını garanti eder. Çözüm sonunda elde edilen etkinlik dereceleri $h_o = 1$ ise o -uncu karar verme birimi KVB_o tam etkindir.

Kesirli formda verilen model yaklaşımı anlatım bakımından uygun olmakla birlikte hesaplama açısından zorluklar içerir. Bu nedenle, daha uygun bir yapıya dönüştürmek için Charnes ve Cooper tarafından gerçekleştirilen dönüşümle Girdi Yönlü CCR Primal modeli

$$\max w_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad j=1, 2, \dots, n \\ v_i &\geq 0 \quad i=1, 2, \dots, m \\ u_r &\geq 0 \quad r=1, 2, \dots, s \end{aligned}$$

biçiminde önerilmiştir. Böylece geleneksel doğrusal programlama modeli elde edilmiş ve hesaplama avantajları doğmuştur. Bu model bilgisayar yazılımları ile kolayca çözümlenecek durumdadır.

Girdi yönlü CCR modelinde sırasıyla her bir KVB'nin çıktılarının ağırlıklı ortalaması maksimum yapılmaya çalışılır. Kısıtlarda ise ilgilenilen KVB'nin girdilerinin ağırlıklı ortalaması 1'e eşitlenmiştir, böylece girdilerin ağırlıklı ortalaması her bir KVB için 1 olmaktadır. Daha sonraki kısıt çıktıların ağırlıklı ortalamasının girdilerin ağırlıklı ortalamasından küçük olmasını sağlamaktadır. Bu sayede Çıktı/Girdi oranı her bir karar verici için en fazla 1 olabilir. Bu bilgilerin ışığında bir karar verici için bulunabilecek optimum çıktı ortalaması en fazla 1 olabilir ve bu ise karar vericinin etkin olduğu anlamına gelir. Etkin olmayan, yani etkinlik sınırının altında kalan KVB'ler için çıktıların ağırlıklı ortalaması, yani etkinlik değeri 1'den küçük olacaktır.

Ayrıca girdi yönlü CCR modelinin ek kullanım ve yorumlara imkan sağlayan dual biçimi de Girdi Yönlü CCR Dual model olarak:

$$\min z_o = \theta$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \theta_o x_{io} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- &= 0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= 0 \\ \lambda_j &\geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_r^+ \geq 0 \\ i &= 1, 2, \dots, m, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

verilebilir.

Bu modelde de o indisi etkinliği hesaplanacak karar verme birimini, x_{ij} ve y_{rj} sırasıyla j . karar verme birimi i . girdi ve r . ıktısını, v ve u her karar verme biriminin etkinlik değerini en iyi yapacak şekilde ve sırasıyla girdi-çıktı ağırlıklarını gösterir. Doğrusal programlama teorisine göre;

$$\min z_o = \theta_o^* = \max w_o = w^*$$

dir. Etkinlik için referans noktaları $\sum u_r y_{rj} / \sum v_i x_{ij} = 1$ olan karar birimleridir. KVB_o 'ya atanan performans katsayısı w , tüm diğer karar vericilerin performansları üzerinden hesaplanır ve v, u ağırlıkları bu değeri maksimum yapan ağırlıklardır. Başka v_i, u_r ağırlıkları bu sonucu daha iyi oluşturamaz. $w = 1$ olduğunda KVB diğer karar verme birimlerine göre tam etkin sayılır.

Etkinlik şartları

$$\theta_o^* = 1, \quad \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ = 0$$

olarak verilir. Bu şartları yorumlamak gerekirse; $\theta_o^* < 1$ olması demek öteki karar verme birimlerinin performanslarını göstermektedir ki KVB_o girdilerini $(1 - \theta_o^*)$ oranında azaltabilir. Aylak değişkenler (s^-, s^+) zerindeki şart, tümü sıfır olduğunda gerçekleşir. Aylak değişkenler ile ilgili şunları söyleyebiliriz; diğerlerini azaltmadan veya artırmadan $s_i^{+*} > 0$ ise x girdisi azaltılabilir. $s_r^{+*} > 0$ ise y çıktısı artırılabilir. Tüm bu ifadelere dayanarak şu sonuçlara ulaşılabilir:

$$\theta_o^* = 1, \quad \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ = 0, \quad \text{şartlarının sağlanması durumunda KVB}_o \text{ tam etkindir ve bu}$$

KVB_o için bir kısım girdi ve çıktıyı değiştirmeden diğerlerini iyileştirmek mümkün değildir. Tersine bu şartlardan biri veya her ikisi sağlanmadığında KVB_o tam etkin değildir denir. θ^* ve aylak değişkenler üzerindeki şartlar performans azlığını ve kaynağını belirler. Eğer bir karar vericinin herhangi bir s^{+*} değeri sıfırdan farklıysa KVB için ilgili çıktıyı artırarak etkin duruma ulaşabileceği, benzer olarak s^{-*} değeri sıfırdan farklıysa KVB için ilgili girdiyi

azaltarak etkin duruma gelebileceği söylenir. Bazı durumlarda problemin çözümünde $\theta_o^* = 1$ olmasına rağmen, aylak değişkenlerin sıfır olması koşulu sağlanmayabilir. Bir ya da daha fazla aylak değişken sıfırdan farklı olabilir. Genellikle, incelenen karar verme biriminin bir ya da birkaç girdisinin çok az kullanılması veya birkaç çıktısının çok fazla üretilmesi nedeniyle ilgili girdi ya da çıktılara yüksek ağırlık atanması sonucunda ortaya çıkabilen bu gibi durumlardaki karar verme birimlerine zayıf etkin adı verilir.

Çıktı yönlü CCR modelinin yapısı ve yorumu da girdi yönlü modele benzemektedir. Dual modelden de görüleceği üzere ağırlıklı girdi toplamı minimum yapılmaya çalışılmaktadır.

Çıktı yönlü CCR Primal Modeli

$$\max z_o = \phi$$

Kısıtlar:

$$\phi y_{ro} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

ve

Çıktı yönlü CCR Dual Modeli

$$\min q_o = \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1$$

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

$$\mu, v \geq 0$$

biçimindedir. Bu modellerde de s tane çıktı, m tane girdi ve n tane karar verici sayılarını ifade eder. Dual modelde ilgili KVB'nin girdilerinin ağırlıklı toplamının minimum yapılması amaçlanmaktadır. Karar vericinin çıktıların ağırlıklı toplamı 1'e eşitlenmektedir. Ayrıca her KVB için ağırlıklı çıktı toplamının, ağırlıklı girdi toplamlarından küçük olması bir diğer şarttır. Bu şarta göre etkinlik değeri hesaplanmak istenen KVB'nin girdilerinin ağırlıklı toplamı minimum 1 olmaktadır. Böylece etkin bir karar verici için etkinlik değeri 1, etkin olmayan bir karar verici için bu değer 1'den büyük olmaktadır.

3.2.2. Banker Charnes Cooper (BCC) Modeli

Banker, Charnes ve Cooper tarafından (BANKER v.d.,1984) önerilmiştir. BCC modeli ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmektedir. Banker, Farrell tarafından tanımlanan ve CCR modeli ile bulunan teknik etkinliğin, ölçek etkinliği ile karışmış olduğunu belirlemiş, teknik etkinliğin ölçek etkinliği ve saf teknik etkinlik olarak ayrılması gerektiğini göstermiştir. Bu nedenle ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında BCC modeli ile saf teknik etkinlik bulunabilmektedir (COOPER vd., 2000).

Girdi yönlü BCC Primal

$$\min z_0 = \theta$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro} \quad r=1, 2, \dots, s$$

$$\theta x_{io} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = 0 \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

Girdi yönlü BCC Dual

$$\max q_0 = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} + u_0$$

Kısıtlar:

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

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_0 \leq 0 \quad j=1, 2, \dots, n$$

$$\mu, v \geq 0, u_0 \text{ serbest}$$

Dikkat edilirse modeller CCR modellerine oldukça benzemektedir. Primal modeldeki fark, λ ' ların toplamının 1'e eşit olmasıdır. Dual modele ise yeni bir değişken (u_0) eklenmiştir. Bu değişikliklerle etkin sınırın yapısı değişmiştir. CCR modelinde orijinden geçen etkinlik doğrusu BCC modelinde orijinden geçmek zorunda değildir. Bu yapısıyla BCC modeli CCR modelinden ayrılmaktadır. Modellerin diğer değişkenler açısından yorumunda bir farklılık yoktur.

Çıktı yönlü BCC Primal

$$\max z_0 = \phi$$

Kısıtlar:

$$\phi y_{ro} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

Çıktı yönlü BCC Dual

$$\min q_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{io} - v_0$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_0 \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\mu, v \geq 0, \quad v_0 \text{ serbest}$$

Görüldüğü gibi girdi yönlü BCC modelinde olduğu gibi burada da model CCR modeline benzemektedir. Çıktı yönlü CCR modelinden farklı olarak primal modelde λ 'ların toplamı 1'e eşittir. Dual modelde ise v_0 değişkeni kullanılmaktadır. Buradaki amaç ölçeğe göre sabit olmayan getiri sağlamaktır.

3.2.3. Süper Etkinlik Sıralama Yöntemi

Süper etkinlik yöntemi Andersen ve Petersen (1993) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemdeki temel fikir, incelenen karar verme birimini tüm diğer karar verme birimlerinin doğrusal kombinasyonları ile karşılaştırmaktır. Bu amaçla, incelenen karar verme birimi referans kümeden çıkartılır. Elde edilen süper etkinlik skorunun değeri en yüksek olan karar verme birimi birinci sırada yer alacaktır. Girdi yönlü CCR modeli için süper etkinlik modeli aşağıda gösterildiği gibidir (ANDERSEN ve PETERSEN, 1993).

$$z_p = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}$$

Kısıtlar:

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

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

$$u_r \geq 0, \quad r=1, \dots, s$$

$$v_i \geq 0, \quad i=1, \dots, m$$

Süper etkinlik yöntemi bazı durumlarda çözümsüz olabilmektedir.

3.2.4. Çapraz Etkinlik Sıralama Yöntemi

Çapraz etkinlik yöntemi (SEXTON vd.,1986) tarafından tüm KVB'lere bağlı olarak hesaplanan çapraz değerlendirme skorlarını kullanarak KVB'leri sıralamak ve en iyi KVB'leri tanımlamak için geliştirilmiş kullanışlı bir yöntemdir (ANDERSON vd., 2002). Çapraz değerlendirmenin ana fikri öz değerlendirme (self evaluation) yerine eş değerlendirme (peer evaluation) modülünü kullanmaktır. Eş değerlendirme bir KVB'ye atanan etkinlik skorunun diğer KVB'lerin optimal ağırlıkları kullanılarak elde edilmesi anlamına gelmektedir. Çapraz etkinlik yönteminin avantajı herhangi bir uzman görüşü ya da ön bilgiye ihtiyaç duymadan KVB'leri sıralayabilmesidir.

Çapraz etkinlik değerlendirmesi genellikle iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada klasik VZA etkinlik hesaplamaları ile her bir KVB için optimal ağırlıklar elde edilir. Klasik VZA ile elde edilen optimal ağırlıklar özellikle etkin KVB'ler için çoklu çözümlü olmakta ve gerçekçi olmayan (sıfır ya da extrem değerli) durumdadır. İkinci aşama ise bu olumsuzlukları azaltmak ve her bir KVB için klasik VZA ile elde edilen etkinlik değerlerini muhafaza edecek uygun bir ağırlık kümesi seçmek üzerinedir.

İlk aşamada klasik VZA formülasyonu ile her bir KVB için etkinlik skorları ve optimal ağırlık değerleri hesaplanır. İlk aşamadaki sonuçlar yardımı ile ilgilenilen KVB'nin optimal ağırlıklarını kullanarak diğer KVB'lerin eş (çapraz) etkinlik değerleri hesaplanmaktadır. Eş değerlendirme skoru, $\theta_{p,j}$, ilk aşamada elde edilen KVB'nin optimal ağırlıklarını kullanarak KVB için elde edilen etkinlik skorudur.

$$\theta_{p,j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{r,p} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i,p} x_{ij}}$$

İlk aşamada klasik VZA ile elde edilen optimal ağırlıklar genellikle çoklu çözümlü olduğundan, ikinci aşamadaki $\theta_{p,j}$ değerleri de bu ağırlık değerlerine bağlı olarak değişecektir. Bu olumsuzluğu azaltmak için ikinci aşamada her bir birim için elde edilen öz etkinlik skorlarının, $\theta_{p,p}$, muhafaza edildiği model önerileri yapılmıştır. (SEXTON vd, 1986) tarafından geliştirilen ve (DOYLE ve GREEN, 1994) tarafından genişletilen aggressive çapraz etkinlik modeli (4) ile verilmektedir. Bu yaklaşımda ilgili KVB'nin etkinlik skoru muhafaza edilirken diğer KVB'lerin etkinliği ise minimum yapılmaya çalışılmaktadır. Benevolent yaklaşımında ise diğer KVB'lerin etkinlikleri de maksimum yapılmaya çalışılmaktadır. VZA'da KVB'lerin birbirinden ayırt edilmesi önemli bir problem olduğundan aggressive modeli benevolent modeline göre ayırma gücü problemi için daha kullanışlı görülmektedir.

$$\min \sum_{r=1}^s \left(u_{rp} \sum_{j=1; j \neq p}^n y_{rj} \right)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m \left(v_{ip} \sum_{j=1; j \neq p}^n x_{ij} \right) = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad j \neq p$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rp} y_{rp} - \theta_{p,p} \sum_{i=1}^m v_{ip} x_{ip} = 0$$

$$u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m$$

İkinci aşama $p = 1, \dots, n$ olmak üzere her bir DMU_p için tekrarlanır. Bu modelden elde edilen $u_{r,p}$ ve $v_{i,p}$ ağırlıkları

$$\theta_{p,j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{r,p} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i,p} x_{ij}}$$

eşitliği yardımı ile DMU_j için $\theta_{p,j}$ skorunu hesaplamada kullanılmaktadır. Tüm çapraz değerlendirme skorları hesaplandığında, DMU_k için çapraz etkinlik skoru

$$CE_k = \frac{\sum_{j=1}^n \theta_{j,k}}{n}$$

ile elde edilmektedir (ANDERSON vd., 2002). Klasik DEA çözümlerinde ağırlıklar için tam bir ağırlık serbestliğinin olması etkin KVB'ler için uygun olmayan ağırlıklar elde edilmesine yol açmaktadır (MEZA ve LINS, 2002). Extrem ağırlıklara sahip KVB'ler potansiyel “false positive”, yanlış pozitiflik, adaylarıdır. Bir “false positive” KVB çoğu girdi ve çıktısında çok kötü değerlere sahip olmasına rağmen çok az girdi ve çıktısında iyi değerlere sahip olmasından dolayı etkin olarak değerlendirilen KVB'dir. (BAKER ve TALLURI, 1997) false positive index (FPI) ölçüsünü kullanarak yanlış pozitifliği ölçmenin etkili bir yolunu göstermişlerdir. KVB_k için FPI değeri

$$FPI = \frac{(\theta_{kk} - CE_k)}{CE_k}$$

ile hesaplanmaktadır. Etkin bir birim için yüksek FPI değeri bu birimin çoğu girdi ve çıktısının diğer birimlere nazaran kötü durumda olmasına rağmen, bir ya da çok az girdi ve çıktısında iyi durumda olmasından dolayı etkin olarak değerlendirildiğini göstermektedir (SUN ve LU, 2005). Yüksek FPI değeri bir birim için hesaplanan öz (self) ve eş (peer) etkinlikler arasındaki farkın büyümesiyle gerçekleşmektedir. Böyle bir durum birimin diğer birimlerle karşılaştırıldığında aslında çok da iyi bir birim olmadığının göstergesidir.

Klasik VZA ile elde edilen optimal ağırlıkların çoğu durumda çoklu optimal olması, klasik VZA ağırlıkları yardımıyla hesaplanan çapraz etkinlik skorlarının tutarlılığını olumsuz yönde etkilemektedir.

3.2.5. Çok Kriterli Veri Zarflama Analizi Modeli

İlk defa Charnes tarafından bulunan, bir KVB'nın etkinliğinin değerlendirildiği klasik Veri Zarflama Analizi modeli aşağıda verilmektedir.

$$\max w_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{r_o}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{i_o} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad j=1, 2, \dots, m \\ u_r, v_i &\geq 0 \quad \text{tüm } r \text{ ve } i \text{ ler için} \end{aligned}$$

Bu modelde, sadece ve sadece $w_o = 1$ ise KVB_o etkindir. Bu modeli aşağıdaki gibi değişik bir formda ifade edilebilir.

$$\min d_o \left(\text{ya da } \max w_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{r_o} \right)$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{i_o} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j &= 0 \\ j &= 1, 2, \dots, n \\ u_r, v_i, d_j &\geq 0, \quad \text{tüm } r, i \text{ ve } j \text{ ler için} \end{aligned}$$

Burada d_o , KVB_o için sapma değişkeni olarak tanımlanır ve bu modelde, sadece ve sadece $d_o = 0$ veya $w_o = 1$ ise, KVB_o etkindir. Bu kolayca görülebilir: etkinlik; *çıktıların ağırlıklı toplamı ile girdilerin ağırlıklı toplamı* oranı olarak tanımlanmıştı. Kesirli programlama probleminden kurtulmak için ilgili karar verme biriminin ağırlıklı girdi toplamı 1'e eşitlenerek problem doğrusal programlama problemine dönüştürülmüştü.

$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0$ kısıtını $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - d_j$ olarak düzenlersek, ağırlıklı çıktı toplamının $(\sum_{r=1}^s u_r y_{rj})$ ağırlıklı girdi toplamına $(\sum_{i=1}^m v_i x_{ij})$ eşit olabilmesi için d_j 'nin sıfıra eşit olması gerektiği görülür. Bu nedenle $d_j = 0$ olduğunda $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}$ olacaktır ki bu sonuç, etkinlik tanımından ilgili karar verme biriminin etkin olduğunu gösterir. KVB_o etkin değilse, etkinlik değeri $w_o = 1 - d_o$ 'dır. $[0,1)$ aralığında sınırlanan d_o değeri “etkinsizlik” değeri olarak dikkate alınabilir. d_o 'ın küçük değerleri daha etkin KVB_o 'lar verecektir. Bu durumda, her bir KVB için çıktıların ağırlıklı toplamlarının girdilerin ağırlıklı toplamlarından küçük veya eşit olması durumu ile sınırlandırılmış şartlarda klasik Etkinlik Analizi metodunun d_o olarak KVB_o 'in etkinsizliğini minimize edeceğini söyleyebiliriz. Burada d_o 'in KVB_o 'in etkinsizliği için iyi bir ölçüm olduğu şüphesizdir. Tabii tek muhtemel ölçüm de değildir. Aslında, geçmiş çalışmalarda başka etkinsizlik ölçümleri de teklif edilmiştir.

Sapma değişkenlerinin ağırlıklı toplamının minimum yapılmaya çalışıldığı minsum etkinlik kriteri ile ilgili model

$$\min \sum_{i=1}^n d_i$$

Kısıtlar:

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

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i, d_j \geq 0, \text{ tüm } r, i \text{ ve } j \text{ ler için}$$

olarak verilebilir.

(STEWART, 1994) Veri Zarflama Analizi probleminin değer fonksiyonu formülasyonun da sapma değişkenlerinin minmax bir formunu dikkate almıştır. Minmax etkinlik kriteri

min M

Kısıtlar:

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

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0$$

$$M - d_j \geq 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i, d_j \geq 0 \text{ , tüm } r, i \text{ ve } j \text{ ler için}$$

olarak verilir.

(LI ve REEVES, 1999) klasik etkinlik kriteri ile beraber minmax ve minsum etkinlik kriterlerinin birleştirildiği bir çok kriterli etkinlik yöntemini önermişlerdir. (LI ve REEVES, 1999)'in teklif ettiği çok kriterli yöntem tek kriterli yöntemlerden şu şekilde farklıdır. Her bir kriter örneğin d_o 'ın minimize edilmesi, maksimum sapmanın minimize edilmesi veya sapmalar toplamının minimize edilebilmesi bağımsız amaçlardır. Öyle ki her bir kriter ayrı bir etkinlik fikrini tanımlar ve bu etkinlik kriteri arasında hiçbir ön şart yoktur.

Çok Kriterli Veri Zarflama Analizi (MCDEA) modelinin şekli benzersiz değildir; bu kullanılan etkinlik kriterine bağlıdır. Üç kritere sahip bir MCDEA problemi için, yani, d_o 'ın minimize edilmesi, maksimum sapmanın minimize edilmesi ve sapmaların toplamının minimize edilmesi, MCDEA modeli aşağıda ki şekilde ifade edilebilir.

$$\min d_o \left(\text{ya da } \max w_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_o} \right)$$

min M

$$\min \sum_{j=1}^n d_j$$

Kısıtlar:

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

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$M - d_j \geq 0 \text{ , } j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i, d_j \geq 0 \text{ , tüm } r, i \text{ ve } j \text{ ler için}$$

Bu bir Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modelidir. Bir Çok Amaçlı Doğrusal Programlama probleminde genellikle bütün amaçları aynı anda karşılayan bir çözüme ulaşmak zordur.

Sonuç olarak bir çok Amaçlı Doğrusal Programlama özümü işleminin amacı optimal bir çözüm bulmak değil bunun yerine en çok istenen çözümün seçilmesine yardımcı olmak ve etkin özümmler bulmaktır (ZELENY, 1982).

Çok amaçlı doğrusal programlama probleminin çözümü için çok sayıda çözüm yöntemi mevcuttur. Öncelikli Hedef Programlama ile de çok amaçlı modeller çözülebilir. Hedef programlama birbiriyle çelişen çoklu amaçları çözmek üzere tasarlanmış ve doğrusal programlamanın bir uzantısı olarak düşünölebilir. Amaçların her biri için bir hedef değeri verilir ve bu hedef değrelerinden istenmeyen sapmalar başarı fonksiyonunda minimize edilir (IGNIZIO, 1976).

3.3. Önerilen Öncelikli Hedef Programlama Modeli

Öncelikli hedef programlama tekniğı ile problemin çözümü için bir öncelik yapısının oluşturulması gerekir. Klasik veri zarflama analizi etkinliğı veya birinci etkinlik kriteri

$$\min d_o \left(\text{ya da } \max w_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_o} \right)$$

birinci öncelikte sağlanması gereken hedef olarak alınmıştır. Bunun sebebi klasik Veri Zarflama Analizi ile önerilen çok kriterli modelin çözümünde kullanılan hedef programlama tekniğinin, ağırlık dağılımı probleminde aynı etkinlik kriteri altında karşılaştırılabilmesidir. Klasik Etkinlik analizi kriterine farklı bir öncelikte yer verilmesi iki yöntemin aynı şartlar altında karşılaştırılmasına imkan vermeyecektir. İkinci öncelik olarak Minmax etkinlik kriteri ve son öncelik olarak ise Minsum etkinlik kriteri alınmıştır. Bunun sebebi şöyle izah edilebilir: Minmax etkinlik kriterinde ki M değışkeninin bütün sapma değışkenleri arasındaki

maksimum miktarı ve Minsum etkinlik kriterindeki $\sum_{j=1}^n d_j$ değışkeninin ise tüm sapmalar

toplamını temsil etmektedir. En büyük sapma miktarının minimum edilmesi aynı zamanda tüm sapmalar toplamının minimum edilmesi amacına da yardım edecektir ve bu yüzden öncelik yapısı bu şekilde alınmıştır. Öncelikli Hedef Programlama modeli aşağıda gösterilmektedir (BAL VE ÖRKÜ, 2007).

$$\begin{aligned}
\min \quad & a = \left\{ n_1 + p_1 + p_2, \sum_j n_{3j}, \sum_j d_j \right\} \\
& \sum_{i=1}^m v_i x_{io} + n_1 - p_1 = 1 \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} + n_2 - p_2 = 1 \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0, \quad j=1, 2, \dots, n \\
& M - d_j + n_{3j} - p_{3j} = 0, \quad j=1, 2, \dots, n \\
& u_r \geq 0, \quad r=1, 2, \dots, s \\
& v_i \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, m \\
& d_j \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n \\
& n_1, p_1, n_2, p_2 \geq 0 \\
& n_{3j}, p_{3j} \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n
\end{aligned}$$

Modelde ilgilenilen birim için n_1 ve p_1 ağırlıklı girdi toplamını 1 yapan hedef için istenmeyen sapma değişkenlerini, n_2 ağırlıklı çıktı toplamını 1 ya da 1'den küçük yapan hedef için istenen sapma değişkeni (her bir birim için etkinlik değeri 1'i aşamaz), p_2 ağırlıklı çıktı toplamını 1 ya da 1'den küçük yapan hedef için istenmeyen sapma değişkenini, n_{3j} ($j=1, 2, \dots, n$) maksimum sapma olarak tanımlanan M değişkenini gerçekleyen hedef (yani $M - d_j \geq 0$ $j=1, 2, \dots, n$) için istenmeyen sapma değişkenlerini ve p_{3j} 'de aynı hedef için istenen sapma değişkenlerini göstermektedir.

Burada amaç, birinci öncelikte n_1 , p_1 ($\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$) ve p_2 (d_o 'ın minimum yapılması ya da

$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$ 'ın maksimum yapılması) istenmeyen sapma değişkenlerini minimum yapmaktır.

İkinci öncelik, birinci öncelik korunuyor iken $\sum_j n_{3j}$ istenmeyen sapma değişkenlerini minimum yapmaktır. Üçüncü öncelikte ise ilk iki öncelik korunuyor iken sapma değişkenlerinin toplamı ($\sum_j d_j$) nın minimum yapılmasıdır. Bu çalışma da önerilen

modellerden biri bu modelin ağırlıklandırılmış biçimidir. Bu model ile elde edilen ağırlıklarda sıfır ya da ekstrem ağırlıklar bulunmamaktadır. Yani ağırlık dağılımında iyileşme sağlanmaktadır. Bu model Veri Zarflama Analizi etkinliğine birinci önceliği verdiği için

dolayı ağırlıklar düzgünleşmekle birlikte etkin birim sayısında azalma olmamaktadır. Bunu gidermek için aşağıdaki modeli öneriyoruz.

3.4. Önerilen Ağırlıklı Hedef Programlama Modeli Sıralama Yaklaşımı

Karar verici direkt olarak amaçların karşılaştırması ile ilgileniyorsa, ağırlıklı ya da öncelik yapısının olmadığı Hedef Programlama kullanılabilir. Bu durumlarda, tüm istenmeyen sapmalar, sapmaların göreceli önemini gösteren ağırlıklarla çarpılır ve başarı fonksiyonuna tek bir amaç fonksiyonu formunda eklenirler. Ağırlıklı hedef programlama hedefler ve başarı seviyeleri arasındaki sapmaların minimize edildiği birleştirilmiş bir amaç fonksiyonunda tüm hedefleri aynı anda göz önüne almaktadır (ROMERO ve REHMAN, 1989; ROMERO 1991). Çok amaçlı veri zarflama analizi modeli kolaylıkla ağırlıklı hedef programlama modeline çevirilebilir (BAL, vd., 2010).

(WGPDEA)

$$\min a = \left\{ n_1 + p_1 + p_2 + \sum_j n_{3j} + \sum_j d_j \right\}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} + n_1 - p_1 = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} + n_2 - p_2 = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad ; j \neq p$$

$$M - d_j + n_{3j} - n_{3j} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad ; j \neq p$$

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

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

$$d_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$n_1, p_1, n_2, p_2, n_{3j}, p_{3j} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Başarı(amaç) fonksiyonunda bütün sapma değişkenlerine eşit ağırlık verildiği görülmektedir. Buradaki kısıtlayıcılar yukarıda öncelikli hedef programlama modelinde verildiği için tekrar olmaması açısından yeniden tanıtılmadı. Bu iki hedef programlamaya dayalı model yardımı ile klasik VZA ile elde edilen optimal ağırlıkların çoğu durumda çoklu optimal olması problemi de giderilmiştir. Ele alınan modellerin çoklu optimal çözümlere sahip olması çapraz etkinlik skorlarını da çoklu hale getirmekte ve bir birim için teorik olarak farklı farklı çapraz etkinlik skorları elde etmek mümkün olmaktadır. Bu da çapraz etkinlik yöntemiyle elde edilen etkinliklerin tutarlılığını bozmaktadır. Önerilen hedef programlama ile elde edilen ağırlıkların çoklu olma şansı klasik VZA modellerine göre çok daha düşüktür. Bu yüzden önerilen ağırlıklı hedef programlama modeli ağırlıkları yardımıyla hesaplanan çapraz etkinlik skorları daha tutarlı bir biçimde elde edilmektedir (ÖRKÇÜ ve BAL, 2011). Klasik VZA'nın değiştirilmiş bir şekli olan ve aynı amaç için kullanılabilen gerçekleşen girdi ve çıktı bileşenine dayalı bir diğer model aşağıdaki gibi verilebilir.

3.5. Önerilen gerçekleşen girdi ve çıktıya dayalı veri zarflama analizi sıralama modeli

Bu model, klasik VZA modellerinden CCR model yapısına ağırlıklı girdi ve çıktı toplamını sırayla gerçekleşen girdi ve çıktı bileşenine yaklaştırma temeline dayanmaktadır. Bu modelin çözümü ile gerçekleşen girdi ve çıktı bileşimleri mümkün olduğunca ağırlıklı girdi ve çıktı bileşimine yaklaştırılarak, ağırlıkların ekstrem değerler alması önlenecektir.

$$\begin{aligned}
 w_o &= \text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - z_o \\
 \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad j \neq p ; j = 1, 2, \dots, n \\
 \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_r y_{ro} &\leq z_o, \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 1 - v_i x_{io} &\leq z_o, \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 u_r &\geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 v_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 z_o &\geq 0
 \end{aligned}$$

Bu modelde $\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_r y_{ro} \leq z_o$ ve $1 - v_i x_{io} \leq z_o$ kısıtları ile sırasıyla ağırlıklı çıktı toplamı gerçekleşen çıktı bileşenine ağırlıklı girdi toplamı da $(\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1)$ gerçekleşen girdi bileşenine yaklaştırılmaktadır. Ağırlıklı çıktı toplamı ile gerçekleşen çıktı bileşeni arasındaki farkı ve ağırlıklı girdi toplamı ile gerçekleşen girdi bileşeni arasındaki farkı temsil eden z_o değişkeninin minimum yapılması istendiğinden, bir birimin ağırlıklı çıktı toplamının yani etkinlik değerinin maksimum yapılmaya çalışıldığı amaç fonksiyonuna z_o değişkeni negatif işaretli olarak eklenmektedir. Bu modelde amaç daha makul ağırlıklar elde etmek üzerinedir.

3.6. CVDEA Sıralama Yöntemi

(BAL vd., 2008) klasik VZA'daki gerçekçi olmayan ağırlık dağılımı problemi ve zayıf ayırt edilme problemlerini gidermek üzere, girdi ve çıktı ağırlıkları değişim katsayılarının minimum yapılması klasik VZA modeline dâhil edildiği CVDEA modelini önerdiler. CVDEA sıralama yöntemi aşağıda gösterildiği gibidir.

$$z_o = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - CV_U - CV_V$$

Kısıtlar:

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

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

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

Bu modelde

$$CV_U = \frac{\sqrt{\sum_{r=1}^s (u_r - \bar{u})^2 / (s-1)}}{\bar{u}} \quad \text{çıktı} \quad \text{ağırlıklarının} \quad \text{değişim} \quad \text{katsayısını,}$$

$$CV_V = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m (v_i - \bar{v})^2 / (m-1)}}{\bar{v}} \quad \text{ise girdi ağırlıklarının değişim katsayısını simgelemektedir. Bu}$$

model orijinal etkinlik değerlerinin korunmasına göre modifiye edilirse, elde edilen ağırlıklar çapraz etkinlik hesabında kullanılabilir.

$$z_0 = \min CV_U + CV_V$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum u_r y_{ro} &= \Theta^* \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad j \neq p, \quad j = 1, 2, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad r = 1, 2, \dots, s \end{aligned}$$

Θ^* değeri ilgili birimin etkinlik değerini göstermektedir.

Bu model KVB'lerin sıralanmasında başarı ile kullanılmasına rağmen değişkenlerin ölçü birimlerinin aynı olmamasından etkilenmektedir. Bu nedenle bu model kullanılırken farklı ölçeklerde ve farklı ölçü birimleri ile ölçülen değişkenler en büyük değerlerine bölünmek suretiyle birimsiz hale getirilmelidirler. Yukarıda anlatılan Süper Etkinlik Yöntemi dışında literatürde karar verme birimlerinin sıralanması üzerine yapılan yöntemler ile proje kapsamındaki çalışmalarımızdan ortaya çıkan ve çok boyutlu ölçekleme yöntemi algoritması kullanımını içeren yöntemler aşağıdadır.

3.7. Temel Bileşenler Analizi ile Birimlerin Sıralanması:

Temel Bileşenler Analizi (TBA) değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını ortadan kaldırmak veya boyut sayısını indirmek için kullanılan bir çok değişkenli istatistik tekniğidir. Ayrıca, karar verme birimlerinin sıralanması içinde kullanılabilir. Bu nedenle Zhu 1998 yılında VZA ve TBA'yı karar verme birimlerinin sıralanması için karşılaştırmıştır (ZHU, 1998).

TBA, p sayıdaki korelasyonlu değişkenin, bu orjinal değişkenlerin lineer kombinasyonları olan ve birbiriyle korelasyonsuz k sayıdaki değişken üzerinden, korelasyon yapılarını açıklayan istatistiksel bir yöntemdir ($p > k$). Kovaryans ve korelasyon matrislerinin özdeğerler ve özvektörler X veri matrisindeki p tane değişkenin lineer kombinasyonlarını bulmada kullanılmaktadır. $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ rastgele vektörünün Σ kovaryans matrisi ve p korelasyon matrisi ve özdeğerler ve korelasyon matrisinin ortogonal öz vektörleri olsun. Değişkenlerin lineer kombinasyonları $PC_i = l_i' X$ ($i = 1, 2, \dots, p$) olarak hesaplanabilir. k.

temel bileşenin toplam varyanstaki açıklama oranı $\frac{\lambda}{\lambda + \dots + \lambda}$ şeklinde tanımlanır. İki yöntemde de benzer olarak çıktılarının ve girdilerin ağırlandırılmış toplamalarının oranının

maksimizasyonu VZA’da olduğu gibi TBA içinde kullanılır. Böylece her bir karar verme birimi (KVB_j j=1,2,...,n) için

$$d_{ir}^j = \frac{y_{rj}}{x_{ij}} \quad , \quad (i=1, \dots, m ; r=1, \dots, s)$$

oranları yeni değişkenlerimiz olacaktır. VZA’daki h_j ‘den farklı olarak d_{ir}^j her bir KVB’nin her çıktı ve girdisi arasındaki oranı vermektedir. Burada, d_{ir}^j ’nin daha büyük olması, r. Çıktı ve i. Girdi bakımından KVB_j’nin daha iyi performansa sahip olması anlamındadır.

$d_k^j = d_{ir}^j$ olarak ele alalım, $k=1, i=1, r=1$ ’e, $k=2$ ise $i=1, r=2$ ’e karşılık gelecektir. $K=1, \dots, p$; $p=m \times s$. d_k^j tarafından oluşturulan $n \times p$ veri matrisi izleyen şekilde tanımlanmıştır.

$$D = (d_1, \dots, d_p)_{n \times p}$$

Burada her bir satır, her bir KVB için d_k^j oranlarını, her bir sütun çıktı/girdi oranını göstermektedir. Buradan $\underline{d}_k = [d_k^1 \quad d_k^2 \quad \dots \quad d_k^n]_{1 \times n} \quad k=1, \dots, p$.

TBA’nın amacı $\underline{d}_1, \dots, \underline{d}_p$ ’nin farklı lineer kombinasyonları olan yeni bağımsız ölçekler ortaya çıkarmaktır. Bu ölçekler d_k^j ’nin ağırlıklandırılmış ölçek formudur. Bunu yapmak için, özdeğerleriyle temsil edilen temel bileşenler, TBA’nın temel mantığını oluşturur.

D veri matrisi için, TBA aşağıdaki şekilde uygulanır:

Adım 1: Örnek korelasyon matrisi (R) hesaplanır.

Adım 2: Korelasyon matrisinin özdeğerleri ve özvektörleri hesaplanır. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$|R - \lambda I_p| = 0$$

Burada I_p $p \times p$ ’lik birim matris, Özdeğerler $\hat{\lambda}_1 \geq \hat{\lambda}_2 \geq \dots \geq \hat{\lambda}_p$ ($\sum_{k=1}^p \hat{\lambda}_k = p$) ve öz vektörler $\hat{l}_1, \hat{l}_2, \dots, \hat{l}_p$ bulunur.

Adım 3: Temel bileşenler hesaplanır. Her bir temel bileşen izleyen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$PC_k = \sqrt{\hat{\lambda}_k} \hat{l}_k \quad (k=1, \dots, p)$$

Adım 4: İlk m tane temel bileşen $\sum_{k=1}^m \hat{\lambda}_k / p > 0.90$ koşulu sağlanana kadar alınır.

Adım 5: Adım 4 ‘te seçilen m tane temel bileşenin açıklama yüzdesi ile ağırlıklandırılmış lineer kombinasyonlar $t = \sum_{k=1}^m w_k PC_k$ ile elde edilir. w_k ’nın işareti için PC_k ’nin bileşenlerinin işaretleri şuna göre göz önünde bulundurulur:

i) Eğer PC_k 'nın tüm bileşen değerleri negatifse, w_k ağırlıklarında negatiftir, ve eğer PC_k 'nın tüm bileşenleri pozitifse w_k ağırlıklarında pozitiftir.

ii) Eğer bileşenlerin yarısından fazlası negatifse, w_k 'da negatif, değilse pozitiftir.

Adım 6: Temel bileşen skorlarını sıralamada kullanabilmek için, $D = (\underline{d}_1, \dots, \underline{d}_p)_{n \times p}$ standardalize edilerek $D_z = (\underline{d}_{z1}, \dots, \underline{d}_{zp})_{n \times p}$ elde edilir.

Adım 7: Temel bileşen skorları $PC_{Skor} = D_z.t$ eşitliği yardımıyla bulunur ve skorların değerleri kullanılarak birimler sıralanır.

3.8. Modifiye Edilmiş Temel Bileşenler Analizi ile Birimlerin Sıralanması:

Premachandra 2001 yılında Zhu'nun yaklaşımı olan TBA yöntemini modifiye ederek geliştirmiştir:

Matris D, elemanları her bir KVB için D matrisinin ilk mxs sütununun elemanları toplamı olacak şekilde bir değişken (sütun) daha eklenme suretiyle modifiye edilerek, D' matrisi elde edilmiştir, böylece her bir KVB'nin toplam performansı tüm değişkenler açısından göz önüne alınmış olacaktır. Sıralamada, önemli olan örnekteki her bir KVB'nin performansdır, ikinci aşama olarak bu özelliği TBA'ya uygulamak için, D" matrisi, tüm elemanlar kendi sütunlarındaki minimum değere bölünerek oluşturulmuştur. Daha sonra bilinen TBA yöntemi D" matrisi üzerinden uygulanmıştır (PREMACHANDRA, 2001).

3.9. Çok boyutlu ölçekleme algoritmasının TBA'ya entegre edilmesi:

Temel bileşenler analizi yönteminde kovaryans yada korelasyon matrisi kullanılır. Çok boyutlu ölçekleme (ÇBÖ) tekniğinde modifiye edilmiş haliyle “uzaklık matrisi” kullanılmıştır. Literatürde benzer çalışmalar Azadeh v.d. ve Tomas,Rossi tarafından da yapılmıştır. Tomas ve Rossi 2001 yılında uzaklık matrisinde KVB'leri sıralamada kullanılabileceğini göstermişlerdir (AZADEH v.d., 2007; ROSSI ve TOMAS, 2001).

ÇBÖ'de kullanılan uzaklık matrisi TBA yöntemine entegre edilerek izleyen algoritma uygulanmıştır. ÇBÖ algoritması temelli olan bu algoritma aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Uzaklık matrisi D hesaplanır. (Zhu'nun yöntemindeki D matrisinden farklı)

Adım 2: Elemanları $e_{ij} = -\frac{1}{2}d_{ij}^2$ olan matris E türetilir.

Adım 3: Matris F, E matrisinin her bir elemanından bulunduğu satır ve sütun ortalamaları çıkarılarak ve matrisin tüm elemanlarından elde edilen genel ortalama eklenerek elde edilir.

Adım 4: F matrisinin her bir sütun elemanından sütun ortalamaları çıkarılır ve sütun standart sapmasına bölünür, böylece her bir sütun kendi içinde standartlaştırılmış olur.

Adım 5: Bilinen TBA yöntemi uygulanır.

4. BULGULAR, TARTIŞMA VE SONUÇ:

Bu çalışmada 2009 yılına ait değişken değerleri kullanılarak 81 ilin performans değerlendirmesi yapılmıştır. Temel Veri Zarflama Analizi modelleri, önerilen ağırlıklı hedef programlamaya dayalı VZA, önerilen bileşen VZA modelleri ile önerilen ÇBÖ yöntemi kullanılarak illerin performans değerlendirmesi ve buna bağlı olarak sıralaması yapılmıştır. 10 çıktı ve 3 girdi değişkeni olmak üzere toplam 13 değişken kullanılmıştır ve bu değişkenler *Tablo 1*'de sunulmuştur.

Çalışmada 81 ilin girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin elde edilen veriler *Tablo 6*'da özetlenmiş ve *Ek 2*'de verilmiştir.

Tablo 1: Çıktı ve Girdi Değişkenleri

Çıktılar:
y_1 : Tarım İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı, %
y_2 : Sanayi İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı, %
y_3 : Ticaret İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı, %
y_4 : Ücretli Çalışanların Toplam İstihdama Oranı, %
y_5 : İşverenlerin Toplam İstihdama Oranı, %
y_6 : Okur-yazar Nüfus Oranı, %
y_7 : Onbinkişiyeye Düşen Hastane Yatak Sayısı
y_8 : Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla İçindeki Payı, %
y_9 : Fert Başına Gayri Safi Yurt içi Hâsıla, TL
y_{10} : Fert Başına Elektrik Tüketim Miktarı, kw
Girdiler:
x_1 : Bebek Ölüm Oranı, %
x_2 : Fert Başına Belediye Giderleri, TL
x_3 : Fert Başına Kamu Yatırımları Miktarı, TL

Çalışmada kullanılan her bir girdi ve çıktı değişkeni için tanımlayıcı istatistikler *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 2: 81 İlimize ait çıktı ve girdi değişkenleri için tanımlayıcı istatistikler

	Ortalama	St. Sapma	Minimum	Maksimum
y_1	59.07	13.78	8.13	83.44
y_2	8.72	6.61	1.06	32.15
y_3	6.66	3.25	1.86	18.73
y_4	34.75	12.03	14.37	75.95
y_5	1.66	0.91	0.43	5.97
y_6	84.75	7.23	65.75	93.39
y_7	19.56	9.47	5	53
y_8	1.23	2.72	0.06	22.11
y_9	1485.74	746.81	453	4696
y_{10}	19.56	27.45	5	53
x_1	43.67	8.99	31	77
x_2	58.56	28.34	20	157
x_3	221.01	221.23	17	1708

Sosyo-ekonomik uygulamalar gibi normal üretim sürecinin dışında kalan alanlarda çıktı ve girdi değişkenlerinin seçimi değişkenin ilgili birimin performansına etkisine göre yapılır (normal üretim süreci olarak belli bir girdi karşılığında belli bir çıktının elde edilme süreci kastedilmektedir). Çıktı değişkeni, değeri arttırıldığında ilgili birimin (ilin) performansını da arttıracakı düşünülen değişken olarak alınır. Benzer olarak girdi değişkeni de değeri arttırıldığında ilgili birimin (ilin) performansını da azaltacakı düşünülen değişken olarak alınır. Örneğin, bir il için “fert başına gayri safi yurt içi hâsıla” değişken değerinin artması, ilin sosyo-ekonomik performansını pozitif yönde etkileyecektir. Bu yüzden bu değişken çıktı (pozitif etkili) olarak alınmıştır. Benzeri olarak “bebek ölüm oranı” değişken değerinin artması, ilin sosyo-ekonomik performansını negatif yönde etkileyecektir. Bu yüzden bu değişken girdi (negatif etkili) olarak alınmıştır (RETZLAF ve ROBERTS, 1997). Çalışmada 13 tane çıktı değişkeni (pozitif etkili değişken) 3 tane de girdi değişkeni (negatif etkili değişken) kullanılmıştır.

Hem klasik süper etkinlik ile çapraz etkinlik modellerinde hem de önerilen ağırlıklı hedef programlamaya dayalı VZA ile girdi ve çıktıların ağırlıklarına göre oluşturulan bileşen modeline dayalı VZA modellerinde *çıktı yönlü modeli* kullanılmıştır. Veri Zarflama Analizinin çıktı yönlü yaklaşımında belirli bir girdi bileşiminde çıktıların maksimum değeri araştırılmaktadır. Çalışmada 3 tane girdi bileşimi her bir il için sabit tutulmakta, 13 tane çıktı

değişkeninin (Şehirleşme Oranı, Tarım İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı, On bin kişiye Düşen Hastane Yatak Sayısı, . . . , Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla İçindeki Payı) maksimum bileşim değeri hesaplanmaktadır. Sıfır ile bir arasında değerlere sahip olabilen bu maksimum değer ilin performans değeri olmaktadır. İncelenen bütün modellere ilişkin çözümler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Önerilen modellerin sıralama sonuçları

No	Şehirler	DPT Sıralaması	Süper Etk. Sıralaması	Çapraz Etk. Sıralaması	CVDEA çapraz etkinlik sıralaması	Hedef Prog. Sıralaması	Bileşen Modeli Sıralaması	Zhu'nun TBA'sı	Premacandra Yöntemi	ÇBÖ'lü Yöntem
1	Adana	8	7	5	8	5	2	2	5	6
2	Adıyaman	65	71	61	76	73	66	58	58	49
3	Afyon	44	26	34	41	39	16	44	46	55
4	Ağrı	80	68	70	79	80	52	71	66	42
5	Amasva	39	27	46	55	58	24	46	47	63
6	Ankara	2	3	2	3	3	3	7	8	2
7	Antalya	10	12	6	17	13	17	5	6	5
8	Artvin	43	41	16	67	67	31	18	23	22
9	Avdın	22	21	21	26	26	30	36	32	36
10	Balıkesir	15	19	24	11	11	27	26	20	18
11	Bilecik	18	59	13	45	47	15	43	43	58
12	Bingöl	76	78	51	72	72	69	80	80	79
13	Bitlis	79	65	43	70	70	80	66	69	61
14	Bolu	14	15	22	27	27	48	3	3	4
15	Burdur	31	22	11	54	54	18	15	17	21
16	Bursa	5	4	7	4	4	4	24	22	32
17	Canakkale	24	16	15	62	62	46	37	31	35
18	Cankırı	59	40	25	63	63	39	32	38	33
19	Corum	46	63	60	59	59	49	64	63	65
20	Denizli	12	45	35	50	50	34	20	19	27
21	Divarbakı	63	39	28	12	12	19	74	73	77
22	Edirne	16	37	27	53	53	23	25	27	30
23	Elazığ	36	56	38	48	48	51	30	36	20
24	Erzincan	58	73	29	64	64	50	67	70	67
25	Erzurum	60	50	19	16	16	26	49	54	60
26	Eskisehir	6	10	14	7	8	6	19	24	34
27	Gaziantep	20	11	9	15	15	7	16	14	8
28	Giresun	50	55	18	57	57	29	54	53	48
29	Gümüşha	71	49	37	65	65	41	72	72	70
30	Hakkari	77	79	74	81	81	75	78	78	75
31	Hatav	29	30	52	22	20	58	14	12	9
32	Isparta	28	31	20	43	43	64	29	39	26
33	Mersin	17	17	8	14	14	8	45	42	51
34	İstanbul	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	İzmir	3	2	3	2	2	5	4	2	3
36	Kars	67	69	54	36	36	73	76	75	78
37	Kastamon	51	33	45	38	38	54	52	55	52
38	Kavseri	19	6	10	9	9	10	9	13	10
39	Kırklareli	11	52	50	66	66	33	11	9	16
40	Kırşehir	42	57	69	44	44	43	50	52	56
41	Kocaeli	4	8	4	6	6	20	33	29	45
42	Konya	26	9	23	5	7	9	22	18	13
43	Kütahya	40	28	47	21	21	37	41	41	41
44	Malatya	41	43	39	32	32	40	47	48	40
45	Manisa	25	14	62	52	52	60	6	4	7
46	K.Maras	48	44	32	35	35	65	55	50	46
47	Mardin	72	74	75	80	79	78	17	15	15
48	Muğla	13	13	26	13	17	11	40	33	39
49	Mus	81	75	55	73	76	81	81	81	76

50	Nevşehir	34	42	44	31	31	55	56	57	68
51	Niğde	49	35	63	40	40	44	60	59	66
52	Ordu	62	62	71	68	68	63	53	51	44
53	Rize	37	34	41	28	28	45	38	37	29
54	Sakarva	23	54	31	29	29	59	34	35	47
55	Samsun	32	29	36	18	18	22	57	56	62
56	Siirt	73	72	67	69	69	72	31	30	14
57	Sinop	57	53	76	58	55	28	73	74	81
58	Sivas	53	61	79	25	25	32	70	71	64
59	Tekirdağ	7	18	77	20	22	14	13	11	17
60	Tokat	61	38	48	37	37	25	21	26	25
61	Trabzon	38	20	30	23	23	13	39	40	28
62	Tunceli	52	81	80	77	77	74	59	64	72
63	Sanlıurfa	68	46	58	46	46	53	68	62	53
64	Uşak	30	25	57	33	33	47	8	10	12
65	Van	75	58	33	19	19	21	69	68	50
66	Yozgat	64	47	56	47	45	61	63	61	54
67	Zongulda	21	51	65	34	34	70	27	28	38
68	Aksaray	56	32	42	24	24	36	28	21	24
69	Bayburt	66	67	64	49	49	67	75	77	80
70	Karaman	35	66	49	60	60	42	51	49	59
71	Kırıkkale	33	36	53	39	41	62	42	45	57
72	Batman	70	70	72	74	74	77	48	44	37
73	Sırnak	78	80	81	75	75	71	62	60	43
74	Bartın	55	60	68	61	61	57	61	65	69
75	Ardahan	74	77	73	78	78	76	77	76	73
76	Iğdır	69	76	66	71	71	79	79	79	74
77	Yalova	9	5	12	10	10	12	10	7	11
78	Karabük	27	24	40	42	42	56	12	16	19
79	Kilis	54	23	17	30	30	35	35	34	31
80	Osmaniye	47	48	78	56	56	68	23	25	23
81	Düzce	45	64	59	51	51	38	65	67	71

Klasik çıktı yönlü Veri Zarflama Analizi modeli CCR ile toplam 81 ilden 58 tanesi etkin olarak bulunmuştur. Bu illerin yaklaşık olarak %71'inin etkin olarak değerlendirildiği anlamına gelmektedir. Ayrıca klasik model ile Ağrı, Mardin, Muş, Tokat, Karaman ve Iğdır gibi sıralamada daha alt sıralarda olması beklenen illerin de etkin olarak değerlendirilmesi dikkat çekicidir. Örneğin, etkin olmayan Bilecik ili bu illerden birini ya da bir kaçını referans almak durumunda olacaktır. Bu durum bir tezatlık oluşturmaktadır.

Klasik model çerçevesinde oluşturulan süper etkinlik yaklaşımı da benzeri dezavantajlara sahiptir. Çünkü süper etkinlik modelinde sadece etkin illerin kendi içerisinde sıralamaları yapılmaktadır. Referans alınacak iller yine klasik model çözümünden elde edilen illerdir. Çapraz etkinlik modeli klasik modelin çözümünden elde edilen optimal girdi ve çıktı ağırlıklarını kullanmaktadır. Literatür çalışmaları özellikle etkin birimler için optimal ağırlıkların çoklu optimal çözümlere sahip olduğunu göstermektedir ve bu durum bizim çalışmamızda da ortaya çıkmıştır. Her farklı ağırlık kümesi için farklı bir çapraz etkinlik skoru ve bu skorlara bağlı olarak da farklı sıralamalar elde etmek mümkündür. İller için uygulamamızda mümkün optimal çözümlerden sadece bir tanesi için sonuçlar verilmiştir.

Süper etkinlik ve çapraz etkinlik modellerinde Sivas ve Mersin gibi illerin Bursa, Kayseri ve Muğla gibi illere göre en başarılı iller arasında yer bulması bu yöntemlerin eksikliği olarak ortaya konabilir.

Ağırlıklı hedef programlamaya dayalı VZA modeli ile 10 il etkin olarak değerlendirilmiştir. Bu iller sırasıyla İstanbul, İzmir, Ankara, Bursa, Adana, Kocaeli, Konya, Eskişehir, Kayseri ve Yalova'dır. Bileşen modeline dayalı VZA modeli ile de yine 10 il etkin olarak değerlendirilmiştir. Bu iller sırasıyla İstanbul, Adana, Ankara, Bursa, Eskişehir, İzmir, Eskişehir, Gaziantep, Mersin, Konya ve Kayseri'dir.

Önerilen iki yaklaşım en başarılı iller bakımından birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Önerilen modellere göre etkin olmayan illerin çıktılarında iyileştirme yapılırken İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Adana ve Kayseri gibi en gözde illerimizin referans olarak alınması daha doğru olacaktır. Birimlerin sıralanması için önerilen Temel Bileşenler Analizi yönteminin, Modifiye Edilmiş Temel Bileşenler Analizi yönteminin ve Çok Boyutlu Ölçekleme Yöntemi Algoritmasının TBA'ya Entegre Edilmesine dayalı yeni yöntemin Süper Etkinlikle karşılaştırılması sonucunda Spearman'ın Sıra Korelasyon katsayısına göre tüm yöntemler yüksek korelasyon göstermiştir. Çalışmada kullanılan yöntemlerin süper etkinlik yöntemi ile olan uyumunu gösteren korelasyonlar Tablo 4 verilmiştir.

Tablo 4. Yöntemlerle Süper etkinlik arasındaki Spearman'ın Sıra korelasyon değerleri.

Çapraz Etk.	Önerilen Hedef Prog.	Önerilen Bileşen Yön.	CVDEA çapraz etkinlik Yön.	Zhu'nun TBA' yön.	Premachandra Yöntemi	ÇBÖ'lü Yöntem
0,716	0,802	0,752	0,705	0,728	0,743	0.650

DPT'de de temel bileşenler analizine dayalı illerin sosyo-ekonomik performanslarına göre bir sıralama yapmaktadır. Önerdiğimiz modellerle elde ettiğimiz sıralama değerlerini DPT'nin sıralama değerlerini (DİNÇER v.d.,2003) karşılaştırdığımızda istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Sonuçlar Tablo 5 te verilmiştir.

Tablo 5. Yöntemlerin sıralaması ile DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) sıralaması arasındaki Spearman'ın Sıra korelasyon değerleri:

Çapraz Etk.	Önerilen Hedef Prog.	Önerilen Bileşen Yön.	CVDEA çapraz etkinlik	Zhu'nun TBA'sı	Premachandra Yöntemi	ÇBÖ'lü Yöntem
0,625	0,679	0,666	0,685	0,767	0,772	0.607

Geliştirilen modellerin çözümünde boyut büyüdüğünde bir takım zorluklar yaşansada bu problem MATLAB programının kullanılması ile aşılmıştır. Bu yüzden yazılım programının alınmasına gerek görülmemiştir. Önerilen modellerin ve yöntemlerin çözümü MATLAB programında oluşturulan alt programlar aracılığı ile elde edilmiştir. MATLAB programı mühendislik, matematik, istatistik ve eniyileme problemlerinin çözümü için geliştirilmiş çok yönlü bir programdır. Bu yazılım programının içinde birçok sayısal tekniğin çözümü için geliştirilmiş özel komutlar yer almaktadır. Matlab yazılım programında modellerin çözümünde kullanılabilecek kod parçaları EK 1’de sunulmuştur.

Önerdiğimiz modellerin uygulanabilirliği 2009 yılında çeşitli sosyo-ekonomik değişkenlerin baz alındığı ülkemizdeki illeri kapsayan bir durum çalışması verisi ile gösterilmiştir. Ayrıca önerilen yeni VZA temelli modellerin sıralama başarısı, süper etkinlik yöntemiyle karşılaştırıldığında yüksek derecede uyum gösterdiğinden dolayı ülkemizin ve illerimizin performansını geliştirmede ve bu konuda yeni politikaların belirlenmesinde de etkin bir yaklaşım olarak kullanılabilir. Ağırlıklı hedef programlamaya ile girdi ve çıktıların ağırlıklarına göre oluşturulan bileşen modeline dayalı önerilen modeller yardımı ile, süper etkinlik ve çapraz etkinlik modellerine göre daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen modeller veri zarflama analizinin CCR ve BCC modellerine dayanmaktadır. Geliştirilen bu yeni modeller diğer VZA modellerine de uyarlanabilir.

KAYNAKLAR

- ANDERSEN, P., PETERSEN, N., A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis, *Management Science*, 39(10): 1261-1264 (1993) .
- ANDERSON, T.R., HOLLINGSWORTH, K.B., INMAN, L.B., The fixed weighting nature of a cross evaluation model, *Journal of Productivity Analysis*, 18(1), 249–255 (2002).
- AZADEH A., AMALNİCK M.S., GHADERİ S.F., ASADZADEH S.M., An integrated DEA PCA numerical taxonomy approach for energy efficiency assessment and consumption optimization in energy intensive manufacturing sectors, *Energy Policy* 35 3792–3806, (2007).
- BAL, H. & ÖRKÇÜ, H.H., A goal programming approach to weight dispersion in Data Envelopment Analysis, *G.U. Journal of Science*, 20(4), 117–125 (2007).
- BAL, H. ÖRKÇÜ, H.H. & ÇELEBİOĞLU, S., A new method based on the dispersion of weights in Data Envelopment Analysis, *Computers and Industrial Engineering*, 54(3), 502–512 (2008).
- BAL, H., ÖRKÇÜ, H.H., ÇELEBİOĞLU S, “Improving the Discrimination Power and Weights Dispersion in the Data Envelopment Analysis”, *Computers&Operations Research*, 37 (1), 99-107, (2010).
- BAKER, R.C. & TALLURİ, S., A Closer Look at the Use of Data Envelopment Analysis for technology Selection, *Computers and Industrial Engineering*, 32(1), 101–108 (1997).
- BANKER,R.D., CHARNES A., COOPER W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management Science*, 30(19): 1078-1092 (1984).
- CHARNES A, COOPER W.W. & RHODES E., Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal Of Operational Research*, 2, 429–444 (1978) .
- COOPER, W.W., SEİFORD, L.M. & TONE, K., Data Envelopment Analysis, **Kluwer Academic Publishers**, Boston, USA (2000).
- DİNÇER B., ÖZARSLAN M., KAVASOĞLU T., İllerin ve Bölgelerin Sosyo-ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması, **Yayın no: DPT 2671**, (2003).
- DOYLE, J.R. & GREEN, R., Efficiency and Cross-Efficiency in Data Envelopment Analysis: Derivatives, Meanings and Uses, *Journal of Operational Research Society*, 45(5), 567–578 (1994).
- IGNİZİO, J.P., Goal Programming and Extension, **Lexington Books**, Lexington (1976).
- Lİ, X. B. & REEVES, G.R., A Multiple Criteria Approach to Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 115: 507–517 (1999).

MEZA, L.A. & LINS, M.P.E., Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis", *Annals of Operations Research*, 116, 225–242 (2002).

ÖRKÇÜ, H.H, BAL, H., Goal programming approaches for data envelopment analysis cross efficiency evaluation", *Applied Mathematics and Computation*, 218 (2), 346-356 (2011).

PREMACHANDRA, I.M., A note on DEA vs principal component analysis: An improvement to Joe Zhu's approach, *European Journal of Operational Research*, vol. 132, pp. 553–560, (2001).

ROMERO, C., Handbook of critical issues in goal programming, **Pergamon press**, Oxford (1991).

ROMERO, C. & REHMAN, T., Multiple criteria analysis for agricultural decisions, **Elsevier Science Publishing Company**, New York, USA (1989).

ROSSI, F., THOMAS, A.A., Analysis of the beverage data using clusteranalysis rotated principal component analysis and LOESS curves. *Food Quality and Preference* 12 (5–7), 437–445 (2001).

STEWART, T.J., Data Envelopment Analysis and multiple criteria decision analysis: a response, *Omega*, 22(2): 205-206 (1994).

SUN, S, LU, W.M., A cross efficiency profiling for increasing discrimination in data envelopment analysis, *INFOR*, 43 (1), 51-60 (2005).

ZELENY, M., Multiple Criteria Decision Making, **McGraw-Hill**, New York, USA (1982).

ZHU, J., Data Envelopment Analysis with Preference Structure, *Journal of the Operational Research Society*, 47, 136-150 (1996).

ZHU, J., Data Envelopment Analysis vs principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities, *European Journal of Operational Research*, Vol.111, pp. 50-61, (1998).

EKLER

EK-1

Matlab Kodu, İllere İlişkin Elde Edilen Veri ve Sonuçlar

Modellerin Çözümü İçin Yazılan Matlab Kodu

```
clc
n=81; % KVB yani ilerin sayısı
g=3; % Girdi sayısı
c=13; % Çıktı sayısı
d=g+c; % Değişken sayısı

DC=X([1:n],[1:c]);
DG=X([1:n],[c+1:d]);
DEX=[DC -DG];

A=DEX;
b=zeros(n,1);
beq=[1];

for i=1:d
    Ib(i)=zeros(1);
end

%CCR KLASİK ETKİNLİK ANALİZİ
for j=1:n
    CCRSKOR(j)=0;
    Q1=A([j:j],[c+1:d]);
    Q1=-Q1;
    Aeq=[zeros(1,c) Q1];

    Q2=A([j:j],[1:c]);
    Q2=-Q2;
    f=[Q2 zeros(1,g)];
    y1=linprog(f,A,b,Aeq,beq,Ib);
    CCRSKOR(j)=-1*f*y1;
    for k=1:d
        CCRWEIGHT(j,k)=y1(k);
    end
end
CCR=CCRSKOR'; %CCR Etkinlik Skorları
%*****

clear A b Aeq beq f y1

A=DEX;
b=zeros(n-1,1);
beq=[1];
```

```

%SÜPER ETKİNLİK ANALİZİ
for j=1:n
    SUPER(j)=0;
    Q1=A([j:j],[c+1:d]);
    Q1=-Q1;
    Aeq=[zeros(1,c) Q1];

    Q2=A([j:j],[1:c]);
    Q2=-Q2;
    f=[Q2 zeros(1,g)];
    A(j,:)=[];
    y1=linprog(f,A,b,Aeq,beq,Ib);
    SUPER(j)=-1*f*y1;
    A=DEX;
    for k=1:d
        SUPERWEIGHT(j,k)=y1(k);
    end
%*****

%ÇAPRAZ ETKİNLİK
A=DEX;
b=zeros(n,1);
beq=[1];
for j=1:n
    S(j)=0;
    Aeq=[DEX(j,1) DEX(j,2) 0 0];
    f=[0 0 -1*DEX(j,3) -1*DEX(j,4)];
    ycprz=linprog(f,A,b,Aeq,beq,Ib);

    for k=1:d
        YCPRZ(j,k)=ycprz(k);
    end
end

YC=YCPRZ([1:n],[1:c]);
YG=YCPRZ([1:n],[c+1:d]);
ZC=DC*YC';
ZG=-1*DG*YG';
Z1=ZC';
Z2=ZG';
CP=Z2./Z1;
CPRZ1=mean(CP);
CPRZ=CPRZ1';          %çapraz etkinlik skorları

%*****

%BİLESEN DEA MODELİ
clear A b Aeq beq f

A=[C G];

b1=zeros(n,1);
b2=zeros(c,1);

```



```

b3=-1*ones(g,1);
bCM=[b1;b2;b3];
beq=[1];

Ib=zeros(d,1);
ub=[];
DEX=A;
CMPA=[A zeros(n,1)];

for j=1:n
    SEG1(j)=0;
    Q1=A([j:j],[c+1:d]);
    Q1=-Q1;
    Aeq=[zeros(1,c) Q1 0];

    Q2=A([j:j],[1:c]);
    Q2=-Q2;
    f=[Q2 zeros(1,g) 1];
    for r1=1:c
        for r2=1:c
            OUT(r1,r2)=A(j,r2);
        end
    end
    for r1=1:c
        for r2=1:c
            if r1==r2
                OUT(r1,r2)=0;
            end
        end
    end
end

    for t1=1:g
        for t2=1:g
            INPT(t1,t2)=A(j,c+t2);
        end
    end
    for t1=1:g
        for t2=1:g
            if t1~=t2
                INPT(t1,t2)=0;
            end
        end
    end
end

    A1OUT=[OUT zeros(c,g) -1*ones(c,1)];
    A1INPT=[zeros(g,c) INPT -1*ones(g,1)];
    AEK=[A1OUT;A1INPT];
    CMPAA=[CMPA;AEK];
    y1=linprog(f,CMPAA,bCM,Aeq,beq,Ib);
    SEG1(j)=-1*f*y1;
    for k=1:d
        Y1(j,k)=y1(k);
    end
end
end

```

```

Y1C=Y1([1:n],[1:c]);
Y1G=Y1([1:n],[c+1:d]);
a11=0;
a1=0;
for i=1:n
    for j=1:c
        a11=Y1C(i,j)*C(i,j);
        a1=a11+a1;
    end
    EEE(i)=a1;
a1=0;
end

a22=0;
a2=0;
for i=1:n
    for j=1:g
        a22=Y1G(i,j)*-1*G(i,j);
        a2=a22+a2;
    end
    EEEE(i)=a2;
a2=0;
end

for i=1:n
    SEG1(i)=EEE(i)/EEEE(i);
end
ED1=SEG1';
%*****

%AĞIRLIKLI HEDEF PROGRAMLAMA
clear A b Aeq beq
A=DEX;
b=zeros(n,1);
beq=[1; zeros(n,1)];
Ib=zeros(n+d+1,1);
A3=[zeros(n,d) eye(n,n) -1*ones(n,1)];

for j=1:n
    f=[zeros(1,d) ones(1,n+1)];
    SEG3(j)=0;
    Q1=A([j:j],[c+1:d]);
    Q1=-Q1;
    Aeq1=[zeros(1,c) Q1 zeros(1,n+1)];
    Aeq2=[DEX eye(n,n) zeros(n,1)];
    Aeq=[Aeq1;Aeq2];
    f(j+4)=1;
    y3=linprog(f,A3,b,Aeq,beq,Ib);
    SEG3(j)=1-y3(j+d);
    for k=1:d
        Y3(j,k)=y3(k);
    end
    f=[];
end
end

```

```

%*****
%TEMEL BİLESENLER ANALIZI (Zhu yöntemi)

k=1;
for i=1:c
    for j=1:g
        D([1:n],k)=DC([1:n],i)./DG([1:n],j);
        k=k+1;
    end
end
D
for k=1:g*c
    NEWD([1:n],[k:k])=[D([1:n],[k:k])/max(D([1:n],[k:k]))];
end
NEWD
for k=1:(g*c)
    STNEWD([1:n],[k:k])=(NEWD([1:n],[k:k])-
    mean(NEWD([1:n],[k:k])))/std(NEWD([1:n],[k:k]));
end
STNEWD
R=corrcoef(STNEWD);
[COEFF,latent,explained] = pcacov(R);
ZPCA=0;
L=latent/sum(latent);
gt=L(1);
for i=2:(g*c)
    gt=gt+L(i);
    if gt-L(i)<0.80 && gt>=0.80
        for i=1:i
            if sum(COEFF([1:(g*c)],[i:i]))<0
                ZPCA=ZPCA-L(i)*COEFF([1:(g*c)],[i:i]);
            else
                ZPCA=ZPCA+L(i)*COEFF([1:(g*c)],[i:i]);
            end
        end
    end
end
end
ZPCA
PCASKOR=STNEWD*ZPCA;
u=tiedrank(PCASKOR)
CCR
CCRSUPER
PCASKOR
%*****
% MODİFİYE EDİLMİŞ TEMEL BİLESENLER ANALIZI (Premachandra yöntemi)
IMPD=zeros(n,(g*c+1));
for ij=1:g*c
    IMPD([1:n],[ij:ij])=D([1:n],[ij:ij]);
end
IMPD([1:n],[g*c+1:g*c+1])=sum(D')';
IMPD
for ji=1:(g*c)+1

```

```

NEWIMPD([1:n],[ji:ji])=[IMPD([1:n],[ji:ji])/min(IMPD([1:n],[ji:ji]))
];
end
NEWIMPD
for k=1:(g*c+1)
STNEWIMPD([1:n],[k:k])=(NEWIMPD([1:n],[k:k]) -
mean(NEWIMPD([1:n],[k:k])))/std(NEWIMPD([1:n],[k:k]));
end
STNEWIMPD
R=corrcoef(STNEWIMPD);
[COEFF1,latent1,explained] = pcacov(R);
ZPCA1=0;
L1=latent1/sum(latent1);

gt=L1(1);
for i=2:(g*c)
    gt=gt+L1(i);
    if gt-L1(i)<0.80 && gt>=0.80
        for jj=1:i
            if sum(COEFF1([1:(g*c+1)],[jj:jj]))<0
                ZPCA1=ZPCA1-L1(jj)*COEFF1([1:(g*c+1)],[jj:jj]);
            else
                ZPCA1=ZPCA1+L1(jj)*COEFF1([1:(g*c+1)],[jj:jj]);
            end
        end
    end
end

end
ZPCA1
PCASKOR1=STNEWIMPD*ZPCA1;
q=tiedrank(PCASKOR1)

for k=1:(g*c)
STD([1:n],[k:k])=(D([1:n],[k:k]) -
mean(D([1:n],[k:k])))/std(D([1:n],[k:k]));
end
STD;
%*****
%ÇOK BOYUTLU ÖLÇEKLEME ALGORİTMALI YENİ YÖNTEM
U=zeros(n,n);y
for i=1:n
    for j=1:n
U(i,j)=sum(abs(D([i:i],[1:g*c])-D([j:j],[1:g*c])));
    end
end
U
Ukare=zeros(n,n);
for i=1:n
    for j=1:n
Ukare(i,j)=U(i,j)^2;

```

```

        end
    end
    Ukare
        E=zeros(n,n);
        for i=1:n
            for j=1:n
                E(i,j)=-0.5*Ukare(i,j);
            end
        end
        E
        F=zeros(n,n);
        for k=1:n
            F([1:n],[k:k])=(E([1:n],[k:k])-mean(E([1:n],[k:k]))-
            mean(E([k:k],[1:n]))+(mean(E)*ones(n))');
        end
        F

    for k=1:n
        STF([1:n],[k:k])=(F([1:n],[k:k])-
        mean(F([1:n],[k:k])))/std(F([1:n],[k:k]));
    end
    STF;

    [v,vv]=eig(F)
    vvson=vv/sum(vv)

    R=corrcoef(F);
    [COEFF2,latent2,explained] = pcacov(R);
    ZPCA3=0;
    L2=latent2/sum(latent2);

    gt=L2(1);
    for i=2:g*c
        gt=gt+L2(i);
        if gt-L2(i)<0.80 && gt>=0.80
            for jj=1:i
                if sum(COEFF2([1:g*c],[jj:jj]))<0
                    ZPCA3=ZPCA3-L2(jj)*COEFF2([1:g*c],[jj:jj]);
                else
                    ZPCA3=ZPCA3+L2(jj)*COEFF2([1:g*c],[jj:jj]);
                end
            end
        end
    end
    else

        gt>=0.80
        for jj=1:i
            if sum(COEFF2([1:g*c],[jj:jj]))<0
                ZPCA3=ZPCA3-L2(jj)*COEFF2([1:g*c],[jj:jj]);
            end
        end
    end
end

```

```

        else
            ZPCA3=ZPCA3+L2(jj)*COEFF2([1:g*c],[jj:jj]);
        end
    end
end
end
ZPCA3

PCASKOR3=STD*ZPCA3;
y=tiedrank(PCASKOR3)

```

EK:2

Tablo 6: 81 İlimizin çıktı ve girdi değişkenleri bakımından aldıkları değerler

No	Şehirler	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}	x_1	x_2	x_3
1	Adana	75.58	43.09	14.41	11.9	48.53	10.16	2.71	86.88	14	24	44	144	73
2	Adıyaman	54.33	73.64	4.8	4.25	23.17	4.31	1.07	79.83	5	11	42	34	93
3	Afyon	45.77	70.11	6.41	5.13	24.39	3.21	1.28	88.26	8	24	45	69	92
4	Ağrı	47.72	73.44	1.46	3.48	22.75	1.47	0.7	67.95	2	5	58	20	55
5	Amasya	53.83	61.47	5.8	5.64	33	4.5	1.01	87.39	7	13	47	68	96
6	Ankara	88.34	16.21	13.41	13.81	72.06	16.86	3.93	93.26	32	38	36	140	426
7	Antalya	54.45	49.66	5.5	18.05	41.37	9.67	3.17	91.86	13	16	32	83	257
8	Artvin	43.87	60.85	5.39	4.82	34.03	4.22	1.03	86.8	1	30	43	40	66
9	Aydın	51.87	61.95	7.54	9.16	38.15	10.71	2.85	87.44	12	17	39	69	184
10	Balıkesir	53.66	56.75	8.63	8.93	35.82	6.63	2.19	88.34	9	24	41	55	249
11	Bilecik	64.01	46.51	19.29	5.89	47.85	7.18	1.26	91.55	9	15	42	58	475
12	Bingöl	48.66	69.94	1.4	2.84	26.96	1.63	0.85	73.61	5	17	60	30	1708
13	Bitlis	56.48	69.84	2.28	3.37	25.78	2.05	0.78	72.37	4	11	52	29	56
14	Bolu	52.72	56.57	11.11	7.32	37.49	6.07	1.67	89.63	11	44	38	47	190
15	Burdur	54.48	60.13	8.31	6.11	31.34	4.82	1.34	89.67	10	28	33	58	99
16	Bursa	76.75	33.56	28.17	11.82	55.6	13.71	3.52	91.72	12	20	39	125	519
17	Çanakkale	46.36	56.01	9.19	7.15	37.56	6.68	1.59	89.51	9	20	34	59	322
18	Çankırı	52.22	66.09	5.23	4.12	28.65	3.45	1.09	88.16	7	18	37	45	46
19	Çorum	52.24	67.61	7.35	5.69	26.27	3.49	1.37	83.11	7	26	51	50	388
20	Denizli	48.69	53.54	18.98	7.71	39.19	11.22	2.23	89.57	12	17	39	66	178
21	Diyarbakır	60	63.86	3.82	5.76	32.21	4.45	1.3	69.57	7	21	57	71	333
22	Edirne	57.35	49.6	9.01	8.42	43.29	7.61	1.69	88.89	19	31	38	57	193
23	Elazığ	63.95	58.6	6.01	5.88	35.57	3.77	1.7	82.31	14	41	39	41	163
24	Erzincan	54.35	62.03	4.17	4.79	33.06	2.91	1	87.16	7	20	37	43	447
25	Erzurum	59.8	62.3	3.71	6.06	31.65	3.11	1.58	83.64	12	32	65	62	83
26	Eskişehir	78.9	35.31	18.93	10.5	56.63	11.62	2.59	92.94	16	41	40	90	269
27	Gaziantep	78.52	39.13	21.28	11.43	49.35	5.56	3.33	83.78	8	20	44	46	159
28	Giresun	54.09	70.31	5.07	5.71	22.99	4.36	1.26	83.35	6	22	38	42	174
29	Gümüşhane	41.49	76.54	2.6	2.91	19.35	2.14	0.59	86.4	7	17	32	38	301
30	Hakkari	58.95	52.44	1.35	2.51	44.39	1.6	0.56	70.69	4	6	55	26	132
31	Hatay	46.37	61.63	8.41	6.7	32.47	5	1.69	86.02	6	12	38	53	73
32	Isparta	58.71	56.9	8.34	5.73	37.19	5.54	1.52	92.01	14	53	32	61	243
33	Mersin	60.51	57.64	7.93	9.33	35.7	7.93	2.29	89.16	8	17	45	85	276
34	İstanbul	90.69	8.13	32.15	18.73	75.95	19.39	5.97	93.39	21	34	39	139	222
35	İzmir	81.07	28.54	20.58	14.54	61.98	16.28	3.99	91.66	23	29	40	100	272
36	Kars	43.73	68.14	2.17	3.65	27.75	2.47	1.05	82.94	5	12	65	42	174
37	Kastamonu	46.35	71.14	6.32	4.59	23.32	3.52	1.36	80.8	9	40	44	47	329
38	Kayseri	69.06	46.98	16.42	8.53	44.09	5.69	2.96	88.89	12	23	42	74	80
39	Kırklareli	57.6	48.2	17.81	7.46	44.31	9.18	1.78	92.88	9	22	34	57	192
40	Kırşehir	58.21	65.08	5.93	5.84	28.67	3.7	1.38	87.52	9	20	35	49	262
41	Kocaeli	59.94	39.04	20.32	9.21	52.84	8.53	2.16	92.04	11	17	42	157	503
42	Konya	59.07	62.42	9.05	6.87	29.65	3.48	2.22	90.07	8	15	35	73	119
43	Kütahya	48.54	66.9	9.89	4.81	27.99	2.89	1.3	89.09	6	18	40	50	161
44	Malatya	58.54	63.93	6.24	6.25	29.63	4.41	1.43	85.35	11	16	35	45	212
45	Manisa	56.72	61.54	11.9	7.06	35.91	8.39	1.56	86.27	10	22	41	50	80
46	K.Maraş	53.47	65.63	9.84	5.35	29.42	3.76	1.28	83.42	6	10	37	40	398
47	Mardin	55.49	69.92	2.37	4.05	24.81	2.23	0.73	71.2	3	7	43	45	17
48	Muğla	37.51	55.02	5.95	13.73	36.67	7.35	2.82	92.72	11	19	35	91	680
49	Muş	35.16	83.44	1.54	1.86	14.37	1.33	0.48	69.44	3	8	55	23	288
50	Nevşehir	44.05	70.25	4.97	6.77	27.6	5.6	1.6	88.41	9	18	43	79	172
51	Niğde	36.43	73.49	5.27	4.99	23.15	4.45	1.1	86.23	8	18	47	59	132
52	Ordu	46.93	73.55	4.22	5.26	20.42	3.81	1.23	83.1	6	17	37	46	112
53	Rize	56.09	64.34	9.44	6.03	28.9	4.07	1.66	87.66	7	21	32	43	163
54	Sakarya	60.81	51.93	12.89	9.06	38.72	5.92	2.62	90.85	7	18	42	100	134
55	Samsun	52.54	63.37	6.86	7.87	28.94	5.5	1.98	86.21	14	27	48	72	305
56	Siirt	58.22	56.87	2.58	4.04	39.33	2.52	0.62	68.66	4	11	63	21	35
57	Sinop	44.9	71.05	5.33	4.58	23.59	4.37	1.16	82.72	8	24	57	74	313
58	Sivas	55.86	66.46	5.43	5.09	28.46	3.31	1.31	85.4	11	30	53	42	682
59	Tekirdağ	63.4	38.77	26.22	8.57	52.76	12.39	2.09	93.01	10	17	39	61	184
60	Tokat	48.52	74.03	4.91	4.38	20.52	2.62	0.95	85.67	5	16	45	52	40

61	Trabzon	49.12	64.31	5.33	7.1	27.64	4.81	1.97	88.49	11	26	31	48	154
62	Tunceli	58.21	42.3	1.81	2.44	54.83	3.59	0.43	82.99	9	19	36	74	115
63	Sanliurfa	58.34	72.8	3.47	5.24	24.3	2.75	1.08	67.67	4	9	37	37	421
64	Uşak	56.48	60.15	14.91	6.39	31.67	5.39	2.24	87.54	9	19	42	56	64
65	Van	50.94	67.17	2.46	4.34	27.85	2.14	0.89	68.05	6	14	61	24	104
66	Yozgat	46.15	77.31	3.7	3.81	19.75	2.54	0.81	86.17	5	13	45	36	104
67	Zonguldak	40.66	59.05	15.36	6.08	35.03	5.49	1.25	87.81	10	28	45	78	175
68	Aksaray	50.55	69.97	5.67	6.21	23.61	2.89	1.75	86.34	9	14	48	51	74
69	Bayburt	42.48	74.68	2.27	3.37	20.7	1.5	1.48	86.49	7	10	44	51	196
70	Karaman	57.53	65.01	11.14	5.39	28.76	5.24	1.45	89.72	9	12	48	53	195
71	Kırıkkale	74.39	51.22	10.41	7.16	41.84	4.09	1.58	89.12	12	16	34	73	309
72	Batman	66.6	63.48	5.97	5.46	31.07	3.03	1.38	70.96	4	5	50	27	65
73	Şırnak	59.83	46.56	1.85	3.71	48.36	1.88	0.73	65.75	3	6	51	21	63
74	Bartın	26.06	71.27	7.9	4.63	23.7	3.79	1.15	84.03	9	17	42	45	167
75	Ardahan	29.7	77.79	1.06	2.48	19.4	1.93	0.66	84.6	6	12	77	26	77
76	Iğdır	48.38	68.37	2.2	4.61	26.42	2.97	1.28	75.46	6	6	52	25	464
77	Yalova	58.52	38.5	13.71	10.81	51.27	10.28	2.73	92.93	11	12	43	76	84
78	Karabük	70.08	41.85	18.71	8.03	49.98	7.32	1.95	86.92	9	26	38	73	77
79	Kilis	65.36	54.72	7.49	7.07	37.54	3.71	1.55	80.41	10	17	48	35	75
80	Osmaniye	68	59.99	6.86	6.96	32.59	4.4	1.42	86.02	6	7	36	42	46
81	Düzce	41.57	57.38	12.28	7.17	35.34	6.41	1.92	89.44	6	17	50	58	194

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje No: 109T337
Proje Başlığı: VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE BİRİMLERİN SIRALANMASI İÇİN YENİ YAKLAŞIMLAR
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof Dr. Hasan BAL, Yrd. Doç. Dr. Hacı Hasan ÖRKÜ
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Gazi Üniversitesi Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü, Teknikokullar-Beşevler ANKARA
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01/03/2010 - 01/09/2011
Öz VZA çok çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde uygulanan ve birçok teknikte etkileşim halinde kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışma klasik VZA ile karşılaştırıldığında daha az sayıda etkin birim sayısına sahip sıralama modelleri geliştirilmesi üzerinedir. Çalışılması planlanan modeller çarpaz etkinlik modeli, çok kriterli VZA modeline alternatif olarak düşünülen ağırlıklı hedef programlama VZA sıralama modeli, ağırlıkları değişim katsayılarının en küçük yapısına çalışıldığı CVDEA modeli, her bir ağırlıklı çıktı ve ağırlıklı girdi toplamının sırasıyla çıktı ve girdi bileşenlerine yaklaştırıldığı modelleri kapsamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Birimlerin Sıralanması, VZA ya dayalı Öncelikli Hedef Programlama, Ağırlık kısıtlaması, Çok Boyutlu Ölçekleme
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet ☐ Gerekli Değil ☒ Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.

Projeden Yapılan Yayınlar:					
Sıra	Çıktı türü	Yazarlar	Başlık	Yayın yeri	Durumu
1	Makale	H. Hasan ÖRKÜ, Hasan BAL	Goal programming approaches for data envelopment analysis cross efficiency evaluation	Applied Mathematics and Computation, 218, 346-356, 2011.	Yayınlandı
2	Makale	Hasan BAL, H. Hasan ÖRKÜ, Salih ÇELEBİOĞLU	İmproving the discrimination power and weight dispersion in the data envelopment analysis	Computers and Operations Research, 37 (1),99-107, 2010.	Yayınlandı
3	Makale	H. Hasan ÖRKÜ, Hasan BAL	A new approach to cross efficiency in data envelopment analysis and performance evaluation of turkey cities	Gazi University Journal of Science(2012)	Yayınlanmaya kabul edildi
4	Bildiri	Hasan BAL, H. Hasan ÖRKÜ	Performance evaluation of international airports in turkey: a cross efficiency approach based on goal programming	8. International Conference on Data Envelopment Analysis(2010)	Yayınlandı (ISBN: 978 1 85449 481 8)
5	Bildiri	H. Hasan ÖRKÜ, Hasan BAL	Ağırlıklı hedef programlama veri zarflama analizi yöntemi ile Türkiye'deki illerin başarımlarını değerlendirilmesi	7. İstatistik Günleri Sempozyumu(2010), ODTÜ, Sayfa 1-8	Yayınlandı
6	Bildiri	Hasan BAL, H. Hasan ÖRKÜ, Mehmet Güray ÜNSAL	Türk devlet ve özel bankalarının vza ve malmquist indeks temelli etkinlik analizi	12. Uluslararası Ekonometri Yöneyim Araştırması ve İstatistik Sempozyumu(2011)	Özet Yayınlandı

7	Bildiri	Hasan BAL, H. Hasan ÖRKÜ, Mehmet Güray ÜNSAL	An analysis of technical efficiency and productivity changes in turkish airports using the malmquist index	International Congress on Knowledge, Economy and Management(2011)	Yayınlandı
8	Bildiri	Hasan BAL, H. Hasan ÖRKÜ, Mehmet Güray ÜNSAL	The energy and electricity efficiency evalution of balkan countries by data envelopment analysis method	International Congress on Knowledge, Economy and Management(2011)	Yayınlandı
9	Bildiri	Hasan BAL, H. Hasan ÖRKÜ	Cross efficiency method based on minimization of weights and evalution of turkey cities	9. International Conference on Data Envelopment Analysis(2011)	Özet Yayınlandı
10	Bildiri	Hasan BAL, Mehmet Güray ÜNSAL	İntegrating of multidimensional scaling algorithm to pca-dea and energy efficiency evaluation of oecd countries	9. International Conference on Data Envelopment Analysis(2011)	Özet Yayınlandı
11	Bildiri	Hasan BAL, H. Hasan ÖRKÜ, Mehmet Güray ÜNSAL	Benchmarking of OECD countries by different energy efficiency measurement approaches	10. International Conference on Sustainable Energy Technology(2011)	Yayınlandı
Ekte Bulunan “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”, “Kazanımlar” Bölümünde Belirtilen Kriterlere Göre Proje Çıktılarınızın Başarı Öyküsü Niteliği Taşıdığını Düşünüyorsanız “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”nu doldurunuz.					

Veri Zarflama Analizinde Birimlerin Sıralanması İçin Yeni Yaklaşımlar	Hasan BAL
(PROJE ŞEKİL/GRAFIK/ FOTOĞRAF) (En fazla 4 tane – jpg formatında, 35 x 35 cm (300 dpi)): İsimleriyle ve şekil altı açıklamalarıyla birlikte sıralanmış olarak formda belirtilmesi ve 300 dpi çözünürlükte ayrı jpeg dosyaları halinde formun ekleri olarak gönderilmesi gerekmektedir.	109T337
	82980
	01.03.2010-01.09.2011
	Gazi Üniversitesi
	
Projenin Amacı ve Önemi • Ülkemizdeki illerin sosyo-ekonomik performanslarının herhangi bir ön varsayıma gerek duymayan VZA temelli yöntemler ile ele almak, • İllerin sosyo-ekonomik performans sıralamasını yeni önerilen yöntemlerle değerlendirmek ve karar vericilere objektif politikalar sunmak. • CVDEA, Ağırlıklı Hedef programlamaya dayalı VZA ve her bir ağırlıklı çıktı ve ağırlıklı girdi toplamının sırasıyla çıktı ve girdi bileşenlerine yaklaştırıldığı modeller gibi VZA konusunda yeni modeller geliştirmek.	
Proje ile Elde Edilen veya Beklenen Bilimsel, Teknolojik, Ekonomik ve Sosyal Kazanımlar Bu proje ile ilgili aşağıdaki SCI kapsamlı uluslar arası önemli dergilerde yayınlanmış iki makale çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalara ululararası bilim otoritelerince bazı atıflar da olmuştur. Bu geliştirdiğimiz VZA tabanlı modellerin diğer uluslararası bilim çevrelerince kabul gördüğü ve kullanıldığı anlamına gelmektedir. Bu nedenle projenin, dolaylı olarak ülkemizi yurt dışındaki bilim camiasına tanıtıma da önemli katkısı olmuştur. 1. Bal, H , Örkücü, H.H, Çelebioğlu S, "İmproving the discrimination power and weight dispersion in data envelopment analysis", Computers and Operations Research, 37(1),99-107, 2010. 2. Örkücü, H.H, Bal, H. "Goal programming approaches for data envelopment analysis cross efficiency evaluation", Applied Mathematics and Computation, 218 (2), 346-356, 2011.	

Proje için TÜBİTAK Desteğinin Önemi

- Uluslararası saygın SCI kapsamlı dergilerde yayın yapmaya teşvik olmuştur.
- Ulusal ve uluslararası düzeydeki kongrelere katılmada maddi destek imkânı sunmuştur
- Genç araştırmacılara sunduğu maddi destek sayesinde onların bilimsel çalışmalara ilgi ve özen duyması, konu ile ilgili deneyim kazanmaları, çalıştıkları Yüksek Lisans tezlerini hazırlamada kolaylaştırıcı unsur olması.
- Bilgisayar ve sarf malzemeleri kullanımında araştırmalarımıza kolaylıklar sunmuştur.

ARDEB BAŞARI ÖYKÜSÜ**1. Proje yürütücüsü iletişim bilgileri:**

Adı – Soyadı : Hasan BAL
Unvanı : Prof. Dr.
Telefon : (312) 2021465
E-posta adresi : hasanbal@gazi.edu.tr