

TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ İLE VZA MODELLERİNİN SEÇİLMESİ VE BİRİMLERİN SIRALANMASI: ŞEHİRLERİN EKONOMİK PERFORMANSI ÜZERİNE BİR UYGULAMA *

Hasan BAL¹

Volkan Soner ÖZSOY²

Öz

Veri Zarflama Analizi, karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçen doğrusal programlamaya dayalı bir parametrik olmayan yöntemdir. Bu yöntem çeşitli girdilerle bazı çıktıları üreten üniversiteler, hastaneler ve bankalar gibi homojen karar verme birimlerinin etkinliklerinin değerlendirilmesi sıklıkla kullanılmaktadır. Etkinlik skorlarının hesaplanmasında seçilen girdi ve çıktıların oldukça büyük öneme sahiptir. Bu yüzden doğru girdi ve çıktıları seçmek için literatürde veri zarflama analizinin çok farklı modelleri bulunmaktadır. Bu çalışmada 28 şehre ait veriler kullanılarak ekonomik performanslar hesaplanmıştır. Olası bütün veri zarflama analizi modelleri etkinlik skorları hesaplanarak sonuçlar Temel Bileşen Analizi kullanılarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Data Envelopment Analysis, Principal Component Analysis, Economic Performance

SELECTING DEA MODEL SPECIFICATIONS AND RANKING UNITS VIA PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS: A APPLICATION OF ECONOMIC PERFORMANCE OF CITIES

Abstract

Data Envelopment Analysis (DEA) is non-parametric mathematical tool a linear programming-based approach for measuring the relative efficiency of decision making units (DMUs). DEA is becoming widely used to evaluate the efficiency of organizations with multiple homogeneous DMUs such as universities, hospitals, and banks that produce several outputs with a variety of inputs. Different model selection methods have been suggested for DEA in the literature. Model selection in DEA is a very important problem. Efficiency score of DMU takes different values based on input and output. Variable selection is crucial to the process as the omission of some of the inputs can have a large effect on efficiency score. In this study, an example deals with the efficiency in the economic performance of 28 Chinese cities. Efficiency scores are calculated for all possible DEA model specifications. The results are analyzed using Principal Component Analysis and a new method for model selection is proposed in this paper.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Principal Component Analysis, Economic Performance

Jel Codes: C38, C44, C61

* Bu çalışma, 5-9 Ekim 2016 tarihinde Bosna Hersek’de düzenlenen International Conference on Economics, Business Management and Social Sciences (ICEBSS 2016) konferansında sunulan “Selecting DEA model specifications and ranking units via Principal Component Analysis: A application of economic performance of cities” adlı tebliğin gözden geçirilmiş ve genişletilmiş halidir.

1 Prof. Dr. Hasan BAL, Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, hasanbal@gazi.edu.tr

2 Arş. Gör. Volkan Soner ÖZSOY, Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, volkansoner@gazi.edu.tr

Giriş

Veri Zarflama Analizi (VZA), doğrusal programlamaya dayalı, birbirine benzeyen girdiler yardımıyla birbirine benzeyen çıktılar üreten Karar Verme Birim(KVB)'lerine ait çeşitli girdi ve çıktı değişkenlerinin gözlem değerleri kullanılarak, görelî etkinliğin ölçüldüğü parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA yönetim süreçlerinde şirket, firma, kurum veya şubelerin performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan popüler bir araçtır. VZA kullanılarak yapılan bir etkinlik ölçümlerine çalışması sonuçları ışığında hangi KVB'nin ne derece etkin olduğu ve etkin olmayan KVB'lerinin hangi girdi ya da çıktıyı ne derece ve ne yönde değiştirmesi gerektiği konusunda yorum yapılabilir. Herhangi bir üretim fonksiyonuna bağlı olmaması sebebiyle, VZA çok geniş bir kullanım alanına sahip bir performans değerlendirme yöntemidir. Aynı zamanda VZA, girdi-çıktılar arasında fonksiyonel bir ilişki istememesinden dolayı en çok tercih edilen yöntemdir.

KVB'nin görelî etkinlik skorları seçilen modeldeki girdi ve çıktılara bağlıdır. Literatürde girdi ve çıktılar, karar vericilerin ya da uygulayıcıların bilgisi ile seçilmektedir. Bu yüzden olabilecek diğer alternatif modeller gözden kaçabilmektedir. Modelde olmayan bir değişkenin etkinlik skorlarına etkisi büyük olabilir ve yahut tersi de doğru olabilir. Girdi ve çıktı sayısının fazla olması yüksek korelasyona sebep olabilir. Bu korelasyonu azaltmak için ise değişken sayısını azaltmak gerekir. Bu durumda ise etkinlik skorlarının bazı KVB için daha fazla azaldığı bazılarının ise etkilenmediği durumu ortaya çıkabilir. Bu çalışmada bu problemlerden bir tanesi olan doğru girdi çıktı seçimi araştırılmıştır.

Literatürde girdi çıktı seçimi ile ilgili birçok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi değişken azaltma aracı olarak kullanılan Temel Bileşen Analizi (TBA) 'dir. VZA ve çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinin birlikte kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Bunlar, Adler ve Golany (2001), Norman ve Stoker (1991), Pastor ve diğ. (2002), Vargas ve Bricker (2000), Lovell ve Pastor (1997), Mancebon ve Mar Molinero (2000), Mar Molinero ve Cinca (2001), Zhu (1998), Doyle ve Green (1994), Sinuany-Stern and Friedman (1998), Raveh (2000), Serrano Cinca et al.(2003) şeklindedir. Özellikle Cinca ve Molinero (2004), Norman ve Stocker (1991) ve Pastor ve ark. (2002) gibi araştırmacılar VZA yöntemi için farklı model seçiminde Temel Bileşenler Analizi kullanarak en iyi girdi-çıkta kombinasyonunu araştırmışlardır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmuştur. Sonraki bölümde Veri Zarflama Analizi ve Temel Bileşen Analizi ile ilgili temel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde örnek uygulama olan şehirlerin ekonomik performansları ile ilgili bazı bilgiler verilmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise sonuçlar verilmiştir.

2. Yöntem

2.1. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen doğrusal programlamaya dayalı, Karar Verme Birim(KVB)'lerine ait çeşitli girdi ve çıktı değişkenlerinin gözlem değerleri kullanılarak, görelî etkinliğin ölçüldüğü parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA yönetim süreçlerinde şirket, firma, kurum veya şubelerin performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan popüler bir araçtır. VZA kullanılarak yapılan

bir etkinlik ölçümleme çalışması sonuçları ışığında hangi KVB'nin ne derece etkin olduğu ve etkin olmayan KVB'lerinin hangi girdi ya da çıktıyı ne derece ve ne yönde değiştirmesi gerektiği konusunda yorum yapılabilir. Burada bahsedilen KVB, birbirine benzeyen girdiler yardımıyla birbirine benzeyen çıktılar üreten işletme, kurum, firma, şirket, futbol takımları gibi etkinliği incelenen ve herhangi bir süreçte girdisi ve/veya çıktısı olan banka, banka şubeleri, hastane, havalimanları, sigorta şirketleri, üniversiteler, iller, bölgeler, ülkeler, makineler vb. somut ve /veya soyut birimlerdir. VZA, ilgili birimleri hem etkin ya da etkin olmayan olarak sınıflar hem de etkin olmayan birimlerin nasıl etkin hale gelebileceğine ilişkin önerilerde bulunur. Bu yönüyle giderek rekabetin arttığı bir piyasada kuruluşlar için pratik ve kullanışlı sonuçlar üretir. Herhangi bir üretim fonksiyonuna bağlı olmaması sebebiyle, VZA çok geniş bir kullanım alanına sahip bir performans değerlendirme yöntemidir. Aynı zamanda VZA, girdi-çıktılar arasında fonksiyonel bir ilişki istememesinden dolayı en çok tercih edilen yöntemdir.

$$\begin{aligned} \max \theta_0 &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \\ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1 \\ u_r &\geq 0 \\ v_i &\geq 0 \\ j &= 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (1)$$

2.2. Temel Bileşen Analizi

Genellikle istatistik ile ilgili çalışmalarda çok sayıda değişkenin varlığı analizin doğru bir şekilde yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu değişkenlerin birbiri ile ilişkili olması kaçınılmazdır. Bu yüzden yapılan analizlerde gerek bu değişkenler arasındaki ilişkilerden kaynaklanan gerekse diğer sebeplerden kaynaklanan çoklu bağlantı, işlem güclüğü, zaman kaybı gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Analizlerde daha geçerli ve güvenilir sonuçlar elde etmek ve bu sorunların üstesinden gelmek için Temel Bileşenler Analizi (TBA) bu yöntemlerden biridir. TBA'da p sayıda başlangıç değişkenine karşılık elde edilen p sayıda temel bileşenin her biri, orijinal değişkenlerin doğrusal bir bileşimidir. Dolayısıyla, her bir temel bileşen bünyesinde tüm değişkenlerden belirli oranda bilgiyi barındırır. Bu özelliği sayesinde TBA, p boyutlu veri kümesi yerine, ilk m önemli temel bileşenin kullanılması yoluyla boyut indirgemesi sağlayabilmektedir. İlk m temel bileşen toplam varyansın büyük kısmını açıklıyorsa, geriye kalan p-m temel bileşen ihmal edilebilir. TBA bu yönüyle, başka analizlerle birlikte kullanıldığı hallerde, gerek diğer analizin öncesinde değişken sayısının azaltılması ya da bağımlı değişkenlerden bağımsız yeni değişkenlerin türetilmesi amacıyla, gerekse diğer analizin sonucunda elde edilen çok sayıda çözüm kümesini daha az boyutta ya da kavramsal anlamlılığı ortaya çıkarmak üzere kullanılabilir (Bal & Örcü, 2006).

3. Uygulama

Literatürde sıkça kullanılan Charnes, Cooper, ve Li (1989) tarafından oluşturulan makaleye ait 28 Çin şehrinin ekonomik performansını değerlendirmek için veriler kullanılmıştır. Kullanılan girdiler; x1 (Çalışan, 10,000 kişi), x2 (İşletme Sermayesi, 10,000 ¥), x3 (Yatırımlar,

10,000 ₺), y1 (Brüt Endüstriyel Çıktı Değeri, 10000 ₺), y2 (Kar ve Vergiler, 10,000 ₺), y3 (Perakende Satışlar, 10,000 ₺).

n girdisi ve m çıktısı olan VZA modelleri Eşitlik 2 ile gösterilen formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Kombinasyon = \left(\binom{n}{1} + \binom{n}{2} + \dots + \binom{n}{n} \right) \times \left(\binom{m}{1} + \binom{m}{2} + \dots + \binom{m}{m} \right) \quad (2)$$

Kullanılacak veri setine ait üç girdi ve üç çıktı olduğu için n=3 ve m=3 olarak alınmıştır.

$$\text{Mümkün durumların sayısı ise } \left(\binom{3}{1} + \binom{3}{2} + \binom{3}{3} \right) \times \left(\binom{3}{1} + \binom{3}{2} + \binom{3}{3} \right) = 49$$

olarak hesaplanmaktadır. Mümkün 49 durum için farklı girdi farklı çıktı kombinasyonları Tablo 1’de gösterilmiştir. Girdiler için “A”, “B” ve “C” sembolleri çıktılar için ise “1”, “2” ve “3” sembolleri kullanılmıştır. Örneğin BC2 modeli x2 ve x3 girdisi ile birlikte y2 çıktısının oluşturduğu modeli temsil etmektedir. Benzer şekilde A13 modeli ise x1 girdisi ile birlikte y1 ve y3 çıktısının oluşturduğu modeli temsil etmektedir.

Eşitlik 1 ile elde edilen gösterilen VZA modeli uygulandığında elde edilen etkinlik skorları Tablo 1’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde bazı durumlar dikkat çekmektedir. Tam model olan ABC123 modeli etkinlik skorları incelendiğinde bu modele en yakın üç modelin AB123, AC123 ve A123 olduğunu gözlemlenmektedir. Bu durum da kesinlikle çıktıların hepsinin kullanılması gerektiğini ancak girdilerin hepsinin kullanılmasının şart olmadığı ortaya çıkmaktadır. AB123 ve AC123 modelinin BC123 modelinden daha yakın etkinlik skorları vermesi ise modelde mutlaka x1 girdisinin kullanılması gerektiğini göstermektedir. Tek başına x1 girdisinin olduğu A123 modeli bile BC123 modelinden daha yakın sonuçlar verdiği bu durumu tam manası ile açıklamaktadır. Duruma tersinden bakılırsa x1,x2,x3 girdilerinin hepsi olsa bile yalnızca y2 çıktısının olduğu ABC2 modelinin ABC123 tam modelinden oldukça farklı olduğu da çıktıların önemini bir kez daha göstermektedir.

TBA uygulandıktan sonra modeli açıklama yüzdeleri Tablo 2’de gösterilmiş olup birinci bileşenin modeli açıklama yüzdesi % 65.183 olduğu ve ikinci bileşenin açıklama yüzdesi ile birlikte ise %82.646 olduğu görülmektedir. Üçüncü bileşenin eklenmesi ile %89.709 ve dördüncü bileşenin eklenmesi ile de %95.179 açıklama yüzdesine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 2: TBA bileşenleri ve açıklama yüzdesi

Bileşenler	Toplam	Varyans Yüzdesi	Kümülatif Yüzde
1	31.94	65.183	65.183
2	8.557	17.463	82.646
3	3.461	7.063	89.709
4	2.681	5.471	95.179
5	1.796	3.665	98.844

Tablo 1: Modellerle ait VZA sonuçları

Model	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28
A1	1.00	0.48	0.61	0.41	0.45	0.47	0.32	0.38	0.49	0.37	0.40	0.30	0.39	0.55	0.65	0.48	0.45	0.50	0.51	0.39	0.79	0.61	0.68	0.92	0.93	0.66	0.52	0.33
A2	0.43	0.19	0.20	0.09	0.14	0.14	0.08	1.00	0.14	0.09	0.12	0.08	0.12	0.18	0.18	0.21	0.12	0.21	0.26	0.14	0.11	0.17	0.09	0.17	0.16	0.07	0.08	0.06
A3	0.65	0.65	0.51	0.48	0.46	0.98	0.47	0.55	0.56	0.52	0.67	0.64	0.38	0.65	0.80	0.48	0.60	0.40	0.44	0.52	0.98	0.72	0.97	0.84	0.80	1.00	0.35	0.70
A12	1.00	0.48	0.61	0.41	0.45	0.47	0.32	1.00	0.49	0.37	0.40	0.30	0.39	0.55	0.65	0.49	0.45	0.50	0.54	0.39	0.79	0.61	0.68	0.92	0.93	0.66	0.52	0.33
A13	1.00	0.66	0.64	0.50	0.52	0.98	0.47	0.56	0.60	0.52	0.67	0.64	0.44	0.67	0.81	0.54	0.61	0.52	0.55	0.53	1.00	0.75	0.98	1.00	0.99	1.00	0.52	0.70
A23	0.83	0.71	0.58	0.50	0.51	1.00	0.48	1.00	0.60	0.53	0.69	0.65	0.42	0.70	0.84	0.56	0.63	0.48	0.54	0.56	0.99	0.77	0.98	0.88	0.84	1.00	0.37	0.70
A123	1.00	0.72	0.66	0.51	0.54	1.00	0.49	1.00	0.63	0.54	0.69	0.65	0.45	0.72	0.86	0.60	0.64	0.55	0.60	0.57	1.00	0.79	0.98	1.00	0.99	1.00	0.52	0.70
B1	0.69	1.00	0.47	0.36	0.37	0.40	0.25	0.35	0.49	0.28	0.35	0.32	0.33	0.42	0.60	0.31	0.42	0.51	0.47	0.34	0.91	0.57	0.93	0.86	0.85	0.88	0.41	0.38
B2	0.33	0.44	0.17	0.09	0.13	0.13	0.07	1.00	0.16	0.07	0.11	0.10	0.11	0.15	0.18	0.15	0.12	0.23	0.26	0.14	0.14	0.18	0.14	0.17	0.16	0.11	0.07	0.08
B3	0.33	1.00	0.29	0.32	0.29	0.61	0.28	0.37	0.41	0.29	0.43	0.50	0.24	0.37	0.54	0.23	0.42	0.30	0.29	0.33	0.83	0.50	0.98	0.57	0.54	0.99	0.21	0.61
B12	0.71	1.00	0.47	0.36	0.37	0.40	0.25	1.00	0.49	0.28	0.35	0.32	0.33	0.42	0.60	0.32	0.42	0.51	0.51	0.34	0.91	0.57	0.93	0.86	0.85	0.88	0.41	0.38
B13	0.69	1.00	0.47	0.36	0.37	0.61	0.28	0.37	0.49	0.29	0.43	0.50	0.33	0.42	0.60	0.31	0.42	0.51	0.47	0.34	0.91	0.57	0.98	0.86	0.85	0.99	0.41	0.61
B23	0.47	1.00	0.33	0.32	0.29	0.61	0.28	1.00	0.41	0.29	0.43	0.50	0.24	0.37	0.54	0.27	0.42	0.37	0.39	0.33	0.83	0.50	0.98	0.57	0.54	0.99	0.21	0.61
B123	0.71	1.00	0.47	0.36	0.37	0.61	0.28	1.00	0.49	0.29	0.43	0.50	0.33	0.42	0.60	0.32	0.42	0.51	0.51	0.34	0.91	0.57	0.98	0.86	0.85	0.99	0.41	0.61
C1	0.51	0.30	0.31	0.46	0.52	0.29	0.32	0.42	0.43	0.31	0.37	0.40	0.24	0.47	0.74	0.31	0.47	0.56	0.53	0.27	0.88	0.59	0.56	0.94	0.90	1.00	0.12	0.48
C2	0.20	0.11	0.09	0.09	0.14	0.08	0.07	1.00	0.12	0.07	0.10	0.10	0.07	0.14	0.19	0.13	0.11	0.21	0.25	0.09	0.11	0.15	0.07	0.16	0.14	0.10	0.02	0.08
C3	0.22	0.27	0.17	0.36	0.35	0.40	0.31	0.40	0.33	0.28	0.40	0.55	0.16	0.36	0.59	0.20	0.41	0.29	0.29	0.23	0.71	0.46	0.53	0.56	0.51	1.00	0.06	0.68
C12	0.61	0.35	0.35	0.49	0.57	0.32	0.34	1.00	0.48	0.33	0.41	0.43	0.27	0.52	0.80	0.37	0.51	0.65	0.65	0.31	0.89	0.64	0.57	0.98	0.93	1.00	0.13	0.50
C13	0.51	0.30	0.31	0.46	0.52	0.40	0.32	0.42	0.43	0.31	0.40	0.55	0.24	0.47	0.74	0.31	0.47	0.56	0.53	0.27	0.88	0.59	0.56	0.94	0.90	1.00	0.12	0.68
C23	0.34	0.32	0.22	0.39	0.42	0.42	0.33	1.00	0.38	0.31	0.44	0.57	0.19	0.43	0.67	0.27	0.46	0.41	0.43	0.27	0.74	0.53	0.54	0.62	0.56	1.00	0.06	0.69
C123	0.61	0.35	0.35	0.49	0.57	0.42	0.34	1.00	0.48	0.33	0.44	0.57	0.27	0.52	0.80	0.37	0.51	0.65	0.65	0.31	0.89	0.64	0.57	0.98	0.93	1.00	0.13	0.69
AB1	1.00	1.00	0.63	0.44	0.47	0.50	0.33	0.41	0.56	0.38	0.43	0.36	0.41	0.57	0.70	0.48	0.49	0.58	0.55	0.42	1.00	0.66	1.00	1.00	1.00	0.95	0.54	0.42
AB2	0.43	0.44	0.20	0.09	0.14	0.14	0.08	1.00	0.16	0.09	0.12	0.10	0.12	0.18	0.18	0.21	0.12	0.23	0.26	0.14	0.14	0.18	0.14	0.17	0.16	0.11	0.08	0.08
AB3	0.65	1.00	0.51	0.48	0.46	0.98	0.47	0.55	0.56	0.52	0.67	0.64	0.38	0.65	0.80	0.48	0.60	0.40	0.44	0.52	0.98	0.72	1.00	0.84	0.80	1.00	0.35	0.70
AB12	1.00	1.00	0.63	0.44	0.48	0.51	0.33	1.00	0.60	0.38	0.45	0.38	0.42	0.57	0.74	0.49	0.52	0.66	0.66	0.45	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	0.95	0.54	0.43
AB13	1.00	1.00	0.64	0.50	0.52	0.98	0.47	0.56	0.60	0.52	0.67	0.64	0.44	0.67	0.81	0.54	0.61	0.58	0.55	0.53	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.70
AB23	0.83	1.00	0.58	0.50	0.51	1.00	0.48	1.00	0.61	0.53	0.69	0.65	0.42	0.70	0.85	0.56	0.63	0.48	0.54	0.56	0.99	0.77	1.00	0.88	0.84	1.00	0.37	0.70
AB123	1.00	1.00	0.66	0.51	0.54	1.00	0.49	1.00	0.63	0.54	0.69	0.65	0.45	0.72	0.86	0.60	0.64	0.66	0.66	0.57	1.00	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.70

AC1	x1,x3,y1	1.00	0.49	0.61	0.48	0.54	0.48	0.34	0.44	0.53	0.39	0.43	0.41	0.40	0.58	0.77	0.50	0.50	0.59	0.56	0.41	0.92	0.65	0.72	1.00	1.00	1.00	1.00	0.52	0.48
AC2	x1,x3,y2	0.43	0.19	0.20	0.09	0.14	0.14	0.08	1.00	0.14	0.09	0.12	0.10	0.12	0.18	0.19	0.21	0.12	0.21	0.26	0.14	0.11	0.17	0.09	0.17	0.16	0.10	0.08	0.08	
AC3	x1,x3,y3	0.65	0.65	0.51	0.48	0.46	0.98	0.47	0.55	0.56	0.52	0.67	0.64	0.38	0.65	0.80	0.48	0.60	0.40	0.44	0.52	0.98	0.72	0.97	0.84	0.80	1.00	0.35	0.70	
AC12	x1,x3,y1,y2	1.00	0.51	0.61	0.50	0.58	0.48	0.35	1.00	0.55	0.39	0.45	0.44	0.40	0.61	0.82	0.53	0.52	0.66	0.66	0.42	0.92	0.69	0.72	1.00	1.00	1.00	0.52	0.50	
AC13	x1,x3,y1,y3	1.00	0.66	0.64	0.51	0.54	0.98	0.47	0.56	0.60	0.52	0.67	0.64	0.44	0.67	0.82	0.54	0.61	0.59	0.56	0.53	1.00	0.75	0.98	1.00	1.00	1.00	0.52	0.70	
AC23	x1,x3,y2,y3	0.83	0.71	0.58	0.51	0.51	1.00	0.49	1.00	0.61	0.54	0.69	0.65	0.42	0.70	0.85	0.56	0.63	0.48	0.54	0.56	0.99	0.77	0.98	0.89	0.84	1.00	0.37	0.70	
AC123	x1,x3,y1,y2,y3	1.00	0.72	0.66	0.52	0.58	1.00	0.49	1.00	0.63	0.54	0.69	0.65	0.45	0.72	0.87	0.60	0.64	0.66	0.66	0.57	1.00	0.79	0.98	1.00	1.00	1.00	0.52	0.70	
BC1	x2,x3,y1	0.75	1.00	0.51	0.46	0.52	0.43	0.32	0.42	0.54	0.32	0.40	0.40	0.36	0.48	0.74	0.35	0.48	0.57	0.53	0.37	1.00	0.63	0.99	0.97	0.96	1.00	0.41	0.48	
BC2	x2,x3,y2	0.33	0.44	0.17	0.09	0.14	0.13	0.07	1.00	0.16	0.07	0.11	0.10	0.11	0.15	0.19	0.15	0.12	0.23	0.26	0.14	0.14	0.18	0.14	0.17	0.16	0.11	0.07	0.08	
BC3	x2,x3,y3	0.33	1.00	0.30	0.36	0.35	0.61	0.31	0.40	0.42	0.29	0.43	0.55	0.24	0.37	0.59	0.23	0.42	0.30	0.30	0.34	0.84	0.51	0.99	0.58	0.55	1.00	0.21	0.68	
BC12	x2,x3,y1,y2	0.86	1.00	0.55	0.49	0.57	0.46	0.34	1.00	0.59	0.34	0.43	0.43	0.38	0.54	0.80	0.41	0.52	0.67	0.66	0.42	1.00	0.69	0.99	1.00	0.98	1.00	0.41	0.50	
BC13	x2,x3,y1,y3	0.75	1.00	0.51	0.46	0.52	0.61	0.32	0.42	0.54	0.32	0.43	0.55	0.36	0.48	0.74	0.35	0.48	0.57	0.53	0.37	1.00	0.63	1.00	0.97	0.96	1.00	0.41	0.68	
BC23	x2,x3,y2,y3	0.50	1.00	0.37	0.39	0.42	0.63	0.33	1.00	0.48	0.32	0.47	0.57	0.28	0.44	0.67	0.31	0.47	0.43	0.45	0.39	0.86	0.58	0.99	0.65	0.61	1.00	0.21	0.69	
BC123	x2,x3,y1,y2,y3	0.86	1.00	0.55	0.49	0.57	0.63	0.34	1.00	0.59	0.34	0.47	0.57	0.38	0.54	0.80	0.41	0.52	0.67	0.66	0.42	1.00	0.69	1.00	1.00	0.98	1.00	0.41	0.69	
ABC1	x1,x2,x3,y1	1.00	1.00	0.63	0.48	0.54	0.50	0.34	0.44	0.56	0.39	0.43	0.41	0.41	0.58	0.77	0.50	0.50	0.59	0.56	0.42	1.00	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.48	
ABC2	x1,x2,x3,y2	0.43	0.44	0.20	0.09	0.14	0.14	0.08	1.00	0.16	0.09	0.12	0.10	0.12	0.18	0.19	0.21	0.12	0.23	0.26	0.14	0.14	0.18	0.14	0.17	0.16	0.11	0.08	0.08	
ABC3	x1,x2,x3,y3	0.65	1.00	0.51	0.48	0.46	0.98	0.47	0.55	0.56	0.52	0.67	0.64	0.38	0.65	0.80	0.48	0.60	0.40	0.44	0.52	0.98	0.72	1.00	0.84	0.80	1.00	0.35	0.70	
ABC12	x1,x2,x3,y1,y2	1.00	1.00	0.63	0.50	0.58	0.51	0.35	1.00	0.60	0.39	0.45	0.44	0.42	0.61	0.82	0.53	0.52	0.67	0.66	0.45	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.50	
ABC13	x1,x2,x3,y1,y3	1.00	1.00	0.64	0.51	0.54	0.98	0.47	0.56	0.60	0.52	0.67	0.64	0.44	0.67	0.82	0.54	0.61	0.59	0.56	0.53	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.70	
ABC23	x1,x2,x3,y2,y3	0.83	1.00	0.58	0.51	0.51	1.00	0.49	1.00	0.61	0.54	0.69	0.65	0.42	0.70	0.85	0.56	0.63	0.48	0.54	0.56	0.99	0.77	1.00	0.89	0.84	1.00	0.37	0.70	
ABC123	x1,x2,x3,y1,y2,y3	1.00	1.00	0.66	0.52	0.58	1.00	0.49	1.00	0.63	0.54	0.69	0.65	0.45	0.72	0.87	0.60	0.64	0.67	0.66	0.57	1.00	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.70	

Tablo 3: Modellerin Bileşenler üzerindeki etkileri

Modeller	Bileşenler					Bileşenler					Bileşenler						
	1	2	3	4	5	Modeller	1	2	3	4	5	Modeller	1	2	3	4	5
A1	0,707	-0,14	-0,643	-0,076	-0,238	C3	0,68	-0,297	0,282	0,554	0,211	AC13	0,884	-0,308	-0,096	0,052	-0,316
A2	0,236	0,96	-0,015	0,016	-0,136	C12	0,77	0,237	-0,226	0,505	0,176	AC23	0,911	0,067	0,264	0,143	-0,261
A3	0,845	-0,362	0,283	0,135	-0,219	C13	0,756	-0,254	-0,185	0,533	0,164	AC123	0,94	0,099	0	0,103	-0,288
A12	0,748	0,395	-0,463	0,016	-0,213	C23	0,705	0,223	0,283	0,574	0,189	BC1	0,889	-0,241	-0,225	-0,172	0,258
A13	0,881	-0,311	-0,074	0,042	-0,333	C123	0,773	0,2	-0,122	0,558	0,151	BC2	0,327	0,925	0,107	-0,129	0,065
A23	0,91	0,069	0,266	0,137	-0,262	AB1	0,851	-0,211	-0,362	-0,298	0,073	BC3	0,791	-0,323	0,415	-0,131	0,275
A123	0,935	0,081	0,039	0,082	-0,325	AB2	0,318	0,927	0,059	-0,162	-0,006	BC12	0,929	0,194	-0,183	-0,085	0,227
B1	0,867	-0,237	-0,21	-0,296	0,234	AB3	0,86	-0,327	0,346	-0,11	-0,077	BC13	0,909	-0,301	-0,087	-0,134	0,195
B2	0,33	0,923	0,108	-0,133	0,06	AB12	0,904	0,224	-0,268	-0,208	0,097	BC23	0,866	0,145	0,403	-0,044	0,243
B3	0,801	-0,324	0,393	-0,176	0,254	AB13	0,911	-0,285	-0,008	-0,193	-0,182	BC123	0,961	0,151	-0,057	-0,048	0,173
B12	0,905	0,25	-0,092	-0,205	0,221	AB23	0,927	0,073	0,32	-0,066	-0,142	ABCI	0,866	-0,214	-0,347	-0,247	0,107
B13	0,899	-0,308	-0,016	-0,226	0,174	AB123	0,963	0,103	0,071	-0,113	-0,178	ABC2	0,317	0,928	0,059	-0,159	-0,003
B23	0,849	0,167	0,415	-0,117	0,22	AC1	0,794	-0,203	-0,537	0,127	-0,074	ABC3	0,86	-0,327	0,346	-0,11	-0,077
B123	0,942	0,167	0,088	-0,144	0,166	AC2	0,247	0,958	-0,004	0,036	-0,122	ABC12	0,917	0,209	-0,258	-0,153	0,133
C1	0,761	-0,206	-0,305	0,48	0,195	AC3	0,845	-0,362	0,283	0,135	-0,219	ABC13	0,913	-0,285	-0,014	-0,189	-0,175
C2	0,249	0,939	0,086	0,202	0,017	AC12	0,83	0,263	-0,421	0,219	-0,035	ABC23	0,927	0,071	0,32	-0,062	-0,142
												ABC123	0,965	0,105	0,064	-0,105	-0,168

Tablo 3’de modellerin bileşenler üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Tabloda gösterildiği gibi ilk bileşenin hemen hemen bütün modeller üzerinde etkisinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ancak A2, B2, C2, AB2, AC2, BC2 ve ABC2 modellerinde ikinci bileşenin etkisinin birinci bileşenin etkisinden yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu modellerin ortak özelliği ise y2 çıktısının hepsinde bulunmasıdır. İkinci bileşenin y2 çıktısı ile ilişkili olduğunu A12, B12, B123, AB12, AB123, AC12, ABC12 ve ABC123 modellerinin ikinci bileşen üzerinde birinci bileşenden sonra etkili olduğunu ifade etmek mümkündür. Zira bu modellerin hepsinde de y2 çıktısının bulunduğu görülmektedir. A3, A23, B3, B23, AB3, AB13, AB23, AC3, AC23, BC3, BC23, ABC3, ABC13 ve ABC23 modellerinde ise birinci bileşenden sonra en yüksek etkisi olan bileşenin üçüncü bileşen olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda y3 çıktısının üçüncü bileşen üzerinde etkisi olduğu şeklinde yorumlamak mümkündür.

Tablo 3’da gösterilen modellerin bileşenler üzerindeki etkileri ile ağırlıklandırarak Tablo 4’de gösterilen TBAVZA skorları elde edilmiştir. Tablo 4’de en yüksek TBAVZA skoruna sahip olan 8. şehir VZA’ya göre de etkin olduğu görülmektedir. Benzer şekilde TBAVZA skorlarının en yüksek olduğu K2, K25, K24, K23, K21, K26 ve K8 şehirleri de etkin olduğu Tablo 1’den görülmektedir. Elde edilen TBAVZA skorların tam model ile % 93.9 korelasyona sahip olduğu yapılan analizlerin doğruluğunu göstermektedir.

Tablo 4: Temel bileşenlere dayalı ağırlıklı skorlar ve VZA Skorları

KVB	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	TBAVZA SKOR (Sıra)	VZA SKOR (Sıra)
K1	28.9885	1.06888	-1.63739	-0.59212	-1.10702	5.34417 (9)	1.00 (1)
K2	29.98106	0.08323	0.75563	-2.13255	0.45617	5.828708 (7)	1.00 (1)
K3	19.14816	0.08519	-0.69905	-0.44619	-0.71414	3.474794 (21)	0.66 (16)
K4	16.66294	-0.4378	-0.23434	0.36972	-0.2387	3.224364 (22)	0.52 (26)
K5	17.82384	-0.05332	-0.51379	0.45312	-0.19867	3.502236 (20)	0.58 (22)
K6	25.34763	-1.25887	1.43373	-0.21499	-1.56045	4.74941 (11)	1.00 (1)
K7	13.93178	-0.48006	0.23947	0.25372	-0.52457	2.684068 (26)	0.49 (27)
K8	28.74746	7.32044	0.65361	0.53416	-0.30225	7.390684 (1)	1.00 (1)
K9	19.80619	-0.19663	-0.20076	-0.01944	-0.33569	3.810734 (17)	0.63 (20)
K10	14.97868	-0.51875	0.18447	0.14596	-0.70703	2.816666 (25)	0.54 (24)

K11	19.22324	-0.64297	0.59318	0.20866	-0.80125	3.716172 (19)	0.69 (14)
K12	19.38516	-0.82424	0.84921	0.52421	-0.39315	3.908238 (16)	0.65 (18)
K13	13.44904	-0.08019	-0.30707	-0.20014	-0.43493	2.485342 (27)	0.45 (28)
K14	20.84412	-0.17686	-0.13304	0.22635	-0.76597	3.99892 (14)	0.72 (12)
K15	27.53297	-0.42703	-0.23641	0.59629	-0.40181	5.412802 (8)	0.87 (10)
K16	16.36767	0.33156	-0.32245	-0.0122	-0.80265	3.112386 (23)	0.6 (21)
K17	19.40367	-0.46527	0.09369	0.3094	-0.4584	3.776618 (18)	0.64 (19)
K18	19.63832	0.64545	-0.94298	0.23272	-0.02051	3.9106 (15)	0.67 (15)
K19	19.83629	0.97061	-0.73563	0.28137	-0.15984	4.03856 (13)	0.66 (17)
K20	16.0275	-0.15536	0.16723	-0.12536	-0.65129	3.052544 (24)	0.57 (23)
K21	34.28224	-1.42903	-0.28973	0.22265	-0.09446	6.538334 (3)	1.00 (1)
K22	24.5133	-0.34632	-0.15659	0.24703	-0.49668	4.752148 (10)	0.79 (11)
K23	33.10506	-1.58805	0.43209	-0.84734	-0.11295	6.197762 (4)	1.00 (1)
K24	32.81041	-0.80793	-1.31471	0.39203	-0.30781	6.154398 (5)	1.00 (1)
K25	32.06838	-0.82911	-1.46991	0.25567	-0.34994	5.935018 (6)	1.00 (1)
K26	35.52524	-1.7547	0.16076	0.76024	0.28684	6.995676 (2)	1.00 (1)
K27	14.27775	-0.39079	-0.89869	-0.78947	-0.63013	2.313734 (28)	0.54 (25)
K28	22.04499	-1.1748	0.92519	0.67065	-0.18908	4.45539 (12)	0.70 (13)

Sonuç

İstatistik ve diğer birçok alanda kullanılan değişken indirgeme yöntemi olarak bilinen TBA kullanılarak VZA modellerine ilişkin bazı değerlendirmelerde bulunulmuştur. Hangi girdi ve hangi çıktının kullanılacağına bilinmediği durumlarda bütün mümkün durumlar incelenmiş ve gerekli değerlendirmeler makalede verilmiştir. TBA ile hangi girdinin gerekli hangi girdinin gereksiz olduğu 28 KVB bulunan veri üzerinde uygulanmış ve 49 mümkün sonuç değerlendirilmiştir. Değerlendirme neticesinden çıktının etkinlik üzerine önemli katkıları olduğu değerlendirilmiş ve temel bileşenler üzerindeki etkileri de gösterilmiştir. Bu sayede uygulayıcıların fazla girdi ve çıktı kullanmak yerine en uygun olan girdi çıktıyı kullanmaları adına bir çalışma yapılmıştır. Aynı zamanda TBA ile temel bileşenlerin etkileri ile ağırlıklandırılarak yeni TBAVZA skorları elde edilmiş ve VZA etkinlik skorları ile % 93 korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu alanda çalışan araştırmacılara faydalı olması amacı ile bu çalışma oluşturulmuştur.

Kaynakça

Adler N and Golany B (2001). Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal components analysis with an application to Western Europe. *Eur J Opl Res* 132: 260–273.

Bal, H., Örkücü, H.H., “Temel Bileşenler ile Veri Zarflama Analizinin Karar Verme Birimlerinin Sıralanmasında Kullanılması”, TUIK 15. İstatistik Araştırma Sempozyumu, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, 2006.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Li, S. (1989). Using data envelopment analysis to evaluate efficiency in the economic performance of Chinese cities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 23(6), 325-344.

Cinca, C. S., & Molinero, C. M. (2004). Selecting DEA specifications and ranking units via PCA. *Journal of the Operational Research Society*, 55(5), 521-528.

Cinca, C. S., Callén, Y. F., & Molinero, C. M. (2003). An approach to the measurement of intangible assets in dot com. *The International Journal of Digital Accounting Research*, 3(5), 1-32.

Doyle, J., & Green, R. (1994). Efficiency and cross-efficiency in DEA: Derivations, meanings and uses. *Journal of the operational research society*, 45(5), 567-578.

Lovell, C. K., & Pastor, J. T. (1997). Target setting: An application to a bank branch network. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 290-299.

Mancebon, M. J., & Molinero, C. M. (2000). Performance in primary schools. *Journal of the Operational Research Society*, 51(7), 843-854.

Mar-Molinero, C., & Serrano-Cinca, C. (2001). Bank failure: a multidimensional scaling approach. *The European Journal of Finance*, 7(2), 165-183.

Norman M and Stocker B (1991). *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*. John Wiley and Sons: Chichester, UK.

Pastor, J. T., Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2002). A statistical test for nested radial DEA models. *Operations Research*, 50(4), 728-735.

Raveh, A. (2000). The Greek banking system: reanalysis of performance. *European Journal of Operational Research*, 120(3), 525-534.

Sinuany-Stern, Z., & Friedman, L. (1998). DEA and the discriminant analysis of ratios for ranking units. *European Journal of Operational Research*, 111(3), 470-478.

Vargas, S., & Bricker, D. (2000). Combining DEA and factor analysis to improve evaluation of academic departments given uncertainty about the output constructs. Research paper Department of Engineering, University of Iowa, Iowa City, USA.

Zhu, J. (1998). Data envelopment analysis vs. principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities. *European Journal of Operational Research*, 111(1), 50-61.