

# Veri Zarflama Analizinde Homojen Olmayan Karar Verme Birimi Problemi için Kümeleme Analizi Yaklaşımı

*Cluster Analysis Approach for A Non-Homogeneous DMU's Problem in DEA*

Algın OKURSOY<sup>1</sup>, Muhsin ÖZDEMİR<sup>2</sup>

## ÖZET

Veri Zarflama Analizi (VZA), doğrusal programlama modeline dayalı, parametrik olmayan bir analiz yöntemidir. VZA, benzer girdiler kullanan ve aynı tür çıktılar üreten ekonomik birimlerin görelî etkinliklerinin ölçülmesini amaçlar. VZA'da, seçilen Karar Verme Birimleri (KVB) girdiler ve çıktılar açısından benzer olmalı ve benzer çevre şartlarında faaliyet göstermelidirler. VZA karşılaştırmaya dayanan bir yöntem olduğundan, dış çevre şartlarında var olan bir değişkenlik, karar birimlerinin görelî etkinlik değerleri üzerinde belirleyici hale gelebilecektir. Bu durumda, etkinlik skorlarını etkileyebilecek olan çevresel faktörler bakımından benzer olan KVB'lerin kendi aralarında karşılaştırılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu çalışmada, öncelikle KVB olarak seçilen ve geniş çaplı bir coğrafi bölgede, aynı hizmet alanında faaliyet gösteren devlet hastaneleri için K-ortalamar kümeleme analizi yardımıyla, KVB'lerin homojen alt gruplara bölünmesi amaçlanmıştır. Daha sonra, her bir küme için VZA uygulanarak, bütün KVB'lerin dâhil edildiği VZA sonuçlarıyla karşılaştırma yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Veri zarflama analizi, k-ortalamar kümeleme, etkinlik

## ABSTRACT

Data Envelopment Analysis (DEA) is a non-parametric method which is based on a linear programming. DEA aims at measuring relative efficiency of economic units employing similar inputs and producing the same kinds of outputs. Used Decision Making Unit (DMU) in DEA must use similar inputs/outputs and should operate under the same kind of environmental conditions. Since DEA is based on benchmarking against the best DMU, an existing variability in the external environmental conditions may affect dramatically the relative efficiency of the DMU's. In this situation, DMU's operating under the same kind of environmental conditions should be grouped into homogeneous classes according to environmental conditions having high variability. The better approach is to compare DMU's in homogeneous class with each other.

In this paper firstly, used DMU's operating over large geographical area and in the same service industry, are grouped into homogeneous classes by K-means clustering algorithm. Then, DEA is applied for each separate homogeneous group and these results are compared with the results of DEA including all DMU's.

**Keywords:** Data envelopment analysis, k-means clustering, efficiency

## 1. GİRİŞ

Günümüzün rekabetçi dünyasında işletmeler üretim yapabilmek için kıt kaynaklarını en uygun bir biçimde değerlendirmeye her zamankinden daha fazla önem vermektedirler. Bunun için işletmeler, daha az girdi kullanarak daha fazla çıktı üretmenin yollarını aramakta ve verimliliklerini arttırmaya odaklanmaktadır. Bunun başarılabilmesi analitik yöntemlerin organizasyonlarda başarılı bir şekilde uygulanmasıyla mümkün olabilmektedir. Ekonomi kuramı açısından en dar anlamıyla verimlilik (productivity); üretim sürecinde boşluk olmadan, verilen bir takım girdiler ile en yüksek üretimin sağlanmasıdır. Geniş anlamda verimlilik ise, bir çıktının en az maliyetle üretilmesidir (Alpugan, 1991). Verimlilik bir işletmenin ürettiği çıktıların, bu çıktıyı elde etmek için kullandığı girdilerle oranı olarak ifade edilebilir. Etkinlik (efficiency) ise; en az çaba veya maliyet ile en fazla çıktının elde edilmesidir. Bir işletme açısından ise etkinlik, amaçların ger-

çekleştirilmesi oranı olarak tanımlanabilir (Öğüt ve Özata, 2007:71).

Verimlilik ve etkinlik analizleri için yöntemler geliştirilmiştir. Genel olarak bu yöntemler parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Parametrik yöntemlere alternatif olarak ortaya çıkan parametrik olmayan yöntemler, çözüm tekniği olarak matematiksel programlamayı kullanır. Bu yöntemler çoklu girdi ve çoklu çıktı içerebilir. Ön hazırlık açısından ayrıntılı ve uygulaması kolaydır. Son yıllarda birden fazla girdi ile birden fazla çıktı için verimlilik ve etkinlik analizinin yapılmasında en çok kullanılan teknik VZA'dır.

VZA'da sonuçların doğruluğu uygun Karar Verme Birimleri'nin (KVB) seçilmesine bağlıdır. VZA uygulamasında seçilen KVB'lerin girdiler ve çıktılar açısından benzer olması ve benzer çevre şartlarında faaliyet göstermesi gereklidir. VZA karşılaştırmaya dayanan bir yöntem olduğundan dış çevre şartlarında var ola-

<sup>1</sup>Yrd. Doç. Dr., Adnan Menderes Üniversitesi, Söke İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, algin.okursoy@gmail.com

<sup>2</sup>Doç. Dr., Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, mozdemir@adu.edu.tr

bilecek bir değişkenlik, karar birimlerinin göreceli etkinlik değerleri üzerinde belirleyici olacaktır. Bu durumda, VZA'yı uygulamadan önce etkinlik skorlarını etkileyebilecek çevresel faktörlerin belirlenmesi ve olası etkilerinin değerlendirilmesi analizin güvenilirliğini arttıracaktır.

Bu çalışmada, KVB olarak seçilen devlet hastanelerinin üzerinde etkili olabilecek olan çevresel faktörlerin etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmanın uygulama kısmında dört aşamadan oluşan bir süreç izlenmiştir. Birinci aşamada Kümeleme Analizi gerçekleştirilerek benzer özellikler taşıyan KVB'leri aynı küme içerisinde toplanmıştır. İkinci aşamada ise, bütün KVB'leri VZA'ya dâhil ederek etkinlik skoru değerleri elde edilmiştir. Üçüncü aşamada her bir küme için ayrı ayrı VZA gerçekleştirilerek KVB'lere ait ikinci bir etkinlik skoru hesaplanmıştır. Son aşama olan dördüncü aşamada ise, ikinci aşamada etkin olmayan hastanelerden kaç tanesinin son aşamada etkin hale geldiği incelenmiştir. Analizler sonucunda, etkinlik skorları ortalama değerlerinin KVB'lerin homojen gruplara ayrılmasından sonra arttığı görülmüştür. Çalışmada yapılan analizler için "R İstatistiksel Hesaplama ve Grafik programı" kullanılmıştır.

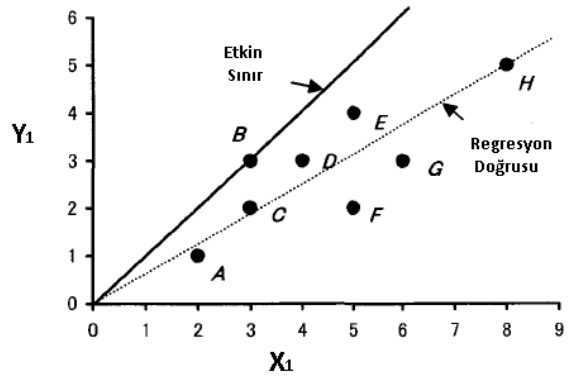
## 2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri Zarflama Analizi (VZA), ortak özellikler ve benzer amaçlar taşıyan birimlerin göreceli etkinliklerini hesaplayan doğrusal programlamaya dayalı, parametrik olmayan bir yöntemdir (Anderson ve Williams, 1991:147). VZA, Farrell'in (1957) performans etkinliğini belirlemedeki teorik yaklaşımına dayanmaktadır (Ulucan, 2002:187). İlk kez Charnes ve arkadaşları 1978 yılında devlet okullarının verimliliklerini ölçmek için kullanmışlardır. (Gencer, 2011:34) VZA, önceleri kâr amacı gütmeyen işletmelerin etkinliklerinin karşılaştırılması için kullanılırken (kamu hastaneleri, okullar vb.), daha sonraları ürün ve hizmet sektörü içerisinde faaliyet gösteren benzer işletmelerin etkinliklerinin karşılaştırılmasında da etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Yayar ve Çoban, 2012:168-169).

Birçok işletme, sahip oldukları sayıca çok fazla girdiyi belirli bir süreçten geçirdikten sonra çıktı üretmektedirler. VZA, bu sayıca çok olan gözlemlenmiş girdi ve çıktı değişkenlerini kullanarak, ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere oranını hesaplamakta ve buna göre her bir karar biriminin göreceli etkinliğini bulmaktadır. Çok sayıda girdi ve çıktının değerlendirilmesinin zor olduğu durumlarda VZA toplam faktör verimliliği mantığı ile oldukça geçerli ve anlamlı sonuçlar vermektedir (Kutlar ve Babacan, 2008)

VZA az sayıda varsayıma sahip olduğundan birçok alanda kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin önemli özelliklerinden birisi, parametrik yöntemlerde olduğu gibi

önceden belirlenmiş herhangi bir analitik üretim fonksiyonunun varlığına gereksinim duymadan hesaplama yapılabilmesidir. Parametrik ya da parametrik olmayan istatistiksel teknikler birimlerin karşılaştırılmasında ortalama bir değeri ya da ortancayı göz önüne alarak etkisizliği kurumsallaştırırken (Yavuz, 2001:16-17) VZA, her bir birimi en iyi birim ile karşılaştırmaktadır (Uygur ve Toklu, 2004:438). Dolayısıyla, VZA yönteminde etkinlik sınırı, varsayılan bir durum değil; gerçekleşen bir gözlemdir. Etkinlik sınırı bu şekilde tespit edildiği için de, bu yöntemde rassal hata kullanılmaz (İnan, 2000:85). Bir adet girdi ( $Y_1$ ) ve bir adet çıktıya ( $X_1$ ) sahip olan KVB'lerine ait VZA etkin sınır eğrisi ve regresyon yöntemiyle bulunan ortalama değer fonksiyonu Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1: Regresyon Doğrusu ve Etkin Sınır Doğrusu

( Kaynak: Cooper, Seiford ve Tone, 2006: 4)

Şekil1'de verilen her bir nokta için eğimlere bakılacak olursa ( $Y_1/X_1$ ) en yüksek eğim B noktasından geçen doğruya aittir. Bu noktayı kesecek şekilde çizilecek olan doğru etkin sınır doğrusu olarak adlandırılmaktadır. Diğer noktalar ise çizilen etkin sınır doğrusunun altında kalmaktadırlar. Buna göre en az etkin birim ise F noktasıdır. Ancak, regresyon doğrusu dikkate alınarak yapılacak olan etkinlik değerlendirmesine göre, doğrunun üzerinde kalan noktalar mükemmel etkin noktalar, altında kalan noktalar ise tatminkâr olmayan noktalar olarak adlandırılmaktadır.

VZA'nın daha geniş ölçüde tanınması ve bilimsel çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılması VZA modelinin çeşitlenmesini getirmiştir. CCR oran modeli (Charnes, Cooper ve Rhodes'un baş harflerinden oluşmaktadır), BCC (Banker, Charnes ve Rhodes) ölçeğe göre getiri modeli, toplamalı model ve çarpımlı model olmak üzere dört ana model geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Farklı modeller uygulandığında dahi elde edilen etkinlik değerlerinin güvenilir olduğu kanıtlanmıştır.

CCR modeli, teknik etkinlik ile ölçek etkinliğinin birleşiminden oluşan toplam etkinliği ölçmektedir. CCR modelini kullanarak KVB'lerin göreceli etkinliklerinin

belirlenmesinde, analiz edilen KVB'lerin etkin kabul edilebilmesi için hem teknik etkinliğe hem de ölçek etkinliğine sahip olmaları gerekmektedir. CCR modeli, "Girdi Yönlü CCR" ve "Çıktı Yönlü CCR" olmak üzere ele alınmaktadır (Gökgöz, 2009:37). BCC modeli ise Banker, Charnes ve Cooper tarafından (1984) ölçeğe göre getiri varsayımı altında etkinliği değerlendirmek için

CCR modeline  $\sum_{j=1}^m \tilde{e}_j = 1$  kısıtı eklenerek oluşturulmuştur (Cooper ve Zhu, 2011:13).

VZA uygulamalarında değerlendirme yapılacak karar birimlerine ilişkin önemli bir dizi homojenlik varsayımları bulunmaktadır (Dyson ve Shale, 2001:245). Bu varsayımlar, aynı üretim sürecine sahip olmaları, benzer girdiler ile benzer çıktıları üretmeleri gerektiği ve aynı çevresel şartların etkisi altında olmaları şeklinde sıralanabilir (Haas ve Murphy, 2003:531). Ancak genel olarak uygulamalarda bu durumun göz ardı edildiği görülmektedir (Najadat ve Schesvold, 2005:255). Örnek olarak banka şubeleri ele alınacak olursa, büyük banka şubeleri bankacılık alanında muhtemel birçok işlemi yerine getirirken, küçük veya yerel olarak faaliyet gösteren banka şubeleri ise daha az işlem hacmine sahip olduklarından her türlü bankacılık işlemi ile meşgul olmayacaklardır. Böyle bir durumda standart VZA uygulamasıyla yapılacak olan bir karşılaştırma sağlıklı sonuçların elde edilmesine engel olacaktır (Mar, 2009:1125).

Bu çalışmada, KVB olarak seçilen hastanelerin içinde buldukları çevre şartlarından etkilendikleri ve bu etkinin hastanelerin girdileri üzerinde heterojen bir yapı oluşturduğu üzerinde durulmaktadır. Çalışmada, KVB olarak seçilen hastanelerin buldukları bölgenin nüfusu, gelirden aldıkları pay, eğitilmiş insan kaynağı gibi daha sayılabilecek pek çok faktör hastanelerin büyüklükleri üzerinde etkili olabilecektir. Bu da, VZA için önemli olan KVB'lerin homojenliği varsayımının sağlanamamasına neden olacaktır. Bu çalışmada, homojenlik sorununun üstesinden gelebilmek için KVB'ler K-Ortalama kümeleme algoritması kullanılarak homojen alt gruplara ayırılmaya çalışılmıştır. Gruplar olmadan ve gruplar için yapılan VZA sonuçları karşılaştırılarak homojenlik sağlandığında etkinlik değerlerinin nasıl değiştiği incelenmiştir.

### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde homojen olmayan KVB'lerin kullanılarak VZA'nın gerçekleştirilebilmesi için değişik yöntemler kullanılmıştır. Athanassopoulos ve Thanassoulis (1995) bira endüstrisinde yaptıkları çalışmada, KVB olarak seçilen 60 bira üreticisini incelemişler ve aralarındaki homojenliği sağlamak için KVB'leri ticari yapıya sahip olan ve olmayan şeklinde iki gruba ayır-

mışlardır. Sarrico ve Dyson (2000), bir üniversitede akademik bölümlerin karşılaştırılması için yaptıkları çalışmada, fen bilimleri ve sosyal bilimler alanındaki bölümlerin sahip oldukları donanım ve laboratuvar farklılıkları nedeniyle homojen olmadıklarını belirtmişlerdir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için dış değerlendirme kümesi kullanmışlardır. Has ve Murphy (2003) ise, VZA'da homojenlik sorunuyla başa çıkabilmek için iki aşamalı VZA modelinin kullanılmasını önermişlerdir. Najadat, Nygard, ve Schesvold (2005) ve Po, Guh, ve Yang (2009) çalışmalarında homojenlik sorununu VZA'ya dayalı bir kümeleme yöntemi kullanılarak çözmeyi amaçlamışlardır. Tarım alanlarının etkinliğinin karşılaştırılmasının amaçlandığı çalışmada Gomes, Mello, ve Freitas (2012), ilk olarak kullanılan teknoloji çeşitlerine göre KVB'leri gruplandırmışlardır. Daha sonra her bir grup için ayrı ayrı gerçekleştirilen VZA sonucunda gruplardaki etkin olan KVB'ler belirlenmiştir. Her bir grupta etkin olan KVB'leri kullanarak gerçekleştirilen diğer bir VZA sonrasında hesapladıkları ortalama etkinlik skorunu her bir grup için düzeltme faktörü şeklinde kullanarak homojenlik sorununun üstesinden gelmeye çalışmışlardır.

Literatürde VZA ile hastanelerin etkinlik skorlarının hesaplanması üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmaların bazıları hastanelerin mülkiyet durumlarının (finansman şekillerinin) performanslarına etki ettiğini göstermiştir (Schreyögg ve Busse, 2011; Biqrn ve Magnussen, 2003; Burgess ve Wilson, 1996). Ayrıca eğitim veren hastaneler ve eğitim vermeyen hastaneler için yapılan VZA çalışmaları, bu iki grubun etkinlik skorlarının farklı olduğunu göstermiştir (Gök ve Sezen, 2011; Groddkopf ve Valdmanis, 2001). Literatürde VZA ile hastane etkinliklerinin değerlendirilmesinde girdi değişkeni olarak yatak sayısı, pratisyen hekim sayısı, uzman hekim sayısı ve yönetim kadrosu en çok kullanılan değişkenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında en çok kullanılan çıktı değişkenleri ise hasta sayısı, ameliyat sayısı, ziyaretçi sayısıdır. Bunların yanında ölüm oranları, hizmet içi eğitim saatleri, bebek ölüm oranları, kârlılık ve maliyet değerleri de çıktı değişkeni olarak kullanılabilmektedir (Gök ve Sezen, 2011:138).

### 4. K-ORTALAMA KÜMELEME ANALİZİ

Kümeleme Analizi (cluster analysis), yapısal olmayan çok değişkenli analizler içinde sık kullanılan bir yöntemdir. Kümeleme analizi metodolojisi verilen bir veri setini homojen alt setler (küme) olarak düzenleyen algoritmalarla oluşmaktadır (Izenman, 2008). Bu çalışmada, verilerin homojen gruplara bölünmesi için K-ortalama kümeleme (K-means clustering) algoritması kullanılmıştır.

En eski kümeleme algoritmalarından olan K-Ortalamlar, 1967 yılında J.B. MacQueen tarafından geliştirilmiştir (MacQueen, 1967). K-ortalamlar kümeleme algoritması, eldeki verileri özelliklerine göre hiçbir sınıf bilgisi olmadan daha önceden belli bir kritere göre belirlenmiş K sayıda homojen kümeye bölme işlemi yapan bir algoritmadır. K-Ortalama algoritması, her verinin sadece bir kümeye ait olabilmesine izin verir. Bu nedenle, kesin bir kümeleme algoritmasıdır (Işık ve Çamurcu, 2007:32). Kümelerin benzerlikleri, bir küme içindeki nesnelerin ortalama değeri alınarak ölçülmeye çalışılır. K-Ortalama algoritmasında öncelikle birbirine en uzak olacak şekilde her bir küme için k sayıda başlangıç merkez noktası seçilir. k sayıda küme için başlangıç merkezleri belirlendikten sonra, gözlemlerin hiçbiri dışarıda kalmayacak şekilde kendilerine en yakın küme merkezi ile ilişkilendirilir. Başlangıçta belirlenen k sayıda merkezin seçimine göre sonuçların değişeceği göz önünde bulundurulması gerekir. Algoritma k sayıda merkezi her seferinde daha iyi bir çözüme ulaştırmak için yeniden seçer. Bu seçimleri yaparken aşağıdaki amaç fonksiyonunun en küçük değerini bulmaya çalışır (Liu ve Yu, 2009:275).

Yukarıda verilen amaç fonksiyonu hata kareler ortalaması olarak isimlendirilmektedir. Formülde verilen j. kümeye atanan i. gözlemi, ise, j. kümeyi temsil etmektedir. Algoritma genel olarak aşağıdaki adımları takip etmektedir (Johnson ve Wichern, 2007: 696)

- i. Gözlemler tarafından temsil edilen uzaya k nokta yerleştirilir.
- ii. Her bir gözlem, yerleştirilen k sayıda küme merkezine göre yerleştirilir. Yerleştirmede her gözlem bir kümeye atanmalıdır.
- iii. Yeni bir k sayıda küme merkezi belirlenir.
- iv. i. ve ii. adıma k merkezler değişim göstermeyecek hale gelene kadar devam edilir.

Algoritmanın nihai bir sonuca ulaşacağı matematiksel olarak ispatlandıysa da, genellikle amaç fonksiyonunun değerini minimum yapacak en uygun çözümü bulmadan belirli bir tekrar sayısından sonra algoritma sonlandırılır. Algoritmanın tekrar sayısının 10'dan az olmaması istenir (Nakip, 2003: 440).

K-Ortalamlar kümeleme algoritmasında küme sayısının belirlenmesi algoritmanın en kritik noktasıdır. Küme sayısına karar verebilmek için en çok kullanılan yöntem Yamaç-Birikinti Grafiği'nin (Scree Plot) çizilmesidir. Farklı küme sayıları için grup içi hata karelerinin toplamı dikey eksenle olacak şekilde çizilen grafikte, hata kareler toplamındaki önemli ölçüde azaldığı noktaya k küme sayısının değeri olarak kabul edilir (Wang ve Hu, 2012:11)

## 5. UYGULAMA

Çalışmanın ana kümesini T.C. Sağlık Bakanlığı'nın 2006 yılı Yataklı Tedavi Kurumları İstatistik Yıllığı'nda ki toplam 1205 hastaneden 769 Devlet hastanesi oluşturmaktadır. Araştırmada KVB'lerin finansman bakımından ve verilen hizmetler homojenliğinin sağlanması amacıyla, tedavi hizmetleri sonrasında katkı payı talebinde bulunan özel hastaneler ve araştırma ve uygulama hastaneleri ve özel dal hastaneleri kapsam dışında bırakılmıştır. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait değerlerin negatif ve eksik olmaması VZA'nın temel varsayımları arasında yer aldığından, hastane performanslarını değerlendirmek için seçilen girdi ve çıktı değişkenleri değerlerinden herhangi birine sahip olmayan devlet hastaneleri araştırmanın dışında tutulmuştur (Saen, 2003:146). Buna göre çalışmada kullanılan analizlere 486 devlet hastanesi dâhil edilmiştir. Araştırmada hastane performanslarının değerlendirilmesi için literatürde en sık rastlanılan girdi ve çıktı değişkenleri kullanılmıştır. Kullanılan çıktılar; poliklinik sayısı, çıkan hasta sayısı, ayarlanmış ameliyat sayısı ve yatılan gün sayısı; girdiler ise hasta yatak sayısı, uzman doktor sayısı ve pratisyen doktor sayısıdır.

Uygulamada kadro ve fiili yatak olmak üzere iki tür yatak deyimi bulunmaktadır. Kadro (kontenjan) yatağı, hastaneye Bakanlık onayı ile tahsis edilen yatak sayısıdır. Fiili yatak ise belirli bir süre sonunda her ay veya bir yılsonunda hastanede hasta yatağı olarak serili (boş veya dolu) yatak sayısıdır (Sağlık Bakanlığı, 2011). Bu araştırmada kadro yatak sayısı kullanılmıştır. Yatılan Gün Sayısı, hastanın hastanede kaldığı günlerin toplamıdır. Gün sayısının hesaplanmasında hastanın giriş çıkış günlerinden yalnız girdiği gün sayılmaktadır. Hastanın çıkış günü dâhil edilmemektedir. Hastanın çıkış tarihinden giriş tarihi çıkarılarak elde edilmektedir. Aynı gün yatıp çıkan hastanın hasta günü 1 gün olarak kabul edilmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2011). Ayarlanmış ameliyat sayısı hastanelerin yapmış oldukları büyük ameliyat sayısının tamamının, orta ameliyat sayılarının 1/3'nün ve küçük ameliyat sayılarının ise 1/7'sinin toplamı alınarak hesaplanmıştır (Özcan ve Özgen, 2009). Bu şekilde küçük ve orta büyüklükteki ameliyatlar maliyet açısından büyük ameliyat maliyetlerine göre ayarlanmıştır (Büyükkayıkçı ve Şahin, 2000). Yataklı Tedavi Kurumları İstatistik Yıllığı'nda Çıkan Hasta sayısı bir yıl içerisinde hastaneye yatırılan hastaların şifa ya da salah hali ile evlerine veya başka kurumlara çıkarılan kişilerin sayısıdır. Ölüm vakaları bu sayıya dâhil edilmemiştir. Bu çalışmada toplam çıkan hasta sayısı, hastaneden taburcu olan hastaların sayısı ile ölen hastaların sayısının toplamı olarak alınmıştır.



Analizde kullanılacak olan girdi ve çıktı değişken grupları arasındaki istatistiksel ilişki Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanarak araştırılmıştır. Hesaplanan korelasyon katsayılarına göre, hastane perfor-

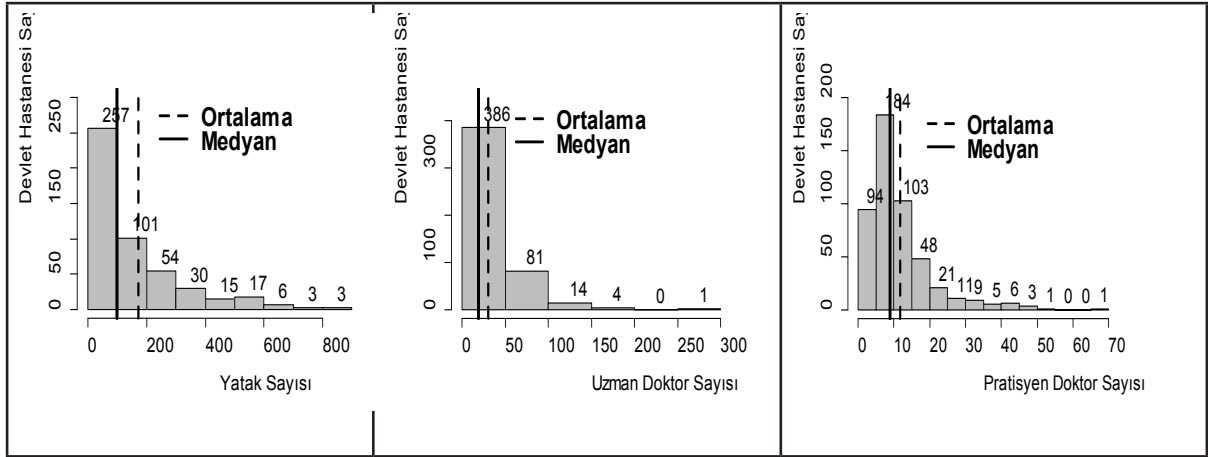
manlarını ölçmek için seçilen girdi ve çıktı değişkenleri arasında pozitif bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Korelasyon analizi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Girdi ve Çıktı Değişkenleri Sonuçları Arasındaki Korelasyon Analizi Sonuçları

	Poliklinik Sayısı		Toplam Çıkan Hasta		Yatılan Gün Sayısı		Ayarlanmış Ameliyat Sayısı	
	Korelasyon Katsayısı	p Değeri	Korelasyon Katsayısı	p Değeri	Korelasyon Katsayısı	p Değeri	Korelasyon Katsayısı	p Değeri
Yatak Sayısı	0,877	0,000	0,902	0,000	0,928	0,000	0,842	0,000
Uzman Doktor Sayısı	0,921	0,000	0,891	0,000	0,878	0,000	0,864	0,000
Pratisyen Doktor Sayısı	0,848	0,000	0,839	0,000	0,821	0,000	0,792	0,000

Tablo 1'de görüleceği üzere girdi ve çıktı değişkenleri arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre hastane girdi ve çıktıların izotonik (eş aralıklı) olduğu doğrulanmaktadır. Diğer bir ifade ile hastane girdilerindeki her hangi bir artış hastane çıktıların değerlerinde her hangi bir azalmaya yol açmayacağı varsayımdır.

Türkiye'deki devlet hastanelerine bakıldığında alt yapı, çalışan sağlık personeli ve doktor sayıları açısından homojen bir yapıya sahip olmadığı görülmektedir. VZA analizinde kullanılan girdi değişkenlerinin (yatak sayısı, uzman doktor sayısı ve pratisyen doktor sayısı) araştırmada kullanılan 486 devlet hastanesi için histogramları Şekil 2'de verilmiştir.

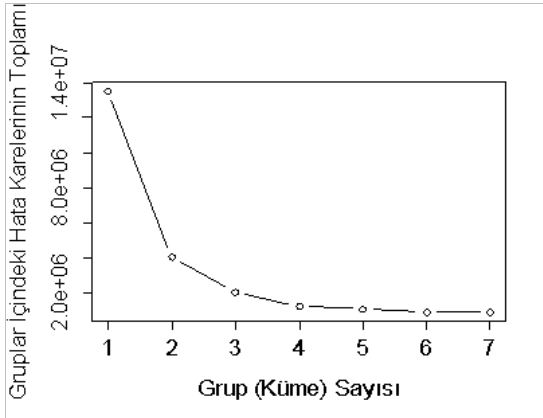


**Şekil 2:** VZA Analizinde Kullanılan Girdi Değişkenlerinin Histogramları

Şekil 2'de verilen histogramlara göre, 486 devlet hastanesi, kullandıkları girdi değişkenleri bakımından homojen bir yapıya sahip değildir. VZA'da etkinliği en yüksek olan karar birimi etkinlik sınırı olarak kabul edildiğinden, karar birimlerinin etkinliği bu en etkin karar birimine göre hesap edilmektedir. Dolayısıyla, devlet hastanelerinin homojen bir yapıda bulunmaması, etkinlik skorlarını etkileyebilecek ve etkin olmayan KVB'lerin sayısını arttıracaktır. Bunun üstesinden gelebilmek için çalışmada, analize dâhil edilen devlet hastaneleri için homojen grupların elde edilmesi amaçlanmıştır ve bunun için K-Ortalamalar kümeleme analizi uygulanmıştır.

## 5.1 KÜMELEME ANALİZİNİN UYGULANMASI

Uygulamanın birinci aşamasında, çalışmada kullanılan girdi değişkenleri yardımıyla analize dâhil edilen 486 devlet hastanesi homojen alt gruplara ayrılmıştır. Çalışmada küme (grup) sayısını belirlemek amacıyla K-ortalamlar kümeleme algoritması farklı küme sayıları (K) için çalıştırılmıştır. Her bir K değeri için 'gruplar içi hata karelerinin toplamı' hesaplanmıştır. K-ortalamlar kümeleme algoritmasının farklı K (grup) sayısı ile karşılık gelen 'gruplar içi hata karelerinin toplamı' için çizilen Yamaç-Birikinti Grafiği Şekil 3'te verilmektedir.

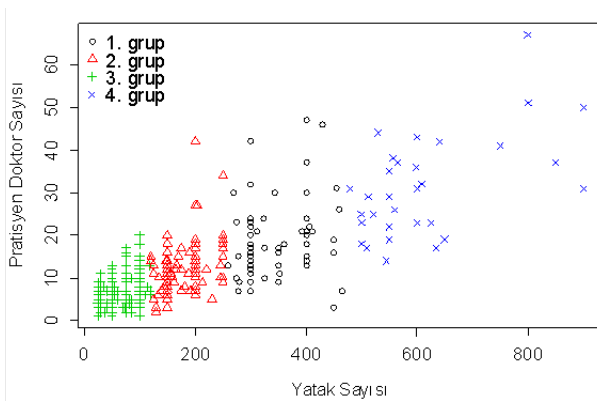


**Şekil 3:** K-Ortalamlar Kümeleme Algoritmasının Farklı K (Grup) Sayı ile Karşılık Gelen Gruplar İçindeki Hata Karelerinin Toplamı

Şekil 3'te görüleceği üzere K sayısı dörtten büyük olduğunda 'gruplar içindeki hata karelerinin toplamındaki azalma K=4'den sonra oldukça az olmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada K-ortalamlar kümeleme algoritması için optimal K değeri 4 olarak belirlenmiştir. K-Ortalamlar kümeleme algoritması K=4 değeri ile çalıştırıldığında elde edilen grupların büyüklükleri ve değişkenlere göre grup ortalamaları Tablo 2'de, yatak sayısı ve pratisyen doktor sayısına göre dağılım grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 2:** K-Ortalamlar Kümeleme Algoritması K=4 Değeri ile Elde Edilen Grup Büyüklükleri ve Grup Ortalamaları

Grup	Grup Büyüklüğü	Poliklinik Sayısı	Toplam Çıkan Hasta	Yatılan Gün Sayısı	Ayarlanmış Ameliyat Sayısı	Yatak Sayısı	Uzman Doktor Sayısı	Pratisyen Doktor Sayısı
1	68	519891,06	13458,53	69005,62	4354,29	347,88	61,18	19,16
2	121	323060,69	7239,44	33844,21	2250,00	181,66	34,64	12,39
3	262	128674,19	2272,24	8518,97	427,66	61,55	10,39	7,09
4	35	885840,34	27118,91	147587,09	10223,47	606,29	105,00	30,26



**Şekil 4:** 486 Devlet Hastanesinin K-Ortalamlar Kümeleme Algoritması (K=4) Gruplanması için Yatak Sayısı ve Pratisyen Doktor Sayısına Göre Serpilme Diyagramı

Kümeleme analizine göre 1. grup 68, 2. Grup 121, 3. grup 262 ve 4. Grup 35 devlet hastanesinden oluşmaktadır. Genel olarak bakıldığında, yatak sayısı, uzman doktor sayısı ve pratisyen doktor sayısı ortalamaları en yüksek olanlar grup 4 içerisinde toplanmıştır. Grup 4'ü sırasıyla grup 1, grup 2 ve grup 3 takip etmektedir. Girdi değişkenlerine paralel olarak çıktı değişkenleri içinde aynı sıralama söz konusudur.

## 5.2 VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN UYGULANMASI

Uygulama sürecinin ikinci aşamasında 486 devlet hastanesi için VZA gerçekleştirilmiş ve görelî etkinlik skorları hesaplanmıştır. VZA modeli olarak çıktı yönlü CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Girdileri sabit tutarak çıktılara göre hastanelerin etkinliğinin incelenmesi için bu iki model çalışmada kullanılmaktadır. Uygulanan VZA'ya göre elde edilen sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3:** Çalışmaya Dâhil Edilen Bütün KVB'ler için VZA Etkinlik Skorları İstatistikleri

Sınırlar	Çıktı Yönlü CCR	Çıktı Yönlü BCC			
	Frekanslar				
0-0.4999	69	24			
0.5000-0.5999	96	60		Çıktı Yönlü CCR	Çıktı Yönlü BCC
0.6000-0.6999	113	95	Ortalama	0.679	0.765
0.7000-0.7999	84	97	Std. Sap.	0.186	0.174
0.8000-0.8999	55	79	Min.	0.028	0.198
0.9000-0.9999	32	38	Etkin KVB Sayısı	37	93
1.000 (Etkin)	37	93	Etkin KVB Yüzde	%7.61	%19.14

Tablo 3 incelendiğinde çıktı yönlü CCR modeli için 37 hastanenin (%7.6), çıktı yönlü BCC modeli içinde 93 hastanenin (%19.1) etkin olduğu belirlenmiştir. Her iki VZA modelinde KVB'lerin yarısından fazlası ortalama etkinlik skorunun altında değer almıştır. Çıktı yönlü VZA modelinde KVB'lerin %14.2'sinin, çıktı yönlü BCC modelinde ise KVB'lerin %5'inin etkinlik skoru 0.5 ve altındadır.

Uygulama sürecinin üçüncü aşamasında daha

önce K-Ortalama kümeleme analizi sonucunda elde edilen homojen grupların her birisi için ayrı ayrı VZA gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, KVB'lerin homojen gruplara ayrıldıktan sonra hesaplanan etkinlik skorları ile ikinci aşamada hesaplanan etkinlik skorları arasındaki değişim incelenerek gruplara ayırmanın ne ölçüde faydalı olduğu tespit edilebilecektir. Her bir grup için yapılan VZA sonucunda etkin olan ve olmayan KVB sayıları Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 4:** Kümeleme Analizi Sonucunda Elde Edilen Gruplar için VZA'ya Göre Etkin Olan ve Olmayan Hastane Sayıları

## Çıktı Yönlü CCR

Gruplar	Etkin	Etkin Olmayan	Etkin Olan Yüzde	Toplam
Grup1	11	57	16,18%	68
Grup2	25	96	20,66%	121
Grup3	28	234	10,69%	262
Grup4	14	21	40,00%	35

## Çıktı Yönlü BCC

Gruplar	Etkin	Etkin Olmayan	Etkin Olan Yüzde	Toplam
Grup1	23	45	33,82%	68
Grup2	44	77	36,36%	121
Grup3	64	198	24,43%	262
Grup4	22	13	62,86%	35

Kümeleme analizi sonucunda elde edilen gruplar için yapılan VZA'da çıktı yönlü CCR için en yüksek etkinlik yüzdesi toplam 21 hastaneyi içeren grup 4'e aittir. En düşük etkinlik yüzdesi ise 262 hastaneyi içeren grup 3'e aittir. Çıktı yönlü BCC modeline göre yapılan VZA'da ise, en yüksek etkinlik yüzdesi yine 35 hastaneyi içeren grup 4'e aittir. En düşük etkinlik yüzdesi ise yine benzer şekilde grup 3'e aittir.

VZA'da seçilen KVB'lerin aynı çevresel şartlarda faaliyet göstermesi analiz sonuçlarının doğruluğu bakımından önemli bir kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada KVB olarak devlet hastaneleri seçilmiştir. Hastaneler bir sistem yaklaşımı içinde ele alınıp tanımlanabilen organizasyonlardır. Buna göre hastaneler; dinamik, değişken bir çevre içinde, aldıkları girdileri dönüştürme süreçlerinden geçirecek,

çıktılarının önemli bir kısmını yine aynı çevreye veren, geribildirim mekanizmasına sahip sistemlerdir (Çatalca, 2003). Bu nedenle, hastaneler çevreleriyle sürekli alışveriş içerisinde oldukları için etkileşim neticesinde, hastanelerin elde ettikleri performans çıktıları buldukları çevresel şartlardan etkilenecektir. Bu çevresel şartların başında, bireylerin sağlığını etkileyen sosyal faktörler gelmektedir (Okursoy, 2010). Bu çalışmada, KVB olarak seçilen devlet hastaneleri K-Ortalama kümeleme algoritmasıyla gruplara ayrılarak, sahip oldukları çevresel faktörlerden kaynaklı etkilerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

Uygulama sürecinin ikinci aşamasında gerçekleştirilen VZA'da etkin değilken, kümeleme analizi sonucunda homojen gruplara ayrılan KVB'lerden kaç tanesinin etkin hale geleceğinin değerlendirilmesi, homo-

jenliğin sağlanıp sağlanmadığının anlaşılabilmesi için önemlidir. Ayrıca sonuçların değerlendirilebilmesi açısından, her bir grup için hesaplanan ortalama etkinlik skoru değerleriyle, bu gruplarda yer alan KVB'lerin uygulamanın ikinci aşamasında gerçekleştirilen

VZA'da elde ettikleri etkinlik skorlarının ortalamaları karşılaştırılmıştır. Tablo 5'te her bir grup için ortalama etkinlik skorları, standart sapmaları ve ikinci aşamada etkin değilken gruplarda etkin hale gelen KVB sayıları verilmektedir.

**Tablo 5:** Gruplar için VZA Etkinlik Skorları İstatistikleri

		CCR				BCC			
		Grup1	Grup2	Grup3	Grup4	Grup1	Grup2	Grup3	Grup4
Gruplar için VZA	Ortalama	0,801	0,808	0,675	0,905	0,926	0,883	0,788	0,962
	Std. Sap.	0,164	0,164	0,204	0,104	0,087	0,121	0,169	0,058
	Min	0,170	0,279	0,028	0,673	0,607	0,506	0,224	0,796

Bütün Hastaneler için VZA	Ortalama	0,678	0,692	0,660	0,783	0,731	0,727	0,776	0,878
	Std. Sap.	0,160	0,169	0,201	0,132	0,174	0,179	0,168	0,131
	Min	0,139	0,159	0,028	0,556	0,204	0,198	0,224	0,599
	Etkine Dönüşen	11	25	28	14	23	44	64	22

Bütün gruplar için ayrı ayrı yapılan her iki model için hesaplanan VZA sonuçlarına göre KVB'lere ait ortalama etkinlik skorlarının, uygulamanın ikinci aşamasında gerçekleştirilen VZA'da elde edilen ortalama etkinlik skorlarından daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmektedir. Bunun yanında, Grup1 içerisinde yer alan 11 hastane, birinci aşamada gerçekleştirilen çıktı yönlü CCR modeline göre yapılan VZA'ya göre etkin değilken, homojen gruplar oluşturulduktan sonra etkin hale gelmiştir. Bu rakam benzer şekilde Grup2'de 25, Grup3'te 28 ve Grup4'te 14 hastane olarak Tablo 5'te görülmektedir. Çıktı yönlü BCC modeline göre ise, Grup1'de 23, Grup2'de 44, Grup3'te 64 ve Grup4'te 22 ikinci aşamada gerçekleştirilen VZA'da etkin değilken, gruplara ayrıldıktan sonra gerçekleştirilen VZA'ya göre etkin hale gelmişlerdir.

Çalışmada KVB olarak seçilen hastaneler için homojen gruplar elde edildikten sonra her bir grup için ayrı ayrı ve gruplar oluşturulmadan bütün hastaneler için olmak üzere iki farklı VZA gerçekleştirilmiştir. Bulunan sonuçlara göre, kümeleme analizi sonrasında hastaneler arasında homojenliğin sağlanmasının VZA sonuçları üzerinde etkisi olduğu görülmektedir. Bütün KVB'lerin gruplara ayrılması her bir grup için referans hastane kümelerini değiştirdiğinden bu farklılık meydana gelmektedir. Böylelikle her bir hastane grubu için daha makul karşılaştırılabilir ölçekte referans kümeleri belirlenebilmektedir.

## 6. SONUÇ

Benzer girdileri kullanarak, aynı tür çıktıları üreten ekonomik birimlerinin görelî etkinliklerinin ölçülmesini amaçlayan VZA'da, seçilen KVB'ler girdiler ve çıktılar açısından benzer olmalı ve benzer çevre şartlarında faaliyet göstermelidirler. Ancak, literatürde yer alan VZA uygu-

lamalarında homojen KVB zorunluluğunun çoğunlukla sağlanamadığı görülmektedir. Genellikle, KVB'lerin bulunduğu çevresel ve sosyo-ekonomik koşullar etkinlik değerlerine doğrudan veya dolaylı olarak etki edebilmektedir. Böylelikle KVB'ler arasında var olan bu heterojen yapı VZA sonuçlarını da etkilemektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek literatürde, dış değerlendirme kümesi oluşturma, KVB'lerisahip oldukları alt yapı ya da teknolojik özelliklerine göre gruplama, iki aşamalı VZA ve düzeltme faktörü kullanılması gibi yöntemler önerilmiştir.

Bu çalışmada homojen olmayan KVB'lerin, VZA sonuçlarına etkisinin azaltılabilmesi için benzer özelliklere sahip birimler K-Ortalamalar kümeleme analizi kullanılarak homojen gruplara ayrılmıştır. Böylelikle, KVB olarak seçilen çok büyük ölçekli ile çok küçük ölçekli devlet hastanesi için görelî etkinlik skorları hesaplanırken aynı referans kümesi kullanılmamaktadır. Kümeleme analizi sonucunda, KVB'lerin VZA sonucunda kendi kümelerinde elde ettikleri görelî etkinlik skorlarının, bütün hastaneler dâhil edilerek gerçekleştirilen VZA'da elde ettikleri görelî etkinlik skorundan yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, homojen alt gruplar için yapılan VZA'ya göre hesaplanan etkinlik yüzdesi bütün KVB'lerin dâhil edildiği VZA'ya göre daha yüksektir. Sonuç olarak VZA uygulanmadan önce, KVB'lerin kümeleme analizi kullanılarak homojen alt gruplara ayrılması, hesaplanan görelî etkinlik skorlarının daha güvenilir olarak elde edilmesini sağlamaktadır. Böylelikle bir KVB kendine benzer diğer bir KVB ile karşılaştırılabilmektedir. Bulunan sonuçlar, hastanelerin mülkiyetine, eğitim verme durumuna ve kâr amacı olup olmamasına göre ayrı değerlendirilen çalışmalara paralel olarak, bulunduğu çevresel ve sosyo-ekonomik koşulların da dikkate alınmasını göstermektedir.



## KAYNAKLAR

- Alpugan, A. (1991) "Hastanelerde Verimlilik Sorunu" I. Verimlilik Kongresi, Ankara, MPM Yayınları 454.
- Alsabti, K., Ranka, S. ve Singh, V. (1998) "An Efficient K-Means Clustering Algorithm" Proceedings of IPPS/SPDP Workshop on High Performance Data Mining.
- Anderson, D., Sweeney, D. ve Williams, T. (1991) *An Introduction to Management Science: Quantitative Approach to Decision Making*, USA, West Publishing Company.
- Athanassopoulos, A. ve Thanassoulis, E. (1995) "Separating Market Efficiency from Profitability and Its Implications for Planning" *The Journal of the Operational Research Society*, 46(1): 20-34.
- Baysal, E.M., Uygur, M. ve Toklu, B. (2004) "Veri Zarflama Analizi İle TCDD Limanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Çalışması" *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 19(4):437-442.
- Biqrn, E., Hagen, T., Iversen, T. ve Magnussen, J. (2003) "The Effect of Activity-Based Financing on Hospital Efficiency: A Panel Data Analysis of DEA Efficiency Scores 1992–2000" *Health Care Management Science*, 6(4): 271-283.
- Burgess, J. ve Wilson, P. (1996) "Hospital Ownership and Technical Inefficiency" *Institute for Operational Research and Management Sciences*, 42(1):110-123.
- Büyükkayıkçı, H. ve Şahin, İ. (2000) "SSK Ulus Devlet Hastanesi Cerrahi Servisinde Hasta Maliyetlerinin Sağlık Bakanlığı Fiyat Tarifesi İle Karşılaştırması" *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 5(3):119-148.
- Cooper, W., Seiford, L. ve Tone, K. (2006) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models Applications, References and DEA-Solver Software*, USA, Springer.
- Cooper, W., Seiford, L. ve Zhu, J. (2011) "Handbook on Data Envelopment Analysis History, Models and Interpretations" *International Series in Operations Research & Management Science*, 164:1-39.
- Çatalca, H. (2003) *Sağlık Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi*, İstanbul, Beta Basım A.Ş.
- Dyson, R., Allen, R., Camanho, A., Podinovski, V., Sarrico, C. ve Shale, E. (2001) "Pitfalls and Protocols in DEA" *European Journal of Operational Research*, (132):245-259.
- Gencer, H. (2011) "İMKB'de İşlem Gören Çimento Şirketlerinin Performanslarının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı" *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(3-4):31-44.
- Gomes, E., Mello, J. ve Freitas, A. (2012) "Efficiency Measures For A Non-Homogeneous Group of Family Farmers" *Pesquisa Operacional*, 32(3):561-574.
- Gök, M. ve Sezen, B. (2011) "Analyzing The Efficiencies of Hospitals: An Application of Data Envelopment Analysis" *Journal of Global Strategic Management*, 5(2):137-146.
- Gök, Ş. ve Sezen, B. (2011) "Capacity Inefficiencies of Teaching and Non-Teaching Hospitals" *The Service Industries Journal*, 32(14):2307-2328.
- Gökgöz, F. (2009) "Veri Zarflama Analizi ve Finans Alanına Uygulanması" Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayın No:597.
- Groddkopf, S., Margaritis, D. ve Valdmanis, V. (2001) "Comparing Teaching and Non-teaching Hospitals: A Frontier Approach (Teaching vs. Non-teaching Hospitals)" *Health Care Management Science*, 4(2):83-90.
- Güleş, H.K., Ögüt, A. ve Özata, M. (2007) "Sağlık İşletmelerinde Örgütsel Etkinliğin Artırılmasına Yönelik Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama" *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (1):69-82.
- Haas, D. ve Murphy, F. (2003) "Compensating For Non-Homogeneity In Decision-Making Units in Data Envelopment Analysis European" *Journal of Operational Research*, (144):530-544.
- İnan, E. (2000) "Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik" *Ban-kacılar Dergisi*, (34):82-96.
- İşık, M. ve Çamurcu, A. (2007) "K-Means, K-Medoids Ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti" *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(11):31-45.
- Izenman, A. (2008) *Modern Multivariate Statistical Techniques*, USA, Springer.
- Johnson, R.A. ve Wichern, D.W. (2007) *Applied Multivariate Statistical Analysis*, USA, Pearson.
- Karahan, A.ve Özgür, E. (2009) *Hastanelerde Performans Yönetim Sistemi Ve Veri Zarflama Analizi*, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.
- Kutlar, A. ve Babacan, A. (2008) "Türkiye'deki Kamu Üniversitelerinde CCR Etkinliği-Ölçek Etkinliği Analizi: DEA Tekniği Uygulanması" *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (15):148-172.
- Liu, H. ve Yu, X. (2009) "Application Research of k-means Clustering Algorithm in Image Retrieval System" Proceedings of the Second Symposium International Computer Science and Computational Technology, Huangshan.

MacQueen, J.B. (1967) "MacQueen, Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations" *Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Statistics, Berkeley.

Mar, C. (2009) "Specialization Versus Diversification: Non-Homogeneity in Data Envelopment Analysis" 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, Barcelona.

Najadat, H., Nygard, K. ve Schesvold, D. (2005) "Clustering-Based Method for Data Envelopment Analysis" Proceeding of The 2005 International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods.

Nakip, M. (2003) *Pazarlama Araştırmaları: Teknikler ve (SPSS Destekli) Uygulamalar*, Ankara, Seçkin Yayıncılık.

Okursoy, A. (2010) "Türkiye'de sağlık sistemi ve kamu hastanelerinin performanslarının değerlendirilmesi" Yayımlanmamış Doktora Tezi, Aydın, ADÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Po, R.W., Guh, Y.Y. ve Yang, M.S. (2009) "A New Clustering Approach Using Data Envelopment Analysis" *European Journal of Operational Research*, (199):276-284.

Saen, F.R. (2003) "A New Approach for Selecting Slightly Non-homogeneous Vendors" *Journal of Advances in Management Research*, 6(2):144-153.

Sağlık Bakanlığı. (2011) "Yataklı Tedavi Kurumları İşletme Yönetmeliği" <http://www.saglik.gov.tr/TR/dosya/1-71966/h/yataklitedavikurumlariisletmeyonetmeli.doc>, (15.08.2011)

Sarrico, C. ve Dyson, R. (2000) "Using DEA for Planning in UK Universities-An Institutional Perspective" *The Journal of the Operational Research Society*, 51(7):789-800.

Surianoa, S., Wang, H. ve Hu, J. (2012) "Sequential Monitoring of Surface Spatial Variation in Automotive Machining Processes Based on High Definition Metrology" *Journal of Manufacturing Systems*, (31):8-14.

Şahin, İ., Özcan, Y. ve Özgen, H. (2009) "Assessment of Hospital Efficiency Under Health Transformation Program in Turkey" *Central European Journal of Operations Research*, 19(1):19-37.

Tiemann, O., Schreyögg, J. ve Busse, R. (2011) "Hospital Ownership and Efficiency: A Review of Studies With Particular Focus on Germany" *Health Policy*, 104(2):163-171.

Ulucan, A. (2002) "İSO 500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler" *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 57(2):185-202.

Yavuz, İ. (2001) *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)*, Ankara, Milli Produktivite Merkezi.

Yayar, R. ve Çoban, M. (2012) "İSO 500 Firmalarının Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Dokuma Ve Giyim Eşya Sanayi" *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5(2):165-180.