



Kamu Hastane Birliklerinin Teknik Verimliliklerinin Veri Zarflama Analizi ve Makine Öğrenmesi Teknikleri Kullanılarak İncelenmesi

Songül ÇINAROĞLU¹Onur BAŞER²

15 Ocak 2017'de alındı; 06 Ağustos 2017'de kabul edildi.
20 Eylül 2017'den beri erişime açıktır.

Received 15 January 2017; accepted 06 August 2017.
Available online since 20 September 2017.

Araştırma Makalesi/Original Article

Özet

Kamu kaynaklarının etkin kullanılabilmesi için faydalanılan bölgesel planlama çalışmalarının uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Türkiye’de sağlık ile ilgili kaynakların daha etkin kullanımı amacıyla oluşturulan Kamu Hastane Birlikleri (KHB) uygulaması ile birlikte il düzeyi esas alınarak 89 farklı Kamu Hastane Birliği oluşturulmuştur. Bu çalışmada Türkiye genelinde 89 farklı KHB’ne ait girdi ve çıktı değişkenleri üzerinden Veri Zarflama Analizi (VZA) ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak KHB’leri girdi ve çıktı değişkenleri bakımından benzer iki kümeye ayrılarak teknik etkinlikleri incelenmiştir. Yapılan incelemede nüfus ve hizmet yoğunluğunun daha fazla olduğu KHB’lerinin etkinliklerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Etkinliğin belirlenmesinde en fazla etkili olan değişkenin ise bir hizmet yoğunluğu göstergesi olan yatan hasta sayısı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kamu Hastane Birlikleri, Etkinlik, Veri Zarflama Analizi, Makine Öğrenmesi Yöntemleri.

JEL Kodları: I18, C61, C67, C53

© 2017 EYD tarafından yayımlanmıştır

¹Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü.

E-mail: songulcinaroglu@gmail.com. orcid.org/0000-0001-5699-8402

² Columbia University, Department of Surgery, Center for Innovation and Outcomes Research & STATinMED Research, New York, NY, USA, MEF Üniversitesi, Ekonomi Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-mail: obaser@statinmed.com. orcid.org/0000-0003-3328-0072

Abstract**Examination of Technical Efficiency of Public Hospital Associations Using Data Envelopment Analysis and Machine Learning Techniques**

Regional planning studies have a long history which made for using public resources efficiently. In Turkey, 89 different Public Hospital Associations (PHA) were conducted based on provincial levels for the aim of using health resources more efficient. In this study, technical efficiency of 89 different PHA in Turkey was examined by using input and output indicators and using Data Envelopment Analysis (DEA) and machine learning techniques by dividing them into two clusters in terms of similarities in input and output indicators. As a result of the study, it is seen that PHA which have higher population and service density are more efficient than others. Number of inpatients is a determinant factor of efficiency which is one of the indicators of service density.

Keywords: Public Hospital Associations, Efficiency, Data Envelopment Analysis, Machine Learning Techniques.

JEL Codes: I18, C61, C67, C53

© 2017 Published by EYD



Bu makalenin adını ve doi numarasını içeren aşağıdaki metni kolayca kopyalamak için soldaki QR kodunu taratınız. Scan the QR code to the left to quickly copy the following text containing the title and doi number of this article.

Examination of Technical Efficiency of Public Hospital Associations Using Data Envelopment Analysis and Machine Learning Techniques <http://dx.doi.org/10.5455/ey.36122>

1. GİRİŞ

Performans ölçümü sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın temel aracı olan, farklı endüstrilerin temel dinamiklerine uygun olarak uyarlanabilen bir kavramdır. Bu özelliği nedeniyle performans ölçümünün belirli ölçüde esneklikler içermesi gerekmekte ve en iyi performans ölçütlerinin geliştirilebilmesi için her endüstrinin kendi yerel dinamiklerinin bu ölçütlerin geliştirilmesine yön verdiği kabul edilmektedir (Bititci vd. 2012). Farklı performans boyutları incelendiğinde bu boyutlar içerisinde etkinlik kavramı ön plana çıkmaktadır. Performans ölçümüne verilen önem her endüstride farklı olmakla birlikte sağlık endüstrisi gibi kendine has dinamikleri ile ön plana çıkan bir endüstride temel hedef daha yüksek karlılık hedefine erişmek değil, toplumun sağlık statüsünün yükseltilmesidir. Ancak sağlık kuruluşları da diğer işletmeler için söz konusu olduğu gibi varlıklarını sürdürmek zorundadırlar. Sürdürülebilirliğin sağlanması operasyonel ve finansal süreçlerin uygun şekilde

planlanması ve yönetimini gerektirmektedir (Eddy, 1998). Bu hedefe erişilebilmesi için ise sağlık kuruluşlarının gerekli operasyonel ve finansal planlamaları yapmalarına ihtiyaç vardır. En uygun planlamaların yapılabilmesi için uygun analiz tekniklerinin kullanılması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sağlıkta operasyonel ve finansal performans hedeflerine erişilebilmesi için esas alınması gereken temel performans ölçütleri arasında verimlilik (productivity) ve maliyet etkinlik (cost efficiency) ilk sıralarda bulunmaktadır. Klinik kalite, hasta memnuniyeti, çalışan tutum ve davranışları, finansal sonuçlar ve sürdürülebilirlik ise performans ölçümünde ön plana çıkan diğer boyutlar arasında bulunmaktadır (Fottler, 1987). Sağlıkta performansın ve performans ölçümünün çok yönlü özelliği bu konuda farklı ölçüm yaklaşımlarının benimsenmesini gerektirmiştir. Bu durumun bir sonucu olarak kalitatif ve kantitatif olmak üzere iki farklı ölçüm yaklaşımı benimsenmiştir (Suwignjo vd. 2000). Sağlıkta verimlilik, geleneksel anlamı ile en az girdi en çok çıktının elde edildiği bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Hollingsworth, 2008). Bu tanım kaynak planlama kararlarından operasyonel uygulamalara kadar farklı süreçlerde en az girdi ile en yüksek çıktının elde edilmesine yönelik planlama faaliyetinde bulunmayı gerektirmektedir. Böylesi bir faaliyette bulunulabilmesi için sağlıkta girdi ve çıktı değişkenlerinin doğru bir şekilde tanımlanması ve uygun ölçüm teknikleri kullanılarak verimli olan ve olmayan karar birimlerinin tespit edilmesi gerektirmektedir. Sağlıkta planlama kararlarına yön verecek olan ve politika belirleyiciler için karar vermeye yardımcı olacak bu ölçüm bir takım teknik süreçlerin uygulanmasını gerektirmektedir. Geleneksel olarak sağlıkta etkinlik (efficiency) ölçümü denildiğinde daha çok teknik verimlilik kavramı anlaşılmakla birlikte parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemleri içerisinde Malmquist endeksi ile birlikte en fazla kullanılan tekniğin ise Veri Zarflama Analizi (VZA) olduğu bilinmektedir. Bu teknik 1957 yılında Farrell tarafından temelleri atılmış olan ve ilerleyen zaman süreci içerisinde Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından Ölçeğe Göre Sabit Getiri (ÖSG-CCR) modeli ile gelişimine başlamış, Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ÖSG modeli ileletilerek Ölçeğe Göre Değişken Getiri (ÖDG-BCC)

varsayımlı model literatüre kazandırılmıştır. Bu yaklaşım uygun girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi ile başta hastaneler olmak üzere, sağlık sistemlerinin geneli, belirli sağlık bölgeleri gibi sağlığın farklı alanlarında kullanılagelmiştir (Özcan 2014, Şahin 2008) 1990'lı yıllarda ABD'de sağlık alanında geniş bir uygulama alanı bulmuş olan bu tekniğin (Ozcan vd. 1992) Türkiye için sağlık alanında kullanımı 2000'li yıllar ile birlikte gelişmiştir (Şahin ve Ozcan 2000). Şahin (2000; 2008) tarafından yapılan pek çok çalışmada kamu hastaneleri ve diğer sağlık kuruluşlarının teknik etkinliği değerlendirilmiş olup sonraki yıllarda VZA Türkiye'de sağlık alanında sıklıkla kullanılan bir kantitatif etkinlik ölçüm aracı haline gelmiştir. Etkinlik ölçümünde VZA'nın sıklıkla tercih edilmesinin temel nedenleri arasında bu yöntemin kolay uygulanabilir, hızlı olması ve etkin olan ve olmayan karar birimlerinin kolaylıkla ayırt edilmesine imkan sağlaması bulunmaktadır. Bu sayede etkinliği düşük olan karar birimlerinin durumlarının iyileştirilmesi için gerekli önlemlerin zamanında alınması mümkün olmakta, araştırma sonuçlarına göre stratejik kaynak planlamalarının yapılması konusunda fırsat elde edilmektedir.

VZA sağlık kuruluşlarının teknik etkinliklerinin değerlendirilmesinde en çok bilinen yöntemlerin başında gelmekle birlikte bu yöntemin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu temel sınırlılıklar arasında incelenen girdi ve çıktı değişkenleri esas alındığında bu yöntemin etkinlik belirlenmesinde daha çok etkin olan ve olmayan birimler hakkında bilgi vermesi, etkinliği belirlemede en fazla etkili olan değişkenlerin tespit edilmesi noktasında sınırlı bilgi sunması bulunmaktadır. Son yıllarda gittikçe gelişen bir alan olan makine öğrenmesi yöntemleri verilen bir problemi problemin bulunduğu ortamdan elde edilen bilgilere göre modelleyen bilgisayar algoritmalarının genel ismidir. Bu yaklaşımlar kullanılarak tahmin (prediction), kestirim (estimation) ve sınıflandırma (classification) yapılabilir. Bu teknikler teknoloji, eğitime, sigorta şirketlerinden, üretim işletmelerine kadar farklı endüstrilerde kullanılmakla birlikte, karmaşık problemlerin çözümüne yönelik olarak farklı optimizasyon alternatifleri de sunmaktadır (Nicola vd. 2012).

Sağlık sistemi performans değerlendirmelerinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2000’li yılların başından itibaren vurgulanan bir yaklaşım kantitatif ölçüm tekniklerinin kullanımının yaygınlaştırılması gerektiğidir (WHO, 2000). Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ve sağlık gibi temel kalkınma alanlarında uluslararası kuruluşların finansörlüğünde uzun vadeli planlamalar yapan ülkeler için kaynak kullanımında verimlilik değerlendirme büyük önem taşımaktadır. Türkiye sağlık sistemi 2003 yılından günümüze kadar olan süreçte Dünya Bankası finansörlüğünde Sağlıkta Dönüşüm Programını tecrübe etmektedir. Bu kapsamda sağlıkta istenilen performans hedeflerine erişebilmek için reform girişimleri düzenli olarak devam etmektedir (Tatar vd. 2007). Bu dönüşüm sürecinde hem sosyal güvenlik sistemi hem de sağlık sisteminin genelinde köklü değişiklikler yaşanmıştır. Sosyal güvenlik kapsamının genişlemesinin yanı sıra sağlık hizmetlerine erişimde de ilerleme kaydedilmiştir. Sağlık hizmetlerinin finansmanı ve sunumunda verimlilik ilkelerine uygun davranılmış, tüm nüfus genelinde kaynak dağılımında hakkaniyetin sağlanması noktasında mesafe kaydedilmiştir. Yapılan düzenlemeler sayesinde sağlık harcamaları ve hizmet kullanımında artış sağlanmıştır (Atun, 2015).

Sağlıkta Dönüşüm Programı ile birlikte ortaya çıkan yapısal değişiklikler ile birlikte Türk sağlık sisteminde mali idare, finansman ve hizmet sağlama rollerinin ayrılması mümkün olmuştur. Sağlık Bakanlığı sağlık kaynaklarının daha verimli yönetimi amacıyla bir yeniden yapılanma sürecine girmiştir. Sağlıkta Dönüşüm Programı’nın temel bileşenlerinden birisi olan “idari ve mali özerkliğe sahip sağlık kuruluşlarının kurulması” amacına yönelik olarak “Kamu Hastane Birlikleri Kanunu Tasarısı” hazırlanmıştır. Bu kanun tasarısı ile birlikte hastane yönetimlerinin kaynak kullanımında ve ekonomik kararlar vermede daha bağımsız olarak davranmaları hedeflenmiştir. İşletme giderlerinin en aza indirilmesi ile istenilen bütçe hedeflerine erişilmesinin sağlanabileceği bu sistem sayesinde kaynak ve personel yatırımlarından en etkili sonucun elde edilmesi amaçlanmıştır (Akdağ, 2012). Kaynak kullanımında etkinliğin arttırılmasına yönelik olan bu hedefe erişilebilinmesi amacıyla Kamu Hastaneleri Kurumu’na bağlı olarak ikinci ve üçüncü basamak sağlık kurumları ile il

düzeyinde Kamu Hastane Birlikleri (KHB) kurularak işletilmeye başlanmıştır. İl düzeyi esas alınarak toplam 89 KHB kurulmuştur. Her hastane kendi altyapısı, insan kaynağı ve hasta profiline sahip olduğundan dolayı mevcut durum ile önceki durumların karşılaştırılması imkanı sağlanmıştır (Sağlık Bakanlığı, TKHK, 2014).

Bu çalışmada ise 2014 yılı itibariyle KHB'ne bağlı olan toplam 89 birlik kuruluşunun teknik etkinliğinin VZA ile değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Teknik etkinliğin değerlendirilmesinin ardından makine öğrenmesi teknikleri içerisinde sıklıkla kullanılan karar ağaçlarından yararlanılarak etkinliğin belirlenmesinde ön plana çıkan girdi ve çıktı değişkenlerinin tespit edilmesi amacıyla karar kurallarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla bu çalışmada sağlıkta etkinliğin anlam ve önemi ile etkinlik ölçüm yöntemleri konularında literatür bilgisi sunumunun ardından bu çalışmada kullanılan analiz yöntemi ve bulgulara değinilmiştir. Son olarak sonuç ve tartışma bölümlerine yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Sağlıkta Etkinliğin Anlam ve Önemi

Etkinlik kavramı literatürde teknik etkinlik ile tahsis etkinliği olmak üzere iki farklı başlıkta incelenmektedir. Teknik etkinlik bir dizi girdi kullanılarak en yüksek çıktının üretilmesi anlamına gelmektedir. Tahsis etkinliği ise girdi maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda belirli çıktıların elde edilmesi en uygun girdi bileşiminin seçimindeki başarı olarak isimlendirilmektedir. Sağlıkta etkinlik denildiğinde ise sağlık ile ilgili kaynakların kullanımında mümkün olan en az girdi ile en çok çıktının elde edilmesi kastedilmektedir (White ve Ozcan, 1996). Sağlıkta temel amaç kamu yararının yükseltilmesi olduğundan dolayı etkinlik ölçümünde kullanılacak yöntemlerin buna uygun olması gerekmektedir (Hollingsworth, 2008).

Fottler (1987)'e göre etkinlik sağlıkta performans ölçümünün önemli bir parçasıdır (Fottler, 1987). Sağlık kuruluşlarının işleyişinde ekonomik ilkelerin dikkate

alınması gerektiği prensibini savunanlara göre bu sektöre yön veren temel unsurlardan birisinin rekabet olduğu belirtilmektedir. Sağlıkta rekabetin varlığı, girdi ve çıktı kaynaklarının rasyonel kullanımını gerektirmektedir (Eiriz vd. 2010). Rekabet ve kaynakların rasyonel kullanımı sağlıkta etkinlik ölçümüne yön vermekle birlikte sağlıkta girdi ve çıktıların kavramsallaştırılmasındaki güçlük temel bir sorun teşkil etmektedir. Buna göre hastane gibi örgütlerde çok çeşitli hizmetlerin üretimi bu alanda etkinlik ölçümünü zorlaştırmaktadır. Ayrıca bu sektörde beşeri ve maddi olmak üzere farklı girdilerin kullanılıyor olması da girdi ve çıktı tanımlarının yapılmasını zorlaştırmaktadır (Hollingsworth vd. 1999). Girdi ve çıktıların tanımlanmasında yaşanan bu güçlük hastalar, klinisyenler, yöneticiler ve politika belirleyiciler için etkinlik ölçümünü zorlaştırmaktadır. Sağlıkta etkinlik ölçümü ile ilgili olarak sağlık yöneticileri üretim süreçlerinin girdi ve çıktılarını göreceli olarak ele alsalar da çıktı ve kalite ölçümlerinde sorunlar yaşanabilmektedir. Bu sorunun temel nedenlerinden birisi de sağlık kuruluşlarının hasta ve ölüm istatistikleri başta olmak üzere çıktı ve kalite ölçümü konusunda sistematik bir temele dayalı olarak raporlamada bulunmuyor olmalarıdır (Şahin, 2008).

Sağlıkta etkinlik ya da performans ölçümü denildiğinde herhangi bir ülke sağlık sistemi (Ashton, 2015), bir sağlık programının değerlendirilmesi (Herbert vd. 2006) ya da bir hastanenin performans değerlendirmesi (Rezaee ve Karimdadi, 2015) söz konusu olabilmektedir. Bir ülke, sağlık programı ya da hastane kendi dinamikleri olan ve etkinlik değerlendirmelerinde bu farklı dinamiklerin ön plana çıktığı kuruluşlardır. Bu nedenle bu kuruluşlara özel etkinlik değerlendirme araçlarının kullanılması doğaldır. Li ve Benton (1996)'a göre sağlıkta performansın çok boyutlu ve karmaşık özelliği kendine has dinamiklerinin olması, klinik, yönetsel, eğitim gibi çok çeşitli faaliyetleri içeriyor olmasından kaynaklanmaktadır. Sağlıkta hekimler başta olmak üzere otonomisi çok yüksek bir grubun karar vermede etkin role sahip olması bu farklı karar gruplarının sağlık kuruluşlarının nasıl daha etkin bir şekilde yönetilebilecekleri ile ilgili kendi görüş ve beklentilerine öncelik vermelerine neden olmuştur (Lin, 2014). Bu

durum ise sağlıkta etkinlik ölçümünde farklı göstergelerin biraraya getirileceği bir çerçeve oluşturmaya duyulan ihtiyacı artırmıştır.

Sağlıkta etkinlik ve performans ölçümünü daha genel bir çerçevede inceleyebilmek açısından Donabedian (1996) tarafından geliştirilen yaklaşım gereğince yapı, süreç ve sonuç ölçütleri olmak üzere üç temel ölçüt grubu tanımlanmıştır. Bu geleneksel yaklaşım sağlıkta performans ölçümünün karmaşık doğasını üç boyut ile açıklamaya yardımcı olmaktadır. Bu üç temel unsur içerisinde yapı faktörü örgütün en temel yapısal özelliklerine karşılık gelmektedir. Yapısal faktörler arasında kamu ya da özel sektörde varlığını devam ettirmek yer almaktadır. Süreç ile ilgili faktörler arasında insan kaynakları, planlama gibi varlığını devam ettirmeye yönelik faaliyetlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Sonuç ile ilgili faktörler arasında ise kişilerin sağlık statüsünün yükseltilmesi, algılanan sağlık statüsünün iyileştirilmesi ve daha kaliteli sağlık hizmetlerine erişim yer almaktadır.

Sağlıkta etkinlik ve performans ölçümünde kullanılan bu çok boyutlu ölçüm yaklaşımları içerisinde ön plana çıkan yaklaşımlardan birisinin dengeli puan cetveli olduğu bilinmektedir. Bu yaklaşım sayesinde yalnızca finansal göstergeler temelinde değil aynı zamanda müşteri, içsel süreçler ile öğrenme ve gelişme boyutları itibarıyla da bir sağlık kuruluşunun ne ölçüde etkin bir şekilde faaliyette bulunduğu belirlenmesi mümkün olabilmektedir (Gao ve Gurd, 2015). Sağlıkta etkinlik değerlendirmelerinde yalnızca finansal perspektiften bakmanın ötesinde çok yönlü bir değerlendirmede bulunulmasını sağlayan, çok boyutlu ölçüm yaklaşımları arasında ön plana çıkan bir diğer yaklaşım ise PATH (Performance Assessment Tool for Quality Improvement in Hospitals) analizi yaklaşımıdır. Bu yaklaşıma göre sağlıkta performans ölçümü klinik etkinlik, etkinlik, çalışan oryantasyonu, yönetim ve hasta merkezlilik çerçevesinde şekillenmektedir (Veillard vd. 2005).

Sağlıkta etkinlik ölçümünde dengeli yaklaşımlar performansı yalnızca finansal açıdan değerlendirmenin ötesinde daha geniş kapsamlı olarak ele almaktadır. Bu yaklaşımlar içerisinde sağlıkta etkinlik ölçümünü daha teknik bir yaklaşım ile ele alan VZA ön plana çıkmaktadır. Bu yöntem kullanılarak çeşitli girdi ve çıktı değişkenleri

kullanılarak bir ülke sağlık sistemi, bir bölge ya da bir hastane için etkinlik ölçümü mümkün olmaktadır.

2.2. Sağlıkta VZA Yaklaşımı ile Etkinlik Ölçümü

Sağlık hizmetlerinde performans ölçümünde parametrik ve parametrik olmayan farklı analitik yaklaşımlardan yararlanılmaktadır. Parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar arasındaki temel farklılık parametrik olmayan yöntemlerde bir sınır kestiriminde bulunmadan, etkinlik katsayıları doğrudan hesaplanırken parametrik yöntemlerde sınır parametreleri tahmin edilip daha sonra her bir gözlemin bu sınır parametrelerine olan uzaklığının ölçülmesidir (Şahin, 2008). Regresyon analizi ve Stokastik Sınır Analizi (SSA) parametrik yöntemler arasında sayılmakla birlikte, VZA gibi üretim sürecinde yer alan tüm üretim faktörlerinin etkinliklerinin toplamını ölçen, Malmquist endeksini kullanan ve Toplam Faktör Verimliliği (TFV) adı verilen parametrik olmayan yöntemler de bulunmaktadır. Parametrik etkinlik ölçüm yöntemleri içerisinde en fazla ön plana çıkan teknik lojistik regresyon analizidir. Regresyon analizi aralarında neden-sonuç ilişkisi olduğu bilinen değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Stokastik Sınır Analizi (SSA) ise sınır üretim fonksiyonlarını tahmin etmek yolu ile üretim etkinliğini ölçmek için kullanılmaktadır. SSA tüm örgütlerin etkin olmadığını varsayarak hata terimi içermektedir. Bu yöntem standart hataların ve hipotez testlerinin geleneksel maksimum olabilirlik metodları ile tahmin edilmesine olanak tanımaktadır (Ozcan 2014; Şahin 2008). Panel ve kesitsel verilerin analizinde kullanılabilir bir yöntem olan SSA kullanılarak, 2000-2009 yılları için OECD ülkelerinde hastane sektöründe etkinliğinin incelendiği bir çalışmada gelir eşitsizliğinin olduğu ve hastanede ortalama kalış süresinin uzun olduğu ülkelerde teknik etkinliğin düşük olduğu belirtilmiştir (Varabyova ve Schreyögg, 2013).

Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinden birisi olan VZA, benzer girdi ve çıktı birimlerini kullanarak, karar birimlerinin göreceli teknik etkinlik değerlendirmesinde bulunmaktadır (Sezen ve Gök, 2009; Andersen ve Petersen, 1993).

Bu yöntemde doğrusal programlama modeli kullanılarak homojen oldukları varsayılan her bir gözlem için tek bir etkinlik skoru elde edilmektedir. VZA kullanılarak etkinlik skoru 1'e eşit olan karar birimleri için "etkin", 1'den farklı olanlara ise "etkin değil" denilebilmektedir. Etkinlik skoruna göre etkin olan ve olmayan karar birimlerinin tespit edilmesine imkan veren böylesi bir değerlendirme sonucunda etkin olmadığı tespit edilen karar birimleri için iki tür öneride bulunmaktadır. Bunlardan birincisi çıktıları sabit tutulurken girdi miktarının azaltılması diğeri ise girdiler sabit tutulurken çıktı miktarının artırılmasıdır (Sezen ve Gök, 2009). Sırasıyla girdi ve çıktı odaklılık olarak isimlendirilen bu yaklaşımlar sağlık alanında geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

Sağlıkta VZA regresyon analizinin karşılaştığı sınırlıklara çözüm getirmektedir. Bu yöntem kullanılarak birden fazla girdi ve çıktı aynı anda kullanılarak etkin olan ve etkin olmayan birimlerin tespit edilmesi mümkün olmaktadır. Bu tespitin yapılmasının ardından ise etkin olmadığı belirlenen sağlık kuruluşlarının etkin hale gelebilmeleri için neler yapmaları gerektiği konusunda görüş ve önerilerde bulunmaktadır. VZA'nde analize dahil edilen en etkin sağlık kuruluşları üst sınır olarak belirlenmekte ve diğer tüm karar birimlerinin etkinlikleri bu üst sınır itibarıyla değerlendirilmektedir. Bu özelliği nedeniyle VZA bir göreceli etkinlik ölçüm aracı olarak isimlendirilmektedir. Etkin olmadığı tespit edilen karar birimlerinin bu aşamada yapmaları gereken ise en etkin olan sağlık kuruluşlarını kendilerine model alarak etkinliklerini arttırmaya çalışmalarıdır. Girdi ya da çıktı yönelimli VZA modelleri içerisinde sağlık kuruluşları tarafından en fazla tercih edilen yöntemin ise sağlık kuruluşları için çıktıları arttırmak yerine girdileri azaltma imkanının daha fazla olması nedeniyle girdi yönelimli VZA olduğu belirtilmektedir (Ozcan, 2014). Çoklu girdi ve çıktıların kullanıldığı bir VZA modelinde i 'lerin girdileri, j 'nin ise çıktıları temsil ettiği ve etkinlik değerlendirmesinin N tane karar birimi için yapılacağı ve m . karar biriminin x_{mi} girdilerini kullanarak y_{mi} çıktılarını elde edeceği varsayalım. VZA yönteminde homojen oldukları varsayılan, başka bir deyişle benzer girdileri kullanarak benzer çıktıların elde edildiği karar birimlerinin karşılaştırmalı olarak çıktı ağırlıklarının girdi ağırlıklarına oranlanması ile etkinlik skorları elde edilmektedir. Buna bağlı olarak m . karar birimi için VZA

modelinin matematiksel gösterimi şu şekilde olabilecektir (Ramanathan, 2005; Sezen ve Gök, 2009):

$$\text{Max } \frac{\sum_{j=1}^J v_{mj} y_{mj}}{\sum_{i=1}^I u_{mi} x_{mi}}, \quad 0 \leq \frac{\sum_{j=1}^J v_{mj} y_{nj}}{\sum_{i=1}^I u_{mi} x_{ni}} \leq 1, \quad n=1,2,3,\dots,N, \quad v_{mj}, u_{mj} \geq 0; \quad i=1,2,\dots,I; \quad j=1,2,\dots,J \quad (1)$$

Burada v_{mj} ve u_{mj} değişkenleri matematiksel programlama ile belirlenen girdi ve çıktılara ait ağırlıkları temsil etmektedir. Burada amaç fonksiyonunun optimal değeri m. karar biriminin etkinlik skorunu temsil etmektedir. Eğer etkinlik skoru 1 (ya da %100) ise bu karar biriminin etkinlik sınırında yani etkin olduğu, değilse de etkin olmadığı kabul edilecektir (Sezen ve Gök, 2009).

VZA Yöntemi ile etkinlik skoru belirlenirken, Ölçeğe Göre Sabit Getiri (Constant Return to Scale-CRS) ve Ölçeğe Göre Değişken Getiri (Variable Return to Scale-VRS) olmak üzere iki yaklaşım uygulanabilmektedir. Ölçeğe Göre Sabit Getiri yaklaşımında girdi ve çıktılar sabit bir şekilde değişmektedir. Ölçeğe Göre Değişken Getiri yaklaşımında ise girdi ve çıktılar değişiminde böyle bir sabitlik söz konusu değildir. Ölçeğe Göre Değişken Getiri yaklaşımında karar birimlerinin yalnızca teknik etkinlikleri değerlendirilirken diğer yaklaşımda teknik etkinlik ile birlikte ölçek etkinliği kayıpları da dikkate alınmaktadır (Şahin, 2008).

VZA yönteminin kullanımında dikkat edilmesi gereken temel başlıklar arasında karar alma birimlerinin ve kullanılan girdi-çıktıların homojen olması vardır. Aksi takdirde benzer girdi ve çıktılara sahip birimler kullanılarak bir etkinlik ölçümü yapılamadığından dolayı etkinlik ölçüm sonuçlarının değerlendirmede bulunulan sağlık kuruluşları arasında objektif bir karşılaştırma yapılmasına imkan vermeyeceği belirtilmektedir. Bu nedenle örneğin hastaneler arasında VZA kullanılarak yapılacak bir etkinlik değerlendirmesinde araştırmaya dahil edilecek hastanelerin aynı bölge ya da pazarda bulunması tavsiye edilmektedir (Ozcan, 2014).

VZA kullanılarak sağlık kuruluşları için etkinlik değerlendirmesinde bulunulan çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte bir sağlık kuruluşunun coğrafi konumu, özel ya da kamu mülkiyetinde olması ile kalite yönetim politikası gibi faktörlerin etkinlik ile

ilgili temel göstergeler arasında yer aldığı belirtilmektedir. Birbirine yakın bölgelerde hizmet veren sağlık kuruluşlarının gruplandırılmasının etkinlikleri üzerindeki etkisinin incelendiği Sikka ve diğ. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada sağlık kuruluşlarının gruplandırılmasının etkinlikleri üzerinde olumlu etkide bulunduğu belirtilmiştir. Sağlık kuruluşlarının özel ya da kamu mülkiyetinde olması durumunun etkinlikleri üzerindeki etkisi konusunda ise Hollingsworth (2003) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise kamu kuruluşları için VZA'nın özel sağlık kuruluşlarına göre etkinlik ölçümünde daha etkili bir araç olduğu belirtilmiştir. Sağlık kuruluşları için etkinlik arttırmaya yarayan ve sağlık sonuçlarının iyileştirilmesinde kullanılan önemli bir araç ise kalite yönetimidir. Kalite yönetiminin sağlık kuruluşlarının etkinliği üzerindeki etkisi konusunda Nayar ve Özcan (2008) tarafından yapılan bir çalışmada kalite yönetimi politikasına önem veren sağlık kuruluşlarının diğerlerine göre etkinliklerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Sağlık kuruluşlarının etkinlik ölçümünde VZA'nın etkili bir performans ölçüm aracı olabilmesi için girdi ve çıktıların doğru tanımlanması önem taşımaktadır. Çıktı değişkenleri arasında sayılabilecek olan ve sağlık kuruluşlarının devamlılığı ile ilgili önemli göstergeler arasında finansal performans göstergeleri ön plana çıkmaktadır. Ancak finansal performansa ilişkin yeterli ölçüde veri ve bilgiye sahip olunmaması temel bir sınırlılık olarak kabul edilmektedir. Pina ve Torres (1992) tarafından yapılan bir çalışmada kamu sağlık kuruluşları için finansal göstergelerin yeterli olmaması durumunda diğer göstergeler kullanılarak yapılacak olan etkinlik ölçümlerinden etkili sonuç alınacağı belirtilmiştir.

Ülkelerin sağlık sistemlerinde görülen farklılıklar sonucunda VZA'nın kullanıldığı etkinlik ölçümlerinde farklı sonuçlar elde edilmesi mümkün olmaktadır. Özellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler için büyük önem taşıyan etkinlik konusu ile ilgili olarak Kirigia ve diğ. (2004) tarafından yapılan ve Kenya'da sağlık sektörünün teknik etkinlik bakımından incelendiği araştırma sonucunda kamu sağlık kuruluşlarının %44 gibi büyük bir çoğunluğunun etkin yönetilemediği belirtilmiştir. Masiye (2007) tarafından Zambiya'da yapılan bir çalışmada ise hastanelerin %67 gibi büyük bir çoğunluğunun kaynaklarını etkin kullandıkları belirtilmiştir. Gelişmiş

ülkelerde sağlıkta VZA kullanılarak etkinlik ölçümü konusunda Popescu ve diğ. (2014) tarafından Romanya’da yapılan çalışmada girdi değişkenleri olarak bağışıklama ve sağlık harcamaları kullanılmış olup, çıktı değişkenleri olarak yetişkinler için hayatta kalma oranı ile tüberküloz oranı kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Romanya sağlık sisteminde son yirmi yıldır reform uygulamaları yapıyor olsa da sağlık sisteminin genel performans seviyesinin halen istenilen düzeyde olmadığı belirtilmiştir. Hindistan’da sağlık merkezlerini etkinlik bakımından karşılaştıran Tigga ve Mishra (2015) tarafından yapılan çalışmada incelenen sağlık kuruluşlarının yalnızca %22 gibi çok küçük bir kısmının etkinliklerinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Türkiye’de sağlık kuruluşlarının etkinliklerinin VZA kullanılarak incelendiği araştırmalar arasında bulunan Şahin (2008) tarafından yapılan araştırmada ayakta, yatan hasta sayıları çıktı; fiili yatak sayısı, hekim, hemşire ve diğer personel sayıları girdi değişkeni olarak alınmıştır. Araştırma sonucunda 2006 yılı için Sağlık Bakanlığı (SB)’na bağlı genel hastanelerin yalnızca %12’sinin etkin bulunduğu belirtilmiştir. Narcı ve diğ. (2015) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise rekabetin sağlık kuruluşlarının etkinliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. VZA’nın kullanıldığı çalışma sonucunda hastanelerin %17 gibi küçük bir kısmının teknik etkin oldukları belirtilmiş, hastanelerin rekabet seviyesinin etkinlikleri üzerinde anlamlı bir etkide bulunmadığı belirtilmiştir. Sezen ve Gök (2009) tarafından yapılan bir araştırmada ise girdi değişkenleri olarak fiili yatak sayısı, uzman ve pratisyen doktor sayısı, çıktı değişkenleri olarak ise poliklinik sayısı, taburcu olan hasta sayısı, ameliyat sayısı, doğum sayısı, yatak işgal oranı, ortalama kalış günü, yatak devir hızı ile yatan hasta oranı esas alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda 2006 yılında Türkiye’de devlet, eğitim-araştırma, üniversite ve özel hastanelerin etkinliklerinin anlamlı ölçüde farklılaştığı bulunmuştur. SB hastaneleri içerisinde diğerlerine göre etkinliği daha yüksek olan sağlık kuruluşlarının ise genel hastaneler olduğu belirtilmiştir. Görüldüğü üzere sağlıkta VZA kullanılarak sağlık alanında yapılan çok sayıda çalışma bulunmakta ve yapılan bu çalışmalar sonucunda sağlık kuruluşunun etkinliğini nasıl yükseltebileceği konusunda tavsiye ve önerilerde bulunmak mümkün olabilmektedir. VZA genel olarak kullanışlı bir teknik olmakla

birlikte bu teknik kullanılarak mevcut girdi ve çıktı değişkenleri içerisinde etkinliği belirlemede en önemli değişkenlerin tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Bu sayede etkinlik tahmininde ön plana çıkan değişkenlerin belirlenmesi mümkün olabilecek ve VZA sonucunda elde edilen bulgular ileri analizler ile zenginleştirilerek politika belirleyiciler için faydalı yorumlar yapmak mümkün olabilecektir. Bu amaçla kullanılabilecek diğer teknikler arasında makine öğrenmesi yöntemleri bulunmaktadır.

2.3. Sağlıkta Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Kullanımı

Makine öğrenmesi yöntemleri problem çözümünde veri setinin kendisinin kullanılması yolu ile çeşitli bilgisayar algoritmalarından yararlanılarak çözümlemede bulunan yöntemler bütünüdür (Witten ve Frank, 2005). Biyoinformatik alanında yaygın bir kullanım alanı bulan bu teknikler eğitim, teknoloji, sağlık gibi çok çeşitli alanlar ile ilgili farklı sorunların çözümünde kullanılabilmektedir (Mair vd. 2000). Tahminleme, sınıflama ve kestirim gibi çeşitli amaçlar için kullanılan farklı makine öğrenmesi yöntemleri bulunmakla birlikte çalışma sonucunda en yüksek performansın elde edilebilmesi için verinin tür ve büyüklüğüne göre farklı tekniklerin kullanılması ve bu farklı teknikler içerisinde performansı en iyi olan yöntemin bulunması tavsiye edilmektedir. Makine öğrenmesi yöntemleri içerisinde sıklıkla kullanılan teknikler arasında karar ağaçları yer almaktadır. Farklı algoritmalar kullanılarak çalıştırılan karar ağacı algoritmaları içerisinde ön plana çıkanlar arasında ID.3, C4.5 ile CART algoritmaları bulunmaktadır (Witten ve Frank, 2005). Kategorik ya da sürekli değişkenler kullanılarak karar ağacı oluşturulabilmekle birlikte bu yöntem sayesinde bağımlı değişken olarak seçilen değişkeni tahmin etmede en fazla etkiye bulunan değişkenlerin belirlenmesi de mümkün olmaktadır (Sathyadevan ve Nair, 2014). Ayrıca karar ağaçları kullanılarak sağlık ile ilgili farklı girdi ve çıktı değişkenlerinin kullanılması durumlarında farklı karar kurallarının geliştirilmesi mümkün olmaktadır (Nicola vd. 2012).

Makine öğrenmesi yöntemleri içerisinde en fazla kullanılan yöntemlerden birisi karar ağaçlarıdır. Karar ağacı kullanılarak veri setinden elde edilen bilgiler sistematik

parçalara bölünerek bütünsel bir bilgi edinilmektedir (Chen vd. 2003). Ayrıca karar ağaçları veri setinin hızlı ve etkili bir şekilde sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Karar ağacının kalitesi sınıflama doğruluğu ile veri setinin büyüklüğüne bağlıdır. Karar ağacı ile sınıflama yapıldığında sınıflama modeline göre farklı sınıflar elde etmek mümkündür. Sınıflama söz konusu olduğunda iki tür veri seti kullanılmaktadır. Bunlardan birisi eğitim diğeri ise test veri setidir (Lee, 2010).

Karar ağaçları içerisinde en fazla kullanılan algoritmalarından birisi ID.3 (Interactive Dichotomizer 3)'dür. Bu yöntemde bölünme kriteri olarak en fazla bilgi kazancı (information gain) sağlayan değişken seçilmektedir (Chattamvelli, 2009). Veri setinin büyüklüğü arttığında ise buna alternatif nitelikte olan ve bölünme kriteri olarak "Gain Ratio" yu kullanan C4.5 algoritması kullanılmaktadır (Coşgun ve Karaağaoğlu, 2011). C4.5 algoritması ID.3 algoritmasının gelişmiş bir versiyonudur ve Quilan Ross tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir (Rathee ve Mathur, 2013). Bir diğer karar ağacı türü olan CART (Classification and Regression Tree) algoritması ise Breiman ve diğ. (1984) tarafından geliştirilmiş ve uygulamalı istatistik alanında yaygınlıkla kullanılan bir yaklaşımdır. CART algoritmasında ise bölünme kriteri olarak Gini İndeksini kullanmaktadır (Breiman, 2001). Farklı karar ağacı algoritmalarının üstün ve zayıf yönlerinin karşılaştırılması konusunda Chattamvelli (2009) tarafından belirtildiği üzere ID.3 algoritması ile iki sınıflı, C4.5 ve CART algoritmaları ile ise genel verilerin sınıflandırılması mümkün olabilmektedir. Bölünme türü bakımından ID.3 ve CART algoritmaları kullanılarak ikili bölünme mümkünken, C4.5 algoritması kullanılarak çoklu bölünme mümkün olmaktadır. Bölünme kriteri bakımından ID.3 ve C4.5 algoritmalarında bölünme kriteri olarak entropi olarak da adlandırılan beklenen bilgi esas alınmaktadır. CART algoritması kullanıldığında ise Gini katsayısı bölünme kriteri olarak kullanılmaktadır. Farklı karar ağacı algoritmaları budama kriteri bakımından karşılaştırıldığında ise ID.3 algoritması kullanıldığında ön budama yapıldığı, C4.5 algoritması kullanıldığında budama kriteri olarak hatanın azaltımının esas alındığı, CART algoritmasında ise maliyetin bir ağaç budama kriteri olarak belirlendiği belirtilmektedir. Makine öğrenmesi yöntemleri içerisinde sıklıkla kullanılan bir diğer

karar ağacı algoritması ise çok sayıda ağaç kullanılarak oluşturulan Random Forest (RF) algoritmasıdır. RF yönteminde ağaçların oluşturulmasında kullanılan algoritma CART olup ağaç sayısı arttırıldığında performans sonuçlarının yükselmesi beklenmektedir (Chattamvelli, 2009).

Sınıflama, tahmin, kestirim gibi farklı amaçlarla oluşturulan karar ağaçlarının performans değerlendirmesinde çeşitli kriterlere göre karar verilebilmektedir. Bu farklı teknikler içerisinde sınıflamaya dayanan karar ağacı performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerden birisi ROC (Receiver Operating Characteristics Curve) eğrisi altında kalan alandır (Bradley, 1997). ROC eğrisi altında kalan alan, farklı karar ağacı algoritmaları içerisinde en yüksek sınıflama performansının hangi algoritmaya ait olduğunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. ROC eğrisini çizmek için elde edilen verideki tüm değerler kesim noktası olarak alınıp, her değer için doğru pozitif ve doğru negatif değerleri hesaplanmaktadır. ROC eğrisinin dikey ekseninde doğru pozitif (duyarlılık), yatay ekseninde de yanlış pozitif (1-seçicilik) değerleri yer almaktadır. Sayısal verideki her kesim noktası için elde edilen duyarlılık ve 1-seçicilik değerleri kullanılarak ROC eğrisi çizilmektedir (Alpar, 2010). ROC eğrisi altında kalan alan ile ilgili önemli bir performans göstergesi eğri altında kalan alandır. Eğri altında kalan alanın alabileceği en büyük değer 1'dir. Bu değer 1 olması yeni testin bireyleri kesin olarak ayırt ettiğini göstermektedir. Eğri altında kalan alan 1'e yaklaştığında yeni testin ayırt ediciliğinin arttığı, eğri altında kalan alan 0.50'ye eşit olduğunda ise testin ayırt edici olmadığı söylenebilmektedir. Bu eğrinin çizilebilmesi için sıfır ve bir gruplarındaki kişi sayılarının eşit olması gerekli değildir. ROC eğrisinin sağlık alanında geniş bir kullanım alanının olduğu bilinmekte olup özellikle tıp alanında bir hastalığa tanı koymada, tanı testlerinin performans değerlendirmesinde bu eğriden sıklıkla yararlanılmaktadır (Alpar, 2010; Paul vd. 2015). Karar ağacı performansının yükseltilmesi amacıyla kullanılan optimizasyon yöntemlerinden birisi çarpaz geçerlilik yaklaşımıdır. Çarpaz geçerlilik yöntemi danışmanlı öğrenme analizlerinde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Genel olarak 10 parça çarpaz geçerlilik yöntemi tercih edilmekle birlikte, belirlenen "k" parametresine

göre veri seti rastgele “k” parçaya ayrılmaktadır. Belirlenen “k” parametresine göre her seferinde “k” sayıda eşit parçaya ayrılan veri setinin her seferinde bir parçası dışarıda bırakılarak geriye kalan kısım ile model bulunmaya çalışılmaktadır. Bu durumda örneğin “k” parametresi olarak 5 belirlenmiş ise 100 gözlemden oluşan bir veri seti 20 gözlemlilik 5 eşit parçaya ayrılmaktadır. Her seferinde farklı bir 20 kişilik gözlem grubu dışarıda bırakılmakta geriye kalan 80 gözlemlilik veri seti ile model kurulmaya çalışılmaktadır (Wong, 2015). Farklı karar ağacı algoritmalarını performans bakımından karşılaştıran araştırmacılar arasında bulunan Lavanya ve Rani (2011) tarafından belirtildiği üzere diyabet, kalp, kanser gibi sağlık ile ilgili farklı veri setleri kullanıldığında elde edilen sınıflama performans sonuçları incelendiğinde CART algoritmasına ait performans sonuçlarının en yüksek olduğu ve veri setinin boyutu arttıkça daha iyi performans sonucu elde edildiği belirtilmektedir.

2.4. Veri Zarflama Analizi ile Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Birlikte Kullanımı

VZA hız, zaman avantajı sağlaması ve karar vermeye yardımcı bir yöntem olması bakımından çok tercih edilen bir yöntem olmakla birlikte bu yöntemde kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri içerisinde etkin olan ve olmayan karar birimlerinin ayırt edilmesinde en etkili değişkenlerin neler olduklarının belirlenmesi noktasında sınırlılıklar bulunmaktadır (Seol vd. 2007). Bu sınırlılıkların üstesinden gelebilmek ve VZA sonuçlarının yöneticilerin karar vermelerine daha fazla fayda sağlaması amacıyla makine öğrenmesi teknikleri içerisinde sıklıkla kullanılan karar ağacı algoritmalarından faydalanılmaktadır (Samoilenko ve Osei-Bryson, 2013).

Bu amaçla farklı alanlarda VZA sonuçları makine öğrenmesi teknikleri ile birleştirilmiştir. Sigorta şirketleri üzerinde çalışan Shafaghizadeh ve Alinezhad (2014) tarafından yapılan ve VZA ile makine öğrenmesi yöntemlerinin birlikte incelendiği bir çalışmada VZA ile makine öğrenmesi tekniklerinin bir araya getirildiği modellerin etkili sonuçlar ortaya koyduğu gözlemlenmiştir. Wu (2006) tarafından bilgi teknolojileri üzerinde yapılan bir araştırmada ise VZA ile makine öğrenmesi teknikleri

birarada kullanılmıştır. Yapılan incelemenin ilk aşamasında teknoloji şirketleri etkin olan ve olmayanlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Araştırmanın ikinci aşamasında ise karar ağaçları ile ilgili model uygulanmış ve karar birimlerinin etkinliğinin belirlenmesinde ön plana çıkan özellikler tespit edilmiştir. Ji ve diğ. (2015) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise girdi ve çıktı değişkeni olarak ağırlıklı olarak finansal veriler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda ağırlıklı olarak finansal veriler gibi sayısal verilerin kullanılması durumunda VZA'nın etkinliğin belirlenmesinde ayırt edici bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda VZA'nın farklı tür değişkenleri de içeren modeller ile birlikte kullanımının geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. VZA ile karar ağacı kestirimlerini karşılaştırmalı olarak inceleyen Cielen ve diğ. (2004) ise işletmelerin iflasa yaklaşma durumlarının kestirimi konusunda VZA'nın karar ağacı modellerine göre daha yüksek performans sergilediğini belirtmiştir. Sağlıkta VZA ile makine öğrenmesi yöntemlerini birlikte kullanan Chuang ve diğ. (2011) ise, hastanelerde etkinlik değerlendirmelerinde VZA'nın yanı sıra CART algoritmasını kullanmıştır. Araştırma sonucunda kaynak tahsisinde etkinlik artışı sağlanabilmesi için VZA ile makine öğrenmesi yöntemlerinin birlikte kullanımının sağlayacağı faydalardan bahsedilmiştir. Nicola ve diğ. (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise İtalya'da sağlık sektörünün verimliliği VZA ile CART algoritmasının birlikte kullanıldığı bir araştırma modeli ile incelenmiştir. Çalışmada girdi ve çıktı değişkeni olarak kullanılmak üzere seçilen değişkenler arasında hekim sayısı, yatak sayısı, hemşire sayısı ile taburcu edilen hasta sayısı bulunmaktadır. Bu farklı girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak yapılan modellemede VZA yanında CART algoritması kullanılarak yapılacak modellemelerin daha etkili olacağı belirtilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye genelinde KHB'ne bağlı olan toplam 89 birlik kuruluşunun teknik etkinliklerinin VZA ile değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Etkin olan ve olmayan birlik kuruluşlarının tespitinin ardından girdi ve çıktı değişkenleri içerisinde etkinliği belirlemede en fazla etkili olan değişkenlerin tespit edilmesi amacıyla makine öğrenmesi yöntemleri arasında yer alan karar ağacı algoritmalarından yararlanılması amaçlanmıştır.

3. ANALİZ YÖNTEMİ

3.1. Karar Birimlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada etkinlik ölçümü ve değerlendirmesinde bulunmak üzere karar birimi olarak Kamu Hastaneleri Kurumu'na bağlı ikinci ve üçüncü basamak sağlık kurumlarının bağlı olduğu il düzeyi temel alınarak belirlenen KHB'leri esas alınmıştır. Birliğe bağlı kuruluşların seçiminde Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu tarafından hizmet büyüklüğü esas alınmış olup aynı ilde birden fazla birlik kurulabilmesi de söz konusu olabilmektedir. İl düzeyinde belirlenen toplam 89 Kamu Hastane Birliği kuruluşu içerisinde hizmet büyüklüğüne göre örneğin İstanbul'da 6, Ankara'da 3, İzmir'de ise 2 birlik kurulmuştur. Bu uygulama ile birlikte Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu tarafından hedeflenen ise her hastanenin kendi altyapı, insan kaynağı ile hasta profiline yakın bir başka kuruluş ile değerlendirip karşılaştırma yapılabilmesine imkan sağlamak olarak belirtilmektedir (Sağlık Bakanlığı, TKHK, 2014). Bu çalışmada ise VZA uygulamasının temel varsayımının bir gereği olarak etkinlik bakımından karşılaştırmada bulunulacak toplam 89 farklı Kamu Hastaneleri Birliğe'ne bağlı kuruluşun incelenen girdi ve çıktı değişkenleri, kaynağa erişim ve kullanım, teknolojik imkan ve olanaklar bakımından genel olarak benzer özelliklere sahip oldukları varsayılmıştır.

3.2. Veri Kaynağı ve Değişkenler

Çalışmada veri kaynağı olarak Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu tarafından yayımlanan Kamu Hastaneler Kurumu İstatistik Yıllığı verileri kullanılmıştır. Bu verilerin 2014 yılına ait olduğu ve Kamu Hastaneleri Kurumu tarafından kamu hastanelerini değerlendirme çalışması kapsamında toplandığı belirtilmiştir (Sağlık Bakanlığı, TKHK, 2014).

Literatür incelendiğinde başta hastaneler olmak üzere sağlık kuruluşlarının etkinlik değerlendirmelerinde genellikle farklı girdi ve çıktı değişkenlerinin kullanıldığı

görülmektedir. Girdi değişkeni olarak yatak sayısı gibi sermaye yatırımı ile ilgili değişkenler kullanılırken, hekim ve hemşire sayısı gibi işgücü ile ilgili değişkenler de girdi değişkeni olarak kullanılabilir. Çıktı değişkeni olarak kullanılabilen değişkenler ise ayakta ve yatan hasta sayısı ile toplam ameliyat sayısı, taburcu edilen hasta sayısı gibi değişkenler olabilmektedir (Nicola vd. 2012). Bu çalışmada kullanmak üzere seçilecek olan girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesinde Grosskopf ve Valdmanis (1987), Şahin (2008), Nicola ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda yer verilen girdi ve çıktı değişkenlerinden esinlenilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü üzere girdi değişkenleri olarak; yatak sayısı, toplam uzman hekim sayısı ile toplam hemşire ve ebe sayısı değişkenleri belirlenmiştir. Çıktı değişkeni olarak ise toplam yatan hasta sayısı, toplam ayakta hasta sayısı ile toplam ameliyat sayısı (büyük, orta ve küçük) değişkenleri belirlenmiştir.

Tablo 1. Bu Araştırmada Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Değişken Türü	Değişken	Kısaltma	Tanım	Veri Kaynağı	Yıl
Girdi	Yatak Sayısı	YatakSay	KHB’nde kullanıma hazır durumda olan toplam yatak sayısı	Kamu Hastaneleri Kurumu İstatistik Yıllığı	2014
	Uzman Hekim Sayısı	UzmHekSay	KHB’nde tam zamanlı olarak çalışan toplam uzman hekim sayısı	Kamu Hastaneleri Kurumu İstatistik Yıllığı	2014
	Ebe ve Hemşire Sayısı	EbeHemSay	KHB’nde tam zamanlı olarak çalışan toplam ebe ve hemşire sayısı	Kamu Hastaneleri Kurumu İstatistik Yıllığı	2014
Çıktı	Ayakta Hasta Sayısı	Ayhassay	KHB’nde ayakta bakılan toplam poliklinik sayısı	Kamu Hastaneleri Kurumu İstatistik Yıllığı	2014
	Yatan Hasta Sayısı	Yathassay	KHB’nde bir yıllık süre içerisinde taburcu olan ya da ölen toplam hasta sayısı	Kamu Hastaneleri Kurumu İstatistik Yıllığı	2014
	Ameliyat Sayısı	AmelSay	KHB’nde yapılan küçük, orta ve büyük tüm ameliyatların toplam sayısı	Kamu Hastaneleri Kurumu İstatistik Yıllığı	2014

Kaynak: T.C. Kamu Hastaneleri Kurumu 2014 Yılı İstatistik Yıllığı.

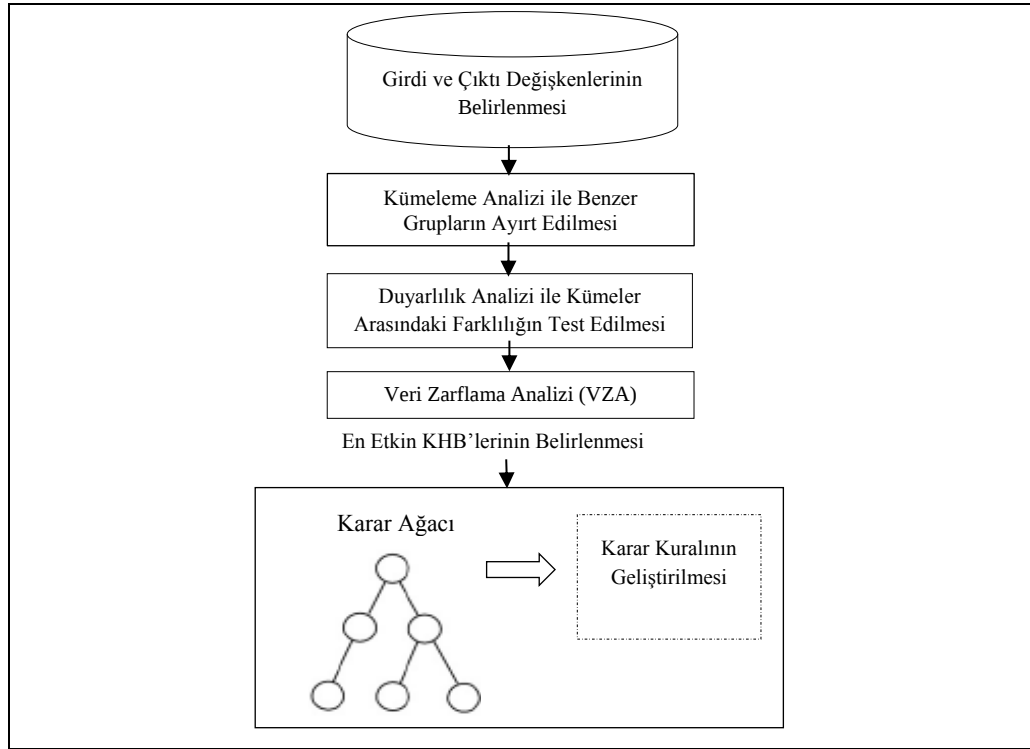
3.3. Analiz Yöntemi

VZA'nın temel varsayımlarından birisi etkinlikleri değerlendirilen karar birimlerinin benzer nitelikte olmaları gerektiğidir. Bu varsayımın bir gereği olarak bu çalışmada VZA uygulanmadan önce incelenen 89 KHB'nin kümeleme analizi ile incelenen girdi ve çıktı değişkenleri bakımından birbirine benzer gruplara ayrılması sağlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan VZA'nde etkinlik sınırının belirlenmesinde Ölçeğe Göre Sabit Getiri (ÖSG-CRS) yaklaşımına göre sağlık alanında daha fazla tercih edilen bir diğer yaklaşım olan Ölçeğe Göre Değişken Getiri (ÖDG-VRS) yaklaşımı kullanılmıştır. ÖDG yaklaşımının tercih edilmiş olmasının nedeni bu yöntemde girdilerdeki artışın çıktılarda artan ya da azalan oranda değişim yaratacağının varsayılması, ÖSG modelinde ise girdilerdeki artışın çıktılarda oransal değişim yaratacağı varsayımıdır (Şahin, 2008). VZA'nde girdi yada çıktı yönelimli olma durumlarından hangisinin tercih edileceği noktasında sağlıkta çıktıların tanımlanması ve yönetiminin zorluğundan dolayı yönetsel stratejiler gereği daha çok girdi yönelimli bir yaklaşımın benimsendiği bilinmektedir. Bunun nedeni sağlık kurumları yöneticileri ve sağlıkta politika belirleyicilerin girdi değişkenlerini çıktı değişkenlerine göre planlama ve kontrol etmelerinin daha kolay olmasıdır. Bu nedenle bu çalışmada sağlık kuruluşlarında etkinlik değerlendirmesi için en uygun VZA yöntemi olan Ölçeğe Göre Değişken Getiri (VRS) yaklaşımı benimsenmiş olup, girdi yönelimli model kullanılmıştır.

Etkin olan ve olmayan karar birimlerinin tespit edilmesinin ardından karar birimlerinin etkin olup olmama durumlarını gösteren bir hedef değişken oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanılan tüm girdi ve çıktı değişkenlerinin bağımsız değişken olarak belirlendiği, bağımlı değişkeninin ise karar birimlerinin etkin olup olmama durumunu gösterdiği bir veri seti üzerinden etkinliği tahmin etmede en fazla etkili olan değişkenlerin belirlenmesi sağlanmıştır. Bunun için makine öğrenmesi yöntemleri içerisinde farklı karar ağacı algoritmaları kullanılarak oluşturulan karar kuralları ROC eğrisi performans değerlendirme kriteri esas alınarak incelenmiş ve en iyi performansa sahip karar ağacı algoritmasına ait karar kuralı seçilmiştir. Bu

çalışmada kullanılan ve Lee (2010) tarafından yapılan çalışmadan esinlenilerek oluşturulan araştırma yöntemine ait kavramsal model Şekil 1’de sunulmuştur.

Şekil 1. Araştırmanın Kavramsal Modeli



Kaynak: Lee S. (2010) “Using data envelopment analysis and decision trees for efficiency analysis and recommendation of B2C controls”, *Decision Support Systems*, 49, 486-497, s.489.

4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı Bilgiler

Bu çalışmada kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı bilgiler Tablo 2’de sunulmuştur. Değişkenlere ait dağılımların normal dağılıma uygun olmaması nedeniyle tanımlayıcı istatistiklerin sunumunda ortanca değerler kullanılmıştır. Türkiye genelinde toplam 89 KHB’ne ait tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde girdi değişkenleri arasında bulunan ortanca yatak sayısının 11.157 (min.150, mak.4579), toplam uzman hekim sayısının ortanca 238 (min.46, mak.1.662), ebe ve hemşire sayısının ortanca

değerinin ise 981 (min.145, mak.4073) olduğu görülmektedir. Çıktı değişkenleri arasında yer alan değişkenler arasında bulunan ayakta hasta sayısının ortanca değeri 2.146.414 (min.661, mak.9.752.557), yatan hasta sayısı ortanca değeri 6.384.100 (min.7.634, mak.292.601), toplam ameliyat sayısı ortanca değerinin ise 1.810.100 (min.2.289, mak.92.092) olduğu görülmektedir.

Tablo 2. KHB'lerinin Etkinliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenlerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken Türü	N	Ortanca	Min.	Mak.
Girdi				
Yatak Sayısı	89	11.157	150	4579
Uzman Hekim Sayısı	89	238	46	1662
Ebe ve Hemşire Sayısı	89	981	145	4073
Çıktı				
Ayakta Hasta Sayısı	89	2.146.414	661	9.752.557
Yatan Hasta Sayısı	89	6.384.100	7634	292.601
Ameliyat Sayısı	89	1.810.100	2289	92.092

Tablo 2’de yer alan tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde Türkiye genelinde toplam 89 KHB’inin bu çalışma kapsamında ele alınan girdi ve çıktı değişkenleri bakımından çok farklı özelliklere sahip, geniş bir dağılım aralığında oldukları görülmektedir. VZA’nın temel varsayımlarından birisi karar birimlerinin hem şekil hem de ölçek büyüklüğü bakımından birbirine benzer yani homojen olmaları gerektiğidir. Girdi ve çıktı değişkenleri bakımından karar birimleri arasında benzerlik olmaması durumunda güçlü bir etkinlik ölçümü yapılamamaktadır. Bu amaçla girdi ve çıktı değişkenleri bakımından benzer özelliklere sahip karar birimlerinin seçimi önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada karar birimlerinin incelenen girdi ve çıktı değişkenleri bakımından karşılaştırılabilir ve benzer olmalarını sağlamak amacıyla kümelenmesine karar verilmiştir.

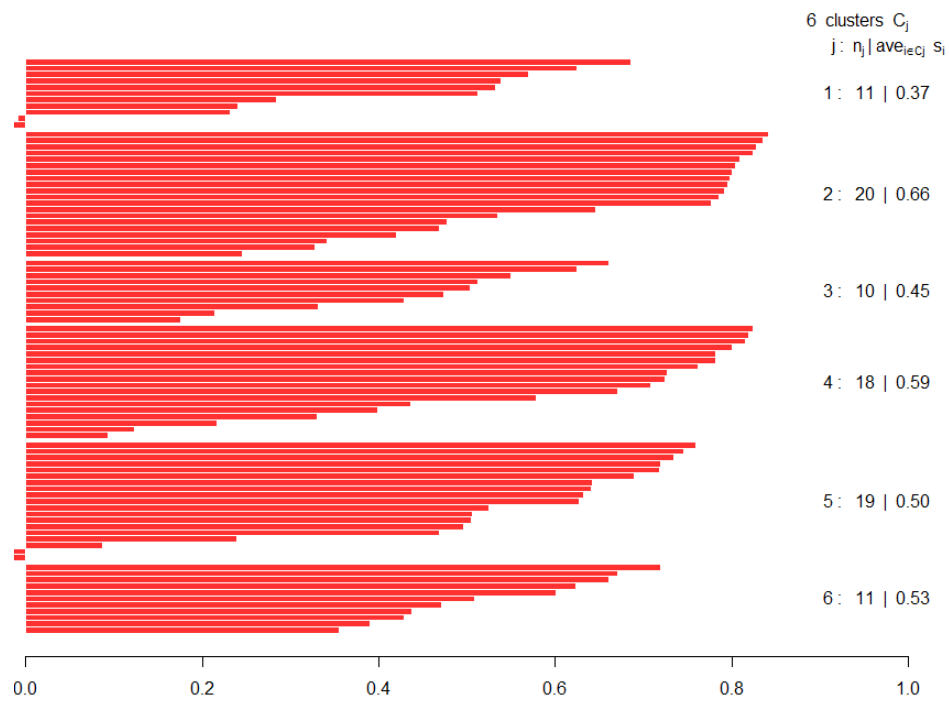
4.2. KHB’lerinin Kümelenmesi

Tanımlayıcı bilgilerin elde edilmesinin ardından KHB’lerinin kümelenmesi aşamasına geçilmiştir. Bu çalışmada KHB’lerinin etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla

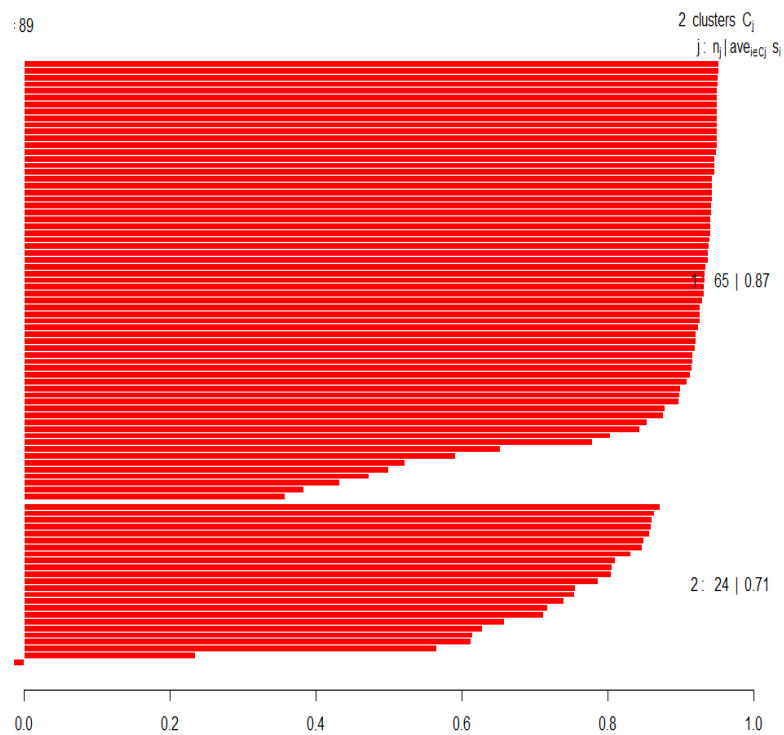
yararlanılan değişkenlerin ayakta (poliklinik) hasta sayısından, yatan hasta sayısına, toplam ameliyat sayısından, hekim, hemşire ve ebe sayısına kadar farklılık arzetmeleri nedeniyle ölçüm birimi farklılıklarından arındırılmalarına karar verilmiştir. Bu amaçla Z standartlaşması uygulanması tercih edilmiştir. Değişkenlerin standartlaştırılması amacıyla kullanılan çeşitli yöntemler olmakla birlikte Z standartlaştırması en fazla tercih edilen yöntemlerdendir. Bu yöntem kullanılarak orjinal verilerin ortalaması 0 standart sapması 1 olan bir skora dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Standartlaştırma yapıldığında dağılımın şekli değişmezken değişkenler ölçüm birimi farklılıklarından arındırılmakta, yaygınlığı daha fazla olan değişkenlerin uzaklık-benzerlik ölçüleri üzerinde daha fazla etkide bulunması önenebilmektedir (Alpar, 2011).

Değişkenler standartlaştırılarak ölçüm birimi farklılıklarından arındırıldıktan sonra bu çalışmada KHB'nin kümelenmesi için k-means kümeleme yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Kümeleme yöntemi olarak bu yöntemin tercih edilmesinin nedeni aşırı değerlere karşı daha az duyarlı olması ve büyük veri setlerinin incelendiği çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir yöntem olması sayılabilecektir (Li vd. 2013). Kümeleme algoritmaları içerisinde sıklıkla kullanılan aşamalı olmayan kümeleme algoritmalarından birisi olan k-means algoritması eşit büyüklükteki kümeleri bulmaya eğilimli bir algoritmadır (Işık ve Çamurcu, 2007). K-means kümeleme yönteminde tüm nesneler rastgele seçilen başlangıç küme noktalarına atanmaktadır. Bu atama işlemi nesnelerin bir kümeden başka bir kümeye doğru hareket etme süreci tamamlanana kadar devam etmektedir. K-means algoritması, araştırmacı tarafından belirlenen k parametresi ile n tane veriden oluşan veri setini k adet kümeye böler. Küme benzerliği kümedeki nesnelerin ortalama değeri ile ölçülür, bu kümenin ağırlık merkezidir. Bu algoritmanın amacı gözlemleri sayısı araştırmacı tarafından belirlenen kümelere ayırmaktadır. Gözlemlerin kümelere yerleştirilmesinde kümeler arası değişkenliğin en büyük, kümeler için değişkenliğin ise en küçük olacağı şekilde bir yerleştirme yapılmaktadır (Tambi vd. 2013; Alpar, 2011; Napoleon ve Pavalakodi, 2011).

Şekil 2. Farklı Küme Sayılarına Ait Silhouette Değerleri



$N=89$, Küme Sayısı = 6, Ort. Silhouette Değeri=0.54



$N=89$, Küme Sayısı = 2, Silhouette Değeri=0.83

Değişkenlerin ölçüm birimi farklılıklarından arındırılması ve en uygun kümeleme yöntemine karar verilmesinin ardından optimal küme sayısı belirlenmiştir. En uygun küme sayısının belirlenmesi konusunda kabul edilen en genel yaklaşım karekök $(n/2)$ 'dür (Alpar, 2011). Bu çalışma için düşünüldüğünde en uygun küme sayısının $\sqrt{89/2} = 6$ olması gerektiği düşünülmüştür. Bu nedenle optimal küme sayısının belirlenmesi için k-means algoritması kullanılarak küme sayısının en fazla 6 olması durumundan başlamak üzere farklı küme sayıları belirlendiğinde kümeleme performansları incelenmiştir. Kümeleme performanslarının incelenmesinde bir performans ölçüsü olarak Silhouette değeri kullanılmıştır. Silhouette değeri Rousseeuw (1987) tarafından geliştirilmiş ve kümeleme analiz sonuçlarını değerlendirmek üzere kullanılan bir performans ölçüsüdür. Bu değer 1'e yaklaştığında kümeleme performansı iyi, 0'a yaklaştığında ise kümeleme performansının kötü olduğu söylenebilmektedir. Şekil 2'de k-means algoritması kullanıldığında ve küme sayısı 6 ve 2 olarak belirlendiğinde elde edilen Silhouette kümeleme performans sonuçları görülebilmektedir. Buna göre 89 gözlem için küme sayısı 6 olarak belirlendiğinde genel performans değeri 0.54, 2 olarak belirlendiğinde ise 0.83'dür. Bu sonuçlar dikkate alınarak küme sayısının 2 olarak belirlenmesi durumunda k-means kümeleme performansı sonuçlarının daha iyi olduğu görüldüğünden dolayı küme sayısının 2 olmasına karar verilmiştir.

K-means yöntemi kullanılarak ve Silhouette kümeleme performans ölçüsü kullanılarak elde edilen kümeleme sonuçları ve karar birimlerinin küme üyelikleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo 3). Buna göre KHB'lerinin 24'ü birinci kümede yer almakta iken, 65'inin ise ikinci kümede yer aldıkları görülmektedir.

Tablo 3. K-Means Kümeleme Yöntemine Göre KHB'lerinin Yer Aldıkları Kümeler

1. KÜME	n	2. KÜME	n
ADANA, ANKARA_1.BO, ANKARA_2.BO, ANKARA_3.BO, ANTALYA, AYDIN, BALIKESİR, BURSA, DIYARBAKIR, GAZİANTEP, HATAY, İSTANBUL_FA, İSTANBUL_AN, İSTANBUL_BA, İSTANBUL_BE, İSTANBUL_İT, İZMİR_KUZEY, İZMİR_GÜNEY, KOCAELİ, KONYA, MANİSA, MERSİN, SAMSUN, SANLIURFA	24	ADİYAMAN, AFYONKARAHİSAR, AGRI, AKSARAY, AMASYA, ARDAHAN, ARTVIN, BARTIN, BATMAN, BAYBURT, BİLECİK, BİNGÖL, BİTLİS, BOLU, BURDUR, CANAKKALE, CANKIRI, ÇORUM, DENİZLİ, DÜZCE, EDİRNE, ELAZIG, ERZİNCAN, ERZURUM, ESKİŞEHİR, GİRESUN, GÜMÜŞHANE, HAKKARİ, IĞDIR, İSPARTA, İSTANBUL_CE, KAHRAMANMAR, KARABUK, KARAMAN, KARS, KASTAMONU, KAYSERİ, KIRIKKALE, KIRKLARELİ, KİRSEHİR, KİLİS, KUTAHYA, MALATYA, MARDİN, MUĞLA, MÜS, NEVŞEHİR, NİĞDE, ORDU, OSMANİYE, RİZE, SAKARYA, SIĞIRCI, SİNOP, SİVAS, SİRİNAK, TEKİRDAĞ, TOKAT, TRABZON, TUNCELİ, USAK, VAN, YALOVA, YOZGAT, ZONGULDAK	65

Her iki kümede yer alan KHB'leri genel olarak incelendiğinde birinci kümede yer alan KHB'lerinin daha çok İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Samsun ve Diyarbakır gibi Türkiye'nin gelişmiş, nüfus yoğunluğu fazla olan illerinde bulunan KHB'lerini temsil ettikleri görülmektedir. İkinci kümede ise nüfus yoğunluğu diğer illere göre nispeten daha az olan diğer illerde yer alan KHB'lerinin bulunduğu görülmektedir. Bir sonraki aşamada ise kümeleme sonuçlarına yönelik bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu iki kümede yer alan KHB'leri arasında bu çalışmada incelenen tüm girdi ve çıktı değişkenleri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesi amacıyla Tablo 4'de Mann Whitney U testi sonuçları sunulmuştur.

Tablo 4. İki Küme Arasında Girdi ve Çıktı Değişkenleri Bakımından Görülen Farklılıklar

Değişken Türü	1. Küme		2. Küme		U	p
	n	Sıra No	n	Sıra No		
Girdi						
Yatak Sayısı	24	77.29	65	33.08	5.000	<0.001
Uzman Hekim Sayısı	24	77.13	65	33.14	9.000	<0.001
Ebe ve Hemşire Sayısı	24	76.88	65	33.23	15.000	<0.001
Çıktı						
Ayakta Hasta Sayısı	24	77.50	65	33	0.000	<0.001
Yatan Hasta Sayısı	24	77.42	65	33.03	2.000	<0.001
Ameliyat Sayısı	24	77.04	65	33.17	11.000	<0.001

U testi sonuçları incelendiğinde (Tablo 4) 1. ve 2. kümede yer alan KHB'lerinin bu çalışma kapsamında ele alınan tüm girdi ve çıktı değişkenleri bakımından

istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdikleri ($p<0,001$) görülmektedir. Bu sonuç kümelerin bu çalışma kapsamında incelenen girdi ve çıktı değişkenleri bakımından birbirine benzer nitelikte iki farklı gruptan meydana geldiği sonucunu desteklemektedir. Bu bulgular VZA için gerekli olan grupların benzerliği varsayımının sağlandığını ortaya koymaktadır. Bu bilgilerden yola çıkılarak bir sonraki aşamada VZA uygulanarak KHB'lerinin etkinliklerinin tespit edilmesine geçilmiştir.

4.3. Veri Zarflama Analizinin Uygulanması

Türkiye genelinde 89 KHB'nin Ölçeğe Göre Değişken Getiri (ÖGDG) ve girdi yönelimli model kullanılarak yapılan etkinlik analizi sonuçları Tablo 5'de sunulmuştur. Buna göre KHB'lerinin tamamı değerlendirildiğinde yalnızca %11'ini etkin olduğu görülmektedir. KHB'lerinin tamamı için ortalama teknik etkinlik skorunun ise 0.83 olduğu görülmektedir. 1. kümede yer alan ve nüfus, talep ve hizmet yoğunluğunun fazla olması özelliği ile ön plana çıkan KHB'lerinin %21'nin etkin olduğu görülmektedir. Bu grupta yer alan KHB'lerinin teknik etkinlik skoru ortalaması ise 0.88'dir. 2. kümede yer alan ve nüfus, talep ve hizmet yoğunluğunun nispeten daha az olduğu grupta yer alan KHB'lerinin ise %17'sinin etkin olduğu görülmektedir. Bu grupta yer alan KHB'lerinin ortalama teknik etkinlik skorunun ise 0.85 olduğu görülmektedir.

Tablo 5. KHB'lerinin Ölçeğe Göre Değişken Getiri Modeline Göre Teknik Etkinlikleri

	Ölçeğe Göre Değişken Getiri Modeli		
Genel	N=89	%	Teknik Etkinlik Skoru Ortalaması
Etkin	10	11	
Etkin Değil	79	89	0.81
Genel	89	100	0.83
1.Küme	n=24	%	Teknik Etkinlik Skoru Ortalaması
Etkin	5	21	
Etkin Değil	19	79	0.86
Genel	24	100	0.88
2.Küme	n=65	%	Teknik Etkinlik Skoru Ortalaması
Etkin	11	17	
Etkin Değil	54	83	0.82
Genel	65	100	0.85

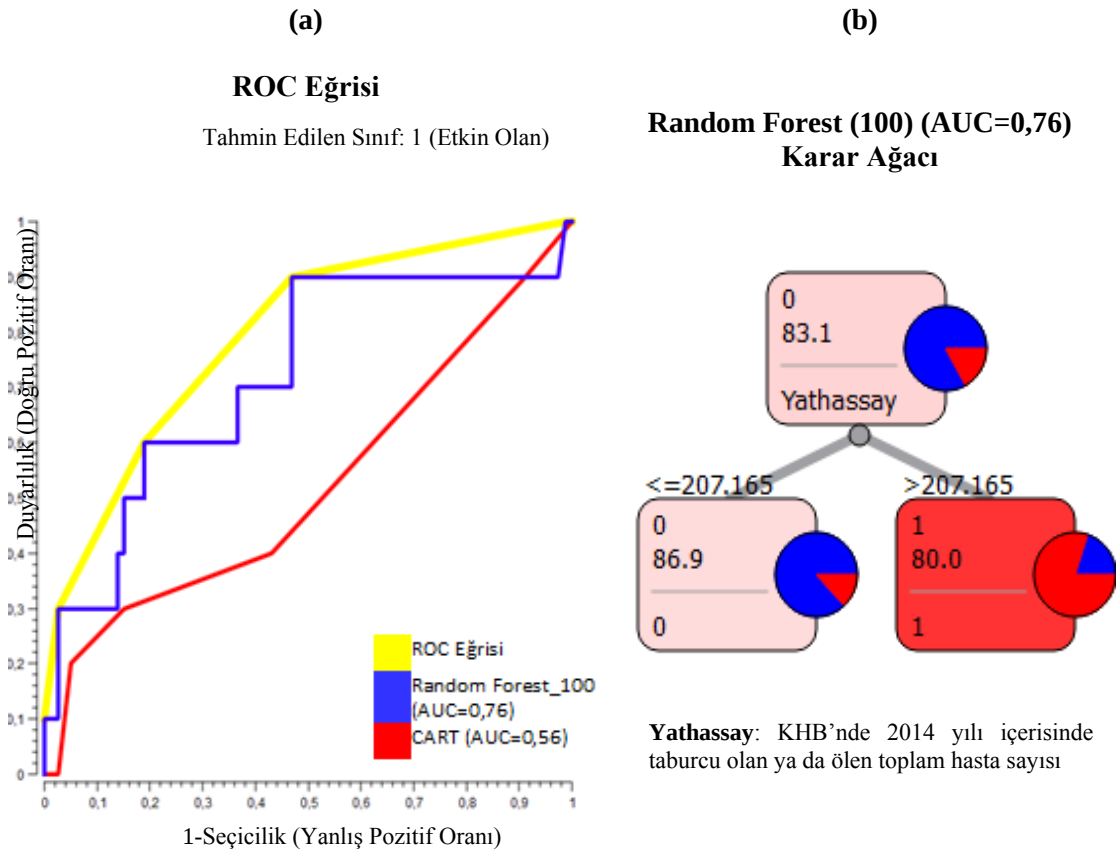
Tablo 5’de elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde KHB’lerinin tamamı için elde edilen teknik etkinlik skoru ortalamasının (0.83) olduğu 1. kümede bulunan KHB’lerinin teknik etkinlik skorunun (0.88), 2. kümede bulunan KHB’lerinden (0.85) teknik etkinlik skorundan daha yüksek olduğu görülmektedir. KHB’lerinin geneli ile 1. ve 2. kümede yer alan KHB’leri için genel bir değerlendirmede bulunulduğunda en verimli KHB’lerinin %21 ile 1. kümede yer alan KHB’leri oldukları görülmektedir. Bu durum nüfus, talep ve hizmet yoğunluğunun fazla olduğu KHB’lerinin etkinliklerinin daha yüksek olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada VZA kullanılarak elde edilen etkinlik skorları teknik etkinliğe sahip olan ve olmayan grupların ayırt edilmesini sağlamakla birlikte teknik etkinliğin belirlenmesinde en fazla ön plana çıkan değişkenlerin hangileri olduğu noktasında bir bilgi sunmamaktadır. Bu nedenle bir sonraki aşamada makine öğrenmesi yöntemleri içerisinde sıklıkla kullanılan bir algoritma olan Random Forest yöntemi ve CART algoritması kullanılarak toplam 89 KHB’i için etkin olan ve olmayan karar birimlerinin etkinliklerinin belirlenmesinde en fazla etkili olan değişkenin tespitine geçilmiştir.

4.4. CART Algoritması ve Random Forest Yöntemi Kullanıldığında KHB’lerinin Etkinliklerinin Belirlenmesinde Ön Plana Çıkan Değişkenler

Şekil 3’de Türkiye genelinde 89 KHB’inin etkinlik bakımından sınıflandırılmasına ait performans sonuçları görülebilmektedir. Bu sınıflamada makine öğrenmesi algoritmaları içerisinde yer alan CART algoritması ile Random Forest yönteminde 100 ağaç türetilerek elde edilen sonuçlar sunulmuştur. 10 katlı çapraz geçerlilik uygulanarak elde edilen ve sınıflama performansının değerlendirilmesinde ROC eğrisi altında kalan alanın (Area Under the Curve-AUC) kullanıldığı bu sınıflamada CART algoritmasından yararlanılarak elde edilen ROC eğrisi altında kalan alana ait değer 0.56 iken, 100 ağaç türetilerek elde edilen Random Forest için bu değer 0.76 olarak bulunmuştur. ROC eğrisi altında kalan alana ait değer 1’e yaklaşması durumunda daha iyi bir sınıflama performansının elde edildiği göz önünde

bulundurularak Random Forest performans sonuçlarının daha iyi olduğu belirtilmiştir. Şekil 3 (a)'da görülen ve ROC eğrisinin sarı, CART algoritmasının kırmızı ve Random Forest'ın mavi renk ile temsil edildiği bu şekilde Random Forest'ın ROC eğrisine daha yakın olduğu başka bir deyişle etkin olan ve olmayan KHB'lerinin sınıflandırılmasında daha yüksek performans sergilediği görülmektedir.

Şekil 3. ROC Eğrisi ve Karar Ağacı Performans Sonuçları



Sınıflama bakımından daha iyi performans sergileyen ve 100 ağaç türetilerek elde edilmiş olan Random Forest yönteminde oluşturulan karar ağacı ise Şekil 3 (b)'de görülebilmektedir. Tek seviyeli (one level decision tree-decision stump) olarak adlandırılan bu karar ağacında 1'in etkin, 0'ın ise etkin olmayan KHB'lerini temsil ettiği ve KHB'lerinin sınıflandırılmasında en fazla bilgi kazancı sağlayan değişkenin

yatan hasta sayısı olduğu görülmektedir. Buna göre yıllık toplam yatan hasta sayısı 207.165’den daha yüksek olan KHB’lerinin etkin, 207.165’e eşit ya da daha küçük olan KHB’lerinin ise etkin olmadığı söylenebilmektedir. Bu sonuç bu çalışmada incelenen tüm girdi ve çıktı değişkenleri içerisinde, çıktı değişkenleri grubunda yer alan ve hizmet yoğunluğunun temel bir göstergesi olan yatan hasta sayısının etkin olan ve olmayan KHB’lerinin ayırt edilmesinde en etkili değişken olduğunu ortaya koymaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye genelinde 89 KHB’inin etkinliği VZA ile incelenmiştir. VZA’nın temel varsayımlarından birisi incelenen karar birimlerinin kaynağa erişim ve kullanım bakımından benzer olmaları olduğundan bu varsayımı sağlamak amacıyla KHB’leri incelenen girdi ve çıktı değişkenleri bakımından benzer özelliklere sahip olan iki kümeye ayrılmıştır. Bu kümelerden birincisinde diğer kümeye nazaran nüfus yoğunluğunun fazla ve sağlık hizmetlerine duyulan talebin daha yüksek olduğu KHB’lerinin bulunduğu görülmektedir. KHB’lerinin tamamı için bir değerlendirmede bulunulduğunda KHB’lerinin %11 gibi oldukça küçük bir kısmının etkin olduğu, ortalama etkinlik katsayısının ise 0.83 olduğu görülmektedir. İki ayrı kümede yer alan KHB’lerinin etkinlikleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise birinci kümede yer alan KHB’lerinin %21, ikinci kümede yer alan KHB’lerinin %17’sinin etkin oldukları görülmektedir. Ortalama etkinlik katsayısı birinci kümede yer alan KHB’leri için 0.88 iken ikinci kümede yer alan KHB’lerinde 0.85’dir.

Bu sonuç bu çalışmada olduğu gibi nüfus yoğunluğunun fazla ve sağlık hizmetlerine duyulan talebin yüksek olması durumunun KHB’lerinin etkinliklerinin belirlenmesinde ayırt edici temel bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Sağlıkta Dönüşüm Programı ile birlikte sağlık hizmetlerinde özerkleştirmenin güçlendirilmesine yönelik uygulamalardan birisi olan KHB’leri uygulaması ile etkinlik artışı sağlamak amacıyla altyapı, insan kaynağı ve hasta profili bakımından benzer özellikte olan sağlık kuruluşlarının gruplandırılması amaçlanmıştır. Bu gruplandırmada esas alınan temel kriterlerden birisi hizmet yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen

sonuçlar hizmet yoğunluğunun en yüksek olduğu, Türkiye genelinde ilk üç büyük ili temsil eden KHB'lerinin yer aldığı gruba ait etkinliğin nüfus yoğunluğu nispeten daha düşük olan illerde bulunan KHB'lerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu sonuç KHB'leri uygulamasında kaynak tahsisi kararlarının hizmet yoğunluğu esasına göre verilmesi durumunda etkinlik artışının sağlanacağını ortaya koymaktadır. Bu durumu destekleyecek bir şekilde bu çalışma sonucunda elde edilen bir başka bulgu ise etkin olan ve olmayan KHB'lerinin ayırt edilmesinde en etkili değişkenin yatan hasta sayısı olması durumudur. Yatan hasta sayısı sağlık kuruluşları için temel bir operasyonel performans göstergesi olup, nüfus yoğunluğunda artış ve sağlık hizmetlerine duyulan genel talep artışı ile birlikte yükselmektedir. Bu nedenle sağlık hizmetleri ile ilgili planlama çalışmalarında yatan hasta sayısı temel bir kriter olarak dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar yatan hasta sayısının KHB'lerine yönelik kaynak planlamalarında dikkate alınması gereken başlıca unsurlardan birisi olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar sağlıkta kaynak kullanımında rasyonel ve etkinliği artırıcı politikalar belirlenebilmesi için nüfus, talep ve hizmet yoğunluğunun dikkate alınması gereken temel kriterler olduklarını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar Sağlık Bakanlığı tarafından 2003 yılından itibaren uygulanan Sağlıkta Dönüşüm Programı ile birlikte sağlık kuruluşlarının idari ve mali özerkliğe kavuşturulmasına yönelik plan ve politikaların hizmet yoğunluğunu esas alarak doğru bir ekseninde şekillendiğini ortaya koymaktadır. Bu konuda yapılacak ilerleyen çalışmalarda bu çalışmadan farklı olarak farklı girdi ve çıktılar kullanıldığında ve farklı yıllar arasında karşılaştırmalarda bulunulduğunda KHB'lerinin etkinliklerinin nasıl bir değişim gösterdiğinin incelenmesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca bu çalışmada KHB'lerinin finansal durumu ile ilgili herhangi bir çıktı unsuruna yer verilmemiştir. İlerleyen araştırmalarda finansal performansa ilişkin unsurlar da VZA modeline dahil edilerek etkinlik sonuçları incelenebilecektir. Bu çalışmadan elde edilen bulguların toplumsal refah ve kalkınma için temel teşkil eden sağlık sektöründe etkinliği artırmaya yönelik planlama çabalarının bir ürünü olan KHB'leri uygulamasının etkinlik bakımından incelenmesi noktasında literatüre katkıda bulunduğu düşünülmekte olup,

bu çalışmanın sağlıkta politika belirleyiciler için kaynak planlama çalışmalarına yön vermek üzere faydalı bir kaynak olması ümit edilmektedir.

Kaynakça

- Akdağ, R. (2012). *Türkiye Sağlıkta Dönüşüm Programı Değerlendirme Raporu (2003-2010)*, T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No:839, Ankara.
- Alpar, R. (2010). *Spor, Sağlık ve Eğitim Bilimlerinden Uygulamalı Örneklerle Uygulamalı İstatistik ve Geçerlilik-Güvenilirlik*, 4. Baskı. Detay Yayıncılık. Ankara.
- Alpar, R. (2011). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*, 4. Baskı. Detay Yayıncılık. Ankara.
- Andersen, P. & Petersen, N.C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39 (10), 1261-1264.
- Ashton, T. (2015). Measuring Health System Performance: A New Approach to Accountability and Quality Improvement in New Zealand. *Health Policy*, 119 (8), 999-1004.
- Atun, R. (2015). Transforming Turkey's Health System-Lessons for Universal Coverage. *The New England Journal of Medicine*, 373 (14), 1285-1288.
- Banker, R.D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- Bititci, U., Garengo, P., Dörfler, V. & Nudurupati, S. (2012). Performance Measurement: Challenges for Tomorrow. *International Journal of Management Reviews*, 14 (3), 305-327.
- Bradley, A.P. (1997). The Use of the Area Under ROC Curve in the Evaluation of Machine Learning Algorithms. *Pattern Recognition*, 30 (7), 1145-1159.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A., & Stone C.J. (1984). *Classification and Regression Trees* (Wadsworth Statistics/Probability) Chapman & Hall/CRC, USA.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45 (1), 5-32.
- Charnes, A., Cooper W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
- Chattamvelli, R. (2009). *Data Mining Methods*, Alpha Science International Ltd. Oxford, UK.
- Chen, Y.L., Hsu, C.L. & Chou, S.C. (2003). Constructing a Multi-Valued and Multi-Labeled Decision Tree. *Expert Systems with Applications*, 25 (2), 199-209.
- Chuang, C.L., Chang, P.C. & Lin, R.H. (2011). An Efficiency Data Envelopment Analysis Model Reinforced by Classification and Regression Tree for Hospital Performance Evaluation. *Journal of Medical Systems*, 35(5), 1075-1083.
- Cielen, A., Peeters, L. & Vanhoof, K. (2004). Bankruptcy Prediction Using A Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 154 (2), 526-532.
- Coşgun, E. & Karaağaoğlu, E. (2011). Veri Madenciliği Yöntemleriyle Mikrodizilim Gen İfade Analizi. *Hacettepe Tıp Dergisi*, 42, 180-189.

- Donabedian, A. (1996). The Effectiveness of Quality Assurance. *International Journal for Quality in Health Care*, 8 (4), 401-407.
- Eddy, D.M. (1998). Performance Measurement: Problems and Solutions. *Health Affairs (Millwood)*, 17 (4), 7-25.
- Eiriz, V., Barbosa, N. & Figueiredo, J. (2010). A Conceptual Framework to Analyse Hospital Competitiveness. *The Service Industries Journal*, 30 (3), 437-448.
- Farrell, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120 (3), 253-290.
- Fottler, M.D. (1987). Health Care Organizational Performance Present and Future Research. *Journal of Management*, 13 (2), 367-391.
- Gao, T. & Gurd, B. (2015). Meeting the Challenge in Performance Management: The Diffusion and Implementation of the Balanced Scorecard in Chinese Hospitals. *Health Policy and Planning*, 30 (2), 234-241.
- Grosskopf, S. & Valdmanis V. (1987). Measuring Hospital Performance. A Non-Parametric Approach. *Journal of Health Economics*, 6 (2), 89-107.
- Herbert, R., Moline, J., Skloot, G., Metzger, K., Baron, S., Luft, B., Markowitz, S., Udasin, I., Harrison, D., Stein, D., Todd, A., Enright, P., Stellman, J.M., Landrigan, P.J. & Levin, S.M. (2006). The World Trade Center Disaster and the Health of Workers: Five-Year Assessment of a Unique Medical Screening Program. *Environmental Health Perspectives*, 114 (12), 1853-1858.
- Hollingsworth, B. (2003). Non-parametric and Parametric Applications Measuring Efficiency in Health Care. *Health Care Management Science*, 6 (4), 203-2018.
- Hollingsworth, B. (2008). The Measurement of Efficiency and Productivity of Health Care Delivery. *Health Economics*, 17 (10), 1107-1128.
- Hollingsworth, B., Dawson, P.J. & Maniadakis, N. (1999). Efficiency Measurement of Health Care: A Review of Non-Parametric Methods and Applications. *Health Care Management Science*, 2 (3), 161-172.
- Işık, M. & Çamurcu, A.Y. (2007). K-Means, K-Medoids ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (11), 31-45.
- Ji, A., Liu, H., Qiu, H.J. & Lin, H. (2015). Data Envelopment Analysis with Interactive Variables. *Management Decision*, 53 (10), 2390-2460.
- Kirigia, J.M., Emrouznejad, A., Sambo, L.G., Munguti, N. & Liambila, W. (2004). Using Data Envelopment Analysis to Measure the Technical Efficiency of Public Health Centers in Kenya. *Journal of Medical Systems*, 28(2), 155-166.
- Lavanya, D. & Rani, K.U. (2011). Performance Evaluation of Decision Tree Classifiers on Medical Datasets. *International Journal of Computer Applications*, 26 (4), 1-4.
- Lee, S. (2010). Using Data Envelopment Analysis and Decision Trees for Efficiency Analysis and Recommendation of B2C Controls. *Decision Support Systems*, 49 (4), 486-497.
- Li, L.X. & Benton, W.C. (1996). Performance Measurement Criteria in Health Care Organizations: Review and Future Research Directions. *European Journal of Operational Research*, 93 (3), 449-468.

- Li, Y., Zhao, K., Chu, X. & Liu J. (2013). Speeding up *k*-Means algorithm by GPUs. *Journal of Computer and System Sciences*, 79 (2), 216-229.
- Lin, K.Y. (2014). Physicians' Perceptions of Autonomy across Practice Types: Is Autonomy in Solo Practice A Myth? *Social Science & Medicine*, 100, 1-21.
- Mair, C., Kadoda, G., Lefley, M., Phalp, K., Schofield, C., Shepperd, M. & Webster, S. (2000). An Investigation of Machine Learning Based Prediction Systems. *Journal of Systems and Software*, 53 (1), 23-29.
- Masiye, F. (2007). Investigating Health System Performance: An Application of Data Envelopment Analysis to Zambian Hospitals. *BMC Health Services Research*, 7 (58), 1-11.
- Napoleon, D. & Pavalakodi S. (2011). A New Method for Dimensionality Reduction Using K-Means Clustering Algorithm for High Dimensional Data Set. *International Journal of Computer Applications*, 13(7), 41-46.
- Narçlı Özgen, H., Özcan, Y.A., Şahin, İ., Tarcan, M. & Narçlı, M. (2015). An Examination of Competition and Efficiency for Hospital Industry in Turkey. *Health Care Management Science*, 18(4), 407-418.
- Nayar, P. & Özcan, Y.A. (2008). Data Envelopment Analysis Comparison of Hospital Efficiency and Quality. *Journal of Medical Systems*, 32 (3), 193-199.
- Nicola, A.D., Gitto, S. & Mancuso, P. (2012). Uncover the Predictive Structure of Healthcare Efficiency Applying Bootstrapped Data Envelopment Analysis. *Expert Systems with Applications*, 39 (12), 10495-10499.
- Ozcan, Y.A. (2014), *Healthcare Benchmarking and Performance Evaluation an Assessment Using Data Envelopment Analysis (DEA)*. International Series in Operations Research & Management Science, Second Edition, Springer.
- Ozcan, Y.A., Roice, D.L. & Haksever, C. (1992). Ownership and Organizational Performance: A Comparison of Technical Efficiency Across Hospital Types. *Medical Care*, 30 (9), 781-794.
- Paul, C., Teixeira, L., Azevedo, M.J., Alves, S., Duarte, M., O'Caoimh, R. & Molloy, W. (2015). Perceived Risk of Mental Health Problems in Primary Care. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7: 1-7.
- Pina, V. & Torres, L. (1992). Evaluating the Efficiency of Nonprofit Organizations: An Application of Data Envelopment Analysis to the Public Health Service. *Financial Accountability & Management*, 8 (3), 213-224.
- Popescu, C., Asandului, L. & Fatulescu, P. (2014). A Data Envelopment Analysis for Evaluating Romania's Health System. *Procedia-Social and Behavioural Sciences*, 109 (2014), 1185-1189.
- Ramanathan, R. (2005). Operations Assessment of Hospitals: In the Sultanate of Oman. *International Journal of Operations & Production Management*, 25 (1), 39-54.
- Rathee, A. & Mathur, R.P. (2013). Survey on Decision Tree Classification Algorithms for the Evaluation of Student Performance. *International Journal of Computers & Technology*, 4 (2), 244-247.
- Rezaee, M.J. & Karimdadi, A. (2015). Do Geographical Locations Affect in Hospitals Performance? A Multi-group Data Envelopment Analysis. *Journal of Medical Systems*, 39 (85), 1-11.
- Rousseeuw, P.J. (1987). Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20 (1987), 53-65.

- Şahin, İ. & Ozcan, Y.A. (2000). Public Sector Hospital Efficiency for Provincial Markets in Turkey. *Journal of Medical Systems*, 24 (6), 307-320.
- Samoilenko, S. & Osei-Bryson, K.M. (2013). Using Data Envelopment Analysis (DEA) for Monitoring Efficiency-Based Performance of Productivity-Driven Organizations: Design and Implementation of a Decision Support System. *Omega*, 41 (1), 131-142.
- Sathyadevan, S. & Nair, R.R. (2014). Comparative Analysis of Decision Tree Algorithms: ID3, C4.5 and Random Forest”. In: Jain L.C, Mandal HSB, Mohapatra DP eds. Computational Intelligence in Data Mining, Smart Innovation, Systems and Technologies. *Proceedings of the International Conference on CIDM*. 20-21 December 2014. India: Springer.
- Seol, H., Choi, J., Park, G. & Park, Y. (2007). A Framework for Benchmarking Service Process Using Data Envelopment Analysis and Decision Tree. *Expert Systems with Applications*, 32 (2), 432-440.
- Sezen, B. & Gök, M.Ş. (2009). Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Hastane Verimliliklerinin İncelenmesi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 36 (2), 383-403.
- Shafaghizadeh, S. & Alinezhad, A. (2014). An Integrated Data Envelopment Analysis and Data Mining for Performance Assessment of Insurance Branches. *1st International Industrial Mathematics Conference (NIMC 2014)*: 1-9.
- Sikka, V., Luke, R.D. & Ozcan, Y.A. (2009). The Efficiency of Hospital-Based Clusters: Evaluating System Performance Using Data Envelopment Analysis. *Health Care Management Review*, 34 (3), 251-261.
- Suwignjo, P., Bititci, U.S. & Carrie, A.S. (2000). Quantitative Models for Performance Measurement System. *International Journal of Production Economics*, 64 (1-3), 231-241.
- Şahin, İ. (2008). Sağlık Bakanlığı Genel Hastaneleri ve Sağlık Bakanlığına Devredilen SSK Hastanelerinin Teknik Verimliliklerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 11 (1), 1-48.
- Tambi, P., Shiwani, S. & Gupta S.K. (2013). Performance Analysis of K-Means Clustering and K-Means Clustering with Improved Initial Means. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2 (4), 128-131.
- Tatar, M., Ozgen, H., Sahin, B., Belli, P. & Berman, P. (2007). Informal Payments in the Health Sector: A Case Study from Turkey. *Health Affairs (Millwood)*, 26 (4), 1029-1039.
- T.C. Sağlık Bakanlığı (SB). Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu (TKHK) (2014). Kamu Hastaneleri İstatistik Yıllığı, www.tkhk.gov.tr Erişim Tarihi: 17.12.2015.
- Tigga, N.S. & Mishra, U.S. (2015). On Measuring Technical Efficiency of the Health System in India: An Application of Data Envelopment Analysis, *Journal of Health Management*, 17 (3), 285-298.
- Varabyova, Y., Schreyögg, J. (2013). International Comparisons of the Technical Efficiency of the Hospital Sector: Panel Data Analysis of OECD Countries Using Parametric and Non-Parametric Approaches. *Health Policy*, 112, 70-79.
- Veillard, J., Champagne, F., Klazinga, N., Kazandjian, V., Arah, O.A. & Guisset, A.L. (2005). A Performance Assessment Framework for Hospitals: The WHO Regional Office for Europe PATH Project. *International Journal for Quality in Health Care*, 17 (6), 487-496.
- White, K.R. & Ozcan, Y.A. (1996). Church Ownership and Hospital Efficiency, *Hospital and Health Services Administration*, 41 (3), 297-310.

- Witten I.H. & Frank E. (2005). What's It All About? Data Mining Practical Machine Learning Tools And Techniques. 2nd ed. San Francisco, CA, USA, Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Wong, T.T. (2015). Performance Evaluation of Classification Algorithms by k -fold and Leave-One-Out Cross Validation. *Pattern Recognition*, 48 (9), 2839-2846.
- World Health Organization (WHO) (2000). The World Health Report 2000, Health Systems: Improving Performance, World Health Organization (WHO), Geneva.
- Wu, D. (2006). Detecting Information Technology Impact on Firm Performance Using DEA and Decision Tree. *International Journal of Information Technology and Management*, 5 (2/3), 162-174.

Extensive Summary

Examination of Technical Efficiency of Public Hospital Associations Using Data Envelopment Analysis and Machine Learning Techniques

Introduction

Problems of efficiency remain a major issue in health care. Efficiency of health care institutions concerns all parts of the society including patients, physicians, and policy makers. Increase in costs of health care in developing countries has led to the development of cost containment programs to use resources more effectively. Turkey is one of developing countries and public hospitals have undergone a major transformation over the last decade. In the era of resource constraints Turkish health care industry facing incentives to improve technical efficiency. In Turkey regional planning studies has a long history which are one of the ways of improving technical efficiency and made for using public resources effective and efficiently in health care. In the 2009-2013 Strategic Plan, Ministry of Health (MoH) states the establishment of Public Hospital Associations (PHA) and according to the PHA law all MoH hospitals

in the same province will be united under one union and jointly carried out planning, budgeting and implementation. As a part of Health Transformation Program 89 different PHA was conducted in Turkey based on provincial levels to meet local population health needs. In the literature, there are major studies considering the hospital sector efficiency in Turkey. Data Envelopment Analysis (DEA) has been the most frequently used technique for measuring efficiency in these studies. There are various DEA models that have been developed to analyze the efficiency in health care industry. But little work has addresses determinator factors of technical efficiency in health care services using DEA models input and output variables. Moreover, to the best of our knowledge, none of these studies focus on technical efficiency of PHA in Turkey. To fill this void, the aim of this study is to investigate the efficiency of PHA and to combine DEA and machine learning methods to address determinator factors of technical efficiency of PHA in Turkey.

Methods

The study design was cross-sectional and the sample included all 89 members of PHA in Turkey for the year 2014. The unit of the analysis was PHA. Data for this study came from Public Hospital Associations Statistics Year Book for the year 2014. Technical efficiency of 89 PHA was examined by using DEA and machine learning techniques by dividing them into two clusters in terms of similarities in input and output indicators. In the first step of the analysis PHA clustered according to input and output variables. This allow to determine similar groups in each cluster according to input and

output parameters which are used in this study. K-means clustering algorithm and Silhouette index was used to analyze clustering performance. Similar groups in each cluster according to input and output parameters was determined. After determining similar groups according to input and output variables technical efficiency scores of PHA analyzed by using Variable Return to Scale (VRS) input oriented model which is preferred one for health care. After the determination of efficient PHA, decision rules was generated by using decision trees which are one of the popular machine learning tools.

Results

Before performing DEA, PHA grouped into two clusters. It is seen that first cluster represents PHA which have higher population, demand and service density than others. After clustering, DEA was performed for general and for two clusters separately. It was found that 11% of PHA are efficient in general, in the first cluster 21%, in the second one 17% of them are efficient respectively. It is seen that PHA which are in the first cluster has higher population, demand and service density than others. According to the decision tree performance results number of inpatients which is one of the indicators of service density is a differentiator variable to determine efficient and non-efficient PHA.

Conclusion

Study results highlight that public health policy makers consider service density in resource planning decisions to improve efficiency in health care. According to our knowledge this is the first study detailed examined PHA according to their efficiencies. Moreover, this study is unique in its kind as it offers a framework how to combine DEA and machine learning algorithms in addition to being a reference study for efficiency of PHU for future research in Turkey. It is hoped that study results are beneficial for public health policy makers in resource planning decisions to improve efficiency in health care. Results of the analysis demonstrate that health policy makers combine DEA with decision trees to determine predictors of efficiency in health care.