

BULANIK ORTAMDA MALMQUIST VERİMLİLİK ENDEKSİ VE ÜNİVERSİTE HASTANELERİNDE BİR UYGULAMA

Yrd. Doç. Dr. Kenan Oğuzhan ORUÇ
Süleyman Demirel Üniversitesi, İİBF, (kenanoruc@sdu.edu.tr)

ÖZET

Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi (MTFVE), işletmelerin zaman içindeki göreceli verimlilik değişimlerinin hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. MTFVE'nin uygulanabilmesi için üretim sürecinde kullanılan girdiler ve elde edilen çıktılar kesin değeri bilinen veriler olması gerekmektedir. Birçok gerçek hayat uygulamasında ise kesin değeri bilinen verilere ulaşmak mümkün olmamakta, veriler bulanıklık içermektedir. Literatürde girdi-çıkıtı verilerinin bulanık olduğu durumlar için önerilmiş olan MTFVE modeli sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada; bu konuda önerilmiş olan modellerden dört tanesi detaylı incelenerek, üniversite hastanelerinde uygulaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Malmquist Verimlilik Endeksi, Bulanık Mantık, Veri Zarflama Analizi, Hastane.

MALMQUIST PRODUCTIVITY INDEX IN FUZZY ENVIRONMENT AND AN APPLICATION IN UNIVERSITY HOSPITALS

ABSTRACT

Malmquist Total Factor Productivity Index (MTPI) is a method which is used in the calculation of relativity of productivity change in time for enterprises. In order to apply MTPI, the data values used in the production process, input and output, must be known certainly. In most cases taking place in real life, however, it is not possible to know exact data but the data that include some fuzziness. In academic literature the number of suggested MTPI model for such cases that input and output data are fuzzy is quite limited. In this study, four proposed models for this issue have been examined and applied in university hospitals.

Keywords: Malmquist Productivity Index, Fuzzy Logic, Data Envelopment Analysis, Hospital

1. Giriş

Veri Zarflama Analizi (VZA); benzer alanda faaliyette bulunan, birden çok girdi kullanarak birden çok çıktı üreten işletmelerin (karar verme birimi-KVB) *görelî etkinliklerinin* ölçümünde kullanılan bir yöntemdir. Doğrusal programlama tabanlı bir yöntem olan VZA, her KVB için ayrı ayrı kurulan modellerle girdi ve çıktılara ağırlık verilmesinde serbestlik sağladığı için parametresiz bir etkinlik ölçme yöntemidir. VZA ile etkinlik ölçümünde; KVB'lerin girdi-çıkıtı verileri kullanılarak üretim fonksiyonları belirlenmekte, en az girdi kullanarak en çok çıktı üreten KVB'lerin fonksiyonları, tüm olası üretilebilir girdi-çıkıtı bileşimlerini kapsayacak şekilde *etkin üretim sınırını* oluşturmaktadır. KVB'lerin etkinlik değerleri ise bu üretim sınırına olan uzaklıklarına (*uzaklık fonksiyonu*) göre hesaplanmaktadır. *Belirli bir dönemdeki* görelî etkinlik ölçümünü hesaplamakta kullanılabilen VZA'da zarflama şekline göre; ölçüğe göre sabit getiri varsayımıyla Charnes vd. (1978) tarafından, ölçüğe göre değişken getiri varsayımıyla Banker vd. (1984) tarafından modeller geliştirilmiştir. VZA modelleri ayrıca girdiye veya çıktıya yönelik olarak tanımlanabilmektedir (Paradi & Schaffnit, 2004:721).

KVB'lerin *iki farklı zaman periyodu* arasındaki verimlilik değişimlerini hesaplamak içinse VZA tabanlı bir yöntem olan MTFVE yoğun olarak kullanılmaktadır. MTFVE de, tıpkı VZA'da olduğu gibi, Fare vd.'nin (1992) önerdiği model ile girdiye yönelik veya Fare vd. (1994) tarafından geliştirilen model ile çıktıya yönelik olarak hesaplanabilmektedir.

Gerçek yaşamın kesin çizgilerle ayırlamayacağı ve bulanıklık içerdiğinden hareketle Zadeh (1965) tarafından önerilmiş olan bulanık küme teorisi, hemen hemen tüm bilim alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Her ne kadar literatürde bulanık ortamlar için önerilmiş olan doğrusal programlama (Zimmermann, 1983; Werners, 1987; Carlsson & Korhonen, 1986 gibi) ve VZA modelleri (Gou & Tanaka, 2001; Kao & Liu, 2000; Saati & Memariani, 2005 gibi) ile bunların birçok sektör uygulamasına rastlansa da, MTFVE için önerilmiş model adedi sınırlı sayıdadır.

Bu çalışmada; literatürdeki bulanık veriler için önerilmiş olan MTFVE modellerinden dört tanesi kapsamlı incelenmiş, modellerin bir uygulama ile karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Çalışmanın uygulamasında Türkiye'deki 35 üniversite hastanesinin 2011 yılından 2012 yılına verimlilik değişimleri bu dört model ile hesaplanmıştır.

Makalede ayrıntılı olarak ele alınan modellerde; Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) iyimserlik/kötümserlik yaklaşımı temelinde α kesim yöntemini kullanmışlardır. Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) bulanık verileri bir sıralama fonksiyonu kullanarak kesin değeri bilinen sayıya çeviren model önermişlerdir. Lotfi, Noora, Nikoomaram, Alimardani & Modi (2009) bulanık verilerin herhangi bir üyelik derecesindeki verimlilik değişiminin olasılığının hesaplanabildiği bir model önerisinde bulunmuşlardır. Hatami-Marbini, Tavana & Emrouznejad (2012) uzaklık fonksiyonlarını primal model olarak kurmuşlardır. Modelin tanımlanmasında ise değişken dönüşümü ve α kesimi yöntemini kullanmışlardır.

Bu makale şu şekilde organize edilmiştir: MTFVE'ne ilişkin genel açıklamalar, bir uzaklık fonksiyonu modelinin genel kuruluşu ile verimlilik değişiminin nasıl hesaplanacağı 2. bölümde anlatılmıştır. Bulanık küme teorisine ilişkin genel bilgiler bölüm 3'te açıklanmıştır. Çalışmanın ana konusu olan bulanık MTFVE modelleri 4. bölümde ayrıntılı olarak ele

alınmıştır. 5. bölümde üniversite hastanelerinin verimlilik değişimleri bulanık modeller ile hesaplanmıştır. Son bölümde ise çalışmaya ilişkin sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi

MTFVE ismini *uzaklık fonksiyonları* yardımı ile endeks kurma fikrini ortaya ilk atan Sten Malmquist'ten (1953) almıştır (Cingi & Tarım, 2000:10). Uzaklık fonksiyonları; girdiye (D_i) veya çıktıya (D_o) yönelik olarak, ölççeğe göre sabit veya değişken getiri varsayımlarına göre tanımlanabilmektedir. Fonksiyonlar arasında ise $(D_i)^{-1}=(D_o)$ ilişkisi vardır (Fare vd. 1994:69). MTFVE ile bir KVB'nin t+1 döneminin t dönemine göre verimlilik değişiminin hesaplanabilmesi için,

➤ Herhangi bir dönemdeki girdi-çıkıtı verilerinin, aynı dönemdeki etkin üretim sınırına uzaklıkları için 2 adet $[D_o^t(x^t, y^t) \text{ ve } D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})]$,

➤ Herhangi bir dönemdeki girdi-çıkıtı verilerinin, diğer dönemdeki etkin üretim sınırına uzaklıkları için 2 adet $[D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) \text{ ve } D_o^{t+1}(x^t, y^t)]$

olmak üzere toplam 4 adet uzaklık fonksiyonu modelinin kurulması ve çözülmesi gerekmektedir (Şekil 1). Ölçeğe göre sabit getiri varsayımıyla; n KVB, m kullanılan girdi, s elde edilen çıktı sayısı olmak üzere, k. KVB için tanımlanmış olan uzaklık fonksiyonu modellerinin (dual VZA) genel gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Fare vd., 1992:88; Fare vd., 1994:75):

$$D_o^p(x_k^h, y_k^h) = \min \theta \quad p=t, t+1 \quad h=t, t+1 \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^p \leq \theta x_{ik}^h \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^p \geq y_{rk}^h \quad r=1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1, \dots, n$$

Burada

D_o^p : p dönemindeki etkin üretim sınırına uzaklık

x_{ij}^p : j. KVB'nin p dönemindeki i. girdisi

y_{rj}^p : j. KVB'nin p dönemindeki r. çıktısı

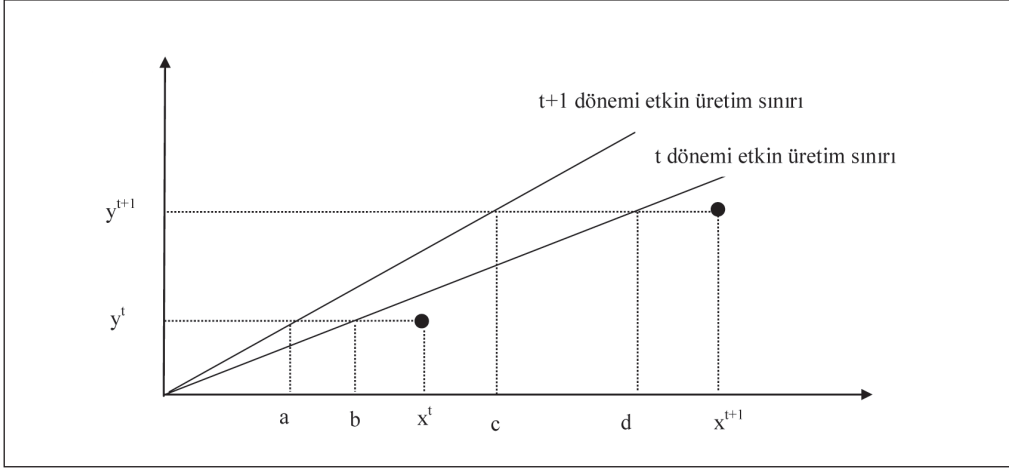
x_{ik}^h : k. KVB'nin h dönemindeki i. girdisi

y_{rk}^h : k. KVB'nin h dönemindeki r. çıktısı

θ : k. KVB'nin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı

λ_j : j. KVB'nin etkin üretim sınırı oluşturulurken aldığı yoğunluk değeri

Şekil 1: t ve t+1 Dönemleri İçin Girdi-Çıktı Verileri, Etkin Üretim Sınırları, Uzaklık Fonksiyonları



$$D^{t+1}(x^t, y^t)=a/x^t \quad D^t(x^t, y^t)=b/x^t \quad D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})=c/x^{t+1} \quad D^t(x^t, y^t)=d/x^{t+1}$$

MTFVE ise verimlilik değişimi hesaplanacak olan KVB'nin t ve t+1 dönemindeki üretim fonksiyonlarının, t ve t+1 dönemindeki etkin üretim sınırlarına uzaklıklarının oranının geometrik ortalaması alınarak

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Söz konusu KVB'nin ilgili döneminin (t+1), bir önceki dönem (t) ile karşılaştırılması sonucu; $M_0 > 1$ ise verimlilikte artış, $M_0 < 1$ ise verimlilikte azalış, $M_0 = 1$ ise verimlilikte değişim olmadığı sonucuna varılmaktadır (Fare vd., 1994:71).

3. Bulanık Küme Teorisi

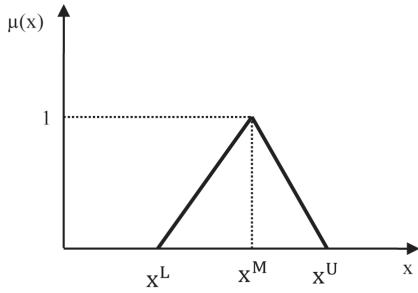
Klasik kümelerde evrensel küme E'de tanımlı bir x elemanı X kümesinin ya elemanıdır ya da değildir. Bu olası iki sonuç

$$\mu_x(x) = \begin{cases} 1, & x \in X \\ 0, & x \notin X \end{cases} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada $\mu_x(x)$, x elemanının X kümesinin elemanı olup olmadığı ifade eden üyelik fonksiyonudur (Ross vd., 2002:30). Bulanık küme \tilde{X} içinse küme

elemanları $[0,1]$ arasında değişen üyelik fonksiyonu değerleri olarak o kümeye dâhil olmakta ve $\mu_{\tilde{x}}(x)$, x elemanın \tilde{X} kümesine ait olma derecesini ifade etmektedir. $\mu_{\tilde{x}}(x)$ 'in 1'e yaklaşması elemanın kümeye daha fazla üyelik derecesi ile ait olduğunu göstermektedir (Zadeh, 1965:339). Üyelik fonksiyonu problemin durumuna göre birçok biçimde tanımlanabilir. Bu çalışmada kullanılmış olan üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarının tanımları aşağıdaki gibidir (Baykal & Beyan, 2004:78-79):

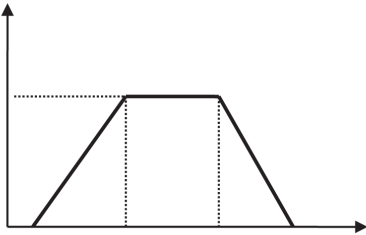
Şekil 2: Üçgen Üyelik Fonksiyonu



Kaynak: Baykal, N., & Beyan, T. (2004). Bulanık mantık ilke ve temelleri. Yayın no:9, Ankara: Bıçaklar Kitabevi, s.78-79.

$$\mu_{\tilde{x}}(x; x^L, x^M, x^U) = \begin{cases} 0, & x \leq x^L, x^U, \leq x \\ \frac{x - x^L}{x^M - x^L}, & x^L < x \leq x^M \\ \frac{x^U - x}{x^U - x^M}, & x^M \leq x < x^U \end{cases} \quad (4)$$

Şekil 3: Yamuk Üyelik Fonksiyonu



Kaynak: Baykal, N., & Beyan, T. (2004). Bulanık mantık ilke ve temelleri. Yayın no:9, Ankara: Bıçaklar Kitabevi, s.78-79.

$$\mu_{\tilde{x}}(x; x^L, x^{M1}, x^{M2}, x^U) = \begin{cases} 0, & x \leq x^L, x^U, \leq x \\ \frac{x - x^L}{x^{M1} - x^L}, & x^L < x < x^{M1} \\ 1, & x^{M1} \leq x \leq x^{M2} \\ \frac{x^U - x}{x^U - x^{M2}}, & x^{M2} < x < x^U \end{cases} \quad (5)$$

Bulanık bir kümenin α kesimi alınarak, klasik küme olarak ifade edilebilir. \tilde{X} kümesinin α kesim kümesi, üyelik derecesi α değerinden büyük ya da eşit olan elemanlardan oluşturulan klasik kümedir. Bulanık küme teorisine göre her bulanık sayı aynı zamanda bulanık bir kümedir (Amiri & Nassari, 2006:207). Bu bilgiler çerçevesinde verilerin bulanık olduğu durumlar için uzaklık fonksiyonu modellerinin genel gösterimi,

$$D_o^p(x_k^h, y_k^h) = \min \theta \quad p=t, t+1 \quad h=t, t+1 \quad (6)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{x}_{ij}^p \lesssim \theta \tilde{x}_{ik}^h \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{y}_{rj}^p \gtrsim \tilde{y}_{rk}^h \quad r=1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1, \dots, n$$

şeklinde tanımlanabilir (Jahanshahloo vd., 2007:674).

4. Bulanık Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi Modelleri

4.1. Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) Modeli

Üyelik fonksiyonu ile alt ve üst sınır değerleri bilinen bulanık girdi-çıkıtı verilerine sahip işletmelerin verimlilik değişimlerini hesaplamak için kullanılacak bir modeldir. Model ile herhangi bir α kesiminde meydana gelen verimlilik değişiminin alt ve üst sınırları elde edilmektedir. Temel olarak 3 aşamadan oluşmaktadır:

1. Aşama:

t ve t+1 dönemleri için bulanık girdi-çıkıtı verileri, α kesimleri alınarak klasik küme olarak ifade edilebilir:

$$(\tilde{x}_{ij}^t)_\alpha = [x_{ij}^{t,L}, x_{ij}^{t,U}] \quad (\tilde{x}_{ij}^{t+1})_\alpha = [x_{ij}^{t+1,L}, x_{ij}^{t+1,U}] \quad (7)$$

$$(\tilde{y}_{ij}^t)_\alpha = [y_{ij}^{t,L}, y_{ij}^{t,U}] \quad (\tilde{y}_{ij}^{t+1})_\alpha = [y_{ij}^{t+1,L}, y_{ij}^{t+1,U}]$$

2. Aşama:

Uzaklık fonksiyonlarının hesaplanması sürecinde; k. KVB'nin girdilerinin minimumunun, çıktılarının maksimumunun; diğer KVB'lerin ise girdilerinin maksimumunun, çıktılarının minimumunun alınması k. KVB'nin uzaklık fonksiyonunun alabileceği maksimum

değeri D_o^U) verecektir. k. KVB'nin uzaklık fonksiyonunun alabileceği minimum değer D_o^L) için ise tersi durum söylenebilir. Bu çerçevede uzaklık fonksiyonlarının bir α kesiminde alabileceği alt ve üst sınır değerler belirlenirken; her dönem için 4, toplamda ise 8 farklı modelin kurulması gerekmektedir (Tablo 1).

Kurulan modellerin çözülmesi sonucu bir α kesiminde uzaklık fonksiyonları;

$$\begin{aligned} [D_o^{t,L}(t), D_o^{t,U}(t)] & \quad [D_o^{t,L}(t+1), D_o^{t,U}(t+1)] & (8) \\ [D_o^{t+1,L}(t), D_o^{t+1,U}(t)] & \quad [D_o^{t+1,L}(t+1), D_o^{t+1,U}(t+1)] \end{aligned}$$

aralıklarında değişen değerler olacaktır.

Tablo 1: Uzaklık Fonksiyonlarının Alabileceği Alt ve Üst Sınır Değerleri İçin Modeller.

| | | | |
|---|-----------------|--|-----------------|
| $D_o^{t,U}(t) = \min\theta$ | (9) | $D_o^{t,U}(t+1) = \min\theta$ | (10) |
| Kısıtlar | | Kısıtlar | |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_{ij}^{t,U} + \lambda_k x_{ik}^{t,L} \leq \theta x_{ik}^{t,L}$ | $i=1, \dots, m$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^{t,U} \leq \theta x_{ik}^{t+1,L}$ | $i=1, \dots, m$ |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_{rj}^{t,L} + \lambda_k y_{rk}^{t,U} \geq y_{rk}^{t,U}$ | $r=1, \dots, s$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^{t,L} \geq y_{rk}^{t+1,U}$ | $r=1, \dots, s$ |
| $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ | $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ |
| $D_o^{t+1,U}(t+1) = \min\theta$ | (11) | $D_o^{t+1,U}(t) = \min\theta$ | (12) |
| Kısıtlar | | Kısıtlar | |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_{ij}^{t+1,U} + \lambda_k x_{ik}^{t+1,L} \leq \theta x_{ik}^{t+1,L}$ | $i=1, \dots, m$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^{t+1,U} \leq \theta x_{ik}^{t,L}$ | $i=1, \dots, m$ |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_{rj}^{t+1,L} + \lambda_k y_{rk}^{t+1,U} \geq y_{rk}^{t+1,U}$ | $r=1, \dots, s$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^{t+1,L} \geq y_{rk}^{t,U}$ | $r=1, \dots, s$ |
| $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ | $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ |
| $D_o^{t,L}(t) = \min\theta$ | (13) | $D_o^{t,L}(t+1) = \min\theta$ | (14) |
| Kısıtlar | | Kısıtlar | |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_{ij}^{t,L} + \lambda_k x_{ik}^{t,U} \leq \theta x_{ik}^{t,U}$ | $i=1, \dots, m$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^{t,L} \leq \theta x_{ik}^{t+1,U}$ | $i=1, \dots, m$ |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_{rj}^{t,U} + \lambda_k y_{rk}^{t,L} \geq y_{rk}^{t,L}$ | $r=1, \dots, s$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^{t,U} \geq y_{rk}^{t+1,L}$ | $r=1, \dots, s$ |
| $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ | $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ |
| $D_o^{t+1,L}(t+1) = \min\theta$ | (15) | $D_o^{t+1,L}(t) = \min\theta$ | (16) |
| Kısıtlar | | Kısıtlar | |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_{ij}^{t+1,L} + \lambda_k x_{ik}^{t+1,U} \leq \theta x_{ik}^{t+1,U}$ | $i=1, \dots, m$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^{t+1,L} \leq \theta x_{ik}^{t,U}$ | $i=1, \dots, m$ |
| $\sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_{rj}^{t+1,U} + \lambda_k y_{rk}^{t+1,L} \geq y_{rk}^{t+1,L}$ | $r=1, \dots, s$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^{t+1,U} \geq y_{rk}^{t,L}$ | $r=1, \dots, s$ |
| $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ | $\lambda_j \geq 0$ | $j=1, \dots, n$ |

Kaynak: Jahanshahloo, G.R., Lotfi, F.H., & Valami, H.B. (2006). Malmquist productivity index with interval and fuzzy data: An application of data envelopment analysis. *International Mathematical Forum*, 1(33), s.1610-1611'deki modeller açık olarak düzenlenmiştir.

3. Aşama:

2. aşamada elde edilen sonuçlar kullanılarak, yine aynı α kesiminde MTFVE'nin alabileceği alt ve üst sınır değerleri içinse,

$$M_o^U = \left[\frac{D_o^{t,U}(t+1)}{D_o^{t,L}(t)} * \frac{D_o^{t+1,U}(t+1)}{D_o^{t+1,L}(t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

$$M_o^L = \left[\frac{D_o^{t,L}(t+1)}{D_o^{t,U}(t)} * \frac{D_o^{t+1,L}(t+1)}{D_o^{t+1,U}(t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (18)$$

yazılabilir. Elde edilen MTFVE de bulanık bir sayıdır. Eğer $M_o^L > 1$ ise verimlilikte artış, $M_o^U < 1$ ise verimlilikte azalış olduğu söylenebilir. Diğer durumlar için ise kesin bir yorum yapılamamaktadır.

4.2. Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) Modeli

Bulanık verilerin sıralama fonksiyonları kullanılarak kesin değeri bilinen sayı olarak ifade edildiği çalışmalar temel alınarak geliştirilmiş bir modeldir. Model 3 aşamada sınıflandırılabilir:

1. Aşama:

Sıralama fonksiyonu τ için iki bulanık sayı arasında

$$\tilde{x} \succcurlyeq \tilde{y} \text{ ise } \tau(\tilde{x}) \geq \tau(\tilde{y}) \quad (19)$$

$$\tilde{x} \succ \tilde{y} \text{ ise } \tau(\tilde{x}) > \tau(\tilde{y})$$

$$\tilde{x} \simeq \tilde{y} \text{ ise } \tau(\tilde{x}) = \tau(\tilde{y})$$

ilişkisi vardır. Önerilen modelde $\tilde{x} = (x^1(\alpha), x^u(\alpha))$ bulanık sayısı için

$$\tau(\tilde{x}) = 1/2 \int_0^1 (x^1(\alpha) + x^u(\alpha)) d\alpha \quad (20)$$

sıralama fonksiyonu kullanılmıştır. Eğer bu sayı üçgen üyelik fonksiyonuna sahip bir bulanık sayı $\tilde{x} = (x^1, x^m, x^u)$ ise

$$\bar{x} = \tau(\tilde{x}) = 1/2 [x^m + 1/2(x^1 + x^u)] \quad (21)$$

olur.

2. Aşama:

Sıralama fonksiyonu ile ifade edilen girdi çıktılar ile kısıtlardaki bulanıklıklar da giderildiği için uzaklık fonksiyonu modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$D_o^p(\bar{x}_k^h, \bar{y}_k^h) = \min \theta \quad p=t, t+1 \quad h=t, t+1 \quad (22)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=i}^n \lambda_j \bar{x}_{ij}^p \leq \theta \bar{x}_{ik}^h \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=i}^n \lambda_j \bar{y}_{rj}^p \geq \bar{y}_{rk}^h \quad r=1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1, \dots, n$$

3. Aşama:

2. aşamada elde edilen sonuçlar kesin değeri bilinen sayılar olacaktır. Fare vd. (1994) tarafından önerilen endeks değişimi formülünde (2), uzaklık fonksiyonu değerleri yerine yazılırsa verimlilik değişimleri hesaplanabilir.

4.3. Lotfi, Noora, Nikoomaram, Alimardani & Modi (2009) Modeli

L-R tipi bulanık sayılardan oluşan problemler için uygulanabilir bir model önerisidir. Bu çalışmada ise diğer modeller ile karşılaştırma yapabilmek için bulanık veriler yamuk üyelik fonksiyonuna sahip kabul edilerek model yeniden düzenlenmiştir. Üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları L-R tipi bulanık sayıların özel bir türüdür. Her ne kadar modeli öneren araştırmacılar çalışmada belirtmeseler de uygulamayı bulanık verileri yamuk üyelik fonksiyonuna sahip kabul ederek gerçekleştirmişlerdir.

1. Aşama:

Bulanık iki sayı arasında $\tilde{x} \succeq \tilde{y}$ ilişkisi varsa bu iki sayının alt ve üst sınır değerleri arasında [örneğin bu sayılar yamuk üyelik fonksiyonuna sahipse $\tilde{x} = (x^L, x^{M1}, x^{M2}, x^U)$, $\tilde{y} = (y^L, y^{M1}, y^{M2}, y^U)$];

$$x^L \geq y^L \quad x^U \geq y^U \quad (23)$$

ilişkisi, bu sayıların $\mu=\alpha$ üyelik derecesindeki elemanları arasında ise

$$\alpha x^{M1} + (1 - \alpha) x^L \geq \alpha y^{M1} + (1 - \alpha) y^L \quad (24)$$

$$\alpha x^{M2} + (1 - \alpha) x^U \geq \alpha y^{M2} + (1 - \alpha) y^U$$

ilişkisi vardır. Bu ilişkiden yararlanılarak $\mu=\alpha$ üyelik derecesindeki uzaklık fonksiyonu modeli:

$$D_o^p(x_k^h, y_k^h) = \min \theta \quad p=t, t+1 \quad h=t, t+1 \quad (25)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j x_{ij}^{p,L} \leq \theta x_{ik}^{h,L} \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j x_{ij}^{p,U} \leq \theta x_{ik}^{h,U} \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j [\alpha x_{ij}^{p,M1} + (1 - \alpha) x_{ij}^{p,L}] \leq \theta [\alpha x_{ik}^{h,M1} + (1 - \alpha) x_{ik}^{h,L}] \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j [\alpha x_{ij}^{p,M2} + (1 - \alpha) x_{ij}^{p,U}] \leq \theta [\alpha x_{ik}^{h,M2} + (1 - \alpha) x_{ik}^{h,U}] \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j y_{rj}^{p,L} \geq y_{rk}^{h,L} \quad r=1, \dots, s$$

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j y_{rj}^{p,U} \geq y_{rk}^{h,U} \quad r=1, \dots, s$$

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j [\alpha y_{rj}^{p,M1} + (1 - \alpha) y_{rj}^{p,L}] \geq \alpha y_{rk}^{h,M1} + (1 - \alpha) y_{rk}^{h,L} \quad r=1, \dots, s$$

$$\sum_{j=t}^n \lambda_j [\alpha y_{rj}^{p,M2} + (1 - \alpha) y_{rj}^{p,U}] \geq \alpha y_{rk}^{h,M2} + (1 - \alpha) y_{rk}^{h,U} \quad r=1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1, \dots, n$$

şeklinde yazılabilir.

2. Aşama:

Modelin çözülmesi sonucu elde edilen sonuçlar kesin değeri bilinen sayılar olacaktır. Fare vd. (1994) tarafından önerilen endeks değişimi formülünde (2) uzaklık fonksiyonu değerleri yerine yazılırsa verimlilik değişimleri hesaplanabilir. Önerilen modelin kısıtları

- Girdi-çıkıtı verilerinin alt ve üst sınırları arasındaki ilişki
- Herhangi bir $\mu=\alpha$ üyelik derecesindeki girdi-çıkıtı verileri arasındaki ilişki

başlıkları altında sınıflandırılabilir. Bilindiği üzere üyelik fonksiyonu bir elemanın bulanık kümeye ait olma derecesini ifade etmektedir. Bu anlamda sonuçlar aslında bulanık kümeye $\mu=\alpha$ oranında ait olan elemanlar ile elde edilen değişim değerleri olacaktır. Bu sebeple elde edilen sonuçlar α olasılığıyla verimlilik değişimi olarak yorumlanmaktadır.

4.4. Hatami-Marbini, Tavana & Emrouznejad (2012) Modeli

Uzaklık fonksiyonları primal VZA modeli olarak tanımlanmış; 0 sayısı (0, 0, 0, 0), 1 sayısı (1, 1, 1, 1) şeklinde bulanık sayı olarak alınmıştır. Modelin tanımlanmasında α kesim yöntemi ve değişken dönüşümü kullanılmıştır. Model 4 aşamada sınıflandırılabilir:

1. Aşama:

Girdi-çıkıtı verileri ile 0 ve 1 sayılarının α kesimleri oluşturulup, bulanık olan bu veriler alt ve üst sınır değerleri bilinen, bulanıktan kurtarılmış yeni değişkenler olarak tanımlanabilir. Eğer bulanık sayılar yamuk üyelik fonksiyonuna sahip olursa yeni değişkenler

$$\alpha x^{M1} + (1 - \alpha)x^L \leq \bar{x} \leq \alpha x^{M2} + (1 - \alpha)x^U \quad (26)$$

$$\alpha y^{M1} + (1 - \alpha)y^L \leq \bar{y} \leq \alpha y^{M2} + (1 - \alpha)y^U$$

$$\alpha 1^{M1} + (1 - \alpha)1^L \leq \bar{A} \leq \alpha 1^{M2} + (1 - \alpha)1^U$$

$$\alpha 0^{M1} + (1 - \alpha)0^L \leq \bar{B} \leq \alpha 0^{M2} + (1 - \alpha)0^U$$

şeklinde tanımlanabilir.

2. Aşama:

Klasik VZA modellerinde işletmelerin kullandığı girdi ve ürettiği çıktı miktarlarının sayısal değerleri bilinmektedir. Önerilen bu modelde ise girdi çıktı verileri yeni değişken olarak tanımlanmakta, 1. aşama ile bu değişkenlerin α kesimleri alınarak alt ve üst sınır değerleri belirlendiğinden dolayı modele kısıt olarak yazılmaktadır. Yazarlar çalışmalarında ölçeğe göre sabit getiri varsayımıyla da, ölçeğe göre değişken getiri varsayımıyla da modelin kurulmasına yer vermişlerdir. Ölçeğe göre sabit getiri durumunda model aşağıdaki gibi kurulabilir (Aynı dönemdeki etkin üretim sınırına uzaklık hesaplanacaksa, yani $p=h$ ise modeldeki 3 ve 4. kısıtın yazılmasına gerek yoktur):

$$D_o^p(\bar{x}_k^h, \bar{y}_k^h) = \max \sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{rk}^h \quad p=t, t+1 \quad h=t, t+1 \quad (27)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_i \bar{x}_{ik}^h = A$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{rj}^p - \sum_{i=1}^m v_i \bar{x}_{ij}^p \leq \bar{B} \quad j=1, \dots, n$$

$$\alpha x_{ik}^{h,M1} + (1 - \alpha)x_{ik}^{h,L} \leq \bar{x}_{ik}^h \leq \alpha x_{ik}^{h,M2} + (1 - \alpha)x_{ik}^{h,U} \quad i=1, \dots, m$$

$$\alpha y_{rk}^{h,M1} + (1 - \alpha)y_{rk}^{h,L} \leq \bar{y}_{rk}^h \leq \alpha y_{rk}^{h,M2} + (1 - \alpha)y_{rk}^{h,U} \quad r=1, \dots, s$$

$$\alpha x_{ij}^{p,M1} + (1 - \alpha)x_{ij}^{p,L} \leq \bar{x}_{ij}^p \leq \alpha x_{ij}^{p,M2} + (1 - \alpha)x_{ij}^{p,U} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,\dots,n$$

$$\alpha y_{rj}^{p,M1} + (1 - \alpha)y_{rj}^{p,L} \leq \bar{y}_{rj}^p \leq \alpha y_{rj}^{p,M2} + (1 - \alpha)y_{rj}^{p,U} \quad r=1,2,\dots,s \quad j=1,\dots,n$$

$$\alpha 1^{M1} + (1 - \alpha)1^L \leq \bar{A} \leq \alpha 1^{M2} + (1 - \alpha)1^U$$

$$\alpha 0^{M1} + (1 - \alpha)0^L \leq \bar{B} \leq \alpha 0^{M2} + (1 - \alpha)0^U$$

$$v_i, u_r \geq 0$$

3. Aşama:

2. aşamadaki model, hem girdi-çıktı miktarları hem de girdi ve çıktılara verilecek ağırlıklar bilinmediği için doğrusal olmayan bir modeldir. Çıktılar için $\bar{y}_{rj} = u_r \bar{y}_{rj}$ ve girdiler için $\bar{x}_{ij} = v_i \bar{x}_{ij}$ tanımlamaları ile değişken dönüşümleri yapılarak model doğrusal hale çevrilebilir:

$$D_o^p(\bar{x}_k^h, \bar{y}_k^h) = \max \sum_{r=l}^s \bar{y}_{rk}^h \quad p=t, t+1 \quad h=t, t+1 \quad (28)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=l}^m \bar{x}_{ik}^h = \bar{A}$$

$$\sum_{r=l}^s \bar{y}_{rj}^p - \sum_{i=l}^m \bar{x}_{ij}^p \leq \bar{B} \quad j=1,\dots,n$$

$$v_i [\alpha x_{ik}^{h,M1} + (1 - \alpha)x_{ik}^{h,L}] \leq \bar{x}_{ik}^h \leq v_i [\alpha x_{ik}^{h,M2} + (1 - \alpha)x_{ik}^{h,U}] \quad i=1,\dots,m$$

$$u_r [\alpha y_{rk}^{h,M1} + (1 - \alpha)y_{rk}^{h,L}] \leq \bar{y}_{rk}^h \leq u_r [\alpha y_{rk}^{h,M2} + (1 - \alpha)y_{rk}^{h,U}] \quad r=1,\dots,s$$

$$v_i [\alpha x_{ij}^{p,M1} + (1 - \alpha)x_{ij}^{p,L}] \leq \bar{x}_{ij}^p \leq v_i [\alpha x_{ij}^{p,M2} + (1 - \alpha)x_{ij}^{p,U}] \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,\dots,n$$

$$u_r [\alpha y_{rj}^{p,M1} + (1 - \alpha)y_{rj}^{p,L}] \leq \bar{y}_{rj}^p \leq u_r [\alpha y_{rj}^{p,M2} + (1 - \alpha)y_{rj}^{p,U}] \quad r=1,2,\dots,s \quad j=1,\dots,n$$

$$\alpha 1^{M1} + (1 - \alpha)1^L \leq \bar{A} \leq \alpha 1^{M2} + (1 - \alpha)1^U$$

$$\alpha 0^{M1} + (1 - \alpha)0^L \leq \bar{B} \leq \alpha 0^{M2} + (1 - \alpha)0^U$$

$$v_i, u_r \geq 0$$

4. Aşama:

3. aşamada elde edilen uzaklık fonksiyonu değerleri kesin değeri bilinen sayılar olacaktır. Fare vd. (1994) tarafından önerilen endeks değişimi formülünde (2) uzaklık fonksiyonu değerleri yerine yazılırsa verimlilik değişimleri hesaplanabilir.

5. Uygulama

5.1. Veriler

Çalışmada incelenen bulanık MTFVE modellerinin karşılaştırması, Türkiye’de faaliyette bulunan tıp fakültesi hastanelerinin verimlilik değişimleri hesaplanarak yapılmıştır. Uygulama; 2011’den 2012 yılına verimlilik değişimlerini hesaplamak üzere sağlıklı verilerine ulaşılabilen 35 üniversite hastanesi üzerinde yapılmıştır. Çalışmanın ana amacı bulanık MTFVE modellerinin karşılaştırması olduğu için; hastane verimliliğinin önemi, hastanelerin yapısı vb. konulara çok değinilmemiştir. Literatürde hastanelerin etkinlik ölçümü üzerine yapılan bazı çalışmalarda kullanılan girdi-çıkıtlar ise Tablo 2’de verilmiştir.

Daha önceki çalışmalarda kullanılan girdi-çıkıtlardan hareketle bu çalışmada; yatak sayısı, uzman doktor sayısı (kadrolu profesör, doçent ve yardımcı doçent doktor toplamı) ve araştırma görevlisi sayısı girdi, poliklinik hasta sayısı, yatan hasta-gün sayısı ile toplam ameliyat sayısı çıktı olarak kullanılmıştır. İnsan kaynakları girdilerine ilişkin veriler her yıl ÖSYM tarafından yayınlanmakta olan Yüksek Öğretim İstatistikleri kitaplarından, diğer girdi ve çıktılar Sağlık Bakanlığı’nın resmi verilerinden elde edilmiştir. İnsan kaynaklarına ilişkin veriler ilgili yılın haziran veya temmuz ayına, diğer veriler yılsonuna ait verilerdir.

İnsan kaynaklarına ilişkin veriler; yılın çeşitli dönemlerinde yeni personel alımı, personelin işten ayrılması, araştırma görevlilerinin uzmanlıklarını tamamlaması, personelin izinli veya raporlu olması gibi sebeplerden dolayı dinamik bir yapıya sahiptir ve yıl içinde değişim göstermektedir. Benzer şekilde yatak sayıları da, hastaneye yeni binanın eklenmesi/devredilmesi, yatak sayısının azalması/artması gibi sebeplerden dolayı dinamik bir yapıya sahiptir. Bu sebeple çalışmada kullanılan tüm girdilerin bulanık sayılar olduğu söylenebilir.

Yatak sayılarına ilişkin veriler yılsonu verileri olduğu için 2011 yılı bulanık yatak sayılarını hesaplamak için, 2010 yılsonu ve 2011 yılsonu yatak sayıları kullanılabilir. Uygulamada; 2010 ve 2011 yılına ait yatak sayılarının en düşük değerleri bulanık sayının alt sınırı, en büyük değerleri bulanık sayının üst sınırı, ortalaması ise orta noktası alınarak üçgen üyelik fonksiyonuna sahip 2011 yılı bulanık yatak sayıları elde edilmiştir. Benzer şekilde 2012 yılı bulanık yatak sayıları hesaplanırken, 2011 ve 2012 yılı verileri kullanılmıştır.

İnsan kaynaklarına ilişkin veriler ilgili yılın haziran veya temmuz ayına ait olduğu için, örneğin 2011 yılında hizmet alınan bulanık insan kaynakları girdilerini belirlerken 2010, 2011 ve 2012 yılı verilerini kullanmanın doğru olacağı düşünülmektedir. Bu sebeple; 2010, 2011 ve 2012 yıllarına ait personel verilerinin en düşük değeri bulanık sayının alt sınırı, ikinci büyüklükteki değeri orta noktası, en büyük değeri üst sınırı olarak alınmış, 2011 yılı üçgen üyelik fonksiyonuna sahip personel sayıları bulanık verileri elde edilmiştir. 2012 yılı içinse benzer hesaplamalarla 2011, 2012 ve 2013 yılı verileri kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan veriler Tablo 3 ve Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 2: Hastanelerin Verimlilik Ölçümü İçin Yapılan Bazı Çalışmalarda Kullanılan Girdi – Çıktılar.

| Çalışmanın Künyesi | Girdiler | Çıktılar |
|-----------------------------------|--|---|
| Lavers & Whynes (1978) | <ul style="list-style-type: none"> Hekim sayısı Hemşire ve diğer personel sayısı İlaç ve tıbbi malzeme harcamaları | <ul style="list-style-type: none"> Hasta (vaka) sayısı Günlük ortalama işgal edilen yatak sayısı |
| Özcan & Luke (1993) | <ul style="list-style-type: none"> Fiili yatak sayısı Hizmet karması İşgücü Maaş, amortisman ve sermaye dışında faaliyet giderleri | <ul style="list-style-type: none"> Tedavi edilen vaka sayısı Ayakta bakılan hasta sayısı Eğitilen personel sayısı |
| Kavuncubaşı (1995) | <ul style="list-style-type: none"> Yatak sayısı Uzman hekim sayısı Pratisyen hekim sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Poliklinik sayısı Yatan hasta sayısı Hasta günü sayısı Ameliyat sayısı |
| Ersoy vd. (1997) | <ul style="list-style-type: none"> Yatak sayısı Uzman hekim sayısı Pratisyen hekim sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Taburcu edilen hasta sayısı Ayakta tedavi gören hasta sayısı Cerrahi operasyon sayısı |
| Chang (1998) | <ul style="list-style-type: none"> Hemşire ve yardımcı personel sayısı Genel ve idari personel sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Kliniklere başvuru sayısı Hastanede kalış günü sayısı |
| Harris vd. (2000) | <ul style="list-style-type: none"> Tanıya yönelik hizmetler ve özel hizmetler toplamı Fiili yatak sayısı Toplam personel sayısı Faaliyet giderleri | <ul style="list-style-type: none"> Taburcu edilen hasta sayısı Ayaktan hasta sayısı (acil başvurular dâhil) |
| Karasoy (2000) | <ul style="list-style-type: none"> Fiili yatak sayısı Doktor sayısı Hemşire sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Yatan hasta sayısı Yatılan hasta günü sayısı Polikliniğe başvuran hasta sayısı |
| Kubat (2002) | <ul style="list-style-type: none"> Fiili yatak sayısı Uzman hekim sayısı Pratisyen hekim sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Poliklinik sayısı Taburcu olan hasta sayısı Yatan hasta sayısı Ameliyat sayısı |
| Açikel vd. (2004) | <ul style="list-style-type: none"> Açık yatak sayısı Hekim sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Ameliyat sayısı Poliklinik muayene sayısı Yatarak tedavi gören hasta sayısı |
| Güleş & Özata (2004) | <ul style="list-style-type: none"> Fiili yatak sayısı Uzman hekim sayısı Pratisyen hekim sayısı Hemşire ve ebe sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Yatan hasta sayısı Ayaktan muayene sayısı Ameliyat sayısı |
| Özata & Arslan (2005) | <ul style="list-style-type: none"> Yatak sayısı Uzman hekim sayısı Pratisyen hekim sayısı | <ul style="list-style-type: none"> Ameliyat sayısı Yatan hasta sayısı Muayene sayısı Elde edilen gelir |

Kaynak: Çakmak, M., Öktem, M.K., & Ömürgönülşen, U. (2009). Türk kamu hastanelerinde teknik verimlilik sorunu: Veri zarflama analizi tekniği ile sağlık bakanlığı'na bağlı kadın doğum hastanelerinin teknik verimliliklerinin ölçülmesi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 12(1), s.16-19'daki tablo kullanılarak düzenlenmiştir.

Tablo 3: 2011 Yılı Girdi-Çıktılar.

| | KVB | GİRDİLER | | | ÇIKTILAR | | |
|----|---------------|-------------------|---------------|---------------------|------------------|-----------------|----------|
| | | Yatak | Uzman Doktor | Araştırma Görevlisi | Poliklinik Hasta | Yatan Hasta-Gün | Ameliyat |
| 1 | A.İ. Baysal | (251,251,251) | (82,115,136) | (140,151,175) | 253.600 | 83.182 | 7.128 |
| 2 | A. Menderes | (455,455,455) | (160,164,178) | (178,179,187) | 330.982 | 165.893 | 11.687 |
| 3 | A. Kocatepe | (337,337,337) | (81,90,95) | (125,134,143) | 194.181 | 100.119 | 11.312 |
| 4 | Akdeniz | (752,752,752) | (296,296,299) | (378,440,462) | 852.056 | 261.662 | 24.841 |
| 5 | Atatürk | (1188,1188,1188) | (186,187,206) | (296,306,340) | 499.057 | 332.276 | 22.660 |
| 6 | Bülent Ecevit | (490,490,490) | (130,133,136) | (165,166,207) | 362.913 | 147.054 | 22.002 |
| 7 | Cumhuriyet | (1061,1061,1061) | (153,155,176) | (206,212,268) | 315.581 | 275.043 | 36.645 |
| 8 | Ç. O. Mart | (124,128,132) | (48,48,51) | (52,52,52) | 167.965 | 29.815 | 9.347 |
| 9 | Çukurova | (1159,1159,1159) | (195,213,226) | (203,278,364) | 528.523 | 346.996 | 37.613 |
| 10 | Düzce | (316,316,316) | (65,67,73) | (134,138,142) | 202.136 | 42.692 | 5.778 |
| 11 | Ege | (1816,1816,1816) | (413,418,447) | (455,467,505) | 859.618 | 470.287 | 62.877 |
| 12 | Erciyes | (954,1085,1216) | (193,194,251) | (398,399,410) | 643.835 | 422.868 | 35.693 |
| 13 | E. Osmangazi | (970,1025,5,1081) | (214,214,220) | (255,274,343) | 384.701 | 254.544 | 19.820 |
| 14 | Fırat | (843,843,843) | (137,147,149) | (281,311,351) | 350.055 | 211.057 | 12.875 |
| 15 | Gazi | (1007,1007,1007) | (382,387,407) | (503,520,671) | 775.316 | 326.743 | 34.524 |
| 16 | Gaziantep | (792,792,792) | (141,142,143) | (249,249,251) | 519.075 | 268.618 | 28.902 |
| 17 | G. Osmanpaşa | (284,286,5,289) | (74,77,105) | (95,102,106) | 242.392 | 97.575 | 9.615 |
| 18 | Harran | (308,308,308) | (79,97,105) | (152,153,173) | 233.083 | 107.278 | 14.261 |
| 19 | İnönü | (827,827,827) | (138,140,203) | (220,241,253) | 491.323 | 206.681 | 29.041 |
| 20 | İstanbul | (1517,1517,1517) | (433,460,471) | (531,559,637) | 1.091.495 | 408.554 | 27.516 |
| 21 | İ. Cerrahpaşa | (1507,1507,1507) | (483,505,516) | (526,551,574) | 913.302 | 386.920 | 26.314 |
| 22 | K. S. İmam | (179,179,179) | (57,65,82) | (123,126,145) | 236.146 | 23.850 | 20.380 |
| 23 | K. Teknik | (780,780,780) | (187,191,193) | (344,353,391) | 439.431 | 231.237 | 51.865 |
| 24 | Kırıkkale | (144,144,144) | (108,109,111) | (126,143,163) | 170.793 | 28.906 | 9.239 |
| 25 | Kocaeli | (677,677,677) | (104,105,106) | (307,334,369) | 592.995 | 206.565 | 27.572 |
| 26 | Mersin | (407,407,407) | (178,182,185) | (204,221,256) | 538.256 | 136.632 | 12.070 |
| 27 | M. Kemal | (318,318,318) | (107,109,123) | (124,135,156) | 255.356 | 78.465 | 12.402 |
| 28 | N. Erbakan | (1298,1298,1298) | (255,258,268) | (355,370,417) | 599.367 | 358.295 | 24.159 |
| 29 | O. Mayıs | (775,775,775) | (233,235,238) | (428,434,435) | 502.229 | 283.013 | 21.697 |
| 30 | Pamukkale | (346,346,346) | (162,164,164) | (151,200,220) | 422.533 | 124.829 | 15.477 |
| 31 | Selçuk | (903,903,903) | (41,66,107) | (48,85,162) | 322.888 | 99.201 | 12.894 |
| 32 | S. Demirel | (463,463,463) | (156,158,161) | (199,207,275) | 265.031 | 133.616 | 16.144 |
| 33 | Trakya | (942,942,942) | (200,203,210) | (311,433,486) | 368.169 | 235.049 | 15.510 |

Tablo 3 devam

| | | | | | | | |
|-----------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------|---------|--------|
| 34 | Uludağ | (761,761,761) | (253,255,264) | (422,454,529) | 855.716 | 265.328 | 24.953 |
| 35 | Yüzüncü Yıl | (454,454,454) | (96,102,106) | (238,263,268) | 243.436 | 112.331 | 11.214 |

Kaynaklar: Sağlık Bakanlığı bilgi edinme birimi.

ÖSYM. (2011). *2009-2010 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-56159/h/24ogretimelemanakdgrv.pdf>

ÖSYM. (2012). *2010-2011 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-58227/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>

ÖSYM. (2013). *2011-2012 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-60415/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>

Tablo 4: 2012 Yılı Girdi-Çıktılar

| KVB | GİRDİLER | | | ÇIKTILAR | | | |
|-----------|----------------------|------------------|---------------------|------------------|-----------------|----------|--------|
| | Yatak | Uzman Doktor | Araştırma Görevlisi | Poliklinik Hasta | Yatan Hasta-Gün | Ameliyat | |
| 1 | A.İ. Baysal | (251,288,5,326) | (115,128,136) | (151,164,175) | 278.918 | 84.282 | 9.843 |
| 2 | A. Menderes | (455,455,455) | (164,178,193) | (178,179,185) | 438.671 | 163.405 | 14.316 |
| 3 | A. Kocatepe | (337,337,337) | (81,95,104) | (134,142,143) | 261.329 | 103.688 | 12.296 |
| 4 | Akdeniz | (752,752,752) | (296,299,311) | (375,378,440) | 870.419 | 258.911 | 35.485 |
| 5 | Atatürk | (1188,1188,1188) | (186,206,212) | (296,298,306) | 595.617 | 379.331 | 38.787 |
| 6 | Bülent Ecevit | (490,490,490) | (130,136,154) | (156,165,166) | 356.448 | 141.816 | 22.428 |
| 7 | Cumhuriyet | (1061,1061,1061) | (153,172,176) | (206,254,268) | 360.153 | 321.717 | 33.598 |
| 8 | Ç. O. Mart | (124,142,160) | (48,51,125) | (52,52,125) | 225.346 | 43.765 | 17.501 |
| 9 | Çukurova | (1159,1159,1159) | (195,195,213) | (162,203,278) | 543.274 | 359.637 | 61.685 |
| 10 | Düzce | (316,316,316) | (65,67,117) | (134,138,187) | 310.497 | 68.128 | 15.200 |
| 11 | Ege | (1816,1816,1816) | (413,447,465) | (442,455,467) | 950.615 | 497.123 | 80.722 |
| 12 | Erciyes | (1216,1216,1216) | (193,251,265) | (398,410,433) | 720.902 | 419.848 | 33.099 |
| 13 | E. Osmangazi | (1081,1081,1081) | (214,220,229) | (255,258,274) | 448.131 | 247.722 | 15.185 |
| 14 | Fırat | (843,843,843) | (137,149,154) | (280,281,311) | 358.479 | 237.932 | 17.804 |
| 15 | Gazi | (1007,1007,1007) | (387,407,412) | (476,503,520) | 789.154 | 333.949 | 36.121 |
| 16 | Gaziantep | (792,792,792) | (136,141,142) | (242,242,249) | 578.744 | 274.020 | 25.882 |
| 17 | G. Osmanpaşa | (289,289,289) | (74,105,111) | (95,102,103) | 291.408 | 86.851 | 18.903 |
| 18 | Harran | (308,308,308) | (97,105,118) | (141,152,153) | 301.116 | 103.389 | 13.280 |
| 19 | İnönü | (827,827,827) | (138,201,203) | (220,230,253) | 539.395 | 209.403 | 33.276 |
| 20 | İstanbul | (1353,1435,1517) | (433,435,460) | (531,559,581) | 1.097.504 | 365.979 | 26.454 |
| 21 | İ. Cerrahpaşa | (1507,1507,1507) | (478,483,505) | (526,542,551) | 913.302 | 386.920 | 26.314 |
| 22 | K. S. İmam | (179,179,179) | (65,71,82) | (123,127,145) | 283.123 | 64.810 | 8.265 |
| 23 | K. Teknik | (780,780,780) | (187,193,194) | (344,353,354) | 517.803 | 272.393 | 62.200 |
| 24 | Kırıkkale | (144,144,144) | (108,111,120) | (126,127,143) | 165.786 | 48.674 | 8.744 |

Tablo 4 devam

| | | | | | | | |
|----|-------------|------------------|---------------|---------------|---------|---------|--------|
| 25 | Kocaeli | (677,690,5,704) | (104,105,106) | (307,318,334) | 580.494 | 197.931 | 26.422 |
| 26 | Mersin | (407,407,407) | (178,182,190) | (202,204,221) | 542.924 | 139.214 | 11.809 |
| 27 | M. Kemal | (318,318,318) | (109,123,137) | (124,142,156) | 266.137 | 93.957 | 13.742 |
| 28 | N. Erbakan | (1260,1279,1298) | (255,268,268) | (355,370,412) | 805.237 | 423.943 | 22.192 |
| 29 | O. Mayıs | (775,775,775) | (228,233,235) | (425,428,434) | 515.233 | 257.241 | 19.750 |
| 30 | Pamukkale | (346,346,346) | (162,164,167) | (151,182,200) | 712.166 | 126.311 | 26.286 |
| 31 | Selçuk | (903,903,903) | (66,107,116) | (85,162,194) | 478.081 | 133.200 | 18.355 |
| 32 | S. Demirel | (463,463,463) | (156,158,166) | (199,204,207) | 311.241 | 166.738 | 20.387 |
| 33 | Trakya | (942,942,942) | (202,203,210) | (281,311,486) | 336.480 | 207.516 | 15.609 |
| 34 | Uludağ | (761,761,761) | (253,255,255) | (422,424,454) | 944.911 | 255.250 | 27.268 |
| 35 | Yüzüncü Yıl | (454,454,454) | (81,96,106) | (215,238,268) | 240.005 | 101.064 | 8.280 |

Kaynaklar: Sağlık Bakanlığı bilgi edinme birimi.

ÖSYM. (2012). *2010-2011 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-58227/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>

ÖSYM. (2013). *2011-2012 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-60415/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>

ÖSYM. (2014). *2012-2013 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-69420/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>

5.2. Bulgular

Modellerden iki tanesinin kurulumu teorik bölümde yamuk üyelik fonksiyonlu bulanık veriler için verilmiştir. Ancak tüm modelleri üçgen üyelik fonksiyonlu problemler için de uygulamak mümkündür. Uygulama 3 farklı α için (0, 0.5 ve 1) yapılmıştır.¹

Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) modeline göre 3 farklı α kesimi için MTFVE'nin alabileceği minimum ve maksimum değerler Tablo 5'te verilmiştir. Bu modele göre, örneğin $\alpha=0$ için Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nin MTFVE'nin alabileceği değer (0.56, 1.03) arasında değişmektedir. Yani kullanılan girdi ve elde edilen çıktı bağlamında her şey bu üniversite aleyhine gelişmişse verimliliğinin % 44 azaldığı, lehine gelişmişse % 3 arttığı söylenebilir. Değişim aralığının bu kadar büyük çıkmasının ise bulanık verilerdeki bulanıklık oranının yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

$\alpha=0$ 'da 9 üniversite için $M^L > 1$ olduğu için bu üniversitelerin kesinlikle verimliliklerini artırdığı söylenebilir. Yine aynı α 'da 1 üniversite için (Ondokuz Mayıs) $M^U < 1$ çıkmıştır. Dolayısıyla Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nin 2011 yılına göre 2012 yılında verimliliğinin kesinlikle azaldığı söylenebilir. 25 üniversite içinse $M^L > 1$ veya $M^U < 1$ sonucu elde edilemediği için, bu modele göre üniversitelerin verimliliklerini artırıp artıramadıklarına ilişkin kesin bir şey söylenememektedir. Bu α 'da; % 114'lük artışla Selçuk Üniversitesi en yüksek verimlilik üst sınırına, Düzce Üniversitesi %52'lik azalışla en düşük verimlilik alt sınırına

1 Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) modelinde veriler bulanıklıktan kurtarılırken α -kesim kümesi kullanılmadığı için bu model hariç.

sahip üniversitelerdir. Verimlilik alt ve üst sınırlarındaki en büyük fark % 170 ile Selçuk Üniversitesinde gerçekleşirken, % 5'lik farkla Gaziantep Üniversitesi en düşük farka sahip üniversitedir.

$\alpha=0.5$ 'te ise 14 üniversitenin verimliliği artarken, 4 üniversitenin verimliliği azalmıştır. 17 üniversite içinse kesin bir şey söylenememektedir. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi % 67 artış ile en yüksek verimlilik üst sınırına sahipken, % 41 azalış ile Cumhuriyet Üniversitesi en düşük verimlilik alt sınırına sahiptir. % 95'lik farkla Düzce Üniversitesi en yüksek verimlilik üst-alt sınırı farkına sahip üniversiteyken, % 2'lik farkla yine Gaziantep Üniversitesi en düşük farka sahip üniversitedir.

Bulanık verilerin orta noktasının kullanılması durumunda ise (yani $\alpha=1$); 22 üniversitenin verimliliğini artırdığı, 11 üniversitenin verimliliğini azalttığı, 2 üniversiteninse verimliliğinin değişmediği söylenebilir. En yüksek verimlilik artışları % 54 ile Çanakkale Onsekiz Mart ve Düzce üniversitelerinde gerçekleşirken, en büyük verimlilik azalışı % 11 ile Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nde olmuştur.

Tablo 5: Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) Modeline Göre MTFVE Alt-Üst Sınır Değerleri

| KVB | $\alpha=0$ | | $\alpha=0.5$ | | $\alpha=1$ | |
|-----------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
| | (M ^L , M ^U) | Verimlilik Değişimi | (M ^L , M ^U) | Verimlilik Değişimi | (M ^L , M ^U) | Verimlilik Değişimi |
| 1 A.İ. Baysal | (0.56, 1.03) | - | (0.81, 0.95) | Azalış | 0.89 | Azalış |
| 2 A. Menderes | (0.98, 1.09) | - | (1, 1.05) | - | 1.03 | Artış |
| 3 A. Kocatepe | (0.97, 1.15) | - | (1, 1.1) | - | 1.05 | Artış |
| 4 Akdeniz | (0.96, 1.14) | - | (1, 1.03) | - | 1.01 | Artış |
| 5 Atatürk | (0.92, 1.35) | - | (0.97, 1.23) | - | 1.09 | Artış |
| 6 Bülent Ecevit | (0.93, 1.12) | - | (0.96, 1.05) | - | 0.98 | Azalış |
| 7 Cumhuriyet | (0.54, 1.21) | - | (0.59, 1.06) | - | 1.04 | Artış |
| 8 Ç. O. Mart | (1.05, 1.76) | Artış | (1.13, 1.67) | Artış | 1.54 | Artış |
| 9 Çukurova | (0.99, 1.9) | - | (1.17, 1.63) | Artış | 1.38 | Artış |
| 10 Düzce | (0.48, 1.74) | - | (0.68, 1.62) | - | 1.54 | Artış |
| 11 Ege | (0.97, 1.37) | - | (1.05, 1.21) | Artış | 1.12 | Artış |
| 12 Erciyes | (0.82, 1.04) | - | (0.85, 0.92) | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 13 E. Osmangazi | (0.78, 1.27) | - | (0.85, 1.11) | - | 1.00 | Değişim Yok |
| 14 Fırat | (0.89, 1.44) | - | (0.95, 1.19) | - | 1.13 | Artış |
| 15 Gazi | (0.96, 1.08) | - | (1.01, 1.05) | Artış | 1.02 | Artış |
| 16 Gaziantep | (1.03, 1.08) | Artış | (1.05, 1.07) | Artış | 1.05 | Artış |
| 17 G. Osmanpaşa | (0.95, 1.21) | - | (0.98, 1.1) | - | 1.03 | Artış |
| 18 Harran | (0.92, 1.04) | - | (0.94, 1) | - | 0.97 | Azalış |
| 19 İnönü | (0.8, 1.43) | - | (0.85, 1.2) | - | 0.96 | Azalış |

Tablo 5 devam

| | | | | | | | |
|----|---------------|--------------|--------|--------------|--------|------|-------------|
| 20 | İstanbul | (0.87, 1.19) | - | (0.96, 1.11) | - | 0.96 | Azalış |
| 21 | İ. Cerrahpaşa | (0.91, 1.14) | - | (1, 1.05) | - | 1.00 | Değişim Yok |
| 22 | K. S. İmam | (1.14, 1.42) | Artış | (1.15, 1.34) | Artış | 1.15 | Artış |
| 23 | K. Teknik | (0.93, 1.22) | - | (1.06, 1.19) | Artış | 1.18 | Artış |
| 24 | Kırıkkale | (1.24, 1.35) | Artış | (1.27, 1.32) | Artış | 1.30 | Artış |
| 25 | Kocaeli | (0.94, 1.03) | - | (0.96, 1.01) | - | 0.98 | Azalış |
| 26 | Mersin | (1.01, 1.07) | Artış | (1.01, 1.05) | Artış | 1.04 | Artış |
| 27 | M. Kemal | (1.07, 1.28) | Artış | (1.11, 1.24) | Artış | 1.16 | Artış |
| 28 | N. Erbakan | (1.03, 1.36) | Artış | (1.1, 1.3) | Artış | 1.21 | Artış |
| 29 | O. Mayıs | (0.83, 0.99) | Azalış | (0.86, 0.94) | Azalış | 0.91 | Azalış |
| 30 | Pamukkale | (1.23, 1.27) | Artış | (1.24, 1.27) | Artış | 1.26 | Artış |
| 31 | Selçuk | (0.55, 2.24) | - | (0.72, 1.44) | - | 0.92 | Azalış |
| 32 | S. Demirel | (1.15, 1.35) | Artış | (1.2, 1.3) | Artış | 1.25 | Artış |
| 33 | Trakya | (0.74, 1.06) | - | (0.8, 0.99) | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 34 | Uludağ | (1, 1.05) | - | (1.01, 1.04) | Artış | 1.01 | Artış |
| 35 | Yüzcüncü Yıl | (0.88, 1.02) | - | (0.91, 0.96) | Azalış | 0.92 | Azalış |

Bir sıralama fonksiyonunun kullanıldığı Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) modeli sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Bu modele göre; 25 üniversitenin verimliliği artarken, 8 üniversitenin verimliliği azalmış, 2 üniversitenin ise değişmemiştir. En yüksek verimlilik artışı % 41 ile Düzce Üniversitesi’nde gerçekleşirken, en büyük azalış % 89 ile Abant İzzet Baysal ve Trakya Üniversiteleri’nde olmuştur.

Tablo 6: Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) Modeli Sonuçları

| | KVB | M | Verimlilik Değişimi |
|----|---------------|------|---------------------|
| 1 | A.İ. Baysal | 0.89 | Azalış |
| 2 | A. Menderes | 1.03 | Artış |
| 3 | A. Kocatepe | 1.06 | Artış |
| 4 | Akdeniz | 1.01 | Artış |
| 5 | Atatürk | 1.12 | Artış |
| 6 | Bülent Ecevit | 1.00 | Değişim Yok |
| 7 | Cumhuriyet | 1.09 | Artış |
| 8 | Ç. O. Mart | 1.27 | Artış |
| 9 | Çukurova | 1.37 | Artış |
| 10 | Düzce | 1.41 | Artış |
| 11 | Ege | 1.13 | Artış |
| 12 | Erciyes | 0.92 | Azalış |

Tablo 6 devam

| | | | |
|----|---------------|------|-------------|
| 13 | E. Osmangazi | 1.01 | Artış |
| 14 | Fırat | 1.11 | Artış |
| 15 | Gazi | 1.02 | Artış |
| 16 | Gaziantep | 1.06 | Artış |
| 17 | G. Osmanpaşa | 1.04 | Artış |
| 18 | Harran | 0.97 | Azalış |
| 19 | İnönü | 1.01 | Artış |
| 20 | İstanbul | 0.97 | Azalış |
| 21 | İ. Cerrahpaşa | 1.00 | Değişim Yok |
| 22 | K. S. İmam | 1.05 | Artış |
| 23 | K. Teknik | 1.20 | Artış |
| 24 | Kırıkkale | 1.30 | Artış |
| 25 | Kocaeli | 0.98 | Azalış |
| 26 | Mersin | 1.04 | Artış |
| 27 | M. Kemal | 1.17 | Artış |
| 28 | N. Erbakan | 1.21 | Artış |
| 29 | O. Mayıs | 0.91 | Azalış |
| 30 | Pamukkale | 1.26 | Artış |
| 31 | Selçuk | 1.01 | Artış |
| 32 | S. Demirel | 1.25 | Artış |
| 33 | Trakya | 0.89 | Azalış |
| 34 | Uludağ | 1.02 | Artış |
| 35 | Yüzüncü Yıl | 0.92 | Azalış |

Lotfi, Noora, Nikoomaram, Alimardani & Modi (2009) modeli sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Bu modelin $\alpha=0$ sonuçlarına göre; 22 üniversitenin verimliliği artarken, 11 üniversitenin verimliliği azalmış, 2 üniversiteninse değişmemiştir. Çukurova Üniversitesi % 55 artış ile en yüksek verimlilik artışına sahipken, % 14 ile Cumhuriyet ve İstanbul Cerrahpaşa Tıp Fakülteleri hastaneleri en yüksek verimlilik azalışı yaşayan üniversitelerdir.

$\alpha=0.5$ ’te 21 üniversite verimliliğini artırmış, 12 üniversite azaltmış, 2 üniversite ise değişim yaşamamıştır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi % 34 artış ile en yüksek verimlilik artışına sahipken, % 25 ile yine Cumhuriyet Üniversitesi en yüksek verimlilik azalışı yaşayan üniversitedir.

$\alpha=1$, verilerin bulanık olmaması durumu olduğu için Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) ile aynı sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 7: Lotfi, Noora, Nikoomaram, Alimardani & Modi (2009) Modeli Sonuçları

| KVB | $\alpha=0$ | | $\alpha=0.5$ | | $\alpha=1$ | |
|------------------|------------|---------------------|--------------|---------------------|------------|---------------------|
| | M | Verimlilik Değişimi | M | Verimlilik Değişimi | M | Verimlilik Değişimi |
| 1 A.İ. Baysal | 1.00 | Değişim Yok | 0.93 | Azalış | 0.89 | Azalış |
| 2 A. Menderes | 1.00 | Değişim Yok | 1.00 | Değişim Yok | 1.03 | Artış |
| 3 A. Kocatepe | 1.05 | Artış | 1.05 | Artış | 1.05 | Artış |
| 4 Akdeniz | 0.99 | Azalış | 1.01 | Artış | 1.01 | Artış |
| 5 Atatürk | 1.16 | Artış | 1.11 | Artış | 1.09 | Artış |
| 6 Bülent Ecevit | 1.01 | Artış | 0.99 | Azalış | 0.98 | Azalış |
| 7 Cumhuriyet | 0.86 | Azalış | 0.75 | Azalış | 1.04 | Artış |
| 8 Ç. O. Mart | 1.34 | Artış | 1.40 | Artış | 1.54 | Artış |
| 9 Çukurova | 1.55 | Artış | 1.47 | Artış | 1.38 | Artış |
| 10 Düzce | 0.95 | Azalış | 0.95 | Azalış | 1.54 | Artış |
| 11 Ege | 1.20 | Artış | 1.13 | Artış | 1.12 | Artış |
| 12 Erciyes | 0.87 | Azalış | 0.88 | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 13 E. Osmaniye | 1.06 | Artış | 0.90 | Azalış | 1.00 | Değişim Yok |
| 14 Fırat | 1.08 | Artış | 1.09 | Artış | 1.13 | Artış |
| 15 Gazi | 1.02 | Artış | 1.02 | Artış | 1.02 | Artış |
| 16 Gaziantep | 1.05 | Artış | 1.05 | Artış | 1.05 | Artış |
| 17 G. Osmanpaşa | 1.10 | Artış | 1.09 | Artış | 1.03 | Artış |
| 18 Harran | 0.98 | Azalış | 0.97 | Azalış | 0.97 | Azalış |
| 19 İnönü | 1.09 | Artış | 1.00 | Değişim Yok | 0.96 | Azalış |
| 20 İstanbul | 1.08 | Artış | 1.04 | Artış | 0.96 | Azalış |
| 21 İ. Cerrahpaşa | 0.86 | Azalış | 1.01 | Artış | 1.00 | Değişim Yok |
| 22 K. S. İmam | 1.18 | Artış | 1.19 | Artış | 1.15 | Artış |
| 23 K. Teknik | 0.97 | Azalış | 1.07 | Artış | 1.18 | Artış |
| 24 Kırıkkale | 1.26 | Artış | 1.28 | Artış | 1.30 | Artış |
| 25 Kocaeli | 0.99 | Azalış | 0.98 | Azalış | 0.98 | Azalış |
| 26 Mersin | 1.05 | Artış | 1.04 | Artış | 1.04 | Artış |
| 27 M. Kemal | 1.17 | Artış | 1.17 | Artış | 1.16 | Artış |
| 28 N. Erbakan | 1.19 | Artış | 1.22 | Artış | 1.21 | Artış |
| 29 O. Mayıs | 0.90 | Azalış | 0.94 | Azalış | 0.91 | Azalış |
| 30 Pamukkale | 1.26 | Artış | 1.25 | Artış | 1.26 | Artış |
| 31 Selçuk | 1.01 | Artış | 0.94 | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 32 S. Demirel | 1.25 | Artış | 1.25 | Artış | 1.25 | Artış |
| 33 Trakya | 0.92 | Azalış | 0.88 | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 34 Uludağ | 1.03 | Artış | 1.03 | Artış | 1.01 | Artış |
| 35 Yüzüncü Yıl | 0.94 | Azalış | 0.92 | Azalış | 0.92 | Azalış |

Tablo 8’de sonuçları verilen Hatami-Marbini, Tavana & Emrouznejad (2012) modeline göre $\alpha=0$ ’da 25 üniversitenin verimliliği artarken, 10 üniversitenin verimliliği azalmıştır. Bu α değeri için Çukurova Üniversitesi % 43 artış ile en yüksek verimlilik artışına sahipken, % 28 ile Abant İzzet Baysal Üniversitesi en yüksek verimlilik azalışı yaşayan üniversitedir.

$\alpha=0.5$ ’te ise 21 üniversite verimliliğini artırmış, 12 üniversite azaltmış, 2 üniversite ise değişim yaşamamıştır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi % 45 artış ile en yüksek verimlilik artışına sahipken, % 15 ile Cumhuriyet Üniversitesi en yüksek verimlilik azalışı yaşayan üniversitedir.

$\alpha=1$ ’de yine diğer modellerle aynı sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 8: Hatami-Marbini, Tavana & Emrouznejad (2012) Modeli Sonuçları

| KVB | $\alpha=0$ | | $\alpha=0.5$ | | $\alpha=1$ | |
|------------------|------------|---------------------|--------------|---------------------|------------|---------------------|
| | M | Verimlilik Değişimi | M | Verimlilik Değişimi | M | Verimlilik Değişimi |
| 1 A.İ. Baysal | 0.72 | Azalış | 0.93 | Azalış | 0.89 | Azalış |
| 2 A. Menderes | 1.01 | Artış | 1.00 | Değişim Yok | 1.03 | Artış |
| 3 A. Kocatepe | 1.05 | Artış | 1.05 | Artış | 1.05 | Artış |
| 4 Akdeniz | 1.11 | Artış | 1.01 | Artış | 1.01 | Artış |
| 5 Atatürk | 1.08 | Artış | 1.08 | Artış | 1.09 | Artış |
| 6 Bülent Ecevit | 1.01 | Artış | 0.99 | Azalış | 0.98 | Azalış |
| 7 Cumhuriyet | 0.89 | Azalış | 0.85 | Azalış | 1.04 | Artış |
| 8 Ç. O. Mart | 1.42 | Artış | 1.45 | Artış | 1.54 | Artış |
| 9 Çukurova | 1.43 | Artış | 1.42 | Artış | 1.38 | Artış |
| 10 Düzce | 0.79 | Azalış | 0.95 | Azalış | 1.54 | Artış |
| 11 Ege | 1.17 | Artış | 1.11 | Artış | 1.12 | Artış |
| 12 Erciyes | 0.94 | Azalış | 0.86 | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 13 E. Osmangazi | 0.98 | Azalış | 0.96 | Azalış | 1.00 | Değişim Yok |
| 14 Fırat | 1.21 | Artış | 1.08 | Artış | 1.13 | Artış |
| 15 Gazi | 1.02 | Artış | 1.02 | Artış | 1.02 | Artış |
| 16 Gaziantep | 1.06 | Artış | 1.06 | Artış | 1.05 | Artış |
| 17 G. Osmanpaşa | 1.12 | Artış | 1.08 | Artış | 1.03 | Artış |
| 18 Harran | 0.98 | Azalış | 0.97 | Azalış | 0.97 | Azalış |
| 19 İnönü | 1.10 | Artış | 0.99 | Azalış | 0.96 | Azalış |
| 20 İstanbul | 1.01 | Artış | 1.04 | Artış | 0.96 | Azalış |
| 21 İ. Cerrahpaşa | 1.04 | Artış | 1.02 | Artış | 1.00 | Değişim Yok |
| 22 K. S. İmam | 1.20 | Artış | 1.19 | Artış | 1.15 | Artış |
| 23 K. Teknik | 1.19 | Artış | 1.18 | Artış | 1.18 | Artış |

Tablo 8 devam

| | | | | | | | |
|----|-------------|------|--------|------|-------------|------|--------|
| 24 | Kırıkkale | 1.26 | Artış | 1.28 | Artış | 1.30 | Artış |
| 25 | Kocaeli | 1.01 | Artış | 1.00 | Değişim Yok | 0.98 | Azalış |
| 26 | Mersin | 1.07 | Artış | 1.05 | Artış | 1.04 | Artış |
| 27 | M. Kemal | 1.18 | Artış | 1.18 | Artış | 1.16 | Artış |
| 28 | N. Erbakan | 1.16 | Artış | 1.20 | Artış | 1.21 | Artış |
| 29 | O. Mayıs | 0.91 | Azalış | 0.90 | Azalış | 0.91 | Azalış |
| 30 | Pamukkale | 1.27 | Artış | 1.27 | Artış | 1.26 | Artış |
| 31 | Selçuk | 0.95 | Azalış | 0.97 | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 32 | S. Demirel | 1.24 | Artış | 1.25 | Artış | 1.25 | Artış |
| 33 | Trakya | 0.92 | Azalış | 0.93 | Azalış | 0.92 | Azalış |
| 34 | Uludağ | 1.03 | Artış | 1.03 | Artış | 1.01 | Artış |
| 35 | Yüzüncü Yıl | 0.95 | Azalış | 0.93 | Azalış | 0.92 | Azalış |

6. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, literatürde oldukça sınırlı sayıda olan ve şu ana kadar belirli bilim insanları tarafından çalışılan, verilerin bulanık olduğu durumlar için önerilmiş olan MTFVE modelleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda, Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) modeli ile bir KVB için iyimserlik/kötümserlik yaklaşımlarına göre olası en iyi sonuç ve olası en kötü sonuçlar bulunarak MTFVE'ne esneklik kazandırılabilir. Ancak modelin uygulanabilmesi için her α kesimi için (KVB sayısı*8) adet uzaklık fonksiyonu modelinin kurulması gerekmektedir.

Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) modeli ile bulanık veriler bir sıralama fonksiyonu kullanılarak kesin değeri bilinen sayı olarak ifade edildiği için, uygulaması oldukça kolay bir modeldir.

Lotfi, Noora, Nikoomaram, Alimardani & Modi (2009) modeli ile bulanık verilerin herhangi bir üyelik derecesindeki verilerinin kullanılmasıyla, o üyelik derecesindeki verimlilik değişiminin olasılığı bulunabilmektedir. Modelin uygulanabilmesi için her α kesimi için (KVB sayısı*4) adet uzaklık fonksiyonu modelinin kurulması gerekmektedir.

Hatami-Marbini, Tavana & Emrouznejad (2012) modeli her türlü üyelik fonksiyonu için herhangi bir α kesimindeki uzaklık fonksiyonlarının alabileceği maksimum değerleri vermektedir. Bu anlamda Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) modelinin uzaklık fonksiyonları bağlamında bu modeli kapsadığı söylenebilir. Bu modelin MTVFE değerlerinin Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) modelinden farklı çıkmasının sebebi, Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) modelinde MTFVE'lerinin alt ve üst sınırlarının bulunmasıdır.

Jahanshahloo, Lotfi & Valami (2006) modelinin geniş bir değerlendirme olanağı vermesi bir avantaj olmasına rağmen, her üyelik fonksiyonu ve KVB için ayrı model kurulmasının gerekliliği ve uygulanmasının çok vakit alması modelin dezavantajı olarak söylenebilir. Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) için uygulama kolaylığı

model için bir avantajken, farklı sıralama fonksiyonları için sonuçların değişecek olması modelin dezavantajıdır. Lotfi, Noora, Nikoomaram, Alimardani & Modi (2009) modelinin de uygulamada çok vakit alması modelin en büyük dezavantajıdır. Hatami-Marbini, Tavana & Emrouznejad (2012) modelinde ölçek dönüşümünün yapılması ile MTFVE hesaplanacak olan KVB'ler için maksimum uzaklık fonksiyonu değerleri elde ediliyor olmasının modelin dezavantajı olduğu söylenebilir.

Jahanshahloo, Lotfi, Nikoomaram & Alimardini (2007) modeli hariç diğer modellerin çözümünde uzaklık fonksiyonları hesaplanırken farklı girdi-çıkı verileri kullanıldığı için, tek seferde tüm KVB'lerin MTFVE hesaplamaları için geliştirilmiş olan EMS, DEAP, WinDEAP gibi yazılımları kullanmak mümkün değildir. Bu çalışmada örnek problemin çözümü için WinQSB 2.0 ve GAMS 22.5 paket programları kullanılmıştır.

Çalışmada ele alınan modellerin bundan sonra MTFVE ile çalışma yapacak kişilere verilerdeki bulanıklığı dikkate alma bağlamında destek olabileceği düşünülmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda aylak tabanlı uzaklık fonksiyonu modellerinin kullanılması, ölçüğe göre değişken getiri varsayımıyla da bulanık MTFVE modellerinin geliştirilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Açikel, C.H., Özer, M., & Kılıç, S. (2004). *Farklı kurum hastanelerinin veri zarflama yöntemi ile verimlilik analizleri*. IX. Halk Sağlığı Kongresi, 3-6 Kasım 2004, Ankara.
- Amiri, N.M., & Nasser, S.H. (2006). Duality in fuzzy number linear programming by use of a certain linear ranking function. *Applied Mathematics and Computation*, 180, 206-216.
- Banker, R.D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). Models for estimating technical and scale efficiencies in DEA. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Baykal, N., & Beyan, T. (2004). *Bulanık mantık ilke ve temelleri*. Yayın No:9, Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Carlsson, C., & Korhonen, P. (1986). A parametric approach to fuzzy linear programming. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 17-30.
- Chang, H. H. (1998). Determinants of hospital efficiency: the case of central government-owned hospitals in taiwan. *Omega-International Journal Management Science*, 26 (2), 307-317.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Cingi, S., & Tarım, Ş.A. (2000). Türk banka sisteminde performans ölçümü: DEA-Malmquist TFP endeksi uygulaması. *Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi*, 2000-01, 1-34.
- Çakmak, M., Öktem, M.K., & Ömürgönülşen, U. (2009). Türk kamu hastanelerinde teknik verimlilik sorunu: Veri zarflama analizi tekniği ile sağlık bakanlığı'na bağlı kadın doğum hastanelerinin teknik verimliliklerinin ölçülmesi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 12(1), s.1-36.

- Ersoy, K., Kavuncubaşı, Ş., Özcan, Y.A., & Haris M.J. (1997). Technical efficiency of turkish hospitals: dea approach. *Journal of Medical Systems* 21(2), 67–74.
- Guo, P., & Tanaka, H. (2001). Fuzzy DEA: A perceptual evaluation method. *Fuzzy Sets and Systems*, 119, 149-160.
- Güleş, H.K., & Özata M. (2004). *Hizmet sektöründe göreceli etkinlik ölçümü: özel hastaneler veri zarflama analizi uygulaması örneği*. IV Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, Konya.
- Harris, J.H., Özgen, H., & Özcan, Y.A. (2000). Do mergers enhance the performance of hospital efficiency?. *Journal of the Operational Research Society*, 801–811.
- Fare, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., & Ross, P. (1992). Productivity changes in Swedish pharmacies 1980-1989: A non-parametric Malmquist approach. *The Journal of Productivity Analysis*, 3, 85-101.
- Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66-83.
- Hatami-Marbini, A., Tavana, M., & Emrouznejad, A. (2012). Productivity growth and efficiency measurements in fuzzy environments with an application to health care. *International Journal of Fuzzy System Applications*, 2(2), 1-35
- Jahanshahloo, G.R., Lotfi, F.H., Nikoomaram, H., & Alimardini, M. (2007). Using a certain linear ranking function to measure the Malmquist productivity index with fuzzy data and application in insurance organization. *Applied Mathematical Sciences*, 1(14), 665 – 680.
- Jahanshahloo, G.R., Lotfi, F.H., & Valami, H.B. (2006). Malmquist productivity index with interval and fuzzy data: An application of data envelopment analysis. *International Mathematical Forum*, 1(33), 1607-1623.
- Kao, C., & Liu, S.T. (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 113, 427-437.
- Karasoy, H. (2000). Veri zarflama analizi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul.
- Kubat, Ö.U. (2002). Ankara'daki hastanelerin teknik verimliliklerinin veri zarflama yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Dönem Projesi*, Ankara.
- Kavuncubaşı, Ş. (1995). Hastanelerde göreceli verimlilik ölçümü: veri çevreleme analizinin uygulanması”. *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Ankara.
- Lavers, R.J., & Whyness, D.K. (1978) A production function analysis of english maternity hospitals. *Socio- Economic Planning Sciences*, 12(2), 85–93.
- Lotfi, H.F., Noora, A.A., Nikoomaram, H., Alimardani, M., & Modi, M. (2009). Using LR-fuzzy numbers data to measure the efficiency and the Malmquist productivity index in data envelopment analysis and its application in insurance organizations. *International Journal of Industrial Mathematics*, 1(1), 55-68.

- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference curves. *Trabajos de Estadística*, 4, 209-242.
- ÖSYM. (2011). *2009-2010 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-56159/h/24ogretimelemanakdgrv.pdf>
- ÖSYM. (2012). *2010-2011 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-58227/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>
- ÖSYM. (2013). *2011-2012 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-60415/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>
- ÖSYM. (2014). *2012-2013 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri*. Erişim Tarihi: 27.01.2016, <http://osym.gov.tr/dosya/1-69420/h/28ogretimelemanakdgrv.pdf>
- Özata, M., & Aslan, Ş. (2005). Veri zarflama analizi yöntemi ile hastanelerde etkinlik ölçümü: üniversite ve devlet hastaneleri uygulaması. *Hastane Yönetimi*, 2, 1-8.
- Özcan, A.Y., & Luke, R.D. (1993). A national study of the efficiency of hospitals in urban markets. *Health Services Research*, 27(6), 719-734.
- Paradi, J.C., & Schaffnit, C. (2004). Commercial branch performance evaluation and results communication in a Canadian bank – a DEA application. *European Journal of Operational Research*, 156, 719-735.
- Ross, T., Booker, J.M., & Parkinson, W.J. (2002). *Fuzzy logic and probability applications bridging the gap*. American Statistical Association and the Society for Industrial and Applied Mathematics, 1st Ed., Philadelphia, VA: SIAM.
- Saati S., & Memariani A. (2005). Reducing weight flexibility in fuzzy DEA. *Applied Mathematics and Computation*, 161, 811-822.
- Werners. B. (1987). An interactive fuzzy programming system. *Fuzzy Sets and Systems*, 23, 131-147.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zimmermann, H.J. (1983). Fuzzy mathematical programming. *Computers and Operations Research*, 10(4), 291-298.