

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/298697923>

# Efficiency analysis of dried apricot farms using fuzzy data envelopment analysis

Article · January 2015

---

CITATIONS

0

READS

38

1 author:



**Orhan Gündüz**

Inonu University

35 PUBLICATIONS 829 CITATIONS

SEE PROFILE



Tarım Bilimleri Dergisi  
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:  
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:  
www.agri.ankara.edu.tr/journal

## Bulanık Veri Zarflama ile Kuru Kayısı Yetiştiren İşletmelerin Etkinlik Analizi

Orhan GÜNDÜZ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Inönü Üniversitesi Battalgazi MYO, Battalgazi Yerleşkesi, 44210, Malatya, TÜRKİYE

### ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Orhan GÜNDÜZ, E-posta: orhangunduz@inonu.edu.tr, Tel: +90 (422) 846 12 55 / 223

Geliş Tarihi: 02 Haziran 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 15 Eylül 2014, Kabul: 09 Ekim 2014

### ÖZET

Bu çalışmada, kuru kayısı yetiştiren işletmelerin bulanık veri zarflama yöntemiyle etkinliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Tarımsal ürünlerin genelinde olduğu gibi kuru kayısı üretimi de belirsizlik şartlarında gerçekleştirilir, dolayısıyla işletmelerin girdi ve çıktılarına ait veriler kesin değerler değildir. Kesin olmayan verilerle klasik veri zarflama analizi yapılarak elde edilen etkinlik skorları yansız ve tutarlı olmadığından, güvenilir ve sağlam sonuçlara ulaşmak için önerilen yöntemlerden birisi bulanık veri zarflama yöntemidir. Araştırmada Kao & Liu tarafında önerilen ve  $\alpha$  kesim düzeylerine göre etkinlik ölçen yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşım ile etkinlik skoru tahmin etmek için Malatya ili Battalgazi ilçesinde kuru kayısı yetiştiren 46 işletmenin girdi ve çıktı verileri kullanılmıştır. Bulanık Veri Zarflama Analizi ile işletmelerin etkinlik sınırlarının 0.899-0.909 arasında değiştiği belirlenmiştir. Klasik veri zarflama analizi nokta etkinlik skoru tahmin ettiğinden, bulanık veri zarflama analiz ile tahmin edilen ve sınır değerleri ile ifade edilen etkinlik skorları, karar alıcılara işletmenin görel etkinliği hakkında farklı belirsizlik düzeyleri itibarıyla fikir verme avantajına sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Bulanıklık;  $\alpha$  kesim düzeyleri; Üçgen üyelik fonksiyonu; Kuru kayısı işletmeleri

## Efficiency Analysis of Dried Apricot Farms Using Fuzzy Data Envelopment Analysis

### ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Orhan GÜNDÜZ, E-mail: orhangunduz@inonu.edu.tr, Tel: +90 (422) 846 12 55 / 223

Received: 02 June 2014, Received in Revised Form: 15 September 2014, Accepted: 09 October 2014

### ABSTRACT

The aim of this research is to measure the efficiency of dried apricot farms using fuzzy data envelopment analysis. Dried apricot production, as in all agricultural production, takes place in an uncertain environment, therefore input and output data of farms include imprecise. Since the efficiency scores of convectional data envelopment analysis obtained using imprecise data are unbiased and inconsistent, to improve the reliable and robust efficiency scores, one of the proposed methods is fuzzy data envelopment analysis. In the research, the proposed approach by Kao & Liu was used to measure the efficiency of farms, which uses  $\alpha$  cut levels. To estimate the efficiency scores of farms via this approach, the inputs

and output data of 46 dried apricot farms of Battalgazi district of Malatya province of Turkey were used. According to the fuzzy data envelopment analysis, the boundaries of efficiency scores of farms changed from 0.899 to 0.909. Since convectional data envelopment analysis is point estimates, the efficiency scores of fuzzy data envelopment analysis, which is expressed by boundaries, has advantages giving major ideas by the different uncertain levels on the relative performance of farm to decision makers.

Keywords: Fuzziness;  $\alpha$  cut levels; Triangle membership functions; Dried apricot farms

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

## 1. Giriş

İşletmelerin teknik etkinliğinin belirlenmesi için üretim fonksiyonu üzerinden olasılıklı sınır tahmini yapılması literatürde sık kullanılan bir yaklaşım olmakla birlikte (Özkan et al 2011), üretim sınırına göre etkinliğinin ölçümü için geliştirilen metotlardan birisi olan ve parametrik olmayan Veri Zarflama Analizi de (VZA) oldukça kullanılan bir metottur. Doğrusal programlama tabanlı bir etkinlik ölçme yöntemi olan VZA, Charnes et al (1978) tarafından Farrell (1957)'in etkinlik ölçümünü esas alarak geliştirilmiştir. Aynı amaç ve hedeflere sahip Karar Verme Birimlerinin (KVB) görelî etkinliğini hesaplayan VZA, bir işletmenin etkin olmasının, aynı miktar çıktıyı üreten başka işletmelerin daha fazla girdi kullanmasına veya aynı miktar girdiyi kullanan işletmelerin daha az çıktı üretmesi koşuluna bağlı olduğunu varsayan, deterministik bir modeldir (Shokouhi et al 2010). VZA, çok çıktı ve çok girdili bir modeli çözmek, farklı birimlerle ifade edilen değişkenleri aynı modelde kullanabilmek, girdi çıktılarına ilişkin varsayımlarda bulunmamak gibi avantajlara sahiptir (Oruç 2008).

Charnes et al (1978) tarafından geliştirilen VZA modeli, ölçüğe sabit getiri şartlarında etkinlik tahmin etmekte iken, Banker et al (1984), VZA'nın ölçüğe değişken getiri yaklaşımını geliştirmişlerdir. VZA'da etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına ulaşabilmeleri için ayrıca girdiye yönelik ve çıktıya yönelik modeller geliştirilmiştir (Coelli et al 1998).

Klasik VZA modelleri, yalnızca kullanılan girdi ve üretilen çıktılarının kesin olarak bilindiği durumlarda uygulanabildiğinden etkinlik skorları, verilerdeki değişime ve verilerin güvenilirliğine

karşı çok hassastır. Veri seti içinde bulunabilecek bir uç veya hatalı değer, etkinlik skorunu önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Guo & Tanaka (2001) ile Kuosmanen et al (2007), bu tür verilerle tahmin edilen etkinlik skorlarının yansız ve tutarlı olmaması nedeniyle tartışmalı olduğuna dikkat çekmektedirler. Klasik VZA sonuçlarının güvenilirliğine yönelik eleştiriler, farklı yöntemlerin araştırılmasına ve kullanılmasına fırsat yaratmıştır. Simar & Wilson (2000); Cazals et al (2002); Banker & Chang (2006); Kuosmanen & Johnson (2010), farklı metotlarla VZA yaparak tahmin ettikleri etkinlik sonuçlarının yansız ve homojen olduğunu savunmaktadır.

Verilerin kesin olarak elde edilemediği durumlarda etkinlik ölçümlerinin yapılabilmesi için kullanılan modellerden birisi de bulanık veri zarflama analizi (Bulanık VZA)'dir. Bulanık teoriyle, VZA yapılan ilk çalışma Sengupta (1992)'ya aittir. Bu çalışmanın ardından özellikle son on yılda birçok Bulanık VZA modeli geliştirilmiş ve oldukça geniş kullanım alanı bulmuştur. Bunlardan en fazla bilinen ve kullanılanları, Kao & Liu (2000); Despotis & Smirlis (2002); Leonet al (2003); Lertworasirikul et al (2003); Liu (2008) ile Wen & Li (2009)'nin geliştirdiği modellerdir.

Bulanık veri zarflama, Türkiye'de de farklı bilim dallarında sınırlı da olsa kullanılmaya başlanmıştır. Akyüz (2005); Güneş (2006); Oruç (2008); Deniz (2009) ve Şafak (2010) tarafından gerçekleştirilen araştırmalar Türkiye'de Bulanık VZA'nın farklı bilim dallarında uygulandığı nadir çalışmalaradır. Bulanık VZA'nın tarımsal ekonomi bilimine yönelik uygulamalarını tespit etmek için yapılan literatür çalışmalarında dünyada çok kısıtlı çalışmaya

rastlanılmış olup, Türkiye’de henüz kullanılmamış bir yöntem olduğu tespit edilmiştir. Dünyada tarım ekonomisi alanında Bulanık VZA ile yapılan sınırlı çalışmalardan birisinde, Hadi-Vencheh & Matin (2011), buğday yetiştiren işletmelerin göreceli etkinliğini, Sefeedpari et al (2012a), süt sığırcılığı işletmelerinin enerji kullanımında etkinliğini, yine Sefeedpari et al (2012b) yumurta tavukçuluğu yapan işletmelerin enerji etkinliğini, Muger (2013) süt sığırcılığı işletmelerinin etkinliğini Bulanık VZA ile ölçmüşlerdir.

Bu çalışmada, daha güvenilir sonuçlara ulaşmaya ve politika önerileri geliştirmeye imkân veren Bulanık VZA yönteminin tarım işletmelerinin etkinliğini ölçmek için kullanılabileceğini göstermek amacıyla, kuru kayısı üreten işletmelerden temin edilen verilerle ampirik bir çalışma yürütülmüştür. Diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi kayısı yetiştiriciliği yapan işletmelerin de etkinlik analizinde kullanılacak veriler, sürekli değişen teknoloji, piyasa şartları, sıcaklık, nem, don, dolu gibi sürekli değişkenlik gösteren birçok faktörün etkisiyle yüksek düzeyde belirsizlik içermektedir. Bu durumda, üretim girdileri ve elde edilen çıktı değerleri kesin olmayan verilerle ifade edilmek zorunda kalmaktadır.

Literatürde Malatya ili kayısı işletmelerinin etkinliği üzerine yapılmış iki çalışmaya (Gündüz et al 2010; 2011) rastlanılmış olup, bu çalışmaların, verilerin kesin ve belirsiz olmadığı varsayımıyla gerçekleştirildiği görülmüştür. Araştırmada kullanılan modellerin özgünlüğü dolayısıyla, işletmelerin etkinliğini ölçmek amacıyla yapılacak sonraki çalışmalara kaynak olması beklenmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırmanın verileri, Malatya ili Battalgazi ilçesinde kayısı yetiştiriciliği yapan 46 tarım işletmesiyle yapılan anketlerden temin edilmiştir. Kasım-Aralık 2012’de gerçekleştirilen anketler 2011-2012 üretim dönemine ait verileri kapsamaktadır.

### 2.2. Örneklem yöntemi

Örnek hacminin belirlenmesi için 5 köy (Adagören, Çolakoğlu, Hatunsuyu, Kadıçayırı ve Yarımcahan) gayeli olarak seçilmiştir. Köylerde kayısı yetiştiren 624 işletme araştırmanın ana kitlesini oluşturmuştur. Örneklem kriteri olarak işletmelerin sahip olduğu kayısı arazisi genişliği esas alınmıştır. İşletme arazilerine ait veriler normal ve homojen bir dağılım gösterdiğinden, örnek hacminin belirlenmesinde basit tesadüfi örneklem yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, Eşitlik 1 ile ifade edilmektedir (Çiçek & Erkan 1996).

$$n = \frac{N * z^2 * \sigma^2}{(N - 1) * d^2 + z^2 * \sigma^2} \quad (1)$$

Burada;  $n$ , örnek hacmini;  $N$ , ana kitle sayısını;  $z$ , güven aralığı (% 90);  $\sigma^2$ , varyansı;  $d$ , ortalamadan izin verilen hatayı (% 10) göstermektedir. Yöntem kullanılarak örnek hacmi 46 olarak hesaplanmış ve bu işletmelerden hangisine anket uygulanacağı tesadüfi sayılar tablosu yardımıyla belirlenmiştir.

### 2.3. Bulanık VZA yöntemi

İşletme düzeyinde, özellikle tarım işletmelerinde, etkinlik ölçmek amacıyla kullanılan girdi ve çıktılara ait veriler belirsizlik içermekte olup, bu veriler özellikle VZA gibi deterministik bir modelle analiz edildiğinde, güvenilir ve sağlam sonuçlara ulaşılacaktır. Daha güvenilir ve sağlam sonuçlara ulaşmak için geliştirilen yöntemlerden birisinin Bulanık VZA olduğu yukarıda izah edilmiştir.

Bulanık VZA’nde farklı belirsizlik şartlarına göre uygun etkinlik ölçümü yapmak için kullanılan veriler literatürde 4 başlık altında toplanmış olup (Oruç 2008), bu çalışmada sınırlandırılmış veriler (alt ve üst sınır değerlerinin ya da üyelik fonksiyonunun bilindiği bulanık sayı verileri) ile kesin değerleri bilinen verilerden yararlanılmıştır.

Bulanık VZA, Zadeh (1965)’in bulanık küme teorisinden yararlanmaktadır. Zadeh (1965), bulanıklığı izah ederken herhangi bir elemanın bir kümeye ya ait olduğu veya ait olmadığını savunan klasik küme teorisine farklı bir bakış kazandırarak, bir elemanın bir

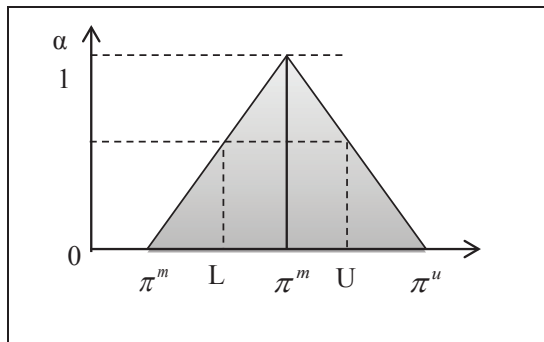
kümeyle aitliğinin belirli derecelerle mümkün olduğunu ifade etmektedir. Bu durumu anlaşılır kılmak için gri renginin hem beyaz hem de siyah rengine belirli tonlarla sahip olduğu örneğini vermiştir. Bulanıklık teorisine göre bir küme elemanı aynı zamanda başka kümelerin de elemanı olabilir.

Bulanık küme matematiksel olarak  $\tilde{Z} = \{x, \mu_{\tilde{Z}}(x) \mid x \in E\}$  şeklinde gösterilmekte olup, E evrensel kümede yer alan x elemanının  $\tilde{Z}$  bulanık kümesine belirli üyelik derecesi ile ait olduğu anlaşılmaktadır.  $\mu_{\tilde{Z}}(x) = 1$  iken x elemanı kümeyle tam aittir,  $\mu_{\tilde{Z}}(x) = 0$  iken x'in küme elemanı olmadığı ve  $0 < \mu_{\tilde{Z}}(x) < 1$  iken x'in  $\tilde{Z}$  kümesine belirli derecelerde ait olduğu anlaşılmaktadır (Zadeh 1965). Bulanık küme teorisinde bulanıklık ~ ile simgeleştirilmiştir.

Bulanık kümelerde bir elemanın kümeyle üyelik derecesi, üyelik fonksiyonunun tanımlandığı şekle göre yapılmaktadır. Üyelik fonksiyonları bulanık küme teorisinin esasını teşkil etmektedir (Güneş 2006). Literatürde en çok kullanılan üyelik fonksiyonları olarak, üçgen, yamuk ve S biçimli olanlar göze çarpmaktadır.

Araştırmada üçgensel üyelik fonksiyonu kullanılarak kuru kayısı yetiştiren işletmelere ait kesin olmayan veriler bulanıklaştırılmıştır.

Üçgensel üyelik fonksiyonlarının matematiksel formu Şekil 1 ve Eşitlik 1'deki gibidir (Mugera 2013).



Şekil 1- Üçgensel üyelik fonksiyonu grafiği

Figure 1- A triangular fuzzy membership function

$$\mu_{\tilde{A}}(x; \pi^l, \pi^m, \pi^u) = \begin{cases} 0, & x < \pi^l \text{ veya } x > \pi^u \\ \frac{x - \pi^l}{\pi^m - \pi^l}, & \pi^l \leq x \leq \pi^m \\ \frac{\pi^u - x}{\pi^u - \pi^m}, & \pi^m \leq x \leq \pi^u \end{cases} \quad (2)$$

Burada;  $\pi^m$ , üyelik derecesi 1 olan ve kümeyle tam üyeliği gösteren orta değeri;  $\pi^l$  ve  $\pi^u$ , kümeyle tam olarak değil, kısmi olarak yani belirli derecelerle ait olan bulanık sayının kanat açıklıklarını göstermektedir.

Araştırmada bulanık sayının kanat açıklıklarını belirlemek için üçgen üyelik fonksiyonunun simetrik şekli tercih edilmiştir. Bunu gerçekleştirmek amacıyla her değişkenin standart hatasından yararlanılmıştır. Böylelikle kanat açıklıkları için  $\pi^l$  veya  $\pi^m =$  değişken değeri  $\pm$  standart hata ile belirlenmiş ve veriler bulanıklaştırılmıştır. Simetrik bulanık sayılar ifadesinden, en düşük ve en yüksek kanat açıklıklarının eşit olduğu anlaşılmaktadır (Eşitlik 3).

$$x_{ij}^m - x_{ij}^l = x_{ij}^u - x_{ij}^m = \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Bulanık küme teorisi ile elde edilen veriler bulanık yani kesin olmayan veriler olduğundan, doğrusal programlama kullanmak için verilerin bulanıklıktan kurtarılması gerekmektedir. Bunun için Zadeh (1965)'in genişleme prensibi ve  $\alpha$  kesme seviyesi kullanılmaktadır.  $\alpha$  kesim seviyesi bulanık bir kümenin elemanlarının kümeyle aidiyet derecesi için kullanılmaktadır.  $\alpha$  kesme seviyesi,  $\{\alpha \in (0,1]\}$  üyelik dereceleri  $\alpha$ 'ya eşit veya ondan büyük olan elemanların oluşturduğu  $X$ 'in kesin alt kümesidir. Bu  $\tilde{A}_\alpha = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha / x \in X\}$  şeklinde gösterilir. Bir bulanık sayı, her  $\alpha$  kesim seviyesi için kapalı aralıkta  $[L(\alpha), U(\alpha)]$  şeklinde gösterilerek kesin değerlere dönüştürülür.  $L(\alpha)$  alt sınırı,  $U(\alpha)$  ise üst sınırı verir. Bundan dolayı, verilen  $\alpha$  kesme seviyesinde verilerin güven aralığı  $L(\alpha)$  alt sınırı,  $U(\alpha)$  ise üst sınırı göstermek üzere Eşitlik 4'teki gibi ifade edilebilir (Kao & Liu 2000).

$$\forall \alpha \in [0:1], A_\alpha = [L = \alpha(\pi^m - \pi^l) + \pi^l, U = \pi^u - \alpha(\pi^u - \pi^m)] \quad (4)$$

Bu araştırmada yukarıda belirtilen hususlar gözetilerek Bulanık VZA ile kuru kayısı işletmelerinin etkinliklerini ölçmek için Kao & Liu (2000) tarafından, gözlem değerlerinin bulanık sayılar olduğu değişkenler için  $\alpha$  kesme seviyesi ve Zadeh'in genişleme prensibini kullanarak etkinlik skorlarının üyelik fonksiyonlarını elde etmek için geliştirdikleri metottan yararlanılmıştır. Kao & Liu (2000) modeli ile sınırlandırılmış ve kesin değeri bilinen verilere VZA uygulanabilmektedir.

Bulanık VZA için, girdilerin  $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u)$  ve çıktıların  $\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^l, y_{rj}^m, y_{rj}^u)$  üçgensel bulanık sayılarla gösterilen kesin olmayan değerlere sahip

$$\text{Min } Z = \theta$$

$$[\theta(\alpha x_{io}^m + (1-\alpha)x_{io}^l), \theta(\alpha x_{io}^m + (1-\alpha)x_{io}^u)] \geq \left[ \sum_{j=1}^n \lambda_j (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha)x_{ij}^l), \sum_{j=1}^n \lambda_j (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha)x_{ij}^u) \right] \forall_i \quad (5)$$

$$[\theta(\alpha y_{ro}^m + (1-\alpha)y_{ro}^l), \theta(\alpha y_{ro}^m + (1-\alpha)y_{ro}^u)] \leq \left[ \sum_{j=1}^n \lambda_j (\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha)y_{rj}^l), \sum_{j=1}^n \lambda_j (\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha)y_{rj}^u) \right] \forall_r$$

$$\lambda_j \geq 0$$

Araştırmada etkinlik ölçümü, işletmelerin eksik rekabet koşullarından dolayı ölçöğe sabit getiri ile çalışmadıkları varsayılarak ölçöğe değişken getiri yaklaşımı ile yapılmıştır. Ayrıca, işletmelerin elde edilen çıktılarına müdahale edemeyeceği, ancak girdi kullanımında değişiklik yapabilecekleri gözetilerek girdiye yönelik etkinlik ölçen model kullanılmıştır.

Araştırmanın verileri girdiler ve çıktı şeklinde ayrılmış olup, 6 girdili ve tek çıktılı bir modelle etkinlik ölçülmüştür. Araştırmanın girdileri, kayısı arazi varlığı (da), işgücü (saat da<sup>-1</sup>), yakıt (L da<sup>-1</sup>), azot (kg da<sup>-1</sup>), ilaç masrafı (TL da<sup>-1</sup>) ve kükürt (kg da<sup>-1</sup>), çıktı ise kuru kayısı verimi (kg da<sup>-1</sup>)'dır. İşletmenin kayısı arazisi kesin değer içerdiğinden bu değişken için bulanıklaştırma yapılmayarak kesin değer kullanılmıştır. Diğer girdi ve çıktı değişkenleri standart hatalarından yararlanılarak kanat açıklıkları belirlenmiş ve bu yolla verilere belirsizlik yüklenmiştir.

olduğu varsayımı ile hareket edilmekte ve girdi ve çıktılarına ait verileri kesin aralıklara dönüştürmek için girdi ve çıktı seviyeleri  $\tilde{x}_{ij} \in [x_{ij}^l, x_{ij}^u]$  ve  $\tilde{y}_{rj} \in [y_{rj}^l, y_{rj}^u]$  gibi sınırlı aralıklar içerisinde dönüştürülmektedir. Klasik VZA modeline ait doğrusal programlama modeli,  $\alpha$  kesme seviyesi ve Zadeh'in genişleme prensibi yardımıyla bulanık verilerle düzenlendiğinde Eşitlik 5'deki Bulanık VZA modeli oluşturulmuş olur.

Burada;  $\tilde{x}_{ij}$ , j., işletmenin i. bulanık girdisini;  $\tilde{y}_{rj}$ , j., işletmenin r. bulanık çıktısını;  $\lambda$ , ağırlıklarını göstermektedir.

Yukarıda matematiksel formu gösterilen 3 numaralı Bulanık VZA modeli, girdiler ve çıktıya ait kısaltmalarla açık bir şekilde Eşitlik 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Teknik etkinliğin üst sınır skorları için;

Amaç fonksiyonu  $\text{Min } Z = \theta$

$$\left[ \begin{array}{l} \theta(\alpha KA_{io} + (1-\alpha)KA_{io}) \geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha KA_{ij} + (1-\alpha)KA_{ij}) \\ \theta(\alpha IG_{io}^m + (1-\alpha)IG_{io}^l) \geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha IG_{ij}^m + (1-\alpha)IG_{ij}^l) \\ \theta(\alpha YAK_{io}^m + (1-\alpha)YAK_{io}^l) \geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha YAK_{ij}^m + (1-\alpha)YAK_{ij}^l) \\ \theta(\alpha AZ_{io}^m + (1-\alpha)AZ_{io}^l) \geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha AZ_{ij}^m + (1-\alpha)AZ_{ij}^l) \\ \theta(\alpha ILC_{io}^m + (1-\alpha)ILC_{io}^l) \geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha ILC_{ij}^m + (1-\alpha)ILC_{ij}^l) \\ \theta(\alpha KKR_{io}^m + (1-\alpha)KKR_{io}^l) \geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha KKR_{ij}^m + (1-\alpha)KKR_{ij}^l) \\ \theta(\alpha KV_{io}^m + (1-\alpha)KV_{io}^l) \leq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha KV_{ij}^m + (1-\alpha)KV_{ij}^l) \\ \lambda_j \geq 0, 0 \leq \theta \leq 1 \end{array} \right. \quad \text{Kısıtlayıcılar} \quad (6)$$



Teknik etkinliğin alt sınır skorları için;

Amaç fonksiyonu  $\text{Min } Z = \theta$

$$\left. \begin{aligned} \theta(\alpha KA_{io} + (1-\alpha)KA_{io}) &\geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha KA_{ij} + (1-\alpha)KA_{ij}) \\ \theta(\alpha IG_{io}^m + (1-\alpha)IG_{io}^u) &\geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha IG_{ij}^m + (1-\alpha)IG_{ij}^u) \\ \theta(\alpha YAK_{io}^m + (1-\alpha)YAK_{io}^u) &\geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha YAK_{ij}^m + (1-\alpha)YAK_{ij}^u) \\ \theta(\alpha AZ_{io}^m + (1-\alpha)AZ_{io}^u) &\geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha AZ_{ij}^m + (1-\alpha)AZ_{ij}^u) \\ \theta(\alpha İLC_{io}^m + (1-\alpha)İLC_{io}^u) &\geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha İLC_{ij}^m + (1-\alpha)İLC_{ij}^u) \\ \theta(\alpha KKR_{io}^m + (1-\alpha)KKR_{io}^u) &\geq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha KKR_{ij}^m + (1-\alpha)KKR_{ij}^u) \\ \theta(\alpha KV_{io}^m + (1-\alpha)KV_{io}^u) &\leq \sum_{j=1}^{46} \lambda_j (\alpha KV_{ij}^m + (1-\alpha)KV_{ij}^u) \end{aligned} \right\} \text{Kısıtlayıcılar} \quad (7)$$

Burada;  $KA$ , kayısı arazisi;  $İG$ , işgücü;  $YAK$ , yakıt;  $AZ$ , azot;  $İLC$ , mücadele ilacı;  $KKR$ , kükürt ve  $KV$ , kayısı verimini ifade etmektedir.  $\alpha$ , alfa kesim seviyelerini;  $\theta$ , etkinlik skorunu ve  $\lambda_j$ , girdi ve çıktılarının ağırlık düzeyini ifade etmektedir.  $l$ ,  $u$  ve  $m$  ise değişken değerinin sağ kanat, sol kanat ve merkez değerlerini ifade etmektedir. Kayısı arazisi kesin değer olarak alındığından alt, üst ve merkez değerleri kullanılmamıştır. Üçgensel üyelik fonksiyonlarıyla belirlenen aralık değerlerle etkinlik ölçümü için 0 ile 1 aralığında  $\alpha$  kesme seviyelerine göre etkinliğin alt ve üst sınır değerleri belirlenmiştir.  $\alpha$  kesme seviyeleri 0'dan başlayarak 1'e kadar 0.1 adım aralığında artırılarak her bir alt ve üst sınır için 11'er adet etkinlik skoru elde edilmiştir.

Etkinlik skorlarının tahmininde Scheel (2000) tarafından geliştirilen EMS versiyon 1.3 yazılımından yararlanılmıştır.

Görel olarak en iyi karar verme biriminin belirlenmesi için bulanık etkinlik skorlarının sıralaması Chen & Klein (1997)'in alan ölçümü metodu ile yapılmıştır. Chen & Klein (1997) metodunun matematiksel gösterimi Eşitlik 8'deki gibidir.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n ((E_j)_{ai}^U - c)}{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n ((E_j)_{ai}^U - c) - \left( \sum_{i=1}^n ((E_j)_{ai}^L - d) \right)}{\right]}, \quad n \rightarrow \infty \quad (8)$$

Burada;  $I$ , Chen & Klein indeksini;  $(E_j)_{ai}^U$ , üst sınır etkinlik skorunu;  $(E_j)_{ai}^L$ , alt sınır etkinlik skorunu;  $c$  bütün karar verme birimlerinin  $\alpha$  kesme

seviyelerinin alt sınırının en düşük değerini;  $d$ , bütün karar verme birimlerinin  $\alpha$  kesme seviyelerinin üst sınırının en yüksek değerini;  $n$ ,  $\alpha$  kesme sayısını ifade etmektedir.  $I$  değeri daha yüksek olan karar verme birimleri görel olarak etkindirler. Çalışmada Chen & Klein (1997) metodu ile yapılan sıralama, klasik VZA ile aynı etkinlik skorunu sağlayan  $\alpha=1$  seviyesine ait sonuçlarının sıralaması ile Spearman sıra korelasyonuna tabi tutularak iki sıralama arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu hipotezi test edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bulanık VZA ile daha güvenilir ve sağlam etkinlik skorlarının elde edilmesini amaçlayan bu ampirik çalışmanın girdi ve çıktıları ile işletmelerin bazı özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde, örneğe giren işletmelerin girdi ve çıktılarına ait verilerin yüksek düzeyde varyasyon içerdiği görülmektedir. Özellikle girdi kullanımında yüksek düzeyde varyasyon varlığı, işletmecilerin irrasyonel kaynak kullanımına işaret etmektedir. Bu veriler dikkate alındığında işletmelerin üretimde tam etkinliği yakalayamadığı anlaşılmaktadır.

İncelenen işletmeler, ortalama 17.66 dekar kayısı arazisinden dekara 318 kg kuru kayısı elde etmektedirler. Bu verim düzeyini sağlamak için 103 saat  $\text{da}^{-1}$  işgücü, 5.43 L  $\text{da}^{-1}$  yakıt, 15.97 kg  $\text{da}^{-1}$  gübrelemede azot 56.17 TL  $\text{da}^{-1}$ , mücadele ilacı ve kurutma işlemi için 3.10 kg  $\text{da}^{-1}$  kükürt kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan verilerin, Gündüz et al (2010) tarafından Malatya ili Darende ilçesi için yapılan benzer bir çalışmanın girdi ve çıktılarına yaklaşık olduğu tespit edilmiştir. Gündüz et al (2010) çalışmasında, işletmelerin dekara 79 saat işgücü, 6 litre mazot ve diğer değişken masraflar için 83 TL kullanarak 226 kg  $\text{da}^{-1}$  kuru kayısı elde ettiklerini belirlemiştir.

Kuru kayısı bakımı için gübre kullanımında incelenen işletmelerin tamamının azotlu gübre kullandığı tespit edilmiştir. Potasyumlu, fosforlu ve çinkolu gübre kullanan işletmeler de mevcut olup, VZA'nın bütün işletmelerin aynı girdiyi

**Çizelge 1- Araştırma verileri ile işletmeye ait tanımlayıcı istatistikler***Table 1- The descriptive statistics of sampled farms*

<i>Çıktı</i>	<i>En küçük</i>	<i>En büyük</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Standart sapma</i>
Verim (kg da <sup>-1</sup> )	166.67	666.67	318.28	100.54
<b>Girdiler</b>				
Kayırsız arazisi (da)	2.70	40.00	17.66	9.98
İşgücü (saat da <sup>-1</sup> )	17.67	258.80	103.29	48.34
Yakıt (L da <sup>-1</sup> )	2.50	12.60	5.43	1.73
Azot (kg da <sup>-1</sup> )	0.90	34.59	15.97	8.48
Mücadele ilacı (TL da <sup>-1</sup> )	13.64	122.73	56.17	27.39
Kurutma işlemi için kükürt (kg da <sup>-1</sup> )	0.71	6.73	3.10	1.28
<b>İşletme ve işletmeci özellikleri</b>				
Aile büyüklüğü	3	16	7.26	3.01
EİG cinsinden aile işgücü	1.75	8.75	4.33	1.77
Toplam işletme arazisi	2.70	250.00	29.31	38.25
Parsel sayısı	1	4	1.48	0.12
Traktör sahipliği (0 yok, 1 var)	0	1	0.39	0.49
Bitkisel ürün sigortası (kayırsız için 0 yok, 1 var)	0	1	0.30	0.47
İşletmecinin eğitim düzeyi (yıl)	0	17	6.61	3.49
İşletmecinin yaşı (yıl)	34	74	48.98	10.15
İşletmecinin tecrübesi (yıl)	3	40	21.41	8.22
Kuru kayırsız satış fiyatı (TL kg <sup>-1</sup> )	3	6.25	4.65	0.67

kullanmaları gerektiği varsayımından dolayı bu girdilere ait veriler modele değişken olarak eklenmemiştir. Kuru kayırsız hastalık ve zararlılarla mücadelede, fungusit ve insektisitler her işletme tarafından kullanılmakta iken herbisit kullanan işletme sayısı çok sınırlıdır. Mücadele ilacına ilişkin veriler miktar olarak değil birim fiyat cinsinden modele eklenmiştir. Yine, kuru kayırsız yetiştiriciliğinde kullanılan birçok diğer girdiye ait veriler her işletmede mevcut olmadığından ortaya çıkan sıfır gözlem problemi nedeniyle etkinlik analizi modeline dâhil edilmemiştir.

İnceleme alanında kuru kayırsız yetiştiren işletmelere ait belirli özelliklere ait veriler yine Çizelge 1’de verilmiştir. İncelenen işletmeler, ortalama 7 kişiden oluşmakta ve Erkek İş Gücü (EİG) cinsinden kullanılabilir aile işgücü 4.33 kişi olup, bu veri Gündüz (2002)’nin yöre için tespit ettiği 4.63

EİG’ye oldukça yakındır. İşletmelerde, ortalama işletme genişliği 29.31 dekar olup, 1.48 parselden oluşmaktadır. Gündüz (2002) çalışmasında ortalama işletme genişliğini 45.97 dekar, parsel sayısını ise 2.27 ve kuru kayırsız dikili arazi büyüklüğünü 20.85 dekar olarak belirlemiştir. İncelenen işletmelerin % 30’u kayırsız dolu ve don riskine karşı bitkisel ürün sigortası yaptırmıştır. İşletmecilerin ortalama eğitim düzeyi 7, yaşları 49 ve kayırsız üretimindeki tecrübeleri 21 yıldır. 2011-2012 yılı kuru kayırsız satış fiyatları incelenen işletmeler için 3-6.25 TL kg<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir.

Bulanık verilerle işletme düzeyinde etkinlik skorları Bulanık VZA ile tahmin edilmiştir. Kao & Liu (2000) yaklaşımıyla hesaplanan etkinliklerin alt ve üst sınır skorları için Çizelge 2 ve Çizelge 3 düzenlenmiştir.



**Çizelge 2- Bulanık verilerle tahmin edilen etkinlik skorlarının alt sınır değerleri**

Table 2- The lower bound of efficiency scores of farms estimated by fuzzy data

İşletme numarası	Alt sınır etkinlik skorları $(E_j)_{\alpha}^L$											Ortalama	
	$\alpha$ kesme seviyeleri												
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1		
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	0.898	0.898	0.899	0.899	0.899	0.900	0.900	0.901	0.901	0.901	0.902	0.902	0.900
6	0.760	0.762	0.764	0.766	0.767	0.769	0.771	0.772	0.774	0.776	0.777	0.777	0.769
7	0.840	0.841	0.842	0.843	0.844	0.845	0.846	0.847	0.848	0.849	0.850	0.850	0.845
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	0.946	0.946	0.947	0.947	0.948	0.948	0.949	0.949	0.950	0.950	0.951	0.951	0.948
10	0.698	0.699	0.700	0.701	0.703	0.704	0.705	0.706	0.707	0.708	0.709	0.709	0.704
11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	0.756	0.757	0.759	0.760	0.761	0.763	0.764	0.765	0.766	0.767	0.768	0.768	0.762
13	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14	0.677	0.679	0.680	0.682	0.683	0.685	0.686	0.688	0.689	0.691	0.692	0.692	0.685
15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	0.951	0.952	0.952	0.953	0.953	0.953	0.954	0.954	0.955	0.955	0.955	0.955	0.953
17	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	0.652	0.654	0.656	0.658	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.668	0.670	0.670	0.661
19	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	0.900	0.901	0.902	0.903	0.904	0.906	0.907	0.908	0.909	0.910	0.911	0.911	0.905
21	0.969	0.969	0.969	0.970	0.970	0.970	0.970	0.970	0.971	0.971	0.971	0.971	0.970
22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
23	0.754	0.755	0.757	0.759	0.760	0.762	0.763	0.765	0.766	0.767	0.769	0.769	0.761
24	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.924
25	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
26	0.704	0.706	0.708	0.710	0.711	0.713	0.715	0.716	0.718	0.719	0.721	0.721	0.713
27	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
28	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
29	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
30	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
31	0.921	0.921	0.922	0.922	0.923	0.923	0.924	0.924	0.925	0.925	0.925	0.925	0.923
32	0.567	0.569	0.570	0.572	0.573	0.575	0.576	0.578	0.579	0.580	0.582	0.582	0.575
33	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
34	0.680	0.681	0.683	0.684	0.686	0.687	0.689	0.690	0.691	0.693	0.694	0.694	0.687
35	0.627	0.629	0.631	0.633	0.635	0.638	0.640	0.642	0.644	0.646	0.648	0.648	0.637
36	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
37	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
38	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
39	0.863	0.864	0.865	0.866	0.867	0.868	0.869	0.870	0.871	0.872	0.873	0.873	0.868
40	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
41	0.931	0.931	0.932	0.933	0.934	0.934	0.935	0.936	0.936	0.937	0.938	0.938	0.934
42	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
43	0.738	0.740	0.742	0.744	0.746	0.748	0.750	0.752	0.754	0.755	0.757	0.757	0.748
44	0.686	0.688	0.690	0.692	0.694	0.696	0.698	0.699	0.701	0.703	0.705	0.705	0.696
45	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
46	0.895	0.894	0.893	0.892	0.891	0.890	0.890	0.889	0.888	0.888	0.887	0.887	0.890
Ortalama	0.899	0.899	0.900	0.900	0.901	0.901	0.902	0.902	0.903	0.903	0.904	0.904	0.901

**Çizelge 3- Bulanık verilerle tahmin edilen etkinlik skorlarının üst sınır değerleri**

Table 3- The upper bound of efficiency scores of farms estimated by fuzzy data

İşletme numarası	Üst sınır etkinlik skorları $(E_j)_{ca}^U$											
	$\alpha$ kesme seviyeleri										Ortalama	
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9		1
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	0.909	0.908	0.908	0.907	0.906	0.905	0.905	0.904	0.903	0.902	0.902	0.905
6	0.792	0.790	0.789	0.788	0.786	0.785	0.783	0.782	0.780	0.779	0.777	0.785
7	0.860	0.859	0.858	0.857	0.856	0.855	0.854	0.853	0.852	0.851	0.850	0.855
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	0.955	0.955	0.954	0.954	0.953	0.953	0.953	0.952	0.952	0.951	0.951	0.953
10	0.720	0.719	0.718	0.717	0.716	0.715	0.714	0.713	0.712	0.710	0.709	0.715
11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	0.781	0.779	0.778	0.777	0.776	0.774	0.773	0.772	0.770	0.769	0.768	0.774
13	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14	0.708	0.706	0.705	0.703	0.702	0.700	0.698	0.697	0.695	0.694	0.692	0.700
15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	0.959	0.958	0.958	0.958	0.957	0.957	0.957	0.956	0.956	0.956	0.955	0.957
17	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	0.690	0.688	0.686	0.684	0.682	0.680	0.678	0.676	0.673	0.672	0.670	0.680
19	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	0.920	0.919	0.918	0.917	0.916	0.916	0.915	0.914	0.913	0.912	0.911	0.915
21	0.973	0.973	0.973	0.973	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.971	0.971	0.972
22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
23	0.782	0.781	0.780	0.778	0.777	0.776	0.774	0.773	0.772	0.770	0.769	0.776
24	0.927	0.927	0.926	0.926	0.926	0.925	0.925	0.925	0.924	0.924	0.923	0.925
25	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
26	0.736	0.735	0.733	0.732	0.730	0.729	0.727	0.726	0.724	0.723	0.721	0.729
27	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
28	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
29	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
30	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
31	0.930	0.929	0.929	0.928	0.928	0.928	0.927	0.927	0.926	0.926	0.925	0.928
32	0.596	0.594	0.593	0.592	0.590	0.589	0.587	0.586	0.585	0.583	0.582	0.589
33	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
34	0.709	0.707	0.706	0.704	0.703	0.702	0.700	0.699	0.697	0.696	0.694	0.701
35	0.667	0.665	0.663	0.661	0.659	0.657	0.656	0.654	0.652	0.650	0.648	0.657
36	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
37	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
38	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
39	0.882	0.881	0.880	0.879	0.878	0.878	0.877	0.876	0.875	0.874	0.873	0.877
40	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
41	0.944	0.943	0.942	0.942	0.941	0.941	0.940	0.940	0.939	0.938	0.938	0.941
42	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
43	0.773	0.772	0.770	0.769	0.767	0.766	0.764	0.762	0.761	0.759	0.757	0.765
44	0.721	0.719	0.718	0.716	0.715	0.713	0.711	0.710	0.708	0.706	0.705	0.713
45	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
46	0.896	0.895	0.894	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887	0.891
Ortalama	0.909	0.909	0.908	0.908	0.907	0.907	0.906	0.906	0.905	0.904	0.904	0.907

İşletmelerin her  $\alpha$  kesme seviyesi için ayrı ayrı etkinlik skoru tahmin edebilmek için alt sınıra ait 11, üst sınıra ait 11 farklı VZA modeli oluşturulmuştur. Her bir model birbirinden bağımsız olarak çözülmüş ve etkinlik skorları tahmin edilerek aşağıdaki çizelgelere aktarılmıştır. Çizelgelerin son sütununda işletmelerin ayrı ayrı etkinliklerinin ortalaması, son satırında bütün işletmelerin her  $\alpha$  kesme seviyesi için ortalama etkinlikleri yer almaktadır. Alt sınır etkinlik skorları,  $\alpha$  kesme seviyeleri arttıkça (0'dan 1'e doğru) artmakta iken, üst sınır etkinlik skorları tam tersi bir reaksiyon göstererek  $\alpha$  kesme seviyeleri arttıkça azalmaktadırlar.

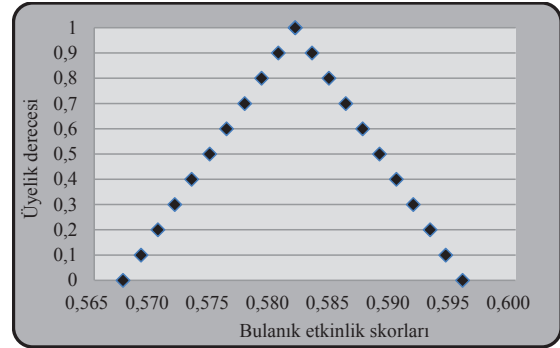
İncelenen işletmelerin ortalama üst sınır etkinlikleri 0.904-0.909 arasında değişmekte iken, alt sınır ortalama etkinlik skorları 0.899-0.904 arasında değişkenlik göstermektedir. İşletmelerin alt sınır ve üst sınır değerleri birlikte ele alındığında etkinlik skorlarının 0.899-0.909 arasında değiştiği belirlenmiştir. Muger (2013) çalışmasında süt sığırcılığı işletmelerinin üretim etkinliği için bu aralığı 0.666-0.715 olarak tahmin etmiş iken, Sefeedpari et al (2012a) yine süt sığırcılığında enerji kullanım etkinliği için 0.834-0.858 olarak tespit etmiştir. İlgili literatürlerde de etkinlik skorlarının alt ve üst sınır değerleri arasında farklılıklar olduğu, ancak farkın düzeyinin bu araştırmanın sonuçları gibi yüksek olmadığı görülmektedir.

Araştırma alanında incelenen işletmelerin 23 tanesi bütün  $\alpha$  kesme seviyeleri için tam etkinliği ( $\theta_0 = 1$ ) sağlamışlardır.  $\alpha = 1$  kesme seviyesi normal verilerle elde edilen yani klasik VZA sonuçlarını da yansıtmaktadır.  $\alpha = 1$  için alt ve üst sınır etkinlik skorları birbirine eşittir. Diğer  $\alpha$  kesim seviyelerinde etkinliğin alt ve üst sınır değerleri arasında farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu farklılığın en yüksek olduğu seviye  $\alpha = 0$ 'dır.

Araştırma sonuçlarına göre etkin olmayan işletmeler etkinlik skoru en düşükten başlamak üzere 32, 35, 18, 14, 34, 44, 10, 26, 43, 23, 12 ve 6 numaralı işletme şeklinde sıralanmaktadır. Etkin olmayan işletmelerden en düşük etkinlik skoruna sahip olan 32 numaralı işletmenin etkinlik skorları alt sınır için 0.567-0.582 aralığında, üst sınır için ise 0.582-

0.596 aralığında değişmektedir. Etkin olmayan 32 numaralı işletmenin  $\alpha = 0$  kesme seviyesinde alt sınır etkinliği 0.567, üst sınır etkinliği ise 0.596'dır. Bu işletme belirsizliğin en yüksek olduğu düzeyde girdilerini alt sınır için ortalama % 43.3 ve üst sınır için ortalama % 40.4 oranında azaltarak tam etkin çalışma düzeyini yakalayabilir. Buradan hareketle diğer işletmelerin bulanık etkinlik skorları aynı şekilde yorumlanabilir.

Yine işletmelerin etkinlik skorlarının üçgensel üyelik dağılımını göstermek amacıyla Şekil 2 çizilmiştir. Şekilde, 32 numaralı işletmenin  $\alpha$  kesme seviyeleri bazında etkinlik skorlarının grafiksel dağılımı görülmektedir. Şekil incelendiğinde işletmelerin belirsizlik düzeyleri itibarıyla net bir etkinlik skoruna sahip olmadığı, aslında etkinliklerinin belirli aralıklarla değiştiği gözlemlenmektedir.



**Şekil 2- İşletme 32 için üçgensel üyelik fonksiyonuyla tahmin edilen etkinlik skorları**

*Figure 2- The estimated efficiency scores of farm 32 using triangular membership function*

$\alpha$  kesme seviyeleri yaklaşımıyla üçgensel üyelik fonksiyonunun Bulanık VZA kullanılarak çözümü ile elde edilen etkinlik skorları açısından görece olarak en iyi performansı gösteren işletmelerin sıralanması amacıyla Chen & Klein indeksi hesaplanmıştır. Daha sonra Chen & Klein indeksi ile Klasik VZA ( $\alpha = 1$ ) ile elde edilen etkinlik skorlarının sıralaması yapılmış ve Çizelge 4'te gösterilmiştir.

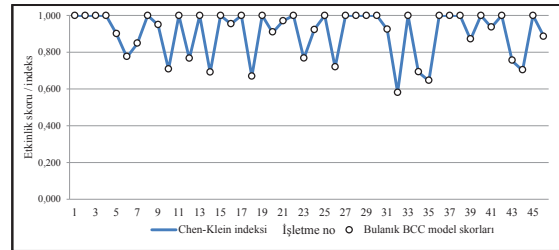
**Çizelge 4- Farklı modellerle elde edilen etkinlik skorlarına göre işletmelerin sıralaması**

Table 4- Ranking of farms by estimated efficiency scores using different methods

Sıra numarası	İşletme numarası*	Chen-Klein indeksi	Klasik VZA ( $\alpha = 1$ ) etkinlik skorları
1	32	0.580	0.582
2	35	0.644	0.648
3	18	0.667	0.670
4	14	0.689	0.692
5	34	0.691	0.694
6	44	0.701	0.705
7	10	0.707	0.709
8	26	0.717	0.721
9	43	0.752	0.757
10	12	0.765	0.768
11	23	0.765	0.769
12	6	0.773	0.777
13	7	0.846	0.850
14	39	0.869	0.873
15	46	0.891	0.887
16	5	0.900	0.902
17	20	0.906	0.911
18	24	0.924	0.923
19	31	0.923	0.925
20	41	0.935	0.938
21	9	0.949	0.951
22	16	0.953	0.955
23	21	0.970	0.971
24	1	1.000	1.000
25	2	1.000	1.000
26	3	1.000	1.000
27	4	1.000	1.000
28	8	1.000	1.000
29	11	1.000	1.000
30	13	1.000	1.000
31	15	1.000	1.000
32	17	1.000	1.000
33	19	1.000	1.000
34	22	1.000	1.000
35	25	1.000	1.000
36	27	1.000	1.000
37	28	1.000	1.000
38	29	1.000	1.000
39	30	1.000	1.000
40	33	1.000	1.000
41	36	1.000	1.000
42	37	1.000	1.000
43	38	1.000	1.000
44	40	1.000	1.000
45	42	1.000	1.000
46	45	1.000	1.000

\*, spearman rho; 0.99 (P<0.01)

Chen & Klein indeks değerleri ile klasik VZA'nın etkinlik skorlarına göre işletmelerin sıralaması arasında farklılık olmadığı çizeleden anlaşılmaktadır. İki sıralama arasında farklılığın olmadığı istatistiksel olarak Spearman sıra korelasyonu ( $r_s = 0.99$ ) ile de test edilmiştir (P<0.01). Klasik VZA etkinlik skorları ile Chen & Klein indeks değerleri ile yapılan sıralama Şekil 3'te de görülmektedir.



Şekil 3- Chen-Klein indeks skorları ile klasik VZA etkinlik skorlarının sıralamasına ait grafik

Figure 3- The figure of ranking of efficiency scores estimated by Chen-Klein and convectional DEA

#### 4. Sonuçlar

Tarımsal üretimin sürekli risk ve belirsizlik koşullarında gerçekleştirilmesi nedeniyle üretime ait girdi ve çıktı verileri de belirsizlik içermektedir. Günümüze kadar işletmelerin etkinliği üzerine yürütülmüş çalışmaların çoğunda böylesi veriler kullanılmıştır. Özellikle parametrik olmayan yöntemlerle etkinlik tahmini yapan ve bu verileri kullanan modellerin sonuçları yansız ve tutarlı olamamaktadır. Güvenilir ve sağlam etkinlik sonuçlarına erişmek için geliştirilen modellerden birisi Bulanık VZA'dır. Bulanık VZA ile elde edilen etkinlik skorları karar verme birimlerine görece performansları hakkında daha sağlıklı bilgiler sağlar.

Bu çalışmada Bulanık VZA'nın tarımsal işletmelerin etkinliğinde kullanılabilirliğini ortaya koymak ve güvenilir sonuçlara ulaşmak amacıyla Malatya ili Battalgazi ilçesinde faaliyette bulunan 46 adet kuru kayısı yetiştiren işletmenin verileri ile etkinlik analizi yapılmıştır. Araştırmada incelenen

işletmelerin ortalama kayıslı arazi genişliği 17 dekar olup, dekara 318 kg kuru kayısı elde etmektedirler. İşletmeler çıktığı elde etmek için çeşitli ve yoğun girdi kullanmakta olup, kullanılan girdi miktarlarının varyasyonunun oldukça yüksek olması etkinlikle ilgili problemlerinin olduğunu göstermektedir.

Araştırma sonucunda, Bulanık VZA ile tahmin edilen etkinlik sınırlarının 0.899-0.909 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu aralık değerler, deterministik ancak parametrik olmayan bir metod olan VZA'nın güven aralıkları şeklinde değerlendirilebilir. Bu sonuçlar klasik VZA sonuçlarına nazaran daha sağlam sonuçlar olarak değerlendirilmektedir.

Araştırmada başarılı bir şekilde uygulanan modellerin tarım ekonomisi alanında etkinlik konusunda yapılacak çalışmalara rehber olacağı düşünülmektedir. Bu ve benzeri çalışmaların sonuçları karar verme mekanizmalarına, politika geliştiricilere daha esnek ve daha sağlam bilgiler sunacaktır.

## Kaynaklar

Akyüz M H (2005). Tedarikçi seçimi probleminde bir bulanık veri zarflama analizi yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı (Basılmamış), İstanbul

Banker R D & Chang H (2006). The super-efficiency procedure for outlier identification not for ranking efficient units. *European Journal of Operational Research* **175**(2): 1311-1320

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

Cazals C, Florens J P & Simar L (2002). Nonparametric frontier estimation: A robust approach. *Journal of Econometrics* **106**(1): 1-25

Charnes A, Cooper W W & Rhodes E (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* **2**(6): 429-444

Chen C B & Klein C M (1997). A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilities.

*IEEE Trans Systems Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics* **27**(1): 26-35

Coelli T, Rao D S P & Battese G E (1998). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA

Çiçek A & Erkan O (1996). Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklem Yöntemleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 12, Ders Notları Serisi: 6, Tokat

Deniz N (2009). Türkiye'deki illerin kaynak kullanımına göre göreceli etkinliklerinin klasik ve bulanık veri zarflama analizi yöntemleri ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi FBE İstatistik Anabilim Dalı (Basılmamış), Eskişehir

Despotis D K & Smirlis Y G (2002). Continuous optimization data envelopment analysis with imprecise data. *European Journal of Operational Research* **140**(1): 24-36

Farrell M J (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A General* **120**(3): 253-290

Gündüz O (2002). Malatya ili merkez ilçede kayısı yetiştiriciliği yapan işletmelerin ekonomik analizi üretim ve pazarlama sorunları. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi FBE Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı (Basılmamış), Tokat

Gündüz O, Ceyhan V, Esengün K & Dağdeviren M (2010). Kayısı yetiştiriciliği yapan işletmelerde ekonomik etkinlik: Darende ilçesi örneği. Türkiye IX Tarım Ekonomisi Kongresi (I), 22-24 Eylül, Şanlıurfa, s. 135-142

Gunduz O, Ceyhan V & Esengun K (2011). Measuring the technical and economic efficiencies of the dry apricot farms in Turkey. *Journal of Food Agriculture & Environment* **9**(1): 319-324

Güneş T (2006). Bulanık veri zarflama analizi. Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi FBE İstatistik Anabilim Dalı (Basılmamış), Ankara

Guo P & Tanaka H (2001). Fuzzy DEA: A Perpetual Evaluation Method. *Fuzzy Sets and Systems* **119**(1): 149-160

Hadi-Vencheh A & Martin R K (2011). An application of IDEA to wheat farming efficiency. *Agricultural Economics* **42**(4): 487-493

Kao C & Liu S T (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems* **113**(3): 427-437

- Kuosmanen T & Johnson A L (2010). Data envelopment analysis as nonparametric least squares regression. *Operations Research* **58**(1): 149-160
- Kuosmanen T, Post T & Scholtes S (2007). Non-parametric tests of productive efficiency with errors in variables. *Journal of Econometrics* **136**(1): 131-162
- Leon T, Liern V, Ruiz J L & Sirvent I (2003). A fuzzy mathematical programming approach to the assessment of efficiency with DEA models. *Fuzzy Sets and Systems* **139**(2): 407-419
- Lertworasirikul S, Fanga S C, Joines J A & Nuttle H L W (2003). Fuzzy data envelopment analysis (DEA): A possibility approach. *Fuzzy Sets and Systems* **139**(2): 379-394
- Liu S (2008). A fuzzy DEA/AR approach to the selection of flexible manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering* **54**(1): 66-76
- Mugera A W (2013). Measuring technical efficiency of dairy farms with imprecise data: a fuzzy data envelopment analysis approach. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* **57**(4): 501-519
- Oruç K O (2008). Veri zarflama analizi ile bulanık ortamda etkinlik ölçümleri ve üniversitelerde bir uygulama, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi SBE (Basılmamış), Isparta
- Özkan B, Hatırlı S A, Öztürk E & Aktaş A R (2011). Antalya ilinde serada domates üretiminin kâr etkinliği analizi, *Tarım Bilimleri Dergisi* **17**(1): 34-42
- Scheel H (2000). Efficiency Measurement System Version 13 (<http://www.wisouni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems>)
- Sefeepari P, Rafiee S H, Akram A & Mousavi-Avval S H (2012a). Application of fuzzy data envelopment analysis for ranking dairy farms in the view of energy efficiency. *Journal of Animal Production Advances* **2**(6): 284-294
- Sefeepari P, Rafiee S H & Akram A (2012b). Selecting energy efficient poultry egg producers: a fuzzy data envelopment analysis approach. *International Journal of Applied Operational Research* **2**(2): 77-88
- Sengupta J K (1992). A fuzzy system approach in data envelopment analysis. *Computers and Mathematics with Applications* **24**(8-9): 256-266
- Shokouhi A H, Hatami-Marbini A, Tavanac M & Saati S (2010). A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. *Computers & Industrial Engineering* **59**(3): 387-397
- Simar L & Wilson P W (2000). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of Applied Statistics* **27**(6): 779-802
- Şafak İ (2010). Orman işletmelerinin etkinlik düzeylerinin klasik ve bulanık veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi (Denizli, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlüğü Örneği), Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No: 63, İzmir
- Wen M & Li H (2009). Fuzzy data envelopment analysis (DEA): Model and ranking method. *Journal of Computational and Applied Mathematics* **223**(2): 872-878
- Zadeh L A (1965). Fuzzy sets. *Information and Control* **8**(3): 338-353