



EFFICIENCY DETERMINATION OF THE FOREST SUB-DISTRICTS BY USING FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (CASE STUDY: İZMİR FOREST REGIONAL DIRECTORATE)

İsmail Şafak^{1*}, Altay Uğur Gül², Mehmet Emin Akkaş¹, S. Ümit Portakal³,
Mustafa Gediklili⁴, Ş.Mümtaz Kanat⁵

¹ Aegean Forestry Research Institute (isafak35@hotmail.com)

² CBU, School of Tobacco Expertise,

³İzmir, ⁴Trabzon, ⁵Muğla Forest Regional Directorate

Abstract

In this research, efficiency covering the years 2007-2009 of the forest sub-districts in the Izmir Forestry Regional Directorate was evaluated using 15 variables by fuzzy data envelopment analysis. Fuzzy data envelopment analysis solutions were carried out using the data range. Fuzzy data was established by defining the lower, central and upper limits on the basis of the triangular membership function. These data are converted into interval data considering the approach of Zimmermann (1991) α cutting set. Thus, the upper and lower limits of efficiency values were obtained at five different α (0; 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00) using fuzzy data envelopment analysis. Then inefficient forest sub-districts were listed from best to worst using the Minimax Regret-Based Approach. As a conclusion, Göçbeyli, Sarıgöl, Kınık, YeniŞakran and Kemalpaşa forest sub-districts have the best efficiency. On the other hand, Salihli, Gördes, Akhisar, Manisa, Ödemiş and Tire forest sub-districts have the worst efficiency.

Keywords: Forest sub-districts, Efficiency, Fuzzy Data Envelopment Analysis, Izmir

INTRODUCTION

Efficiency is either expressed as the ratio between maximum output obtained by utilizing the best of the production techniques and the effected output or as capacity and willingness of producing possible maximum output of a decision unit by using data entry technology set (Candemir and Deliktaş 2005). Efficiency is also defined as the capacity to achieve maximum results with minimum effort or expense (Kök 1991).

Data Envelopment Analysis (DEA) is one of the methods used in measuring the efficiency. DEA was developed in order to measure and compare the technical efficiency of the public institutions on the basis of article on efficiency measurement of Farrell (1957) by Charnes et al (1978) (Ulucan, 2000). Today

DEA is used in many fields such as production, service and finance.

DEA is an effective and practical method assessing the relative efficiency of the decision units during managerial decision-making process by evaluating the sum of weighted outputs by comparing with the sum of weighted inputs with the help of a large number of input and output variables (Wen and Li 2009; Moghaddam and Ghoseiri 2011). By the use of DEA, active and inactive decision units are determined and then the amount of resources more or less those inactive decision units use, output level that has to be produced in accordance with the current input level and the units forming the active reference set are obtained (Ulucan 2000). In DEA while decision units do not have fixed efficiency values, the efficiency values

of those units depend on the selection of input and output variables (Haghighat et al. 2005).

In 1965, Lotfi A. Zadeh laid the foundation of the fuzzy logic by proposing the definition of fuzzy sets where qualifications are expressed with the graded membership function instead of the classical sets where qualifications are expressed with the binary membership function. Fuzzy thought system developed by Zadeh, nowadays, has been widely used in the development of fuzzy models within the scope of multi-criteria decision making technique such as data envelopment analysis, analytical hierarchy process, goal programming and linear programming.

In standard DEA models, inputs and outputs are measured by means of the exact numbers in a ratio scale (Haghighat et al. 2005). Due to their more important and realistic role when evaluating the effectiveness of decision units, fuzzy DEA models which cover fuzzy numbers have been developed (Khoshfetrat and DaneshvarS 2011). Fuzzy number is expressed as a fuzzy set that is defined by floating point numbers that are convex, normalized and have finite-continuous membership function (Baykan and Beyan 2004).

Sengupta (1992), by making use of fuzzy sets theory and with the aim of determining the values of decision units that have either missing or inadequate input-output data and showing them in DEA models, has designed fuzzy linear programming model, and thus, has published the first study on fuzzy DEA (Güneş 2006; Saati et al. 2002).

DEA studies performed in recent years have been focused on how to convert data with fuzzy value into data with precise value and how to incorporate it into the standard DEA structure. For the solution of fuzzy DEA problems, approaches such as defuzzification, α cutting set and fuzzy sequencing have been developed (Triantis and Girod 1998; Tsaur et al. 1999; Kao and Liu 2000; Guo and Tanaka 2001; Saati et al. 2001; Lertworasirikul 2001; Despotis and Smirlis 2002; Entani et al. 2002). Thereafter, by using input-output data with interval and/or fuzzy value, interval DEA model has been developed to measure the smallest and the highest relative efficiency of each decision unit (Wang et al. 2005). Thus, by providing interval efficiency or effective intervals as reference, efficiency value of each decision unit has been characterized as the best lower limit effectiveness or as the best upper limit effectiveness. As for sequencing

and comparison of interval efficiency of the decision units, Minimax Regret Approach has been used.

DEA applications in forestry were initiated by Rhodes (1986) (Balteiro et al. 2006). The first studies that followed this approach have focused on the measurement of technical efficiency of the forestry organizations by means of DEA (Joro and Viitala 1999; Balteiro et al. 2006; Kao and Yang 1991; Kao 1998 and 2000; Viitala and Hanninen 1998). Later, Lebel and Stuart (1998) in determining the contractors who perform logging production works; Zhang (2002) in determining silvicultural activities; Strange (2003) in determining the effectiveness of reserve fields that were proposed with the intent of the selection of areas of biodiversity and Hof et al. (2004) in defining the maximum potential of the forest and pasture areas, benefited from DEA technique. Again, the fuzzy DEA models developed by Kao and Liu (2007) and Kao (2009) were used in evaluating the effectiveness of forest management units. These studies have shown that it is possible to carry out the evaluation of the efficiency by means of DEA; in the level of forest enterprises/forest sub-districts/forestry class even in the level of sub-units/ activities/staff.

In Turkey, several researches were carried out in order to determine the efficiency, productivity, success or performance of the forest enterprises by Geray (1982), Çağlar (1988), Çağlar and Öncer (1990), Daşdemir (1996 and 2002), Altunel (2003), Şentürk (2005) and so on. It was benefitted from standard DEA, Stochastic Production Frontier Approach (Başar et al. 2009) and Malmquist Total Factor Productivity Index (Korkmaz 2011a) in an attempt to evaluate the efficiency of the Forest Regional Directorates (Alım 2004) and forest enterprises (Korkmaz 2011b). On the other hand Şafak (2009) compared the efficiency level of the forest enterprises both with standard and fuzzy DEA.

As can be seen, forest enterprises were targeted within the researches done on efficiency rating in Turkey and efficiency ratings have not been implemented at the level of forest sub-districts. Above given studies have shown that efficiency rating can also be done on the basis of sub-units of the forest enterprises and even if these units do not have the ability to make decisions individually and independently will not hinder efficiency analysis made by DEA.

In this article, with fuzzy DEA, effectiveness of activities of the forest sub-districts in the Izmir Forest Regional Directorate devoted to the production,

silviculture, forest roads construction, protection and combat forest fires was evaluated.

MATERIAL AND METHOD

As research area, the forest sub-districts within the Izmir Forest Regional Directorate located the Aegean Region were selected. The efficiency of those forest sub-districts during the years of 2007 and 2009 was evaluated by using the model suggested by Wang et al. (2005) with fuzzy DEA following the steps as follows:

- i) determination of the decision units,
- ii) identification of input and output variables,
- iii) determination of the upper and lower limit values for the variables, and
- iv) Installation of the fuzzy DEA models; determination of the lower and upper efficiency limit values

i) Determination of the Decision Units

Production system consisting of inputs and outputs that are worked on within the DEA is called as decision unit. Decision units responsible for converting inputs into outputs are considered to be the any production unit. Decision units should be similar enough to each other in terms of their production and should convert the same inputs into the outcomes and should take place in similar environments (Aydemir 2002; Bakırcı 2006).

With the Legislation of Organization and Duties of Provincial Organization of Forestry General Directorate dated January 24, 2011 and numbered 27825, the duties of the forest sub-districts and criteria in their establishment were identified. Accordingly, forest sub-districts are not established at random but as a result of the evaluation of the specific criteria.

When explaining the factors that influence the size of the forest enterprises, Eraslan (1982) stated that when it comes to minimal size of forest management one should understand that there should be a forest land from which the products can constantly be obtained and where a planned business administration can established; in other words a minimal land of operation class forming the sub-planning unit of the forest sub-districts. Hereunder, even though forestry in Turkey has been organized in the form of "forest regional directorate-forest enterprises-forest sub-districts" hierarchical structure, the basic business unit is "*the forest planning unit*" and planning and

implementation activities are conducted through those operation classes which are the sub-units of the forest sub-districts. In this respect, forest sub-districts composed of forest operation classes has production systems and stages and can also be used as a decision unit in DEA.

Structural characteristics of the forest sub-districts as well as harvest conditions of the forest products may vary in themselves. Furthermore, forestry activities are carried out under open-air conditions. Therefore, the efficiency levels of the forest sub-districts display changes even under similar conditions. However, efficiency measurements are important in terms of determining to what extent resource utilisation level and undertaken liabilities at the forest sub-districts are fulfilled, ability to compare with each other and monitoring in which direction the level of meeting their liabilities marches forward in time.

The forest sub-districts have various assignment, authorization and obligations which can be explained under the headings such as forest resources management, production of forest products, silviculture, forest protection, construction and maintenance of the forest roads, forest cadastre and forensic activities. Even if they do not have their own accounting and marketing units, in the provinces the forest sub-districts are the smallest units of General Directorate of Forestry that conduct technical, financial and administrative affairs such as public relations, protection, planning, implementation, production, employment and storage regarding to forestry operations in the framework of their assignment, authorization and obligations.

Aydemir (2002) and Bakırcı (2006) by referring to Ahn (1987) also put forward two principles that are important in the selection of decision units. Accordingly,

i) Each of the decision units must be defined as a unit that is responsible for the resources it uses and the outputs it produces.

ii) So as to efficiency frontiers predictions result in a meaningful way, the number of decision units in the bulk sample should be sufficient.

51 of the forest sub-districts which continue their activities depending on 7 forest enterprises at Izmir Forest Regional Directorate were chosen as decision units in the scope of fuzzy DEA.

ii) Identification of Input and Output Variables

In the second stage, for each of the decision units, input and output variables which can be expressed in the proportional or quantitative measurement units (number, kilogram, liter, meter, TL etc.) and which have positive values are determined (Şafak 2009). Input and output variables determined in compliance with these conditions for the forest sub-districts at Izmir Forest Regional Directorate are given in Table 1.

Among the duties and responsibilities of the forest sub-districts are activities devoted to combating forest fires, forest protection and construction of forest roads. However, expenses devoted to those activities are effective at the level of forest enterprises and at the level of forest sub-districts a detailed distribution regarding to those expenditure items cannot be reached at. For this reason, expenditures forest sub-districts incurred for those variables were not used within the scope of inputs.

In this article, fuzzy DEA approach based on Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) model proposed by Wang et al. (2005) was used. CCR model concludes the inputs to be the minimum and also outputs to be

the maximum. Values of the amount of the burned area (y_5) variable which take place among the outcomes of the forest sub-districts are required to be the smallest with regards to the forest resources management. Therefore, for this variable percentage conversion was applied. First of all, minimum and maximum values of the variable to be converted were identified through the annual data aimed at forest sub-districts. Percentage conversion was applied on all of the forest sub-districts' data so that the values of the forest sub-districts which had the smallest value were 100 and values of the forest sub-districts which had the largest value were 0. In addition, in DEA analysis the value aimed at variables is prompted to have a value that is greater than zero. Hence, the value of the variables which have a value of zero was considered to be 10^{-5} in this model.

iii) Determination of the Upper and Lower Limit Values for the Variables

Within fuzzy DEA models, values of the variables must primarily be converted into interval values. This process varies depending on whether the values of the variables are constant or not.

Table 1. Input and output variables determined for the forest sub-districts.

INPUTS		OUTPUTS	
x_1	Total population in the forested land (Person)	y_1	Total amount of the forest roads (Km)
x_2	Number of the fire trucks (Quantity)	y_2	Amount of industrial wood produced (m ³)
x_3	Total expenditures on silviculture practices (TL)	y_3	Amount of the standing sales (m ³)
x_4	General production expenses (TL)	y_4	The number of official crimereports written down (Quantity)
x_5	Total number of employees (Person)	y_5	Amount of the burned area (Ha.)
x_6	Annual allowable cut, AAC (m ³)	y_6	Total amount of silviculture practices (Ha.)
x_7	Forest land (Ha.)	y_7	Number of permissions granted in forested lands (Quantity)

Conversion of the Non-constant Data into Interval Values

The variables such as total number of employees, general production expenses and the amount of industrial wood produced create non-constant data. First of all, the values of variables in 2007-2009 are defined as lower, central and upper limits thus fuzzy data are obtained. Then, taking the Zimmermann's (1991) "a cutting set approach" into consideration, the data that have fuzzy values are converted into data that have interval values. Upper and lower limit values according to five α level for the variable of the number of

permissions granted in forested lands belonging to Bayındır forest sub-districts (y_7) was, according to this approach, calculated as follows:

2007, 2008 and 2009 values of y_7 variable belonging to Bayındır forest sub-districts is respectively 5, 4, and 6, and fuzzy valued data are written as [4, 5, 6]. In this case at $\alpha = 0.25$ cutting level, lower (a_α^-) and upper (a_α^+) limit values for y_7 are calculated as follows;

$$a_\alpha^- = a + \alpha(m - a) = 4 + 0.25(5 - 4) = 4.25$$

$$\alpha_a^+ = b - \alpha(b - m) = 6 - 0.25(6 - 5) = 5.75$$

Here, (a) refers to the lower limit value; (b) the upper limit value and (m) central value of the variable. If the same calculations for the other α cutting levels are also made, upper and lower limit values shown in Table 2 are obtained.

Conversion of the Constant Data into Interval Values

Total population in the forested land (x_1), forest land (x_7) and AAC (x_8) variables continuously vary at forest sub-districts. However, those change amounts cannot be reflected on plans or programs at the same rate.

Table 2. Limit values of y_7 variable belonging to Bayındır forest sub-districts according to α levels.

α Value	Lower Limit Value	Upper Limit Value
0.00	4.00	6.00
0.25	4.25	5.75
0.50	4.50	5.50
0.75	4.75	5.25
1.00	5.00	5.00

Table 3. Limit values of x_7 variable belonging to Bayındır forest sub-districts according to α levels.

α Value	Lower Limit Value	Upper Limit Value
0.00	9419.61	11617.39
0.25	9694.33	11342.67
0.50	9969.06	11067.95
0.75	10243.78	10793.22
1.00	10518.50	10518.50

Those variable values that appear to be constant are converted into fuzzy data in the form of (Güneş, 2006);

$$a = m - S_h$$

$$b = m + S_h$$

Here, (S_h) shows the standard error and is calculated by $S_h = S / \sqrt{n}$. Upper and lower limit values for forested lands belonging to Bayındır forest sub-

districts (x_7) variable according to five α levels are calculated using this conversion as follows¹.

First of all, with triangular membership function, lower and upper limits of (x_7) variable are defined.

Accordingly, for the forested land variable (x_7) of Bayındır forest sub-districts, lower and upper limits are calculated as;

$$a = m - S_h = 10518.50 - 1098.89 = 9419.61$$

$$b = m + S_h = 10518.50 + 1098.89 = 11617.39$$

Thus, the lower, central and upper limits (fuzzy valued data) are defined as [9419.61, 10518.50, 11617.39]. Then, taking the Zimmermann's (1991) "a cutting set approach" into consideration, fuzzy values are converted into data that have interval values. Accordingly, at the $\alpha = 0.25$ level, lower and upper limit values (data that have interval values) for the forest land variable (x_7), are calculated as;

$$\alpha_a^- = a + \alpha(m - a) = 9419.61 + 0.25(10518.50 - 9419.61) = 94305.44$$

$$\alpha_a^+ = b - \alpha(b - m) = 11617.39 - 0.25(11617.39 - 10518.50) = 108593.56$$

When similar calculations are made also for other α levels, lower and upper limit values shown in Table 3 are obtained.

iv) Installation of the model; Determination of the Lower and Upper Efficiency Limit Values

Taking into account five α level, fuzzy DEA models which give us upper and lower limit efficiency of the forest sub-districts are developed.

Upper Limit Efficiency Value:

$$\text{Max } \theta_{j0}^U = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0}^U \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}^L = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i.$$

¹Standard deviation for the forest land is $S=7847.67$, standard error Bayındır forest sub-districts is; $S_h = S / \sqrt{n} = 7847.67 / \sqrt{51} = 1098.89$.

Lower Limit Efficiency Value:

$$\text{Max } \theta_{j_0}^L = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i$$

The legend used above:

$\theta_{j_0}^U$; Upper limit efficiency value of the forest sub-districts to be analyzed.

$\theta_{j_0}^L$; Lower limit efficiency value of the forest sub-districts to be analyzed.

n ; The number of the forest sub-districts ($j=1, 2, \dots, n$).

i ; The number of inputs ($i=1, 2, \dots, m$).

r ; The number of outputs ($r=1, 2, \dots, s$).

$y_j = \{y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{rj}, \dots, y_{sj}\}$, r^{th} output value for j^{th} forest sub-districts.

$x_j = \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{sj}\}$, i^{th} input value for j^{th} forest sub-districts.

y_{rj} ; Output vector of j^{th} forest sub-districts.

x_{ij} ; Input vector of j^{th} forest sub-districts.

v_i ; Input weights.

u_r ; Output weights.

L ; Lower limit values of the forest sub-districts.

U ; Upper limit values of the forest sub-districts.

With the model No.(1) presented above upper limit efficiency values ($\theta_{j_0}^U$), and also with the model No.(2) lower limit efficiency values ($\theta_{j_0}^L$) of the forest sub-districts are obtained. In this case [$\theta_{j_0}^L, \theta_{j_0}^U$], the best possible relative efficiency range for forest the forest sub-districts is created. In other words, for the five α levels (0, 0.25, 0.50, 0.75, and 1) of the forest sub-districts, lower and upper limit efficiency values between 0.00 and 1.00 are calculated. Units whose efficiency values are equal to 1.00 form the best set of observation as well as efficiency limit and units whose efficiency values are less than 1.00 on the other hand form relatively inactive decision units.

For each α -level and according to lower and upper limit values obtained by fuzzy DEA solutions,

minimum values of the maximum efficiency losses of the forest sub-districts were calculated by Minimax Regret Approach (Wang et al. 2005).

$$\text{Min}_i \{ \text{Max}(r_i) \} = \text{Min}_i \{ \text{Max}_{j \neq i} [\text{Max}(a_j^U) - a_i^L, 0] \} \quad (3)$$

Here, r_i shows the value of efficiency loss calculated for the forest sub-districts, a_j^U within the set of upper limit efficiency values the highest upper limit efficiency values of the forest sub-districts to be sequenced and a_i^L lower limit efficiency value of the forest sub-districts whose efficiency loss to be calculated.

RESULTS

Lower and upper efficiency values aimed at five α level of 51 forest sub-districts under Izmir Forest Regional Directorate are given in Table 4. Accordingly, in terms of the upper limit efficiency values, at all α levels, the forest sub-districts within Bergama and Izmir forest enterprises emerged to be effective; however the following are seen to be ineffective;

- Ödemiş, Tire, Torbalı, Demirci, Gördes, Şahinkaya, Alaşehir, Manisa, Turgutlu, Salihli and Başlamış Forest Sub-Districts; at all α levels,
- Kırkağaç Forest Sub-Districts; at $\alpha=0.25, 0.50, 0.75$ and 1 levels,
- Zeytinliova and Akhisar Forest Sub-Districts; at $\alpha=1$ level,
- Gölarmara Forest Sub-Districts; at $\alpha=0, 0.25, 0.50$ and 0.75 levels,
- Ovacık and Güneşli Forest Sub-Districts; at $\alpha=0$ level

Also in terms of the lower limit efficiency values;

- at $\alpha=0, 0.25, 0.50$ and 0.75 levels, all of the forest sub-districts, and
- also at $\alpha=1$ level, 33 forest sub-districts emerged to be ineffective.

By using the formula No (3) with lower and upper limit efficiency values given in Table 4, minimum values of maximum efficiency loss belonging to the forest sub-districts were calculated for five α level and interval efficiency was listed from the best to the worst in Table 5. Accordingly, at $\alpha=0, 0.25, 0.50$ and 0.75 levels, all of the forest sub-districts; at $\alpha=1$ level on the other hand 33 of the forest sub-districts had efficiency loss.

Table 4. In fuzzy DEA solution; upper and lower limit efficiency values of the forest sub-districts.

Forest enterprises	Forest sub-districts	No	$\alpha=0.00$		$\alpha=0.25$		$\alpha=0.50$		$\alpha=0.75$		$\alpha=1.00$	
			Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
Bayındır	Bayındır	1	0.7993	1	0.8409	1	0.8835	1	0.9287	1	0.9908	1
	Kiraz	2	0.6021	1	0.6065	1	0.6092	1	0.6872	1	0.9606	1
	Ovacık	3	0.7648	0.8843	0.8961	1	0.9254	1	0.9506	1	0.9929	1
	Ödemiş	4	0.5748	0.7664	0.5870	0.7440	0.6191	0.7587	0.6560	0.7651	0.7137	0.7669
	Selçuk	5	0.7319	1	0.7397	1	0.7550	1	0.8157	1	0.9281	1
	Tire	6	0.5470	0.7682	0.5761	0.7782	0.6236	0.7938	0.6773	0.8225	0.7799	0.8666
	Torbali	7	0.5712	0.8595	0.6079	0.8754	0.6697	0.8862	0.7384	0.8702	0.8040	0.8480
	Beydağ	8	0.7624	1	0.7782	1	0.7903	1	0.8285	1	1	1
	Gölcük	9	0.7787	1	0.7787	1	0.7884	1	0.8601	1	0.9653	1
Bergama	Bergama	10	0.7264	1	0.7407	1	0.7827	1	0.8478	1	1	1
	Dikili	11	0.8602	1	0.8791	1	0.9025	1	0.9307	1	0.9761	1
	Göçbeyli	12	0.9504	1	0.9590	1	0.9648	1	0.9679	1	1	1
	Kınık	13	0.8664	1	0.9055	1	0.9193	1	0.9316	1	1	1
	Kozak	14	0.7894	1	0.8124	1	0.8748	1	0.9374	1	1	1
	Y.Şakran	15	0.8605	1	0.8796	1	0.9137	1	0.9526	1	1	1
	Madra	16	0.7116	1	0.7927	1	0.7741	1	0.9526	1	0.9485	1
Demirci	Başalan	17	0.7076	1	0.7530	1	0.8129	1	0.8835	1	0.9804	1
	Borlu	18	0.7226	1	0.7759	1	0.8657	1	0.9176	1	1	1
	Demirci	19	0.5598	0.7274	0.6842	0.8514	0.7429	0.8891	0.8072	0.9109	0.8780	0.9355
	Kula	20	0.7030	1	0.7594	1	0.8379	1	0.9024	1	1	1
	Selendi	21	0.7038	1	0.7670	1	0.8390	1	0.9156	1	1	1
Gördes	Gördes	22	0.4387	0.6429	0.4914	0.6834	0.5488	0.7017	0.6289	0.7483	0.7872	0.8535
	Gökseki	23	0.7656	1	0.7976	1	0.8438	1	0.8951	1	0.9634	1
	Güneşli	24	0.5446	0.9664	0.5820	1	0.6211	1	0.7435	1	0.9745	1
	Şahinkaya	25	0.5795	0.8312	0.6186	0.8260	0.6947	0.8812	0.7796	0.9093	0.8758	0.9746
İzmir	Gaziemir	26	0.7701	1	0.7746	1	0.7747	1	0.8135	1	0.8210	1
	İzmir	27	0.8330	1	0.8487	1	0.8805	1	0.9260	1	1	1
	Karabel	28	0.7801	1	0.7893	1	0.8379	1	0.8770	1	0.9157	1
	Kemalpaşa	29	0.8928	1	0.8956	1	0.9032	1	0.9337	1	1	1
	Menemen	30	0.4771	1	0.5154	1	0.9032	1	0.8172	1	0.9497	1
	Bornova	31	0.6866	1	0.7437	1	0.8051	1	0.8449	1	0.9622	1
	Gümlüdtür	32	0.8007	1	0.8245	1	0.8051	1	0.8777	1	0.9519	1
	Seferihisar	33	0.8204	1	0.8473	1	0.8799	1	0.9348	1	1	1
	Urla	34	0.7616	1	0.7910	1	0.8238	1	0.8679	1	0.9748	1
	Armutlu	35	0.7610	1	0.7664	1	0.7717	1	0.8056	1	0.9491	1
	Karaburun	36	0.8245	1	0.8623	1	0.9124	1	0.9554	1	1	1
Manisa	Alaşehir	37	0.6418	0.7512	0.6469	0.7287	0.6553	0.7438	0.6865	0.7791	0.7511	0.8093
	Manisa	38	0.3820	0.8697	0.4436	0.8841	0.5416	0.8798	0.6909	0.9308	0.8646	0.9375
	Turgutlu	39	0.5114	0.8116	0.5737	0.8341	0.6285	0.8802	0.7124	0.9565	0.8507	0.9602
	Sarıgöl	40	0.9183	1	0.9244	1	0.9267	1	0.9532	1	1	1
	Yuntdağı	42	0.5584	1	0.6349	1	0.7339	1	0.8510	1	0.9734	1
	Salihli	42	0.4185	0.5705	0.4720	0.6220	0.5339	0.6877	0.6160	0.7508	0.7050	0.7891
	Saruhanlı	43	0.7700	1	0.8099	1	0.8570	1	0.9089	1	1	1
Akhisar	Akhisar	44	0.4997	1	0.5448	1	0.6190	1	0.7235	1	0.8173	0.9094
	Gölmarmara	45	0.5692	0.7641	0.6006	0.8113	0.6610	0.8742	0.7847	0.9596	0.9282	1
	Göktepe	46	0.7122	1	0.7858	1	0.8422	1	0.9055	1	1	1
	Kırkağaç	47	0.5655	1	0.5920	0.9790	0.6205	0.8486	0.6457	0.7964	0.6979	0.7510
	Soma	48	0.6542	1	0.7090	1	0.7976	1	0.8959	1	1	1
	Zeytinliova	49	0.8540	1	0.8634	1	0.8402	1	0.8838	1	0.9019	0.9896
	Başlamış	50	0.7084	0.8194	0.7494	0.8516	0.7804	0.8835	0.8102	0.8839	0.8806	0.9073
Kavakalan	51	0.7574	1	0.8089	1	0.8681	1	0.9291	1	1	1	
The number of ineffective sub-districts			51	14	51	13	51	13	51	13	33	14

Table 5. Minimum values of the efficiency loss (EL) of the forest sub-districts on the basis of α levels.

$\alpha=0.00$			$\alpha=0.25$			$\alpha=0.50$			$\alpha=0.75$			$\alpha=1.00$		
No	Sub-districts	EL	No	Sub-districts	EL	No	Sub-districts	EL	No	Sub-districts	EL	No	Sub-districts	EL
1	Göçbeyli	0.0496	1	Göçbeyli	0.0410	1	Göçbeyli	0.0352	1	Göçbeyli	0.0321	1	Kavakalan	0
2	Sarıgöl	0.0817	2	Sarıgöl	0.0756	2	Sarıgöl	0.0733	2	Karaburun	0.0446	2	Soma	0
3	Kemalpaşa	0.1072	3	Kınık	0.0945	3	Ovacık	0.0746	3	Sarıgöl	0.0468	3	Göktepe	0
4	Kınık	0.1336	4	Ovacık	0.1039	4	Kınık	0.0807	4	Madra	0.0474	4	Saruhanlı	0
5	Y.Şakran	0.1395	5	Kemalpaşa	0.1044	5	Y.Şakran	0.0863	5	Y.Şakran	0.0474	5	Sarıgöl	0
6	Dikili	0.1398	6	Y.Şakran	0.1204	6	Karaburun	0.0876	6	Ovacık	0.0494	6	Karaburun	0
7	Z.ova	0.1460	7	Dikili	0.1209	7	Menemen	0.0968	7	Kozak	0.0626	7	Seferihisar	0
8	Izmir	0.1670	8	Z.ova	0.1366	8	Kemalpaşa	0.0968	8	Seferihisar	0.0652	8	Kemalpaşa	0
9	Karaburun	0.1755	9	Karaburun	0.1377	9	Dikili	0.0975	9	Kemalpaşa	0.0663	9	Izmir	0
10	Seferihisar	0.1796	10	Izmir	0.1513	10	Bayındır	0.1165	10	Kınık	0.0684	10	Selendi	0
11	Gümüldür	0.1993	11	Seferihisar	0.1527	11	Izmir	0.1195	11	Dikili	0.0693	11	Kula	0
12	Bayındır	0.2007	12	Bayındır	0.1591	12	Seferihisar	0.1201	12	Kavakalan	0.0709	12	Borlu	0
13	Kozak	0.2106	13	Gümüldür	0.1755	13	Kozak	0.1252	13	Bayındır	0.0713	13	Y.Şakran	0
14	Karabel	0.2199	14	Kozak	0.1876	14	Kavakalan	0.1319	14	Izmir	0.0740	14	Kozak	0
15	Gölcük	0.2213	15	Saruhanlı	0.1901	15	Borlu	0.1343	15	Borlu	0.0824	15	Kınık	0
16	Gaziemir	0.2299	16	Kavakalan	0.1911	16	Saruhanlı	0.1430	16	Selendi	0.0844	16	Göçbeyli	0
17	Saruhanlı	0.2300	17	Gökseki	0.2024	17	Gökseki	0.1562	17	Saruhanlı	0.0911	17	Bergama	0
18	Gökseki	0.2344	18	Madra	0.2073	18	Göktepe	0.1578	18	Göktepe	0.0945	18	Beydağ	0
19	Ovacık	0.2352	19	Urla	0.2090	19	Z.ova	0.1598	19	Kula	0.0976	19	Ovacık	0.0071
20	Beydağ	0.2376	20	Karabel	0.2107	20	Selendi	0.1610	20	Soma	0.1041	20	Bayındır	0.0092
21	Urla	0.2384	21	Göktepe	0.2142	21	Kula	0.1621	21	Gökseki	0.1049	21	Başalan	0.0196
22	Armutlu	0.2390	22	Gölcük	0.2213	22	Karabel	0.1621	22	Z.ova	0.1162	22	Dikili	0.0239
23	Kavakalan	0.2426	23	Beydağ	0.2218	23	Urla	0.1762	23	Başalan	0.1165	23	Urla	0.0252
24	Selçuk	0.2681	24	Borlu	0.2241	24	Başalan	0.1871	24	Gümüldür	0.1223	24	Güneşli	0.0255
25	Bergama	0.2736	25	Gaziemir	0.2254	25	Gümüldür	0.1949	25	Karabel	0.1230	25	Yuntdağı	0.0266
26	Borlu	0.2774	26	Selendi	0.2330	26	Bornova	0.1949	26	Urla	0.1321	26	Gölcük	0.0347
27	Göktepe	0.2878	27	Armutlu	0.2336	27	Soma	0.2024	27	Gölcük	0.1399	27	Gökseki	0.0366
28	Madra	0.2884	28	Kula	0.2406	28	Beydağ	0.2097	28	Yuntdağı	0.1490	28	Bornova	0.0378
29	Başlamış	0.2916	29	Başalan	0.2470	29	Gölcük	0.2116	29	Bergama	0.1522	29	Kiraz	0.0394
30	Başalan	0.2924	30	Başlamış	0.2506	30	Bergama	0.2173	30	Bornova	0.1551	30	Gümüldür	0.0481
31	Selendi	0.2962	31	Bornova	0.2563	31	Başlamış	0.2196	31	Beydağ	0.1715	31	Menemen	0.0503
32	Kula	0.2970	32	Bergama	0.2593	32	Gaziemir	0.2253	32	Menemen	0.1828	32	Armutlu	0.0509
33	Bornova	0.3134	33	Selçuk	0.2603	33	Madra	0.2259	33	Selçuk	0.1843	33	Madra	0.0515
34	Soma	0.3458	34	Soma	0.2910	34	Armutlu	0.2283	34	Gaziemir	0.1865	34	Gölmar.	0.0718
35	Alaşehir	0.3582	35	Demirci	0.3158	35	Selçuk	0.2450	35	Başlamış	0.1898	35	Selçuk	0.0719
36	Kiraz	0.3979	36	Alaşehir	0.3531	36	Demirci	0.2571	36	Demirci	0.1928	36	Karabel	0.0843
37	Şahinkaya	0.4205	37	Yuntdağı	0.3651	37	Yuntdağı	0.2661	37	Armutlu	0.1944	37	Z.ova	0.0981
38	Ödemiş	0.4252	38	Şahinkaya	0.3814	38	Şahinkaya	0.3053	38	Gölmar.	0.2153	38	Başlamış	0.1194
39	Torbalı	0.4288	39	Torbalı	0.3921	39	Torbalı	0.3303	39	Şahinkaya	0.2204	39	Demirci	0.1220
40	Gölmar.	0.4308	40	Kiraz	0.3935	40	Gölmar.	0.3390	40	Güneşli	0.2565	40	Şahinkaya	0.1242
41	Kırkağaç	0.4345	41	Gölmar.	0.3994	41	Alaşehir	0.3447	41	Torbalı	0.2616	41	Manisa	0.1354
42	Demirci	0.4402	42	Kırkağaç	0.4080	42	Turgutlu	0.3715	42	Akhisar	0.2765	42	Turgutlu	0.1493
43	Yuntdağı	0.4416	43	Ödemiş	0.4130	43	Tire	0.3764	43	Turgutlu	0.2876	43	Gaziemir	0.1790
44	Tire	0.4530	44	Güneşli	0.4180	44	Güneşli	0.3789	44	Manisa	0.3091	44	Akhisar	0.1827
45	Güneşli	0.4554	45	Tire	0.4239	45	Kırkağaç	0.3795	45	Kiraz	0.3128	45	Torbalı	0.1960
46	Turgutlu	0.4886	46	Turgutlu	0.4263	46	Ödemiş	0.3809	46	Alaşehir	0.3135	46	Gördes	0.2128
47	Akhisar	0.5003	47	Akhisar	0.4552	47	Akhisar	0.3810	47	Tire	0.3227	47	Tire	0.2201
48	Menemen	0.5229	48	Menemen	0.4846	48	Kiraz	0.3908	48	Ödemiş	0.3440	48	Alaşehir	0.2489
49	Gördes	0.5613	49	Gördes	0.5086	49	Gördes	0.4512	49	Kırkağaç	0.3543	49	Ödemiş	0.2863
50	Salihli	0.5815	50	Salihli	0.5280	50	Manisa	0.4584	50	Gördes	0.3711	50	Salihli	0.2950
51	Manisa	0.6180	51	Manisa	0.5564	51	Salihli	0.4661	51	Salihli	0.3840	51	Kırkağaç	0.3021

Table 6. Five of the forest sub-districts with the highest values in terms of maximum efficiency loss and lower limit efficiency values.

$\alpha=0.00$		$\alpha=0.25$		$\alpha=0.50$		$\alpha=0.75$		$\alpha=1.00$	
According to the highest lower limit efficiency values*									
Göçbeyli	0.9504	Göçbeyli	0.9590	Göçbeyli	0.9648	Göçbeyli	0.9679	Göçbeyli	1
Sarıgöl	0.9183	Sarıgöl	0.9244	Sarıgöl	0.9267	Karaburun	0.9554	Sarıgöl	1
Kemalpaşa	0.8928	Kınık	0.9055	Ovacık	0.9254	Sarıgöl	0.9532	Kınık	1
Kınık	0.8664	Ovacık	0.8961	Kınık	0.9193	Madra	0.9526	Y.Şakran	1
Y.Şakran	0.8605	Kemalpaşa	0.8956	Y.Şakran	0.9137	Y.Şakran	0.9526	Kemalpaşa	1
According to the values that are the best of the maximum efficiency loss*									
Göçbeyli	0.0496	Göçbeyli	0.0410	Göçbeyli	0.0352	Göçbeyli	0.0321	Göçbeyli	0
Sarıgöl	0.0817	Sarıgöl	0.0756	Sarıgöl	0.0733	Karaburun	0.0446	Sarıgöl	0
Kemalpaşa	0.1072	Kınık	0.0945	Ovacık	0.0746	Sarıgöl	0.0468	Kınık	0
Kınık	0.1336	Ovacık	0.1039	Kınık	0.0807	Madra	0.0474	Y.Şakran	0
Y.Şakran	0.1395	Kemalpaşa	0.1044	Y.Şakran	0.0863	Y.Şakran	0.0474	Kemalpaşa	0

*At $\alpha=1$ level, lower limit efficiency value of 27 of the forest sub-districts are 1. Therefore, only the forest sub-districts with the highest upper limit values at the other α levels are given in $\alpha=1$ level column of the Table.

Table 7. Five of the forest sub-districts with lowest values in terms of maximum efficiency loss and lower and upper limit efficiency values.

$\alpha=0.00$		$\alpha=0.25$		$\alpha=0.50$		$\alpha=0.75$		$\alpha=1.00$	
According to the lowest lower limit efficiency values									
Akhisar	0.4997	Akhisar	0.5448	Akhisar	0.6190	Tire	0.6773	Tire	0.7799
Menemen	0.4771	Menemen	0.5154	Kiraz	0.6092	Ödemiş	0.6560	Alaşehir	0.7511
Gördes	0.4387	Gördes	0.4914	Gördes	0.5488	Kırkağaç	0.6457	Ödemiş	0.7137
Salihli	0.4185	Salihli	0.4720	Manisa	0.5416	Gördes	0.6289	Salihli	0.7050
Manisa	0.3820	Manisa	0.4436	Salihli	0.5339	Salihli	0.6160	Kırkağaç	0.6979
According to the lowest upperlimit efficiency values									
Gölmarmara	0.7641	Tire	0.7782	Tire	0.7938	Kırkağaç	0.7964	Torbali	0.8480
Alaşehir	0.7512	Ödemiş	0.7440	Ödemiş	0.7587	Alaşehir	0.7791	Alaşehir	0.8093
Demirci	0.7274	Alaşehir	0.7287	Alaşehir	0.7438	Ödemiş	0.7651	Salihli	0.7891
Gördes	0.6429	Gördes	0.6834	Gördes	0.7017	Salihli	0.7508	Ödemiş	0.7669
Salihli	0.5705	Salihli	0.6220	Salihli	0.6877	Gördes	0.7483	Kırkağaç	0.7510
According to the values whose maximum efficiency loss are the worst									
Akhisar	0.5003	Akhisar	0.4552	Akhisar	0.3810	Tire	0.3227	Tire	0.2201
Menemen	0.5229	Menemen	0.4846	Kiraz	0.3908	Ödemiş	0.3440	Alaşehir	0.2489
Gördes	0.5613	Gördes	0.5086	Gördes	0.4512	Kırkağaç	0.3543	Ödemiş	0.2863
Salihli	0.5815	Salihli	0.5280	Manisa	0.4584	Gördes	0.3711	Salihli	0.2950
Manisa	0.6180	Manisa	0.5564	Salihli	0.4661	Salihli	0.3840	Kırkağaç	0.3021

DISCUSSION AND CONCLUSION

Efficiency of the 51 pieces of the forest sub-districts of Izmir Forest Regional Directorate for the years 2007-2009 was evaluated by fuzzy DEA technique developed by Wang et al. (2005) on the basis of input oriented CCR model proposed by Charnes et al. (1978). Then, by calculating maximum efficiency loss

values for the lower and upper limit efficiency values obtained from the fuzzy DEA results with Minimax Regret Approach, the forest sub-districts were listed from the best to the worst.

According to the results of the evaluation carried out with fuzzy DEA, in Table 6 it can be seen that the same sub-districts are usually effective on the basis of α

levels and those sub-districts provide less efficiency loss. Accordingly, the five of the forest sub-districts that has the best efficiency are respectively Göçbeyli (Bergama), Sarıgöl (Manisa), Kınık (Bergama), YeniŞakran (Bergama) and Kemalpaşa (İzmir).

Again, in Table 7 it can be seen that generally the same sub-districts do not emerge to be effective on the basis of a levels and those sub-districts have more efficiency loss. Lower limit efficiency values overlap with the maximum efficiency loss values in terms of the five forest sub-districts with the lowest efficiency. Accordingly, it can be stated that Tire (Bayındır), Alaşehir (Manisa), Ödemiş (Bayındır), Salihli (Manisa) and Kırkağaç (Akhisar) forest sub-districts are the units with the lowest efficiency according to both maximum efficiency loss values and the lowest lower limit efficiency values. Similarly, results of Gördes (Gördes) and Salihli (Manisa) forest sub-districts are consistent with each other according to both maximum efficiency loss values and the lowest upper limit efficiency values. Accordingly also, Salihli (Manisa), Gördes (Gördes), Akhisar (Akhisar), Manisa (Manisa), Ödemiş (Bayındır) and Tire (Bayındır) forest sub-districts can be concluded to be the units with the lowest efficiency.

When taking the earlier studies conducted by DEA into consideration, İzmir Forest Regional Directorate was not found to be effective on the efficiency assessment (Alm 2004) carried out for the year 2002 on the basis of 27 of the Forest Regional Directorates in Turkey and its efficiency value was calculated as 0,6325. Also through the efficiency rating conducted on the basis of 26 of the forest enterprises in Aegean Region (Şafak 2009), while Akhisar, Bergama, Demirci and Gördes forest enterprises of İzmir Forest Regional Directorate emerged to be efficient, Bayındır, İzmir ve Manisa forest enterprises took place among the forest sub-districts with the most ineffectiveness.

In this article on the other hand, efficiency comparison was made at the level of the forest sub-districts. Accordingly, Akhisar and Gördes forest sub-districts of Akhisar and Gördes forest enterprises which were effective at Şafak's (2009) study as well as Salihli, Manisa, Ödemiş and Tire forest sub-districts of

Manisa and Bayındır forest enterprises which had the most ineffectiveness at Şafak's (2009) study took place among the five of the forest sub-districts with the lowest efficiency. Again, Kemalpaşa and Sarıgöl forest sub-districts of İzmir and Manisa forest enterprises which had the most ineffectiveness at Şafak's (2009) study as well as Göçbeyli, Kınık and Yenişakran forest sub-districts of Bergama forest enterprises which was also effective at Şafak's (2009) study took place among the top five forest sub-districts.

This case shows that the forest sub-districts which have the best (or the worst) efficiency can be found at the forest enterprises which have the worst (or the best) efficiency. Therefore, any forest enterprises being effective (or ineffective) does not necessarily mean that all of the forest sub-districts connected to the relevant forest enterprises are effective (ineffective). Consequently, taking into account that each of the forest sub-districts connected to the same forest enterprises have distinctive conditions and that input and output resources differ, efficiency ratings in forestry should be performed individually for each hierarchical structure.

As a result, it is possible to measure the technical efficiency of the forest sub-districts which are public institutions and exist within the structure of any forest enterprises using measurable/observable data and to evaluate them through fuzzy DEA technique. Thus, the opportunity of comparing those units undertaking the same activities or alike with each other, evaluating and planning for subsequent periods can be given.

As in the other multiple criteria decision making techniques, the determination of the variables to be used is the most important stage of the efficiency rating with fuzzy DEA technique. Because change of the variables set may change the results to be obtained. Although this situation is seen to be a negative feature, it gives researchers and administrators a chance of considering different alternatives.

Yapılandırılmış Özet²

Etkinlik, en iyi üretim teknikleri kullanılarak elde edilen maksimum çıktının fiili çıktıya olan oranı veya bir karar biriminin (KB) veri girdi teknoloji sepetiyle mümkün olabilen maksimum çıktıyı üretme kapasitesi ve istekliliği olarak ifade edilmektedir (Candemir ve Deliktaş 2005). Etkinlik, minimum çaba veya masraf ile maksimum sonuçlar elde etme kapasitesi olarak da tanımlanmaktadır (Kök 1991).

Veri zarflama analizi (VZA), etkinliği ölçmek amacıyla kullanılan yöntemlerden biridir. VZA, Charnes et al., (1978) tarafından, Farrell (1957)'in etkinlik ölçümü konusundaki makalesi temel alınarak, kamu kuruluşlarının teknik etkinliğini ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir (Ulucan 2000). Günümüzde üretim, hizmet, finans gibi pek çok alanda VZA'den yararlanılmaktadır.

VZA, yönetsel karar verme sürecinde, karar birimlerinin göreceli etkinliğini, çok sayıdaki girdi ve çıktı değişken yardımı ile ağırlıklı çıktılar toplamını ağırlıklı girdiler toplamına oranlayarak değerlendiren etkili ve pratik bir yöntemdir (Wen ve Li 2009; Moghaddam ve Ghoseiri 2011). VZA ile etkin ve etkin olmayan karar birimleri belirlenmekte, daha sonra etkin olmayan karar birimlerinin az/fazla kullandığı kaynak miktarları, mevcut girdi düzeyinde üretmesi gereken çıktı düzeyi ve etkin referans setini oluşturan birimler elde edilmektedir (Ulucan 2000). VZA'da karar birimleri, sabit etkinlik değerlerine sahip olmayıp, bunların etkinlik değeri, girdi ve çıktı değişkenlerin seçimine bağlıdır (Haghighat ve ark. 2005).

1965 yılında Lotfi A. Zadeh, niteliklerin ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edildiği klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edildiği bulanık kümeler tanımını önererek, bulanık mantığın temelini atmıştır. Zadeh'in geliştirdiği bulanık düşünce sistemi, günümüzde doğrusal programlama, hedef programlama, analitik hiyerarşi süreci, veri zarflama analizi gibi çok ölçütlü karar verme tekniği kapsamındaki bulanık modellerin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Standart VZA modellerinde, girdi ve çıktılar, bir oran ölçeğindeki kesin sayılar aracılığıyla ölçülmektedir. (Haghighat et al. 2005). Karar birimlerinin etkinliğini değerlendirmede, daha önemli ve gerçekçi bir rol oynaması nedeniyle, bulanık sayıları kapsayan bulanık VZA modelleri geliştirilmiştir (Khoshfetrat and Daneshvar 2011). Bulanık sayı, dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilmektedir (Baykan ve Beyan 2004).

Sengupta (1992) bulanık küme teorisinden yararlanarak, eksik ya da yetersiz girdi-çıkıtı verileri olan karar birimlerinin değerlerini belirlemek ve VZA modellerinde göstermek amacıyla, bulanık doğrusal programlama modelini tasarlamış ve böylece, bulanık VZA ile ilgili ilk çalışmayı yayınlamıştır (Güneş 2006; Saati ve ark. 2002).

Son yıllarda gerçekleştirilen VZA çalışmaları, bulanık değerli verilerin nasıl kesin değerli veri haline getirileceği ve standart VZA yapısına nasıl dâhil edileceği konusuna odaklanmıştır. Bulanık VZA problemlerinin çözümü için durulaştırma, α kesme kümesi ve bulanık sıralama gibi yaklaşımlar geliştirilmiştir (Triantis ve Girod 1998; Tsaur ve ark. 1999; Kao ve Liu 2000; Guo ve Tanaka 2001; Saati ve ark. 2001; Lertworasirikul 2001; Despotis ve Smirlis 2002; Entani ve ark. 2002). Daha sonra, aralık ve/veya bulanık değerli girdi-çıkıtı verileri kullanılarak, her bir karar biriminin en küçük ve en yüksek rölatif etkinliğini ölçmek için aralık VZA modeli geliştirilmiştir (Wang ve ark. 2005). Böylece; aralık etkinlik veya etkin aralıklar referans gösterilerek, her bir karar biriminin etkinlik değeri, en iyi alt sınır etkinliği ve en iyi üst sınır etkinliği olarak karakterize edilmiştir. Karar birimlerinin aralık etkinliğinin sıralanması ve karşılaştırılması için ise Minimaks Pişmanlık Yaklaşımı kullanılmıştır.

Ormancılıkta VZA uygulamaları Rhodes (1986) tarafından başlatılmıştır (Balteiro ve ark. 2006). Bunu izleyen ilk çalışmalar, ormancılık kuruluşlarının teknik etkinliğinin VZA ile ölçümü üzerine yoğunlaşmıştır (Joro ve Viitala 1999; Balteiro ve ark. 2006; Kao ve Yang 1991; Kao 1998 ve 2000; Viitala ve Hanninen, 1998). Daha sonra, Lebel ve Stuart (1998) tomruk üretimi işlerini gerçekleştiren müteahhitlerin, Zhang (2002) silvikültürel aktivitelerin, Strange (2003) biyolojik çeşitlilik alanlarının seçimi amacıyla önerilen rezerv alanlarının etkinliğinin belirlenmesinde ve Hof ve ark. (2004)'de orman ve mera sahalarının maksimum potansiyelinin tanımlanmasında VZA tekniğinden yararlanmıştır. Yine; Kao ve Liu (2007) ve Kao (2009) tarafından geliştirilen bulanık VZA modelleri, orman yönetim birimlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmalar, orman

² Expanded abstract in Turkish.

işletme müdürlüğü/şefliği/sınıfı, hatta daha alt birimler/faaliyetler/çalışanlar düzeyinde, VZA ile etkinlik değerlendirilmesi yapılmasının mümkün olduğunu göstermiştir.

Türkiye’de, Geray (1982), Çağlar (1988), Çağlar ve Öncer (1990), Daşdemir (1996 ve 2002), Altunel (2003), Şentürk (2005) vb. tarafından Orman İşletme Müdürlükleri’nin etkinliğini, verimliliğini, başarısını veya performansını belirlemek amacıyla çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Orman bölge müdürlüklerinin (Alım 2004) ve orman işletme müdürlüklerinin (Korkmaz 2011a) etkinliklerini değerlendirmek amacıyla standart VZA’dan ve Stokastik Üretim Sınırı Yaklaşımı’ndan (Başar ve ark. 2009); Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi’nden (Korkmaz, 2011b) yararlanılmıştır. Şafak (2009) da, orman işletme müdürlüklerinin etkinlik düzeyini, hem standart ve hem de bulanık VZA ile karşılaştırılmıştır.

Görüldüğü üzere, Türkiye’de etkinlik değerlendirmesi üzerine yapılan araştırmalarda, orman işletme müdürlükleri hedef alınmış, orman işletme şefliği düzeyinde etkinlik değerlendirmeleri gerçekleştirilmemiştir. Yukarıda verilen çalışmalar ise orman işletme müdürlüğünün alt birimleri esas alınarak da etkinlik değerlendirilmesi yapılabileceğini, bu birimlerin tek başına veya bağımsız karar verememelerinin VZA ile yapılacak etkinlik analizini engellemeyeceğini göstermektedir.

Bu makalede, bulanık VZA ile Orman Genel Müdürlüğü’nün taşra teşkilatındaki en küçük birimi olan orman işletme şefliklerinin üretim, silvikültür, orman yollarının yapımı, koruma ve orman yangınlarıyla mücadeleyle yönelik faaliyetlerinin etkinliği değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma alanı olarak, Ege Bölgesi’nde yer alan İzmir Orman Bölge Müdürlüğü’ndeki orman işletme şeflikleri seçilmiştir. Bu orman işletme şefliklerinin 2007-2009 yıllarındaki etkinliği, Wang ve ark. (2005) tarafından önerilen model kullanılarak ve aşağıdaki aşamalar izlenerek, bulanık VZA ile değerlendirilmiştir:

- i) karar birimlerinin belirlenmesi,
- ii) girdi ve çıktı değişkenlerin saptanması,
- iii) değişkenlerin alt ve üst sınır değerlerinin belirlenmesi,
- iv) bulanık VZA modelinin kurulması, alt ve üst sınır etkinlik değerlerinin saptanması.

i) Karar Birimlerinin Belirlenmesi

VZA’da üzerinde çalışılan girdi ve çıktılardan oluşan üretim sistemi, karar birimi olarak isimlendirilmektedir. Karar birimleri, girdileri çıktılara dönüştürmekten sorumlu herhangi bir üretim birimi olarak kabul edilir. Karar birimleri, yaptıkları üretim açısından, birbirlerine yeterince benzer olmalı, aynı girdileri aynı çıktılara dönüştürmeli ve benzer ortamlarda yer almalıdır (Aydemir 2002; Bakırcı 2006).

24 Ocak 2011 tarih ve 27825 sayılı Orman Genel Müdürlüğü Taşra Teşkilatı Kuruluş ve Görev Yönetmeliği ile orman işletme şefliklerinin görevleri ve kurulmasında dikkate alınacak ölçütler saptanmıştır. Buna göre, orman işletme şeflikleri rastgele değil, belirli ölçütlerin değerlendirilmesi sonucunda kurulmaktadır.

Eraslan (1982), orman işletmelerinin büyüklüğüne etki yapan faktörleri açıklarken, minimal orman işletmesi büyüklüğünden, sürekli olarak ürünlerin alınabileceği ve planlı bir işletmeciliğin kurulabileceği bir orman alanı, başka bir ifadeyle orman işletme şefliğinin alt planlama birimini oluşturan minimal işletme sınıfı alanının anlaşılması gerektiğini ifade etmiştir. Buna göre, Türkiye’de ormancılık “orman bölge müdürlüğü-orman işletme müdürlüğü-orman işletme şefliği” hiyerarşik yapısı biçiminde örgütlense de, temel işletme birimi “*orman işletme sınıfı*”dır ve planlama-uygulama faaliyetleri, orman işletme şefliğinin alt birimi olan bu işletme sınıflarında yürütülür. Bu açıdan da, orman işletme sınıflarından oluşan bir orman işletme şefliği, üretim sistemlerine ve aşamalarına sahip olup, VZA’da karar birimi olarak kullanılabilir.

Orman işletme şefliklerinin yapısal özellikleri ile orman ürünlerinin hasat koşulları kendi içinde farklılık gösterebilir. Ayrıca; ormancılık faaliyetleri açık hava koşullarında gerçekleştirilir. Bu nedenle, orman işletme şefliklerinin etkinlik düzeyleri, benzer koşullarda bile değişiklik gösterir. Ancak; etkinlik ölçümleri, orman işletme şefliklerindeki kaynak kullanım düzeyinin ve üstlenilen yükümlülüklerin ne ölçüde yerine getirildiğinin belirlenmesi, birbiriyle karşılaştırılabilmesi, yükümlülüklerin yerine getirilme düzeyinin zamanla hangi yönde bir gelişme gösterdiğinin izlenebilmesi açısından önemlidir.

Orman işletme şefliklerinin orman kaynaklarının yönetimi, orman ürünlerinin üretimi, silvikültür, orman koruma, orman yollarının yapım ve bakımı, orman kadastrosu ve hukuki faaliyetler başlıkları altında açıklanabilecek çeşitli, görev, yetki ve sorumlulukları bulunmaktadır. Orman işletme şeflikleri, kendine bağlı muhasebe ve pazarlama birimleri olmasa da, ormancılık faaliyetleri ile ilgili görev, yetki ve sorumlulukları

çerçevesinde halkla ilişkiler, koruma, planlama, uygulama, üretim, istihdam, depolama gibi teknik, idari ve mali işleri yürüten Orman Genel Müdürlüğü'nün taşradaki en küçük birimleridir.

Ahn (1987)'ye atfen Aydemir (2002) ve Bakırcı (2006)'da karar birimlerinin seçilmesinde önem taşıyan iki prensip açıklanmıştır. Buna göre,

- i) Her bir karar birimi, kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılardan sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır.
- ii) Etkinlik sınır tahminlerinin anlamlı çıkabilmesi için örnek kütlede yer alan karar birimi sayısı yeterli olmalıdır.

Bu iki prensibe göre, İzmir Orman Bölge Müdürlüğü'nde, yedi orman işletme müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdüren 51 orman işletme şefliği, bulanık VZA kapsamında karar birimi olarak seçilmiştir.

ii) Girdi ve Çıktı Değişkenlerin Saptanması

İkinci aşamada, her bir karar birimi için oransal ya da nicel (sayı, kilogram, litre, metre, TL vb.) ölçü birimleri ile ifade edilebilen ve pozitif değerlere sahip girdi ve çıktı değişkenler belirlenir (Şafak 2009). İzmir Orman Bölge Müdürlüğü'nde yer alan orman işletme şeflikleri için bu koşullara uygun olarak belirlenen girdi ve çıktı değişkenler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Orman işletme şeflikleri için belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri.

GİRDİLER		ÇIKTILAR	
x_1	Ormanlık Alandaki Toplam Nüfus (Kişi)	y_1	Toplam Orman Yolu Miktarı (Km)
x_2	Arazöz Sayısı (Adet)	y_2	Üretilen Endüstriyel Odun Miktarı (m ³)
x_3	Toplam Silvikültür Çalışması Gideri (TL)	y_3	Dikili Satış Miktarı (m ³)
x_4	Genel Üretim Giderleri (TL)	y_4	Tutulan Zabıt Sayısı (Adet)
x_5	Toplam Personel Sayısı (Kişi)	y_5	Yanan Alan Miktarı (Ha.)
x_6	Toplam Eta (m ³)	y_6	Toplam Silvikültür Çalışması Miktarı (Ha.)
x_7	Orman Alanı (Ha.)	y_7	Ormanlık Alanlardan Verilen İzin Sayısı (Adet)

Orman işletme şefliklerinin görev ve sorumlulukları arasında orman yangınları ile mücadele, orman koruma ve orman yolları yapımına yönelik faaliyetler bulunmaktadır. Ancak, bu faaliyetlere yönelik giderler, orman işletme müdürlüğü düzeyinde yer almakta ve orman işletme şefliği düzeyinde bu gider kalemlerine yönelik ayrıntılı dağılıma ulaşılamamaktadır. Bu nedenle, orman işletme şefliklerinin bu değişkenler için yapmış olduğu giderler girdi kapsamında kullanılamamıştır.

Bu makalede, Wang et al.(2005)'da önerilen CCR modelini temel alan bulanık VZA yaklaşımı kullanılmıştır. CCR modeli, girdileri minimum, çıktıları ise maksimum olacak şekilde sonuçlandırır. Ancak; orman işletme şefliklerinin çıktıları arasında yer alan Yanan Alan Miktarı (y_5) değişkeninin değerinin orman kaynakları yönetimi açısından en küçük olması istenmektedir. Bu nedenle, bu iki değişken için yüzde dönüşüm uygulanmıştır. Öncelikle, dönüşüm uygulanacak değişkenin orman işletme şefliklerine yönelik yıllık verileri içinden en küçük ve en büyük değerler saptanmıştır. Daha sonra, en küçük değere sahip olan orman işletme şefliğinin değerleri 100, en büyük değere sahip olan orman işletme şefliğinin değeri ise 0 olacak şekilde, bütün orman işletme şefliklerinin verilerine yüzde dönüşüm uygulanmıştır. Ayrıca, VZA analizinde değişkenlere yönelik verilerin sıfırdan büyük bir değerinin olması istenir. Bunun için sıfır değerine sahip olan değişkenlerin değeri, modelde 10^{-5} olarak dikkate alınmıştır.

iii) Değişkenlerin Alt ve Üst Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

Bulanık VZA modellerinde, öncelikle değişken değerlerinin aralık değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem, değişken değerlerinin sabit veya sabit olmamasına göre değişmektedir.

Sabit Olmayan Verilerin Aralık Değerlere Dönüştürülmesi

Toplam personel sayısı, genel üretim giderleri, üretilen endüstriyel odun miktarı gibi değişkenler sabit olmayan verileri oluşturur. Öncelikle, değişkenlerin 2007–2009 yılı değerleri, üçgen üyelik fonksiyonu ile alt, merkezi ve üst sınırlar olarak tanımlanır ve böylece bulanık veriler elde edilir. Daha sonra, Zimmermann (1991)'nın “*a kesme kümeleri yaklaşımı*” dikkate alınarak bulanık değerli veriler, aralık değerli verilere dönüştürülür.

Bayındır Orman İşletme Şefliği'ne ait ormanlık alanlardan verilen izin sayısı değişkeni (y_7) için beş α düzeyine göre alt ve üst sınır değerleri, bu yaklaşıma göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Bayındır Orman İşletme Şefliği'ne ait y_7 değişkeninin 2007, 2008 ve 2009 yılı değeri, sırasıyla 5, 4 ve 6 olup, bulanık değerli veriler [4, 5; 6] olarak yazılır. Bu durumda, $\alpha = 0,25$ kesme düzeyinde, y_7 değişkeni için alt (a_α^-) ve üst (a_α^+) sınır değerleri,

$$a_\alpha^- = a + \alpha(m - a) = 4 + 0,25(5 - 4) = 4,25$$

$$a_\alpha^+ = b - \alpha(b - m) = 6 - 0,25(6 - 5) = 5,75$$

olarak hesaplanır. Burada, (a) değişkenin alt sınır değerini, (b) değişkenin üst alt sınır değerini, (m) değişkenin merkezi değerini ifade etmektedir. Diğer α kesim düzeyleri için de aynı hesaplamalar yapılırsa, Çizelge 2'deki alt ve üst sınır değerleri elde edilir.

Çizelge 2. Bayındır Orman İşletme Şefliği'ne ait y_7 değişkeninin α düzeylerine göre sınır değerleri.

a Değeri	Alt Sınır değeri	Üst Sınır değeri
0,00	4,00	6,00
0,25	4,25	5,75
0,50	4,50	5,50
0,75	4,75	5,25
1,00	5,00	5,00

ii) Sabit Verilerin Aralık Değerlere Dönüştürülmesi

Orman işletme şefliklerinde ormanlık alandaki toplam nüfus, orman alanı, toplam eta değişkenleri sürekli değişim gösterir. Ancak; bu değişim miktarları, plan veya programlara aynı hızda yansıtılamaz. Sabit gözükken bu değişken değerleri,

$$a = m - S_h$$

$$b = m + S_h$$

biçiminde bulanık verilere dönüştürülür (Güneş, 2006). Burada; (S_h) standart hatayı ifade etmekte olup, $S_h = S / \sqrt{n}$ ile hesaplanır. Bayındır Orman İşletme Şefliği'ne ait orman alanı (x_7) değişkeni için beş α düzeylerine göre alt ve üst sınır değerleri, bu dönüştürme kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır³.

Öncelikle, üçgen üyelik fonksiyonu ile (x_7) değişkeninin alt ve üst sınırları tanımlanır. Buna göre, Bayındır Orman İşletme Şefliği'nin orman alanı (x_7) değişkeni için alt ve üst sınırlar

$$a = m - S_h = 10518,50 - 1098,89 = 9419,61$$

$$b = m + S_h = 10518,50 + 1098,89 = 11617,39$$

olarak hesaplanır. Böylece; alt, merkezi ve üst sınırlar (bulanık değerli veriler) [9419,61; 10518,50; 11617,39] olarak tanımlanır. Daha sonra, Zimmermann (1991)'nin "*a kesme kümeleri yaklaşımı*" dikkate alınarak, bulanık değerler, aralık değerli veriye dönüştürülür. Buna göre; $\alpha = 0,25$ düzeyinde, orman alanı (x_7) değişkeni için alt ve üst sınır değerleri (aralık değerli veriler),

$$a_\alpha^- = a + \alpha(m - a) = 9419,61 + 0,25(10518,50 - 9419,61) = 94305,44$$

$a_\alpha^+ = b - \alpha(b - m) = 11617,39 - 0,25(11617,39 - 10518,50) = 108593,56$ olarak hesaplanır. Diğer α düzeyleri için de benzer hesaplamalar yapılırsa, Çizelge 3'deki alt ve üst sınır değerleri elde edilir.

³ Orman alanı değişkeni için standart sapma $S = 7847,67$ olup, Bayındır Orman İşletme Şefliği için standart hata $S_h = S / \sqrt{n} = 7847,67 / \sqrt{51} = 1098,89$ 'dir.

Çizelge 3. Bayındır Orman İşletme Şefliği'ne ait x_7 değişkeninin α düzeylerine göre sınır değerleri.

a Değeri	Alt Sınır değeri	Üst Sınır değeri
0,00	9419,61	11617,39
0,25	9694,33	11342,67
0,50	9969,06	11067,95
0,75	10243,78	10793,22
1,00	10518,50	10518,50

iv) Modelin Kurulması, Alt ve Üst Sınır Etkinlik Değerlerinin Saptanması

Orman işletme şefliklerinin 2007-2009 yıllarındaki etkinliklerinin analizinde, Wang ve ark. (2005) tarafından önerilen CCR modelini temel alan bulanık VZA yaklaşımı kullanılmıştır. Bu bağlamda; beş a düzeyi dikkate alınarak, orman işletme şefliklerinin alt ve üst sınır etkinliğini veren bulanık VZA modelleri geliştirilmiştir.

Üst Sınır Etkinlik Değeri:

$$\text{Maks } \theta_{j_0}^U = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}^U \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}^L = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i.$$

Alt Sınır Etkinlik Değeri:

$$\text{Maks } \theta_{j_0}^L = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}^L \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}^U = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i.$$

Burada,

$\theta_{j_0}^U$, Analiz edilecek orman işletme şefliğinin üst sınır etkinlik değerini,

$\theta_{j_0}^L$, Analiz edilecek orman işletme şefliğinin alt sınır etkinlik değerini,

n , Orman işletme şefliği sayısını,

i , Girdi sayısını ($i = 1, 2, \dots, m$),

r , Çıktı sayısını ($r = 1, 2, \dots, s$),

$y_j = \{y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{rj}, \dots, y_{sj}\}$, j 'inci orman işletme şefliği için r 'inci çıktı değerini,

$x_j = \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{sj}\}$, j 'inci orman işletme şefliği için i 'inci girdi değerini,

y_{rj} , j 'inci orman işletme şefliğinin çıktı vektörünü,

x_{ij} , j 'inci orman işletme şefliğinin girdi vektörünü,

v_i , Girdi ağırlıklarını,

u_r , Çıktı ağırlıklarını

L , Orman işletme şefliğinin alt sınır değerlerini,

U , Orman işletme şefliğinin üst sınır değerlerini gösterir.

Yukarıda sunulan (1) nolu model ile orman işletme şefliklerinin üst sınır etkinlik değerlerine ($\theta_{j_0}^U$), (2) nolu model ile de alt sınır etkinlik değerlerine ($\theta_{j_0}^L$) ulaşılmaktadır. Bu durumda $[\theta_{j_0}^L, \theta_{j_0}^U]$, orman işletme şeflikleri için olası en iyi göreceli etkinlik aralığı oluşturulmaktadır. Diğer bir ifadeyle, orman işletme şefliklerinin beş α düzeyi (0,00, 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00) için 0,00 ile 1,00 arasında alt ve üst sınır etkinlik değerleri hesaplanmaktadır. Etkinlik değeri 1,00'e eşit olan birimler, en iyi gözlem kümesini, aynı zamanda da etkinlik sınırını, etkinlik değeri 1,00'den küçük olan birimler ise göreceli olarak etkin olmayan karar birimlerini oluşturmaktadır.

Her bir α düzeyi için bulanık VZA çözümleri ile elde edilen alt ve üst sınır değerlerine göre, orman işletme şefliklerinin maksimum etkinlik kayıplarının minimum değerleri Minimaks Pışmanlık Yaklaşımı ile hesaplanmıştır (Wang et al., 2005).

$$\text{Min}_i \{ \text{Maks}(r_i) \} = \text{Min}_i \{ \text{Maks}[\text{Maks}(a_j^U) - a_i^L, 0] \} \quad (3)$$

Burada, r_i orman işletme şefliği için hesaplanan etkinlik kaybı değerini, a_j^U sıralanacak orman işletme şefliklerinin üst sınır etkinlik değerleri kümesi içindeki en yüksek üst sınır etkinlik değerini, a_i^L etkinlik kaybı hesaplanacak olan orman işletme şefliğinin alt sınır etkinlik değerini göstermektedir. Buna göre, orman işletme şefliklerinin aralık etkinliği, her bir α düzeyi için en iyiden en kötüye doğru sıralanmaktadır.

Bulgular

İzmir Orman Bölge Müdürlüğü kapsamındaki 51 orman işletme şefliğinin beş a düzeyine yönelik alt ve üst sınır etkinlik değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre; üst sınır etkinlik değerleri bakımından, tüm α düzeylerinde Bergama, Demirci ve İzmir Orman İşletme Müdürlüğü bünyesindeki orman işletme şeflikleri etkin çıkmış, ancak

- Ödemiş, Tire, Torbalı, Demirci, Gördes, Şahinkaya, Alaşehir, Manisa, Turgutlu, Salihli ve Başlamış Orman İşletme Şeflikleri tüm a düzeylerinde,
- Kırkağaç Orman İşletme Şeflikleri $a=0,25, 0,50, 0,75$ ve $1,00$ düzeyinde,
- Zeytinliova ve Akhisar Orman İşletme Şeflikleri $a=1,00$ düzeyinde,
- Gölarmara Orman İşletme Şeflikleri $a=0,00, 0,25$ ve $0,50$ düzeyinde,
- Ovacık ve Güneşli Orman İşletme Şefliği $a=0,00$ düzeyinde

etkin çıkmamıştır. Alt sınır etkinlik değerleri bakımından ise,

- $a=0,00, 0,25, 0,50$ ve $0,75$ düzeyinde orman işletme şefliklerinin tamamı,
- $a=1,00$ düzeyinde ise 33 orman işletme şefliği etkin çıkmamıştır.

Çizelge 4'de verilen alt ve üst sınır etkinlik değerleri ile (3) nolu formül kullanılarak, orman işletme şefliklerine ait maksimum etkinlik kayıplarının minimum değerleri, beş α düzeyi için hesaplanmış ve aralık etkinliği en iyiden en kötüye doğru Çizelge 5'de sıralanmıştır. Buna göre; $a=0,00, 0,25, 0,50$ ve $0,75$ düzeyinde orman işletme şefliklerinin tamamında, $a=1,00$ düzeyinde ise 24 orman işletme şefliğinde etkinlik kaybı oluşmuştur.

Tartışma ve Sonuç

İzmir Orman Bölge Müdürlüğü'nde yer alan 51 adet orman işletme şefliğinin 2007-2009 yıllarına ait etkinliği, Charnes et al. (1978) tarafından önerilen girdiye yönelik CCR modeli temelinde, Wang et al. (2005) tarafından geliştirilen bulanık VZA tekniği ile değerlendirilmiştir. Daha sonra, bulanık VZA sonuçlarına göre elde edilen alt ve üst sınır etkinlik değerleri için Minimaks Pışmanlık Yaklaşımı ile maksimum etkinlik kaybı değerleri hesaplanarak, orman işletme şeflikleri en iyiden en kötüye doğru sıralanmıştır.

Bulanık VZA ile yapılan değerlendirme sonuçlarına göre, a düzeyleri bazında, genellikle aynı şefliklerin etkin olduğu ve bu şefliklerin daha az etkinlik kaybı sağladığı Çizelge 6'dan görülmektedir. Buna göre, en iyi etkinliğe sahip beş orman işletme şefliği, sırasıyla Göçbeyli (Bergama), Sarıgöl (Manisa), Kınık (Bergama), YeniŞakran (Bergama) ve Kemalpaşa (İzmir)'dir.

Yine, a düzeyleri bazında, genellikle aynı işletme şefliklerinin etkin çıkmadığı ve bunların daha fazla etkinlik kaybına sahip olduğu Çizelge 7'den görülmektedir. En düşük etkinliğe sahip beş orman işletme şefliği açısından alt sınır etkinlik değerleri ile maksimum etkinlik kaybı değerleri örtüşmektedir. Buna göre, hem maksimum etkinlik kaybı değerlerine ve hem de en düşük alt sınır etkinlik değerlerine göre Tire (Bayındır), Alaşehir (Manisa), Ödemiş (Bayındır), Salihli (Manisa) ve Kırkağaç (Akhisar) Orman İşletme Şefliği'nin en düşük etkinliğe sahip birimler olduğu ifade edilebilir. Aynı şekilde, hem maksimum etkinlik kaybı değerlerine ve hem de en düşük üst sınır etkinlik değerlerine göre Salihli (Manisa) ve Gördes (Gördes), Orman İşletme Şefliğine yönelik sonuçlar örtüşmektedir. Buna göre de, Salihli (Manisa), Gördes (Gördes), Akhisar (Akhisar), Manisa (Manisa), Ödemiş (Bayındır) ve Tire (Bayındır) Orman İşletme Şefliği'nin en düşük etkinliğe sahip birimler olduğu sonucuna varılabilir.

Daha önce VZA ile yapılan çalışmalar dikkate alındığında, Türkiye'deki 27 Orman Bölge Müdürlüğü bazında 2002 yılı için yapılan etkinlik değerlendirmesinde (Alım, 2004), İzmir OBM etkin bulunmamış ve etkinlik değeri 0,6325 hesaplanmıştır. Ege Bölgesi'ndeki 26 orman işletme müdürlüğü bazında yapılan etkinlik değerlendirmesinde (Şafak, 2009) ise İzmir OBM'ne bağlı Akhisar, Bergama, Demirci ve Gördes Orman İşletme Müdürlüğü etkin bulunurken, Bayındır, İzmir ve Manisa Orman İşletme Müdürlüğü en fazla etkinsizliğe sahip orman işletme müdürlükleri arasında yer almıştır.

Bu makalede ise etkinlik karşılaştırması orman işletme şefliği düzeyinde yapılmıştır. Buna göre; Şafak (2009)'da etkin olan Akhisar ve Gördes Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Akhisar ve Gördes Orman İşletme Şefliği ile Şafak (2009)'da en fazla etkinsizliğe sahip Manisa ve Bayındır Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Salihli (Manisa), Manisa (Manisa), Ödemiş (Bayındır) ve Tire (Bayındır) Orman İşletme Şefliği, en düşük etkinliğe sahip beş orman işletme şefliği arasında yer almıştır. Yine; Şafak (2009)'da en fazla etkinsizliğe sahip İzmir ve Manisa Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kemalpaşa ve Sarıgöl Orman İşletme Şefliği, Şafak (2009)'da etkin olan Bergama Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Göçbeyli, Kınık ve Yenişakran Orman İşletme Şefliği en iyi beş orman işletme şeflikleri arasında yer almıştır.

Bu durum, en kötü (veya en iyi) etkinliğe sahip orman işletme müdürlüklerinde, en iyi (veya en kötü) etkinliğe sahip orman işletme şeflikleri bulunabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla; herhangi bir orman işletme müdürlüğünün etkin olması (veya etkin olmaması), bu orman işletme müdürlüğüne bağlı olan orman işletme şefliklerinin tamamının etkin olduğunu (veya etkin olmadığını) göstermemektedir. Bu nedenle, aynı işletme müdürlüğü içinde bulunan orman işletme şefliklerinin her birinin kendine özgü şartlarının bulunduğu, girdi ve çıktı kaynaklarının farklılaştığı göz önüne alınarak, ormancılıktaki etkinlik değerlendirmeleri, her hiyerarşik yapı için ayrı ayrı yapılmalıdır.

Sonuç olarak; bir kamu kuruluşu olan herhangi bir orman bölge müdürlüğü bünyesinde yer alan orman işletme şefliklerinin teknik etkinliklerini, ölçülebilen/gözlenebilen veriler kullanarak ölçmek ve bulanık VZA tekniği ile değerlendirmek mümkündür. Böylece, aynı ya da benzer faaliyetleri yürüten bu birimleri, objektif ölçütlere göre birbiriyle karşılaştırma, daha sonraki dönemler için değerlendirme ve planlama olanağı sunulabilir.

Diğer çok ölçütlü karar verme tekniklerinde olduğu gibi kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi, bulanık VZA tekniği ile etkinlik değerlendirmesinin en önemli aşamasıdır. Çünkü değişken setinin değişmesi, elde edilecek sonuçları değiştirebilmektedir. Bu durum, bir negatif özellik olarak görülmekle birlikte, araştırmacılara/yöneticilere farklı alternatifleri değerlendirme fırsatı da sunmaktadır.

ACKNOWLEDGEMENT

In this article, intermediate results, regarding to Izmir Forest Regional Directorate, of the TÜBİTAK (Scientific and Technological Research Council of Turkey) project called "*Efficiency Determination of the Forest Sub-Districts by Using Fuzzy Data Envelopment Analysis (Denizli, Izmir and Muğla Forest Regional Directorates Case Study)*" and numbered 110O126, were used. We would like to thank TÜBİTAK for supporting this project.

REFERENCES

- Ahn, TS. (1987). Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach, Ph.D. Thesis, The University of Texas at Austin.
- Alım, E. (2004). Veri Zarflama Analizi ve Orman Yönetiminde Bir Uygulama. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Altunel (Açıkgöz), T. (2003). Orman İşletmelerinin Etkinliklerine İlişkin Finansal Çözömler. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ormancılık Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Aydemir, Z., C. (2002). Bölgesel Rekabet Edilebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması. Uzmanlık Tezi, DPT Yayın No: 2664, Ankara.
- Bakırcı, F. (2006). Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama. Atlas Yayınları, Ankara.
- Balteiro, L., D., Herruzo, A., C., Martinez, M., Gonzalez-Pachon, J. (2006). An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Journal of Forest Policy and Economics*, 8: 762–773.
- Başar, M., Tosunoğlu, Ş., Kılıçarslan, M. (2009). Türkiye'de Orman Döner Sermaye İşletmelerinin Etkinlik Analizi: Sorunlar, Çözümler ve Politika Önerileri. Tübitak Araştırma Projesi, Proje No: 107K552.
- Baykan, N., Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Bıçakçılar Kitabevi Yayın No: 9, Matematik Dizisi No: 1, Ankara.
- Candemir, M., Deliktaş, E. (2005). Türkiye Devlet Tarım İşletmelerinde Üretim Etkinliği ve Toplam Faktör

- Verimliliği Analizi. GAP IV. Tarım Kongresi, 21–23 Eylül 2005, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa, s: 395–404.
- Charnes, A., Cooper, W., W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making unit. *European Journal of Operational Research* 2: 429-444.
- Çağlar, Y. (1988). Verimlilik ve orman işletmelerinde verimlilik düzeyinin ölçümü. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38(2): 107–119.
- Çağlar, Y., Öncer, M. (1990). Devlet Orman İşletmelerinde Başarı Düzeylerinin Belirlenmesi. Milli Produktivite Merkezi Yayınları No: 420, Ankara.
- Daşdemir, İ. (1996). Orman İşletmelerinin Başarı Düzeylerinin Belirlenmesi (Kuzeydoğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği). Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten No: 1, Erzurum.
- Daşdemir, İ. (2002). Sürdürülebilir Ormancılık İçin Çok Boyutlu Başarı ölçüm Modeli. Artvin Orman Fakültesi, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt No: 1, Artvin, s: 189–198.
- Despotis, D., K., Smirlis, Y., G. (2002). Data envelopment analysis with imprecise data. *European Journal of Operational Research*, 140: 24–36.
- Entani, T., Maeda, Y., Tanaka, H. (2002). Dual models of interval DEA and its extension to interval data. *European Journal of Operational Research*, 136: 32-45.
- Eraslan, İ. (1982). Orman Amenajmanı. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 318, İstanbul.
- Farrell, M., J. (1957). The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, 120: 253-281.
- Geray, A., U. (1982). Ormancılıkta Planlamanın Hazırlık Aşamasında Çok Boyutlu Analizler (Akdeniz Bölgesi Örneği). İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2910, Orman Fakültesi Yayın No: 315, İstanbul.
- Guo, P., Tanaka H. (2001). Fuzzy DEA: A perceptual evaluation method. *Fuzzy Sets and Systems*, 119: 149–160.
- Güneş, T. (2006). Bulanık Veri Zarflama Analizi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Haghighat, MS, Khorram, E. (2005). The maximum and minimum number of efficient units in DEA with interval data. *Applied Mathematics and Computation* 163: 919–930.
- Hof, J., Flather, C., Baltic, T., King, R., (2004). Forest and rangeland ecosystem condition indicators: Identifying national areas of opportunity using data envelopment analysis. *Forest Science*, 50(4): 473–494.
- Joro, T., Viitala, E., J. (1999). The Efficiency of Public Forestry Organizations: A Comparison of Different Weight Restriction Approaches. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Interim Report, Austria, 19p.
- Kao, C. (2009). Efficiency measurement for parallel production systems. *European Journal of Operational Research* 196: 1107–1112.
- Kao, C. (2000). Data Envelopment Analysis in Resource Allocation: An Application to Forest Management. *International Journal of Systems Science* 31(9): 1059–1066.
- Kao, C., Liu, S.T. (2007). Data Envelopment Analysis With Missing Data: A Reliable Solution Method. Modeling Data Irregularities and Structural Complexities In *Data Envelopment Analysis* (Chapter 16), Zhu, J., Cook, W.D. (Eds.), Springer US, p:291-304.
- Kao, C., Liu, S.T. (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems* 113: 427-437.
- Kao, C. (1998). Measuring the efficiency of forest districts with multiple working circles. *Journal of the Operational Research Society*, 49: 583–590.
- Kao, C., Yang Y. (1991). Measuring the Efficiency of Forest Management. *Forest Science*, 37(5): 1239–1252.
- Khoshfetrat, S. Daneshvar, S. (2011). Improving weak efficiency frontiers in the fuzzy data envelopment analysis models. *Applied Mathematical Modeling*, 35: 339–345.
- Korkmaz, M. (2011a). Productivity changes of forest enterprises in Turkey: A non-parametric Malmquist approach. *African Journal of Agricultural Research*, 6(28): 6189-6196.
- Korkmaz M. (2011b). Measuring the productive efficiency of forest enterprises in Mediterranean Region of Turkey using data envelopment analysis. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6(19): 4522-4532.
- Kök, R. (1991). Endüstriyel Verimlilik ve Etkinlik. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 680, İİBF Yayın No:90, Araştırma Serisi No:81, Erzurum.
- Lebel, L., G., Stuart W., B. (1998). Technical efficiency evaluation of logging contractors using a nonparametric model. *Journal of Forest Engineering*, 9(2): 15–24.
- Lertworasirikul, S. (2001). Fuzzy Data Envelopment Analysis for Supply Chain Modelling and Analysis, Dissertation Proposal in Industrial Engineering. North Carolina State University.

- Moghaddam, ARJ, Ghoseiri, K. (2011). Fuzzy dynamic multi-objective data envelopment analysis model. *Expert Systems with Applications*, 38: 850-855.
- Orman Genel Müdürlüğü Taşra Teşkilatı Kuruluş ve Görev Yönetmeliği, Resmi Gazetede Yayınlandığı Tarih: 24 Ocak 2011, Sayı:27825.
- Rhodes, E. (1986). An exploratory analysis of variations in performance among U.S. national parks. In *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, edited by Silkman. San Francisco: Jossey-Bass, pp. 47-71.
- Saati S.M. Memariani, A., Jahanshahloo G.R. (2001). α -Cut Based Possibilistic Programming. First National Industrial Engineering Conference, Sharif University of Technology, Tehran, p:1-10.
- Saati, S.M., Memariani, A., Jahanshahloo, G.R. (2002). Efficiency analysis and ranking of DMUs with fuzzy data. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 1: 255-267.
- Sengupta, J.K. (1992). A fuzzy systems approach in data envelopment analysis. *Computers Math. Applic.* 24(8/9): 259-266.
- Strange, N. (2003). Cost and Preference Based Selection of Biodiversity Sites. 10th Ulvön Anniversary Conference on Environmental Economics & Karl-Gustaf Löfgren Symposium. Sweden, 22p.
- Şafak, İ. (2009). Ege Bölgesi Orman İşletmelerinin Etkinlik Düzeylerinin Değerlendirilmesi, CBU Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Manisa.
- Şentürk, G. (2005). Devlet Orman İşletmelerinde Verimlilik ve İktisadilik Analizi (İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Örneği), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, Bartın.
- Triantis, K., Girod, O. (1998). A mathematical programming approach for measuring technical efficiency in a fuzzy environment. *Journal of Productivity Analysis*, 10: 85-102.
- Tsaur, H.S., Chiang, C.I., Chang Te-Yi. (1999). Evaluating the operating efficiency of international tourist hotels using the modified DEA model. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 4(2): 73-78.
- Ulucan, A. (2000). Şirket performanslarının ölçülmesinde veri zarflama analizi yaklaşımı: Genel ve sektörel bazda değerlendirmeler. *Hacettepe Üniversitesi, İİBF Dergisi*, 18: 405-418.
- Vuitala, E.J., Hänninen, H. (1998). Measuring the efficiency of public forestry organizations. *Forest Science*, 44(2): 298-307.
- Wang, Y.M., Greatbanks, R., Bo Yang, J. (2005). Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 153: 347-370.
- Wen, M. Li, H. (2009). Fuzzy data envelopment analysis (DEA): Model and ranking method. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 223: 872-878.
- Zadeh, L., A. (1965). Fuzzy sets. *Journal of Information and Control*, 8: 338-353.
- Zhang, Y. (2002). The Impacts of economic reform on the efficiency of silviculture: A non-parametric approach. *Environment and Development Economics*, 7: 107-122.
- Zimmermann, H.J. (1991). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Submitted: 03.12.2012

Accepted: 18.02.2013