



# JISTA

*Journal of Intelligent Systems: Theory  
and Applications*

MAY 2019

ISSN: 2651-3927



**VOL 2 NO 2**

ARTIFICIAL INTELLIGENT > MACHINE LEARNING > MULTI-AGENTS

[WWW.JISTA.INFO](http://WWW.JISTA.INFO)



# Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications

## Volume: 2 Issue: 2

### Editorial Boards

#### Honorary Editors

Zekai Şen, zsen@itu.edu.tr, Istanbul Technical University, Turkey

Burhan Turksen, bturksen@etu.edu.tr, TOBB ETU, Turkey

#### Editor-In-Chief

Harun Taşkın, taskin@sakarya.edu.tr, Sakarya University, Turkey

#### Associate of Editor-In-Chief

Özer Uygun, ouygun@sakarya.edu.tr, Sakarya University, Turkey

#### Editorial Board

Ali Allahverdi, ali.allahverdi@ku.edu.kw, Kuwait University, Kuwait

Andrew Kusiak, andrew-kusiak@uiowa.edu, The University Of Iowa, United States of America

Ayhan Demiriz, ademiriz@sakarya.edu.tr, Gebze Technical University, Turkey

Barış Yüce, b.yuce@exeter.ac.uk, Exeter University, United Kingdom

Cemalettin Kubat, kubat@sakarya.edu.tr, Sakarya University, Turkey

Cemil Öz, coz@sakarya.edu.tr, Sakarya University, Turkey

Dervis Karaboga, karaboga@erciyes.edu.tr, Erciyes University, Turkey

Ebubekir Koç, ekoc@fsm.edu.tr, Fatih Sultan Mehmet University, Turkey

Eldaw E. Eldukhri, eeldukhri@ksu.edu.sa, King Saud University, College Of Engineering Al-Muzahmia Branch, Saudi Arabia, United Kingdom

Ercan Öztemel, eoztemel@marmara.edu.tr, Marmara University, Turkey

Güneş Gençyılmaz, gunesgencyilmaz@aydin.edu.tr, Turkey

Hamid Arabnia, hra@cs.uga.edu, University Of Georgia, United States of America

Lyes Benyoucef, lyes.benyoucef@Isis.org, Aix-Marseille University, Marseille, France

Maged Dessouky, maged@rcf.usc.edu, University Of Southern California, Los Angeles, United States of America

Mehmet Emin Aydın, mehmet.aydin@beds.ac.uk, United Kingdom

Mehmet Recep Bozkurt, mbozkurt@sakarya.edu.tr, Sakarya University, Turkey

Mehmet Savsar, mehmet.savsar@ku.edu.kw, Kuwait University, Kuwait

Mohamed Dessouky, dessouky@usc.edu, University Of Southern California, Los Angeles, United States of America

M.H. Fazel Zarandi, zarandi@aut.ac.ir, Amerikabir University Of Technology, Iran

Türkey Dereli, dereli@gantep.edu.tr, Gaziantep University, Turkey

Witold Pedrycz, pedrycz@ee.ualberta.ca, University Of Alberta, Canada

Yılmaz Uyaroğlu, uyaroglu@sakarya.edu.tr, Sakarya University, Turkey



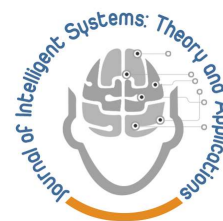
# Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications

## Volume: 2 Issue: 2

### Contents

#### Research Articles

- |   |       |
|---|-------|
| <b>The Development of a Model for Decision Support System of Assessment and Selection of University Academic Staff</b><br><i>Irakli Basheleishvili, Avtandil Bardavelidze, Sergo Tsiramua</i> | 18-23 |
| <b>Sezgisel Bulanık AHP Yöntemiyle Yeşil Tedarikçi Seçimi</b><br><i>Ayşegül Çınar, Özer Uygun</i>   | 24-31 |



# The Development of a Model for Decision Support System of Assessment and Selection of University Academic Staff

Irakli Basheleishvili\*, Avtandil Bardavelidze<sup>1</sup>, Sergo Tsiramua<sup>2</sup>

<sup>\*1</sup>Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia

<sup>2</sup>University of Georgia, Tbilisi, Georgia

## Abstract

The paper deals with the development of the assessment, ranking and selection model of the university's academic staff. To develop this model, there was used the multi-criterion analysis method TOPSIS, which is based on the theory of fuzzy sets. Based on this model, we can establish the decision-making support system for the assessment and selection of academic staff on the basis of the expert assessments

**Keywords:** Academic staff, fuzzy number, TOPSIS, decision matrix, assessment, selection.

## 1. Introduction

The university's academic staff is one of the most important links carrying out research and educational activities. Academic staff consists of professors. The professors are composed of full professor, associate professor and assistant professor. The quality of scientific and educational activities at the university is directly linked to the qualification of academic staff. That is why the universities seek to staff particular teaching areas adequately. The assessment of the qualification of academic staff is done mainly when the university announces the competition for the vacancies of academic positions by means provided for in the legislation (Moses, 1988).

The academic positions can only be taken through an open competition, which should comply with the principles of transparency, equity and fair competition. Holding the competitions for the vacancies of academic positions based on the principles of transparency, equity and fair competition is ensured by a temporary collegiate body – the Competition Commission (a group composed of qualified experts). The Competition Commission will review and assess the documents

submitted by the applicants to confirm their suitability for the academic position.

It is important for the Competition Commission to carry out its activities efficiently and objectively, in order to avoid the mistakes in the academic staff selection process.

To ensure the objective and successful academic staff selection process, we consider it advisable to establish the decision-making support system, through which the Competition Commission will carry out its activities.

The decision-making support system that provides the academic staff assessment and selection process needs a model, through which the system will provide the assessment and selection of academic staff for a particular area or position, on the basis of the assessment of experts (the Competition Commission members). The aim of our work is to elaborate a model of the assessment and selection, on the basis of which we will be able to design the decision-making support system for the assessment and selection of academic staff.

There are numerous scientific papers with insight into the issues of the assessment and selection of human resources, which is not the case in the assessment and selection of the University's academic staff. stands to

\*Corresponding Author. Irakli Basheleishvili  
E-mail: basheleishvili.irakli@gmail.com

Received : 12 March 2019  
Revision : 09 April 2019  
Accepted : 26 April 2019



reason that, the academic staff is a human resource, but the academic staff differs greatly from regular personnel. Consequently, the assessment and selection of academic staff process is a specific process and differs radically different from the regular personnel assessment and selection process (Basheleishvili, & Bardavelidze, 2018; Meinert, Davis, 1989; Keenan, McGarraghy, McNamara, Phelan, & Schools,2004 ).

## 2. Basic Part

The objective of the assessment and selection of academic staff is similar to the task of multicriteria decision, which is based on a decision matrix, which in turn consists of the alternatives and criteria. the alternatives are a choice from a broad range of options that should be assessed for the selection of the best option. The criteria are the characteristics of the alternatives, which are used to assess the alternatives. (Basheleishvili, 2018; Basheleishvili, & Bardavelidze, 2018).

In this case, we should draw up a decision matrix according to each specialty and academic position, in which the alternatives will be the applicants (for the academic positions), while the criteria are the assessment criteria. The values of the assessment criteria are determined by the experts who are involved in the Competition Commission.

With regard to the assessment and selection, we use the Fuzzy - TOPSIS expert method. The Fuzzy-TOPSIS expert method is one of the effective tools that helps the decision-makers and experts in the formulation of their goals and subjective considerations, as well as in using fuzzy mathematics, linguistic variables and the phase-sets in the decision-making process for the assessment of the alternatives and criteria. (Sun, Lin , 2009; Madi, Tap, & Osman, 2011).

We can formulate the objectives of the assessment and selection of academic staff in the following way: we have the  $L = \{L_1, L_2, \dots, L_g\}$  set of specialties, for which we are going to provide the assessment and selection of academic staff;  $C'_{i1}, C'_{i2}, \dots, C'_{in}$  - criteria for the assessment of full professor for  $i$ -specialty;  $C''_{i1}, C''_{i2}, \dots, C''_{in}$  - criteria for the assessment of associate professor for  $i$ -specialty;  $C'''_{i1}, C'''_{i2}, \dots, C'''_{in}$  - criteria for the assessment of assistant professor for  $i$ -specialty;  $W'_{i1}, W'_{i2}, \dots, W'_{in}$  - the criterion weights for the assessment of full professor for  $i$ -specialty;  $W''_{i1}, W''_{i2}, \dots, W''_{in}$  - the criterion weights for the assessment of associate professor for  $i$ -specialty;  $W'''_{i1}, W'''_{i2}, \dots, W'''_{in}$  - the criterion weights for the assessment of assistant professor for  $i$ -specialty.

$E_i = \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{it}\}$  - a set of experts by specialties;  $P'_i = \{p'_{i1}, p'_{i2}, \dots, p'_{im}\}$  - a set of applicants for the academic position of full professor for  $i$ -specialty;  $P''_i = \{p''_{i1}, p''_{i2}, \dots, p''_{im}\}$  - a set of applicants for the academic position of associate professor for  $i$ -specialty;  $P'''_i = \{p'''_{i1}, p'''_{i2}, \dots, p'''_{im}\}$  - set of applicants for the

academic position of assistant professor.  $N'_i$  - number of professors to be selected for  $i$ -specialty;  $N''_i$  - number of associate professors to be selected for  $i$ -specialty;  $N'''_i$  - number of assistant professors to be selected for  $i$ -specialty.

Thus, our goal is to draw up a decision matrix for each specialty and academic position, based on the defined assessment criteria, their alternatives and fuzzy expert assessments(triangular fuzzy number ( Zhang, Ma,, & Chen, 2014)), as well as to implement each of them for the selection of academic staff.

A triangular fuzzy number is represented as a triplet  $\tilde{a} = (a, b, c)$ . The membership function  $\mu_{\tilde{a}}(x)$  of triangular fuzzy number  $\tilde{a}$  is given as :

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-c} & \text{if } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

For the expert assessments by fuzzy numbers, we use fuzzy numbers and the following scales of the appropriate linguistic variables (Table 1-2) (Madi, Tap, & Osman, 2011).

**Table 1.** Linguistic variables for the importance weight of each criterion

Linguistic variable	Triangular fuzzy number
Very Not Important (VNI)	(0, 0, 0.1)
Not Important (NI)	(0, 0.1, 0.3)
Somewhat Not Important (SNI)	(0.1, 0.3, 0.5)
Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Somewhat Important (SI)	(0.5, 0.7, 0.9)
Important (I)	(0.7, 0.9, 1.0)
Very Important (VI)	(0.9, 1.0, 1.0)

**Table 2.** Linguistic variables for the ratings

Linguistic variable	Triangular fuzzy number
Very Not Poor (VNP)	(0, 0, 1)
Poor (P)	(0, 1, 3)
Medium Poor (MP)	(1,3,5)
Fair (F)	(3, 5, 7)
Medium Good (MG))	(5, 7, 9)
Good (G)	(7, 9, 10)
Very Good (VG)	(9, 10,0)

## 3. The academic staff assessment and selection stages based on Fuzzy-Topsis:

**Stage 1.** Let us draw up a decision matrix for a particular academic position for  $i$ -specialty, which is as follows:

$$D_i = \begin{matrix} p_{i1} \\ p_{i1} \\ \vdots \\ p_{im} \end{matrix} \begin{bmatrix} C_{i1} & C_{i1} & \dots & C_{in} \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{1m} & \tilde{x}_{2m} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix} \quad i=1,g \quad (2)$$

Where

$$\tilde{x}_{uv} = \frac{1}{s} (\tilde{x}_{uv}^1 + \tilde{x}_{uv}^2 + \dots + \tilde{x}_{uv}^s) \quad (3)$$

u=1, m. v=1, n.

Where  $\tilde{x}_{uv}^s$  is the rating of alternative  $p_{iu}$  with respect to criterion  $c_{iv}$  evaluated by expert, and  $\tilde{x}_{uv}^s = (a_{uv}^s, b_{uv}^s, c_{uv}^s)$ .

**Stage 2.** Let us determine triangular fuzzy numbers of the criterion weights for a given specialty and academic position, which are assessed by the experts in accordance with Table 1.

**Stage 3.** Normalize the fuzzy decision matrix, the normalized fuzzy decision matrix denoted by  $\tilde{R}_i$  is shown as following formula:

$$\tilde{R}_i = [\tilde{r}_{kl}]_{m \times n} \quad (4)$$

$$k=1, m. \quad l=1, n.$$

Then the normalization process can be performed by following formula:

$$\tilde{r}_{kl} = \left( \frac{a_{kl}}{c_l^*}, \frac{b_{kl}}{c_l^*}, \frac{c_{kl}}{c_l^*} \right) \quad (5)$$

Where

$$c_l^* = \max_k c_{kl}$$

The normalized  $\tilde{r}_{kl}$  are still triangular fuzzy numbers.

**Stage 4.** The weighted fuzzy normalized decision matrix is shown as following matrix  $\tilde{V}_i$ :

$$\tilde{V}_i = [\tilde{v}_{kl}]_{m \times n} \quad (6)$$

$$\tilde{v}_{kl} = \tilde{r}_{kl} \oplus \tilde{w}_l \quad (7)$$

**Stage 5.** Determine the fuzzy positive-ideal solution (FPIS) and fuzzy negative-ideal solution (FNIS) According to the weighted normalized fuzzy decision matrix, we know that the elements  $\tilde{v}_{kl}$  are normalized positive TFNs and their ranges belong to the closed interval [0,1]. Then, we can define the FPIS  $A^+$  and FNIS  $A^-$  as following formula (Sun, Lin, 2009):

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad (8)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (9)$$

where  $\tilde{v}_l^+ = (1,1,1)$  and  $\tilde{v}_l^- = (0,0,0)$ .

**Stage 6:** Calculate the distance of each alternative from FPIS and FNIS the distances ( $d_k^+$  and  $d_k^-$ ) of each alternative  $A^+$  from and  $A^-$  can be currently calculated by the area compensation method(Sun, Lin, 2009):

$$d_k^+ = \sum_{l=1}^n d(\tilde{v}_{kl}, \tilde{v}_l^+) \quad (10)$$

$$d_k^- = \sum_{l=1}^n d(\tilde{v}_{kl}, \tilde{v}_l^-) \quad (11)$$

Where  $d(\tilde{a}, \tilde{b})$  denotes the Euclidean distance between two fuzzy numbers  $\tilde{a}$  and  $\tilde{b}$ . (Szmídt, Eulalia, & Kacprzyk, 2000).

**Stage 7.** The closeness coefficient  $CC_{ik}$  is then calculated to determine the ranking of each alternative. The closeness coefficient is given by:

$$CC_{ik} = \frac{d_k^-}{d_k^+ + d_k^-} \quad (12)$$

**Stage 8.** Let us select  $N_i$  number of applicants having the highest  $CC_{ik}$  values for a particular position for  $i$ -specialty.

#### 4. Numerical experiment to demonstrate the work of the method presented in the paper

Consider the case of the assessment and selection of academic staff, when we want to select three professors ( $N_1 = 3$ ) for the specialty of Software Engineering ( $d_1$ ), whose assessment criteria are as follows: suitability of the academic degree and scientific work with the vacancy profile ( $C'_{11}$ ); suitability of work and pedagogical experience with the vacancy profile ( $C'_{12}$ ); scientific research and research grant projects ( $C'_{13}$ ); portfolio ( $C'_{14}$ ); an interview with a Competition Commission ( $C'_{15}$ ); the Competition Commission for  $d_1$  specialty is composed of three experts  $e_{11}, e_{12}, e_{13}$ .

The experts use the linguistic weighting variables (See Table 1.) for determining the level of importance of criteria (Table 3):

**Table 3.** Linguistic variables of the importance weight of the criteria

	$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
$C'_{11}$	VI	VI	I
$C'_{12}$	SI	SI	I
$C'_{13}$	M	M	SNI
$C'_{14}$	SI	I	SI
$C'_{15}$	M	I	SNI

Converting linguistic variables to the triangular fuzzy numbers (Table 1 according to it), result is given in the table 4 below:

**Table 4.** Fuzzy numbers of the importance weight of the criteria

	Experts		
	$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
$C'_{11}$	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)
$C'_{12}$	(0.5,0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)
$C'_{13}$	(0.3,0.5,0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)
$C'_{14}$	(0.5,0.7,0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)
$C'_{15}$	(0.3,0.5,0.7)	(0.7, 0.9, 1)	(0.1, 0.3, 0.5)

**Table 5.** Fuzzy weight for all criteria

	$W'_{11}$	$W'_{12}$	$W'_{13}$	$W'_{14}$	$W'_{15}$
weight	(0.83,0.97,1)	(0.57,0.77,0.93)	(0.23,0.43,0.63)	(0.57,0.77,0.93)	(0.37,0.57,0.73)

The experts use the linguistic weighting variables (See Table 2) to determine the priority of each criterion and the alternative is summarized in Table 6.

Changing the linguistic evaluation (shown in Table 2) to the triangular fuzzy numbers (Table 7) and then build a fuzzy decision matrix (Table 8):

**Table 6**

		$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
		$p'_{11}$	$C'_{11}$	MP
	$C'_{12}$	MP	F	F
	$C'_{13}$	G	G	MG
	$C'_{14}$	F	MP	F
	$C'_{15}$	G	G	MG
$p'_{12}$		$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
	$C'_{11}$	F	MG	MG
	$C'_{12}$	MP	MP	MP
	$C'_{13}$	G	MG	G
	$C'_{14}$	G	G	MG
	$C'_{15}$	F	F	F
$p'_{13}$		$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
	$C'_{11}$	MG	F	MG
	$C'_{12}$	F	MP	MG
	$C'_{13}$	G	MG	G
	$C'_{14}$	MG	F	MG
	$C'_{15}$	G	MG	G
$p'_{14}$		$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
	$C'_{11}$	P	F	MG
	$C'_{12}$	F	MP	MG
	$C'_{13}$	G	MG	G
	$C'_{14}$	MG	F	MG
	$C'_{15}$	G	MG	VG
$p'_{15}$		$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
	$C'_{11}$	MP	P	MP
	$C'_{12}$	F	MP	MG
	$C'_{13}$	G	MG	G
	$C'_{14}$	F	F	MG
	$C'_{15}$	G	MG	VG

**Table 7**

		$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$
		$p'_{11}$	$C'_{11}$	(1, 3, 5)
	$C'_{12}$	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	$C'_{13}$	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
	$C'_{14}$	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)
	$C'_{15}$	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
$p'_{12}$	$C'_{11}$	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	$C'_{12}$	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
	$C'_{13}$	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
	$C'_{14}$	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
	$C'_{15}$	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	$p'_{13}$	$C'_{11}$	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
$C'_{12}$		(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
$C'_{13}$		(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
$C'_{14}$		(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
$C'_{15}$		(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
$p'_{14}$		$C'_{11}$	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
	$C'_{12}$	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
	$C'_{13}$	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
	$C'_{14}$	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
	$C'_{15}$	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 0)
	$p'_{15}$	$C'_{11}$	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)
$C'_{12}$		(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
$C'_{13}$		(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
$C'_{14}$		(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
$C'_{15}$		(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 0)

**Table 8.** Fuzzy decision matrix

	$C'_{11}$	$C'_{12}$	$C'_{13}$	$C'_{14}$	$C'_{15}$
$p'_{11}$	(3.67, 5.67, 7.67)	(2.33, 4.33, 6.33)	(6.33, 8.33, 9.67)	(2.33, 4.33, 6.33)	(6.33, 8.33, 9.67)
$p'_{12}$	(4.33, 6.33, 8.33)	(1, 3, 5)	(6.33, 8.33, 9.67)	(6.33, 8.33, 9.67)	(3, 5, 7)
$p'_{13}$	(4.33, 6.33, 8.33)	(3, 5, 7)	(6.33, 8.33, 9.67)	(4.33, 6.33, 8.33)	(6.33, 8.33, 9.67)
$p'_{14}$	(2.67, 4.33, 6.33)	(3, 5, 7)	(6.33, 8.33, 9.67)	(4.33, 6.33, 8.33)	(4.33, 6.33, 8.33)
$p'_{15}$	(0.67, 2.33, 4.33)	(3, 5, 7)	(6.33, 8.33, 9.67)	(3.67, 5.67, 7.67)	(7, 8.67, 6.33)

Construct a normalized fuzzy decision matrix (Table 9):

**Table 9.** Normalized fuzzy decision matrix

	$C'_{11}$	$C'_{12}$	$C'_{13}$	$C'_{14}$	$C'_{15}$
$p'_{11}$	(0.37, 0.657, 0.92)	(0.19, 0.47, 0.84)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.14, 0.34, 0.61)	(0.24, 0.49, 0.73)
$p'_{12}$	(0.43, 0.73, 1)	(0.08, 0.33, 0.66)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.37, 0.66, 0.93)	(0.11, 0.29, 0.53)
$p'_{13}$	(0.43, 0.73, 1)	(0.24, 0.55, 0.93)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.25, 0.50, 0.80)	(0.24, 0.49, 0.73)
$p'_{14}$	(0.35, 0.50, 0.76)	(0.24, 0.55, 0.93)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.25, 0.50, 1)	(0.16, 0.37, 0.63)
$p'_{15}$	(0.07, 0.27, 0.52)	(0.24, 0.55, 0.93)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.21, 0.45, 0.74)	(0.27, 0.51, 0.48)

Construct a weighted normalized fuzzy decision matrix (Table 10):

**Table 10.** Weighted normalized fuzzy decision matrix

	$C'_{11}$	$C'_{12}$	$C'_{13}$	$C'_{14}$	$C'_{15}$
$p'_{11}$	(0.37, 0.657, 0.92)	(0.19, 0.47, 0.84)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.14, 0.34, 0.61)	(0.24, 0.49, 0.73)
$p'_{12}$	(0.43, 0.73, 1)	(0.08, 0.33, 0.66)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.37, 0.66, 0.93)	(0.11, 0.29, 0.53)
$p'_{13}$	(0.43, 0.73, 1)	(0.24, 0.55, 0.93)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.25, 0.50, 0.80)	(0.24, 0.49, 0.73)
$p'_{14}$	(0.35, 0.50, 0.76)	(0.24, 0.55, 0.93)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.25, 0.50, 1)	(0.16, 0.37, 0.63)
$p'_{15}$	(0.07, 0.27, 0.52)	(0.24, 0.55, 0.93)	(0.15, 0.37, 0.63)	(0.21, 0.45, 0.74)	(0.27, 0.51, 0.48)

The next step is to get the fuzzy positive ideal solutions (FPIS),  $(A^+)$  and fuzzy negative ideal solutions (FNIS),  $(A^-)$ .  $A^+ = (1, 1, 1, 1, 1)$  and  $A^- = (0, 0, 0, 0, 0)$ . Calculate the distance of the alternatives from  $(A^+)$  and  $(A^-)$ . The next step calculated the correlation coefficients for each alternative (Table 11).

	$d^+$	$d^-$	$CC_{1k}$	Rank
$p'_{11}$	2.843588	2.6281	0.4803	4
$p'_{12}$	2.812948	2.6734	0.4873	3
$p'_{13}$	2.596798	2.9254	0.5297	1
$p'_{14}$	2.804767	2.7396	0.4941	2
$p'_{15}$	3.058351	2.3599	0.4355	5

Let's select three of the highest  $CC_{1k}$  value -  $p'_{13}$ ,  $p'_{14}$ ,  $p'_{12}$ .

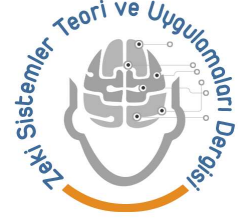
## 5. Conclusions

The paper describes the assessment and selection model of the university's academic staff, which allows us for making the best choice from the applicants on the basis of the expert assessments. Based on this model, we can establish the decision-making support system for the assessment and selection of academic staff. The shortcoming of this model is that it is based entirely on the expert assessments and depends on the expert's qualification and his/her objectivity. I plan to carry out research to eliminate these shortcomings.





## References

- Basheleishvili, I. (2018). Development of Method of Multifunctional Personnel Assessment Using a Topsis Method. *Journal of Technical Science and Technologies*, 6(2).
- Basheleishvili, I. (2018). The Algorithm of Selection and Functions Distribution of Multifunctional Personnel-Case when the Number of Functions is Greater than the Number of Personnel. *Journal of Technical Science and Technologies*, 6(2).
- Basheleishvili, I., & Bardavelidze, A. (2018). Development of Human Resource Assessment and Selection Model for Computer System Design. *International Journal of Computer (IJC)*, 30(1), 50-58.
- Ehrgott, M., Figueira, J., & Greco, S. (2010). Trends in multiple criteria decision analysis (Vol. 6, pp. 10-34). New York: Springer.
- Junior, F. R. L., Osiro, L., & Carpinetti, L. C. R. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194-209.
- Keenan, P., McGarraghy, S., McNamara, C., Phelan, M., & Schools, U. B. (2004). Human resource management DSS. In *International Conference DSS2004* (pp. 525-534).
- Madi, E. N., Tap, A. O. M., & Osman, A. (2011, July). Fuzzy TOPSIS method in the selection of investment boards by incorporating operational risks. In *Proceedings of the world congress on engineering* (Vol. 1, No. 1, pp. 291-295).
- Meinert, D. B., & Davis, D. L. (1989). Human Resource Decision Support Systems (HRDSS): Integrating Decision Support and Human Resource Information Systems. *Information Resources Management Journal (IRMJ)*, 2(1), 41-48.
- Moses, I. (1988). *Academic Staff Evaluation and Development. A University Case Study*. University of Queensland Press, 250 Commercial Street, Manchester, NH 03101.
- Sun, C. C., & Lin, G. T. (2009). Using fuzzy TOPSIS method for evaluating the competitive advantages of shopping websites. *Expert Systems with Applications*, 36(9), 11764-11771.
- Zhang, X., Ma, W., & Chen, L. (2014). New similarity of triangular fuzzy number and its application. *The Scientific World Journal*, 2014.



# Sezgisel Bulanık AHP Yöntemiyle Yeşil Tedarikçi Seçimi

 Ayşegül Çınar<sup>1\*</sup>,  Özer Uygun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

## Öz

Fazla sayıda kriteri göz önünde bulundurarak birçok alternatif arasından en iyisini seçme problemi günlük hayatta oldukça karşılaşılan ve çözülmesi zor olabilen bir konudur. Sezgisel bulanık AHP yöntemi kesinlik içermeyen durumlarda karar alternatiflerinin kararı etkileyen kriterlere bağlı olarak seçim yapılmasını ve karar hiyerarşisinin oluşturulmasını sağlayan çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Çalışmanın amacı belirsizlik ortamında tedarikçilerin yeşil tedarik zinciri uygulamaları ile ilişkisini en doğru şekilde ortaya koyabilmek ve yeşil uygulamaları bakımından en uygun tedarikçiyi seçebilmektir. Çalışma kapsamında 5 farklı kriter belirlenmiş ve 3 farklı yeşil tedarikçi alternatifi değerlendirilmiştir. Firmaya uygun yeşil tedarikçi seçimi Sezgisel Bulanık AHP yöntemi ile kuramsal olarak yapılmıştır. Uygulanan yöntem ile en uygun alternatifin seçilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yeşil tedarikçi seçimi, Çok kriterli karar verme, Sezgisel bulanık AHP.

## Selecting Green Supplier Using Intuitionistic Fuzzy AHP

### Abstract

Selecting the best one amongst many alternatives considering a number of criteria is a common and sometimes could be a hard problem. Intuitionistic Fuzzy AHP method is multi-criteria decision making method that enables structuring decision hierarchy and evaluating decision alternatives in uncertain situations in terms of criteria effecting the decision. The purpose of the study is evaluating suppliers in uncertain situation considering their relations with green supply chain management implementations and then selecting the most suitable suppliers accordingly. In the framework of the study, 5 criteria is decided and 3 green suppliers are evaluated. The study hypothetically considers several suppliers for a main manufacturer and assessment is realized using intuitionistic fuzzy AHP.

**Keywords:** Selecting green supplier, Multi-criteria decision making, Intuitionistic Fuzzy AHP

## 1. Giriş (Introduction)

Gelişmekte olan ülkelerde hem yeşil tedarik zinciri uygulamaları hem de ekonomik performans, özellikle çevresel yönetim uygulayan işletmeler için oldukça önemlidir (Güzel, Demirdöğen, 2016).

Hızla gelişen teknoloji ve günümüz yaşam koşulları dikkate alındığında pazarda rekabet ortamı oluşması kaçınılmaz olmuştur. Rekabetin artmasıyla birlikte tüketici bilinç seviyesi ve duyarlılığı da değişmiştir. İşletmelerin pazardaki rakiplerine üstünlük sağlamaları, verimliliklerini ve karlılıklarını artırmaları, yenilik ve müşteri beklentilerini karşılamaları ile mümkün olmaktadır. Bu eğilime yanıt olarak, yöneticiler çevresel yönetimi veya ürün ve hizmetlerinin sürdürülebilirliğini geliştirmek için çeşitli inisiyatifler geliştirmiştir (Lin, Sheu, 2011).

Yeşil satın alma ve yeşil tasarım buna örnek olarak verilebilir. Yeniliğe açık esnek işletmeler bu rekabet üstünlüğünü sağlamak için çevre konularına yönelmişlerdir. Bu nedenle işletmeler çevreye duyarlı olarak mal ve hizmet üretmeyi ön planda tutmaya başlamış ve böylelikle yeşil uygulamalar önem kazanmıştır.

Küreselleşme, çevre kirliliği gibi etkilerin insan hayatını olumsuz yönde etkilemesi gelecek nesilleri tehdit etmektedir. Bu tehdit unsuru tüketicilerin ve devletlerin gerekli önlemler almalarını zorunlu kılmaktadır. İşletmeler ve dolayısıyla tedarik zincirleri de bu önlemlerden etkilenmektedir. Bu etkilenmeler neticesinde işletmeler değişime ayak uydurarak verimliliği ve karlılığı artırmak amacıyla yeşil (çevrecilik) algısını da tedarik zincirlerine eklemek zorunda kalmaktadırlar. Ekonominin ve çevrenin

\* Sorumlu yazar. Ayşegül Çınar  
E-posta adresi: aysegullcinar@gmail.com

Alındı : 21 Oca 2019  
Revizyon : 25 Haz 2019  
Kabul : 4 Tem 2019

koordineli bir şekilde gelişmesini sağlayabilmek için, üretim yapan işletmelerin yeşil tedarik zinciri operasyonu gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Dan-li vd., 2011). Geçmişte tedarikçi seçimi için tanımlanan kriterler normal olarak, fiyat rekabeti üzerine odaklanırken, yeşil uygulamalarda işletmeler, ürün, üretim, ekonomik kârlılık ve sürdürülebilirliği sağlamak için en önemli kriter olarak ekolojik koşulları öncelikli değerlendirmek zorundadır (Denizhan vd., 2017). Böylece karlılığa ve buna benzer parametrelere dayalı tedarik zinciri değerlendirmesi yapmak yerine çevresel konuları da içeren ve bu konulara önem veren yeşil tedarik zinciri kavramı önem kazanmaktadır. Etkin tedarik zinciri yönetimi tersine lojistik, yeşil tedarik zinciri ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin birlikte ele alınması ile başarıyı getirmektedir. İşletmelerin hedeflerini sürdürülebilir hale getirebilmesi, çevresel faaliyetlere önem veren en uygun tedarikçiler ile işbirliği yapması ile mümkün olmaktadır (Şişman, 2016).

Yeşil tedarik zinciri yönetimi ile ilgili olarak literatürde görüldüğü üzere işletmelerin tedarikçilerinin çevresel performanslarını derecelendirmeleri yeşil tedarik zinciriyle alakalı kriterleri en doğru şekilde belirleyebilmeleri ile mümkündür. Belirlenmiş olan kriterler yeşil tedarik zincirinde etkisi büyük olduğu düşünülen kriterlerdir.

Bu çalışmada yeşil tedarikçi değerlendirme kriterleri Chen vd. (2010)'dan revize edilerek alınmıştır ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Yeşil Tedarikçi Değerlendirme Kriterleri (Green Supplier Evaluation Criteria)

	Kriterler
K1	Uygunluk Kalitesi
K2	Yeşil Ürün Tasarımı
K3	Yeşil Satın Alma
K4	Yeşil Üretim
K5	Çevresel Yönetim Sistemi

Ancak günümüz iş dünyası içindeki belirsizlikler ve parametreler, alternatiflerin fazlalığı ve güvenilirliklerinin doğru tespit edilememesi, kriterlerin çok olması yeşil tedarikçi seçimi sürecini zorlaştırmaktadır. Bu belirsizlikler altında en doğru sonuca ulaşabilmek için sezgisellik ve bulanıklık içeren çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanılmasının doğru olacağı düşünülmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri net ve bulanık değerlerle kullanılmaktadır (Dammak vd., 2015). Bulanık ortamlarda belirsiz ve çok nitelikli sorunlara çözüm aramada, bulanık grup karar verme yöntemleri uygulanmalıdır (Uygun ve Dede, 2016). Bu çalışmada önem verilmesi gereken parametreler dikkate alınarak çevresel faktörleri ön planda tutabilmek, yöneticilere karar vermelerinde yardımcı olabilmek ve tedarikçilerin çevresel performanslarının puanlamasını en iyi şekilde değerlendirebilmek amaçlanmıştır. Bu

değerlendirmeler, sıradan bulanık kümelerden, aralıklı sezgisel bulanık kümeler ile daha kolay ifade edilebilir (Fahri vd., 2015).

Çok kriterli karar verme sorunlarının ele alınmasındaki popüleritesine ve sadeliğine rağmen, AHP genellikle belirsizliği yeterince ele almadaki yetersizliği nedeniyle eleştirilmektedir (Xu ve Liao, 2014). Bu nedenle sezgisel bulanık AHP yöntemi ile uygulama yapılarak en uygun alternatif (tedarikçi) belirlenmiştir.

Literatürde sezgisel bulanık AHP yönteminin kullanıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür. Sadiq ve Tefamariam (2007) sondaj çalışmaları için en uygun çevresel delme işlemi seçimi yapmışlardır. Zhang vd. (2011) sezgisel bulanık AHP yöntemini bulanık AHP ile ilişkisini ele alarak tanıtmışlardır. Han Park vd. (2011) klima sistemi seçimi yapmışlardır. Xu ve Liao (2014) klasik AHP yönteminin sezgisel bulanık küme ile sezgisel bulanık AHP'ye genişletilmesini ele almışlardır. Dammak vd. (2015) Sezgisel bulanık küme teorisini kullanarak beşeri sermaye göstergeleri seçimi, Fahmi vd. (2015) insan kaynakları yönetimi altında belirli bir pozisyon için başvuran kişiler arasında sezgisel bulanık AHP ile seçim yapmışlardır. Deepika vd. (2016) sezgisel bulanık AHP ile global tedarikçi seçimi yapmışlardır.

Çalışmada kuramsal olarak bir işletmenin uzmanlarının görüşleri ışığında ve belirsiz koşullar altında tedarikçilerin yeşil performansı sezgisel bulanık AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sezgisel bulanık AHP yöntemi ile yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Yeşil tedarik zinciri değerlendirmesinde ise bu yöntemin kullanılmasının önerilmesi literatüre bir katkı sağlayacaktır. Tedarikçilerin çevresel performanslarının derecelendirilmesi uzman grup içerisinde farklılık gösterebilmekte ve kesin bir derecelendirme yapılması zor olabilmektedir. Bu nedenle önerilen çok kriterli karar verme yönteminin problemin ve parametrelerin belirsizlik ve bulanıklık içermesinden dolayı ideal çözüme en yakın sonuçlar üreteceği düşünülmektedir.

## 2. Metodoloji (Methodology)

AHP yöntemi, karar hiyerarşisinin oluşturulmasını ve bu kararı etkileyen kriterlere bağlı olarak alternatifler arasından seçim yapılmasını sağlayan çok kriterli bir karar verme yöntemi olarak tanımlanabilir. Sezgisel bulanık AHP'de, klasik AHP sezgisel bulanık küme ile birleştirilmiştir.

Bu çalışmada yeşil tedarikçi seçimi, sezgisel bulanık AHP yöntemi ile yapılmıştır. Aşağıda öncelikle sezgisel bulanık kümeler hakkında bilgi verilecek ardından sezgisel bulanık AHP yöntemi ele alınacaktır.

### 2.1. Sezgisel Bulanık Küme (Intuitionistic Fuzzy Sets)

Bulanık küme teorisi esasen, küme teorisinin sınıfların keskin sınırlarını içermeyen bir

genellemesidir (Chen vd., 2010). Çok kriterli karar verme yöntemlerinin bulanık mantık ile entegrasyonu belirsiz durum ve yargılarda daha net karar vermeye olanak sağladığı için sıklıkla kullanılmaktadır (Özkan Özen ve Koçak, 2017). Sezgisel Bulanık Küme ise (IFS), esas olarak belirsizliği ele almak için tasarlanan Bulanık Küme'nin uzantısıdır (Deepika ve Kannan, 2016). Belirsizlik (kesinsizlik) kesinlikten veya keskin ayırmadan yoksunluk anlamına gelir (Sadiq, Tesfamariam, 2007).

Bulanık kümelerde küme elemanlarının kısmi üyeliğine izin verilmektedir. Küme elemanlarının alacağı üyelik değerleri  $[0,1]$  arasında değişkenlik göstermektedir. Bunun sonucunda, bulanık bir küme her bir elemanın üyeliğinin derecelendirilebildiği klasik bir kümenin genelleştirilmiş hali olur. Bulanık küme kavramına göre tanımlanan bulanık A kümesindeki bir elemanın o kümeye ait olma derecesi  $\mu_A$  iken ait olmama derecesi  $1 - \mu_A$ 'ya karşılık gelmektedir. Böylece ait olma derecesi ile ait olmama derecesinin toplamı her zaman 1'e eşit olur. Fakat gerçek hayat uygulamaları ele alındığında bu yaklaşımın uygulamalardaki belirsizliği tam olarak ele alamaması sebebiyle her zaman etkin bir yöntem olmadığı görülmektedir.

Sezgisel bulanık kümeler üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi hakkında daha kapsamlı bir değerlendirmeye olanak sağladığından, belirsizlik ortamında bulanık kümelere göre faydasının daha fazla olduğu açıktır (Zhang vd., 2011).

Gerçek hayattaki uygulamalarda, insanların düşüncelerinin önem teşkil ettiği problemlerde ait olma ve olmama derecelerinin toplamı 1'den küçük olabilmektedir. Bu nedenle bu ihtiyacın karşılanabilmesi amacıyla bulanık küme teorisi geliştirilerek sezgisel bulanık küme teorisi elde edilmiştir.

Matematiksel olarak ifade edecek olursak  $X$  bir küme olmak üzere  $X$ ' deki sezgisel bulanık  $A$  kümesi Denklem (1)'de tanımlandığı gibidir.

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x), \pi_A(x) \rangle \mid x \in X \} \quad (1)$$

Sezgisel bulanık küme teorisinde  $x$  elemanın  $A$  kümesine ait olma derecesi  $\mu_A(x)$ , ait olmama derecesi  $\nu_A(x)$  ve tereddüt indeksi  $\pi_A(x)$  olarak tanımlanmıştır. Sezgisel bulanık küme teorisinde ait olma derecesi ve ait olmama derecesinin toplamının 1'den küçük olabileceği 2 numaralı eşitsizlikte gösterilmektedir. Bu eşitsizlik aynı zamanda bulanık küme ile sezgisel bulanık kümenin birbirinden farklı olduğunu açıkça göstermektedir.

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad (2)$$

Tereddüt indeksi, bir  $x$  elemanın  $A$  kümesine ait olup olmaması durumunun tereddüt düzeyini belirtmekte ve Denklem (3)'de verildiği gibi

hesaplanmaktadır.

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) \quad (3)$$

Tereddüt indeksine karşılık gelen  $\pi_A(x)$  ifadesi, aldığı değere göre  $x$  elemanı hakkında farklı yorumlarda bulunulabilmesine yardımcı olmaktadır. Eğer  $\pi_A(x)$  değeri küçükse  $x$  elemanı hakkındaki bilginin belirsizlik derecesinin göreceli olarak daha az olduğu, büyüğe  $x$  elemanı hakkındaki bilginin belirsizlik derecesinin göreceli olarak daha fazla olduğu sonucuna varılabilir.  $\pi_A(x)$  değerinin 0'a eşit olduğu durumda ise  $x$  elemanı hakkındaki bilginin sadece o durum için belirsizlik içermediği yargısına varılabilmektedir.

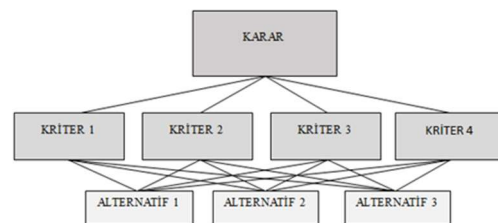
## 2.2. Sezgisel Bulanık AHP (Intuitionistic Fuzzy AHP)

Sezgisel bulanık AHP yönteminin aşamaları Xu ve Liao (2014) tarafından aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Çözüm yönteminin aşamalarının belirtilmesi anlaşılabilirlik açısından gereklidir. Uygulanan yöntemin aşamaları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Problemin Sezgisel Bulanık AHP Yöntemi ile Çözüm Aşamaları (Solution Steps of the Problem with Intuitionistic Fuzzy AHP Method)

Adımlar	Açıklama
1	Problemin kriter ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapısının oluşturulması
2	Alt kriter ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak sezgisel tercih ilişki matrislerinin oluşturulması
3	Sezgisel tercih ilişki matrislerinin tutarlılığının hesaplanması için Algoritma 1'in uygulanması
4	Tutarsız sezgisel tercih ilişki matrislerinin tutarlıklarının kontrol edilmesi
5	Her bir sezgisel tercih ilişki matrisinin öncelik ağırlığı olan $\omega$ değerlerinin hesaplanması
6	Hesaplanan öncelik ağırlıklarının birleştirilmesi
7	Genel ağırlıkların hesaplanması ve en büyük ağırlığa sahip alternatifin seçilmesi

**Adım 1:** Çok kriterli karar verme probleminin amacı ve bu amaca hizmet eden kriter, alt kriter ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapı oluşturulmalıdır. Şekil 1'de örnek bir yapı gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Hiyerarşik yapının oluşturulması (Creation of Hierarchical Structure)

**Adım 2:** Hiyerarşik yapıya göre kriter ve alt kriterlerle birlikte, alt kriter ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak sezgisel tercih ilişki matrisleri oluşturulur. Bu matrislerin oluşturulmasında geliştirilen 0.1-0.9 ölçeği kullanılmaktadır. Klasik AHP ile sezgisel bulanık AHP'nin temel farklarından biri olan ölçek hakkında detaylı bilgi Tablo 3'te verildiği gibidir.

**Tablo 3.** Sezgisel Tercih İlişki Matrislerinin Oluşturulmasında Kullanılan Ölçek (Scale for Creating Intuitionistic Preferred Relationship Matrices)

0.1-0.9 Ölçeği Önem Değerleri	Değer Tanımları
0.1	Aşırı derecede tercih edilmeyen
0.2	Çok şiddetle tercih edilmeyen
0.3	Şiddetle tercih edilmeyen
0.4	Kısmen tercih edilmeyen
0.5	Eşit derecede tercih edilen
0.6	Kısmen tercih edilen
0.7	Şiddetle tercih edilen
0.8	Çok şiddetle tercih edilen
0.9	Aşırı derecede tercih edilen
0 ile 1 arasındaki diğer değerler	Uzlaşma için kullanılan ara değerler

**3. Adım:** Tüm sezgisel tercih ilişki matrislerinin tutarlılığı kontrol edilir. Bu kontrolün yapılması amacıyla Algoritma 1 temel alınarak tüm mükemmel çarpımsal tutarlı sezgisel tercih ilişki matrisi olan  $\bar{R} = (\bar{r}_{ik})_{n \times n}$  matrislerinin elde edilmesi gerekir. Matrislerin tümü kabul edilebilir tutarlılıkta ise Adım 5' e, değilse kabul edilebilir tutarlılığa getirilmek üzere Adım 4'e geçilir.

**Algoritma 1**

$$k > i + 1 \text{ için } \bar{r}_{ik} = (\bar{\mu}_{ik}, \bar{\vartheta}_{ik})$$

$$\bar{\mu}_{ik} = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu_{it} \mu_{tk}}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu_{it} \mu_{tk} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1-\mu_{it})(1-\mu_{tk})}}} \quad (4)$$

$$\bar{\vartheta}_{ik} = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \vartheta_{it} \vartheta_{tk}}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \vartheta_{it} \vartheta_{tk} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1-\vartheta_{it})(1-\vartheta_{tk})}}} \quad (5)$$

$$k = i + 1 \text{ için } \bar{r}_{ik} = r_{ik} \quad (6)$$

$$k < i \text{ için } \bar{r}_{ik} = (\bar{\vartheta}_{ki}, \bar{\mu}_{ki}) \quad (7)$$

**4. Adım:** Denklem (8) temel alınarak tutarsız sezgisel tercih ilişki matrisleri tutarlı hale getirilir.

Tutarlılığın hesaplanması için;

$$d(R, \bar{R}) = \frac{1}{2(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (|\bar{\mu}_{ik} - \mu_{ik}| + |\bar{\vartheta}_{ik} - \vartheta_{ik}| + |\bar{\pi}_{ik} - \pi_{ik}|) \quad (8)$$

Ve  $\tau = 0,1$  olmak üzere  $d(R, \bar{R}) < \tau$  ise çıktı R'dir. Yani matris tutarlıdır.

**5. Adım:** Her bir sezgisel tercih ilişki matrisinin öncelik ağırlığı olan  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$  Denklem (7)'de verilen eşitliğe göre hesaplanır.

$$\omega_i = \left( \frac{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (1-\vartheta_{ik})}, 1 - \frac{\sum_{k=1}^n (1-\vartheta_{ik})}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \mu_{ik}} \right) \quad (9)$$

**6. Adım:** Hesaplanan öncelik ağırlıkları Denklem (10) ve (11) kullanılarak birleştirilir.

$r_{ik} = (\mu_{ik}, \vartheta_{ik})$  ve  $r_{tl} = (\mu_{tl}, \vartheta_{tl})$  olmak üzere;

$$r_{ik} \otimes r_{tl} = (\mu_{ik} \mu_{tl}, \vartheta_{ik} + \vartheta_{tl} - \vartheta_{ik} \vartheta_{tl}) \quad (10)$$

$$r_{ik} \oplus r_{tl} = (\mu_{ik} + \mu_{tl} - \mu_{ik} \mu_{tl}, \vartheta_{ik} \vartheta_{tl}) \quad (11)$$

**7. Adım:** 6. Adımdan elde edilen değerler Denklem (10)'da yerine yazılmasıyla elde edilen genel ağırlıklar büyükten küçüğe doğru sıralanır. En yüksek ağırlığa sahip alternatif seçilir.

$$\rho(\alpha) = 0.5(1 + \pi_\alpha)(1 - \mu_\alpha) \quad (12)$$

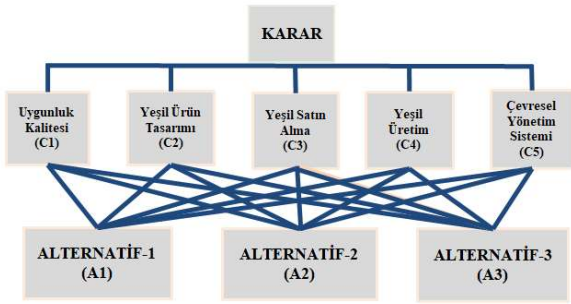
**3. Uygulama (Application)**

Bu çalışmada, yeşil tedarik zinciri yönetim sistemi incelenmiş ve işletmenin en doğru yeşil tedarikçi seçiminin yapılabilmesi için önem teşkil eden kriterler belirlenmiştir. Uygulama için 5 farklı kriter belirlenmiş ve kuramsal olarak 3 farklı alternatif arasından seçim yapılmıştır. Belirlenmiş olan kriterler için özellikle Chen vd. (2010) çalışmasından yararlanılmıştır. Uygunluk kalitesi, yeşil ürün tasarımı, yeşil satın alma, yeşil üretim ve çevresel yönetim sistemi olarak belirlenen kriterler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Problemin yapısı gereği belirsizlik içerdiği ve uzmanların bazen kesin olmayan dilsel ifadelerinden dolayı tereddüt içerdiğinden Sezgisel Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır.

**Adım 1:** Problemin kriter ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapısının oluşturulması

Kuramsal olarak bir işletme, 3 alternatif arasından, uygulanacak yöntemle en uygun tedarikçiyi seçmek istemektedir. Belirlenmiş olan kriter ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapı Şekil 2'de gösterildiği gibidir.



**Şekil 2.** Yeşil Tedarik Zinciri için Hiyerarşik Yapının Oluşturulması (Creation of Hierarchical Structure for Green Supply Chain)

**Adım 2:** Alt kriter ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak sezgisel tercih ilişkisi matrislerinin oluşturulması

0,1-0,9 ölçeğine göre kuramsal olarak uzmanlar tarafından ikili karşılaştırmalar yapılarak sezgisel tercih ilişkisi matrisleri oluşturulmuştur. Bir x elemanın A kümesine ait olma derecesi ( $\mu_A$ )'ya göre kriterler arası sezgisel ilişki matrisleri Tablo 5'teki gibi oluşturulmuştur.

**Tablo 5.** Kriterler Arası Sezgisel İlişki Matrisi ( $\mu_A$ ) (Intuitionistic Relationship Matrix Between Criteria)

C( $\mu$ )	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0,5	0,4	0,2	0,3	0,4
C2	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3
C3	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5
C4	0,4	0,4	0,2	0,5	0,4
C5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5

Tablo 6'da C1 ve C2 kriterleri için ilişki matrisleri gösterilmiştir. Tüm kriterler için aynı matrisler oluşturulmalıdır.

**Tablo 6.** Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisleri ( $\mu_A$ ) (Intuitionistic Relationship Matrices Between Alternatives According to Criteria)

C1( $\mu$ )	A1	A2	A3	C2( $\mu$ )	A1	A2	A3
A1	0,5	0,4	0,4	A1	0,5	0,3	0,6
A2	0,3	0,5	0,3	A2	0,6	0,5	0,3
A3	0,4	0,3	0,5	A3	0,3	0,2	0,5

Bir x elemanın A kümesine ait olmama derecesi ( $\vartheta_A$ )'ya göre oluşturulan kriterler arası sezgisel ilişki matrisleri Tablo 7'deki gibidir.

**Tablo 7.** Kriterler Arası Sezgisel İlişki Matrisi ( $\vartheta_A$ ) (Intuitionistic Relationship Matrix Between Criteria)

C(v)	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
C2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5
C3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,3
C4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4
C5	0,2	0,4	0,4	0,2	0,5

Tablo 8'de C1 ve C2 kriterleri için alternatiflerin birbirlerine olan etki derecelerinden oluşan ilişki matrisleri gösterilmiştir. Tüm kriterler için aynı matrisler oluşturulmalıdır.

**Tablo 8.** Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisleri ( $\vartheta_A$ ) (Intuitionistic Relationship Matrices Between Alternatives According to Criteria)

C1(v)	A1	A2	A3	C2(v)	A1	A2	A3
A1	0,5	0,3	0,3	A1	0,5	0,6	0,3
A2	0,4	0,5	0,4	A2	0,3	0,5	0,6
A3	0,3	0,4	0,5	A3	0,6	0,7	0,5

Bir x elemanın A kümesine ait olma durumunun tereddüt derecesi ( $\pi_A$ )'ya göre kriterler arası sezgisel ilişki matrisleri Tablo 9'daki gibidir.

**Tablo 9.** Kriterler Arası Sezgisel İlişki Matrisi ( $\pi_A$ ) (Intuitionistic Relationship Matrix Between Criteria)

$\pi$	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0	0,2	0,2	0,2	0,2
C2	0,2	0	0,2	0,2	0,2
C3	0,2	0,2	0	0,2	0,2
C4	0,2	0,2	0,2	0	0,2
C5	0,2	0,2	0,2	0,2	0

C1, C2 ve C3 kriterleri için ilişki matrisleri Tablo 10'da gösterilmiştir. Tüm kriterler için aynı matrisler oluşturulmalıdır.

**Tablo 10.** Kriterlere Göre Alternatifler Arası Sezgisel İlişki Matrisleri ( $\pi_A$ ) (Intuitionistic Relationship Matrices Between Alternatives According to Criteria)

C1( $\pi$ )	A1	A2	A3	C2( $\pi$ )	A1	A2	A3
A1	0	0,3	0,3	A1	0	0,1	0,1
A2	0,3	0	0,3	A2	0,1	0	0,1
A3	0,3	0,3	0	A3	0,1	0,1	0

**Adım 3:** Sezgisel tercih ilişki matrislerinin tutarlılığının hesaplanması için algoritmaların uygulanması

$k > i + 1$  koşulunu sağlayan tüm  $\bar{\mu}_A, \bar{\nu}_A$  değerleri için Denklem (4) ve Denklem (5) uygulanır;

$$\bar{\mu}_{13} = \frac{\mu_{12} \mu_{23}}{\mu_{12} \mu_{23} + (1 - \mu_{12})(1 - \mu_{23})} = 0,2$$

$$\bar{\mu}_{14} = \frac{^{4-1-1}\sqrt{\mu_{12} \mu_{24} \mu_{13} \mu_{34}}}{^{4-1-1}\sqrt{\mu_{12} \mu_{24} \mu_{13} \mu_{34}} + ^{4-1-1}\sqrt{(1 - \mu_{12})(1 - \mu_{24})(1 - \mu_{13})(1 - \mu_{34})}} = 0,1$$

$k = i + 1$  koşulunu sağlayan tüm  $\bar{\mu}_A, \bar{\nu}_A$  değerleri için Denklem (6) uygulanır;

$$\begin{aligned} \bar{r}_{12} &= r_{12} = 0,4 \\ \bar{r}_{23} &= r_{23} = 0,3 \\ \bar{r}_{34} &= r_{34} = 0,4 \\ \bar{r}_{45} &= r_{45} = 0,4 \end{aligned}$$

$k < i$  koşulunu sağlayan tüm  $\bar{\mu}_A, \bar{\nu}_A$  değerleri için Denklem (7) uygulanır;

$$\begin{aligned} \bar{r}_{21} &= (\bar{\mu}_{12}, \bar{\nu}_{12}) = (0,4, 0,4) \\ \bar{r}_{32} &= (\bar{\mu}_{23}, \bar{\nu}_{23}) = (0,3, 0,5) \end{aligned}$$

Yukarıdaki koşullar tüm sezgisel ilişki matrislerine uygulanır.

Kriterler arası matrisler için uygulanan algoritma sonucu Tablo 11 elde edilir.

**Tablo 11.** Mükemmel Çarpımsal Tutarlı Sezgisel Tercih İlişki Matrisi (Perfect Multiplicative Consistent Intuitive Preference Relationship Matrix)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	(0,5;0,5)	(0,4;0,4)	(0,2;0,4)	(0,1;0,5)	(0,2;0,4)
C2	(0,4;0,4)	(0,5;0,5)	(0,3;0,5)	(0,2;0,4)	(0,2;0,4)
C3	(0,4;0,2)	(0,5;0,3)	(0,5;0,5)	(0,4;0,4)	(0,3;0,3)
C4	(0,5;0,1)	(0,4;0,2)	(0,4;0,4)	(0,5;0,5)	(0,4;0,4)
C5	(0,4;0,2)	(0,4;0,2)	(0,3;0,3)	(0,4;0,4)	(0,5;0,5)

**Adım 4:** Tutarsız sezgisel tercih ilişki matrislerinin tutarlıklarının kontrol edilmesi

Beş kriterli problem için tutarlılık kontrolü yapılır. Kriterler arası sezgisel ilişki matrisi için tutarlılık hesabı Denklem (8) ile hesaplanmıştır.

$$d(R, \bar{R}) = \frac{1}{2(5-1)(5-2)} \sum_{i=1}^5 \sum_{k=1}^5 (|\bar{\mu}_{ik} - \mu_{ik}| + |\bar{\nu}_{ik} - \nu_{ik}| + |\bar{\pi}_{ik} - \pi_{ik}|)$$

$$d(R, \bar{R}) = \frac{1}{2(5-1)(5-2)} (|\bar{\mu}_{11} - \mu_{11}| + |\bar{\nu}_{11} - \nu_{11}| + |\bar{\pi}_{11} - \pi_{11}| + |\bar{\mu}_{12} - \mu_{12}| + |\bar{\nu}_{12} - \nu_{12}| + |\bar{\pi}_{12} - \pi_{12}| + |\bar{\mu}_{13} - \mu_{13}| + |\bar{\nu}_{13} - \nu_{13}| + |\bar{\pi}_{13} - \pi_{13}| + |\bar{\mu}_{14} - \mu_{14}| + |\bar{\nu}_{14} - \nu_{14}| + |\bar{\pi}_{14} - \pi_{14}| + |\bar{\mu}_{15} - \mu_{15}| + |\bar{\nu}_{15} - \nu_{15}| + |\bar{\pi}_{15} - \pi_{15}|)$$

$$d(R, \bar{R}) = 0,045$$

Kriterler arası sezgisel ilişki matrisinin tutarlılık değeri yukarıdaki gibidir. Benzer şekilde kriterlere göre alternatifler arası sezgisel ilişki matrislerinin de Denklem (8) ile tutarlılık değerleri hesaplanır.

Kontrol edilen tüm sezgisel tercih ilişki matrislerinin hesaplanan tutarlılık değerleri Tablo 12’de verilmiştir.

**Tablo 12.** Tutarlılık Değerleri (Consistency Values)

Tutarlılık Hesabı	Sonuç
0,045	TUTARLI
0,021	TUTARLI
0,037	TUTARLI
0,010	TUTARLI
0,016	TUTARLI
0,035	TUTARLI

Elde edilen değerler 0,1’den küçük olduğundan matrisler tutarlıdır.

**Adım 5:** Her bir sezgisel tercih ilişki matrisinin öncelik ağırlığı olan  $\omega$  değerlerinin hesaplanması

Denklem (9) kullanılarak  $R\omega(\mu, \nu)$  değerleri elde edilmiştir.

$R\omega(\mu)$

$$= \left( \begin{array}{c} \frac{\mu_{11} + \mu_{12} + \mu_{13} + \mu_{14} + \mu_{15}}{(1 - \vartheta_{11}) + (1 - \vartheta_{12}) + (1 - \vartheta_{13}) + (1 - \vartheta_{14}) + (1 - \vartheta_{15}) + (1 - \vartheta_{21}) + (1 - \vartheta_{22}) + (1 - \vartheta_{23}) + (1 - \vartheta_{24}) + (1 - \vartheta_{25}) + (1 - \vartheta_{31}) + (1 - \vartheta_{32}) + (1 - \vartheta_{33}) + (1 - \vartheta_{34}) + (1 - \vartheta_{35}) + (1 - \vartheta_{41}) + (1 - \vartheta_{42}) + (1 - \vartheta_{43}) + (1 - \vartheta_{44}) + (1 - \vartheta_{45}) + (1 - \vartheta_{51}) + (1 - \vartheta_{52}) + (1 - \vartheta_{53}) + (1 - \vartheta_{54}) + (1 - \vartheta_{55})} \\ 1 - \frac{(1 - \vartheta_{11}) + (1 - \vartheta_{12}) + (1 - \vartheta_{13}) + (1 - \vartheta_{14}) + (1 - \vartheta_{15})}{\mu_{11} + \mu_{12} + \mu_{13} + \mu_{14} + \mu_{15} + \mu_{21} + \mu_{22} + \mu_{23} + \mu_{24} + \mu_{25} + \mu_{31} + \mu_{32} + \mu_{33} + \mu_{34} + \mu_{35} + \mu_{41} + \mu_{42} + \mu_{43} + \mu_{44} + \mu_{45} + \mu_{51} + \mu_{52} + \mu_{53} + \mu_{54} + \mu_{55}} \end{array} \right)$$

$R\omega(\mu, \vartheta) = (0,1, 0,7)$  sonucuna varılır.

İşlemler tüm elemanlar için yapıldıktan sonra Tablo 13'teki genel matris elde edilmiş olur.

**Tablo 13.** Öncelik ağırlıkları hesaplanmış genel matris(General Matrix Priority Weights Calculated)

	C1	C2	C3	C4	C5
R	(0,1;0,7)	(0,1;0,7)	(0,1;0,7)	(0,1;0,7)	(0,2;0,7)
A1	(0,2;0,4)	(0,3;0,5)	(0,2;0,7)	(0,2;0,7)	(0,2;0,7)
A2	(0,2;0,5)	(0,3;0,5)	(0,3;0,5)	(0,29;0,6)	(0,3;0,6)
A3	(0,2;0,5)	(0,2;0,6)	(0,3;0,5)	(0,4;0,5)	(0,3;0,6)

**Adım 6:** Hesaplanan öncelik ağırlıklarının birleştirilmesi

Öncelik ağırlıklarının birleştirilebilmesi için Tablo 13'teki  $R\omega(\mu, \vartheta)$  ile  $A\omega(\mu, \vartheta)$  değerleri Denklem (10) kullanılarak çarpılır.

$A1\omega(\mu_{11}) = (0,12 \times 0,24) = 0,030$

$A1\omega(\mu_{12}) = (0,12 \times 0,31) = 0,037$

$A1\omega(\mu_{13}) = (0,17 \times 0,19) = 0,033$

$A1\omega(\mu_{14}) = (0,13 \times 0,21) = 0,027$

$A1\omega(\mu_{15}) = (0,17 \times 0,21) = 0,036$

Bu çarpım değerlerinden sonra  $\omega 1(\mu)$  değerini hesaplamak için elde edilen çarpımlar toplamsal özel formüllerle birbirine eklenir. Denklem (11) kullanılarak toplamsal işlemler yapılır.

$(0,030 + 0,037) - (0,030 \times 0,037) = 0,066$

$(0,33 + 0,066) - (0,33 \times 0,066) = 0,097$

$(0,027 + 0,097) - (0,027 \times 0,097) = 0,122$

$(0,036 + 0,122) - (0,036 \times 0,122) = 0,154$

$\omega 1(\mu) = 0,154$  olarak bulunur.

Yani ;

$\omega 1(\mu, \vartheta) = (0,125;0,750) \otimes (0,240;0,472) \oplus$

$(0,118;0,759) \otimes (0,318,0,578) \oplus$

$(0,173;0,682) \otimes (0,192;0,739) \oplus$

$(0,131;0,740) \otimes (0,208;0,714) \oplus (0,173;0,682) \otimes$

$(0,207;0,723)$

$\omega 1(\mu, \vartheta) = (0,154, 0,604)$  olarak bulunur.

$\omega 1(\pi) = 1 - (0,154) - (0,604) = 0,241$  olarak bulunur.

Aynı şekilde tüm öncelik ağırlıkları birleştirilmiş ve Tablo 14'de gösterilmiştir.

**Tablo 14.** Öncelik Ağırlıkları Birleştirilerek Elde Edilmiş Ağırlıklar(Weights Obtained by Combining Priority Weights)

	(μ)	(ν)	π
$\omega 1$	0,154	0,604	0,241
$\omega 2$	0,202	0,532	0,265
$\omega 3$	0,206	0,528	0,265

**Adım 7:** Genel ağırlıkların hesaplanması ve en büyük ağırlığa sahip alternatifin seçilmesi

Denklem (12) kullanılarak alternatiflerin genel ağırlıkları hesaplanmıştır.

$P(\omega 1) = 0,5 (1+0,241)(1-0,154)$

$P(\omega 2) = 0,5 (1+0,265)(1-0,202)$

$P(\omega 3) = 0,5 (1+0,265)(1-0,206)$

Böylece alternatiflerin kriterlere bağlı olarak sahip olduğu genel ağırlıklar belirlenmiş ve Tablo 15'de verilmiştir.

**Tablo 15.** Alternatiflerin genel ağırlıkları(General weights of alternatives)

	Genel Ağırlık
$P(\omega 1)$	0,525
$P(\omega 2)$	0,504
$P(\omega 3)$	0,501
Max	0,525



Bu sonuca göre Tedarikçi 1 en yüksek genel ağırlığa sahip olduğu için tercih edilmesi gereken alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### 4. Sonuçlar (Conclusions)

Günümüz işletme stratejilerinde tedarikçi değerlendirme kriterlerinde yeşil algısına ve çevresel yönetim sistemine ne derece öncelik tanındığı tartışma konusudur. İşletmelerin öncelikli olarak kar amacı gütmeleri bu kriterlerden uzaklaşarak farklı kriterlere yoğunlaşmalarına neden olmaktadır. Yeşil tedarik zinciri kriterlerine gerektiği kadar öncelik tanınmaması, kaynakların tükenmesi ve günümüz yaşam koşulları dikkate alındığında işletmelerin bu tavrı gelecek için tehlike oluşturmaktadır. İşletmeler tedarik zinciri uygulamalarına yeşil yaklaşımını katarak maliyetlerini azaltabilmektedir. Aynı zamanda verimliliğini artırarak ürünlerinin kalitelerinde iyileştirmeler yapabilmektedir.

Bu çalışmada tedarikçi belirleme probleminin çözümü için sezgisel bulanık AHP yöntemi kullanılarak en iyi alternatif belirlenmiş, kriterlerin yeşil tedarik zinciri açısından önemi açıklanmıştır. Uygulama sonucunda öncelik ağırlıkları birleştirilerek elde edilmiş genel ağırlıklar arasından 0,525 değeri ile en büyük olan Alternatif 1 seçilmiştir. Alternatif 2'nin genel ağırlığı 0,504 ile ikinci sırada, Alternatif 3'ün genel ağırlığı ise 0,501 ile üçüncü sırada çıkmıştır. Şayet sadece bir alternatif seçimi yapılacaksa bu sonuca göre Alternatif 1 tercih edilmelidir. Ancak, yeni bir alternatife daha ihtiyaç duyulması durumunda Alternatif 2 seçilecektir. Birden fazla sayıda performans kriterini dikkate alarak alternatifler arasından en uygun olanına karar verme problemleriyle devamlı karşılaşılmaktadır. Sezgisel bulanık AHP gibi çok kriterli karar verme teknikleri bu problemlerin çözümünde daha doğru sonuçlar elde edebilmemize olanak sağlamaktadır. Çok kriterli karar vermenin etkililiği bakımında sezgisel bulanık AHP yöntemi ile diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinin birlikte ve bütünlük olarak kullanılması gelecek çalışmalarında faydalı olacaktır. Bununla birlikte sezgisel bulanık sayıların diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine de uyarlanması düşünülmelidir.

#### Kaynaklar (References)

Chen, C. C., Tseng, M. L., Lin, Y. H., Lin, Z. S., 2010. Implementation of Green Supply Chain Management In Uncertainty. In Proceedings of International Conference on IE&EM, IEEE 7–10 December, (260–264).

Dan-li, D., Zhen, F., Hong-yan, Z., 2011. Research on the Price Negotiation Mechanism of Green Supply Chain of Manufacturing Industry from the Angle of Customer Behavior. International Conference on Management Science & Engineering (18th), September 13-15, 2011.

Dammak, F., Baccour, L., Alimi, A. M., 2015. A Comparative Analysis for Multi-Attribute Decision Making

Methods: TOPSIS, AHP, VIKOR Using Intuitionistic Fuzzy Sets. 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2-5 Aug. 2015.

Deepika, M., Kannan, A. S., 2016. Global Supplier Selection using Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process. International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) – 2016, Sivakasi, Tamilnadu, India.

Denizhan, B., Yılmaz Yalçınar, A., Berber, Ş., 2017. Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt 6(1) 63-78.

Fahmi, A., Derakhshan, A., Kahraman, C., 2015. Human Resources Management using Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process. 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2-5 Aug. 2015, İstanbul, Turkey.

Güzel, D., Demirdöğen, O., 2016. Tedarik zinciri bütünlüğü yeşil tedarik zinciri uygulamaları ve işletme performansı arasındaki ilişki üzerine bir araştırma, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(2).

Han Park, J., Young Park, I., Chel Kwun, Y., Tan, X., 2011. Extension of the TOPSIS method for decision making problems under interval-valued intuitionistic fuzzy environment, Applied Mathematical Modelling, 35, 2544-2556

Lin, R. J., Sheu, C., 2011. Governing Green Supply Chain: A Transaction Cost Perspective. 2011 IEEE International Summer Conference of Asia Pacific Business Innovation and Technology Management, 10-12 July 2011, Dalian, China.

Özkan Özen, Y. D., Koçak, A., 2017. Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Dematel Yöntemleri Kullanılarak Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılım Seçimi ve Değerlendirilmesi, Yönetim ve Ekonomi, Cilt:24, Sayı:3.

Sadiq, R., Tesfamariam, S., 2007. Environmental decision-making under uncertainty using intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process (IF-AHP). Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, January 2009, Ottawa, Canada, Volume 23, Issue 1, pp 75–91.

Sisman, B., 2016. Bulanık Moora Yöntemi Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Geliştirme Programlarının Seçimi ve Değerlendirilmesi, Journal of Yasar University, 11/44, 302-315.

Uygun, Ö., Dede, A., 2016. Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. Computers & Industrial Engineering, 102 (2016) 502–511.

Xu, Z., Liao H., 2014. Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 22, No.4, August 2014.

Zhang, C., Li, W., Wang, L., 2011. AHP under the Intuitionistic Fuzzy Environment, 2011 Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 978-1-61284-181-6/11.