



ARALIK TİP 2 BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ İLE YATIRIM YERİ KARAR ANALİZİ

INVESTMENT LOCATION DECISION ANALYSIS WITH INTERVAL TYPE-2 FUZZY TOPSIS METHOD

Gökçe CANDAN*

Merve CENGİZ TOKLU**

Özet

Karar verme problemlerinde, birden fazla kriter birlikte değerlendirilirken, mümkün çözümlerden en uygun alternatifini seçmek hedeflenmektedir. Günümüz şartlarında büyük boyutta kararlar almak isteyen yatırımcılar, hedef pazarda varlıklarını devam ettirebilmek ve maksimum faydayı sağlamak için birden fazla faktörü birlikte değerlendirerek en iyi seçimi yapmak zorundadırlar. Bu karar yatırım bölgesi seçimi için alınıyorsa yatırımcı, yatırım dönemi boyunca firmaya maksimum fayda sağlayacak bölgeyi seçmek zorundadır. Çok kriterli karar verme olarak adlandırılan bu tip problemler çok fazla sayıda farklı teknikte çözülebilmekte ve karar vericilere büyük faydalar sağlamaktadır.

Bu çalışmada; imalat sektöründe yatırım yapacak olan bir firmada yatırım bölgesi kararı verilirken, aralık tip 2 bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak, en doğru seçim kararını almak hedeflenmiştir. Buna ulaşmak için belirlenen kriterler, yatırımcının gerçekte karşılaşılabileceği ekonomik, teknik, kültürel ve sosyal tüm faktörler birlikte ele alınarak oluşturulmuştur. Belirlenen on adet kriter üç farklı yatırım bölgesi için değerlendirilip yatırım için en doğru bölgenin Marmara bölgesi olduğuna karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aralık tip 2 bulanık TOPSIS, yatırım yeri seçimi, çok kriterli karar verme

JEL Sınıflaması: G11, O14, D81

Abstract

In decision making problems, when multiple criteria are evaluated together, it is aimed to choose the most suitable alternative from possible solutions. Investors who want to make big-scale decisions in today's conditions have to make the best choice by evaluating more than one factor together to maintain their assets in the target market and to provide maximum benefit. If this decision is taken for facility location selection, the investor must choose the region that will provide maximum benefit to the company during the investment period. These types of problems, called multi-criteria decision making, can be solved with a large number of different techniques and provide great benefits to decision makers.

In this study; it is aimed to make the right decision for facility location selection by using the interval type 2 fuzzy TOPSIS method for a firm that will invest in the manufacturing sector. In order to achieve this, the criteria set out are taken together with all the economic, technical, cultural and social factors that the investor might actually encounter. Specified ten criteria are evaluated for three different investment regions and it is decided that the most appropriate region for investment is the Marmara region.

Keywords: Interval Type 2 Fuzzy TOPSIS, facility location selection, multi-criteria decision making

JEL Classification: G11, O14, D81

* Yrd. Doç. Dr., Sakarya Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Sakarya, Türkiye.
gcandan@sakarya.edu.tr

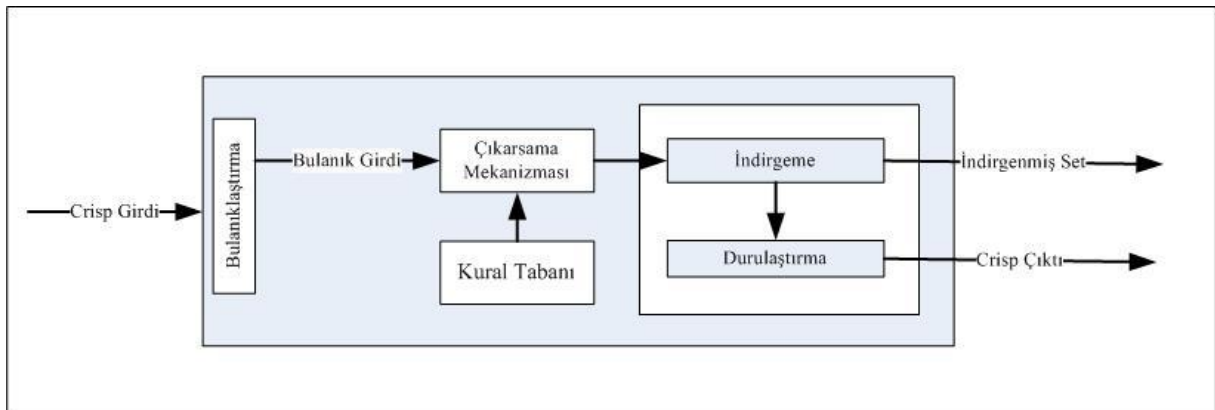
** Yrd. Doç. Dr., Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye.
mtoklu@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ

Karar verme süreci farklı alternatifleri değerlendirerek değerlendirme kriterleri kapsamında en uygun alternatifi seçme olarak tanımlanabilir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) ise, birden fazla amacı gerçekleştirmek için birbiriyle çelişen amaçlar üzerinde karar verme faaliyeti olup bunu gerçekleştirirken uygulanan yöntemlere ÇKKV yöntemleri denir. ÇKKV yöntemleri; fayda temelli yöntemler (TOPSIS, AHP, Ağırlık Çarpım vb.), üstünlük temelli yöntemler (ELECTRE, PROMETHEE vb.), etkileşimli yöntemler ve basit temel yöntemler olarak dört kategoriye ayrılır (Jacquet ve Lagreze,1990).

ÇKKV yöntemleri, tip1 bulanık mantık sistemleri ile bütünleşerek genişleme imkanı bulmuşken, buna ilave olarak tip 2 bulanık mantık ve sezgisel yöntemler ile genişleyen bir disiplin haline gelmiştir (Çalık ve Paksoy, 2017). ÇKKV yöntemleri ile ilgili literatür incelendiğinde özellikle son yıllarda yapılan çalışmaların bulanık kümeler temelli olduğu görülmektedir. Sağır ve Doğanalp (2016), enerji kaynaklarının değerlendirilmesi için bulanık TOPSIS (The Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) yöntemi kullanmışlardır. Çalık ve Paksoy (2017) aralık tip-2 bulanık AHP yönteminin üçüncü parti lojistik firması seçiminde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Baykasoğlu ve Gölcük (2017) çalışmalarında bulanık TOPSIS ve DEMATEL metotlarını birlikte kullanmışlardır.

Tip-2 bulanık mantık ile belirsizlikleri ifade etmede, tip-1 bulanık mantığa göre daha başarılı olmaktadır. Tip-2 bulanık mantık sistemlerinin ifade edilmesindeki karmaşıklığı azaltmak amacı ile aralık değerli tip-2 bulanık mantık sistemleri önerilmiştir (Aliasghary, 2013). Belirsizlik kavramının üstesinden gelmek için etkin bir yöntem olan tip 2 bulanık mantık, bir bulanık sistemde üyelik fonksiyonunun kesin olarak belirlenemediği durumlarda kullanılmaktadır (Özek ve Akpolat, 2010). Şekil 1’de bulanık mantık sisteminin genel işleyiş yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. Tip 2 Bulanık Mantık Sisteminin Genel Yapısı (Mendel, 2001)

Deveci vd. (2017) aralık tip 2 bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak beş farklı destinasyondan yeni bir güzergah seçimi için bir karar analizi uygulamıştır. Bunun gibi birçok çalışmada da aralık tip 2 bulanık TOPSIS yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Lee ve Chen (2008) araba seçimi için, Ashtiani vd. (2009) telekomünikasyon şirketinde personel seçimi için, Erdoğan ve Kaya (2015) enerji kaynağı alternatiflerini belirlemek için, Chen ve Lee (2010a) yazılım şirketinde personel seçimi için, Celik vd. (2013) servis taşımacılığı kalite değerlendirmesi için, Cevik Onar vd. (2014) stratejik karar alma problemi için, Dymova vd. (2015) yazılım şirketinde personel seçimi için, Kılıç ve Kaya (2015) yatırım projesi seçimi için, Liao (2015) malzeme seçimi için, Balin ve Baraçlı (2015) yenilenebilir enerji kaynaklarının belirlenmesinde tip 2 TOPSIS yöntemini kullanmıştır.

Bu çalışmada, imalat sektöründe faaliyet gösteren bir firma için yatırım bölgesi seçiminde karar alabilmek amacıyla aralık tip 2 bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Literatürde bu metot ile tesis veya yatırım yeri seçimi yapan problemler kısıtlı sayıda olup bazı çalışmalar şu şekildedir: Chu (2002) ve Yong (2006) bulanık TOPSIS yöntemini tesis yeri seçim problemi için uygulamıştır. Çebi ve Otay (2015) bir çimento fabrikasına kuruluş yeri seçimi için aralık tip 2 bulanık TOPSIS yöntemini uygulamışlardır. Choudhary ve Shankar (2012) termal enerji tesisi yeri seçimi için bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008) bir tekstil fabrikası için tesis yeri seçiminde bulanık TOPSIS yöntemini uygulamışlardır. Erkayman vd. (2011) lojistik merkezi yeri seçimi problemi için bulanık TOPSIS yöntemini uygulamışlardır.

2. YATIRIM YERİ KARARI VE METODOLOJİ

Türkiye’de Marmara Bölgesi (A) , Ege Bölgesi (B) ve İç Anadolu Bölgesi (C) olmak üzere üç ayrı bölgeden hangisinde yeni bir yatırım yapacağına karar verecek olan ve imalat sektöründe faaliyet gösteren bir firma için aşağıdaki kriterler dikkate alınarak seçim yapılmaya çalışılacaktır. Çalışmada ele alınan 10 adet kriter Tablo 1’de verilmiştir. Bu kriterleri değerlendirmek için 3 farklı yatırım uzmanı (karar verici) ile görüşülüp görüşleri alınmıştır.

Tablo 1. Yatırım Yeri Seçimi Kriterleri

No	Yatırım Yeri Seçimi Kriterleri	No	Yatırım Yeri Seçimi Kriterleri
1	Hedef Pazara Yakınlık	6	Enerji Kaynağı İmkanları
2	Hammadde Kaynaklarına Yakınlık	7	Devletin Vergi Politikası
3	İşgücü Yeterliliği	8	Devlet Teşviki
4	Ulaşım ve Lojistik İmkanları	9	Sosyal ve Kültürel Şartlar
5	İklim Koşulları	10	Güvenlik

Yatırım bölgesi seçiminde imalatçının teknik ve ekonomik durumuna en uygun olan bölgeyi seçerken, bölgeye özgü sosyal, kültürel nitelikler, lojistik özellikler ve bölgede uygulanan devlet politikalarını göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Anbar ve Alper 2015). Bu çalışmada ele alınan kriterler şu şekilde açıklanabilir:

İmalatçının hitap ettiği müşteri kitlesine ürünleri teslim tarihlerine uyarak doğru zamanda teslim edebilmesi için yatırımın seçileceği bölge hammadde kaynaklarına ve hedef pazara yakın olmalıdır. Bununla birlikte iklim koşulları, ulaşım ve nakliye imkanları da bu duruma elverişli olmalıdır. İmalat faaliyetlerinin aksamadan ilerleyebilmesi için bölgenin enerji kaynağı imkanları kısıtlı olmamalı, minimum maliyetle imalat yapabilmek için mümkünse devletin vergi politikaları ve teşviklerinden yararlanılabilecek bir bölge seçilmelidir. Yatırım bölgesinde çalıştırılacak olan işgücü sosyal ve kültürel açıdan imalatı aksatmayacak (örneğin, gece vardiyasında veya hafta sonu çalışmaya engel oluşturmayacak işgücü) nitelikte olmalıdır. Seçilen yatırım bölgesi güvenli bir bölge olmalıdır.

Bu çalışmada, imalat sektöründe yatırım yapacak firmalara, yatırım bölgesi seçimine bilimsel bir perspektiften bakmalarını sağlayarak alternatiflerin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için seçilen kriterlerin gerçek hayata en yakın şekilde ifade edilebilmesi için aralık tip 2 bulanık TOPSIS metoduyla değerlendirilip üç bölgeden en uygun yatırım bölgesinin seçilmesi hedeflenmiştir.

2.1. Aralık Tip 2 Bulanık TOPSIS Yöntemi

ÇKKV yöntemleri; alternatiflerin sıralanması, seçimi, gruplandırılması için endüstride ve akademik çalışmalarda pek çok farklı problemin çözümünde kullanılmaktadır. Karar vericiler vasıtası ile belirlenen dilsel ifadelerin sayısal değerlere dönüştürülmesini içeren bu teknikler için deterministik yaklaşımlar yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle ÇKKV yöntemleri ile birlikte bulanık mantık yaklaşımı birlikte kullanılabilir. Bulanık Mantık kavramı L.A. Zadeh (Zadeh, 1965) tarafından geliştirilmiş ve bu kapsamda pek çok ÇKKV yönteminin bulanık versiyonu önerilmiştir.

ÇKKV yöntemlerinden biri olan TOPSIS, Hwang ve Yoon (Hwang ve Yoon, 1981) tarafından önerilmiştir. TOPSIS yönteminin ana fikri, pozitif optimal çözüme en yakın mesafeyi ve negatif optimal çözüme en uzak mesafeyi seçen alternatifi seçmektir. TOPSIS metodunda bir yakınlık katsayısı hesaplanarak, pozitif optimal çözüme olan uzaklık ve negatif

optimal çözümden uzaklık belirlenir. Bu işlemden sonra, pozitif-ideal çözüme olan benzerliği ve negatif-ideal çözümü göz önünde bulunduran maksimum bağıl yakınlık katsayısı ile en iyi alternatif seçilir. (Kahraman vd. 2015). Bulanık TOPSIS metodu birçok farklı bilim dalında uygulaması olan bir yöntemdir. Bu bilimsel alanlardan bazıları, mühendislik, matematik, ekonomi, ekonometri, finans, tarım, çevre bilimi, astronomi, genetik ve biyoloji olarak söylenebilir.

Daha sonraki süreçte bulanık tip 1 TOPSIS yöntemi geliştirilmiş (C.-T. Chen, 2000; C.-T. Chen, Lin, ve Huang, 2006) ve üçüncü aşamada da aralık tip-2 Bulanık TOPSIS yöntemi önerilmiştir (Lee ve Chen, 2008; S. M. Chen ve Lee, 2010). Aralık tipi-2 bulanık kümeler yöntemine dayalı TOPSIS yönteminin adımları aşağıda özetlenmiştir (S. M. Chen ve Lee, 2010):

Aralık Tip 2 Bulanık TOPSIS yönteminde kullanılacak dilsel değişkenler ve karşılıkları olan bulanık sayılar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Dilsel Değişkenler ve İlgili Bulanık Sayılar

Dilsel Değişkenler	Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler											
Çok Düşük (ÇD)	0	0	0	0,1	1	1	0	0	0	0,05	0,9	0,9
Düşük (D)	0	0,1	0,1	0,3	1	1	0,05	0,1	0,1	0,2	0,9	0,9
Biraz Düşük (BD)	0,1	0,3	0,3	0,5	1	1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,9	0,9
Orta (O)	0,3	0,5	0,5	0,7	1	1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	0,9
Biraz Yüksek (BY)	0,5	0,7	0,7	0,9	1	1	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
Yüksek (Y)	0,7	0,9	0,9	1	1	1	0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
Çok Yüksek (ÇY)	0,9	1	1	1	1	1	0,95	1	1	1	0,9	0,9

$X = \{x_1, x_1, \dots, x_n\}$ alternatifler kümesi ve $F = \{f_1, f_1, \dots, f_n\}$ kriterler kümesi olmak üzere k adet karar verici olduğu varsayılmaktadır (D_1, D_2, \dots, D_k). Kriterler kümesi (F), F_1 ve F_2 olmak üzere 2 ayrı kümeden oluşmaktadır. F_1 fayda kriterlerini içeren kümeyi F_2 ise maliyet kriterlerini içeren kümeyi temsil eder ve $F_1 \cap F_2 = \Phi$, ve $F_1 \cup F_2 = F$ 'dir.

Adım 1: p. karar verici için karar matrisi (Y_p) ve ortalama karar matrisi (\bar{Y}) oluşturulur.

$$Y_p = \tilde{f}_{ij}^p_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{f}_{11}^p & \tilde{f}_{12}^p & \dots & \tilde{f}_{1n}^p \\ \tilde{f}_{21}^p & \tilde{f}_{22}^p & \dots & \tilde{f}_{2n}^p \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{f}_{m1}^p & \tilde{f}_{m2}^p & \dots & \tilde{f}_{mn}^p \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\bar{Y} = (\tilde{f}_{ij})_{m \times n} \quad (2)$$

Burada, \tilde{f}_{ij} bir aralık tip-2 bulanık küme iken;

$$\tilde{f}_{ij} = \left(\frac{\tilde{f}_{ij}^1 \oplus \tilde{f}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{f}_{ij}^k}{k} \right)$$

$1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, 1 \leq p \leq k$, k karar verici sayısını gösterir.

Adım 2: p. karar verici için ağırlık matrisi (W_p) ve ortalama ağırlık matrisi (\bar{W}) belirlenir.

$$W_p = (\tilde{w}_i^p)_{1 \times m} = [\tilde{w}_1^p \quad \tilde{w}_2^p \quad \dots \quad \tilde{w}_m^p], \quad (3)$$

$$\bar{W} = (\tilde{w}_i)_{1 \times m} \quad (4)$$

\tilde{w}_i bir aralık tip-2 bulanık küme iken;

$$\tilde{w}_i = \left(\frac{\tilde{w}_i^1 \oplus \tilde{w}_i^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_i^k}{k} \right)$$

$1 \leq i \leq m, 1 \leq p \leq k$, k karar verici sayısını gösterir.

Adım 3: Ağırlıklandırılmış karar matrisi (\bar{Y}_w) oluşturulur.

$$\bar{Y}_w = (\tilde{v}_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_i \oplus \tilde{f}_{ij}, 1 \leq i \leq m \text{ ve } 1 \leq j \leq n.$$

Adım 4: Lee ve Chen (Lee & Chen, 2008) tarafından önerilen yöntem kullanılarak, aralık tip-2 bulanık küme olan \tilde{v}_{ij} 'nin derecelendirme değeri " $Rank(\tilde{v}_{ij})$ " ve sıralı ağırlıklandırılmış karar matrisi (\bar{Y}_w^*) hesaplanır.

$$\bar{Y}_w^* = (Rank(\tilde{v}_{ij}))_{m \times n} \quad (6)$$

$1 \leq i \leq m$ ve $1 \leq j \leq n$.

Adım 5: Pozitif ideal çözüm $x^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+)$ ve Negatif ideal çözüm $x^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-)$ bulunur.

$$v_1^+ = \begin{cases} \max_{1 \leq j \leq n} \{Rank \tilde{v}_{ij}\}, & \text{if } f_i \in F_1 \\ \text{mix}_{1 \leq j \leq n} \{Rank \tilde{v}_{ij}\}, & \text{if } f_i \in F_2 \end{cases} \quad (7)$$

$$v_1^- = \begin{cases} \min_{1 \leq j \leq n} \{Rank \tilde{v}_{ij}\}, & \text{if } f_i \in F_1 \\ \max_{1 \leq j \leq n} \{Rank \tilde{v}_{ij}\}, & \text{if } f_i \in F_2 \end{cases} \quad (8)$$

F_1 fayda kriterleri kümesi, F_2 maliyet kriterleri kümesi ve $1 \leq i \leq m$

Adım 6: Her bir alternatif (x_j) ve pozitif ideal çözüm (x^+) arasındaki mesafe $d^+(x_j)$ hesaplanır.

$$d^+(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Rank(\tilde{v}_{ij}) - v_i^+)^2} \quad 1 \leq j \leq n. \quad (9)$$

Her bir alternatif (x_j) ve negatif ideal çözüm (x^-) arasındaki mesafe $d^-(x_j)$ hesaplanır.

$$d^-(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Rank(\tilde{v}_{ij}) - v_i^-)^2} \quad 1 \leq j \leq n. \quad (10)$$

Adım 7: x_j 'ye ait yakınlık katsayısı hesaplanır.

$$C(x_j) = \frac{d^-(x_j)}{d^+(x_j) + d^-(x_j)}, \quad 1 \leq j \leq n \quad (11)$$

Adım 8: $1 \leq j \leq n$ iken alternatiflere ait yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru $C(x_j)$ sıralanır. En büyük $C(x_j)$ katsayısına sahip olan alternatif daha öncelikli olur.

2.2. UYGULAMA

Bu çalışmada; imalat sektöründe yatırım yapacak olan bir firmada yatırım bölgesi kararı verilirken, aralık tip 2 bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak, en uygun seçim kararının alınması hedeflenmiştir. Buna ulaşmak için belirlenen kriterler, yatırımcının gerçekte karşılaşılabileceği ekonomik, teknik, kültürel ve sosyal tüm faktörler birlikte ele alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 3. Alternatiflerin kriterler bazında değerlendirilmesine ait sonuçlar

Değerlendirme Kriteri	Bölgeler	KV1	KV2	KV3	Değerlendirme Kriteri	Bölgeler	KV1	KV2	KV3
Hedef Pazara Yakınlık	A	Y	ÇY	Y	Enerji Kaynağı İmkanları	A	O	Y	O
	B	BY	Y	BY		B	O	O	BY
	C	O	Y	O		C	Y	Y	ÇY
Hammadde Kaynaklarına Yakınlık	A	ÇY	ÇY	Y	Devletin Vergi Politikası	A	O	O	O
	B	O	O	BY		B	O	O	BY
	C	O	Y	O		C	Y	Y	BY
İşgücü Yeterliliği	A	ÇY	Y	Y	Devlet Teşviki	A	O	O	O
	B	BY	BY	BY		B	O	O	BY
	C	Y	BY	Y		C	Y	Y	BY
Ulaşım ve Lojistik İmkanları	A	BY	Y	BY	Sosyal ve Kültürel Şartlar	A	Y	BY	Y
	B	Y	Y	BY		B	O	O	BY
	C	Y	Y	ÇY		C	O	Y	ÇY
İklim Koşulları	A	ÇY	ÇY	Y	Güvenlik	A	ÇY	ÇY	Y
	B	Y	Y	BY		B	O	O	BD
	C	O	Y	Y		C	O	Y	ÇY

Çalışmada; Marmara Bölgesi (A) , Ege Bölgesi (B) ve İç Anadolu Bölgesi (C) olmak üzere 3 yatırım bölgesinin değerlendirilmesi için 3 farklı karar vericinin görüşleri belirlenmiş ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak en uygun bölge seçilmiştir. Tablo 3'te değerlendirme kriterleri baz alınarak, karar vericilere (KV1, KV2, KV3) ait bölgelerin değerlendirme sonuçları verilmiştir. Benzer şekilde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için tüm kriterler karar vericiler tarafından değerlendirilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesine Yönelik Sonuçlar

Değerlendirme Kriteri	KV1	KV2	KV3
Hedef Pazara Yakınlık	Y	ÇY	ÇY
Hammadde Kaynaklarına Yakınlık	ÇY	ÇY	ÇY
İşgücü Yeterliliği	Y	Y	Y
Ulaşım ve Lojistik İmkanları	ÇY	ÇY	Y
İklim Koşulları	BD	BD	O
Enerji Kaynağı İmkanları	BY	BY	BY
Devletin Vergi Politikası	ÇY	BY	BY
Devlet Teşviki	Y	Y	Y
Sosyal ve Kültürel Şartlar	BD	BY	BY
Güvenlik	ÇY	ÇY	Y

Karar vericilerden dilsel ifadeler olarak alınan veriler Tablo 2'den faydalanılarak bulanık sayısal değerlere dönüştürülmüş ve aralık tip 2 bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır (Denklemler [1-11]).

3. SONUÇ

Yatırım yeri seçimi stratejik seviyede bir karar olup sabit ve değişken maliyetleri etkileyeceğinden yatırımın mevcudiyeti süresince yatırımcıya masraf olma ya da gelir getirmesi açısından büyük öneme sahiptir. Yatırım kararı verilirken alternatiflerin birden fazla kriter üzerinden hassasiyetle değerlendirilmesi ve en uygun kararın verilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenlerden dolayı yatırım yeri seçimi problemi farklı önem derecelerine sahip birden fazla kriteri içeren bir karar verme süreci olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada; imalat sektöründe yatırım yapmayı planlayan bir firmanın yatırım bölgesi seçimi problemi üzerinde durulmuştur. 3 farklı yatırım bölgesi alternatif bölge olarak belirlenmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesi için 10 farklı değerlendirme kriteri belirlenerek 3 karar vericinin görüşleri alınarak (Tablo 3 ve Tablo 4), bulanık aralık tip 2 bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Yapılan değerlendirmenin sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Yatırım Bölgesi Seçimine Ait Sonuçlar

Alternatifler	d*	d-	CC _i	Sıra
Marmara Bölgesi	2,152	3,412	0,613	1
Ege Bölgesi	3,777	0,935	0,198	3
İç Anadolu Bölgesi	2,755	2,655	0,491	2

Tablo 5'te gösterildiği gibi yakınlık katsayıları (CC_i) büyükten küçüğe doğru sıralandığında CC_A > CC_C > CC_B olmaktadır ve en uygun yatırım bölgesi olarak Marmara bölgesi (A) seçilmiştir. Marmara bölgesinden sonra, yatırım bölgesi olarak İç Anadolu bölgesi uygun bulunmuştur. Hammadde kaynaklarına yakınlık ve hedef pazara yakınlık gibi kriterler yatırım yeri seçimi yapacak firmaya göre değişiklik gösterebilir. Dolayısıyla bu yöntem farklı firmaların, farklı alternatifleri değerlendirmesinde de kullanılabilir. Aynı zamanda değerlendirmeyi yapan firma probleme yeni değerlendirme kriterleri ya da yeni alternatifler ekleyerek değerlendirme sürecini tekrar edebilir.

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında değerlendirme kriterlerine yeni kriterler eklenerek değerlendirme yapılabilir. Ayrıca farklı çok kriterli karar verme tekniklerin hibrid kullanımı ile yeni bir değerlendirme yapılabilir.

KAYNAKÇA

Anbar, A., Alper, D. (2015). *Yatırım Projeleri Analizi*. Ekin Yayınları, Bursa.

Aliasghary M. (2013). *Aralık Değerli Tip 2 Bulanık Mantık Sistemleri için Genel Çıkarımlar ve bir Tasarım Yöntemi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi.

Ashtiani, B., Haghigirad, F., Makui, A., Ali Montazer, G., (2009). Extension of fuzzy TOPSIS method based on interval-valued fuzzy sets. *Applied Soft Computing*, 9 (2), 457-461.

Baykasoglu, A., Gölcük, İ. (2017). Development of an interval type-2 fuzzy sets based hierarchical MADM model by combining DEMATEL and TOPSIS. *Expert Systems With Applications* 70 (37–51).

Chen, C.-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1–9. [http://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](http://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1)

Chen, C.-T., Lin, C.-T., Huang, S.-F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289–301. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.03.009>

Chen, S. M., Lee, L. W. (2010). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 37(4), 2790–2798. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.012>

Chen, S.M., Lee, L.W. (2010). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method. *Expert Syst. Appl.* 37 (4), 2790-2798.

Chen, S., and Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*. Springer Verlag.

Choudhary, D. Shankar, R. (2012). An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India. *Energy*, 42 510-521.

Chu, T.C. (2002). Facility location selection using fuzzy TOPSIS under group decisions. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 10 (6), 687-701.

Çalık, A. Paksoy, T. (2017). Aralık Tip-2 Bulanık AHP Yöntemi ile Üçüncü Parti Tersine Lojistik (3PTL) Firma Seçimi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 20-1.

Çebi, F., Otay, İ. (2015). Multi-Criteria and Multi-Stage Facility Location Selection under Interval Type-2 Fuzzy Environment: A Case Study for a Cement Factory. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol. 8, No. 2 330-344.

Deveci, M. Demirel, N. Ç., Ahmetoğlu E. (2017). Airline new route selection based on interval type-2 fuzzy MCDM: A case study of new route between Turkey- North American region destinations. *Journal of Air Transport Management* 59, 83-99.

Dymova, L., Sevastjanov, P., Tikhonenko, A. (2015). An interval type-2 fuzzy extension of the TOPSIS method using alpha cuts. *Knowledge-Based Syst.* 83, 116-127.

Erdoğan, M. ve Kaya, İ. (2015). An Integrated Multi-Criteria Decision-Making Methodology Based on Type-2 Fuzzy Sets for Selection Among Energy Alternatives in Turkey. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 12 (1), 1-25.

Erkayman, B.; Gundogar, E.; Akkaya, G.; Ipek, M. (2011). A Fuzzy TOPSIS Approach For Logistics Center Location Selection. *Journal of Business Case Studies*. 7: 3; 49-54.

Ertuğrul, I., Karakaşoğlu, N. (2008). Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 39(7-8):783- 95.

Hwang, C. L., Yoon, K. (1981). *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Jacquet-Lagrèze E. (1990). Interactive Assessment of Preferences Using Holistic Judgments the Prefcalc System. In: Bana e Costa C.A. *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Kahraman, C. Onar, S. C., Öztayşi, B. (2015). Fuzzy Multicriteria Decision-Making: A Literature Review. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol. 8, No. 4637-666.

Kılıç, M., Kaya, I. (2015). Investment project evaluation by a decision making methodology based on type-2 fuzzy sets. *Applied Soft Computing*, 27, 399-410.

Lee, L.-W., Chen, S.-M. (2008). A new method for fuzzy multiple attributes group decision-making based on the arithmetic operations of interval type-2 fuzzy sets. *Machine Learning and Cybernetics, 2008 International Conference on*, 6(July), 3084–3089. <http://doi.org/10.1109/ICMLC.2008.4620938>

Lee, L.W., Chen, S.M., (2008). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the extension of TOPSIS method and interval type-2 fuzzy sets. *International Conference on Machine Learning and Cybernetics, IEEE, Vol 6:3260-3265*.

Liao, T.W. (2015). Two interval type 2 fuzzy TOPSIS material selection methods. *Mater. Des.* 88, 1088-1099.

Mendel, J.M. (2001). *Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions*. Vol.2, Prentice Hall.

Özek, M. B., Akpolat, Z. H. (2010). Bulanık Mantık için Yeni bir Yaklaşım: Tip 2 Bulanık Mantık, *Engineering Sciences*, Vol: 5- 3.

Sağır, H., Doğanalp, B.(2016). Bulanık Çok-Kriterli Karar Verme Perspektifinden Türkiye İçin Enerji Kaynakları Değerlendirmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakóltesi Dergisi*, 11.

Yong, D. (2006). Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *Int J Adv Manuf Technol* 28: 839–844

Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
[http://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](http://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

Atıfta bulunmak için / Cite this paper:

Candan, G. ve Toklu Cengiz, M. (2017). Aralık Tip 2 Bulanık Topsis Yöntemi ile Yatırım Yeri Karar Analizi, *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 27 (2), 16-28.