

Makine Seçiminde Sezgisel Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanılması ve Bir Uygulama

Buse Duygu DAĞIDIR^{1*}, Barış ÖZKAN²

¹Endüstri Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

²Endüstri Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

*buseduyguyangin@gmail.com

Özet – Üretim işletmelerinde makine satın almak en önemli yatırım kararlarından biridir. Kapasite artırmak, ürün kalitesini iyileştirmek ve üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak isteyen işletmeler belli dönemlerde makine parkurunda değişiklik yapmaya ihtiyaç duymaktadırlar. Bu tip karar problemleri birden fazla kriterin değerlendirilmesinin gerekliliği ve yüksek yatırım maliyetinden dolayı grup kararı ile sonuca ulaştırılmakta ve çok kriterli karar verme teknikleri ile değerlendirilmektedir. TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), doğrusal bir ağırlıklandırma tekniği kullanarak pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak çözümü belirleyen bir yöntemdir. Bulanık TOPSIS, belirsizlik ve çoklu karar vericilerin olduğu karar verme problemlerinde kullanılan etkili bir yöntemdir. Karar vericiler, kriter ve alternatif değerlendirmelerini dilsel ifadelerle yapabilirler. Karar vericilerin sözel düşüncelerinin matematiksel modellere yansıtılabilmesi için bulanık kümelerin popüler bir uzantısı olan sezgisel bulanık kümeler kullanılabilir. Sezgisel bulanık kümelerin TOPSIS yöntemine entegre edilmesi ile Sezgisel TOPSIS yöntemi geliştirilmiştir. Grup karar verme problemlerinde, her karar verici ve kriter eşit öneme sahip olmayabilir. Bu nedenle, sezgisel bulanık TOPSIS yönteminde öncelikle karar vericiler ve ardından karar vericilerin değerlendirmelerine göre kriterler ağırlıklandırılır. Daha sonra alternatiflerin sezgisel ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır, alternatifler sıralanır ve seçim yapılır. Bu çalışmada cam üretimi yapan bir işletmenin satın almak istediği beş farklı rodaj makinesi değerlendirilmiştir. Bu amaçla sekiz kriter ele alınarak dört farklı karar vericiden görüş alınmıştır. Sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak alternatifler sıralanmış ve en yüksek skora sahip olan alternatif tercih edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Makine Seçimi, TOPSIS, Bulanık Mantık, Sezgisel Bulanık TOPSIS, Çok Kriterli Karar Verme

I. GİRİŞ

Makine seçimi, işletmeler için hayati ve stratejik bir karardır. Yatırım maliyetinin yüksekliği karar verme sürecini hassas bir şekilde tamamlamayı gerektirir. Bu nedenle işletmeler içerisinde bilgi ve tecrübesinden faydalanılacak birden fazla karar vericiden görüş alınması ve en iyi alternatifin seçimi için göz önünde bulundurulacak kriterlerin doğru şekilde belirlenmesi önemlidir.

Bu konu literatürde geniş çapta incelenmiş ve çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bulanık kümelerin kullanıldığı yöntemler de makine seçimi kararlarında popülerlik kazanmıştır. Önüt vd.

(2008), bulanık AHP ve TOPSIS kullanarak makine seçimi kararı uygulaması yapmışlardır. Yurdakul ve İç (2009), takım tezgâhi seçimi için bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirme yapmış ve elde edilen faydanın analizini yapmışlardır. Ayağ ve Özdemir (2012), kriter ağırlıklandırması için bulanık ANP ve alternatiflerin sıralanması için değiştirilmiş TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Nguyen vd. (2014) makine seçimi için bulanık ANP ve COPRAS-G hibrit yaklaşımını önermişlerdir. Maldonado vd. (2014), gelişmiş üretim teknolojilerinin insan faktörü ve ergonomik açıdan değerlendirmesini sezgisel bulanık TOPSIS yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. Uzun ve Kazan (2016), gemi

inşada ana makine seçimi için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerini uygulayarak karşılaştırma yapmışlardır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, bir cam işleme işletmesinde rodaj makinesi seçimi için sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi uygulaması yapılmıştır. İşletme içerisinde seçilen karar vericilerden alternatif ve kriterleri değerlendirmeleri istenmiş ve en iyi alternatifin seçimi yapılmıştır.

A. Sezgisel Bulanık Küme

Sezgisel bulanık küme Atanassov tarafından 1986 yılında literatüre kazandırılmıştır. Sezgisel bulanık kümelerde her bir eleman için bir üye olma, üye olmama ve tereddüt derecesi tanımlanmaktadır.

A, X evreninde bir sezgisel bulanık küme olmak üzere $A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) \mid x \in X\}$ şeklinde ifade edilir. x elemanının A kümesine üye olma derecesi $\mu_A(x)$, üye olmama derecesi $\nu_A(x)$ ve tereddüt indeksi ise $\pi_A(x)$ olarak tanımlanmaktadır. Sezgisel bulanık küme teorisinde üye olma ve olmama derecelerinin toplamı 0 ile 1 arasında olmalıdır. (Efe vd., 2015)

B. Sezgisel Bulanık TOPSIS

Sezgisel bulanık TOPSIS yönteminde alternatiflerin kümesi $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, kriterlerin kümesi $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ ve karar vericilerin kümesi de $KV = \{KV_1, KV_2, \dots, KV_l\}$ olarak tanımlanmaktadır. l adet karar vericiden oluşan karar verici kümesinde her bir karar vericinin tecrübe ve bilgisi farklı olduğundan her bir karar vericinin ağırlığı birbirinden farklıdır ve ağırlıklarının toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir.

Boran vd. (2009) tarafından önerilen sezgisel bulanık TOPSIS yönteminin adımları aşağıda açıklanmıştır:

1.Adım: Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi.

k. karar vericinin ağırlığı sezgisel bulanık sayı olarak $KV_k = (\mu_k, \nu_k, \pi_k)$ şeklinde tanımlanmak üzere k. karar vericinin ağırlığı (λ_k) denklem (1) ile hesaplanmaktadır:

$$\lambda_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)}{\sum_{k=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)} \quad (1)$$

$$\lambda_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, l \text{ ve } \sum_{k=1}^l \lambda_k = 1$$

2.Adım: Karar vericilerin alternatiflere yönelik yapmış oldukları değerlendirmelerin birleştirilerek birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi.

Karar verici görüşlerinin birleştirilmesi için sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (IFWA) formülü kullanılmaktadır:

$r_{ij} = (\mu_{ij}, \nu_{ij}, \pi_{ij})$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), R birleştirilmiş karar matrisinin elemanı olmak üzere

$$r_{ij} = \left[1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (\nu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^l (1 - \nu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right] \quad (2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

3.Adım: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi.

Karar verme problemlerinde her kriterin ağırlığı karar vericilere göre farklılık göstermektedir.

$$w_j = \left[1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (\nu_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^l (1 - \nu_j^{(k)})^{\lambda_k} \right] \quad (3)$$

$W = \{w_1, w_2, \dots, w_j\}$ kriterlerin ağırlıkları olmak üzere $w_j = (\mu_j, \nu_j, \pi_j)$ ($j = 1, 2, \dots, n$) dir.

4.Adım: Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması.

Kriterlerin ağırlıkları ve birleştirilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi R ve W matrisindeki elemanların çarpımı ile elde edilir.

$$R' = R \otimes W = (\mu'_j, \nu'_j) = \{ \langle x, \mu_{ij} \cdot \mu_j, \nu_{ij} + \nu_j - \nu_{ij} \cdot \nu_j \rangle \mid x \in X \} \quad (4)$$

$$\pi' = 1 - \nu_{ij} - \nu_j - \mu_{ij} \cdot \mu_j + \nu_{ij} \cdot \nu_j \quad (5)$$

5.Adım: Pozitif sezgisel ideal çözüm ve negatif sezgisel ideal çözümün belirlenmesi.

Fayda kriterlerinin seti J_1 ve maliyet kriterlerinin seti J_2 olmak üzere, pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm A^* ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm A^- aşağıdaki gibi elde edilir.

$$0 \leq C_{i^*} \leq 1$$

8.Adım: Alternatiflerin sıralanması.

Her alternatif için göreceli yakınlık katsayıları belirlendikten sonra, katsayılar azalan düzende sıralanır ve en baştaki alternatif tercih edilir.

$$A^* = (r_1'^*, r_2'^*, \dots, r_n'^*), r_j'^* = (\mu_j'^*, v_j'^*, \pi_j'^*), j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$A^- = (r_1'^-, r_2'^-, \dots, r_n'^-), r_j'^- = (\mu_j'^-, v_j'^-, \pi_j'^-), j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$\mu_j'^* = \{(\max_i \{\mu_{ij}'\} | j \in J_1), (\min_i \{\mu_{ij}'\} | j \in J_2)\} \quad (8)$$

$$v_j'^* = \{(\min_i \{v_{ij}'\} | j \in J_1), (\max_i \{v_{ij}'\} | j \in J_2)\} \quad (9)$$

$$\pi_j'^* = \left\{ \begin{array}{l} (1 - \max_i \{\mu_{ij}'\} - \min_i \{v_{ij}'\} | j \in J_1), \\ (1 - \min_i \{\mu_{ij}'\} - \max_i \{v_{ij}'\} | j \in J_2) \end{array} \right\} \quad (10)$$

$$\mu_j'^- = \{(\min_i \{\mu_{ij}'\} | j \in J_1), (\max_i \{\mu_{ij}'\} | j \in J_2)\} \quad (11)$$

$$v_j'^- = \{(\max_i \{v_{ij}'\} | j \in J_1), (\min_i \{v_{ij}'\} | j \in J_2)\} \quad (12)$$

$$\pi_j'^- = \left\{ \begin{array}{l} (1 - \min_i \{\mu_{ij}'\} - \max_i \{v_{ij}'\} | j \in J_1), \\ (1 - \max_i \{\mu_{ij}'\} - \min_i \{v_{ij}'\} | j \in J_2) \end{array} \right\} \quad (13)$$

C. Uygulama

Cam işleme işletmesinde rodaj makinesi seçimi için beş adet alternatif (A_1, A_2, \dots, A_5) sekiz adet kriter (Tablo 1) kullanılarak dört karar verici (KV_1, KV_2, KV_3, KV_4) tarafından değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Değerlendirmede Kullanılan Kriterler

Kriter	Tanım
K1	Hız
K2	Cam Kalınlığı
K3	Ölçü Kısıtları
K4	Enerji Sarfiyatı
K5	İşleme Düzlemi
K6	Teknik Servis
K7	Elmas Taşı Sayısı
K8	Fiyat

6.Adım: Pozitif ve negatif ayırım ölçümlerinin hesaplanması.

Alternatifler ile pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümler arasındaki uzaklık normalize edilmiş Öklid uzaklığı yoluyla yapılmaktadır. Hesaplama için kullanılan formüller denklem 14 ve 15'te verilmiştir:

$$S^+ = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n [(\mu_{A_{1w}}(x_j) - \mu_{A^{+w}}(x_j))^2 + (v_{A_{1w}}(x_j) - v_{A^{+w}}(x_j))^2 + (\pi_{A_{1w}}(x_j) - \pi_{A^{+w}}(x_j))^2]} \quad (14)$$

$$S^- = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n [(\mu_{A_{1w}}(x_j) - \mu_{A^{-w}}(x_j))^2 + (v_{A_{1w}}(x_j) - v_{A^{-w}}(x_j))^2 + (\pi_{A_{1w}}(x_j) - \pi_{A^{-w}}(x_j))^2]} \quad (15)$$

7.Adım: Her bir alternatif için göreceli yakınlık katsayısının belirlenmesi.

Pozitif sezgisel bulanık çözüm ve negatif sezgisel bulanık çözüme göreceli yakınlık katsayısı 16 numaralı denklem ile hesaplanır.

$$C_{i^*} = \frac{S_{i^-}}{S_{i^-} + S_{i^*}} \quad (16)$$

Kriter ve karar vericilerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel ifadeler ve sezgisel bulanık sayı (SBS) karşılıkları Tablo 2'de, alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel ifadeler sezgisel bulanık sayı karşılıkları Tablo 3'te verilmiştir [3].

Tablo 2. Kriter ve karar vericilerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel ifadeler

Dilsel İfadeler	SBS
Çok Önemli (VI)	(0.90, 0.10)
Önemli (I)	(0.75, 0.20)
Orta (M)	(0.50, 0.45)
Önemsiz (UI)	(0.35, 0.60)
Çok Önemsiz (VUI)	(0.10, 0.90)

Tablo 3. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel ifadeler

Dilsel İfadeler	SBS
Son Derece İyi (EG)	(1.00, 0.00)
Çok Çok İyi (VVG)	(0.90, 0.10)
Çok İyi (VG)	(0.80, 0.10)
İyi (G)	(0.70, 0.20)
Orta İyi (MG)	(0.60, 0.30)
Orta (M)	(0.50, 0.40)
Orta Kötü (MB)	(0.40, 0.50)
Kötü (B)	(0.25, 0.60)
Çok Kötü (VB)	(0.10, 0.75)
Çok Çok Kötü (VVB)	(0.10, 0.90)

1.Adım: Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi.

Karar vericilerin değerlendirilmesi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Karar Vericilerin Değerlendirilmesi

KV1	KV2	KV3	KV4
VI	I	M	I
0.299	0.263	0.175	0.263

2.Adım: Karar vericilerin alternatiflere yönelik yapmış oldukları değerlendirmelerin birleştirilerek birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi.

Tablo 3'teki dilsel ifadelerle göre oluşturulmuş karar vericilerin alternatifler için yapmış olduğu değerlendirmeler Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. Alternatiflerin kriterlere göre karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Kriter	Alternatif	KV1	KV2	KV3	KV4
K1	A1	VG	EG	VG	EG
	A2	VG	VG	VG	VG
	A3	MB	B	B	VB
	A4	G	G	G	MG
	A5	B	VVB	VB	VVB
K2	A1	G	MG	G	MG
	A2	EG	EG	EG	EG
	A3	VVG	VVG	VVG	VVG
	A4	MG	M	M	MB
	A5	VVG	VG	VG	VVG
K3	A1	M	B	VVB	VB
	A2	EG	EG	EG	EG
	A3	MG	MB	MB	B
	A4	VVG	VG	VVG	G
	A5	VG	G	G	MG
K4	A1	G	MG	MG	G
	A2	B	B	B	B
	A3	MG	G	G	G
	A4	VVG	VG	VG	VG
	A5	EG	EG	EG	EG

K5	A1	M	G	G	VG
	A2	G	G	MG	MG
	A3	G	G	MG	MG
	A4	EG	VVG	VG	EG
	A5	G	G	MG	MG
K6	A1	VG	EG	VVG	VVG
	A2	M	B	M	B
	A3	M	B	M	B
	A4	VVG	VG	VG	VG
	A5	M	B	M	B
K7	A1	MB	B	B	VB
	A2	B	VB	VB	VVB
	A3	B	VB	VB	VVB
	A4	VG	VG	VVG	G
	A5	B	VB	VB	VVB
K8	A1	VG	VG	G	MG
	A2	VVB	VB	VB	M
	A3	M	MG	G	G
	A4	VVG	G	VG	G
	A5	VVG	G	VG	VG

IFWA operatörü kullanılarak karar vericilerin görüşleri birleştirilmiştir, birleştirilmiş karar matrisi R, Tablo 6'da verilmiştir:

Tablo 6. Birleştirilmiş Sezgisel Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4
A1	(1.00,0.00,0.00)	(0.65,0.25,0.10)	(0.28,0.61,0.11)	(0.66,0.24,0.10)
A2	(0.80,0.10,0.10)	(1.00,0.00,0.00)	(1.00,0.00,0.00)	(0.25,0.60,0.15)
A3	(0.26,0.60,0.13)	(0.90,0.10,0.00)	(0.44,0.45,0.11)	(0.67,0.23,0.10)
A4	(0.68,0.22,0.10)	(0.51,0.39,0.10)	(0.84,0.12,0.04)	(0.84,0.10,0.06)
A5	(0.15,0.77,0.08)	(0.87,0.10,0.03)	(0.71,0.18,0.11)	(1.00,0.00,0.00)

	K5	K6	K7	K8
A1	(0.69,0.21,0.11)	(1.00,0.00,0.00)	(0.26,0.60,0.13)	(0.74,0.15,0.11)
A2	(0.66,0.24,0.10)	(0.38,0.50,0.12)	(0.15,0.74,0.12)	(0.23,0.67,0.10)
A3	(0.66,0.24,0.10)	(0.38,0.50,0.12)	(0.15,0.74,0.12)	(0.62,0.27,0.10)
A4	(1.00,0.00,0.00)	(0.84,0.10,0.06)	(0.80,0.12,0.07)	(0.80,0.14,0.05)
A5	(0.59,0.30,0.11)	(0.38,0.50,0.12)	(0.15,0.74,0.12)	(0.82,0.12,0.06)

3.Adım: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi.

Çok kriterli grup karar verme problemlerinde karar vericilerin her kriter için farklı görüşleri vardır. Her karar vericinin kriterler için olan görüşleri sezgisel bulanık sayılara dönüştürülerek IFWA operatörü (denklem 3) ile birleştirilmektedir.

Bu çalışmada dört karar vericiden sekiz farklı kriter için görüşler alınmıştır, görüşler Tablo 2'deki dilsel ifadeler kullanılarak belirlenmiş, Tablo 7'de gösterilmiştir.

Ayrıca hesaplanan kriter ağırlıkları matrisi aşağıdaki gibidir:

$$W = \begin{bmatrix} (0.88,0.11,0.00) \\ (0.76,0.21,0.03) \\ (0.78,0.19,0.03) \\ (0.58,0.37,0.05) \\ (0.53,0.41,0.05) \\ (0.76,0.21,0.03) \\ (0.56,0.38,0.05) \\ (0.81,0.18,0.01) \end{bmatrix}$$

Tablo 7. Kriterler için verilen görüşler

	KV1	KV2	KV3	KV4
K1	VI	VI	I	VI
K2	M	I	I	VI
K3	I	I	M	VI
K4	I	M	UI	M
K5	M	UI	UI	I
K6	I	VI	I	M
K7	M	M	UI	I
K8	VI	VI	I	UI

4.Adım: Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması.

Birleştirilmiş karar matrisi R ve kriter ağırlık matrisi W, denklem 4 ve 5 kullanılıp çarpılarak ağırlıklı birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi R' oluşturulmuştur, oluşturulan matris Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 8. Ağırlıklı Birleştirilmiş Sezgisel Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4
A1	(0.88,0.00,0.18)	(0.57,0.03,0.39)	(0.25,0.07,0.68)	(0.58,0.03,0.39)
A2	(0.71,0.01,0.28)	(0.88,0.00,0.12)	(0.88,0.00,0.12)	(0.22,0.07,0.71)
A3	(0.23,0.07,0.70)	(0.79,0.01,0.19)	(0.39,0.05,0.56)	(0.59,0.02,0.38)
A4	(0.60,0.02,0.38)	(0.45,0.04,0.51)	(0.74,0.01,0.25)	(0.74,0.01,0.25)
A5	(0.13,0.09,0.78)	(0.76,0.01,0.23)	(0.63,0.02,0.35)	(0.88,0.00,0.12)

	K5	K6	K7	K8
A1	(0.61,0.02,0.37)	(0.88,0.00,0.12)	(0.23,0.07,0.70)	(0.66,0.02,0.33)
A2	(0.58,0.02,0.39)	(0.34,0.06,0.61)	(0.13,0.08,0.79)	(0.20,0.08,0.72)
A3	(0.58,0.02,0.39)	(0.34,0.06,0.61)	(0.13,0.08,0.79)	(0.55,0.03,0.42)
A4	(0.88,0.00,0.12)	(0.74,0.01,0.25)	(0.71,0.01,0.28)	(0.71,0.02,0.28)
A5	(0.52,0.03,0.44)	(0.34,0.06,0.61)	(0.13,0.08,0.79)	(0.72,0.01,0.26)

5.Adım: Pozitif sezgisel ideal çözüm ve negatif sezgisel ideal çözümün belirlenmesi.

Bu çalışmada belirlenen kriterlerin üç tanesi maliyet beş tanesi ise fayda maliyeti olarak belirlenmiştir. Buna göre pozitif ve negatif sezgisel ideal çözümler belirlenmiştir.

6.Adım: Pozitif ve negatif ayırım ölçümlerinin hesaplanması.

Alternatifler ile pozitif ve negatif sezgisel ideal çözüme uzaklıklar denklem 14 ve 15 yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 9'da verilmiştir.

7.Adım: Her bir alternatif için görelî yakınlık katsayısının belirlenmesi.

Beş farklı alternatif için görelî yakınlık katsayısı denklem 16 yardımıyla hesaplanmış ve Tablo 9'da hesaplanan değerler verilmiştir.

8.Adım: Alternatiflerin sıralanması.

En yüksek görelî yakınlık katsayısını alan alternatif en başarılı alternatif olarak belirlenmiştir. Alternatiflerin sıralaması Tablo 9'da verilmiştir. Bu durumda A2 alternatifi seçilmelidir.

Tablo 8. Alternatiflerin ayırım ölçümleri, görelî yakınlık katsayıları ve sıralamaları

	S_{i-}	S_{i*}	C_{i*}	Sıra
A1	0,272	0,326	0,545	2
A2	0,174	0,397	0,695	1
A3	0,338	0,193	0,363	4
A4	0,286	0,264	0,480	3
A5	0,384	0,200	0,342	5

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada bir cam işleme işletmesinde rodaj makinesi seçimi için sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Öncelikle beş alternatif ve sekiz kriter dört farklı karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirme için dilsel ifadelerin sezgisel bulanık sayı karşılıkları kullanılmıştır. Öncelikle karar vericilerin ağırlıkları hesaplanmış ardından karar vericilerin alternatifleri kriterlere göre değerlendirmesi istenmiştir. Sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama operatörü ile birleştirilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Kriterlerin ağırlıkları da yine aynı operatör ile hesaplanmıştır. Kriter ağırlıkları ve birleştirilmiş karar matrisi çarpılarak ağırlıklı birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Bunun ardından kriterlerin fayda veya maliyet olmasına göre alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları belirlenmiştir. Her alternatif için görelî yakınlık katsayısı

hesaplanmış ve bu katsayılar sıralanarak en iyi alternatif seçilmiştir.

Gelecek çalışmalarda, sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi makine seçimi haricinde farklı grup karar verme problemlerinde çözüm olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] K.T. Atanassov, K. T., "Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems," vol. 20:1, pp. 87-96,1986.
- [2] S. Önüt, S.S. Kara, T. Efendigil, "A hybrid fuzzy MCDM approach to machine tool selection," *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 19, pp. 443-453, 2008.
- [3] E. Boran, S. Genç, M. Kurt ve D. Akay, "A multi-criteria intuitionistic Fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 11363-11368, 2009.
- [4] M. Yurdakul ve Y.T. İç, "Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems," *Journal of Materials Processing Technology*, vol.209, pp. 310-317, Jan.2009.
- [5] Z. Ayağ ve R.G. Özdemir, "Evaluating machine tool alternatives through modified TOPSIS and alpha-cut based fuzzy ANP," *International Journal of Production Economics*, vol.140, pp. 630-636, Dec.2012.
- [6] A. Maldonado, A. Alvarado-Iniesta, J. Garcia-Alcaraz, C.Başderrama-Armendariz, "Intuitionistic fuzzy TOPSIS for ergonomic compatibility evaluation of advanced manufacturing technology," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 70, 2014.
- [7] H.T. Nguyen, S.Z.M. Dawal, Y. Nukman, H. Aoyama, "A hybrid approach for fuzzy multi-attribute decision making in machine tool selection with consideration of the interactions of attributes," *Expert Systems with Applications*, vol.41, pp.3078-3090, 2014.
- [8] B. Efe, F.E. Boran ve M. Kurt, "SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ KULLANILARAK ERGONOMİK ÜRÜN KONSEPT SEÇİMİ," *Suleyman Demirel University Journal of Engineering Sciences and Design*, vol.21, pp. 433-440, 2015.
- [9] S. Uzun ve H. Kazan, "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırılması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması," *Journal of Transportation and Logistic*, vol.1, pp. 99-113, Apr. 2016.