



Analysis of the effect of the number of criteria and alternatives on the ranking results in applications of the multi criteria decision making approaches in machining center selection problems

Yusuf Tansel İç^{1*}, Mustafa Yurdakul²

¹Department of Industrial Engineering, Baskent University, Ankara, 06810, Turkey

²Department of Mechanical Engineering, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey

Highlights:

- In this paper, effects of reducing number of criteria and alternatives on the machining center ranking results are studied.
- An important objective during reducing the number of criteria is that the remaining criteria must cover the whole range of user's preferences and expectations in his/her decision.
- By decreasing the number of alternative machining centers the effect of changes in the weights of the criteria on the ranking results are analyzed.

Keywords:

- Machining center selection,
- Multi-criteria decision making,
- Selection criteria,
- Spearman's rank correlation test

Article Info:

Research Article
Received: 26.06.2018
Accepted: 27.11.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.437263

Correspondence:

Author: Yusuf Tansel İç
e-mail:
yustanic@baskent.edu.tr
phone: +90 312 246 66 64

Graphical/Tabular Abstract

M/C	Rank- 1	Rank- 2	Rank- 3	Rank- 4	Rank 5
VMC 600	6	4	5	7	7
VMC 1000	3	2	2	6	6
VMC 1300	1	1	4	1	3
FV1000A	7	6	7	8	8
FV1300	2	5	6	4	4
V500	4	7	3	5	2
VMI5	5	8	1	3	1
HMC630	8	3	8	2	5

M/C	1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
VMC 600	2	1	-1	-1	-1	-3	-3	-2	-2	0
VMC 1000	1	1	0	-3	0	-4	-4	-4	-4	0
VMC 1300	0	-3	-3	-2	-3	0	-2	3	1	-2
FV1000A	1	0	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	0
FV1300	-3	-4	-1	-2	-1	1	1	2	2	0
V500	-3	1	4	2	4	2	5	-2	1	3
VMI5	-3	4	7	4	7	5	7	-2	0	2
HMC630	5	0	-5	3	-5	1	-2	6	3	-3
r_s	0,310	0,476	-0,214	0,429	-0,214	0,286	-0,333	0,071	0,571	0,690
Z	0,819	1,260	-0,567	1,134	-0,567	0,756	-0,882	0,189	1,512	1,827

Spearman Rank
Correlation test:

$$d^k = x^k - y^k ;$$

$$k=1, \dots, K.$$

$$r_s = 1 - \left\{ 6 \left[\sum_{k=1}^K \frac{(d^k)^2}{K \cdot (K^2 - 1)} \right] \right\}$$

$$Z = r_s \cdot \sqrt{(K-1)} < 1.645$$

Figure A. Ranking results and Spearman Rank Correlation test of the machining centers

Purpose: Multi criteria machining center selection models are widely used in the literature. In the applications of multi-criteria decision making models, machining center selection criteria are directly taken from catalogues and no specific analysis are used to determine their suitability.

Theory and Methods:

Besides having finite alternatives, it is especially important to limit the number of selection criteria to around ten to have a model which is sensitive to changes in the criteria weights.

Results:

A suitable set of machining center selection criteria are obtained using AHP, TOPSIS, and Spearman's rank correlation test.

Conclusion:

In this study, whether or not reducing the number of criteria and alternative machining centers make the ranking results more sensitive to the changes in the criteria weights is studied using Spearman's rank correlation test. The study results show that the ranking results become more sensitive with a reduced number of criteria and alternative machining centers.



İşleme merkezi seçim problemlerinde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemi uygulamalarında kriter ve alternatif sayısının sıralama sonuçlarına etkisinin incelenmesi

Yusuf Tansel İç^{1*}, Mustafa Yurdakul²

¹Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06810, Etimesgut Ankara

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 06570 Maltepe Ankara

Ö N E Ç I K A N L A R

- Bu çalışmada kriter ve alternatif sayısının azaltılmasının işleme merkezi sıralama sonuçlarına etkisi incelenmiştir
- Kriter sayısı azaltılırken kullanıcının tercih ve beklentilere cevap verebilecek tarzda bir sıralama sunabilecek kriter setinin önerilmesi amaçlanmıştır
- Böylece alternatif işleme merkezi sayısının azaltılmasının kriter ağırlıklarında olabilecek değişikliklerde sıralama sonuçlarını nasıl etkilediği incelenmiştir

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 26.06.2018

Kabul: 27.11.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.437263

Anahtar Kelimeler:

İşleme merkezi seçimi,
çok ölçütlü karar verme,
seçim kriteri,
Spearman sıra ilişkisi testi

ÖZET

Çok kriterli karar verme yöntemleri literatürde işleme merkezi seçim çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Uygulamalarda kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinde genellikle işleme merkezi seçim kriterleri doğrudan kataloglardan alınmaktadır. Bilindiği gibi kriter ağırlıklarına duyarlı bir model için kriter sayısının 7 ± 2 adet civarında tutulması önemlidir. Benzer bir önerme alternatif işleme merkezi sayısı için söylenebilir. Alternatif işleme merkezi sayısının azaltılması da sıralama sonuçlarını kriter ağırlıklarında olabilecek değişikliklere daha duyarlı hale getirecektir. Bu çalışmada, kriter ve işleme merkezi sayısının azaltılmasının sıralama sonuçlarının kriter ağırlıklarına daha duyarlı hale getirip getirmediği Spearman sıra ilişkisi testi kullanılarak incelenmiştir. Makalede sunulan çalışma sonucu kriter ve işleme merkezi sayısının azaltılmasının sıralama sonuçlarını kriter ağırlıklarındaki değişimlerine daha duyarlı hale getirdiği belirlenmiştir.

Analysis of the effect of the number of criteria and alternatives on the ranking results in applications of the multi criteria decision making approaches in machining center selection problems

H I G H L I G H T S

- In this paper, effects of reducing number of criteria and alternatives on the machining center ranking results are studied
- An important objective during reducing the number of criteria is that the remaining criteria must cover the whole range of user's preferences and expectations in his/her decision
- By decreasing the number of alternative machining centers the effect of changes in the weights of the criteria on the ranking results are analyzed

Article Info

Research Article

Received: 26.06.2018

Accepted: 27.11.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.437263

Keywords:

Machining center selection,
multi-criteria decision
making, selection criteria,
Spearman's rank correlation
test

ABSTRACT

Multi criteria machining center selection models are widely used in the literature. In the applications of multi-criteria decision making models, machining center selection criteria are directly taken from catalogues. It is known that to have a ranking model sensitive to the weights of the selection criteria, it is especially important to limit the number of selection criteria to 7 ± 2 . A similar proposal can be put forward for the number of machining centers. In this study, whether or not reducing the number of criteria and alternative machining centers make the ranking results more sensitive to the changes in the criteria weights is studied using Spearman's rank correlation test. The study results show that the ranking results become more sensitive with a reduced number of criteria and alternative machining centers.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: yustanic@baskent.edu.tr, yurdakul@gazi.edu.tr / Tel: +90 312 246 6664

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Literatürde işleme merkezi seçimine yönelik Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda farklı sayıda kriterler kullanılarak farklı sayıdaki alternatifler arasından seçim işlemi gerçekleştirilmektedir. Literatürde bulunan işleme merkezi seçimi çalışmalarının önemli bir kısmı, ÇKKV yöntemlerini işleme merkezi seçimine uygulamak ve diğer seçim modelleri sonuçlarıyla karşılaştırmak şeklinde sunulmuştur. Yurdakul ve İç [1] tarafından sunulan çalışmada TOPSIS (Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution) yöntemiyle farklı kriter sayıları kullanılarak 16 adet işleme merkezi arasından seçim gerçekleştirilmiş ve sıralama sonuçlarındaki değişim incelenmiştir. Literatürde, İç ve Yurdakul [2] ve Wang vd. [3] tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda ise bulanık AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi ile kriter ağırlıkları uzman görüşleri dikkate alınarak bulanık sayılarla ifade edilmiş ve bulanık mantık yaklaşımı ile AHP yöntemi beraber kullanılarak uygun işleme merkezleri belirlenmeye çalışılmıştır. Diğer taraftan Arslan vd. [4] ile Çimren vd. [5] tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda AHP yönteminin kullanıldığı bir işleme merkezi modeli ortaya konulmuştur. Çalışmada nicel kriterlerin yanı sıra “üretime uygunluk” ve “güvenlik donanımının yeterliliği” gibi nitel kriterlere de yer verilmiştir. Lin ve Yang [6] tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise AHP yönteminin işleme merkezi seçiminde kullanılabilirliğinin gösterimi gerçekleştirilmiştir. Oeltjenbruns vd. [7] ve Yurdakul [8] ise imalat sistemlerinde ömrünü tamamlayan işleme merkezlerinin yenileriyle değiştirilmelerinde AHP yönteminin kullanıldığı bir stratejik karar verme modeli ortaya koymuşlardır. Çalışmalarda işleme merkezlerinin teknik özelliklerinin yanı sıra, üretkenlik ve ekonomiklik açısından da uygunlukları dikkate alınmıştır. Nguyen vd. [9] aralarında etkileşim bulunan kriterleri kullanarak bulanık ANP (Analytic Network Process) ve COPRAS-G (COmplex PROportional ASsessment of alternatives with Grey relations) yöntemleriyle takım tezgahı seçiminin gerçekleştirildiği bir çalışma sunmuşlardır. Çalışmada CNC tezgahların kataloglarından elde edilen 12 adet kriter kullanılmıştır. Camcı vd. [10] tereddütlü bulanık AHP yöntemi ile CNC tezgah seçim çalışması gerçekleştirmişlerdir. Wu vd. [11] ise bulanık VIKOR yöntemiyle 6 adet teknik kriterin kullanıldığı bir CNC tezgah seçimi çalışması sunmuşlardır. Literatürde yukarıdaki çalışmalardan farklı bir yönde, daha çok uzman sistem veya karar destek sistemi şeklinde ve ağırlıklı olarak bilgisayar uygulamalarıyla gerçekleştirilen çalışmalar da bulunmaktadır. Tabucanon vd. [12], Doğramacı [13], Gopalakrishnan vd. [14], Layek ve Lars [15] tarafından literatüre kazandırılan çalışmalarda, işleme merkezi seçimi için zeki karar destek sistemi/uzman sistemler geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda uzman görüşleri doğrultusunda ve pratik hayattan deneyimler ışığında önceden oluşturulmuş kural tabanlı sorularla karar vericiler yönlendirilmektedir. Geliştirilen bu bilgisayar uygulamalarında veri tabanında önceden belirlenmiş işleme

merkezleri arasından, işe uygun işleme merkezleri yöneltilen sorulara göre seçilebilmektedir. Ardından, çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak işe uygun işleme merkezleri arasında bir sıralama yapılmaktadır.

Bir seçim probleminde kriterlerin ağırlıklarının değişmesine rağmen aynı işleme merkezlerinin sürekli ilk sıralarda yer alması karar verici açısından olumsuz bir durumdur. Örneğin 3 vardiya çalışan bir savunma sanayiindeki işleme merkezinden beklentilerle (ısıya dayanıklı, hassas, gürbüz) bir atölyede günde 3-4 saat çalışacak işleme merkezinden kullanıcı beklentileri aynı olmamalıdır. Seçim yaklaşımın kullanıcıyı farklı işleme merkezlerinin seçimine götürmesi gerektiği halde seçim sonuçlarının kriter ağırlıklarına duyarlı hale getirilmediği takdirde aynı işleme merkezleri sıralamalarda önde yer alacaktır. Kriter ağırlıklarına duyarlı (hassas) bir seçim yaklaşımı oluşturmada modelde kullanılan kriter ve alternatif işleme merkezi sayısının azaltılmasının etkilerini incelemek bu çalışmanın hedefidir.

Bu çalışmada yapılacak uygulamada kullanılacak çok ölçütlü karar verme yöntemi literatürde en çok tercih edilen yöntemlerden birisi olan TOPSIS yöntemidir. Sıralama sonuçlarındaki farklılıkların analizi amacıyla da Spearman’ın sıra ilişkisi testi kullanılmıştır. TOPSIS yönteminin uygulama adımları ile ilgili olarak detaylı bilgiler [16] nolu kaynakta bulunmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde TOPSIS yöntemi kullanarak bir seçim modeli oluşturulmuş ve seçim modeli farklı durumlar için kriter ağırlıkları değiştirilerek denenmiştir. Üçüncü bölümde kriter ve işleme merkezi sayısının azaltılmasının işleme merkezi sıralamasının kriter ağırlıkları değişimlerinde duyarlılığına yönelik analizler sunulmuştur. Dördüncü ve son bölümde ise çalışmada elde edilen bulgular özetlenmiştir.

2. TOPSIS İLE İŞLEME MERKEZİ SEÇİMİNE YÖNELİK BİR MODELİN OLUŞTURULMASI (DEVELOPMENT OF A TOPSIS MODEL FOR MACHINING CENTER SELECTION PROBLEM)

Çalışmada işleme merkezlerinin TOPSIS yöntemi kullanarak seçilmesine yönelik olarak 7 farklı işleme merkezi markasına ait toplam 22 adet model kullanılmıştır. Bu modeller ve teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir [17-19]. Tablo 1 kullanılarak TOPSIS yöntemi için farklı kriter ağırlıkları ile 5 farklı durum (Durum 1-5) oluşturularak işleme merkezleri sıralanmış ve ardından sıralamalar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Durum 1-5 için kriter ağırlıkları Tablo 2’de ve yapılan hesaplama sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Sıralama sonuçlarının karşılaştırılması için iki farklı veri setinin birbiriyle ilişkisini ölçen bir istatistikî yöntem olan Spearman’ın Sıra İlişkisi testi [1, 20] kullanılmıştır. Yöntemin hesaplama formülasyonu Eşitlik 1-3 de sunulmuştur.

$$d^k = x^k - y^k, \quad k=1, \dots, K \quad (1)$$

Tablo 1. 22 farklı işleme merkezi için oluşturulan veri tablosu (Data table for 22 different machining centers)

Kriterler	Birim	A						B					
		A1-Y	A2-Y	A3-Y	A4-Y	A5-Y	A6-Y	A7-Y	B1-Y	B2-Y	B3-Y	B4-D	B5-D
Tabla alanı	mm ²	160.000	160.000	250.000	396.900	640.000	3.750.000	1.520.000	160.000	250.000	396.900	728.000	340.400
İş parçası ağırlığı	kg	300	400	500	1000	1500	5000	1400	400	800	1200	900	500
X Eksen	mm	560	560	710	800	1050	3200	1740	500	700	1000	1050	560
Y Eksen	mm	510	610	610	800	800	1400	760	610	800	800	560	460
Z Eksen	mm	630	560	660	880	880	585	660	560	700	810	460	460
İş mili devri	d/d	12.000	12.000	12.000	10.000	10.000	6.000	10.000	7.000	5.000	5.000	8.000	8.000
Güç	kW	22	22	30	37	37	26	15	15	20	20	11	11
Ani geri dönüş x,y,z	m/d	36	50	50	40	40	20	30	40	40	40	40	40
Takım sayısı	adet	40	40	40	40	40	30	30	30	40	40	20	20
Takım değiştirme süresi	sn	3,5	3	3,2	4,5	5	9,8	4,9	4	5,5	5,5	4	4,2
Maksimum takım çapı	mm	95	95	95	135	135	125	80	100	140	140	90	90
Maksimum takım boyu	mm	320	320	360	500	500	567	350	300	450	450	300	300
Konumlama	mm	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0025	0,005	0,004	0,004	0,004	0,001	0,001
Tekrarlama	mm	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,002	0,002
Makine ağırlığı	kg	7.200	9.400	10.200	18.000	19.000	27.000	10.500	10.000	21.000	24.000	7.300	6.000
Maliyet	€	224.000	258.000	281.714	396.286	469.286	485.143	155.714	226.000	280.000	307.000	148.400	118720
Bakım ve onarım	-	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3
Güvenilirlik	-	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Teslimat süresi	-	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8

Kriterler	Birim	C		D		E		F		G		
		C1-Y	C2-Y	D1-D	E1-Y	F1-D	F2-D	F3-D	G1-D	G2-D	G3-D	
Tabla alanı	mm ²	160.000	140.000	411.075	396.900	546.250	882.000	780.000	320.000	540.000	826.500	
İş parçası ağırlığı	kg	800	400	450	1260	500	1000	1000	350	600	1200	
X Eksen	mm	610	497	610	1000	1000	1300	1100	610	1020	1300	
Y Eksen	mm	450	449	405	630	500	610	610	500	510	635	
Z Eksen	mm	508	449	508	630	505	560	610	505	510	635	
İş mili devri	d/d	12.000	15.000	15.000	8.000	8.000	8.000	8.000	10.000	8.000	8.000	
Güç	kW	15	8,94	11	15	12	15	22	11	11	11	
Ani geri dönüş x,y,z	m/d	32	40	25	24	24	18	15	30	30	30	
Takım sayısı	adet	33	41	16	40	22	22	24	22	20	20	
Takım değiştirme süresi	sn	4	4	8	6	6,5	7,5	9,5	5	5	5	
Maksimum takım çapı	mm	95	100	100	100	160	220	220	89	89	89	
Maksimum takım boyu	mm	320	279	280	350	350	350	350	130	130	130	
Konumlama	mm	0,0051	0,00508	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	
Tekrarlama	mm	0,003	0,00203	0,0035	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	
Makine ağırlığı	kg	8.981	4.200	3.900	12.000	7.000	8.000	7.000	5.800	5.800	7.300	
Maliyet	€	144903	114.249	33.123	150.000	62.000	68.000	72.000	43.300	45.500	69.900	
Bakım ve onarım	-	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	
Güvenilirlik	-	7	7	6	3	3	3	3	4	4	4	
Teslimat süresi	-	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	

A-G:İşleme merkezi modeli; Y:Yatay işleme merkezi; D: Dikey işleme merkezi

$$r_s = 1 - \left\{ 6 \cdot \left[\sum_{k=1}^K \frac{(d^k)^2}{K \cdot (K^2 - 1)} \right] \right\} \quad (2)$$

$$Z = r_s \cdot \sqrt{K - 1} \quad (3)$$

Formüllerde; d^k : İki farklı veri setinin her bir elemanının arasındaki fark; K : Veri sayısı; Z : Test istatistiği olarak

tanımlanmaktadır. Spearman'ın sıra ilişkisi testinde Eş.(3)'te hesaplanan Z değerine göre karar verilir. Örneğin, Z değeri seçilen $\alpha = 0,05$ değeri için belirlenen $Z_{0,05} = 1,645$ 'den büyük ise iki veri setinin sıralama sonuçlarının birbirleriyle ilişkili olduğu kabul edilir (H_0 hipotezi ret edilir). Aksi takdirde sıralama sonuçlarının birbirleriyle ilişkili olduğu ret edilir (H_0 hipotezi kabul edilir) [20, 21]. Diğer taraftan sıralama sonuçlarının birbiriyle güçlü düzeyde ilişkili olduğu durumda r_s değere 1'e yakındır.

Tablo 2. 1-10 arasında Excel’de rassal sayı üretilerek oluşturulmuş beş farklı kriter ağırlık seti
(Five different criteria weight sets obtained by random number generation between 0-10 in Excel)

Kriterler	Kriter Ağırlıkları				
	Durum 1	Durum 2	Durum 3	Durum 4	Durum 5
Tabla	5*	8	1	9	5
İş parçası ağırlığı	3	1	10	3	4
X Ekseni	8	2	8	2	4
Y Ekseni	2	3	10	3	6
Z Ekseni	4	8	3	9	1
İş mili devri	2	9	9	10	6
Motor gücü	7	1	4	4	6
Ani geri dönüş x,y,z	4	9	1	3	7
Takım sayısı	8	7	8	7	6
Takım değiştirme	4	4	1	7	1
Mak. takım çapı	3	0	8	7	2
Mak. takım boyu	2	1	3	1	9
Konumlama	6	8	5	8	8
Tekrarlama	8	0	4	8	3
Makine ağırlığı	2	8	10	7	6
Bakım ve onarım	8	1	4	0	2
Güvenilirlik	8	5	1	3	8
Maliyet	8	10	4	5	1
Teslimat süresi	10	4	1	9	4

* MS Excel işlevlerinden olan “RASTGELEARADA” işlevi ile üretilmiştir.

Tablo 3. Beş farklı durum için sıralama sonuçları (Ranking results for three three different case studies)

İ/M	Puan	Sıra 1	Puan	Sıra 2	Puan	Sıra 3	Puan	Sıra 4	Puan	Sıra 5	1-2*									
											1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5	
FH4800	0,325	8	0,372	8	0,311	10	0,352	6	0,360	8	0	-2	2	0	-2	2	0	4	2	-2
FH5800	0,331	7	0,378	6	0,302	15	0,348	7	0,372	7	1	-8	0	0	-9	-1	-1	8	8	0
FH6000	0,361	5	0,382	5	0,308	12	0,357	4	0,395	5	0	-7	1	0	-7	1	0	8	7	-1
FH8800	0,389	4	0,329	16	0,302	16	0,347	8	0,418	3	-12	-12	-4	1	0	8	13	8	13	5
FJV 120	0,416	3	0,341	14	0,341	6	0,364	3	0,441	2	-11	-3	0	1	8	11	12	3	4	1
VTC300C	0,761	1	0,600	1	0,667	1	0,653	1	0,672	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA40HA	0,277	14	0,316	19	0,263	20	0,291	18	0,293	20	-5	-6	-4	-6	-1	1	-1	2	0	-2
MA50HB	0,311	10	0,253	22	0,235	22	0,264	21	0,318	14	-12	-12	-11	-4	0	1	8	1	8	7
MA60HB	0,335	6	0,255	21	0,259	21	0,276	20	0,327	13	-15	-15	-14	-7	0	1	8	1	8	7
MB56V	0,313	9	0,395	3	0,321	9	0,355	5	0,375	6	6	0	4	3	-6	-2	-3	4	3	-1
MB46VA	0,267	15	0,369	10	0,298	17	0,327	13	0,351	9	5	-2	2	6	-7	-3	1	4	8	4
HMC-400	0,207	21	0,323	18	0,294	19	0,282	19	0,294	19	3	2	2	2	-1	-1	-1	0	0	0
H-360	0,262	16	0,385	4	0,335	7	0,341	10	0,334	11	12	9	6	5	-3	-6	-7	-3	4	-1
VM15	0,146	22	0,373	7	0,324	8	0,310	14	0,311	15	15	14	8	7	-1	-7	-8	-6	-7	-1
HMC630	0,247	19	0,289	20	0,309	11	0,254	22	0,295	18	-1	8	-3	1	9	-2	2	-11	-7	4
FV1000A	0,248	18	0,324	17	0,305	14	0,299	17	0,300	17	1	4	1	1	3	0	0	-3	-3	0
FV1300	0,306	11	0,343	13	0,356	4	0,345	9	0,328	12	-2	7	2	-1	9	4	1	-5	-8	-3
V500	0,301	13	0,338	15	0,360	3	0,339	11	0,337	10	-2	10	2	3	12	4	5	-8	-7	1
VMC 600	0,226	20	0,343	12	0,294	18	0,301	16	0,277	22	8	2	4	-2	-6	-4	-10	2	-4	-6
VMC 1000	0,257	17	0,351	11	0,307	13	0,308	15	0,286	21	6	4	2	-4	-2	-4	-10	-2	-8	-6
VMC 1300	0,304	12	0,371	9	0,343	5	0,335	12	0,308	16	3	7	0	-4	4	-3	-7	-7	-11	-4
r _s											0,312	0,290	0,709	0,843	0,624	0,791	0,520	0,675	0,467	0,848
Z											1,431	1,327	3,247	3,863	2,859	3,625	2,383	3,092	2,140	3,884

* Sıra 1 ile Sıra 2'nin farkını ifade eder.

Kriter ağırlıkları değişmesine rağmen sürekli olarak ilk 2'de yer alan işleme merkezleri

Tablo 3 incelendiğinde Spearman test sonuçlarına göre sıralamaların çoğunluğunun birbiriyle güçlü derecede ilişkili olduğu görülmektedir. On ayrı sıralama karşılaştırmasından sadece ikisinde (1-2, ve 1-3 arasında) Z değerleri kritik 1,645 değerinin altındadır olduğundan istatistiksel olarak makine sıralamaları arasında bir farklılık oluşmuştur. Sekil ikili

karşılaştırma arasında ise makine sıralamaları arasında bir farklılık oluşmamıştır. Dolayısıyla, mevcut kriter ve işleme merkezi sayıları ile kriter ağırlıklarında olan farklılıklar makine sıralamalarında istatistiksel olarak önemli sayılacak bir farklılaşmaya yol açamamıştır. Bir sonraki bölümde kriter ve alternatif sayısının azaltılmasının alternatiflerin

sıralamasında istatistiksel olarak belirgin ölçüde farklılık yaratıp yaratmayacağı incelenecektir.

3. İŞLEME MERKEZİ VE KRİTER SAYILARININ AZALTILMASININ SIRALAMA SONUÇLARINA ETKİSİNİN ANALİZİ (ANALYSIS OF THE IMPACT OF DECREASING THE NUMBERS OF MACHINING CENTERS AND CRITERIA ON THE RANKING RESULTS)

3.1. İşleme merkezi sayısının azaltılmasının sıralama sonuçlarına etkisi

(Affect of decreasing the number of machining centers on the ranking results)

Bu bölümde ilk olarak işleme merkez sayısının azaltılmasının sıralama sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Bu inceleme için kriter sayısı azaltılmadan (Tablo 1’de verilen 19 kriterin tümü alınarak) işleme merkezi sayısı 8’e indirilmiştir. Bu çalışmada iki ayrı işleme merkezi seti

seçilmiştir. 22 işleme merkezi arasından kriter değerleri birbirinden uzak 8 işleme merkezi (kriter değerleri Tablo 4’te sunulmuştur) ilk set için seçilirken, kriter değerleri birbirine yakın 8 işleme merkezi (kriter değerleri Tablo 5’te sunulmuştur) ise ikinci seti oluşturulmuştur. Her set için, sette bulunan işleme merkezleri için Tablo 2’de verilen 1-10 arasında rassal sayı olarak oluşturulan 5 ayrı kriter ağırlık seti kullanılarak TOPSIS yöntemi ile 5 farklı sıralama (Şekil 1 ve Şekil 2) elde edilmiştir. Spearman testi sonuçlarından da gözlenebileceği üzere Set 1 için on adet ikili karşılaştırmanın altısında ve Set 2 için ise beşinde istatistiksel olarak sıralama farklılığı oluşmuştur. Tablo 3’te on adet ikili karşılaştırmanın sadece ikisinde farklılık bulunmaktaydı. Dolayısıyla makine sayısının azaltılması ile sıralama sonuçları kriter ağırlıklarında oluşan değişimler karşısında daha duyarlı hale gelmiştir. Elde edilen sonucu ortalama Z değerleri de desteklemektedir. Şekil 1 ve Şekil 2’de elde edilen Z değerlerinin ortalamaları Tablo 3’de verilen Z değerlerinin ortalamasından oldukça düşüktür.

Tablo 4. Set 1 de bulunan 8 işleme merkezinin 19 kriterde değerleri (Values of 8 machining centers of Set 1 at 19 criteria)

Kriterler	Birim	FH4000	HMC-400T32	FJV 120	FH6000	FV1000A	V500	VM15	HMC630
Tabla	mm ²	160.000	160.000	3.750.000	396.900	546.250	780.000	411.075	396.900
İş parçası ağırlığı	kg	300	800	5000	1000	500	1000	450	1260
X Ekseni	mm	560	610	3200	800	1000	1100	610	1000
Y Ekseni	mm	510	450	1400	800	500	610	405	630
Z Ekseni	mm	630	508	585	880	505	610	508	630
İş mili devri	d/d	12000	12000	6000	10000	8000	8000	15000	8000
Motor gücü	kW	22	15	26	37	12	22	11	15
Ani geri dönüş x,y,z	m/d	36	32	20	40	24	15	25	24
Takım sayısı	Adet	40	33	30	40	22	24	16	40
Takım değiştirme	sn	3,5	4	9,8	4,5	6,5	9,5	8	6
Mak. takım çapı	mm	95	95	125	135	160	220	100	100
Mak. takım boyu	mm	320	320	567	500	350	350	280	350
Konumlama	mm	0,002	0,00508	0,0025	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005
Tekrarlama	mm	0,0015	0,00305	0,001	0,0015	0,002	0,002	0,0035	0,003
Makine ağırlığı	kg	7200	8981	27000	18000	7000	7000	3900	12000
Bakım ve onarım	-	3	5	4	4	6	5	5	6
Güvenilirlik	-	8	7	8	8	3	3	6	3
Maliyet	€	224.000	144.903	485.143	396.286	62.000	72.000	33.123	150.000
Teslimat süresi	-	9	2	9	9	3	3	2	2

Tablo 5. Set 2 de bulunan 8 işleme merkezinin 19 kriterde değerleri (Values of 8 machining centers of Set 2 at 19 criteria)

Özellikler	Birim	VMC 600	VMC 1000	VMC 1300	FV1000A	FV1300	V500	VM15	HMC630
Tabla	mm ²	320.000	540.000	826.500	546.250	882.000	780.000	411.075	396.900
İş parçası ağırlığı	kg	350	600	1200	500	1000	1000	450	1260
X Ekseni	mm	610	1020	1300	1000	1300	1100	610	1000
Y Ekseni	mm	500	510	635	500	610	610	405	630
Z Ekseni	mm	505	510	635	505	560	610	508	630
İş mili devri	d/d	10000	8000	8000	8000	8000	8000	15000	8000
Motor gücü	kW	11	11	11	12	15	22	11	15
Ani geri dönüş x,y,z	m/d	30	30	30	24	18	15	25	24
Takım sayısı	Adet	22	20	20	22	22	24	16	40
Takım değiştirme süresi	sn	5	5	5	6,5	7,5	9,5	8	6
Mak. takım çapı	mm	89	89	89	160	220	220	100	100
Mak. takım boyu	mm	130	130	130	350	350	350	280	350
Konumlama	mm	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Tekrarlama	mm	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0035	0,003
Makine ağırlığı	kg	5800	5800	7300	7000	8000	7000	3900	12000
Bakım ve onarım	-	6	6	6	6	6	6	5	6
Güvenilirlik	-	4	4	4	3	3	3	6	3
Maliyet	€	43.300	45.500	69.900	62.000	68.000	72.000	33.123	150.000
Teslimat süresi	-	4	4	4	3	3	3	2	2

I/M	Sıralama 1	Sıralama 2	Sıralama 3	Sıralama 4	Sıralama 5
FH4000	3	2	4	2	3
HMC-400T32	7	5	7	7	6
FJV 120	1	1	1	1	1
FH6000	2	4	8	3	2
FV1000A	6	7	5	6	8
V500	4	6	2	4	4
VM15	8	3	3	5	5
HMC630	5	8	6	8	7

I/M	1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
FH4000	1	-1	1	0	-2	0	-1	2	1	-1
HMC-400T32	2	0	-2	1	-2	-2	-1	0	1	1
FJV 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FH6000	-2	-6	-4	0	-4	1	2	5	6	1
FV1000A	-1	1	2	-2	2	1	-1	-1	-3	-2
V500	-2	2	4	0	4	2	2	-2	-2	0
VM15	5	5	0	3	0	-2	-2	-2	-2	0
HMC630	-3	-1	2	-2	2	0	1	-2	-1	1
r_s	0,429	0,190	0,464	0,786	0,429	0,833	0,810	0,500	0,333	0,905
Z	1,134	0,504	1,228	2,079	1,134	2,205	2,142	1,323	0,882	2,394

Şekil 1. Set 1 de verilen işleme merkezleri için 5 ayrı durum için elde edilen sıralama sonuçları ve Spearman test sonuçları
(Five different rankings for the machining centers of Set 1 and Spearman test results)

I/M	Sıralama 1	Sıralama 2	Sıralama 3	Sıralama 4	Sıralama 5
VMC 600	7	8	4	8	7
VMC 1000	5	7	3	7	6
VMC 1300	4	5	2	3	4
FV1000A	6	4	7	6	5
FV1300	2	3	5	2	1
V500	1	1	6	1	3
VM15	8	6	1	5	8
HMC630	3	2	8	4	2

I/M	1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
VMC 600	-1	3	-1	0	4	0	1	-4	-3	1
VMC 1000	-2	2	4	-1	4	0	1	-4	-3	1
VMC 1300	-1	2	3	0	3	2	1	-1	-2	-1
FV1000A	2	-1	-3	1	-3	-2	-1	1	2	1
FV1300	-1	-3	-2	1	-2	1	2	3	4	1
V500	0	-5	-5	-2	-5	0	-2	5	3	-2
VM15	2	7	5	0	5	1	-2	-4	-7	-3
HMC630	1	-5	-6	1	-6	-2	0	4	6	2
r_s	0,810	-0,500	-0,488	0,905	-0,667	0,833	0,810	-0,190	-0,619	0,738
Z	2,142	-1,323	-1,291	2,394	-1,764	2,205	2,142	-0,504	-1,638	1,953

Şekil 2. Set 2 de verilen işleme merkezleri için oluşan 5 ayrı sıralama ve Spearman test sonuçları
(Five different rankings for the machining centers of Set 2 and Spearman test results)

3.2. Kriter sayısının azaltılmasının sıralama sonuçlarına etkisi (Affect of decreasing the number of criteria on the ranking results)

Çalışmanın bu aşamasında ise kriter sayısının azaltılmasının sıralama sonuçları üzerindeki etkisi incelenecektir. ÇKKV yöntemlerinde kriterlerin normalize edilmiş ağırlıklarının toplamı 1'e eşit olmalıdır. ÇKKV yöntemi uygulamasında, her bir kriterin değerinin normalize edilmiş değeri ile ağırlığının çarpımları toplanarak sıralama sonuçları elde edilmektedir. Kriter sayısı arttıkça her bir kriter ağırlığının ve kriter değerinin normalize değerlerinin çarpımının büyüklüğü azalacaktır. Örneğin ağırlıkları birbirine eşit 10 kriter için her bir kriterin normalize değeri 0,1 olacaktır. Bir işleme merkezinin kriter notlarının birbirine eşit ve 5 alınırsa kriter değerinin normalize değeri $5/(5 \times 10) = 0,1$ ve

işleme merkezi sıralama notuna katkısı ise $0,01 (= 0,1 \times 0,1)$ olacaktır. Aynı hesaplama için 10 kriter yerine 5 kriter alınırsa işleme merkezinin sıralama notuna katkısı ise $0,04 (= 0,2 \times 0,2)$ olmaktadır. Bu örnekten görüleceği gibi kriter sayısının azaltılması ile kriter ağırlığının işleme merkezlerinin sıralama puanına etkisi daha yüksek olması beklenmelidir. Tablo 6'da 22 adet işleme merkezinin 9 kriterle sıralama sonuçlarının 5 farklı durumda (Tablo 2'deki kriter seti kullanılarak) incelenme sonuçları sunulmaktadır.

Ancak Tablo 6'ya bakıldığında sıralama sonuçları arasında istatistiksel olarak bir farklılık oluşmamıştır. Bunun temel nedeni işleme merkezi sayısının oldukça yüksek bir sayı olan 22 olması ve 22 işleme merkezi arasında kriter değerlerinin birbirine çok yakın olan işleme merkezlerinin bulunmasıdır.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında 9 kriterle her birinde 8'er işleme merkezi bulunan Set 1 ve Set 2 için elde edilen sıralama sonuçları incelenecektir. Kriter sayısı 9 kritere


indirilerek Set 1 ve Set 2'deki işleme merkezleri kullanılarak 5 farklı kriter ağırlık durumu için yapılan sıralama ve Spearman test sonuçları Şekil 3 ve Şekil 4'te sunulmaktadır.

Tablo 6. 22 işleme merkezi ve 9 kriter için 5 ayrı ağırlık setiyle sıralama (Sorting with 22 machining centers and 5 separate weight sets for 9 criteria)

İ/M	Puan	Sıra 1	Puan	Sıra 2	Puan	Sıra 3	Puan	Sıra 4	Puan	Sıra 5	1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
FH4000	0,494	2	0,335	5	0,292	4	0,338	3	0,485	2	-3	-2	-1	0	1	2	3	1	2	1
FH4800	0,351	4	0,339	4	0,225	7	0,287	6	0,384	4	0	-3	-2	0	-3	-2	0	1	3	2
FH5800	0,349	5	0,342	3	0,230	6	0,290	5	0,382	5	2	-1	0	0	-3	-2	-2	1	1	0
FH6000	0,304	7	0,318	9	0,240	5	0,270	8	0,338	7	-2	2	-1	0	4	1	2	-3	-2	1
FH8800	0,327	6	0,333	6	0,306	3	0,296	4	0,356	6	0	3	2	0	3	2	0	-1	-3	-2
FJV 120	0,604	1	0,694	1	0,748	1	0,724	1	0,602	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VTC 300C	0,458	3	0,456	2	0,327	2	0,416	2	0,466	3	1	1	1	0	0	0	-1	0	-1	-1
MA40 HA	0,229	9	0,287	12	0,140	18	0,202	15	0,290	8	-3	-9	-6	1	-6	-3	4	3	10	7
MA50 HB	0,189	14	0,256	18	0,158	17	0,187	19	0,246	14	-4	-3	-5	0	1	-1	4	-2	3	5
MA60 HB	0,213	12	0,267	17	0,218	8	0,201	16	0,260	12	-5	4	-4	0	9	1	5	-8	-4	4
MB56V	0,236	8	0,332	7	0,171	16	0,270	7	0,281	10	1	-8	1	-2	-9	0	-3	9	6	-3
MB46VA	0,199	13	0,290	11	0,122	22	0,230	12	0,249	13	2	-9	1	0	-11	-1	-2	10	9	-1
HMC-400T32	0,142	21	0,267	16	0,178	15	0,178	21	0,231	18	5	6	0	3	1	-5	-2	-6	-3	3
H-360	0,189	15	0,319	8	0,213	10	0,249	9	0,285	9	7	5	6	6	-2	-1	-1	1	1	0
VM15	0,093	22	0,244	19	0,198	12	0,225	13	0,182	22	3	10	9	0	7	6	-3	-1	-10	-9
HMC630	0,154	20	0,195	22	0,204	11	0,131	22	0,190	21	-2	9	-2	-1	11	0	1	-11	-10	1
FV1000A	0,161	19	0,241	20	0,125	21	0,184	20	0,212	19	-1	-2	-1	0	-1	0	1	1	2	1
FV1300	0,217	10	0,270	15	0,193	13	0,237	10	0,244	15	-5	-3	0	-5	2	5	0	3	-2	-5
V500	0,180	16	0,232	21	0,183	14	0,215	14	0,208	20	-5	2	2	-4	7	7	1	0	-6	-6
VMC600	0,161	18	0,270	14	0,137	19	0,194	18	0,235	17	4	-1	0	1	-5	-4	-3	1	2	1
VMC1000	0,178	17	0,275	13	0,134	20	0,194	17	0,239	16	4	-3	0	1	-7	-4	-3	3	4	1
VMC1300	0,216	11	0,311	10	0,218	9	0,237	11	0,265	11	1	2	0	0	1	-1	-1	-2	-2	0
r _s											0,862	0,688	0,878	0,947	0,623	0,888	0,930	0,744	0,691	0,850
Z											3,951	3,154	4,024	4,339	2,854	4,070	4,262	3,408	3,165	3,894

Kriter ağırlıkları değişmesine rağmen sürekli olarak ilk 2'de yer alan işleme merkezleri
Kriter ağırlıkları değişmesine rağmen sürekli olarak ilk 5'te yer alan işleme merkezleri


İ/M	Sıralama 1	Sıralama 2	Sıralama 3	Sıralama 4	Sıralama 5
VMC 600	6	4	5	7	7
VMC 1000	3	2	2	6	6
VMC 1300	1	1	4	1	3
FV1000A	7	6	7	8	8
FV1300	2	5	6	4	4
V500	4	7	3	5	2
VM15	5	8	1	3	1
HMC630	8	3	8	2	5



İ/M	1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
VMC 600	2	1	-1	-1	-1	-3	-3	-2	-2	0
VMC 1000	1	1	0	-3	0	-4	-4	-4	-4	0
VMC 1300	0	-3	-3	-2	-3	0	-2	3	1	-2
FV1000A	1	0	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	0
FV1300	-3	-4	-1	-2	-1	1	1	2	2	0
V500	-3	1	4	2	4	2	5	-2	1	3
VM15	-3	4	7	4	7	5	7	-2	0	2
HMC630	5	0	-5	3	-5	1	-2	6	3	-3
r _s	0,310	0,476	-0,214	0,429	-0,214	0,286	-0,333	0,071	0,571	0,690
Z	0,819	1,260	-0,567	1,134	-0,567	0,756	-0,882	0,189	1,512	1,827

Şekil 3. Set 1 işleme merkezlerinin sıralama sonuçları (Ranking results of the machining centers of Set 1)

İ/M	Sıralama 1	Sıralama 2	Sıralama 3	Sıralama 4	Sıralama 5
FH4000	2	2	2	2	2
FH6000	3	3	3	3	3
FJV 120	1	1	1	1	1
HMC-400T32	7	4	6	6	4
VMI5	8	5	4	4	7
HMC630	6	8	5	8	8
FV1000A	5	6	8	7	5
V500	4	7	7	5	6



İ/M	1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
FH4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FH6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FJV 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HMC-400T32	3	1	1	3	-2	-2	0	0	2	2
VMI5	3	4	4	1	1	1	-2	0	-3	-3
HMC630	-2	1	-2	-2	3	0	0	-3	-3	0
FV1000A	-1	-3	-2	0	-2	-1	1	1	3	2
V500	-3	-3	-1	-2	0	2	1	2	1	-1
r_i	0,619	0,571	0,690	0,786	0,786	0,881	0,929	0,833	0,619	0,786
Z	1,638	1,512	1,827	2,079	2,079	2,331	2,457	2,205	1,638	2,079

Şekil 4. Set 2 işleme merkezlerinin sıralama sonuçları (Ranking results of the machining centers of Set 2)

Şekil 3 de verilen Spearman testi sonuçlarından da gözlenebileceği üzere Set 1 için on adet ikili karşılaştırmanın dokuzunda istatistiksel olarak farklılık oluşmuştur. Ancak Set 2 için ise sadece üçünde istatistiksel olarak sıralama farklılığı oluşmuştur (Şekil 4). Burada kriter değerleri birbirinden ayrı 8 işleme merkezi için azaltılmış sayıda kriter ağırlıklarındaki değişimlerin sıralama sonuçlarına etkisi istatistiksel olarak ta net bir şekilde görülmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Literatürde işleme merkezlerinin seçiminde ÇKKV yöntemleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat işleme merkezlerinin katalog bilgilerinin birbirine çok yakın olması bu yöntemlerle yapılan analizlerle sağlıklı sonuç alma açısından bir dezavantaj yaratmaktadır. Kriter değerleri birbirine yakın alternatif işleme merkezlerinin sıralama sonuçlarında kriter ağırlıklarındaki değişiklikler istatistiksel olarak önemli farklılık oluşturamama sonucunu doğurmaktadır. İşleme merkezlerinin seçim problemine yönelik olarak kriter ağırlıklarına duyarlı bir model geliştirmeye yönelik olarak bu çalışmada yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özet olarak maddeler halinde sıralanmıştır:

TOPSIS yöntemiyle 22 adet işleme merkezi için 19 adet kriter kullanılarak 5 farklı kriter ağırlık durumu kullanılarak işleme merkezleri sıralama puanlar hesaplanmıştır. Hesaplanan puanların ve sıralamaların birbirine çok yakın çıktığı görülmüştür. İstatistiksel olarak ikili sıralama karşılaştırmaları kullanarak Spearman'ın sıra ilişkisi testi ile analiz edilmiştir. Test sonuçlarına göre mevcut kriter ve işleme merkezi sayılarına göre oluşturulan seçim modeli kriter ağırlıklarına duyarlı olamamıştır.

Modelin kullanım sırasında duyarlılığını artırmak için kriter ve işleme merkezi sayısı aşağıda verildiği şekliyle azaltılma yoluna gidilmiştir:

- İlk olarak mevcut kriter sayısı değiştirilmeden alternatif işleme merkezi sayısı 8'e düşürülmüştür. İşleme merkezlerinin seçiminde kriter değerleri birbirinden oldukça farklı ve nispeten yakın alınarak iki ayrı işleme merkezi seti oluşturulmuştur. Elde edilen sıralama sonuçlarına göre makine sayısının azaltılması ile seçim modeli kriter ağırlıklarına çok daha duyarlı hale gelmiştir.
- Çalışmanın ikinci aşamasında 22 adet işleme merkezi için kriter sayısı azaltıldığında seçim modelinde istatistiksel olarak makine sayısının azaltılması durumundaki kadar duyarlılık elde edilememiştir.
- Çalışmanın son aşamasında ise kriter sayısı ile işleme merkezi sayısı azaltılarak elde edilen sıralamalar incelendiğinde işleme merkezlerinin kriter değerleri birbirinden uzaklaştıkça seçim modelin duyarlılığının arttığı görülmektedir.

Yapılan çalışma kriter ağırlıklarına duyarlı bir işleme merkezi seçim modeli oluşturabilmek için kriter ve özellikle alternatif işleme merkezi sayısının azaltılmasının önemini göstermektedir. Ayrıca işleme merkezlerin kriter değerlerinden birbirinden farklı (ayrık) olması da duyarlılığı artıran bir unsurdur.

Sonuç olarak; bu çalışmada bir işleme merkezi seçimi çalışmasında katologlarda yer alan tüm verileri ve işleme merkezi alternatiflerini TOPSIS yöntemine aktararak bir sıralama yapmanın, farklı ihtiyaçlara göre yapılacak sıralamalar için sonuçlar açısından hangi sakıncaları taşıyabileceği ve kriter ağırlıklarına duyarlı bir sıralamanın nasıl oluşturulabileceği konusu üzerinde durulmuştur.

Dolayısıyla çalışma mümkün oranda az kriter sayısı ve kriter değerleri birbirinden farklı olan alternatiflerin TOPSIS modelinde yer alması gerektiğine dikkat çekmektedir. Bu sayede kriter ağırlıkları değiştiğinde sıralama sonuçları arasındaki farklılık artmakta ve farklı ihtiyaçlar için en uygun alternatifler seçilebilmektedir. Tersî durumda ise kriter ağırlıkları değişse de, sıralamada üst sıralarda hep aynı (kriter değerleri diğer alternatiflerden üstün ve birbirine yakın) işleme merkezleri yer almaktadır.

Çalışmamız “mesafe bazlı ÇKKV/distance-based MCDM” yöntemlerinden olan TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. TOPSIS yöntemi alternatifleri negatif ideal çözüme daha uzak, pozitif ideal çözüme daha yakın olan alternatifleri daha ön sıralarda olacak şekilde sıralamayı temel alan bir yöntemdir. İleriki dönemlerde yapılacak çalışmalarda makelede araştırılan hususlar diğer mesafe bazlı ÇKKV yöntemleri olan Gri İlişkisel Analiz (GİA) ve VİKOR yöntemleri ile tekrarlanabilir. VİKOR yönteminin uzlaşma parametresi “v” ve GİA yöntemindeki ayırım katsayısı “ξ” her iki yöntemin “uzlaşık çözüm” ve “gri sistem teorisi” felsefelerine uygun olarak 0,5 alınarak sıralama sonuçları elde edilmektedir [22-26]. Bu katsayılar 0 ila 1 arasında değer alabilmektedir. Dolayısıyla katsayıların farklı değerlerini de dikkate alan ve sonuçları TOPSIS yöntemiyle karşılaştıran bir çalışma önümüzdeki dönemin bir araştırma konusu olabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yurdakul, M., İÇ, Y.T., Application of correlation test to criteria selection for multi criteria decision making (MCDM) models, *Int J Adv Manuf Technol* 40, 403, 2009.
2. İÇ, Y. T., Yurdakul, M., Development of a decision support system for machining center selection, *Expert systems with Applications*, 36 (2),3505-3513, 2009.
3. Wang T.Y., Shaw C-F., Chen Y.-L., Machine selection in flexible manufacturing cell: a fuzzy multiple attribute decision making approach, *Int J Prod Res* 38 (9), 2079–2097, 2000.
4. Arslan M.C., Catay B., Budak E. Decision support system for machine tool selection. In: Baykasoglu A, Dereli T (eds.) *Proc ICRM–2002, 2nd International Conference on Responsive Manufacturing*, University of Gaziantep, Turkey, 752–757, 2002
5. Çimren E., Budak E., Çatay B., Development of a machine tool selection system using analytic hierarchy process. In: Teti R (ed.), *Proc of the 4th CIRP International Seminar on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, Sorrento, Italy, 193–198, 2004.
6. Lin Z-C., Yang C-B. Evaluation of machine selection by the AHP method, *J Mater Proc Technol* 57, 253–258, 1996.
7. Oeltjenbruns H., Kolarik W.J., Schnadt-Kirschner R., Strategic planning in manufacturing systems- AHP application to an equipment replacement decision. *Int J Prod Econ* 38, 189–197, 1995.
8. Yurdakul M., AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection, *J Mater Proc Tech*, 146, 365–376, 2004.
9. Nguyen, H-T., Dawal, S.Z.M., Nukman, Y., Aoyama, H., A hybrid approach for fuzzy multi-attribute decision making in machine tool selection with consideration of the interactions of attributes, *Expert Systems with Applications* 4, 3078–3090, 2014.
10. Camci, A., Temur, G.T., Beskese, A., CNC router selection for SMEs in woodwork manufacturing using hesitant fuzzy AHP method, *Journal of Enterprise Information Management*, 31 (4), 529-549, 2018.
11. Wu, Z., Ahmad, J., Xu, J., A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information, *Applied Soft Computing* 42, 314–324, 2016.
12. Tabucanon M.T., Batanov D.N., Verma D.K., Intelligent decision support system (DSS) for the selection process of alternative machines for flexible manufacturing systems (FMS), *Comput Ind* 25, 131–143, 1994.
13. Doğramacı T., Developing an expert system for selecting s CNC machining center. M.S. Thesis, Gazi Institute of Science and Technology, Ankara, 2005.
14. Gopalakrishnan B., Yoshii T., Dappili S.M., Decision support system for machining center selection, *J Manuf Technol Manag*, 15 (2), 144–154, 2004.
15. Layek A-M., Lars J.R., Algorithm based decision support system for the concerted selection of equipment in machining/assembly cells, *Int J Prod Res*, 38 (2),323–339, 2000.
16. Sen P., and Yang, J.-B., Multiple criteria decision support in engineering design, Springer-Verlag London Limited, London, Great Britain, 1998.
17. www.mmsonline.com/articles - “Single-spindle productivity” by Mark Albert
18. 10. Uluslararası Metal İşlem ve Teknolojileri Fuarı-TATEF 2004. 21-26 Eylül 2004, İstanbul. (Mori Seiki Corp Kataloğu).
19. Uluslararası Metal İşlem ve Teknolojileri Fuarı-TATEF 2004. 21-26 Eylül 2004, İstanbul. (Mazak, Mori Seiki, Matsuura, Okuma, Delta Seiki Corp. Katalogları).
20. Parkan C., Wu, M-L., Decision making and performance measurement models with applications to robot selection, *Computers&Industrial Engineering*, 36, 503-523, 1999.
21. İÇ Y.T., Yurdakul M., A decision support system for selection of machining centers, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23 (1), 85-95, 2008.
22. Yalcin, N., Bayrakdaroglu, A., ve Kahraman, C., Application of fuzzy multi-criteria decision making methods for financial performance evaluation of turkish manufacturing industries, *Expert Systems with Applications*, 39, 350–364, 2012.
23. Opricovic, S., Tzeng, G.H., Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455, 2004.

24. İç Y.T., Tekin M., Pamukoğlu F., Yıldırım, S.E., Development of a financial performance benchmarking model for corporate firms, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (1), 171-85, 2015.
25. İç Y.T., Yıldırım, S., Improvement of a product design using multi criteria decision making methods with Taguchi method, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 27 (2) 447-458, 2012.
26. Balcı A, Yurdakul, M., İç, Y.T., Development of a decision support system to select materials for pressure vessels, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33 (1), 115-125, 2018.

