

İŞLEME MERKEZİ SEÇİMİNE YÖNELİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yusuf Tansel İÇ ve Mustafa YURDAKUL

Ticari -Kurumsal Krediler Daire Başkanlığı, T.C. Ziraat Bankası A.Ş., 06107, Altındağ, Ankara
Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06570, Maltepe, Ankara
ytic@ziraatbank.com.tr, yurdakul@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 13.02.2007; Kabul/Accepted: 09.10.2007)

ÖZET

Günümüz rekabet koşulları imalat firmalarını daha kaliteli, daha esnek ve daha hızlı üretime zorlamaktadır. İşleme merkezleri günümüzde sürekli değişen pazar koşullarına uyum sağlayabilmek ve artan ürün çeşitliliğini karşılamak zorunda kalan imalat sistemlerinin önemli bir parçası olmuştur. Ancak model ve çeşitlilik açısından oldukça geniş bir yelpazeye sahip olan işleme merkezleri arasından seçim yapabilmek oldukça karmaşık fakat önemli bir karar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada işleme merkezlerinin seçimine yönelik Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği (TOPSIS) yöntemlerinin bulanık mantıkla uygulandığı bir karar destek sistemi (İMSEÇ) geliştirilmiştir. Program içerisinde veri tabanından aday tezgahları belirleyen ön eleme soruları tanımlanan işe uygun aday işleme merkezlerini belirlerken, Bulanık ÇKKV yöntemleri işleme merkezlerinin kendi aralarında sıralanmasını gerçekleştirmektedir. Esnek bir yapıda oluşturulan İMSEÇ, kullanıcıya kriter ağırlıklarını bulanık olarak verebilme ve kriterlerin ağırlıklandırılmasında ise imalat sisteminin üretim tipine göre detaylı kriter ağırlıklandırma sürecini takip ederek (Bulanık AHS) veya kriter ağırlıklarını direkt olarak programa girerek (Bulanık TOPSIS) işleme merkezi seçme imkanını sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İşleme merkezi seçimi, karar destek sistemleri, çok kriterli karar verme yöntemleri, bulanık TOPSIS, bulanık AHS.

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SELECTION OF MACHINING CENTERS

ABSTRACT

The competitive environment forces manufacturing companies to produce cheaper products with higher qualities and to be more responsive to the needs of the customers along with reducing the lead times, all at the same time. The machining centers are key resources for manufacturing companies which are facing the described fierce competitive environment. However, selecting the most appropriate machining center among the available wide range of types and models is a difficult but very important decision for a manufacturing company. In this study, a Decision Support System (DSS) is developed using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) and Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS), which are extended versions of Multi-Criteria Decision Making approaches. Furthermore, to select the feasible set of machining centers which FAHP and FTOPSIS rank, fifteen questions are placed in the elimination (pre-selection) module of the developed DSS. The developed structure of the DSS has a flexible structure providing the user the opportunity of weighting the criteria as fuzzy or crisp numbers. The DSS is designed such that the user can use FAHP if he or she wants a detailed weighting of hierarchically structured criteria or prefer FTOPSIS if he or she prefers a faster individual weighting of criteria.

Keywords: Machining center selection, decision support systems, multi criteria decision making models, fuzzy TOPSIS, fuzzy AHP.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İşleme merkezi; iş parçasının farklı yüzeylerinde,

değişik yönlerde, birbirinden farklı operasyonların yapılmasına imkan veren bilgisayar kontrollü bir takım tezgahıdır [1]. İşleme merkezleri birbirinden

farklı iş parçalarının aynı makinede daha kısa sürede, istenen boyutsal tamlıkta ve istenen toleranslarda işlenmesine imkan verir. İşleme merkezleri 3-5 farklı eksenle doğrusal ve açılabilir hareket ve otomatik kesici takım değiştirme kabiliyetleri sayesinde daha önceden farklı tezgahlarda yapılan çok sayıda işlemin tek bir tezgahta yapılmasına olanak sağlar [1,2].

Ancak imalat sistemlerine önemli faydalar sağlayan işleme merkezlerinin seçimi yeterince araştırılmış bir problem değildir. Çok sayıda işleme merkezi markası ve modelinin satılması, ayrıca işleme merkezlerinin birbirinden farklı hız, tabla boyutu, eksen boyutu, hassasiyet, güç vb özelliklere sahip olması imalat sistemine uygun işleme merkezinin seçimini zorlaştırmaktadır. Öte yandan bazı durumlarda farklı ülkelerden ithal edilen işleme merkezlerinin neredeyse aynı özelliklere sahip oldukları görülmektedir.

Alternatif marka ve model çeşitliliğinin çok fazla olması 3 eksenli işleme merkezlerinin seçiminde karar verme sürecini daha da zorlaştırmakta ve desteğe ihtiyaç doğurmaktadır. Bu çalışmada bu ihtiyacı gidermeye yönelik olarak 3 eksenli işleme merkezlerinin seçilmesine yönelik bir karar destek sisteminin (İMSEÇ) oluşturulması hedeflenmiştir.

Çalışmada ortaya konan karar destek sistemi; veri tabanına yerleştirilen 164 adet işleme merkezi arasından seçim yapmak üzere aday işleme merkezlerini ön eleme bölümünde yöneltilen sorulara göre tespit etmektedir. Ardından bulanık mantıkla birleştirilen AHS ve TOPSIS yöntemiyle kriter ağırlıklarına göre en iyiden en kötüye doğru aday işleme merkezleri sıralanarak nihai seçim gerçekleştirilmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE SURVEY)

Bu bölümde literatürde işleme merkezlerinin seçimine yönelik olarak yapılan çalışmalara değinilmektedir. Bu çalışmalardan bir tanesi, Arslan [3] tarafından hazırlanan yüksek lisans tezidir. Arslan'ın yüksek lisans tezinin temeli, karar verme yöntemi olarak Çok Ölçütlü Ağırlıklı Ortalama yöntemini kullanan ve veri tabanından ihtiyaçlar doğrultusunda en uygun işleme merkezlerinin seçimini sağlayan bir veri tabanı algoritmasının yönetimine dayanmaktadır. Ön eleme sonucu veri tabanından belirlenen aday işleme merkezleri Çok Ölçütlü Ağırlıklı Ortalama yöntemiyle kriter ağırlıkları doğrultusunda sıralanmaktadır.

Literatürde AHS yöntemini kullanan diğer işleme merkezi seçim çalışmaları Lin ve Yang [4], Oeltjenbruns ve diğerleri [5], Çimren ve diğerleri [6,7] ve Yurdakul [8] tarafından gerçekleştirilmiştir. Yurdakul, diğer çalışmalardan farklı olarak imalat stratejileri ile alternatif işleme merkezlerinin özellikleri arasında ilişki kurarak seçim gerçekleştiren bir çalışma ortaya koymuştur. İşleme merkezi seçimini

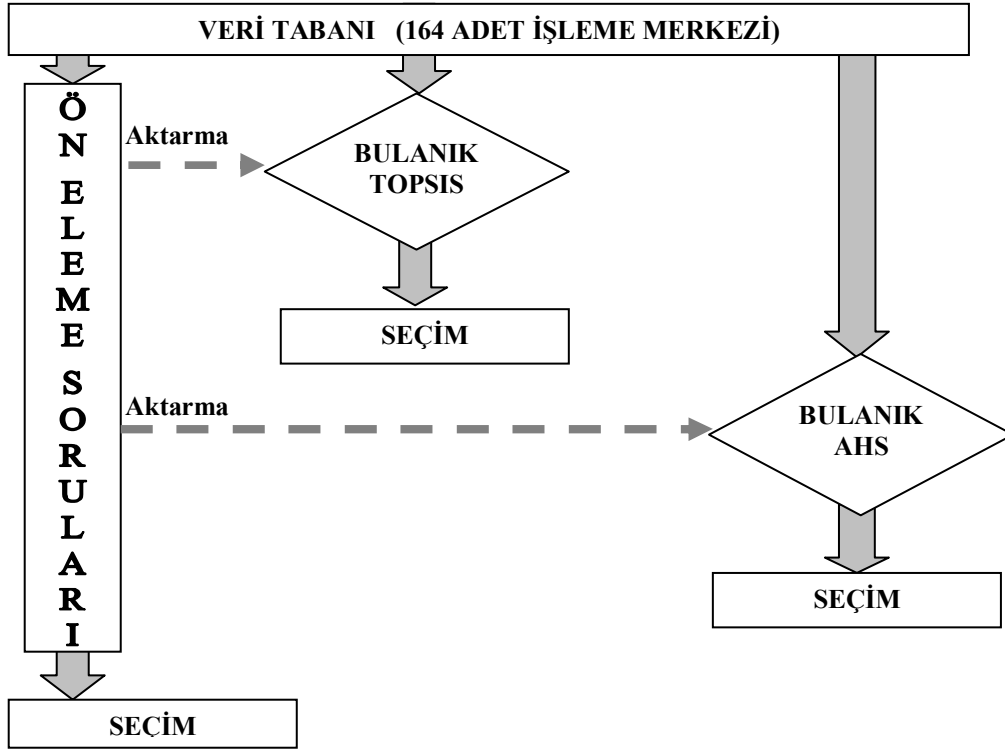
stratejik bir yaklaşımla irdeleyen çalışma, bu özelliği ile literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Literatürde Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin (BAHS) farklı alanlarda uygulandığı görülmektedir. Chan ve diğerleri BAHS yöntemi ile teknoloji seçimi gerçekleştirilmiştir [9]. Cheng ve Lin ise BAHS yöntemini kullanarak askeri tankların derecelendirildiği bir çalışma gerçekleştirmiştir [10]. Bununla birlikte Lee ve diğerleri BAHS yöntemi ile modüler ürün tasarımı geliştirmişlerdir [11]. Chen ise çalışmasında lojistik dağıtım merkezlerinin dış performans değerlendirmesini yapmıştır [12]. Diğer taraftan Pegero ve Rangone, BAHS yöntemini kullanarak İleri İmalat Teknolojileri (İİT) seçimine yönelik bir çalışma geliştirmişlerdir [13]. Bunlara ilave olarak Jiang ve Hsu imalat proseslerinin değerlendirildiği bir BAHS modeli ortaya koymuştur [14].

Öte yandan yine literatürde TOPSIS [15-18] ve Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemlerinin değişik seçim çalışmalarında yaygın olarak kullanımına rastlanmaktadır. Örneğin Chu ve Lin robot seçimine yönelik olarak bir BTOPSIS uygulaması gerçekleştirmiştir [19]. Ayrıca Byun ve Lee, bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak hızlı prototipleme süreci seçimi için bir karar destek sistemi geliştirmiştir [20]. Bunlara ilaveten Chen, grup karar verme işleminde bulanık TOPSIS metodunu açıklayan bir çalışma ortaya koymuştur [21].

Gerek BAHS, gerekse TOPSIS ve BTOPSIS yöntemlerinin kullanıldığı bir işleme merkezi seçimi çalışmasına literatürde rastlanamamıştır. Bu yöntemlerin özellikle kriter ağırlıklandırma işleminde avantajları bulunmaktadır. İşleme merkezi seçiminde kriter ağırlık puanlarının bulanık sayılarla ifade edilmesi kullanıcıya avantaj sağlayacaktır.

Literatürde uzman sistem yaklaşımı ile işleme merkezi seçimi yapan çalışmalar da bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi Doğramacı tarafından hazırlanan yüksek lisans tezidir [22]. Tezin pratik uygulamaları yansıtması literatüre yaptığı katkı açısından önem arz etmektedir. Uzman sistemle işleme merkezi seçimine yönelik diğer bir çalışma Gopalakrishnan ve diğerleri tarafından gerçekleştirilmiştir [23]. Çalışma Visual Basic diliyle yazılmış bir veri tabanı sorgulama sistemiyle oluşturulmuştur. Uzman sistem yaklaşımını içeren diğer bir çalışma Layek ve Lars tarafından geliştirilen ve imalat veya montaj hatlarında kullanılacak, "robot" veya "işleme merkezi ve robot birlikte" seçebilmeyi hedefleyen, aynı zamanda optimizasyon işlemi de yapabilen bir karar destek sistemidir [24]. Diğer taraftan takım tezgahı seçimini yukarıdaki uzman sistem çalışmalarına benzer şekilde bir yazılım geliştirmek suretiyle veri tabanından yapılacak işe uygun takım tezgahlarının seçimini gerçekleştiren çalışmalar Çimren [25], Çimren ve diğerleri [26,27]



Şekil 1. İMSEÇ'nin akış şeması (Flow Chart of IMSEC)



Şekil 2. İMSEÇ'nin ana ekranı (Main Screen of IMSEC)

ile Arslan ve diğerleri [28] tarafından literatüre kazandırılmıştır.

Literatürdeki seçim çalışmaları analiz edildiğinde, bir çok yöntem ve yaklaşımın uygulanmasına rağmen çalışmaların genel anlamda ekipman seçimi ve bunların

maliyet-ekonomik etkileri üzerine yoğunlaştığı, özel olarak işleme merkezi seçimine yeterince yönelmediği görülmektedir. Bazı uzman sistem çalışmaları [22-28] ve ÇKKV yöntemleri [3-8] işleme merkezi seçimine yönelmeye çalışmış olmakla birlikte, bu çalışmalar da problemi tüm yönleriyle değerlendirebilmiş değildir.

Bu çalışmada geliştirilen işleme merkezi seçimi karar destek sisteminin (İMSEÇ) literatürdeki çalışmalarından farklılığını özetleyen bir çizelge aşağıda verilmektedir (Çizelge 1). Çizelgede bu çalışmanın literatüre yapacağı katkılar görülmektedir.

3. İŞLEME MERKEZİ SEÇİMİ KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ (DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MACHINING CENTER SELECTION)

İMSEÇ'in geliştirilmesinde hazırlanan program DELPHI ile yazılmıştır. Geliştirilen sistem; Ön Eleme Soruları, Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHS olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Şekil 1). İMSEÇ'de kullanılan veri tabanında toplam 164 adet işleme merkezine ait 75 adet veri bulunmaktadır. Verilerin 39 adeti genel bilgilerden oluşurken, 36 adeti ise iç yapı elemanları özelliklerinin açıklamalarından oluşmaktadır. İMSEÇ'de işleme merkezi seçimi için ilk aşamada ana ekran görüntüye gelmektedir (Şekil 2). Ana ekranda "Veri Tabanları" aracına tıklandığında veri tabanındaki işleme merkezleri görüntülenmektedir. Buradan veri tabanı güncellenmesi imkanı mevcuttur. "Yardım" aracı altında ise programın kısa tanıtımına yer verilmiştir.

Karar verici "İşlem" aracının altında yer alan üç yöntemden bir tanesini uygulayarak işleme merkezi seçimi yapabileceği gibi, ön eleme işleminin ardından BTOPSIS veya BAHS yöntemlerine aktarım yaparak da seçim işlemi gerçekleştirilebilmektedir. BTOPSIS ve BAHS yöntemleriyle bağımsız seçim yapılmak istendiğinde aday işleme merkezleri veri tabanından tabla alanı aralıklarına göre belirlendikten sonra bu yöntemlere aktarılmaktadır. İMSEÇ'in Ön Eleme bölümünde tanımlanan işin gereksinimleri dikkate alınarak kullanıcı tarafından girilen sorulara cevap verilir. Bu cevaplar işe uygun aday işleme merkezlerinin seçimini sağlar. Bulanık TOPSIS ve Bulanık

AHS yöntemleri İMSEÇ'te birbirinden farklı iki yöntem olarak kullanılmaktadır. BTOPSIS yöntemi kriter ağırlıklarının birbirinden bağımsız olarak belirlendiği bir yöntemken, BAHS yöntemi kullanıcıya hiyerarşik bir yapıda sunulan kriterler arasında ikili karşılaştırma yaparak kriter ağırlıklarının hesaplanması imkanı sunar. BTOPSIS yöntemi daha çok küçük ölçekli firmaların işleme merkezi seçimi yapmasına uygunken, BAHS yöntemi çok sayıda işleme merkezi kullanan belirli bir derecede seçim konusunda birikim sağlamış imalat firmaları için daha uygundur.

3.1. Ön Eleme İşlemi (Pre-Selection Process)

Programın ana sayfasındaki "İşlem" aracı altındaki "Ön eleme" aracı tıklandığında görüntüye Şekil 3'de verilen ekran gelmektedir. "Ön eleme" ekranında kullanıcıya toplam 15 adet soru yöneltilmektedir. Bu sorulardan ilk 8 tanesi işleme merkezinden beklenen alt limit değerlerinin tespit edilmesinde (Şekil 3-A), 9. Soru ise işleme merkezlerinin hız ve güç gereksiniminin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Şekil 3-B). Burada hiç hesaplama yapmadan istenen iş mili hızı ve gücü değerleri ilgili alana girilebilir. 10-13 arası sorular işleme merkezlerinin opsiyonel özelliklerinin istenip istenmediğinin belirlenmesini (Şekil 3-C), 14 ve 15. sorular ise işleme merkezlerinin iç yapı elemanlarının değerlendirilmesini sağlayan soruları kapsamaktadır (Şekil 3-D). Ekranda görülen "Bilgi" imleçlerinde soruların yanıtlanmasında faydalanılabilecek açıklayıcı bilgiler yer almaktadır. Kullanıcı tüm soruları yanıtlamak zorunda değildir. İsterse tek soruya yanıt vererek de ön eleme işlemi gerçekleştirebilir. 9, 14 ve 15. sorulara ilişkin kısa açıklamalara aşağıda yer verilmiştir.

İş mili devir hızı ve gücü gereksinimi hesabı (Soru 9)
Gerekli iş mili hızı (d/d) Eşitlik 1, iş mili gücü ise

Çizelge 1. İMSEÇ programının literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılması (Comparison of the IMSEC with other studies in the literature)

Yöntem/Özellik	ÇKKV	Uzman Sistemler	İMSEÇ
AHS Kullanımı	√	√	√
TOPSIS Kullanımı	X	X	√
Bulanık AHS Kullanımı*	X	X	√
Bulanık TOPSIS Kullanımı*	X	X	√
Matematiksel Programlama	X	Kısmen	X
Bütçe Kısıtı	√	√	√
İç Yapı Elemanlarının Değerlendirilmesi	X	X	√
Deney Tasarımı ile Kriter Seçimi	X	X	√
Üretim Tipine Göre Makine Seçimi	Kısmen	Kısmen	√
İki Alternatif derecelendirme/Optimizasyon Yöntemi Kullanımı	X	X	√
Ön Eleme İşlemi	√	√	√
Pratik Hayatla Uygunluk Testi	X	√	√

X: Bulunmamaktadır.

√ : Bulunmaktadır.

*Trapez Bulanık sayılarla AHS ve TOPSIS uygulamasına literatürde çok az rastlanmaktadır. ÇKKV literatürü açısından da katkı yapılmış olmaktadır.

Şekil 3. İMSEC ön eleme ekranı (Pre-selection screen of IMSEC)

Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_c} \quad (1)$$

Eşitlikte n: İş mili hızı (d/d), V_c : Kesme hızı (m/d), D_c : Freze çapı (mm) olarak temsil edilmektedir [22]. Hesaplanan değerden büyük değerde iş mili hız kapasitesi olan tezgahlar seçilmektedir.

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times f_z \times n \times z_n \times K}{100\ 000} \quad (2)$$

Eşitlikte f_z : Diş başına ilerleme (mm/diş) (malzemeye göre seçilir [22]), z_n : Takımdaki diş sayısı, a_p : Kesme derinliği (mm), a_e : Takım işleme genişliği (mm), K: %80'lik tezgah verimi için bir sabit (malzemeye göre seçilir [22]), P_c : Net kesme gücü (kW) olarak temsil edilmektedir. Güç gereksinimi hesabında, hesaplanan veya ilgili alana girilen değerden büyük değerde güç kapasitesi olan tezgahlar seçilmelidir.

Uzun süre yüksek hızda çalışabilme kabiliyeti (Soru 14)

İşleme merkezinin ana makine elemanları olan; kızaklar, iş mili rulmanı, ilerleme tahriki ve gövdenin

ısı genleşme, tamlık ve hız kabiliyetlerinin iyi düzeyde olması gerekmektedir. Bu özellikler ise doğrusal kızaklı, iş milinin etkin bir sistemle soğutulduğu veya hibrit rulmanla yataklandığı, bilyeli mili içten soğutulma özelliğine sahip olan ve gövdesi ısı genleşmeyi azaltıcı tasarımlarla oluşturulmuş iç yapı özelliklerine sahip işleme merkezinde bulunmaktadır. Bunun dışında örneğin kutu kızak yapısına sahip, etkin bir soğutma sistemi bulunmayan işleme merkezleriyle uzun süre ve hızlı bir işleme gerçekleştirme mümkün olmamaktadır.

Uzun süre ağır iş parçası işleyebilme kabiliyeti (Soru 15)

İç yapı elemanlarının katılık ve sönümlenme özellikleri ağır iş parçalarının uzun süre işlenebilme kabiliyetini belirler. Bu durumda; kutu kızak kullanan, iş milinin özel tasarımıyla, 2-3'lü rulmanla, açılmalı temaslı rulmanla veya hibrit rulmanla yataklandığı, iki uçtan destekli, çift civatalı veya ön yüklenmiş bilyeli mil kullanan işleme merkezleri tercih edilmelidir.

Sorular ekranda cevaplandıktan sonra Ön Eleme ekranında "Tezgah Seç" düğmesine tıklanınca tüm koşulları sağlayan aday işleme merkezleri ekrana gelmektedir (Şekil 4). Ön eleme işleminin ardından belirlenen aday işleme merkezleri Bulanık TOPSIS

Tezgah Seçimi									
İşlem									
Bulanık AHS'ye aktar	Marka	Model	Hareket	Tabla	İlk Maliyet	İş Parçası	x	y	
Bulanık Topsis'e Aktar	CHALLENGER	VMC1600	V	1710000	76000	2000	1600	900	
Çıkış	CHALLENGER	VMC2100	V	2160000	80000	2500	2100	900	
3	TW	CHALLENGER	VMC3100	V	3060000	85000	3000	3100	900
4	TW	SIGMA	SDV1611	BRIDGE	1600000	90000	3000	1600	1100
5	TW	SIGMA	SDV2011	BRIDGE	2000000	135000	3500	2040	1100
6	TW	SIGMA	SDV2215	BRIDGE	2800000	155000	5000	2200	1500
7	TW	SIGMA	SDV2219	BRIDGE	3400000	178000	5000	2200	1900
8	TW	FIRST	MCV2000BT40	BRIDGE	2200000	125000	3000	2050	1150
9	TW	FIRST	MCV2000BT50	BRIDGE	2200000	126000	3000	2050	1150
10	TW	AWEA	BM1300	V	1200000	78000	1200	1300	800
11	TW	AWEA	SP2016	BRIDGE	3450000	131000	8000	2100	1600
12	USA	FADAL	VMC6030	V	1209675	95000	1868	1524	762
13	USA	FADAL	VMC6535-40	V	1693545	148000	1927	1651	889
14	USA	FADAL	VMC6535-50	V	1693545	145000	1927	1651	889
15	USA	FADAL	VMC8030	V	1596771	120000	1701	2032	762

Şekil 4. Ön eleme sonucu belirlenmiş aday işleme merkezleri (Candidate machining centers which are determined with preselection procedure)

veya Bulanık AHS yöntemlerinden bir tanesine aktarılabilir. Nihai kararın verilmesi amacıyla bu yöntemlerden bir tanesi kullanılarak işleme merkezleri derecelendirilmektedir.

3.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi (Fuzzy TOPSIS Method)

İşleme merkezleri ön eleme ekranından Bulanık TOPSIS yöntemine aktarıldığında Şekil 5'de verilen Bulanık TOPSIS hesaplama ekranı görüntülenmektedir. BTOPSIS ekranda kriter ağırlıkları karar verici tarafından ilgili alana girilmelidir (Şekil 5-A). Burada karar vericinin faydalanması için sağ tarafta ağırlık puanları ve önem değerleri görülebilmektedir (Şekil 5-D). Karar verici işleme merkezinden beklentileri doğrultusunda 7 adet kriter tam sayı (örneğin 7,7,7,7), üçgen bulanık sayı (örneğin 6,7,7,8) veya trapez bulanık sayı (örneğin 6,7,8,9) olarak ağırlık değerleri girebilmektedir (Şekil 5-B). BTOPSIS yöntemi, kriterleri belli bir hiyerarşi altında sınıflandırmadan ağırlık verme imkanı sağlayabilmektedir. Böylece ağırlıklandırma işleminde direkt olarak kriterlerin önem durumları tek tek değerlendirilerek verilmektedir. BTOPSIS uygulanmasına yönelik detaylı açıklamalar [19-21,29] numaralı kaynaklarda ayrıntılı olarak bulunmaktadır. Karar verici ağırlık puanlarını girdikten sonra "BTOPSIS Hesapla" düğmesini tıklayarak sonuç puanlarını görüntüleyebilmektedir (Şekil 6-A). Bu ekranda işleme merkezleri puanlarına göre en yüksek puan alandan en düşük puan alan işleme merkezine doğru sıralanmaktadır. Bu ekranda işleme merkezlerinin derecelendirme puanlarının yanısıra; fiyatı, hareket türü, tabla alanı, tablanın taşıyabileceği iş parçası ağırlığı, X,Y,Z eksen hareket miktarı, iş mili devri, motor gücü, X,Y,Z hızlı hareketi gibi veri tabanında yer alan diğer özellikleri de sağ yan ok takip edilerek görüntülenebilmektedir (Şekil 6-B). Ayrıca tüm işleme merkezlerinin sıralamalarının grafik üzerinde gösterimi de sonuç ekranında izlenebilmektedir (Şekil 6-C).

3.3. Bulanık AHS Yöntemi (Fuzzy AHP Method)

BAHS yöntemi BTOPSIS yönteminden farklı olarak kriterlerin hiyerarşik bir yapıda ayrıştırılmasını ve kademeli olarak ağırlıklandırılmasını sağlamaktadır. Yöntemin uygulanmasına yönelik detaylı açıklamalar [9-14,30] numaralı kaynaklarda ayrıntılı olarak bulunmaktadır. BTOPSIS yönteminde işleme merkezi seçiminde kullanılan 7 kriterle ait hiyerarşik yapı Şekil 7'de verilmektedir. Bu yapıda; iş mili hızı, motor gücü, takım değiştirme süresi ve konumlama kriterleri Verimlilik ana kriteri altında yapılandırılmıştır. Hiyerarşik yapının diğer ana kriterini Esneklik oluşturmaktadır. Esneklik ana kriteri ise Takım Esnekliği ve İş Parçası Esnekliği olmak üzere iki alt kriterle ayrılmıştır. Bunlardan Takım Esnekliği alt kriterinin değerlendirme kriterlerini Toplam Takım Sayısı ile Maksimum Takım Çapı kriterleri, İş Parçası Esnekliği alt kriterinin değerlendirme kriterini ise Tabla Boyutu kriteri oluşturmaktadır. Bu şekilde oluşturulan hiyerarşik yapı, karar vericiye imalat sisteminin yapısına göre işleme merkezi seçimi yapabilmesini sağlayabilmektedir.

İşleme merkezleri ön eleme ekranından Bulanık AHS'ye aktarıldığında Şekil 8'deki ekran görüntüye gelmektedir. Kullanıcı burada kriter ağırlıklandırma işlemini kendisi yapabilmektedir. Bunun için ekranda görülen bulanık sayı formuna uygun olarak hazırlanan alanlara her bir kriterin ikili karşılaştırmalarını yaparak ağırlık puanlarını girmelidir (Şekil 8-A). Kriterlerin ağırlıklandırma işleminde ağırlık puanlarını belirlerken ekrandaki ölçekten faydalanabilir (Şekil 8-B). Ayrıca kullanıcı işlemleri nasıl gerçekleştirebileceği konusunda detaylı bilgiye ekranda kendine sunulan bilgi formundan ulaşabilir. Burada BAHS işleminde takip etmesi gereken işlemler örnek üzerinde sunulmaktadır. Kullanıcı tüm kriterlerle ilgili ağırlık puanlarını ilgili alanlara girdikten sonra, "BAHS Hesapla" düğmesini tıkladığında işleme merkezlerinin sıralaması ekranda görüntülenir.

Kriter Ağırlıklarının Girildiği Ekran (A)

Kriter Ağırlığının Bulanık Sayı Girilmesi (B)

Bulanık Topsis

İşlem

	a	b	c	d
Tabla	3	4	5	6
Hız	5	6	6	7
Güç	6	7	8	9
Takım Sayı	1	2	2	3
Takım Değ	1	2	3	4
Takım Çap	2	3	3	4
Pozisyonla	1	1	2	3

Öneri: Kriter ağırlıklarını ölçekten faydalanarak belirleyip, yukarıdaki alana girdikten sonra "BTOPSIS Hesapla" butonunun üzerine tıklayınız.

BTOPSIS Hesapla Paneli Kapat

Kriter ağırlığı belirlemede kullanılacak ölçek

Önem	TOPSIS Yöntemi	Tam Sayı Ölçek	Üçgen Bulanık Ölçek	Trapez Bulanık Ölçek
Çok Düşük	1	(1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1)
Düşük	2	(2, 2, 2, 2)	(1, 2, 2, 3)	(1, 2, 3, 4)
Biraz Düşük	3	(3, 3, 3, 3)	(2, 3, 3, 4)	(2, 3, 4, 5)
Orta Düşük	4	(4, 4, 4, 4)	(3, 4, 4, 5)	(3, 4, 5, 6)
Düşük Üzeri	5	(5, 5, 5, 5)	(4, 5, 5, 6)	(4, 5, 6, 7)
Orta	6	(6, 6, 6, 6)	(5, 6, 6, 7)	(5, 6, 7, 8)
Orta Üstü	7	(7, 7, 7, 7)	(6, 7, 7, 8)	(6, 7, 8, 9)
Yüksek	8	(8, 8, 8, 8)	(7, 8, 8, 9)	(7, 8, 9, 10)
Çok Yüksek	9	(9, 9, 9, 9)	(8, 9, 9, 10)	(8, 9, 10, 10)
Mükemmel	10	(10,10,10,10)	(9, 10, 10, 10)	(9, 10, 10, 10)

Tüm ağırlıklar girildikten sonra bu butona basıldığında işleme merkezleri sıralanır (C)

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde faydalanılabilecek ölçek (D)

Şekil 5. BTOPSIS ekranı (FTOPSIS screen)

İşleme Merkezleri Puanlarına Göre Sıralanmaktadır (A)

Diğer Özelliklere Ait Bilgiler Okunabilmektedir (B)

Derecelendirme ve Sıralama Formu BTOPSIS

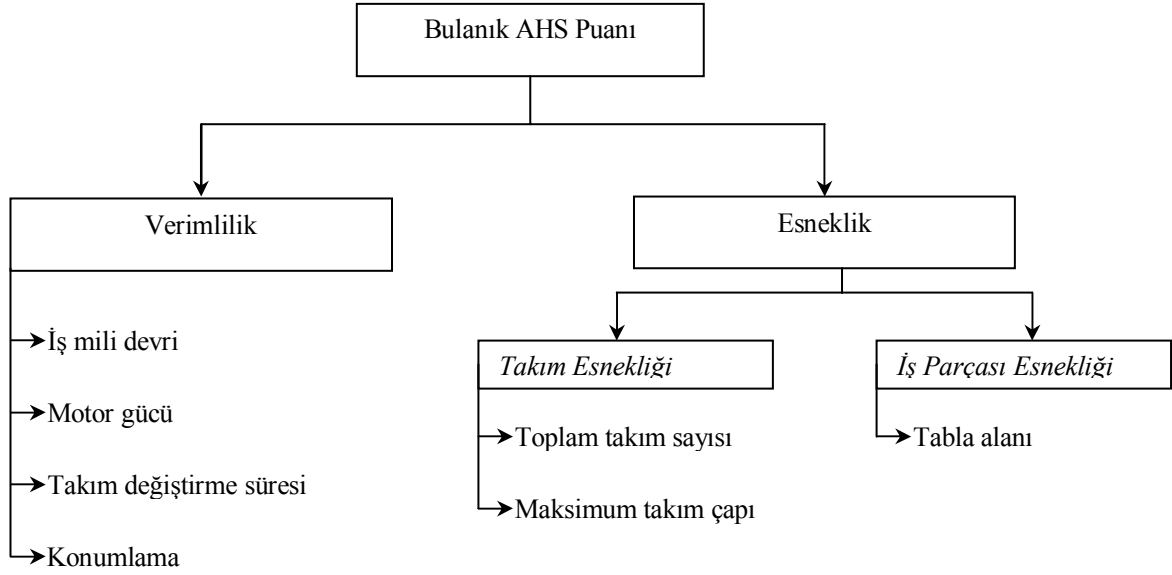
İşlem

	Marka	Model	Puan	Fiyatı-Euro	Hareket	Tabla-mm ²	İş Parçası-kg	Stok
1	FADAL	VMC6535-50	0,5996	145000	V	1693545	1927	1651
2	FIRST	MCV2000BT40	0,4152	125000	BRIDGE	2200000	3000	2050
3	FADAL	VMC6535-40	0,2733	148000	V	1693545	1927	1651
4	FADAL	VMC8030	0,2641	120000	V	1596771	1701	2032
5	FADAL	VMC6030	0,2617	95000	V	1209675	1868	1524
6	AWEA	SP2016	0,2326	131000	BRIDGE	3450000	8000	2100
7	CHALLENGER	VMC3100	0,1903	85000	V	3060000	3000	3100
8	SIGMA	SDV2219	0,1793	178000	BRIDGE	3400000	5000	2200

BTOPSIS İşleme Merkezleri Puanları Grafiği

İşleme Merkezlerinin Puanlarına Göre Sıralamaları Ayrıca Grafikte de Gösterilmektedir (C)

Şekil 6. BTOPSIS derecelendirme ve sıralama formu (FTOPSIS rating and ranking form)



Şekil 7. BAHS-işleme merkezi seçimi modelinin hiyerarşik yapısı (Hierarchical structure of BAHS model, which is used for machining center selection)

Önem	Ölçek	Ölçeğin Tersisi	Üçgen Bulanık Ölçek	Üçgen Bulanık Ölçek (Tersi)	Trapez Bulanık Ölçek	Trapez Bulanık Ölçek (Tersi)
Düşük	1	1/1=1	(1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1)
Orta Altı	3	1/3=0,333	(2, 3, 3, 4)	(0,250 ; 0,333 ; 0,333 ; 0,500)	(2, 3, 4, 5)	(0,200 ; 0,250 ; 0,333 ; 0,500)
Orta	5	1/5=0,200	(4, 5, 5, 6)	(0,167 ; 0,200 ; 0,200 ; 0,250)	(4, 5, 6, 7)	(0,143 ; 0,167 ; 0,200 ; 0,250)
Yüksek	7	1/7=0,143	(6, 7, 7, 8)	(0,125 ; 0,143 ; 0,143 ; 0,167)	(6, 7, 8, 9)	(0,111 ; 0,125 ; 0,143 ; 0,167)
En Yüksek	9	1/9=0,111	(8, 9, 9, 10)	(0,100 ; 0,111 ; 0,111 ; 0,125)	(8, 9, 10, 10)	(0,100 ; 0,100 ; 0,111 ; 0,125)

Şekil 8. BAHS ekranı (FAHP Screen)

Kullanıcı isterse bu işlemlerin hiç birini yapmadan kriter ağırlıkları İMSEÇ'de önceden belirlenmiş olan; Genel Amaçlı Üretim, Yüksek Miktarda Üretim, Esnek/JIT Tarzı Üretim, Yüksek Hassasiyette Üretim olarak 4 farklı üretim tipinden bir tanesine uygun işleme merkezini de seçebilmektedir (Şekil 8-C).

4. ÖRNEK UYGULAMA (CASE STUDY)

Bu bölümde İstanbul Bayrampaşa semtinde bulunan işleme merkezi temsilcisi bir firma ile yapılan görüşme sonucu aktarılan örnek olaya yer verilmiştir.

Örnek olaya ilişkin işleme merkezi satın almak isteyen firma, hidrolik ve pnömatik silindirik makine ekipman sanayiinde; iş makineleri, vinçler ve tarım makinelerinin hidrolik ve teleskobik silindirlerinin üretimi konusunda İstanbul'da faaliyet göstermektedir. Firma tarafından işleme merkezinden beklenen özellikler; "Tabla Boyutu gereksinimi 700 000-900 000 mm²; X,Y,Z eksen hareket miktarı: Minimum: 1000 mm, 500 mm, 500 mm; Gerekli takım sayısı: 20 adet; Gerekli iş mili devri: 7 500 d/d; Gerekli iş mili gücü: 7,5 kW; 4. eksen isteniyor; Talaş konveyörü isteniyor; İş mili içinden su verme özelliği isteniyor;

Maksimum ödenebilecek fiyat:100 000 Euro; İşleme merkezinde ağır iş parçaları üretiliyor; İşleme Merkezinin çalışacağı üretim tarzı: Yüksek hassasiyette üretim” şeklinde belirtilmiştir.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda işleme merkezi seçimi için ilk olarak İMSEÇ'nin ön eleme bölümüne bilgiler girilmiştir. Ön eleme ekranında “iç yapı değerlendirme soruları”nda işleme merkezinde ağır parçalar işlendiği ve yüksek hassasiyette üretim tarzında çalışılacağı için 15. soruda “evet” seçeneği işaretlenmiştir. Böylece iç yapı elemanlarının katılığı ve sönümleme kabiliyeti iyi olan işleme merkezlerinin seçimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 9).

Aday işleme merkezleri içinden en uygun olanının bulunması için ön elemanın ardından BAHS analizi uygulanmıştır. İşleme merkezi satın almak isteyen firmanın “yüksek hassasiyette” üretim tarzına göre bir işleme merkezi istemesi göz önünde bulundurularak ön elemeden BAHS'ye aktarılan işleme merkezleri BAHS ekranındaki “yüksek hassasiyette üretim tarzı” seçilerek kendi aralarında sıralanmışlardır. Çizelge 2’de verilen BAHS sıralaması ve işleme merkezlerinin ilk yatırım maliyetleri göz önüne alınarak firmaya DAHLIH MCV1020BA işleme merkezi tavsiye edilebilir. Örnek olayın alındığı temsilci firma da bu işleme merkezini tavsiye etmiştir.

Eğer bu uygulamada iç yapı özelliklerinin değer-

Çizelge 2. Örnek uygulama için sonuçlar ve işleme merkezlerinin derecelendirilmesi (Results and rating of the machining centers for case study)

Marka	Model	BAHS	Sıra	Maliyet-Euro
DAHLIH	MCV1020BA	0,929	1	72000
MILTNONICS	VM25	0,754	2	80.000
CHALLENGER	VMC1100	0,712	3	70 000
MILTNONICS	VM30	0,685	4	90.000

lendirildiği 15. Soruda “işleme merkezinde uzun süreyle ağır iş parçaları işlenecek mi?” sorusu olmasaydı yukarıdaki sıralamadan farklı olarak Şekil 10’daki sıralama elde edilecekti. Görüldüğü gibi bu sıralamada DAHLIH MCV1020BA işleme merkezi ikinci sırada yer almaktadır. Bu durumda bu işleme merkezi yerine birinci sırada yer alan FIRST MCV1300OP işleme merkezi seçilebilecekti. Oysaki bu işleme merkezi iç yapı elemanlarının özellikleri itibariyle uzun süreli ağır yüklemelerde çalışma kabiliyeti olan bir işleme merkezi değildir. Kızak yapısı kutu kızak olması itibariyle katalog bilgilerinde 1200 kg iş parçası işlemeye uygun gözükmese de rağmen biyeli mil yapısı, gövde tasarımı ve iş mili tasarımı açısından bu ağırlıkta iş parçalarını uzun süre işlemesine müsait görülmemektedir. Ancak DAHLIH MCV1020BA işleme merkezi yükleme testi yapılmış biyeli mil kullanılmaktadır ve gövde yapısı sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak tasarlanmıştır. MILTRONICS VM25 çift civatalı ve ön yüklemeli biyeli mil

Tezgah Seçimi									
İşlem									
	Ülke	Marka	Model	Hareket	Tabla	İlk Maliyet	İş Parçası	x	y
1	USA	MILLTRONICS	VM25	V	866200	80000	1580	1270	635
2	USA	MILLTRONICS	VM30	V	866200	90000	1580	1270	760
3	TW	CHALLENGER	VMC1100	V	792000	70000	1200	1100	650
4	TW	DAHLIH	MCV1020BA	V	858000	72000	1000	1020	550

Şekil 9. Örnek uygulama için ön eleme sonucu belirlenen aday işleme merkezleri (Candidate machining centers for case study, which are determined with pre-selection procedure)

MARKA	MODEL	PUAN
FIRST	MCV1300OP	1,2854
DAHLIH	MCV1020BA	0,7591
FADAL	VMC4525	0,7347
YANG	YMC1100	0,6529
MILLTRONI	VM25	0,544
EAGLE	VMC1300	0,5155
CHALLENGE	VMC1100	0,4812
MILLTRONI	VM30	0,4748
AWEA	BMI200	0,2627

İç yapı elemanları, ağır iş parçalarını uzun süre işleyebilecek kabiliyette olmayan işleme merkezleri.

Şekil 10. Ön elemelerde 15. sorunun kullanılmaması durumunda BAHS sıralaması (FAHP ranking, which is not answered 15 th question in the pre-selection process)

bulundurmaktadır ve hibrit rulmanlı iş miline sahiptir. MILTRONICS VM30 iş mili tasarımında üçlü bilyeli rulman kullanılmaktadır ve iki ucu destekli bilyeli mil ile kızak hareketini yapmaktadır. CHALLENGER VMC1100 işleme merkezi çift civatayla desteklenmiş bilyeli mile sahiptir, gövdesi desteklenmiştir ve gövdeye gerilme giderme işlemi uygulanmıştır. Dolayısıyla bu 4 işleme merkezi de ağır yüklerde uzun sürelerde çalışabilecek yetenektedir. Bu örnekte İMSEÇ sadece ÇKKV yöntemlerini kullanan yaklaşımlardan üstün bir özellikte olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada işleme merkezlerinin seçimine yönelik olarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada aday işleme merkezlerinin derecelendirilmesinde Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHS modeli kullanılmıştır. Tamsayı, üçgen bulanık sayı, trapez bulanık sayılarla kriter ağırlığının verilebilmesini sağlayan esnek bir model ortaya konmuştur. Bu sayede kararsızlık durumlarının modellenmesi imkanı getirilmiştir. Programın kullanımı açısından kriter ağırlıkları verilirken dikkat edilmesi gereken bir husus, bulanık aralığın artırılması durumunda sıralama sonuçlarındaki değişimlerin meydana gelebileceğidir. İşleme Merkezi Seçimi (İMSEÇ) programının kullanılmasında kararsızlığın az olduğu durumlarda kriter ağırlıkları tam sayı olarak verilebilir. Ancak kararsızlığın fazla olduğu durumlarda kriterler bulanık sayılarla ifade edilmelidir.

Çalışmanın en önemli özelliği; oluşturulan programın tek bir işleme merkezi seçmek isteyen firmalara yönelik olmasıdır. Çalışmada otomotiv, uçak sanayii, makine imalat sanayii gibi sektörlerde faaliyet gösteren, birden fazla işleme merkezlerinin oluşturduğu Esnek İmalat Sistemleri, Hücreli İmalat gibi sistemleri bünyesinde barındıran imalat firmalarına sistem seçimi için doğrudan bir analiz gerçekleştirilmemektedir. Bu çalışmada ortaya konan İMSEÇ programı, simülasyon yöntemleriyle birleştirilerek bu tip seçimler de gerçekleştirilebilir. Örneğin mevcut imalat sistemi için İMSEÇ yöntemindeki sıralama sonucu tespit edilen birkaç işleme merkezi simülasyonla deneyerek, mevcut üretime katkıları belirlenebilir. Böylece sistemin ihtiyaçlarına da uygun bir seçim gerçekleştirilmiş olabilir.

İMSEÇ programının Ön Eleme bölümünde, literatürde bulunan çalışmalarda kullanılan sorulardan farklı olarak işleme merkezlerinin iç yapı elemanlarının değerlendirilmesine yönelik olan sorular da kullanılmıştır. Çalışmada sunulan ve gerçek uygulamada kullanılan bu soruların işleme merkezi seçimindeki önemi gösterilmiştir. İMSEÇ işleme merkezlerinin yüksek hızlarda uzun süre çalışabilme kabiliyetini ve ağır iş parçalarını uzun sürelerde

işleyebilme kabiliyetlerini gösterebilmesi açısından literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Sonuç olarak ortaya konan bu çalışmada geliştirilen İMSEÇ'in gerek imalat firmaları gerekse işleme merkezi satışı ile uğraşan firmalara faydalı olabileceği, yol gösterebileceği ve doğru kararların alınmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kalpakjian, S., ve Schmid, S.R., **Manufacturing Engineering and Technology**, Prentice-Hall Inc, Upper Saddle River, NJ, 2001.
2. Tlusty, G., **Manufacturing Processes and Equipment**, Prentice Hall, USA, 2000.
3. Arslan, M.Ç., **A Decision Support System For Machine Tool Selection**, Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
4. Lin, Z-C. and Yang, C-B., "Evaluation of Machine Selection by the AHP Method", **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 57, 253-258, 1996.
5. Oeltjenbruns, H., Kolarik, W.J. ve Schnadt-Kirschner, R., "Strategic Planning in Manufacturing Systems- AHP Application to an Equipment Replacement Decision", **International Journal of Production Economics**, Cilt 38, 189-197, 1995.
6. Çimren, E, Budak, E, Çatay, B., "Development of a Machine Tool Selection System Using Analytic Hierarchy Process" in: R Teti (Ed.), **Proc. Of the 4th CIRP International Seminar on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering**, Sorrento, Italy: 193-198, 2004.
7. Çimren, E, Çatay, B., Budak, E, "Development of a Machine Tool Selection System Using Analytic Hierarchy Process", **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Baskıda-Online Erişim, 2007.
8. Yurdakul, M., "AHP as a Strategic Decision-Making Tool To Justify Machine Tool Selection", **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 146, 365-376, 2004.
9. Chan F.T.S., Chan, M.H., and Tang, N.K.H., "Evaluation Methodologies For Technology Selection", **Journal of Material Processing Technology**, Cilt 107, 330-337, 2000.
10. Cheng, C.-H., Lin, Y., "Evaluating the Best Main Battle Tank Using Fuzzy Decision Theory With Linguistic Criteria Evaluation" **European Journal of Operational Research**, Cilt 142, 174-186, 2002.
11. Lee W.B., Lau, H., Liu, Z., and Tam, S., "A Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach in Modular Product Design", **Expert Systems**, Cilt 18, No 1, 32-42, 2001.
12. Chen, Y.-C., "An Application of Fuzzy Set Theory to the External Performance Evaluation of

- Distribution Centers in Logistics”, **Soft Computing**, Cilt 6, 64-70, 2002.
13. Pegero A., and Rangone, A., “A Reference Framework for the Application of MADM Fuzzy Techniques to Selecting AMTS”, **International Journal of Production Research**, Cilt 36, No 2, 437-458, 1998.
 14. Jiang, B. C., and Hsu, C.-H., “Development of a Fuzzy Decision Model For Manufacturability Evaluation”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, Cilt 14, 169-181, 2003.
 15. Chen, C.T., “Extensions of the Topsis For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment”, **Fuzzy Sets and Systems**, Cilt 114, No 1-9, 2000.
 16. Parkan, C., and Wu, M-L., “Decision Making and Performance Measurement Models with Applications to Robot Selection”, **Computers and Industrial Engineering**, Cilt 36, 503-523, 1999.
 17. Yurdakul, M., İç, Y.T., “Development of a Performance Measurement Model for Manufacturing Companies Using the AHP and TOPSIS Approaches”, **International Journal of Production Research**, Cilt 43, 4609-4641, 2005.
 18. Yurdakul, M., Çoğun C., “Development of a Multi-Attribute Selection Procedure for Non-Traditional Machining Processes” **Journal of Engineering Manufacture**, 217 Part B:993-1009, 2003.
 19. Chu, T.-C. and Lin, Y.-C. “A Fuzzy Topsis Method for Robot Selection”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Cilt 21, 284-290, 2003.
 20. Byun, H. S., and Lee, K. H., “A Decision Support System for the Selection of Rapid Prototyping Process Using the Modified Topsis Method”, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology-Published Online**, April:1-10, 2004.
 21. Chen, C.-T., “Extensions of the Topsis for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment”, **Fuzzy Sets and Systems**, Cilt 114, 1-9, 2000.
 22. Doğramacı, T., **CNC İşleme Merkezlerinin Seçimi İçin Bir Uzman Sistemin Geliştirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005.
 23. Gopalakrishnan, B., et al., “Decision Support System for Machining Center Selection”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, Cilt 15, No 2, 144-154, 2004.
 24. Layek, A-M., and Lars, J., R., “Algorithm Based Decision Support System for the Concerted Selection of Equipment in Machining/Assembly Cells”, **International Journal of Production Research**, Cilt 38, No 2, 323-339, 2000.
 25. Çimren E., **An Intelligent Decision Support System for Machine Tool Selection**, Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
 26. Çimren, E., Çatay, B., Budak, E., “Takım Tezgahları Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi: Bölüm II”, **Otomasyon**, 1, 162-167, 2005.
 27. Çimren, E., Çatay, B., Budak, E., “Takım Tezgahları Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi: Bölüm I”, **Otomasyon**, 12, 132-135, 2004.
 28. Arslan M.Ç., Çatay, B., Budak, E., “A Decision Support System for Machine Selection” **Journal of Manufacturing Technology Management**, Cilt 15, No 1,101-109, 2004.
 29. Chen, S-J., and Hwang, C.-L., **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Germany, 1992.
 30. Triantaphyllou, E., and Lin, C-T., “Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods”, **International Journal of Approximate Reasoning**, Cilt 14:281-310, 1996.