

**Yusuf Tansel İ**  
Doç. Dr.

Başkent Üniversitesi Endüstri  
Mühendisliği Bölümü, Etimesgut, Ankara

**Emin Kabacaođlu**  
End.Müh.

Ineo Danışmanlık, Ankara

**ađlar Tümay**  
End.Müh.

Central Asia Trading Co., Kazakistan

**Hasan İnanç Demirtaş**  
End.Müh.

Türk Kızılayı, Ankara.

# Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler İçin İşleme Merkezi Seçiminde Kullanılabilecek Bir Karar Destek Sistemi

*Küreselleşen iş dünyası, rekabetçi ekonomi, bilgisayar ve elektronik teknolojisindeki gelişmeler firmaları eski tezgâhlar yerine yeni işleme merkezleri satın almaya zorlamaktadır. İmalat tesisinde işleme merkezi seçimi zor ve karar alma aşaması çok uzun zaman alabilen bir problemdir. Seçim süreci geniş bir çeşitlilikteki işleme merkezinin ve işlenecek parça özelliklerinin hesaba katulmasını zorunlu kılar. Bu çalışmada, pratik uygulamalar göz önüne alınarak, işleme merkezi seçmek için karar vericiye yardımcı olacak tarzda bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Uygun işleme merkezleri karar vericinin sorulara verdiği cevaplara göre veri tabanından seçilmektedir.*

*Anahtar Kelimeler: İşleme Merkezi, CNC, İmalat, Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler, TOPSIS.*

## 1. GİRİŞ

Küçük ve Orta Büyüklükteki (KOBİ) işletmeler imalat endüstrisinin en etkin ve önemli kuruluşları olarak nitelenmekle birlikte, ülkelerin ekonomik gelişmelerinin hızlandırılması için önem verilmesi ve geliştirilmesi gereken en önemli aktörlerden biri olmaktadır. Günümüzde birçok KOBİ firmasının araştırma-geliştirme, işlemler yönetimi ve endüstriyel zincirin koordinasyon ve devamlılığını sürdürme kabiliyeti açısından önemli zayıflıkları bulunmaktadır. Dolayısıyla literatürde yer alan, ancak gerçek hayatta uygulanmasında güçlükler çekilen yöntem ve tekniklerin KOBİ'lerde uygulanabilir hale getirilebilecek araçlara dönüştürülmesi, bu ölçekteki işletmelerin rekabet avantajı kazanması açısından son derece önemli katkılar sunabilecektir.

Diğer taraftan, günümüz bilgi teknolojileri paralelinde imalat sanayiinin bilgi teknolojilerini kullanarak işlemlerini daha etkin hale getirebilmesi özellikle ülkemiz imalat sanayiinin geliştirmesi gereken en önemli konulardan birisidir. Uluslararası literatürde KOBİ'lerin bilgi teknolojilerinin kullanımı ve işlemlerini daha verimli yürütebilmek üzere bilgi teknolojilerinden etkin faydalanmaları konusunda yaşadıkları en önemli problemler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [1]:

a) KOBİ'lerin birçoğu insan ve iş gücü bazı sistemlerle yönetilen kurumlardır. KOBİ'ler temel olarak ekipman üretmekte ve/veya uluslar arası firmaların alt yüklenicisi konumundadır. Dolayısıyla temel teknolojilere odaklanamadıklarından kar oranları düşük seviyede kalmaktadır. Bu durum ise KOBİ'leri değer zincirinin alt konumlarına itmektedir.

b) *Kendi süreçleri üzerine araştırma-geliştirme kabiliyetindeki yetersizlikler:* Kendi süreçlerini geliştirme kabiliyeti bilgi teknolojilerini kullanabilme kabiliyetiyle ve pazar ve sermayeyi kontrol edebilme yeteneğiyle yakından ilgilidir. Diğer taraftan, birçok KOBİ'lerde çalışanların teknik, teorik ve uygulamaya dönük eğitim seviyeleri geliştirilmeye açık bir alan olup, uzun vadeli karar alma süreçlerinde bu durum dezavantaj yaratabilmektedir.

Yukarıda sıralanan iki temel dezavantajın giderilmesi amacıyla, KOBİ'lerle üniversitelerin iş birliği yapmaları oldukça önemlidir. Bu işbirliğinin bir ayağı ar-ge projeleri üzerinden olabileceği gibi, diğer önemli bir ayağı ise KOBİ'lerin işlemlerini daha verimli yürütebilmeleri için kendilerine kullanışlı araçların sunulabilmesidir. Piyasada işlemlerin yürütülmesine yönelik Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning) gibi bazı yazılımlar mevcuttur. Bu

yazılımlar ticari yazılımlar olup, kullanılabilmesi için uzmanlık gerektiren ve bir eğitim sürecini tamamladıktan sonra firma personeli tarafından kullanılabilir tarzdeki yazılımlardır. Bunun yanı sıra, örneğin satın alma süreçlerinde makine/ekipman seçimi, robot seçimi, malzeme seçimi, kesici takım seçimi gibi sıralayabileceğimiz konularda uzman görüşlerinin bir bilgisayar programına aktarıldığı, her KOBİ tarafından ulaşılabilir nitelikte olan ve herhangi bir ücret ödemediği kullanılabilir, öğrenilebilecek, daha iyiye doğru güncellenip geliştirilebilecek yazılım uygulamalarının yaygınlaştırılması, KOBİ'lerin işlemlerini daha verimli sürdürmeleri açısından son derece önemlidir.

Özellikle son yıllarda Türkiye ekonomisinin katma değeri yüksek ürünlerin imalatına yönelmiş olması ve bu stratejide havacılık ve uzay ile otomotiv imalatının başı çekiyor olması, özellikle bu sektörlerde parça tedarik eden firmaları daha nitelikli ürünler üretmeye zorlamaktadır. Katma değeri yüksek ürünlerin üretiminde kurumsal firmalar başı çekse de, KOBİ'ler alt yüklenici olarak önemli projelere parça tedarikinde yüklenici olmaktadır. Bu üretimlerin istenen tolerans ve kalitede teslim edilebilmesinde de CNC (Computer Numeric Control) işleme merkezlerinden yararlanılması kaçınılmaz olmaktadır. CNC tezgâhların yüksek ilk yatırım maliyeti nedeniyle satın alma kararlarının doğru verilmesi KOBİ'ler için çok önemlidir. Bu nedenle yapılacak işe uygun tezgâhin seçilme kararını kolaylaştıracak araçlara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla, KOBİ'lerin farklı gereksinimlerine karşılık verebilecek olan bir işleme merkezi seçimi karar destek sisteminin geliştirilmesi çalışmamızın temel hedefini oluşturmaktadır.

Bu amaçla çalışmamızda imalat sanayiinde faaliyet gösteren KOBİ'ler için işleme merkezi seçimine yönelik, her imalat firması tarafından kolaylıkla kullanılabilir bir karar destek sistemi (KDS) geliştirilmiştir. KDS Excel ile Access üzerinde geliştirildiğinden ve bu uygulamalar her firmada mevcut olduğundan; KOBİ'ler için kolay, hızlı, anlaşılabilir, geliştirilebilir özellikte ve herhangi bir ücret ödemediği kullanılabilir bir yazılım niteliğindedir. KDS'nin geliştirilmesinde literatürde en yaygın, uygulama adımları en kolay olan ve makine seçim çalışmalarında en uygun sonuçları hızlı bir şekilde sunabilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yönteminden faydalanılmıştır. TOPSIS yöntemi yukarıda sayılan özellikleriyle literatürdeki karmaşık, uygulaması zor ve derinlemesine bilgi isteyen diğer matematiksel programlama temelli yöntemlerle kıyaslandığında KOBİ firmalarının uygulamalarında yararlanılabilecek en uygun yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Karar destek sisteminin geliştirilmesinde uygulama yapılan firma diğer imalat firmalarına da örnek oluşturabilecek bir yapıda olan, Başkent Organize Sanayi Bölgesinde (OSB) faaliyetlerini sürdüren bir firma olup, siparişe göre üretim yaptığından çok çeşitli özellikte parçaları işleme durumunda kalabilmektedir. Firma, gelen siparişlerin bazılarını işlerken, işleme merkezinin eksen ve tabla kısıtından ötürü (doğru bir karar süreci sonunda uygun tezgâhin satın alınmamış olması nedeniyle) bazı durumlarda parçayı döndürerek işlemekte ve bu da zaman ve para kaybına yol açmaktadır. Ayrıca, firma küçük parçaları işlemeye yönelik bir tezgâha sahip olmadığından kullanımı daha maliyetli olan 5 eksenli işleme merkeziyle basit parçaları işlemek zorunda kalmaktadır. Firma çok farklı sektörlerdeki birçok firmaya çok farklı boyutlarda parça işleyen çoğu KOBİ gibi, çok küçük boyutlu parçalardan çok büyük boyutlu parçalara kadar geniş bir yelpazede parça işlemek durumunda kalabilmektedir. Bu durum firmanın kullandığı işleme merkezlerinin tabla alanı ve eksen hareket mesafelerinin geniş aralıkta seçilmesi gerektiğini göstermektedir. Başka bir alternatif olarak ise; firma küçük parçalar için kullanılmak üzere yeni bir işleme merkezi satın alma yoluna da gidebilir.

CNC işleme merkezi, iş parçalarının farklı yüzeylerinde istenen boyutsal tamlikta ve istenen toleranslarda daha kısa sürede işlenmesine imkân sağlar. Ayrıca 3 ila 5 farklı eksenle doğrusal ve açılabilir hareket ile otomatik kesici takım değiştirme kabiliyeti sayesinde daha önce farklı tezgâhlarda yapılan çok sayıda işlemin tek bir tezgâhta yapılmasına olanak verir [2]. Bu özelliğinden dolayı CNC işleme merkezleri, esnek üretim sistemleri gibi ileri imalat teknolojilerinin kullanıldığı yerlerde tercih edilen tezgâhlardır. Piyasada çok sayıda marka ve modelde CNC işleme merkezinin satılması ve işleme merkezlerinin birbirinden farklı tabla boyutu, hız, hassasiyet, güç, eksen boyutu vb. özelliklere sahip olması imalat sistemine uygun işleme merkezinin seçimini zorlaştırır. Bu denli çok seçeneğe ve karmaşık bir durum desteğe ihtiyaç doğurmaktadır [2]. Bu çalışmada yukarıda belirtilen ihtiyacı gidermeye yönelik olarak 3 veya 5 eksenli işleme merkezlerinin seçilmesine yönelik bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Oluşturulan karar destek sistemi tüm imalatçı firmaların kullanıma yönelik olarak tasarlanmıştır.

Literatürde birçok işleme merkezi seçim çalışmasına rastlanabilmektedir. İç ve Yurdakul [2], Lin ve Yang [3], Çimren v.d. [4], Oeltjenbruns vd. [5], Tabuconon vd. [6], Yurdakul [7], Sun [8], Wang vd. [9], Yurdakul ve İç [10,11], Arslan v.d. [12], İç ve Yurdakul [13], İç vd. [14], Atmani ve Lashkari [15], Gerrard [16], Haddock [17] işleme merkezi veya takım tezgâhi seçimi için çalışmalar sunmuşlardır. Bu çalışmalardan [2-14] nolu kaynaklardaki çalışmalar Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle işleme merkezi seçimi

gerçekleştirilen çalışmalardır. Bunun dışında Chakraborty ve Boral [18] işlenecek malzeme özellikleri ve kalite beklentilerine göre hangi işleme merkezinin seçilmesi gerektiğini sadece genel işlem bazında veren (örneğin “tornalama merkezi ile işlem yapılmalı” veya “taşıma tezgahı ile işlem gerçekleştirilmeli” şeklinde) bir durum bazlı seçim metodolojisi (Case Based Selection-CBS methodology) önermiştir. Bizim sunduğumuz KDS’de ise, imalat süreci belirli olup, o süreci hangi tür/tip/model işleme merkezinin daha iyi gerçekleştirebileceği araştırılmaktadır. Diğer taraftan Peng v.d. [19] kesme parametrelerine en uygun işleme merkezinin hangisinin olduğunu belirleme üzere C# ve MATLAB programlarının kullanıldığı bir imalat süreci-uygun takım tezgahı eşleştirme modeli geliştirmişlerdir. Sürece ilişkin veriler Microsoft SQL hizmet sağlayıcısı üzerinden toplanmış ve veri tabanına aktarılmıştır. Ardından C# ve MATLAB ile bir hesaplama uygulaması geliştirilmiştir. Uygulamada alternatiflerin sıralanması için TOPSIS yönteminden faydalanılmıştır.

Literatürdeki çalışmalarda en yaygın kullanılan ÇKKV yöntemi TOPSIS olup, çalışmamızda da bu yöntemin kullanılması tercih edilmiştir. Yöntemin tercih edilme sebebi matris işlemleri ile uygulama adımlarının işletiliyor olmasının bilgisayar uygulamasını kolaylaştırması ve metodolojinin pozitif ideal çözüme yakın olan alternatifleri sıralamada üstte tutma prensibine dayanmasıdır. Bu özellik, diğer “mesafe bazlı-distance based- ÇKKV yöntemleri” olan Gri İlişkisel Analiz (GRA) ve VIKOR yöntemlerine nazaran özellikle işleme merkezi seçimi gibi pozitif ideal değerlerin (daha güçlü, daha hızlı, daha ucuz, daha hassas olmanın daha iyi olma durumu) öncelikle tercih edilmesi gereken ÇKKV çalışmalarında uygun alternatifin seçimini kolaylaştırmaktadır. Çalışmanın literatürdeki çalışmalardan en önemli farkı 5-eksenli işleme merkezi seçimine de olanak vermesidir. Literatürdeki çalışmalarda 3 eksenli tezgâhlar dikkate alınmakta ve çoğu çalışmada bir ÇKKV yönteminin işleme merkezi seçiminde nasıl işletebileceğine odaklanılmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen karar destek sisteminin ise gerçek hayattaki özellikle KOBİ’lerin faaliyetlerine uygun işleme merkezlerinin seçim çalışmalarına ışık tutması hedeflenmektedir.

## 2. TOPSIS YÖNTEMİ

TOPSIS yönteminin temel felsefesi, aralarından seçim yapılacak alternatiflerin hem ideal çözüme hem de negatif ideal çözüme olan uzaklığını belirleyerek, ideal çözüme daha yakın olan alternatifleri tercih etmek şeklinde bir prosedür takip ederek alternatifleri sıralamaktır. TOPSIS Hwang ve Yoon [18] tarafından 1980 yılında geliştirilmiş olup uygulama adımları aşağıda sunulmuştur:

### Adım 1 : Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında alternatifler ( $i=1,\dots,m$ ), sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterler ( $j=1,\dots,n$ ) bulunur:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

### Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi (R), A matrisinin elemanlarından yararlanarak aşağıdaki formül ile oluşturulur:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (2)$$

R matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

### Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Kriterler ilişkin ağırlık değerleri ( $w$ ) belirlendikten sonra (Hwang ve Yoon [18] tarafından geliştirilen 1 ila 10 rakamları arasında verilebilen:1 en önemsiz, 10 en önemli şeklinde) R matrisinin her bir sütundaki elemanlar ilgili ağırlık değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

#### Adım 4: İdeal ve Negatif İdeal Çözümlerin Oluşturulması

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü en küçükleme yönlü ise en küçüğü) seçilir (Eş.5).

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (5)$$

Negatif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü enbüyükleme yönlü ise en büyüğü) seçilir (Eş.6).

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (6)$$

#### Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Her bir alternatifin ideal ve negatif ideal çözüme uzaklıkları İdeal ( $S_i^*$ ) ve Negatif İdeal Ayırım Ölçüsü ( $S_i^-$ ) olarak belirlenir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (8)$$

#### Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (9)$$

### 3. İŞLEME MERKEZİ SEÇİMİ KARAR DESTEK SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI

Oluşturulan karar destek sisteminin iş akışı Şekil 1'de verilmektedir. Karar destek sistemi Visual Basic, Access ve TOPSIS kullanılarak oluşturulmuştur.

#### 3.1. Veri tabanı

Veri tabanı Access ile oluşturulmuş ve Visual Basic'e aktarılmıştır. Veri tabanında (178) adet tezgâha ilişkin (1900) adet bilgi bulunmaktadır. Veri tabanının bir bölümü Ek-3'te sunulmaktadır.

#### 3.2. Ön eleme bölümü

Oluşturulan karar destek sisteminde veri tabanından 3 ve 5 eksenli tezgâhlara yönelik sorgulama yapılabilmektedir. Programın ilk safhasıdır. Kullanıcı program tarafından yöneltilen sorulara cevap verir. Ardından veri tabanından kullanıcının sorularına verdiği

cevaplara uygun tezgâhlar çağırılır. Böylece, ön eleme sonucunda veri uzayından işe uygun olan aday tezgâhlar belirlenir. Programın ön eleme ekranı Şekil 2'de verilmektedir. İşleme merkezlerinin fiyatları EURO para birimi ile sunulmaktadır.

#### 3.3. TOPSIS ile sıralama

Hazırlanan 10 adet soru kullanıcı tarafından yanıtlandıktan sonra ve kriter ağırlık değerleri girildikten sonra "Uygun Makineleri Listele" butonuna tıklandığında program kullanıcının girdiği verilere uygun tezgâhları veri tabanından çekerek TOPSIS yöntemiyle sıralar ve ekranda sonuçları listeler. Sıralama işleminde Şekil 2'de görülen "Kriter Ağırlıkları" kısmındaki kutucuklara kriter ağırlıkları kullanıcı tarafından TOPSIS yöntemini ortaya koyan Hwang ve Yoon'un 1-10 arasında rakamlarla ifade edilen (1 en kötü, 10 en iyi durumu ifade eder) ölçeğe göre girilebilmektedir.

### 4. UYGULAMA

Bu bölümde firmanın farklı boyut (hacim ölçüsü- $\text{mm}^3$  dikkate alınmaktadır) ve işleme özelliklerine sahip parçaları işleyebilmesi için en uygun tezgâhların hangileri olduğunun sorusuna yanıt aranmaktadır. Firma uygulamasında işlediği parçaları; küçük hacimli, orta hacimli, büyük hacimli ve çok büyük hacimli parçalar şeklinde bir sınıflandırmaya tabi tutmaktadır. Bu sınıflarda yer alan parçaların işlenmesine uygun olabilecek işleme merkezlerinin seçimi aşağıda verilen uygulamaların içeriğini oluşturmaktadır.

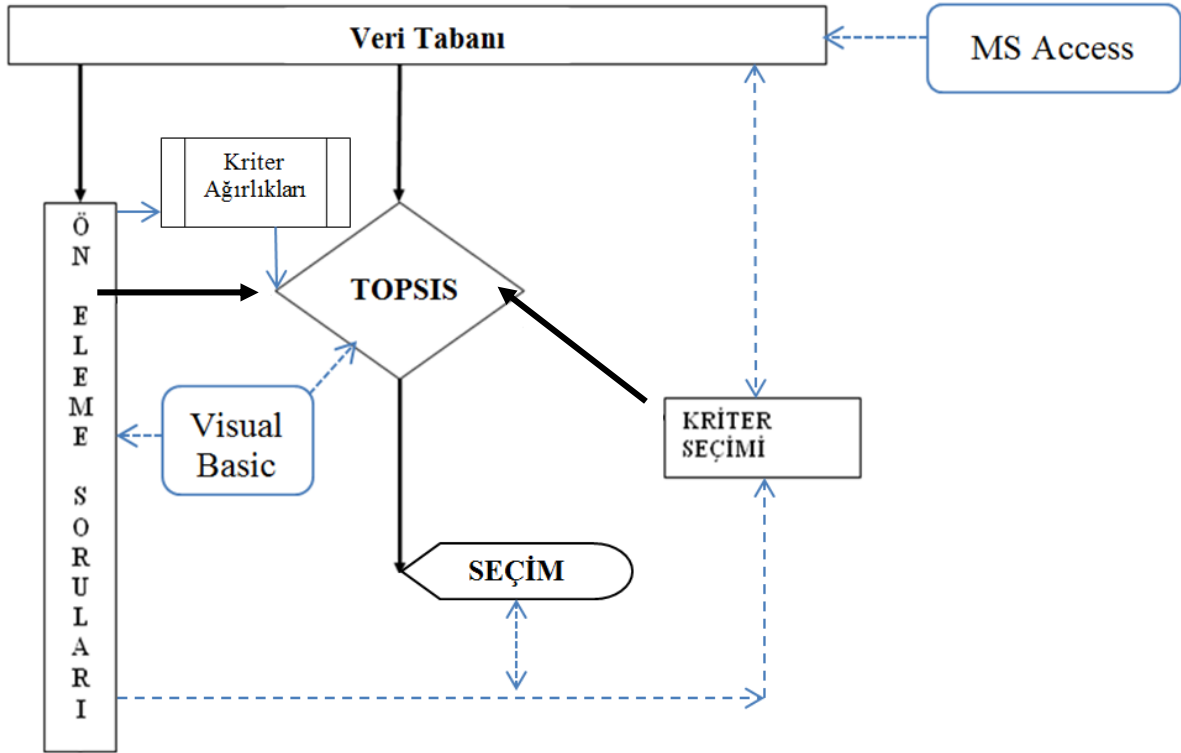
#### 4.1. Küçük hacimli parçaları işlemeye yönelik işleme merkezi seçimi

Bu uygulamada firma yetkilisinden firmanın mevcut üretim portföyünde yer alan ve "küçük hacimli parçalar" şeklinde nitelendirdiği parçaların (örneğin Ek-2'deki parça) işlenmesine yönelik bir işleme merkezi seçimi yapılması durumunu dikkate alarak gereksinimlerini programa girmesi istenmiştir. Girilen veriler doğrultusunda Şekil 3'deki gibi bir sonuç elde edilmektedir.

Firma yetkilisi ile yapılan seçim işlemi sonucunda program, OKUMA MB 46-56, EAGLE VMC 600-1000, CHALLENGER VM 1000, LEADWELL V20, FIRST MCV600-800-1000, HYUNDAI SPDV 550D makinelerini işe uygun tezgâhlar olarak önermektedir. Bu tezgâhlar arasından LEADWELL V20 veya FIRST MCV 800 işleme merkezlerinden biri sıralama puanı ve fiyatlar göz önünde bulundurularak firmaya önerilebilir.

#### 4.2. Orta hacimli parçaları işlemeye yönelik işleme merkezi seçimi

Firmanın orta hacimli parçalarının özellikleri dikkate alınarak girilen veriler doğrultusunda Şekil 4'deki tezgâhlar firmaya önerilebilmektedir.



Şekil 1. Karar destek sisteminin iş akışı

Şekil 2. Ön eleme soruları ekranı

Form1

**Kriter Ağırlıkları**

1-) Tabla Alanı Gereksinimini Giriniz Min: 140000 mm<sup>2</sup> Max: 800000 mm<sup>2</sup> 2

2-) İş Mili Hızı Gereksinimini Giriniz Min: 1000 dev/dk Max: 10000 dev/dk 5

3-) İş Mili Güç Gereksinimini Giriniz 5 kw 6

4-) Maksimum İş Parçalarının Ağırlıklarını Giriniz 900 kg 3

5-) İhtiyaç Duyulan Maksimum Takım Boyunu Giriniz 300 mm 5

6-) X,Y,Z Eksen gereksinimlerini Giriniz x: 100 mm y: 100 mm z: 100 mm

7-) İhtiyaç Duyulan En Büyük Takım Çapını Giriniz 90 mm 9

8-) İhtiyaç Duyulan Takım Sayısını Giriniz 7 adet 7

9-) İhtiyaç Duyulan Opsiyonel Özellikler

Talaş Konveyörü

Takım Ölçme Sistemi

3 Eksenli Tezgah Döner Tabla Gereksinimi

10-) İhtiyaç Duyulan Eksen Sayısını Seçiniz

3 - Eksen

**Uygun Makinelerin Listesi**

Marka	Model	Fiyat	Ağırlık
OKUMA	MB56VA	162800	0.4928585
OKUMA	MB46VA	130900	0.5014306
EAGLE	VMC600	47300	0.1003716
EAGLE	VMC1000	49500	0.4996377
CHALLENGER	VM1000	61600	0.01605826
LEADWELL	V20	36300	0.5083356
FIRST	MCV600	57200	0.4956439
FIRST	MCV800	61600	0.9049826
FIRST	MCV1000	68200	0.4944851
HYUNDAI	SPTV550D	110000	0.1018644

Firma için en uygun

Uygun Makineleri Listele

Veri Tabanı Temizle ve Çık

Şekil 3. Küçük hacimli parçalar için uygulama sonuçları

Form1

**Kriter Ağırlıkları**

1-) Tabla Alanı Gereksinimini Giriniz Min: 1000000 mm<sup>2</sup> Max: 2000000 mm<sup>2</sup> 9

2-) İş Mili Hızı Gereksinimini Giriniz Min: 9000 dev/dk Max: 12000 dev/dk 7

3-) İş Mili Güç Gereksinimini Giriniz 14 kw 4

4-) Maksimum İş Parçalarının Ağırlıklarını Giriniz 2000 kg 9

5-) İhtiyaç Duyulan Maksimum Takım Boyunu Giriniz 355 mm 5

6-) X,Y,Z Eksen gereksinimlerini Giriniz x: 300 mm y: 300 mm z: 300 mm

7-) İhtiyaç Duyulan En Büyük Takım Çapını Giriniz 80 mm 1

8-) İhtiyaç Duyulan Takım Sayısını Giriniz 20 adet 2

9-) İhtiyaç Duyulan Opsiyonel Özellikler

Talaş Konveyörü

Takım Ölçme Sistemi

3 Eksenli Tezgah Döner Tabla Gereksinimi

10-) İhtiyaç Duyulan Eksen Sayısını Seçiniz

3 - Eksen

**Uygun Makinelerin Listesi**

Marka	Model	Fiyat	Ağırlık
MAZAK	VTC200C	167200	0.6498098
MAZAK	VTC300C	170500	0.7071081
CHALLENGER	VMC1600	77000	0.449803
FADAL	VMC6030	104500	0.5502839
FADAL	VMC8030	132000	0.6230055

Uygun Makineleri Listele

Veri Tabanı Temizle ve Çık

Şekil 4. Orta hacimdeki parçalar için uygulama sonuçları



Firma yetkilisi ile yapılan değerlendirme sonucu orta hacimli parçalar dikkate alınarak girilen veriler ışığında, program bize MAZAK VTC 200C,300C; CHALLENGER VMC, FADAL VMC 6030 ve 8030 tezgâhlarını önermektedir. Firma yaptığı ön değerlendirmeler sonucunda MAZAK VTC300C tezgâhını satın almayı düşünmektedir. Program sonuçlarından görüldüğü gibi MAZAK VTC300C de önerilen tezgâhlar arasındadır. Program firmanın kendisi için uygun olduğunu düşündüğü tezgâhla beraber alternatif seçenekleri de sunabilmiştir. Firma MAZAK VTC300C yanı sıra FADAL VMC8030 tezgâhını da değerlendirmeye alabilir.

#### 4.3. Orta hacimli parçalar için 5 eksenli işleme merkezi seçimi

Firmanın orta hacimli parçaları 5 eksenli bir işleme merkezinde işlemek istemesi durumuna göre veriler girildiğinde Şekil 5'deki sonuç elde edilmektedir.

Firma yetkilisi ile yapılan değerlendirme sonucu orta boyutlu parçalar için girilen veriler ışığında, hazırlanan program MAKINO A61-71 XR ve MAKINO MDC1216-5XA tezgâhlarını öncelikli olarak önermiştir.

#### 4.4. Büyük hacimdeki parçalar için işleme merkezi seçimi

Firma halihazırda HARDFORD PRO3000 tezgâhını satın almış ve kullanmaktadır. Ancak yaptığı seçimin uygun olup olmadığını test etmek istemektedir. Dolayısıyla bu uygulamada firmanın büyük hacimdeki parçaları işlemek istemesi durumunu dikkate alarak girilen veriler doğrultusunda programdan Şekil 6'daki gibi bir sonuç elde edilmiştir. Büyük hacimli parçalar için girilen veriler ışığında program; SIGMA, FIRST, AWEA, HARDFORD marka tezgâhları ekrana yansıtmaktadır. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi firmanın satın aldığı tezgâh olan HARDFORD HALLMARK PRO 3000 önerilen tezgâhlar arasındadır. Program, firmaya TOPSIS puanı 0,851 ve fiyatı daha uygun olan FIRST MVC200BT50 işleme merkezini de tavsiye edilebilmiştir.

#### 4.5. Çok büyük hacimli parçalar için işleme merkezi seçimi

Firmanın çok büyük hacimli parçaları işlemek istemesi durumu göz önünde bulundurularak veriler girildiğinde programdan Şekil 7'deki sonuç elde edilmektedir. Çok büyük hacimli parçalar için girilen veriler ışığında program AWEA LP3025 markasını önermiştir. Ancak puanları sırasıyla 0,9017 ve 0,8374 olan SIGMA SDV3224 ve AWEA LDP 3025 işleme merkezleri de firmaya önerilebilir.

**Form1**

**Kriter Ağırlıkları**

1-) Tabla Alanı Gereksinimini Giriniz Min : 200000 mm<sup>2</sup> Max : 6000000 mm<sup>2</sup> 9

2-) İş Mili Hızı Gereksinimini Giriniz Min : 5000 dev/dk Max : 30000 dev/dk 7

3-) İş Mili Güç Gereksinimini Giriniz 15 kw 6

4-) Maksimum İş Parçalarının Ağırlıklarını Giriniz 30000 kg 8

5-) İhtiyaç Duyulan Maksimum Takım Boyunu Giriniz 355 mm 4

6-) X,Y,Z Eksen gereksinimlerini Giriniz x : 600 mm y : 600 mm z : 500 mm

7-) İhtiyaç Duyulan En Büyük Takım Çapını Giriniz 150 mm 2

8-) İhtiyaç Duyulan Takım Sayısını Giriniz 20 adet 3

9-) İhtiyaç Duyulan Opsiyonel Özellikler

Talaş Konveyörü

Takım Ölçme Sistemi

3 Eksenli Tezgah Döner Tabla Gereksinimi

10-) İhtiyaç Duyulan Eksen Sayı **5 - Eksen** **5 eksenli uygun tezgâhlar**

5 Eksen İhtiyacınız İçin A ve C Eksen Gereksinimlerini Giriniz

A : 30 derece

C : 20 derece

**Uygun Makinelerin Listesi**

Marka	Model	Fiyat	Ağırlık
MAKINO	a61-5xr	280000	0.9046404
MAKINO	a71-5xr	285600	0.9999993
MAKINO	MAG3	400000	0.440504
MAKINO	MCC2516-VG	310000	0.2638335
MAKINO	MCC3016-VG	315680	0.3909048
MAKINO	MCD 1216-5XA	245000	0.8497745
GILDEMEISTER	DMU 210 P	450000	0.6179036
MAZAK	VARIAXIS 630/5X	240000	0.563869
MAZAK	VARIAXIS 730/5X	245000	0.5226417
MAZAK	VARIAXIS 630/T	235000	0.5009083

**Uygun Makineleri Listele** **Veri Tabanı Temizle ve Çık**

Şekil 5. Orta hacimli parçalar için 5 eksenli tezgah seçimi uygulama sonuçları

Form1

Kriter Ağırlıkları

1-) Tabla Alanı Gereksinimini Giriniz Min: 2000000 mm<sup>2</sup> Max: 5000000 mm<sup>2</sup> 9

2-) İş Mili Hızı Gereksinimini Giriniz Min: 5000 dev/dk Max: 15000 dev/dk 6

3-) İş Mili Güç Gereksinimini Giriniz 15 kw 6

4-) Maksimum İş Parçalarının Ağırlıklarını Giriniz 20000 kg 8

5-) İhtiyaç Duyulan Maksimum Takım Boyunu Giriniz 350 mm 5

6-) X,Y,Z Eksen gereksinimlerini Giriniz x: 1000 mm y: 800 mm z: 600 mm

7-) İhtiyaç Duyulan En Büyük Takım Çapını Giriniz 200 mm 4

8-) İhtiyaç Duyulan Takım Sayısını Giriniz 15 adet 3

9-) İhtiyaç Duyulan Opsiyonel Özellikler

Talaş Konveyörü

Takım Ölçme Sistemi

3 Eksenli Tezgah Döner Tabla Gereksinimi

10-) İhtiyaç Duyulan Eksen Sayısı Seçiniz **Firma için uygundur**

3 - Eksen

5 Eksen İhtiyacınız İçin A ve C Eksen Gereksinimlerini Giriniz

A: 0 mm

C: 0 mm

**Firmanın satın almış olduğu tezgah**

Uygun Makinelerin Listesi

Marka	Model	Fiyat	Ağırlık
SIGMA	SDV2219	195800	0.5952264
SIGMA	SDV3215	218900	0.4488949
FIRST	MCV2000BT50	138600	0.8159106
AWEA	SP2016	144100	0.4886399
AWEA	SP3016	146300	0.3889419
AWEA	SP2016HSS	385000	0.4901781
AWEA	SP3016HSS	407000	0.3842703
AWEA	VP2012HSS	352000	0.5590675
HARTFORD	PRO2000	143000	0.6539351
HARTFORD	PRO3000	154000	0.7322749

Uygun Makineleri Listele

Veri Tabanı Temizle ve Çık

Şekil 6. Büyük hacimdeki parça için uygulama sonuçları

Form1

Kriter Ağırlıkları

1-) Tabla Alanı Gereksinimini Giriniz Min: 5000000 mm<sup>2</sup> Max: 20000000 mm<sup>2</sup> 9

2-) İş Mili Hızı Gereksinimini Giriniz Min: 6000 dev/dk Max: 15000 dev/dk 6

3-) İş Mili Güç Gereksinimini Giriniz 18 kw 6

4-) Maksimum İş Parçalarının Ağırlıklarını Giriniz 20000 kg 8

5-) İhtiyaç Duyulan Maksimum Takım Boyunu Giriniz 355 mm 5

6-) X,Y,Z Eksen gereksinimlerini Giriniz x: 2000 mm y: 2000 mm z: 500 mm

7-) İhtiyaç Duyulan En Büyük Takım Çapını Giriniz 200 mm 4

8-) İhtiyaç Duyulan Takım Sayısını Giriniz 20 adet 3

9-) İhtiyaç Duyulan Opsiyonel Özellikler

Talaş Konveyörü

Takım Ölçme Sistemi

3 Eksenli Tezgah Döner Tabla Gereksinimi

10-) İhtiyaç Duyulan Eksen Sayısı Seçiniz **Çok büyük parça işlemek için en uygun tezgahlar**

3 - Eksen

5 Eksen İhtiyacınız İçin A ve C Eksen Gereksinimlerini Giriniz

A: 0 mm

C: 0 mm

Uygun Makinelerin Listesi

Marka	Model	Fiyat	Ağırlık
SIGMA	SDV3224	247500	0.901737
SIGMA	SDV4224	302500	0.6040711
SIGMA	SDV5224	330000	0.355618
SIGMA	SDV5229	357500	0.08615557
AWEA	LP3025	165000	0.8374506
AWEA	LP4025	170500	0.5509068
AWEA	LP5025	187000	0.2697593
AWEA	LP6025	264000	0.07887714
AWEA	LP3021	159500	0.9999434
AWEA	LP4021	198000	0.7748821
AWEA	LP5021	209000	0.5194315

Uygun Makineleri Listele

Veri Tabanı Temizle ve Çık

Şekil 7. Çok büyük hacimli parça için uygulama sonuçları



## 5. SONUÇ

İmalat firmaları için birçok alternatif arasından işe uygun işleme merkezini seçmek önemli bir karar verme problemidir. Geliştirilen karar destek sisteminde işleme merkezi seçiminde TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Program ile işleme merkezi seçimi yapılırken pratik uygulamalar dikkate alınarak kriterler ağırlıklandırılmıştır.

Çalışmada ön eleme modülü ile öncelikle veri tabanından işe uygun tezgâhlar çağırılmakta, ardından TOPSIS yöntemiyle kendi aralarında sıralanmaktadır. Ayrıca seçim kriterlerinin ağırlıkları kullanıcı tarafından değiştirilebilir nitelikte olduğu için program farklı önceliklere göre işleme merkezi seçimi yapmaya uygun bir niteliktedir. Programın güncelliğini koruması için son çıkan işleme merkezlerinin verilerinin veri tabanına girilmesi gerekmektedir. Geliştirilen karar destek sistemi; işe uygun işleme merkezlerini belirleyebilmekte ve karar verme süresini kısaltmaktadır.

Bu çalışma, sadece yatay ve dikey işleme merkezlerini kapsamaktadır. İleriki dönemlerde yapılacak çalışmalarda işleme merkezleri gibi yaygın kullanılan tornalama merkezleri, taşlama merkezleri ve alışılmamış imalat yöntemlerine yönelik tezgâhları da içeren daha kapsamlı bir karar destek sistemi geliştirilebilir.

### **A DECISION SUPPORT SYSTEM THAT CAN BE USED IN SELECTION OF MACHINING CENTER FOR SMALL AND MEDIUM SIZE ENTERPRISES**

With the globalization of business, competitive economy, developments on computer, electronic and mechanical technology the firms are forced to buy new machining centers. Selecting a machining center that will be used in a manufacturing facility is a difficult and complex decision making problem. It has to take into account of wide varying properties of the machine tools and the parts that will be machined. In this study, a decision support system was developed by considering practical applications to help the decision maker to select machining center. Suitable machining centers are selected from the database according to answers of the user to the questions.

**Keywords:** Machining Centers, CNC, Manufacturing, Small and Medium Size Enterprises, TOPSIS.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar çalışmanın gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen firmaya ve yöneticilerine teşekkür ederler. Firma isteği doğrultusunda firma bilgileri çalışmada gizli tutulmuştur.

## KAYNAKÇA

1. Huang, B., Li, C., Yin, C., Zhao, X. Cloud manufacturing service platform for small- and medium-sized enterprises. *Int J Adv Manuf Technol*, 65,(2013)1261–1272.
1. 2.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),(2008), 85-95.
2. Lin, Z-C., Yang C-B. Evaluation of machine selection by the AHP method. *J Mater Proc Technol* 57(1996)253–258.
3. 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, pp 193–198 (2004).
4. 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(1995)189–197.
5. 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(1994)131–143.
6. Yurdakul M. AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection. *J Mater Proc Tech* 146 (2004) 365–376
7. Sun S. Assessing computer numerical control machines using data envelopment analysis. *Int J Prod Res* 40(9), (2002) 2011–2039
8. 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),(2000)2079–2097
9. Yurdakul, M., İç, Y.T. Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(1), (2009) 310–317.

10. Yurdakul, M., İç, Y.T. Application of correlation test to criteria selection for multi criteria decision making (MCDM) models. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40(3-4), (2009), 403–412.
11. İç, Y.T., Yurdakul, M. Development of a decision support system for machining center selection”, *Expert Systems With Applications*, 36(2), (2009) 3505–3513.
12. 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, pp 752–757, (2002).
13. İç, Y.T., Yurdakul, M., Eraslan, E. Development of a Component Based Machining Center Selection Model using AHP”. *International Journal of Production Research*. 50(22), 2012, 6489–6498.
14. Atmani, A. Lashkari, R.S., A model of machine-tool selection and operation allocation in Flexible Manufacturing System. *International Journal of Production Research*, 36(5), (1998)1339-1349.
15. Gerrard, W. Selection Procedures Adopted by Industry for Introducing New Machine Tools. *Advances in Manufacturing Technology III, Proc. Fourth Natl. Conf. on Production Research*, Kogan Page, London, (1988), 525- 536.
16. Haddock, J. and Hartshorn, T. A., “A Decision Support System for Specific Machine Selection”, *Computers and Industrial Engineering* 16(2), 1989, 277-286.
17. Chakraborty, S., Boral, S. A developed case-based reasoning system for machine tool selection. *Benchmarking: An International Journal*, 24(5), (2017)1364-1385.
18. Penga, C., Dua, H., Liao, T.W. A research on the cutting database system based on machining features and TOPSIS. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 43,(2017) 96–104
19. Hwang, C. L., Yoon, K. *Multiple attributes decision making methods and applications*. Berlin: Springer, (1981).