

## ÜRETİM İŞLETMELERİNDE LAZER KESME MAKİNELERİNİN PROMETHEE YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

*Yrd. Doç. Dr. Aşkın ÖZDAĞOĞLU*  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
İşletme Fakültesi  
askin.ozdagoglu@deu.edu.tr

### ÖZET

*Karar verme sürecinde yöneticiler çok sayıda değerlendirme ölçütünü birarada düşünmek zorundadır. Bu ölçütlerden bazılarının değerlerinin mümkün olduğunca yüksek çıkması bazılarının ise küçük olması arzu edilen durumdur. Bu zıt yapıdaki değerlerin birarada incelenmesine olanak sağlayan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden birisi Promethee'dir. Bu çalışma kapsamında, çalışma hassasiyeti, kesim hızı, konumlama hızı, ivme ve eksen derinliği değerlendirme ölçütlerine göre lazer kesme makineleri Promethee yöntemi kullanılarak karşılaştırılacaktır. Bu ölçütlerden çalışma hassasiyet değerinin küçük olması istenen özellik olarak farklılık göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Üretim Yönetimi, Çok Ölçütlü Karar Verme, Promethee.

## COMPARISON OF LASER CUTTING MACHINES IN PRODUCTION COMPANIES WITH PROMETHEE METHOD

### ABSTRACT

*Managers must think many evaluation criteria together. Some of these criteria values must be higher, but some of them must be low. Promethee method enables to evaluate of these opposite values. In this study, laser cutting machines will be compared according to working accuracy, cutting speed, point to point speed, acceleration and axis movement evaluation criteria by using Promethee method. Working accuracy value differs from the other evaluation criteria because lower working accuracy value is preferable.*

**Keywords:** Production Management, Multicriteria Decision Making, Promethee.

## 1. Giriş

Karar verme süreci her zaman çeşitli alternatiflerin karşılaştırılması sonucunu doğurmaktadır. Bu alternatifler karşılaştırılırken de birbirinden farklı yapıya sahip pek çok değerlendirme ölçütünün bir arada incelenmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaca cevap verebilmek amacıyla çeşitli çok ölçütlü karar verme yöntemleri geliştirilmiştir. Promethee yöntemi bu çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden birisidir. Promethee yönteminin ayırt edici özelliklerinden birisi farklı değerlendirme ölçütleri için alternatifleri karşılaştırma sırasında farklı fonksiyon tiplerinin seçilebilmesidir. Diğer bir ayırt edici nokta ise problemde yer alan değerlendirme ölçütlerinin bazılarının mümkün olduğunca yüksek olması istenen durumu ifade ederken, bazı değerlendirme ölçütlerinin mümkün olduğunca küçük olması istenen bir durumu ifade ettiğinde, bu zıt yapıdaki ölçütlerin bir arada incelenebilmesi için Promethee yönteminden yararlanılabilmektedir. Mümkün olduğunca küçük olması tercih sebebi olan değerlendirme ölçütleri için örnek olarak, maliyet ve bir parçanın işlenmesi için gereken birim zaman verilebilir. İşte Promethee yöntemi, maliyet ve birim zaman gibi değerlendirme ölçütlerini de diğer ölçütlerle birlikte sürece katarak karşılaştırma yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bunlara ilave olarak belirtmek gerekirse, değerlendirme ölçütlerinin ölçü birimlerinin farklı olması da yapılan karşılaştırmalarda bir sıkıntı yaratmamaktadır.

Bu çalışmada öncelikle lazer kesme işlemi hakkında açıklama yapılacak, daha sonra Promethee yönteminin işleyişi açıklanacak, ardından Promethee yönteminin çeşitli işletme problemlerinin çözümünde kullanımına yönelik bir literatür incelemesi verilecektir. Uygulama kısmında ise üretim işletmelerinin ihtiyaç duyabilecekleri bir makine türü olan lazer kesme makinesi için üç farklı alternatif çalışma hassasiyeti, kesim hızı, konumlama hızı, ivme ve eksen derinliği değerlendirme ölçütlerine göre karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilecektir.

## 2. Lazer Kesme

Lazer ışını; karbondioksit lazer tezgahlarında, karbondioksit gazına elektrik akımı verilerek oluşturulur. Verimi arttırmak için karbondioksit gazına azot ve helyum gazı eklenir. Elde edilen lazer ışını ile çeşitli tezgahlarda yapılan kesim işlemine ise Lazer Kesim denilmektedir. Lazer ışınının bu şekilde elde edilmesinin kolaylaşması ile, uygulama alanlarında artış görülmüştür. Lazer kesim ile üretim yapılmasının en önemli sebebi, üretim hatasını minimum düzeye indirmek ve otomasyonu sağlayabilmek olarak ifade edilebilir. Mühendislikte ve sanayide rahatça kullanılabilmesi lazer kesime olan ilgiyi oldukça arttırmıştır (<http://www.lazer-kesim.net/lazer-kesim> ; 06.06.2013).

Lazer kesim ile yapılan kesme işlemlerinden aparat ve kalıptan tasarruf sağlanır. İş yükü makinelerine bindiği için insan faktöründen kaynaklanan hatalarda dolaylı olarak azalmış olur. Fason, ahşap, CNC kesim gibi çeşitli birçok lazer kesim yöntemi bulunmaktadır. Lazerin çeşitli tezgahlarda uygulanmasıyla üretim 24 saat yapılabilir ve seri üretim sağlanmasıyla maliyet azalmaktadır. Aynı plaka sac üzerinden birbirinden farklı parçaların işlenebilmesi, sac deformasyonunun oluşmaması gibi avantajları da bulunmaktadır (<http://www.lazer-kesim.net/lazer-kesimin-avantajlari>; 06.06.2013).

Nikel alaşımları, çelik, krom, titanyum, paslanmaz çelik, alüminyum ve alaşımları vb. malzemelerin kesme işlemleri yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra özellikle Autocad programının kullanımının sağladığı avantajlar ile kesimler daha kısa sürede yapılmakta ve parçalar aynı anda takımlar halinde kesilebilmektedir (<http://www.lazer-kesim.net/lazer-kesim> ; 06.06.2013).

### 3. Promethee Yöntemi

“The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation” olarak ifade edilen Promethee yöntemi, 1982 yılında Brans tarafından geliştirilen ve 1985 yılında da Vincke ve Brans tarafından genişletilen bir çok ölçütlü bir sıralama yöntemidir (Behzadian vd., 2010). Yöntemin ayırtedici noktası normalizasyon işlemi yapmanın yanı sıra, ikili karşılaştırmalarda her bir değerlendirme ölçütü için farklı fonksiyon tiplerinin kullanılabilmesidir. Promethee yöntemi aşağıda gösterilen işlemler yapılarak uygulanır. (Behzadian vd., 2010):

**Adım 1.**  $k$  ( $1, 2, \dots, k$ ) ölçüt sayısını göstermek koşuluyla,  $w=(w_1, w_2, \dots, w_k)$  ağırlıkları ile  $k$  ölçüt  $c=(f_1, f_2, \dots, f_k)$  tarafından değerlendirilen alternatiflere  $A=(a, b, c, \dots, m)$  ilişkin veri matrisi, Tablo 1.’de verilen şekilde oluşturulur.

**Tablo 1: Veri Matrisi**

	Ölçüt 1 ( $f_1$ )	Ölçüt 2 ( $f_2$ )	...	Ölçüt $k$ ( $f_k$ )
Alternatif $a$	$f_1(a)$	$f_2(a)$	...	$f_k(a)$
Alternatif $b$	$f_1(b)$	$f_2(b)$	...	$f_k(b)$
...	...	...	...	...
Alternatif $m$	$f_1(m)$	$f_2(m)$	...	$f_k(m)$
Ağırlıklar	$w_1$	$w_2$	...	$w_k$

**Adım 2.** Ölçütler için tercih fonksiyonları tanımlanır. Promethee yönteminde kullanılan 6 farklı tercih fonksiyonu Tablo 2.’de gösterilmiştir.

**Tablo 2: Tercih Fonksiyonları**

Tip	Parametreler	Fonksiyon
Birinci Tip (Olağan)	-	$P x = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ 1 & x > 0 \end{cases}$
İkinci Tip (U Tipi)	$l$	$P x = \begin{cases} 0 & x \leq l \\ 1 & x > l \end{cases}$
Üçüncü Tip (V Tipi)	$m$	$P x = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \frac{x}{m} & 0 < x \leq m \\ 1 & x > m \end{cases}$
Dördüncü Tip (Seviyeli)	$q, p$	$P x = \begin{cases} 0 & x \leq q \\ \frac{1}{2} & q < x \leq q + p \\ 1 & x > q + p \end{cases}$
Beşinci Tip (Doğrusal)	$s, r$	$P x = \begin{cases} 0 & x \leq s \\ \frac{x-s}{r} & s < x \leq s + r \\ 1 & x > s + r \end{cases}$
Altıncı Tip (Gaussian)	$\sigma$	$P x = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \frac{x^2}{1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}} & x > 0 \end{cases}$

**Kaynak:** Brans & Vincke, 1985: 650-651

**Adım 3.** Ölçütler için belirlenen tercih fonksiyonları kullanılarak alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir;  $a$  ve  $b$  alternatifleri için ortak tercih fonksiyonunun hesaplanması Eşitlik 1.'de gösterilmiştir.

$$P_{a,b} = \frac{p f a - f b}{p f b - f a} \begin{array}{l} \text{değerlendirme ölçütü enbüyükleme ise} \\ \text{değerlendirme ölçütü enküçükleme ise} \end{array} \quad (1)$$

**Adım 4.** Ortak tercih fonksiyonlarına göre her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir.  $\sum_{i=1}^k w_i = 1$  olması koşuluyla,  $W_i$  ( $i=1,2,\dots,k$ ) ağırlıklarına sahip olan  $k$  ölçüt tarafından değerlendirilen  $a$  ve  $b$  alternatiflerinin tercih indeksi Eşitlik 2. ile hesaplanır.

$$\pi_{a,b} = \sum_{i=1}^k w_i P_i(a,b) \quad (2)$$

**Adım 5.** Alternatifler için Pozitif üstünlük ( $\Phi^+$ ) Eşitlik 3., negatif üstünlük ( $\Phi^-$ ) ise Eşitlik 4. ile hesaplanır.

$$\Phi^+ = \frac{1}{m-1} \pi_{a,A} A(b,c,d,\dots,m) \quad (3)$$

$$\Phi^- = \frac{1}{m-1} \pi_{A,a} A(b,c,d,\dots,m) \quad (4)$$

**Adım 6.** Promethee-I ile kısmi öncelikler belirlenir. Kısmi öncelikler alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarının, birbirinden farksız olan alternatiflerin ve birbirleriyle karşılaştırılmayacak olan alternatiflerin belirlenmesini sağlar.  $a$  ve  $b$  gibi iki alternatif için kısmi önceliklerin belirlenmesinde aşağıda verilen durumlar söz konusudur.

➤ Aşağıdaki koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa,  $a$  alternatifi  $b$  alternatifine tercih edilir.

$$\Phi^+ a > \Phi^+ b \text{ ve } \Phi^- a < \Phi^- b$$

$$\Phi^+ a > \Phi^+ b \text{ ve } \Phi^- a = \Phi^- b$$

$$\Phi^+ a = \Phi^+ b \text{ ve } \Phi^- a < \Phi^- b$$

➤ Aşağıda verilen koşul sağlanıyor ise  $a$  alternatifi ile  $b$  alternatifi farksızdır.

$$\Phi^+ a = \Phi^+ b \text{ ve } \Phi^- a = \Phi^- b$$

➤ Aşağıdaki koşullardan herhangi biri sağlanıyor ise,  $a$  alternatifi  $b$  alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\Phi^+ a > \Phi^+ b \text{ ve } \Phi^- a > \Phi^- b$$

$$\Phi^+ a < \Phi^+ b \text{ ve } \Phi^- a < \Phi^- b$$

**Adım 7.** Promethee II ile alternatifler için tam öncelikler Eşitlik 5. ile hesaplanır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek tam sıralama belirlenir.

$$\Phi a = \Phi^+ a - \Phi^- b \quad (5)$$

$a$  ve  $b$  gibi iki alternatif için hesaplanan tam öncelik değerine bağlı olarak aşağıda verilen kararlar alınır.

$\Phi a > \Phi b$  ise,  $a$  alternatifi daha üstündür,

$\Phi a = \Phi b$  ise,  $a$  ve  $b$  alternatifleri farksızdır.

#### 4. Literatür İncelemesi

Küresel çapta faaliyet gösteren firmaların pazara ve müşterilere yakın olma, farklı ülkelerin yatırım teşviklerinden yararlanma ve işçilik maliyetinin düşük olduğu ülkelerde faaliyet gösterme gibi amaçlarla ürüne ilişkin imalat, montaj gibi farklı aşamalarını farklı ülkelerde yapma gayretlerinin sonucu olarak önerilen beş farklı yapılanma Promethee yöntemi ile değerlendirilmiştir (Lanza & Ude, 2010). Gerçek sayılarla ifade edilebilen ölçütleri içeren problemlerle uğraşan Promethee yöntemi için günlük hayatta dilsel olarak ifade edilebilen ölçütleri sayısal olarak modelleyebilmek amacıyla bulanık küme yaklaşımından yararlanılmış ve Bulanık girdiler kullanılarak genişletilen Promethee yöntemi, aynı sınıftan yedi farklı otomobil seçimi için fiyat, yakıt, performans ve güvenlik ölçütleri kullanılarak uygulanmıştır (Ballı vd., 2007). Hong Kong'ta çevre koruma faaliyetleri kapsamında hava partiküllerinin olağan bileşimini etkileyen deniz tuzu, dizel araçlar, benzinli araçlar, toprak, yoldan kaynaklanan toz, yanmış yağ ve sülfat faktörleri açısından farklı yerleşim alanlarının ne kadar temiz olduğu konusunda inceleme yapmak için Promethee yöntemi ile tam öncelikler belirlenmiştir (Friend vd., 2011). Doğru işe doğru adayın seçilmesi için işletme gereksinimlerinin doğru bir biçimde belirlenmesine ve alternatifler arasından en uygun adayın seçilmesine yardımcı olacak bir sistem kurulmasında, bir işletmenin personel seçim süreci incelenmiş ve Promethee sıralama yöntemi ile alternatif bir seçim yöntemi geliştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle, kriterler ile alternatif işgörenler tespit edilmiş ve alternatif adayların öncelikleri Promethee yöntemi ile hesaplanarak öncelik sıraları belirlenmiştir. Bu yeni yöntem ile gerekli kriterleri sağlayan alternatif adaylar arasından en uygun işgörenin belirlenmesi ve işletmelerde doğru işgörenin seçilememesinden kaynaklanan maliyetler ve seçim sürecindeki kişiye bağlı objektif olmayan değerlendirmelerin en aza indirilmesi amaçlanmıştır (Kücü, 2007). Avustralya'nın altın sahili bölgesinde çevre yollarındaki akışkan organik bileşiklerin temizlenmesi sürecinde yağış karakteristikleri DecisionLab 2000 bilgisayar yazılımı kullanılarak Promethee yöntemi ile değerlendirilmiştir (Mahbub vd., 2011). 100 farklı dergide arama yapılarak karar verme sürecine yardım için Promethee yönteminin kullanıldığı 217 makale incelenmiş ve uygulama alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Çalışmaların yoğunlaştığı ana başlıklar, çevre yönetimi, su bilimleri ve su yönetimi, işletme ve finansal yönetim, kimya, lojistik ve ulaşım, imalat ve montaj, enerji yönetimi ve sosyal bilimler olarak belirlenmiştir (Behzadian vd., 2010). Yunanistan'da gerek finansal gerekse kalitatif verilere bakarak bankaları değerlendirmek amacıyla Promethee yöntemi kullanılmıştır. Tüm sayısal değerlendirme ölçütleri için altıncı tip (Gaussian) fonksiyon kullanılırken, kalitatif değerlendirme ölçütleri için birinci tip (olağan) fonksiyon kullanılmıştır. Bankaların genel performans indeksinin hazırlanması sürecinde göz önüne alınan ana ölçütler sermaye, aktif varlığı, yönetim, gelir, cari aktifler ve Pazar olarak belirlenmiştir. Bu ana ölçütler altında değerlendirmeye tabi tutulan alt ölçütlerden bazıları ise finansal ölçüt kategorisinde sermaye yeterlilik oranı, risk içeren aktif varlıkların toplam aktif varlığına oranı, işletme giderlerinin faaliyet karına oranı, personel maliyetinin toplam aktif varlığına oranı, net gelirin toplam aktif varlığına oranı, net gelirin özsermayeye oranı, faiz gelirlerinin toplam aktif varlığına

oranı, diğer faaliyet gelirlerinin toplam aktif varlığına oranı kalitatif değerlendirme ölçütleri kategorisinde üst düzey yöneticilerin vasıfları, yöneticilerin tecrübesi, ileriye bakış, strateji oluşturma, bilişim sistemlerini yönetebilme, iç kontrol mekanizmaları, finansal risk yönetim sistemi, uygulamaların izlenebilmesi, yöneticilerin doğru ve zamanında bilgi toplayabilmeleri, bilişim teknolojisi sistemleri olarak ifade edilebilir (Doumpos & Zopounidis, 2010). Proje seçimi için Promethee yönteminden yararlanılmıştır (Halouani vd., 2009). Piyasada mevcut olan dört farklı patates cipsi modeli tahlil edilerek Promethee yöntemine göre değerlendirilmiştir (Ni vd., 2011). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Promethee yöntemlerinin güçlü ve zayıf yanları incelenmiş ve karar vericilere daha fazla fayda sağlayabilmek amacıyla çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin bir arada kullanılması önerilmiş ve örnek üzerinde Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile Promethee birleştirilmiştir (Macharis vd., 2004). Otomotiv sektöründe hayati önem taşıyan kuvvetli aşınmaya maruz kalan sürtünme malzemesinin üretim sürecinde en uygun bileşimin belirlenmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci ve Promethee yöntemleri birlikte kullanılmıştır. En uygun formülün bulunabilmesi için öncelikle deneyler yapılmış ve bu formül içeriğinde yer alacak olan bileşenler için farklı oranlar denenmiştir. Son aşamada alternatif formül bileşimlerinin tercih sırasını oluşturmak için Promethee yöntemi kullanılmıştır (Zhu vd., 2010). Doğru hisseyi doğru zamanda seçme konusunda İran'da Tahran borsası verileri sektör değerlendirmesi ve şirket değerlendirmesi ana başlıkları altındaki etkin olan ölçütler uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucu belirlenmiş ve önem değerleri Promethee yöntemi ile incelenmiştir (Albadvi vd., 2007). Kalkınmakta olan ülkelerde bilişim teknolojilerinin gelişimine yol gösterecek bir ulusal strateji modeli tanımlamak amacıyla İran üzerinde inceleme yapılmıştır (Albadvi, 2004). Çok amaçlı optimizasyon problemleri için ilk aşamada evrimsel algoritmalar ile optimize edilen simülasyondan türetilen veri setlerine Promethee uygulanmıştır (Parreiras, Vasconcelos, 2007). Kıbrıs Rum kesiminde üç farklı yenilenebilir enerji stratejisinin değerlendirilmesinde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci, Electre & Promethee yöntemleri ile sıralama yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu seçim sürecinde göz önüne alınan değerlendirme ölçütleri, yenilenebilir enerjiye yönelik teknoloji türünün olgunlaşması, ilk yatırım maliyeti, etkinlik, yenilenebilir enerji türünün ülkedeki potansiyeli ve halkın bu teknolojiyi benimsemesi şeklinde belirlenmiştir. Bu değerlendirme ölçütlerinin yanında yapılacak benzer çalışmalarda karbon salınımı, politik irade gibi farklı değerlendirme ölçütlerinin de seçim sürecinde incelenebileceğine vurgu yapılmıştır (Theodorou vd., 2010). Düşük ısıdaki jeotermal alanlarda girdilerin net olarak tanımlanmadığı durumlarda kullanılmak üzere alternatif enerji kullanım planlarının değerlendirilmesi için bulanık mantık yapısı kullanılarak bulanık sayılar oluşturulmuş ve F-Promethee adıyla önerilmiştir (Goumasb & Lygerou, 2000). Çevreye daha az zarar veren üretim teknolojilerinin ve ürünlerin günümüzde giderek ön plana çıkması nedeniyle otomotiv sektöründe karbondioksit, karbonmonoksit vb. Kimyasal madde salınım değerlerine göre Citroen C4, Ford Focus, Ford Mondeo, Renault Megane Scenic, Toyota Avensis, Toyota RAV4, Volkswagen Beetle ve Volkswagen Sharan modelleri Promethee yöntemi ile değerlendirilmiştir (Beynon & Wells, 2008). Çok sayıda faktörün dikkate alınmasını gerektiren ve tedarik zinciri yönetiminin en önemli adımlarından birisi olup, işletmenin kısa ve uzun vade için belirlemiş olduğu hedeflere ulaşmasında önemli rol oynayan tedarikçi seçimi problemi, Promethee ile ele alınmış ve alternatif tedarikçilerin öncelik sıraları bu yöntem ile hesaplanmıştır (Dağdeviren &

Eraslan, 2008). Melbourne’de su dağıtım şebekesi performans değerlendirmeleri şebeke paydaşları olan su kullanıcıları, kaynak yöneticileri ve çevre grupları açısından DecisionLab 2000 paket programı vasıtasıyla Promethee yöntemi ile yapılmıştır (Kodikara vd., 2010). Karmaşık çok ölçütlü karar verme süreçlerini daha kolay çözüm ulaşacak şekilde parçalara ayırmak için bir model önerilmiş ve model kapsamında Electre, Topsis, Promethee gibi çok ölçütlü karar verme yöntemleri karşılaştırılmıştır (Frini vd., 2012). Büyükşehirlerin temel sorunlarından biri olan ulaşım ile ilgili olarak metro istasyonlarının performansını değerlendirmede bir model önerilmiş ve bu model kapsamında Promethee yöntemi, Monte Carlo simülasyonu ve fayda teorisi ile bütünleştirilmiştir (Semaan & Zayed, 2010). Hırvatistan’da Zagreb borsasına ilişkin gerçek bir uygulama yapılmış ve iki aşamalı bir çalışma sonucu Promethee yöntemi ile portföy oluşturulmuştur. İlk aşamada optimum portföyün içerisinde yer alacak olan sektörlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Bu amaçla, gıda, inşaat, turizm, deniz taşımacılığı ve bankacılık sektörleri değerlendirilmiştir. Bu sektörlerin portföy içerisindeki paylarının belirlenmesinin ardından ikinci aşamada Hırvat sermaye piyasalarında işlem gören ve bu sektörlerde yer alan firmaların optimal portföydeki hisse payları belirlenmiştir (Marasovic & Babic, 2011). Promethee yöntemi ile ilgili pek çok teorik ve pratik çalışmada kullanıldığı düşünülerek Beşinci tip (doğrusal) fonksiyon tipi seçilmiş ve genetik algoritmanın da içinde bulunduğu bir model oluşturulmuş, ardından kredi puanlama sürecinde önerilen model kullanılmıştır (Vukovic vd., 2012). Artan çevre sorunlarına çözüm getirebilmek amacıyla sera gazı emisyon değerlerini düşürmek için yenilenebilir enerji kaynağı türü olarak bitkisel ve hayvansal artıklardan elde edilen biyoyakıt türünün seçiminde Promethee yönteminden yararlanılmıştır. Bu çalışma kapsamında biyoyakıt alternatifleri olarak odun, saman, çim, baklagiller kümes hayvanlarının artıkları gerek sayısal olarak ölçülebilen gerekse ölçülemeyen çevresel, teknik ve ekonomik faktörler açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme ölçütleri azot salınımı, kükürt salınımı, metan gazı salınımı, üretim maliyeti, kullanıcıya ulaştırabilme, sağladığı ısı ve kullanılan teknolojinin olgunluk seviyesi olarak görülmüştür (Sultana & Kumar, 2012). Köprü inşaatında ihtiyaç duyulan destek kablolarının tercihinde Promethee yöntemi kullanılmıştır (Korkmaz vd., 2012). Ev tasarımına yönelik alternatifler Topsis, Vikor ve Promethee gibi farklı çok ölçütlü karar verme yöntemleriyle incelenerek sonuçları karşılaştırılmıştır. Promethee yönteminin uygulanması kapsamında mevcut tasarım problemi birinci tip (olağan), üçüncü tip (u tipi) ve dördüncü tip (seviyeli) tercih fonksiyonlarının her biri için ayrı ayrı incelenip tercih fonksiyonunun farklılaşması durumunda meydana gelen değişimlerde incelemeye alınmıştır (Mela vd., 2012). Belçika hükümetinin araç yoğunluğu nedeniyle artan çevre sorunlarıyla mücadele etmek için oluşturduğu senaryolar Analitik Hiyerarşi Süreci ve Promethee yardımıyla değerlendirilmiştir. Alternatif senaryoların değerlendirilmesinde kullanılacak ölçütlerin ağırlıklarını belirlemek için Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılmış ve ardından senaryoların tercih sırasını oluşturmak için Promethee yöntemine başvurulmuştur. Değerlendirme ölçütlerinin bazıları, karbondioksit, hidrokarbonlar, azotoksitler gibi maddelerin salınım değerleri, finansal yapılabirlik, teknik yapılabirlik, sosyo-politik açıdan benimsenme olarak ifade edilebilir. (Turcksin vd., 2011).

Literatür incelemesindeki örnek çalışmalardan da görüleceği üzere Promethee yöntemi; büyük çaplı işletmelerin küresel stratejilerini saptama, çevreye duyarlı

otomobil gibi çeşitli ürünlerin tasarlanması, çevresel etkilerin değerlendirilmesi, performans değerlendirmeleri, tedarikçi seçim problemi, otomobil modellerinin karşılaştırılması, finans piyasasında portföy oluşturma, banka performanslarının incelenmesi gibi pek çok işletmecilik faaliyetinde kullanılmaktadır.

## 5. Uygulama

Uygulama kapsamında üç farklı lazer kesme makinesi için teknik bilgiler toplanmıştır. Lazer kesme makinelerine ilişkin belirgin teknik değerler kesim hızı, konumlama hızı, çalışma hassasiyeti, ivme ve eksen derinliğidir. Bu değerlendirme ölçütlerinden çalışma hassasiyeti değerinin mümkün olduğunca küçük olması arzu edilen durum iken diğer bütün değerler için mümkün olduğunca yüksek olması istenmektedir. Bu değerlendirme ölçütlerinin ölçüm birimleri de aynı değildir. Değerlendirme ölçütleri ve bunlara ilişkin ölçüm birimleri Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3: Değerlendirme Ölçütleri ve Ölçüm Birimleri**

Değerlendirme ölçütü	Kesim Hızı	Konumlama Hızı	Çalışma Hassasiyeti	İvme	Eksen Derinliği
Ölçüm birimi	$\frac{milimetre}{saniye}$	$\frac{milimetre}{saniye}$	Mikrometre	$\frac{milimetre}{saniye^2}$	milimetre
Birim simgesi	$\frac{mm}{sn}$	$\frac{mm}{sn}$	$\mu m$	$\frac{mm}{sn^2}$	mm

Üç farklı lazer kesme makinesinin bu değerlendirme ölçütlerine göre sahip oldukları değerlere Adım 1'de gösterilen veri matrisini oluşturacaktır. Bu veri matrisi Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4: Lazer Kesme Makineleri Veri Matrisi**

Değerlendirme Ölçütleri	1	2	3	4	5
	Kesim Hızı	Konumlama Hızı	Çalışma Hassasiyeti	İvme	Eksen Derinliği
Birim simgesi	$\frac{mm}{sn}$	$\frac{mm}{sn}$	$\mu m$	$\frac{mm}{sn^2}$	mm
Alternatif a	500	800	10	200	200
Alternatif b	500	1600	10	166	50
Alternatif c	130	225	50	1200	50

**Kaynaklar:** [http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori\\_id=2&id=7#sayfabasi](http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori_id=2&id=7#sayfabasi) ; 09.05.2012  
[http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori\\_id=2&id=21#sayfabasi](http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori_id=2&id=21#sayfabasi) ; 09.05.2012  
[http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori\\_id=2&id=22#sayfabasi](http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori_id=2&id=22#sayfabasi) ; 09.05.2012

Adım 2'de ölçütler için tercih fonksiyonları tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada mesafenin zamana oranlanması temelinde hız ve ivme ölçütleri olan kesim hızı, konumlama hızı ve ivme ölçütleri için üçüncü tip (V tipi) fonksiyon yapısının, uzunluk ölçümü yapan çalışma hassasiyeti ve eksen derinliği ölçütleri için beşinci tip (doğrusal) fonksiyon kullanımı uygun bulunmuştur. Ayrıca bu değerlerin farklı aralıklarda yer alması nedeniyle her bir değerlendirme ölçütü için farklı parametreler



tespit edilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme ölçütleri için belirlenen parametreler ve buna göre tanımlanan fonksiyonlar Tablo 5’te sunulmuştur.

**Tablo 5: Değerlendirme Ölçütleri İçin Kullanılan Parametreler ve Fonksiyonlar**

Değerlendirmeölçütü	Tip	Parametreler	Fonksiyon
Kesim Hızı	Üçüncü Tip (V Tipi)	100	$P_x = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \frac{x}{100} & 0 < x \leq 100 \\ 1 & x > 100 \end{cases}$
Konumlama Hızı	Üçüncü Tip (V Tipi)	200	$P_x = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \frac{x}{200} & 0 < x \leq 200 \\ 1 & x > 200 \end{cases}$
Çalışma Hassasiyeti	Beşinci Tip (Doğrusal)	10, 15	$P_x = \begin{cases} 0 & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{15} & 10 < x \leq 10+15 \\ 1 & x > 10+15 \end{cases}$
İvme	Üçüncü Tip (V Tipi)	50	$P_x = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \frac{x}{50} & 0 < x \leq 50 \\ 1 & x > 50 \end{cases}$
Eksen Derinliği	Beşinci Tip (Doğrusal)	s, r	$P_x = \begin{cases} 0 & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{100} & 50 < x \leq 50+100 \\ 1 & x > 50+100 \end{cases}$

Adım 3’e göre Eşitlik 1 yardımıyla ölçütler için belirlenen tercih fonksiyonları kullanılarak alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir. Her iki tip fonksiyon türüne göre ortak tercih fonksiyonları Tablo 6’da sunulmuştur.

**Tablo 6: Ortak Tercih Fonksiyonları**

	Ortak Tercih Fonksiyonu		Ortak Tercih Fonksiyonu
$P_1 a, b$	0	$P_4 a, b$	0,68
$P_1 a, c$	1	$P_4 a, c$	0
$P_1 b, a$	0	$P_4 b, a$	0
$P_1 b, c$	1	$P_4 b, c$	0
$P_1 c, a$	0	$P_4 c, a$	1
$P_1 c, b$	0	$P_4 c, b$	1
$P_2 a, b$	0	$P_5 a, b$	1
$P_2 a, c$	1	$P_5 a, c$	1
$P_2 b, a$	1	$P_5 b, a$	0
$P_2 b, c$	1	$P_5 b, c$	0
$P_2 c, a$	0	$P_5 c, a$	0
$P_2 c, b$	0	$P_5 c, b$	0
$P_3 a, b$	0		
$P_3 a, c$	1		
$P_3 b, a$	0		

	Ortak Tercih Fonksiyonu		Ortak Tercih Fonksiyonu
$P_3 b, c$	1		
$P_3 c, a$	0		
$P_3 c, b$	0		

Eşitlik 2 kullanılarak ortak tercih fonksiyonlarına göre her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir. Her alternatif çifti için tercih indeksleri Tablo 7’de görülmektedir. Bu hesaplama yapılırken değerlendirme ölçütlerine ilişkin ağırlık değerleri eşit öneme sahip oldukları düşünülerek 0,2 olarak alınmıştır.

**Tablo 7: Tercih İndeksleri**

	Tercih İndeksi
$\pi a, b$	0,336
$\pi a, c$	0,8
$\pi b, a$	0,2
$\pi b, c$	0,6
$\pi c, a$	0,2
$\pi c, b$	0,2

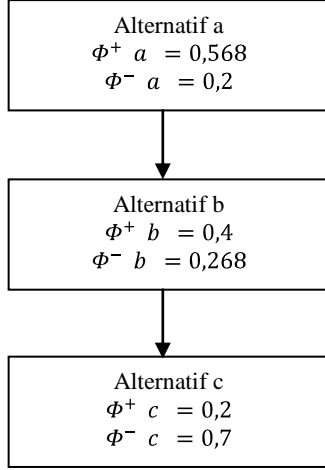
Alternatifler için Pozitif üstünlük ( $\Phi^+$ ) Eşitlik 3., negatif üstünlük ( $\Phi^-$ ) ise Eşitlik 4. ile hesaplanır. Pozitif üstünlük ( $\Phi^+$ ) ve negatif üstünlük ( $\Phi^-$ ) değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8: Üstünlük Değerleri**

	Üstünlük değeri
$\Phi^+(a)$	0,568
$\Phi^+(b)$	0,4
$\Phi^+(c)$	0,2
$\Phi^-(a)$	0,2
$\Phi^-(b)$	0,268
$\Phi^-(c)$	0,7

Adım 6’da açıklanan koşulların sağlanıp sağlanmama durumuna göre Promethee-I ile kısmi öncelikler belirlenir. Bu koşulların sağlanması durumuna göre kısmi öncelikler Şekil 1’de gösterilmiştir.

### Şekil 1. Birinci Tip Fonksiyon Türüne Göre Promethee-I ile Kısmi Öncelikler



Bu değerlere göre Alternatif a en uygun seçenektir.

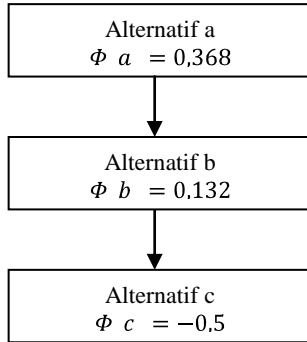
Son olarak Eşitlik 5 kullanılarak Promethee II ile alternatifler için tam öncelikler hesaplanır. Her iki tip fonksiyon türüne göre alternatiflerin tam öncelik değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

**Tablo 9: Alternatiflerin Tam Öncelik Değerleri**

	Birinci Tip Ortak Tercih Fonksiyonu
$\Phi(a)$	0,368
$\Phi(b)$	0,132
$\Phi(c)$	-0,5

Bu değerlere göre Promethee-II ile tam öncelikler Şekil 2'de sunulmuştur.

### Şekil 2: Promethee-II ile Tam Öncelikler



Promethee-II için de "Alternatif a" en uygun seçenektir.

## 6. Sonuç

Çeşitli alternatiflerin karşılaştırılmasına yönelik olarak birbirinden farklı yapıya sahip pek çok değerlendirme ölçütünün bir arada incelenmesine olanak veren yöntemlerden birisi olan Promethee, alternatifleri karşılaştırma sırasında farklı fonksiyon tiplerinin seçilebilmesi, problemde yer alan değerlendirme ölçütlerinin bazılarının mümkün olduğunca yüksek, bazılarının ise mümkün olduğunca küçük olması istenen, zıt yapıdaki ölçütlerin bir arada incelenebilmesi özellikleriyle diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden farklılaşmaktadır. Bunun yanında çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin çoğunda olduğu gibi, değerlendirme ölçütlerinin ölçü birimlerinin farklı olması da yapılan karşılaştırmalarda bir sıkıntı yaratmamaktadır.

Bu çalışmada öncelikle Promethee yönteminin işleyişi açıklanmış, ardından Promethee yönteminin çeşitli işletme problemlerinin çözümünde kullanımına yönelik bir literatür incelemesi verilmiştir. Uygulama kısmında ise üretim işletmelerinin ihtiyaç duyabilecekleri bir makine türü olan lazer kesme makinesi için üç farklı alternatif çalışma hassasiyeti, kesim hızı, konumlama hızı, ivme ve eksen derinliği değerlendirme ölçütlerine göre farklı fonksiyon tipleri ve parametreler kullanılarak en uygun alternatif belirlenmiştir. Bu değerlendirme ölçütleri arasında çalışma hassasiyeti yöntemin ayırıcı özelliği olan mümkün olduğunca küçük olması istenen değerlendirme ölçütü olarak incelenmiştir. Bu çalışma sonucu seçilen alternatifin her durumda en doğru olduğunu söylemek pek doğru sayılamaz. Bu konuda daha net bir duruş sergileyebilmek için işletmelerin finansal kısıtları ve özel amaçları dahilinde başka değerlendirme ölçütlerinin sürece katılması ya da çalışma kapsamında incelenen bazı değerlendirme ölçütlerinin inceleme dışı bırakılması gerekebilir.

## Kaynakça

- Albadvi, A. (2004). Formulating national information technology strategies: A preference ranking model using Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 153, 290–296 .
- Albadvi, A. S., Chaharsooghi, K., & Esfahanipour, A. (2007). Decision making in stock trading: An application of Promethee. *European Journal of Operational Research*, 177, 673–683.
- Ballı, S., Karasulu, B., & Korukoğlu, S. (2007). En uygun otomobil seçimi problemi için bir bulanık promethee yöntemi uygulaması. *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi*, 22(1), 139-147.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). Promethee: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200, 198–215.
- Beynon, M. J., & Wells, P. (2008). The lean improvement of the chemical emissions of motor vehicles based on preference ranking: A Promethee uncertainty analysis. *Omega*, 36, 384–394.
- Dağdeviren, M., & Eraslan, E. (2008). Promethee sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 23(1), 69-75.

Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2010). A multicriteria decision support system for bank rating. *Decision Support Systems*, 50, 55–63.

Friend, A. J., Ayoko, G. A., & Guo, H. (2011). Multi-criteria ranking and receptor modelling of airborne fine particles at three sites in the Pearl River Delta region of China. *Science of the Total Environment*, 409, 719–737.

Frini, A., Guitouni, A., & Martel, J-M. (2012). A general decomposition approach for multi-criteria decision trees. *European Journal of Operational Research*, 220, 452–460.

Goumas, M., & Lygerou, V. (2000). An extension of the Promethee method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects. *European Journal of Operational Research*, 123, 606-613 .

Halouani, N., Chabchoub, H., & Martel, J-M. (2009). Promethee-MD-2T method for project selection. *European Journal of Operational Research*, 195, 841–849.

[http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori\\_id=2&id=21#sayfabasi](http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori_id=2&id=21#sayfabasi) ; 09.05.2012

[http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori\\_id=2&id=22#sayfabasi](http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori_id=2&id=22#sayfabasi) ; 09.05.2012

[http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori\\_id=2&id=7#sayfabasi](http://www.best.com.tr/urun.asp?kategori_id=2&id=7#sayfabasi) ; 09.05.2012

<http://www.lazer-kesim.net/lazer-kesim> ; 06.06.2013

<http://www.lazer-kesim.net/lazer-kesimin-avantajlari> ; 06.06.2013

Kodikara, P. N., Perera, B. J. C., & Kularathna, M. D. U. P. (2010). Stakeholder preference elicitation and modelling in multi-criteria decision analysis – A case study on urban water supply. *European Journal of Operational Research*, 206, 209–220.

Korkmaz, S., Ali, N. B. H., & Smith, I. F. C. (2012). Configuration of control system for damage tolerance of a tensegrity bridge. *Advanced Engineering Informatics*, 26, 145–155.

Kücü, Hüseyin. (2007). Promethee sıralama yöntemi ile personel seçimi ve bir işletmede uygulanması. (Yüksek Lisans Tezi) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Lanza, G., & Ude, J. (2010). Multidimensional evaluation of value added networks. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 59, 489–492.

Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K., & Verbeke, A. (2004). Promethee and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening Promethee with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, 153, 307–317 .

Mahbub, P., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A., & Egodawatta, P. (2011). Effects of climate change on the wash-off of volatile organic compounds from urban roads. *Science of the Total Environment*, 409, 3934–3942.

Marasovic, B., & Babic, Z. (2011). Two-step multi-criteria model for selecting optimal portfolio. *International Journal of Production Economics*, 134, 58–66.

Mela, K., Tiainen, T., & Heinisuo, M. (2012). Comparative study of multiple criteria decision making methods for building design. *Advanced Engineering Informatics*. (Baskıda makale)

Ni, Y., Mei, M., & Kokot, S. (2011). Analysis of complex, processed substances with the use of NIR spectroscopy and chemometrics: Classification and prediction of properties — The potato crisps example. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 105. 147–156.

Parreiras, R. O. & Vasconcelos, J. A. (2007). A multiplicative version of Promethee II applied to multiobjective optimization problems. *European Journal of Operational Research*, 183. 729–740 .

Semaan, N., & Zayed, T. (2010). A stochastic diagnostic model for subway stations. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 25. 32–41.

Sultana, A., & Kumar, A. (2012). Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors. *Biomass and bioenergy*, 39. 344-355.

Theodorou, S., Florides, G., & Tassou, S. (2010). The use of multiple criteria decision making methodologies for the promotion of RES through funding schemes in Cyprus, A review. *Energy Policy*, 38. 7783–7792.

Turcksin, L., Bernardini, A., & Macharis, C. A. (2011). Combined AHP-Promethee approach for selecting the most appropriate policy scenario to stimulate a clean vehicle fleet. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 20. 954–965.

Vukovic, S., Delibasic, B., Uzelac, A., & Suknovic, M. (2012). A case-based reasoning model that uses preference theory functions for credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 39. 8389–8395.

Zhu, Z., Xu, L., Chen, G., & Li, Y. (2010). Optimization on tribological properties of aramid fibre and CaSO<sub>4</sub> whisker reinforced non-metallic friction material with analytic hierarchy process and preference ranking organization method for enrichment evaluations. *Materials and Design*, 31, 551–555.