

Promethee Yöntemiyle Uçak Komponentlerinin Önceliklendirilmesi Problemlerine Çözüm Yaklaşımı

*Doç. Dr. S. Erdal DİNÇER¹ Öğr. Gör. Teğmen Emre EKİN²
Kadir Safa KARAKAŞ³*

Bu çalışmada uçak komponentlerinin bakım ve tamirini yapan atölyelerin, uçaklardan sökülüp taraflarına gelen komponentlere iş önceliği atanmasında çok kriterli karar verme metodolojisinin kullanılarak tamir sürecine yön verilmesi işlenmiştir. Bu çalışma, Türkiye'nin en büyük hava araçları bakım onarım merkezinde gerçekleştirilmiştir. Şirkette mevcut durumda atölye planlaması yapılarak tamir sırası bekleyen komponentler önceliklendirilmektedir. Ancak bunun için sistematik bir prosedür yoktur. PROMETHEE yöntemi vasıtasıyla süreci etkileyen kriterler belirlendikten sonra yapılan anket çalışmasıyla ağırlıklar belirlenmiş ve uygun tercih fonksiyonlarıyla kısmi ve tam sıralamalar elde edilmiştir. Bu şekilde güvenilir ve etkin bir metodoloji ile atölyelerdeki işlerin sıralaması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, Promethee Yöntemi, Komponent Yönetimi

Giriş

Karar verme problemi en genel anlamda; bir seçenek kümesinden en az bir amaç veya ölçüte göre en uygun seçeneğin seçimi şeklinde tanımlanabilir. Karar alma, işletmeler için en önemli aktivitelerden biridir. Bu süreç kapsamında çok büyük miktarlarda zaman ve maliyet gerekmektedir. Buna göre bir karar probleminin elemanları karar vericiler, seçenekler, kriterler, sonuçlar, çevre ve karar vericinin öncelikleri olarak sıralanabilir. En basit şekliyle bir karar problemi bir amaç veya ölçüte göre seçenekler arasından bir seçim yapma olarak düşünülebilir.

Uçak ve tamir edilebilen uçak parçalarının (komponent) bakım ve onarımında da çok kriterli karar verme süreci devreye girmektedir. Komponent atölyelerine günde arızadan veya planlanan sebeplerden dolayı uçaklardan sökülün yüzlerce parça ulaşmakta ve sertifikalandırılarak faal hale getirilmektedir.

Bu parçaların atölyede işleme alınmadan önce sıraya konması gerekmektedir. Çünkü atölyenin parçaları keyfi olarak muayene, tamir ve test etmesi stok yönetiminin çok kritik olduğu bir bakım onarım merkezinde kabul edilebilir bir durum değildir ve ayrıca operasyonun zamanında parça temin edilememesinden dolayı sürecin aksamasına da yol açabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen bu sıralama problemi için atölyeye gelen komponentlerin cinsi, teknik özellikleri, stok durumları gibi çeşitli kriterler açısından değerlendirilerek önceliklendirilmesi uygun olacaktır. Yeterli sayıda ve sürece uygun olan kriterlerin belirlenmesiyle karar verme problemi düzgün bir şekilde ifade edilebilecektir.

¹ Doç. Dr. S. Erdal Dinçer, Marmara Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Bölümü Yöneylem Araştırması Bilim Dalı Öğretim Üyesi.

² Öğr. Gör. Teğmen Emre EKİN, Kara Kuvvetleri Komutanlığı.

³ THY Teknik, Komponent Parça Birimi Uzmanı.

Çok kriterli karar verme metotlarından olan PROMETHEE bu süreç için en uygun yöntemlerden birisidir. Çünkü kısmi ve tam sıralama imkanı sunmaktadır. Atölyede biriken komponentlerin önceliklendirilmesi için tam sıralama yapan bir metodun kullanılması şarttır. Ancak PROMETHEE'nin bazı parametrelerini belirlemek zor olduğundan karar vericinin ya da vericilerin sürece hakim olması gerekmektedir.

Bu çalışmada uçak yedek parçalarının ya da başka tabirle komponentlerin atölyelere gönderildikten sonra hangi sırada bakım ve onarım göreceğinin belirlenmesi için ÇKKV tekniklerinden PROMETHEE yöntemi kullanılarak ilgili probleme çözüm getirilmiştir. Atölyelerin daha önceden bu problem için bazı çözümler geliştirdiği ancak sistematik ve efektif olmadıkları görülmüştür.

Literatürde benzer çalışmalar olup olmadığı taranmış ve uygulamanın özgün bir çalışma olduğu görülmüştür.

Çalışmada uygulamaya ağırlık verilmiş olup gelecek kısımda problemin tanımı, kriterler ve ağırlıkları, alternatifler, PROMETHEE tercih fonksiyonları ve parametreleri ve iki farklı senaryo uygulamasına yer verilmiştir.

Promethee Yöntemi

PROMETHEE yöntemi alternatiflerin seçilen kriterler vasıtasıyla tercih fonksiyonlarına dayanarak ikili karşılaştırmalar yapılmak suretiyle değerlendirildiği bir ÇKKV yöntemidir. Bu değerlendirme, alternatiflerin kriterler bazındaki üstünlük durumlarını birleştirme yöntemi ile gerçekleştirmektedir.⁴

PROMETHEE yöntemi, ÇKKV yöntemleri arasında en son geliştirilen yöntemlerden birisi olup, Brans (1982) tarafından literatüre kazandırılmış ve Brans ve Vincke (1985) tarafından geliştirilmiştir. PROMETHEE yönteminin temel özellikleri basitlik, açıklık ve dengeli oluşudur. Yöntem sıralama oluştururken tercih fonksiyonlarını kullanır. Karar Vericinin(KV) kararını kolay bir şekilde oluşturması için bütün parametrelerin açık bir şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir. PROMETHEE yöntemi ile sonlu sayıda alternatifler üzerinde hem kısmi sıralama (PROMETHEE I) hem de tam sıralama (PROMETHEE II) yapmak mümkündür.

PROMETHEE yöntemi ile alternatifler ($a_1, a_2, \dots, a_n$) ve kriterler ($q_1, q_2, \dots, q_k$) tarafından oluşan karar matrisi ile karar verme prosesine başlanır. PROMETHEE yöntem ile ilgili daha detaylı bilgi için Brans vd. (1982, 1985, 1986, 2005) tarafından yazılan dokümanlara başvurulabilir.⁵

PROMETHEE yöntemi karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre ikili kıyaslamalarına dayanır.

Son yıllarda, belirlenen kriterlere uygun en iyi alternatifin seçilmesi için kullanılabilecek çok sayıda karar destek metodu geliştirilmiştir. Bu metodlardan bir tanesi de "The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation" olarak ifade edilen PROMETHEE yöntemidir.

PROMETHEE, metod tanımının baş harflerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuş bir kısaltmadır ve literatürde bu şekilde bilinmektedir. PROMETHEE metodu, sıralama amacıyla kullanılan en önemli ve yaygın olarak kullanılan ÇKKV tekniklerinden birisidir.⁶

⁴Tolga Genç, " PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi " Makale, s.123.

⁵Genç, s.124.

⁶M., Dağdeviren, E., Eraslan, "PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2007

PROMETHEE metodu, diğer ÇKKV metotları ile uygulama ve kapsam açısından karşılaştırıldığında gerçek değerler ile ifade edilebilen çok sayıda kriter için uyarlanabilir basit bir metottur. PROMETHEE'nin uygulanması için 2 tip bilgi gerekir. Bunlardan ilki, kriterlerin göreceli önem değerleri (ağırlıkları), ikincisi ise karar vericinin tercihin (fonksiyonuna) göre alternatiflerin kriterlere ilişkin değerleridir. PROMETHEE yöntemi karar vericiye karar matrisi oluşturulduktan sonra aşağıda belirtilen 5 aşama sonunda tam ve kısmi sıralama sonuçlarını sunmaktadır.⁷

PROMETHEE Yöntemi Aşamaları

Hazırlık Aşaması: Tanımlanan seçim ve sıralama problemine bağlı olarak alternatifler, değerlendirme kriterleri ve kriter ağırlıkları belirlenir.

- Alternatif: Tanımlanan seçim ve sıralama problemlerine çözüm olabilecek seçeneklerdir.

- Kriter: Problem ile ilgili olarak seçilecek olan alternatifin sahip olması gereken özellikleridir. Kriter sayısı problemin tipine bağlı olarak değişebilir.

- Kriter Ağırlığı: Problem için belirlenen kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin tespit edilip buna bağlı olarak kriterlere sayısal atamalar yapılmasıdır.⁸

Aşama 1

PROMETHEE yöntemi karar verme prosesine alternatiflerin kriter değerlerini ikili karşılaştırma yaparak başlar. Alternatifler arasındaki tercih fonksiyonu denklem 9'da belirtildiği gibidir.

$$p[f(a), f(b)] = p[f(a) - f(b)] \quad (2.1)$$

PROMETHEE yönteminin tercih fonksiyon yapısı alternatiflerin ikili karşılaştırılmalarına dayanır. Bu durumda iki alternatifin belli bir kriter üzerindeki değerleri arasındaki fark dikkate alınır. Küçük sapmalar (farklar) karar vericinin alternatifler arasında küçük bir farkla tercih yaptığını göstermektedir. Karar verici bu farkı gözardı edebiliyorsa, o zaman ikisi arasında tercih yapmaz. Fark ne kadar büyükse, tercih o kadar kesindir. Bu tercihler 0 ile 1 arasında değişen rakamlardır.

Aşama 2

Yöntemde KV, alternatifleri kriter bazında ikili karşılaştırırken Brans (1982) tarafından tanımlanmış 6 tercih fonksiyonundan bir tanesini kullanmaktadır.⁹ Bahse konu tercih fonksiyonlarına ilişkin bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Değerlendirme faktörlerinin iç ilişkisini gösteren tercih fonksiyonları aşağıdaki gibidir. Altı tip tercih fonksiyonu vardır

⁷ Genç, Masca, s.546.

⁸ PRVULOVIC, Slavica, TOLMAC, Dragisa ve RADOVANOVIC, Ljiljana, "Application of PROMETHEE-GAIA Methodology in the Choice of Systems for Drying Paltry-Seeds and Powder Materials", Journal of Mechanical Engineering, 2011, s.778-784.

⁹ Genç, Masca, s.547-548.

Tablo 1
Tercih Fonksiyonlar

Tip	Parametre	Fonksiyon	Grafik, $P(x)$
Birinci Tip (olağan)	-	$p(x) = \begin{cases} 0, & \forall x \leq 0 \\ 1, & \forall x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip (U-tipi)	l	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$	
Üçüncü Tip (V-tipi)	m	$p(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	
Dördüncü Tip (Seviyeli)	q, p	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq q+p \\ 1, & x > q+p \end{cases}$	
Beşinci Tip (Lineer)	s, r	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ (x-s)/r, & s \leq x \leq s+r \\ 1, & x \geq s+r \end{cases}$	
Altıncı Tip Gaussian	σ	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x \geq 0 \end{cases}$	

Kaynak: Brans ve Vique, 1985:650-652; Brans ve Mareschal, 2005:170

Buradaki parametreler;

q: Farksızlık Değeri

p: Kesin Tercih Eşiği

s: p ve q arasındaki ara değer ya da standart sapma olarak tanımlanır.

q değeri, değerlendirme faktörlerinin karar noktalarına göre en büyük fark değeri iken, p değeri ise en küçük farktır.

Burada d değeri, bir değerlendirme faktörü açısından iki karar noktası değerleri arasındaki farktır.¹⁰

Hangi değerlendirme faktörü için hangi tercih fonksiyonunun seçileceği karar verici tarafından bir değerlendirme faktörüne ilişkin verilerin dağılımına bakılarak karar

¹⁰Pavi, I., Babi, Z., "The Use Of The Promethee Method in The Location Choice Of A Production System", International Journal of Production Economics, 1991, s.165-174.

verilebileceği gibi PROMCALC ya da DECISION LAB yazılımlarından biri kullanılarak da belirlenebilir.¹¹

PROMETHEE yöntemi karar noktaları bazında ve bağımsız olarak, ne bütünde nede her bir değerlendirme faktörü için bir içsel mutlak fayda belirlemez. Bunun yerine karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre kıyaslamalarını ikili karşılaştırmalarla yapar. Bunun için de Tablo'da tanımlanan tercih fonksiyonlarını kullanır.

PROMETHEE yönteminin diğer çoklu karar verme yöntemlerine göre önemli bir avantajı, karar vericiye bir değerlendirme faktörü açısından belli bir tercihi yapabilmesine ya da değerlendirme faktörünü kendi belirlediği değerlerle sınırlayabilmesine olanak sağlamasıdır. Bu işlevi ise tercih fonksiyonlarını kullanarak yerine getirir.¹²

Karar verici için ilgili değerlendirme faktörü açısından herhangi bir tercih söz konusu değilse, o değerlendirme faktörü açısından seçilecek tercih fonksiyonu Birinci Tip(olağan)tercih fonksiyonu olmalıdır.

Karar verici ilgili değerlendirme faktörü açısından kendi belirlediği bir değer üstünde değere sahip karar noktalarından yana tercihinin kullanmak istiyorsa, seçilecek tercih fonksiyonu İkinci Tip(U tipi)tercih fonksiyonu olmalıdır.

Karar verici tercihinin, bir değerlendirme faktörü açısından ortalamanın üstünde değere sahip karar noktalarından yana kullanmak istiyorsa ancak bu değer altındaki değerleri de ihmal etmek istemiyorsa, seçilecek tercih fonksiyonu Üçüncü Tip(V tipi)tercih fonksiyonu olmalıdır.

Karar vericinin bir değerlendirme faktörü açısından tercihinin belirli bir değer aralığı belirleyecekse, seçilecek tercih fonksiyonu Dördüncü Tip(seviyeli)tercih fonksiyonu olmalıdır.

Karar verici bir değerlendirme faktörü açısından tercihinin ortalamanın üstünde değere sahip karar noktalarından yana kullanmak istiyorsa, seçilecek tercih fonksiyonu Beşinci Tip(doğrusal)tercih fonksiyonu olmalıdır.

Karar vericinin tercihinde, ilgili değerlendirme faktörü değerlerinin ortalama sapma değerleri belirleyici olacaksa, seçilecek tercih fonksiyonu Altıncı Tip(gaussian)tercih fonksiyonu olmalıdır.¹³

Aşama 3

Tercih fonksiyonları yardımıyla alternatiflerin birbirleri üzerindeki tercih indeksleri belirlenmektedir. Tercih indeksleri her iki alternatifin (a,b) karşılıklı olarak üstünlüklerini belirlemek açısından denklem (2. 2) ve (2. 3)'de gösterilmiştir.¹⁴

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b) \quad (2.2)$$

n

¹¹ YILMAZ, Burcu ve DAĞDEVİREN, Metin, "**PROMETHEE İçin DECISION LAB Yazılımı ve Örnek Bir Problem Üzerinde Uygulanması**" Endüstri Mühendisliği Yazılımları ve Uygulamaları Kongresi, İzmir, 30 Eylül-01/02 Ekim 2011.

¹² BRANS, Jean-Pierre, "L'ingenierie de la decision: Elaboration d'instruments d'aide a la decision. La Methode PROMETHEE", UniversiteLaval, Colloqued'aide a la Decision, Quebec, Canada, 1982, s.183-213.

¹³ DE SMET, Yves ve LIDOUH, Karim, "An introduction to Multicriteria Decision Aid: The PROMETHEE and GAIA Methods", <http://code.ulb.ac.be/~yvdesmet/>, 2012

¹⁴ BRANS, Jean-Pierre ve VINCKE, Philippe, "A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM", Management Science, 1985, s.647-656.

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1} w_j . P_j(b, a) \quad (2.3)$$

$$j=1$$

Aşama 4

Her alternatif için elde edilen tercih indeksleri vasıtasıyla, alternatiflerin pozitif ve negatif akımları elde edilir. Alternatiflerin tercih indeksleri matrisinde kendi satır ve sütunlarında bulunan tercih indeks değerlerin toplamının $(n-1)$ değerine bölünmesiyle hesaplanan pozitif ve negatif akımlar denklem (2.4) ve (2.5)'te belirtilmiştir.¹⁵

Pozitif akım:

$$\Phi^+(a) = \sum \pi(a, b) \quad (2.4)$$

Negatif akım:

$$\Phi^-(a) = \sum \pi(b, a) \quad (2.5)$$

Aşama 5

Pozitif ve negatif akım değerleri ile PROMETHEE I sonuçlarını elde eden KV, bu sonuçlarla alternatiflerin en iyiden en kötü seçeneğe göre sıralamasını elde edemeyebilir.

KV tarafından sadece üstünlük veya eşitlik değerlerini ihtiva eden, başka bir ifade ile karşılaştırılmaz alternatiflerin olmadığı tam bir sıralama istendiğinde denklem (2.6)'dan faydalanılarak PROMETHEE II net akım değerleri hesaplanır.¹⁶

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (2.6)$$

Hesaplanan net öncelik değeri $\Phi(a)$, pozitif ve negatif akımların bir dengesini oluşturur. Net akım ne kadar büyükse alternatifin performansı o kadar yüksektir. Hesaplanan net akımlar sonunda artık alternatifler arasında tam bir sıralama yapmak mümkün olabilmektedir. Alternatiflerin birbirleri ile olan karşılaştırılmaz durumu PROMETHEE II'de yer almamaktadır.¹⁷

Her ne kadar pozitif ve negatif akımların farkından elde edilen net akım sonucunda bir miktar bilgi kaybı olsa da alternatifleri en iyiden en kötü seçeneğe göre sıralamak için bu gereklidir.¹⁸ PROMETHEE I ile kısmi sıralama belirlenir. Karar noktalarına ilişkin negatif ve pozitif üstünlük değerlerinin ikili karşılaştırmalarının yapıldığı bu aşamada karşılaşılabilecek üç mümkün durum, bir karar noktasının diğerine üstünlüğü, karar noktalarının farksızlığı ve karar noktalarının birbirleriyle karşılaştırılamaması durumlarıdır.¹⁹

¹⁵ Genç ve Masca, s.548-549.

¹⁶ Genç, Masca, s.549.

¹⁷ Genç, Masca, s.549.

¹⁸ Mustafa, SOBA "PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama", Journal of Yasar University, s.4708-4721.

¹⁹ ALBADVI, Amir, CHAHARSOOGHI, S.Kamal ve ESFAHANIPOUR, Akbar, "Decision Making in Stock Trading: An Application of PROMETHEE", European Journal of Operational Research, 2007, s.673-683.

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

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b) \quad \text{ve} \quad \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \quad \Rightarrow \quad a, b' \text{den üstündür.}$$

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

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b) \quad \text{ve} \quad \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \quad \Rightarrow \quad a, b' \text{den farksızdır.}$$

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

$$\Rightarrow \quad a \text{ ile } b \text{ karşılaştırılmaz.}$$

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

PROMETHEE II ile karar noktalarının tam sıralaması belirlenir. Tam sıralama için karar noktalarının tam sıralaması için her karar noktası için aşağıdaki formül kullanılarak tam öncelik değerleri hesaplanır bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

Bu formüle göre a ve b gibi iki karar noktası için $\Phi(a) > \Phi(b)$ ise a karar noktası b karar noktasından üstündür.

Buna karşılık eğer $\Phi(a) = \Phi(b)$ ise a karar noktası b karar noktasından farksızdır.²⁰

Promethee Uygulaması

Bu bölümde aşağıda tanımlanan ve detayları verilen çok kriterli karar verme problemi için PROMETHEE uygulamasından bahsedilecektir. Problemin çözümü için “Visual Promethee Akademik Versiyon” kullanılmıştır.

Çok Kriterli Karar Verme Probleminin Tanımı ve Kapsamı

Vaka çalışması merkezi İstanbul’da yer alan bir havacılık bakım onarım üssünde yapılmıştır. Şirket, hava araçlarının ve bu araçların onarılabilen yedek parçalarının (komponentlerin) bakım, onarım, modifikasyon ve tasarımı gerçekleştirilmektedir.

Şirket, uçak komponentleri için onarım ve modifikasyon hizmeti verildiği için aviyonik, hidrolik, mekanik & elektromekanik, pnömatik, yakıt sistemleri, lasitk, fren, jant ve acil durum teçhizat gibi atölyeleri bünyesinde barındırmaktadır. Bu atölyelerde 10.000’den fazla uçak komponenti için bakım ve onarım yetkisi bulunmaktadır.

²⁰ BRANS, Jean-Pierre, VINCKE, Philippe ve MARESCAL, Bertrand, “How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method”, European Journal of Operational Research, 1986, s.228-238.

Çalışma, yukarıda zikredilen atölyelerden biri olan aviyonik atölyelerinde yapılmıştır. Uçak üzerindeki elektronik sistemlerin tamiri burada gerçekleştirilmektedir. Aviyonik komponentler; uçakların haberleşme, görüntüleme ve navigasyon sistemlerine ait bileşenlerdir. Bu cihazlar, bir çok fonksiyonu yerine getirmek için yüklenmiş olan yazılımlara sahiptir. Yılda 20.000 civarında aviyonik komponentinin bakımı yapılmaktadır.

Hizmet verilen müşterilerin uçaklarından sökülen arızalı komponentler eğer tamir kabiliyeti varsa işlemiyle atölyelere gelip muayene, test ve tamir işlemlerinden geçip sertifikalandırılmakta ve faal (iş görür) hale getirilmektedir.

Aviyonik atölyelerine günde çok sayıda komponent, test ve tamir işlemleri için gelmektedir. Bu uçak komponentlerin her birinin önem derecesi farklı olmaktadır. Bu nedenle atölyeler, gerekli adam saat planlamasını yapıp kendilerine gelen komponentleri operasyonu aksatmayacak şekilde önceliklendirmeli ve sırasıyla onarmalıdır.

Hâlihazırda atölye mühendislik birimi bu problemle ilgili bir sistem geliştirmiştir ancak bunun yetersiz kaldığı görülmektedir. Atölyelere gelen komponentlerin tamir önceliklerinin belirlenmesi çok ölçütlü karar verme problemi olarak ele alınabilir.

Komponentlerin çeşitli önem derecelerindeki kriterlere göre tamir işleminde önceliklendirilmesi, stok planlamasına katkıda bulunacaktır. Çünkü daha kritik duruma sahip parçalar daha önce onarılacak depoya konulacak ve böylece uçuş operasyonlarında teknik arızadan dolayı uçakların rötar yapması riski azalmış olacaktır.

Komponentlerin atölyede işleme alınma önceliklerinin belirlenmesinde çok kriterli karar vermenin üstünlüğe dayalı yöntemlerinden olan PROMETHEE metodu ile problem çözülmüştür.

Problemin Girdileri

Problemin çok kriterli karar verme problemi olarak ele alınması sürecinde karar verici tarafından kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi gerekmektedir.

Kriterler ve bunlarla alakalı açıklamalara aşağıda değinilmiştir.

- **Zorunluluk Kodu:** Uçak parçalarının uçak üzerindeki konumu ve işlevine göre aldıkları bazı kodlar vardır. Bunlar; “No Go” (eksikliğinde ya da arızasında uçak uçmaz), “Go If” (eksikliğinde uçak şartlı olarak uçar) ve “Go” (eksikliğinde uçak uçar) olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. “No Go” komponentler uçuş için çok kritik komponentlerdir ve planlamaları dikkatlice yapılmalıdır. “Go If” komponentlerin yokluğu da ciddi maliyetlere sebep olabileceğinden bunlar da 2. derecede öneme sahiptir. “Go” komponentler uçağın emniyetli uçuşunu etkilemediğinden en az öneme sahiptirler.
- **Satınalma Fiyatı:** Komponentlerin fiyatı da karar verme probleminde önemli bir unsur olabilir. Çünkü envantere bağlanan sermaye maliyetinden dolayı özellikle de pahalı parçaların bir an önce iş görür duruma getirilmesi istenebilir.
- **İş Dönüş Süresi:** Atölyeye gelen parçanın faal edilme süresidir. Ortalama tamir süresi kısa olan komponentlerin daha önce onarılması tercih edilebilir.
- **Faal Stok Oranı:** Tamir edilebilen uçak komponentleri çevrimdeyken depoda ya da depo dışında (takas olarak müşteriye verilmiş, tamirde veya herhangi bir uçak için rezerve edilmiş) olabilir. Faal stok oranı, depoda faal bulunan yedeklerin toplam çevrimdeki yedek sayısına oranıdır. Faal stok oranı az olan parçaların atölye önceliğinin daha fazla olması istenmektedir çünkü stoksuzluk riski doğabilir.

- **Güven Seviyesi:** Gelen talebi karşılama ihtimali olarak tanımlanabilir. Güven seviyesi düşük olan komponentlerde talebin karşılanamama ihtimali daha yüksek olduğu için böyle komponentler sıralamada öncelikli olacaktır.
- **Uçak Tipi:** Komponentlerin kullanıldığı uçakların dar gövde ya da geniş gövde olmasına göre değişmektedir. Bazı komponentler her iki uçak tipinde de ortak olarak kullanılabilir. Bundan dolayı bu kriter üç değer alabilir. Geniş gövde uçakların komponentlerinin ihtiyaç halinde mevcut olmaması firmaya daha büyük maliyetler yükleyeceğinden bu tip uçaklarda kullanılabilen komponentlerin bakım ve onarımlarına öncelik verilmesi mantıklı olabilir.

Zorunluluk kodu, ortalama satınalma fiyatı ve uçak tipi kar ölçütleridir. İş dönüş süresi, faal stok oranı ve güven seviyesi ise maliyet ölçütleridir.

Kriterler belirlendikten sonra bu kriterlere göre öncelik sırası saptanacak olan alternatifler de tanımlanmalıdır. Atölyenin kabiliyeti bulunan 900'e yakın parça olduğu için uygulamayı kolaylaştırma açısından 20 tanesi seçilmiştir.

Bu seçim yapılırken yıllık talebi çok olandan az olana doğru sıralama yapılmış ve en çok talebi olan 20 komponent belirlenmiştir. Buna göre PROMETHEE yönteminde kullanılacak girdiler aşağıdaki gibidir.

Tablo 2
PROMETHEE uygulamasının girdileri

No	Komponentin Tanımı	Zorunluluk Kodu	Ortalama Fiyat (USD)	İş Dönüş Süresi (Gün)	Faal Stok Oranı	Güven Seviyesi	Uçak Tipi
1	Faz 3 Görüntü Ünitesi	2	130.000	1,0	0,25	0,953	1
2	Ayar Rezistansı Ünitesi	1	1.275	3,9	0,94	1,000	2
3	Acil Durum Güç Kaynağı	2	3.800	2,5	0,72	0,963	2
4	Ayarlanabilir Elektronik Florasan Lamba	1	1.600	1,8	0,42	0,958	1
5	Çok Maksatlı Kontrol/Görüntü Ünitesi	2	30.000	2,5	0,61	1,000	1
6	Hava Freni ve İrtifa Dümeni Bilgisayarı	2	4.400	1,1	0,90	1,000	1
7	İrtifa Dümeni ve Kanatçık Bilgisayarı	2	45.000	5,5	0,89	1,000	1
8	Gelişmiş Entegre Ayar Rezistansı Ünitesi	1	520	1,2	0,98	1,000	2
9	Elektronik Merkezi Uçak Monitör Paneli	2	8.100	2,9	0,79	1,000	1
10	Uçuş Kontrol Ünitesi	2	60.000	11,0	0,54	0,784	1
11	Mod Kontrol Paneli	2	70.000	3,1	0,33	0,986	1
12	Radyo Yönetim Paneli	2	32.000	6,3	0,60	0,997	3
13	Elektronik Motor Kontrol Ünitesi	3	150.000	2,2	0,58	0,963	1
14	Yazıcı	1	9.725	4,6	0,82	0,993	3
15	Tip I Kabin Basıncı Kontrol Ünitesi	2	52.000	2,8	0,75	0,990	1
16	Tam Donanımlı Bağımsız Dijital Motor Kontrol Ünitesi	3	170.000	8,2	0,46	0,864	1
17	Tip I Hava Verisi Eylemsiz Referans Ünitesi	2	45.000	4,4	0,78	1,000	1
18	Tip II Hava Verisi Eylemsiz Referans Ünitesi	2	81.000	7,0	0,57	1,000	1
19	Tavan Lambası	1	925	3,3	0,50	0,989	1
20	Slat ve Flap Kontrol Bilgisayarı	2	2.195	9,5	0,78	0,969	1

Kriterlerin basit istatistikleri aşağıdaki Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3

Kriterler için basit istatistikler

	Zorunluluk Kodu	Satın alma Fiyatı	İş Dönüş Süresi	Faal Stok Oranı	Güven Seviyesi	Uçak Tipi
Minimum	1,00	520,00	1,00	0,25	0,78	1,00
Maksimum	3,00	170000,00	11,00	0,98	1,00	3,00
Ortalama	1,85	44877,00	4,24	0,66	0,97	1,35
Standart sapma	0,57	50972,65	2,78	0,20	0,05	0,65

Ağırlıkların Belirlenmesi

Kriterler belirlendikten sonra önem derecelerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada anket çalışması yapılarak sonuçlara göre kriterlerin ağırlıkları şekillenmiştir. Anket soruları Aviyonik Atölyeleri Müdürü, aviyonik atölyelerine bağlı çeşitli atölyelerde çalışan şefler, Komponent Planlama Müdürü ve planlama departmanında çalışan şeflerden oluşan toplam 11 kişiye yöneltilmiştir.

Ankette 6 kriterin 1-10 arası puanlama ile derecelendirilmesi istenmiştir. Puanlama sonucu aşağıdaki tablo oluşmuştur. Ağırlık değerleri puanlama sonuçlarının ağırlıklı ortalamasının alınması ve bu ortalamaların normalize edilmesiyle hesaplanmıştır.

Tablo 4

Anket puanlaması ve oluşan ağırlıklar

No	Kriterler	Puan1	Puan2	Puan3	Puan4	Puan5	Puan6	Puan7	Puan8	Aritmetik Ortalama	Normalize Arit. Ort.
1	Zorunluluk Kodu (No Go, Go If, Go)	10	8	10	10	10	5	6	10	8,625	0,2269737
2	Faal stok oranı	10	10	9	9	8	8	9	9	9	0,2368421
3	Parçanın güven seviyesi	9	8	8	8	8	10	7	7	8,125	0,2138158
4	İş bitirme zamanı	5	9	8	8	6	2	5	4	5,875	0,1546053
5	Satınalma fiyatı	1	5	6	7	1	5	2	2	3,625	0,0953947
6	Parçanın ait olduğu uçak tipi (Dar Gövde, Geniş Gövde, Ortak)	1	2	5	6	1	3	3	1	2,75	0,0723684

Anket sonucuna göre en önemli üç kriter sırasıyla faal stok oranı (0,2368), zorunluluk kodu (0,2270) ve güven seviyesi (0,2138) olmuştur. Önem derecesi en az olan üç kriter ise uçak tipi (0,0724), satınalma fiyatı (0,0954) ve iş dönüş süresi (0,1546) olmuştur. Ondalık değerlerden kurtulmak için kriterlerin ağırlıkları azalan şekilde 24, 23, 21, 15, 10 ve 7 olarak alınmıştır.

Tercih Fonksiyonlarının Oluşturulması

Tercih fonksiyonlarının oluşturulması PROMETHEE'nin ilk adımı olarak görülebilir. Kriterlerin özellikleri göz önünde bulundurularak tercih fonksiyonları ve bunların parametreleri belirlenmiştir.

Uygulamada ayrıca Visual Promethee yazılımının asistanı kullanılarak da kriterler için tercih fonksiyonları belirlenmiştir ve bu, ayrı bir senaryo olarak ele alınmıştır.

Zorunluluk kodu ve uçak tipi niteliksel (ölçekli) veriler olduğu için en uygun tercih fonksiyonu olarak 1. tip yani olağan tercih fonksiyonu seçilmiştir. Bu fonksiyon tipinde tanımlanacak bir parametre bulunmamaktadır. Dolayısıyla $d_j(a, b)$ değeri alternatif ikilileri için 0'dan büyük olduğunda tercih değeri 1 olacak ve aksi durumda ise 0 olacaktır.

Satınalma fiyatı için U tipi (2. tip) fonksiyon seçilmiştir. Çünkü pahalı olarak nitelendirilebilecek komponentler atölye önceliği için bir önem ifade etmektedir. Bunun için q değeri uçak yedek parçaları için ciddi bir fiyat farkı sayılabilecek değer olan 25.000 USD olarak tanımlanmıştır. Bu değer altındaki farklar ihmal edilecektir.

Güven seviyesi kriteri için 3. tip (V tipi) tercih fonksiyonu uygun görülmüştür. Bu kriter için ortalamanın altındaki alternatifler öncelikli olacaktır ancak ortalamanın üstündeki alternatifler de önemsendiği için bunların da ihmal edilmemesi gerekmektedir. Genelde alternatiflerin güven seviyeleri arasındaki farklar ufak olduğu için küçük değerler bile büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla p değeri 0,04 seçilmiştir.

İş bitirme zamanı ve faal stok oranı kriterleri için doğrusal (5. tip) tercih fonksiyonu seçilmiştir. Bu kriterler için ortalamanın altında yer alanlar sıralamada önde yer alacaktır. İş bitirme zamanı için 1 günlük süre ihmal edilebilir bir süredir ancak bu süre 2 güne çıktığında önemli hale gelmektedir ve bunu için q değeri iki değer arasında olan 1,5 alınmıştır. İş bitirme zamanında diğer alternatiflere göre süresi bayağı kısa olanlar tercih edilmek istendiği için ortalamaya yakın olan 4, p değeri olarak seçilmiştir. Faal stok oranı kriteri için ihmal edilebilecek en büyük değer yani $q=0,10$ 'dur. Tercihi kuvvetlendiren p değeri ise 0,25 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5
PROMETHEE tercih parametreleri

	<i>Zorunluluk Kodu</i>	<i>Satınalma Fiyatı</i>	<i>İş Dönüş Süresi</i>	<i>Faal Stok Oranı</i>	<i>Güven Seviyesi</i>	<i>Uçak tipi</i>
<i>Kar/Zarar Ölçütü</i>	kar	kar	zarar	zarar	zarar	Kar
<i>Ağırlıklar</i>	23,00	10,00	15,00	24,00	21,00	7,00
<i>Tercih fonksiyonu</i>	Olağan	U tipi	Doğrusal	Doğrusal	V tipi	Olağan
<i>Farksızlık eşiği (q)</i>	-	25000,00	1,50	0,10	-	-
<i>Tercih eşiği (p)</i>	-	-	4,00	0,25	0,04	-

Uygulama Visual PROMETHEE programında çözülmüştür. İki tane farklı senaryo mevcuttur. Birincisi, karar vericinin tercih fonksiyonlarını ve parametrelerini kendisinin belirlediği senaryodur, ikincisi ise Visual Promethee'nin "help me" asistanı kullanılarak elde edilen parametrelerle yapılan uygulamadır.

Senaryo 1

Senaryo 1 için kısmi sıralama ve tam sıralama sonuçları aşağıdaki gibidir. Tam sıralamada net akışları en yüksek olan Faz 3 Görüntü Ünitesi, Elektronik Motor Kontrol Ünitesi ve Tam Donanımlı Bağımsız Dijital Motor Kontrol Ünitesi ilk üç sırayı alırken son 3 sırada Yazıcı, Gelişmiş Entegre Ayar Rezistansı Ünitesi ve Ayar Rezistansı Ünitesi yer almaktadır.

İlk üç sıradaki alternatifler için ikili kıyaslama yani kısmi sıralama yaptığımızda a1 alternatifinin a13'ten pozitif üstünlükte daha büyük olduğunu ve negatif üstünlükte daha

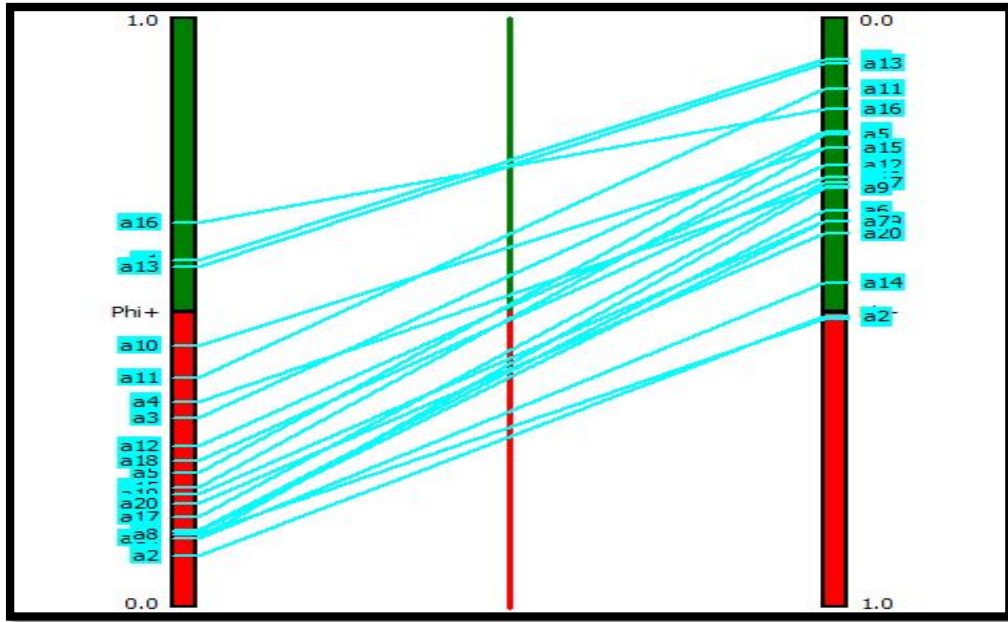
küçük olduğunu görüyoruz. Bu da a1 alternatifinin a13'e göre daha iyi olduğunu göstermektedir. a13-a16 ve a1-a16 kıyaslaması yapamamaktayız, çünkü bu iki durumda da a16 pozitif üstünlük olarak daha büyükken negatif üstünlük olarak da büyük değere sahiptir. Son üç sıradaki alternatifler için ikili kıyaslama yaptığımızda a14-a8 kıyaslanmasının yapılamadığı göze çarpmaktadır. a14 negatif üstünlük olarak daha düşük değere sahiptir fakat pozitif üstünlüğü de a8'e göre azdır. a14-a2 ikili kıyaslamasına göre ise a14 daha üstün görünmektedir. a8-a2 karşılaştırmasında da a8'in hem pozitif hem negatif üstünlükte daha büyük olmasından dolayı yorum yapılamamaktadır.

Tablo 6

Senaryo 1 için PROMETHEE I ve PROMETHEE II Akış Değerleri

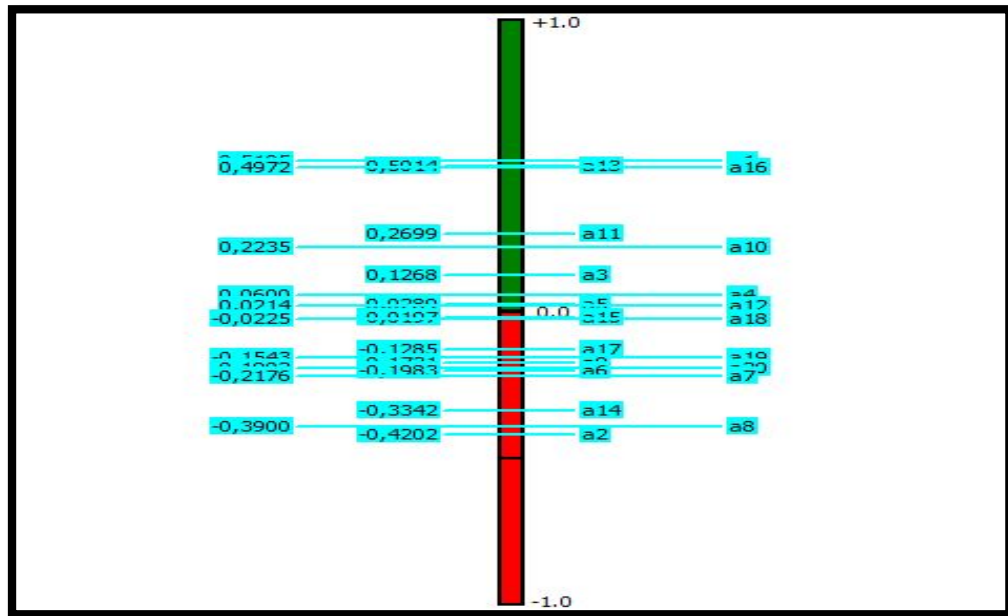
Alternatifler	Alternatifin Tanımı	Phi	Phi+	Phi-
a1	Faz 3 Görüntü Ünitesi	0,5195	0,5895	0,0700
a13	Elektronik Motor Kontrol Ünitesi	0,5014	0,5780	0,0767
a16	Tam Donanımlı Bağımsız Dijital Motor Kontrol Ünitesi	0,4972	0,6521	0,1549
a11	Mod Kontrol Paneli	0,2699	0,3894	0,1195
a10	Uçuş Kontrol Ünitesi	0,2235	0,4438	0,2203
a3	Acil Durum Güç Kaynağı	0,1268	0,3200	0,1932
a4	Ayarlanabilir Elektronik Florasan Lamba	0,0600	0,3473	0,2873
a5	Çok Maksatlı Kontrol/Görüntü Ünitesi	0,0289	0,2266	0,1978
a12	Radyo Yönetim Paneli	0,0214	0,2724	0,2511
a15	Tip I Kabin Basıncı Kontrol Ünitesi	-0,0197	0,2018	0,2215
a18	Tip II Hava Verisi Eylemsiz Referans Ünitesi	-0,0225	0,2480	0,2705
a17	Tip I Hava Verisi Eylemsiz Referans Ünitesi	-0,1285	0,1517	0,2802
a19	Tavan Lambası	-0,1543	0,1901	0,3444
a9	Elektronik Merkezi Uçak Monitör Paneli	-0,1731	0,1148	0,2880
a20	Slat ve Flap Kontrol Bilgisayarı	-0,1902	0,1754	0,3656
a6	Hava Freni ve İrtifa Dümeni Bilgisayarı	-0,1983	0,1294	0,3277
a7	İrtifa Dümeni ve Kanatçık Bilgisayarı	-0,2176	0,1275	0,3450
a14	Yazıcı	-0,3342	0,1155	0,4497
a8	Gelişmiş Entegre Ayar Rezistansı Ünitesi	-0,3900	0,1219	0,5119
a2	Ayar Rezistansı Ünitesi	-0,4202	0,0872	0,5073

Aşağıda verilen Şekil 1 ve Şekil 2'de ise kısmi ve tam sıralamanın görsel haline yer verilmiştir. Alternatiflerin birbirlerine göre üstünlüklerinin daha net şekilde anlaşılması için faydalı olacaktırlar.



Şekil 1

Senaryo 1'de PROMETHEE I ile alternatiflerin kısmi olarak sıralanması



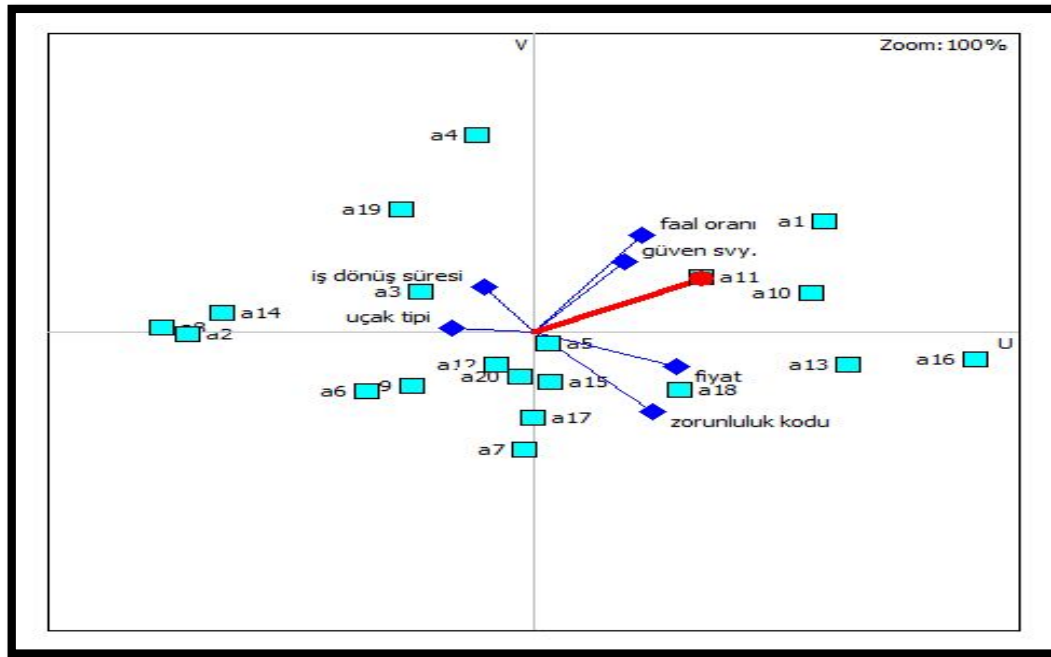
Şekil 2

Senaryo 1'de PROMETHEE II ile alternatiflerin tam olarak sıralanması

Aşağıda ise GAIA görsel aracı sunulmuştur. GAIA'da çok boyutlu profil 2 boyuta indirgenmektedir. Uygulamamızda da 6 kriterden dolayı çok boyutlu bir yapı vardır. a8-a2, a6-a9, a12-a20-a15 alternatifleri birbirlerine yakın kümelandikleri için benzer alternatiflerdir.

Uçak tipi-fiyat ve iş dönüş süresi-zorunluluk kodu kriterleri birbirlerine zıt yönlerde oldukları için çatışmaktadırlar.

Kriterlerin izdüşümünü alıp alternatiflerin onlara olan göreceli uzaklıklarına bakarak o kriterde hangi alternatiflerin iyi olduğunu söyleyebiliriz. Mesela uçak tipinde a14 iyidir. İş dönüş süresi kriterinde a19 alternatifinin performansı göze çarpmaktadır. Faal oranında ve güven seviyesinde a1, fiyatta a5 ve a18, zorunluluk kodunda a5'in iyi olarak değerlendirebileceğini GAIA'dan çıkarabiliriz.

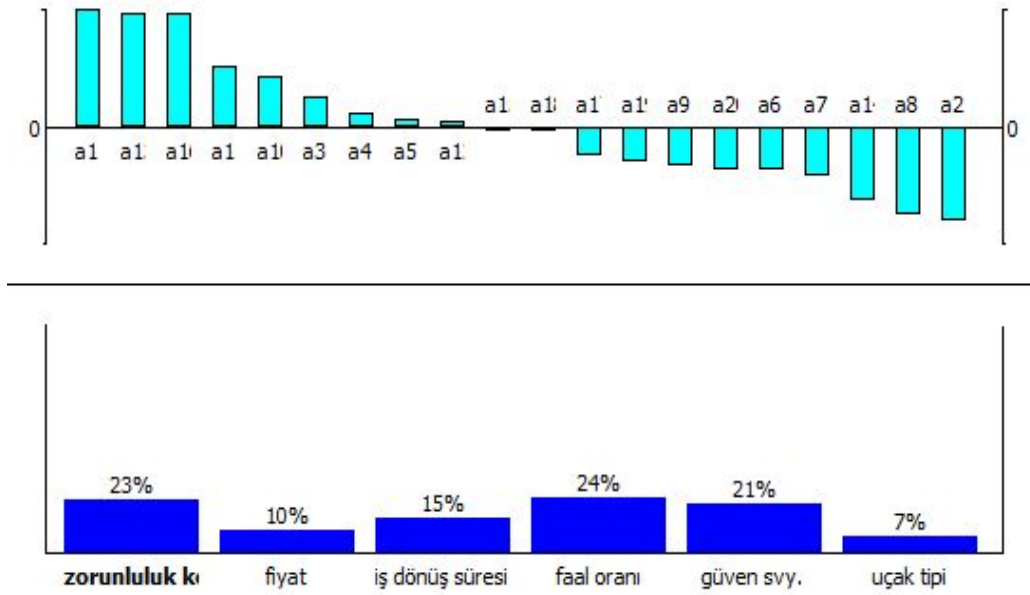


Şekil 3

Senaryo 1 için GAIA düzleminde kriter ve alternatiflerin yerleşimi

Visual Promethee hassasiyet analizi sayesinde kriter ağırlıklarının alternatiflerin net akışlarının nasıl değiştiğini incelemeye olanak sunmaktadır. Zorunluluk kodu kriter ağırlığındaki artış a13 ve a16 alternatiflerinin net akışlarında ciddi yükselmeye sebep olmaktadır. Bu alternatiflerin zorunluluk kodu kriterinde iyi olduğunu söyleyebiliriz. a4 ve a19 kriterlerinde ise net üstünlük akışı olarak epey bir azalma görülmektedir bu da ilgili kriterdeki zayıflıklarına işaret etmektedir.

Diğer önemli kriterlerden faal oranının ağırlığı artırıldığında a1, a11 ve a4'te net akış için hatırı sayılır bir artış dikkati çekmektedir. a3, a15, a6 ve a7'de ise keskin bir düşüş vardır. Diğer kriterler için de bu analiz devam ettirilebilir.



Şekil 4

Senaryo 1'de Visual Promethee'de yürüyen ağırlıklar (hassasiyet analizi)

Senaryo 2

Visual Promethee uygulamasında “Help me” seçeneği kullanılarak uygulama yardımıyla tercih fonksiyonu belirlendiğinde, her bir kriter için tercih fonksiyonunu ve parametrelerinin aşağıdaki şekilde değiştiği görülmektedir.

Tablo 7

Senaryo 2 için tercih parametreleri

Kriterler	Tercih Tipi	Fonksiyonları	Tercih Parametreleri	Fonksiyon
Zorunluluk Kodu	5(Lineer)		$q=0,59$; $p=1,17$	
Ortalama Fiyat (USD)	5(Lineer)		$q=0,03$; $p=0,25$	
İş Dönüş Süresi (Gün)	5(Lineer)		$q=2,49$; $p=5,66$	
Faal Stok Oranı	5(Lineer)		$q=0,16$; $p=0,41$	
Güven Seviyesi	3 (V tipi)		$p=0,11$	
Uçak Tipi	3 (V tipi)		$p=1,33$	

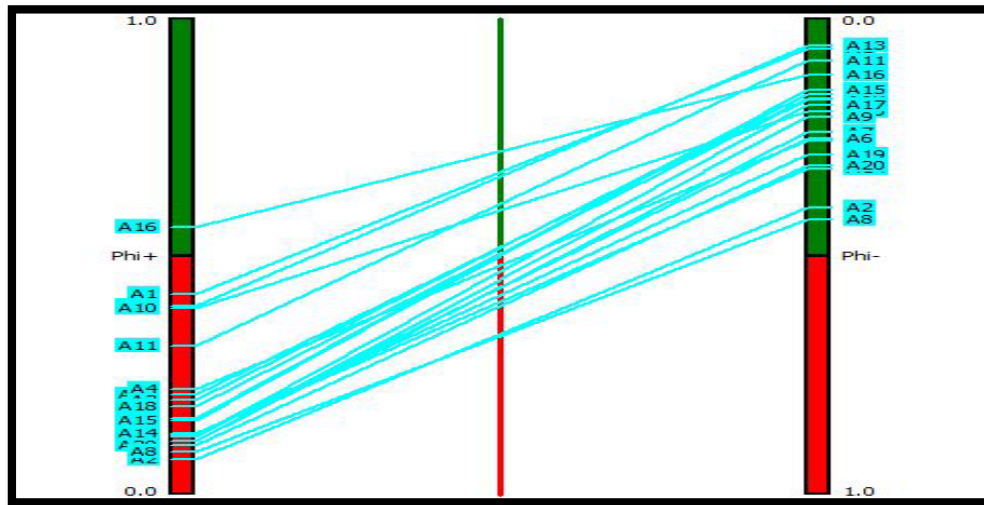
Aşağıda PROMETHEE I ve PROMETHEE II sonuçlarını içeren pozitif, negatif ve net üstünlük akışları verilmiştir.

Tablo 8

Senaryo 2 için PROMETHEE I ve PROMETHEE II Akış Değerleri

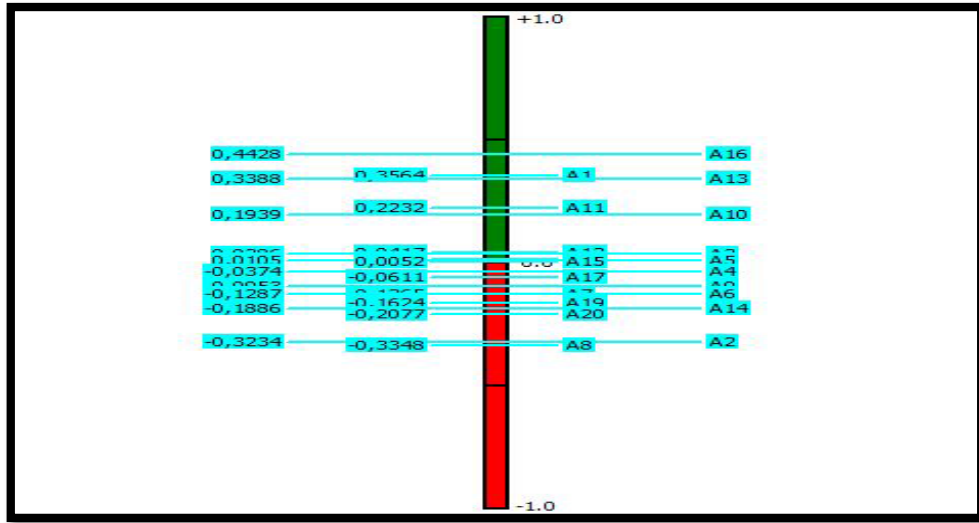
Alternatifler	Alternatifin Tanımı	Phi	Phi+	Phi-
a16	Tam Donanımlı Bağımsız Dijital Motor Kontrol Ünitesi	0,4428	0,5621	0,1193
a1	Faz 3 Görüntü Ünitesi	0,3564	0,4197	0,0633
a13	Elektronik Motor Kontrol Ünitesi	0,3388	0,3954	0,0566
a11	Mod Kontrol Paneli	0,2232	0,3116	0,0884
a10	Uçuş Kontrol Ünitesi	0,1939	0,3902	0,1963
a12	Radyo Yönetim Paneli	0,0417	0,2091	0,1674
a3	Acil Durum Güç Kaynağı	0,0386	0,1979	0,1593
a18	Tip II Hava Verisi Eylemsiz Referans Ünitesi	0,0147	0,1843	0,1696
a5	Çok Maksatlı Kontrol/Görüntü Ünitesi	0,0105	0,1598	0,1492
a15	Tip I Kabin Basıncı Kontrol Ünitesi	0,0052	0,1556	0,1505
a4	Ayarlanabilir Elektronik Florasan Lamba	-0,0374	0,2194	0,2568
a17	Tip I Hava Verisi Eylemsiz Referans Ünitesi	-0,0611	0,1206	0,1817
a9	Elektronik Merkezi Uçak Monitör Paneli	-0,0953	0,1105	0,2057
a7	İrtifa Dümeni ve Kanatçık Bilgisayarı	-0,1265	0,1125	0,2389
a6	Hava Freni ve İrtifa Dümeni Bilgisayarı	-0,1287	0,1228	0,2514
a19	Tavan Lambası	-0,1624	0,1249	0,2873
a14	Yazıcı	-0,1886	0,1284	0,3169
a20	Slat ve Flap Kontrol Bilgisayarı	-0,2077	0,1018	0,3095
a2	Ayar Rezistansı Ünitesi	-0,3234	0,0737	0,3971
a8	Gelişmiş Entegre Ayar Rezistansı Ünitesi	-0,3348	0,0887	0,4235

Aşağıdaki şekilde her bir alternatif için pozitif üstünlük ve negatif üstünlük değerleri görülebilmektedir. Orta çizginin sağ tarafında tüm alternatifler için negatif üstünlük değerleri görülürken, sol tarafında da tüm alternatifler için pozitif üstünlük değerleri görülebilmektedir. Sadece yukarıdaki şekilden yararlanarak tüm alternatiflerin kıyaslanması mümkün olmamakla beraber alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılabilir. Ancak yukarıdaki şekilde de görülebileceği gibi alternatiflerin sayısı çok olduğundan ikili karşılaştırmalar yapmak zorlaşacaktır.



Şekil 5

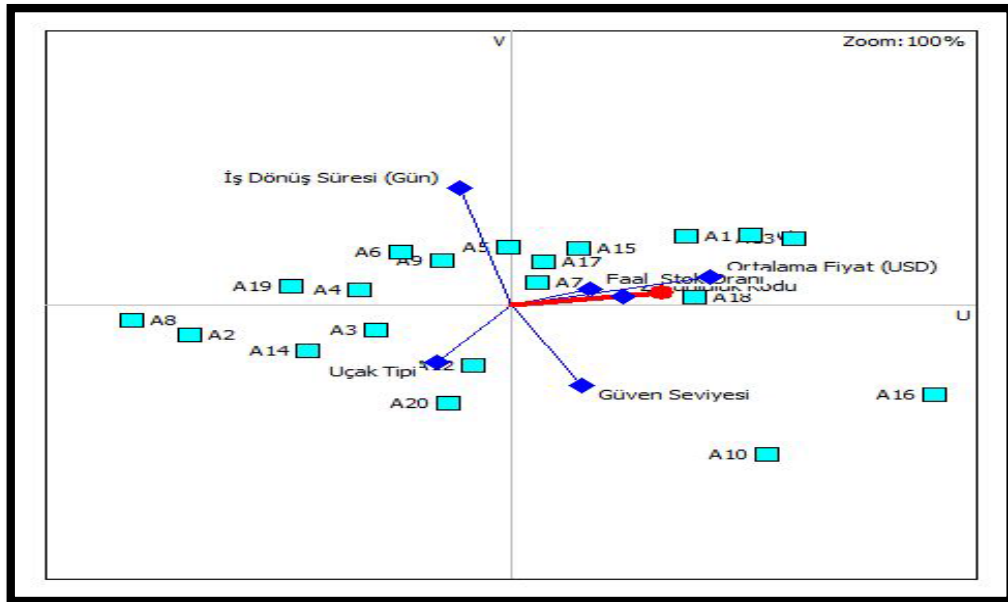
Senaryo 2’de PROMETHEE I ile alternatiflerin kısmi olarak sıralanması



Şekil 6

Senaryo 2'de PROMETHEE II ile alternatiflerin tam olarak sıralanması

Yukarıdaki şekilde her bir alternatif için net üstünlük değerleri (Pozitif üstünlük değeri-Negatif üstünlük değeri) görülebilmektedir. Sadece yukarıdaki şekle bakarak alternatiflerin tümü sıralanabilmekle beraber, alternatiflerin sayısı çok olduğundan net bir sıralama yapmak zordur. Yukarıdaki şekile göre seçilen kriterler ve tercih fonksiyonları sonucunda en uygun alternatif a16 olarak ve en kötü alternatif de a2 olarak gözükmemektedir.

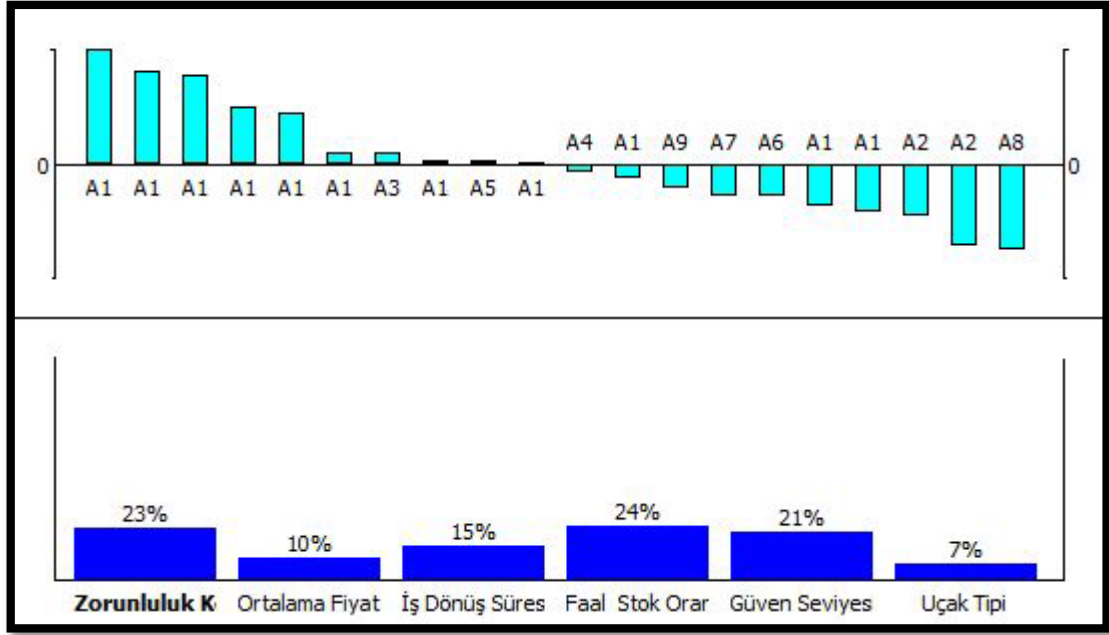


Şekil 7

Senaryo 2 için GAIA düzleminde kriter ve alternatiflerin yerleşimi

Yukarıdaki şekilde GAIA düzleminde tüm alternatifler görülmektedir. Her bir kriter doğru olarak gösterilmiş olup, ilgili kritere en yakın alternatifler, o kriter bazında iyi; ilgili kritere

uzak olan alternatifler o kriter bazında kötü olarak yorumlanabilir. Örneğin; satın alma fiyatı için en iyi alternatifler; a11 ve a10 iken; en uzak alternatifler; ve a7 ve a20 olarak söylenebilir. Alternatif sayısı (20 tane) çok olduğundan özellikle herhangi bir kriter için alternatifler birbirine çok yakın olduğunda sadece GAIA düzlemine bakıp yorumlamak zordur.



Şekil 8

Senaryo 2'de Visual Promethee'de yürüyen ağırlıklar (hassasiyet analizi)

Yukarıda yer alan Walking Weights promethee yöntemi kullanılarak yapılan duyarlılık analizidir. Walking Weights iki kısımda incelenebilir; alttaki kısım seçilen kriterleri ve kriterlerin ağırlık oranlarını gösterirken üstteki kısım her bir alternatifin pozitif/negatif sıralaması ve büyüklüğünü göstermektedir. Bizim belirlediğimiz değerlerimize göre seçilen kriterlere göre kriterleri ne kadar arttırdığımızda sıralamamızın değişmeyeceği görülmektedir.

Sonuç ve Değerlendirme

Sonuç olarak, yapılan çalışma ile uçak komponentlerinin atölyede işleme alınma önceliklerinin belirlenmesi problemine bir çözüm önerisi getirilmeye çalışılmıştır. Bu çözüm önerisi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. PROMETHEE yöntemiyle atölyede işleme alınacak olan komponentlerin işleme alınma önceliğine ilişkin öncelik sıralaması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 20 alternatif parça önceliklerine göre sıralanmıştır.

Karar verici tarafından oluşturulan tercih fonksiyonlarıyla Visual Promethee programının önerdiği tercih fonksiyonları altında uygulama iki farklı senaryo olarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Buna göre, ilk senaryoda a1-a13-a16-a11-a10 alternatifleri ilk 5 sıraya yerleşirken ikinci senaryoda öncelik sırası a16-a1-a13-a11-a10 şeklinde olmuştur. Son 5 sıraya baktığımızda ise senaryo 1’de a6-a7-a14-a8-a2 dizilimi görünürken senaryo 2’de a19-a14-a20-a2-a8 sıralaması gözlemlenmiştir.

Bu da göstermektedir ki alternatif sıralamasında optimum bir önceliklendirme yoktur. Çünkü karar vericinin belirlediği eşik değerleri değiştikçe üstünlük akışları da değişmekte ve bu da sıralama sonuçlarına yansımaktadır.

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı PROMETHEE yöntemi uygulanırken tercih fonksiyonları ve parametrelerinin saptanması sürecinde konunun uzmanı olan kişilere danışılmalıdır. Karar vericinin tecrübesinin ve kriter verilerinin türünün karar vermede sonuçların değişmesinde çok etkili olduğu şüphe götürmez bir gerçektir.

Atölyelerin komponentleri işleme almada önceliklerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemleriyle elde edilen sonuçları kullanmalarının şirketin genel anlamda yararına olacağı düşünülmektedir. Çünkü acil ihtiyaç duyulabilecek parçalar sıralamada üstlerde yer alacağı için böyle parçalar kısa sürede onarılarak mevcut ihtiyacı karşılamak için depoya girecektir.

Bu çalışmada ağırlıkların belirlenmesi aşamasında anket çalışması yerine Analitik Hiyerarşi Prosesi yada Analitik Ağ Prosesi gibi kendini kanıtlamış yöntemlerin kullanılmasının mümkün olduğu ve bu yöntemlerin de dahil edilmesiyle çalışmanın daha da geliştirilerek araştırmacılara farklı bakış açıları sağlayacağı da umulmaktadır.

Uygulamaya konu olan alan itibarıyla literatürde bu çalışmaya benzer başka bir çalışma olmaması nedeniyle bu çalışmada elde edilen sonuçların havacılık sektöründe faaliyet gösteren firmalara yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- C.L.Hwang,A.S.Masud,‘ ‘*MultipleObjectiveDecisionMaking-MethodsandApplications*’’,AState of the Art SurveySpringerVerlag, Berlin, 1979.
- M. Zeleny, ‘ ‘*MultipleCriteriaDecisionMaking*’ ’, McGrawHillCompany, New York, 1982.
- Doğan,İ., ‘ ‘*Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*’ ’, M.Ü.İkt.ve İd.Bil.Fak.Yayını,İstanbul,1994.
- Dinçer, Sait Erdal., ‘ ‘*Başlıca Etkileşimli Çok Amaçlı Karar Alma Yöntemlerinin İncelenmesi ve Bir Uygulama*, Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans
- Afyon Kocatepe Üniversitesi, *İİBF Dergisi* (C. XV, S. II, 2013)
- Genç, Tolga.,Masca, Mahmut., ‘ ‘ *TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri İle Elde Edilen Üstünlük Sıralamalarının Bir Uygulama Üzerinden Karşılaştırması*’ ’

- Genç, Tolga. ‘*PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi.*’ Journal of Economics & Administrative Sciences / Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2013.
- Prvulovic, Slavica, Tolmac, Dragisa ve Radovanovic, Ljiljana, “*Application of PROMETHEE-GAIA Methodology in the Choice of Systems for Drying Paltry Seeds and Powder Materials*”, Journal of Mechanical Engineering, 2011.
- Soba, Mustafa, “*PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama*”, Journal of Yasar University.
- Yılmaz, Burcu ve Dağdeviren, Metin, “*PROMETHEE İçin DECISION LAB Yazılımı ve Örnek Bir Problem Üzerinde Uygulanması*” Endüstri Mühendisliği Yazılımları ve Uygulamaları Kongresi, İzmir, 30 Eylül-01/02 Ekim 2011.
- Albadvi, Amir, Chaharsooghi, S.Kamal ve Esfahanipour, Akbar, “*Decision Making in Stock Trading: An Application of PROMETHEE*”, European Journal of Operational Research, 2007.
- Atıcı, Kazım Barış ve Ulucan, Aydın, (2009) “*Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları*”, Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2009.
- Brans, Jean-Pierre, “*L'ingenierie de la decision: Elaboration d'instruments d'aide a la decision. La Methode PROMETHEE*”, Universite Laval, Colloqued'aide a la Decision, Quebec, Canada, 1982.
- Brans, Jean-Pierre ve Vincke, Philippe, “*A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM*”, Management Science, 1985.
- Brans, Jean-Pierre, Vincke, Philippe ve Mareschal, Bertrand, “*How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method*”, European Journal of Operational Research, 1986.
- De Smet, Yves ve Lidouh, Karim, “*An introduction to Multicriteria Decision Aid: The PROMETHEE and GAIA Methods*”, <http://code.ulb.ac.be/~yvdesmet/> (05 Mayıs 2012)
- Brans, Jean-Pierre ve Mareschal, Bertrand, “*PROMETHEE Methods*”, içinde Figueira vd. (ed.) *Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Survey*, New York, Springer Science, 2005.
- Dağdeviren, Metin ve Eraslan, Ergün, “*PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi*”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2008.
- Lidouh, Karim, De Smet, Yves ve Zımanyı, Esteban, “*GAIA Map: A Tool for Visual Ranking Analysis in Spatial Multicriteria Problems*”, IEEE Computer Society Press, 2009.
- Mareschal, Bertrand ve Brans, Jean-Pierre, (1988) “*Geometrical Representations for MCDA*”, European Journal of Operational Research, 1988.
- Genç, Tolga, “*Çok Ölçütlü Performans Değerlendirme Teknikleri ve Türkiye'nin Ekonomik Performansının Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ile Karşılaştırılması*”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2012.
- Gregory, Geoffrey, “*Decision Analysis, Plenum Press*”, New York, 1998.
- Hwang, C.L. and K. Yoon. ‘*Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*’, Springer-Verlag, New York, 1981.
- Th. Briggs, P. L. Kunsch and B. Mareschal, “*Nuclear Waste Management: An Application Of The Multicriteria Promethee Methods*”, European Journal Of Operational Research, 1990.
- Pavi, I., Babi, Z., “*The Use Of The Promethee Method in The Location Choice Of A Production System*”, International Journal of Production Economics, 1991.
- Koli, S., Parsaei H. R., “*Multi-Criteria Analysis in The Evaluation Of Advanced Manufacturing Technology Using Promethee*”, Computers & Industrial Engineering, 1992.