

PROMETHEE Yöntemi ile Bir Teknik Müşavir Firma Seçimi

Latif Onur uğur^{1+*} ve Merve Ölçer¹

¹Department of Civil Engineering/Technology Faculty, Düzce University, Düzce, Turkey

*Corresponding author: latifugur@duzce.edu.tr

+Speaker: latifugur@duzce.edu.tr

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Özet – Teknik müşavir, doğal veya inşa edilmiş çevre üzerinde teknolojiye dayalı bilgi ve düşünceye dayalı hizmet veren kişi veya kuruluştur. Uluslar arası inşaat projelerinde ilgili yapım projesinin projelendirme ve ihale aşamalarından yapım kontrolü, ödemeler ve kesin kabul aşamalarına kadar önemli görevler yürütür. Pek çok önemli yapım projesinde işveren tarafından görev verilmesi gerekliliği bulunmaktadır. Bu çalışmada, bir işverenin teknik müşavir firma seçim seçimi PROMETHEE yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, uzman görüşleri yardımı ile kriterler belirlenmiş ve alternatifler tespit edilmiştir. Alternatif adayların öncelikleri PROMETHEE yöntemi ile hesaplanarak öncelik sıraları belirlenmiştir. PROMETHEE yöntemiyle elde edilen sonuçlar PROMETHEE I ve PROMETHEE II yöntemleri ile irdelenmiştir. Ayrıca GAİA Düzlemi yardımı ile analiz edilmiştir. Bu yöntem ile gerekli kriterleri sağlayan alternatif adaylar arasından en uygun teknik müşavir firmanın belirlenmesi sağlanmış ve işletmelerde doğru teknik müşavir firmanın seçilememesinden kaynaklanan maliyetler ve seçim sürecindeki subjektif değerlendirmeler en aza indirilmeye çalışılmıştır. Yöntem tüm kriterler eşit önem derecesinde iken ve kriterlere farklı ağırlıklar verilmiş olarak iki farklı şekilde uygulanmıştır. Bu iki uygulamadan çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler – PROMETHEE Yöntemi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Teknik müşavir mühendis firma

Choosing a Technical Consultant Company with PROMETHEE Method

Abstract – The technical consultant is the person or organization that provides technology based knowledge based on technology on natural or built environment. It carries out important tasks in the international construction projects from the project preparation and tender stages of construction project to construction control, payments and final acceptance stages. Many important construction projects, they have to be assigned by the employer. In this study, the selection of technical consultant company of an employer was carried out by PROMETHEE method. In this method, criteria were determined with the help of expert opinions and alternatives were determined. The priorities of the alternative candidates were determined by the PROMETHEE method and their priorities were determined. PROMETHEE I and PROMETHEE II methods were used to evaluate the results. It was also analyzed with the help of GAIA Plane. With this method, the most appropriate technical advisory firm has been determined among the alternative candidates providing the necessary criteria and the costs arising from not selecting the right technical advisor firm in the enterprises and the subjective evaluations in the selection process have been tried to be minimized. The method has been applied in two different ways, while all criteria are of equal importance and different weights are given to the criteria. The results of these two applications were compared.

Keywords – PROMETHEE Method, Multi Criteria Decision Making (MCDM), Technical Consultant Engineer

I.GİRİŞ

Müşavir kelimesi sözlük karşılığı olarak; “danışılan, istişare edilen” anlamını taşımaktadır. Ayrıca “bir konuda görüşüne başvurulmuş” olarak da ifade edilebilir. Bu günkü dilde “danışman” olarak isimlendirilebilir. Müşavirlik kelimesi de; “danışma(k), istişare etmek” anlamını taşımaktadır (1). Müşavir Mühendis/Mimar tanımlaması özetle; “üniversiteden mezun olduktan sonra en az 12 yıl profesyonel olarak çalışmış ve bu sürenin en az 6 yılında müşavirlik hizmetleri veren bir firmada yetkili pozisyonda hizmet vermiş, TMMOB üyesi olan mühendisler ve mimarlar”dır şeklinde yapılabilir (2). Antik Yunanca tekhné kelimesinden gelen ve Latince ars’a tekabül eden “teknik”, her türlü uzmanlık, beceri, eklemlenme anlamına gelir (3). Teknik müşavir, doğal veya inşa edilmiş çevre üzerinde teknolojiye dayalı bilgilere düşünceye dayalı hizmet veren kişi veya kuruluştur (4). TürkMMMB, ilgili Tüzük maddesinin (Madde 4/A - Müşavir Mühendis ve Mimarlığın Tanımı) yanı sıra, kendi ilkeleri paralelinde ve üyesi bulunduğu FIDIC’e üye gelişmiş ülkelerin de benimsediği “Teknik Müşavir, doğal veya inşa edilmiş çevre üzerinde teknolojiye dayalı bilgi ve düşünceye dayalı hizmet veren kişi veya kuruluştur.” tanımını kabul etmiştir (5). Bir başka tanıma göre “bir meslek dalında fizik, kimya, matematik v.b. bilimlerden elde edilen verileri iş ve yapım alanında uygulamak için görüşüne başvurulmuş kişiye” teknik müşavir denir. Üniversitede alınan eğitimle, edinilen bilgi ve beceriler arasında bir bağlantı olabilir veya olmayabilir ancak Müşavir’in gerçekte bir uzman olduğunu, ama bununla birlikte, deneyimi eğitim içersin ya da içermesin bu deneyimlerden bilgi ve beceri geliştiren, etkin ve iyi bir öğrenci olmasının şart olduğu söylenebilir. Bu teorik açılımının yanında Kamu İhale Kanunu’nda geçen tanımında “bilgi ve deneyimini idarenin yararı için kullanan, danışmanlığını yaptığı işin yüklenicileri ile hiçbir organik bağ içinde bulunmayan, idareden danışmanlık hizmeti karşılığı dışında hiçbir kazanç sağlamayan ve danışmanlık hizmetlerini veren hizmet sunucuları” olarak tanımlanmıştır. İkinci tanımda organik bağ istenmemesinin ana nedeni yapılacak işin idaresinde yüklenici kişilere karşı oluşturulan iş akışının aksi bir görüşünü dile getirmekten çekilmeyecek bir müşavirlik hizmeti için gerekli görülmektedir (6). Uluslararası Mühendis ve Müşavirler Federasyonu (FIDIC) teknik müşavirliğin etik tarafına dikkat çekerek “sosyal sorumluluk, yetkinlik, bütünleşme, tarafsızlık, adil davranış, usulsüzlük karşıtlığı” olarak özetlemiştir.

Teknik müşavirlerin görevleri;

- Planlama / Değerlendirme

- Zemin Etüdler
- Fizibilite (Olabilirlik) Etütleri
- Ön araştırma ve programlama hizmetleri
- Araştırma, geliştirme ve Planlama işleri
- Mimarlık – Mühendislik Tasarım İşleri
- Kredi raporu hazırlanması
- İhale Dokümanlarının Hazırlanması
- İhale Değerlendirme ve Sözleşme Akdine Yönelik Teknik Yardım Hizmetleri
- Metraj, keşif, teknik ve idari şartname hazırlanması,
- İhale yönetimi, danışmanlığı ve değerlendirme hizmetleri,
- Mesleki, teknik, mali ve inşaat kontrolörlüğü ve denetimi,
- Kurumsal yapılanma ve özelleştirme faaliyetlerine yönelik danışmanlık,
- Çevre etki değerlendirme hizmetleri,
- Gayrimenkul değerlendirme hizmetleri,
- İşletmeye alma ve işletme danışmanlığı,
- Teknoloji, malzeme ve teçhizat seçimi ve standartlarının belirlenmesi
- İnşaat Yönetimi
- Proje Yönetimi
- Mesleki, teknik, mali inşaat kontrolörlüğü ve denetimi
- İşletmeye Alma Danışmanlığı
- Personelin Teknik Eğitimi
- Kurumsal yapılanma ve özelleştirme faaliyetlerine yönelik danışmanlık
- Anlaşmazlıkların Giderilmesi olarak sıralanabilir.

Hakemlik görevlerinin bir kısmını veya hepsini birlikte üstlenmek Teknik Müşavirliğin yukarıda hizmet alanları haricinde yeni yönetmelikler sebebiyle eklenen yeni hizmet alanları da ortaya çıkmıştır. Bunlar;

- Yapı Tesistat Tasarımı ve İşletme Yönetimi
- Trafik ve Sinyalizasyon Mühendisliği ve Kapasite Ölçüm Hizmetleri
- Yangın güvenliği danışmanlığı
- Risk Analizi ve Yönetimi
- İş ve İşçi Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri
- Akustik ve Termik Yapı Fiziği Çalışmaları
- Geoteknik Mühendisliği Hizmetleri
- Tekno-ekonomik İşletme Yönetimi
- Coğrafi Bilgi Sistemleri
- Bilgi Yönetimi
- Kalite Kontrol ve Yönetimi Hizmetleri’dir (6).

Tünel, uluslararası literatürde mutabakat sağlanmış bir tanımı olmamakla birlikte; genel anlamıyla yer altından kazı yapılmak suretiyle oluşturulan geçitlerdir. Ana kullanım amaçları motorlu taşıt ulaşımı, metro ve demiryolu ulaşımı ve su taşımadır. Bir yandan öbür yana geçebilmek için yer altında açılan yol anlamına gelir (7).

Tünel projesine seçilecek olan bir teknik müşavir firmadan tünellerin planlaması, tasarımı ve proje uygulama hizmetleri konusunda geniş bilgi birikimine ve tecrübeye sahip olması beklenmektedir. Aşağıda sıralanan özellikleri de taşıması yararlı olacaktır.

- Fizibilite Etüdüleri
- Jeodezik Etüdüleri
- Hidrolik ve Hidro-Jeolojik Etüdüleri
- Zemin Etüdüleri (Jeolojik ve Geoteknik)
- Çevresel Etki Değerlendirme
- Ulaşım / Trafik Planlama ve Tasarımı
- Mimari ve Mühendislik Tasarımı
 - Güzergah Optimizasyonu ve Tasarımı
 - Jeoloji Mühendisliği
 - Geoteknik ve Kaya Mekaniği Mühendisliği
 - Yapısal ve Deprem Tasarımı (Kazı-İksa ve İç Kaplama)
 - Oturma Analizi ve Tünel Üstündeki Binalara Gelebilecek Zarar Değerlendirmesi
 - Güçlendirme / Rehabilitasyon
 - Elektrik Sistemler Tasarımı (Enerji Temini; Aydınlatma; Kontrol Sistemi; Haberleşme-Telefon, Telsiz, Hoparlör; Sinyalizasyon ve Trafik İşaretleme)
 - Mekanik Sistemler Tasarımı (Havalandırma; Su Temini; Yandın Söndürme) (8).

PROMETHEE sıralama yönteminin birden fazla kriterin göz önünde bulundurulduğu karar verme süreçlerinde çeşitli alanlarda uygulandığı yapılan araştırma ve makalelerde görülmektedir. Keyser ve Peeters (1994), birden fazla kriterin ele alınması gerektiği karar süreçlerinde PROMETHEE yönteminin kullanılmasındaki öneme ilgi çekmiş, PROMETHEE yönteminin avantaj ve dezavantajları belirtmişlerdir (9). Yılmaz ve Dağdeviren (2010), seçilen ekipmanların etkin bir üretim sistemi kurmada son derece önemli olduğunu belirterek PROMETHEE yöntemi ile ekipman seçimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında, 11 adet alternatif kaynak makinesini 6 farklı kriter açısından değerlendirmişlerdir. Bu kriterler; sektörel kullanılabilirlik, fiyat, ağırlık, çalışma uyumu, ekipmanın işlemeye uyumlu olduğu tel çapı ve kapladığı hacimdir (10). Soba (2012), PROMETHEE yöntemini, aynı sınıftan olan altı panelvan otomobilden birinin seçiminde kullanmıştır. Fiyat, yakıt, maksimum hız, güvenlik, beygir gücü ve performans olmak üzere altı farklı kriter üzerinden yapılan çalışmada sonuçların tutarlı ve uygun olduğu

belirtmiştir (11). Tuzkaya, Özgen ve Gülsün (2011), PROMETHEE yöntemi ile en doğru malzeme taşıma sistemi seçimi yapmış, İstanbul'daki bir fabrikanın ambar bölümü üzerine bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Uygulama sonuçlarının yetkililerce yeni yatırım kararlarında dikkate alındığı belirtilmiştir (12). Amponsah, Darkwah ve Inusah (2012), telekomünikasyon operatörlerinin performansları üzerine gerçekleştirdikleri araştırmada, dört farklı kriteri ele alarak beş farklı alternatifi PROMETHEE sıralama yöntemi ile sıralamış, uygun ve etkin sonuçlara ulaşıldığını belirtmişlerdir. (13). Şimşek (2017), uzmanlık tezini yayınladığı IPA projelerinde, teknik müşavirlik hizmetlerinin ekonomi politikası araştırmasında, teknik müşavir firma nedir, görevleri nelerdir, inşaat sektöründe yeri nedir gibi konulara yer vermiştir (14).

II. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada bir tünel inşaatı için teknik müşavir firma seçilecektir. Teknik müşavir firmaların sıralanması için çok kriterli karar verme yöntemlerinden birinin kullanılması uygun görülmüştür. Bu yöntemler, sonlu sayıda alternatifleri değerlendirmede birbiriyle çelişen çok sayıda kriterden oluşurlar. Çok kriterli karar vermede sıklıkla kullanılan TOPSIS, ELECTRE, AHP gibi yöntemler, gerek tek tek gerekse bir arada uygulanarak, seçim işleminde daha doğru karar verilmesini sağlarlar. Bu çalışmada beş tane teknik müşavir firma arasından bir tanesi çok kriterli karar verme yöntemlerinden PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile belirlenecektir.

2.1. PROMETHEE Sıralama Yöntemi

PROMOTHEE yöntemi, PROMOTHEE 1 (kısmi sıralama) ve PROMOTHEE 2 (tam sıralama) olmak üzere 2 ana aşamadan oluşan ve ilk olarak J. P. Brans tarafından 1982 yılında geliştirilen ve ilk defa Kanada'daki Laval Üniversitesi'ndeki bir konferansta sunulan çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir. Buradaki PROMETHEE yöntemi ile ilgili açıklamalar da Brans'ın (1982) eserinden derlenmiştir (15)

Yöntem, karar noktalarının sırasını, PROMETHEE 1 ve PROMETHEE 2 ana aşamalarıyla belirler. PROMETHEE yöntemi karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre ikili kıyaslamalarına dayanır. PROMOTHEE yöntemini diğer çok değişkenli karar verme yöntemlerinden ayıran temel fark, değerlendirme faktörlerinin birbiri ile ilişkilerini gösteren önem ağırlıklarını ve her bir değerlendirme faktörünün kendi iç ilişkisini de dikkate almasıdır. Değerlendirme faktörlerinin iç ilişkisi, veri kümesinin dağılımıyla ortaya konur ve yöntemde bu amaçla 6 farklı dağılım öngörülmüştür. PROMETHEE

yönteminin başlangıçtan sonuç aşamasına kadar 5 adımı vardır. Bu adımlar ve içerdikleri formüller aşağıdasırasıyla verilmiştir. (16)

alternatiflere $A=(a, b, c, \dots, m)$ ilişkin veri matrisi, Tablo 1.'de verilen şekilde oluşturulur.

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

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

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. Alternatifler, kriter bazında ikili karşılaştırırken Brans (1982) tarafından tanımlanmış 6 tercih fonksiyonundan bir tanesini kullanmaktadır. Ölçütler için tercih fonksiyonları tanımlanır.

PROMETHEE yönteminde kullanılan 6 farklı tercih fonksiyonu Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Tercih Fonksiyonları

Tip	Parametre	Fonksiyon	Grafik, P(x)
Birinci Tip (Olağan)	-	$P(x) = \begin{cases} 0, & \forall x \leq 0 \\ 1, & \forall x > 0 \end{cases}$	

P(x)

İkinci Tip (U-tipi)	1	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 1 \\ 1, & x > 1 \end{cases}$	
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 (Linear)	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	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x \geq 0 \end{cases}$	

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.(17)

Adım 3.Tercih indeksleri her iki alternatifin (a,b) karşılıklı olarak üstünlüklerini belirlemek açısından denklem (2) ve (3)'de gösterilmiştir.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b) \quad (2)$$

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(b, a) \quad (3)$$

Adım 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 değerlerinin toplamının $(n-1)$ değerine bölünmesiyle hesaplanan pozitif ve negatif akımlar denklem (4) ve (5)'te belirtilmiştir.(18)

Pozitif akım:

$$\Phi^+(a) = \sum \pi(a,b) \quad (4)$$

Negatif akım:

$$\Phi^-(a) = \sum \pi(b,a) \quad (5)$$

Adım 5. Pozitif ve negatif akım değerleri ile PROMETHEE I sonuçlarını elde eden karar verici, bu sonuçlarla alternatiflerin en iyiden en kötü seçeneğe göre sıralamasını elde edemeyebilir. Böyle durumlarda (6)'dan faydalanılarak PROMETHEE II net akım değerleri hesaplanır.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (6)$$

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. (18)

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)

Karşılaştırmalarda karşılaşılabilecek durumlar aşağıda verilmiştir.

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

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

1.durum: a, b'den üstündür.

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

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

2.durum: a, b'den farksızdır

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

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

3.durum: a ile b karşılaştırılamaz.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (6)$$

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

Eğer $\Phi(a) = \Phi(b)$ ise a karar noktası b karar noktasından farksızdır.

2.2. GAİA Düzlemi

Alternatiflerin k boyutlu (kriter sayısı kadar boyutlu) bir uzayda gösterilmesini müteakip, Temel Birleşenler Analizi (Principal Component Analysis, PCA) kullanılarak kriterlerin ve alternatiflerin daha anlaşılabilir bir gösterim ile karar vericiye sunulabilmesi için belirtilen k boyutlu uzaydan 2 boyutlu bir düzlem üzerine izdüşümleri hesaplanmak suretiyle bir düzlem oluşturulur (Epür). Alternatifler ve kriterlerin gösterildiği bu düzleme GAİA düzlemi denilmektedir.

Alternatiflerin ve kriterlerin GAİA düzlemindeki geometrik sunumu problemi analiz ederken önemli bir zenginlik sağlayacaktır. Bu teknik karar verme sürecinde özellikle her bir kriterin önemini değerlendirmek için kullanılır. Ayrıca bu teknikle kriterler üzerindeki tercih oranlarının kavranması, homojen alternatif kümelerinin belirlenmesi, belirli kriterler altındaki alternatifler arasından iyi olan alternatiflerin seçilmesi, alternatifler arasındaki karşılaştırılamazlık durumunun belirlenmesi gibi amaçlar gerçekleştirilebilir. (18)

III.UYGULAMA

PROMETHEE yönteminin uygulaması bir işveren için yapılmıştır. Bu teknik müşavir firma iş pozisyonu için başvuranlar arasından en uygun teknik müşavir firma seçilmesi amaçlanmıştır. Uygulamada Visual PROMETHEE programı kullanılmıştır.

3.1. Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi ve Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu uygulama için iş tanımları incelenmiş, uzman görüşleri alınarak bir teknik müşavir firmasının sahip olması gereken nitelikler değerlendirilmiştir. Tüm bu veriler kullanılarak ve uzman görüşleri alınarak, bu pozisyonun kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler aşağıda sıralanmıştır.

Kriterler:

- Daha önce yaptıkları iş sayısı

- Kaç yıllık firma olduğu
- Çalıştırdıkları teknik eleman sayısı
- Bir yılda döndürdükleri para
- Adliye yansımış olayların varlığı
- Tünel projesinde teknik müşavirlik yapmış olması

Aday kuruluşların (A, B, C, D ve E) her kritere göre değerlendirilmesi yine uzmanlar yardımı ile yapılmış ve Tablo 3.'te verilen karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3. Karar Matrisi

Kriterler	Adaylar				
	A	B	C	D	E
Daha önce yaptıkları iş sayısı	7	12	8	6	14
Kaç yıllık firma	12	18	11	8	22
Çalıştırdıkları teknik eleman sayısı	8	14	11	7	10
Bir yılda döndürdükleri para (milyon)	1,2	1,9	1,2	0,8	1,1
Adliye yansımış olayların varlığı	0	0	1	0	1
Tünel projesinde teknik müşavirlik yapmış olması	0	1	0	1	2

3.2.Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve Alternatiflerin Sıralaması

Uygulamanın bu aşamasında ilk olarak belirlenen tüm kriterlerin eşit önem derecelerine sahip olduğu kabulü

ile hareket edilmiş ve ağırlık değeri olarak her kriter 1 değeri atanmıştır. Daha sonra tüm kriterlere uzman görüşleri doğrultusunda ağırlıklar verilerek iki durum karşılaştırılacaktır. İkinci durumda kriterlere verilen ağırlıklar Tablo 4. 'te gösterilmiştir. (Ağırlıkların toplamı 1'dir)

Tablo 4. Kriter Ağırlıkları

	Daha önce yaptıkları iş sayısı	Kaç yıllık firma	Çalıştırdıkları teknik eleman sayısı	Bir yılda döndürdükleri para (milyon)	Adliye yansımış olayların varlığı	Tünel projesinde teknik müşavirlik yapmış olması
Kriter ağırlıkları	0,13	0,08	0,20	0,17	0,12	0,30

3.3. Visual PROMETHEE Programı ile Çözüm

3.3.1. Kriter Ağırlıklarının Eşit Olduğu Durum

Kriterlere eşit ağırlıkların atanmasının ardından, yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen tüm veriler; alternatif adaylar, kriterler, belirlenen tercih

fonksiyonları ve tercih fonksiyon parametreleri tablo 5. de özetlenmiştir. Kriter nitelikleri, ağırlıkları, tecih fonksiyonları ve fonksiyon parametreleri ara yüze girilmiştir.

Tablo 5. Eşit Ağırlıklı Çözüm İçin Visual PROMETHEE Veri Girişi

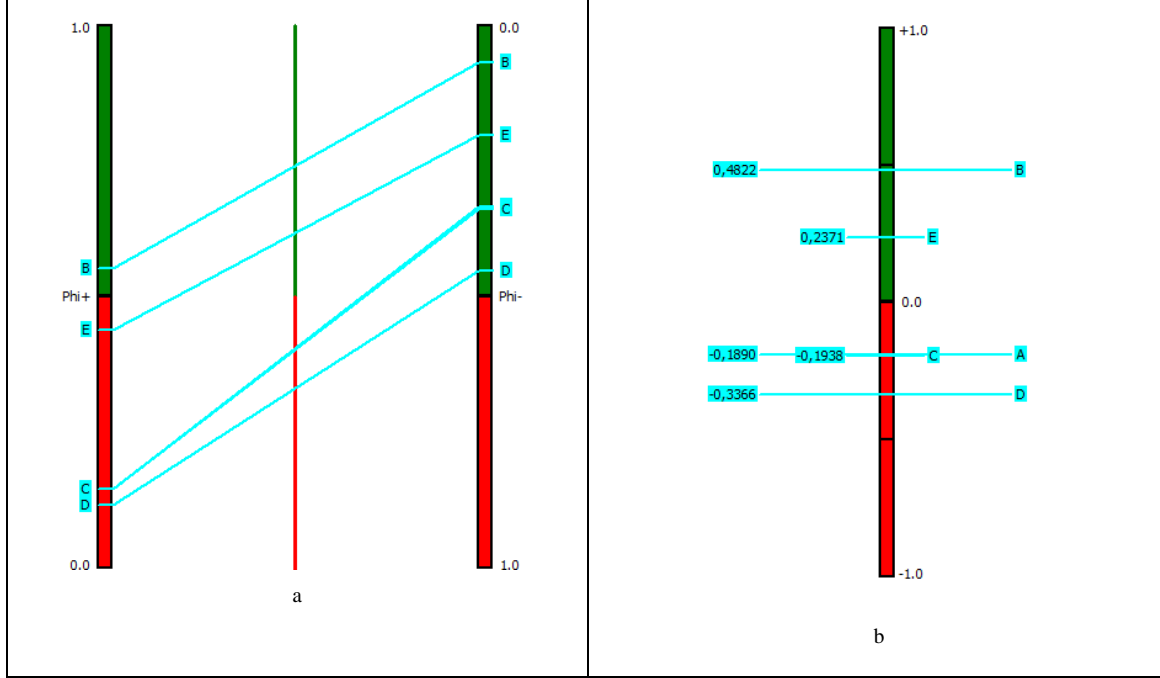
Bertrand	Daha önce y...	Kaç yıllık firm...	Çalıştırdıkları ...	Bir yılda dön...	Adliyeye yan...	Daha önce t...	
Unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
Preferences							
Min/Max	max	max	max	max	min	max	
Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Preference Fn.	Linear	Gaussian	Gaussian	Level	V-shape	Usual	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	1,000	n/a	n/a	€ 1,0	n/a	n/a	
- P: Preference	15,000	n/a	n/a	€ 2,5	2,5	n/a	
- S: Gaussian	n/a	3	3,0	n/a	n/a	n/a	
Statistics							
Minimum	6,000	8	7,0	€ 800.000,0	0,0	0,00	
Maximum	14,000	22	14,0	€ 1.900.000,0	1,0	2,00	
Average	9,400	14	10,0	€ 1.240.000,0	0,4	0,80	
Standard Dev.	3,072	5	2,4	€ 361.109,4	0,5	0,75	
Evaluations							
<input checked="" type="checkbox"/>	A	7,000	12	8,0	€ 1.200.000,0	0,0	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	B	12,000	18	14,0	€ 1.900.000,0	0,0	1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	C	8,000	11	11,0	€ 1.200.000,0	1,0	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	D	6,000	8	7,0	€ 800.000,0	0,0	1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	E	14,000	22	10,0	€ 1.100.000,0	1,0	2,00

Alternatifler değerlendirilerek pozitif, negatif ve net üstünlük değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan üstünlük değerleri aşağıda Tablo 6. da gösterilmektedir.

Tablo 6. Eşit Ağırlıklar için Kriterlerin Üstünlük Değerleri

Alternatifler	θ	θ^+	θ^-	Sıralama
B	0,4822	0,5514	0,0692	1
E	0,2371	0,4389	0,2018	2
A	-0,189	0,1457	0,3347	3
C	-0,1938	0,1459	0,3397	4
D	-0,3366	0,1167	0,4532	5

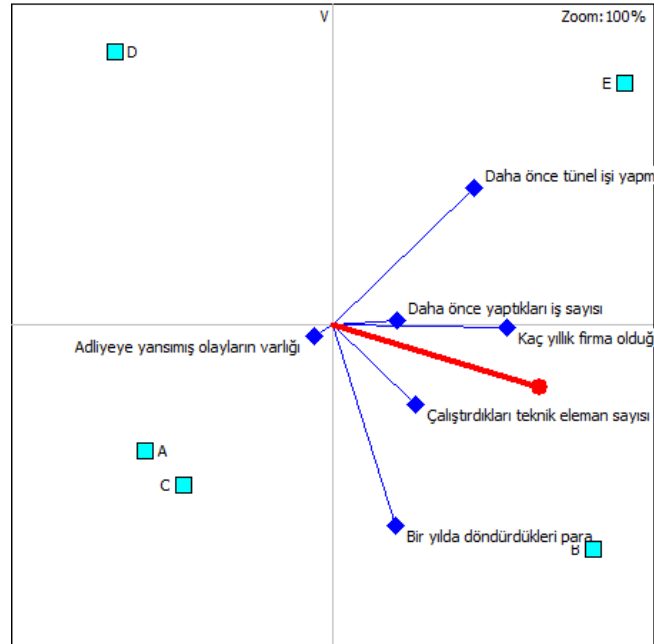
Ardından PROMETHEE I yöntemi ile kısmi öncelikler, PROMETHEE II yöntemi ile de tam öncelikler belirlenmiştir (Bkz. Şekil 1.a ve b)



Şekil 1. Eşit Ağırlıklı Çözüm İçin PROMETHEE I (a) ve PROMETHEE II (b) sonuçları

PROMETHEE I ve II yöntemi ile bulunan kısmi ve tam öncelik sıralamalarına göre en iyi alternatif B

çıkıştır. Adaylar (P II için) en iyiden en kötüye doğru B, E, A, C, D olarak sıralanmaktadır.



Şekil 2. Eşit Ağırlıklı Çözüm İçin GAİA Düzlemi Analizi

GAİA düzlemine bakıldığında ayrıştırıcı özelliği en fazla olan kriter bir yılda döndürdükleri paradır. Alternatiflerin kriterlere göre durumu da bu grafikte gösterilmiştir. Örneğin E alternatifi daha önce tünel işi

yapmış olma kriterine göre tercih edilmektedir. Tercih vektörü de B alternatifini göstermektedir. Bu sonuçlar . PROMETHEE I ve PROMETHEE II ile de örtüşmektedir.

3.3.2. Kriterlere Ağırlık Verildiği Durum

Tablo 4’de belirtilen kriter ağırlıkları kullanılarak veriler ara yüze Tablo 7.’de gösterilen şekilde girilmiştir.

Tablo 7.. Farklı Kriter Ağırlıkları İle Visual PROMETHEE Veri Girişi

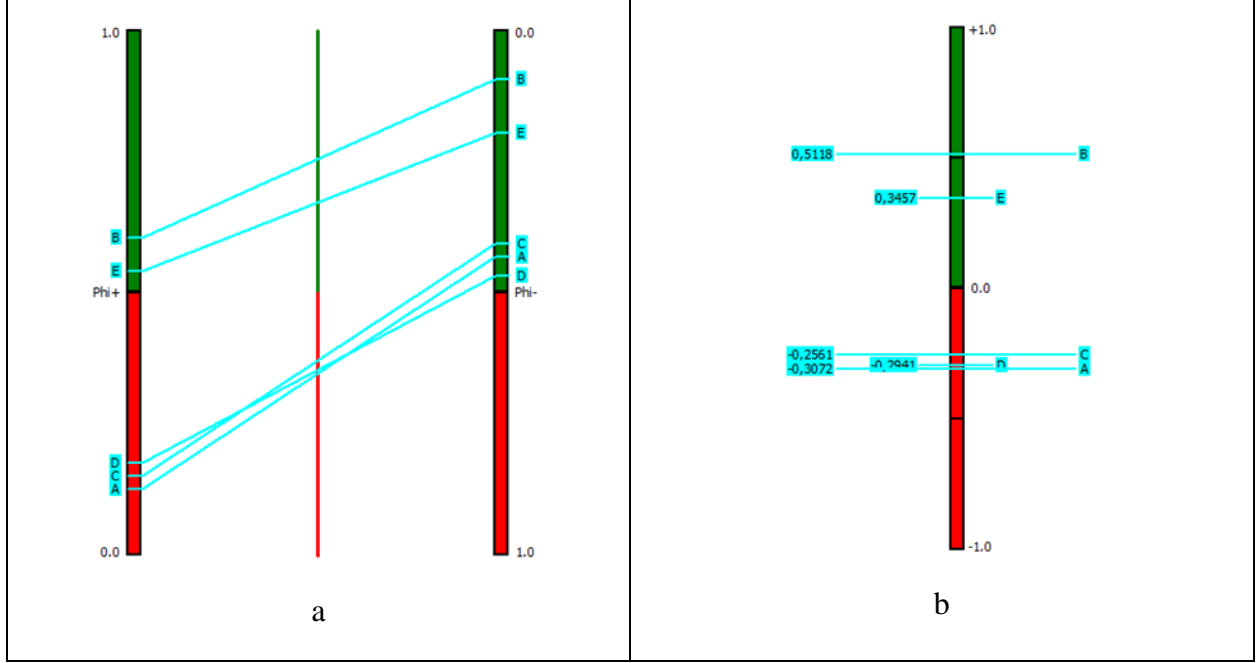
● Bertrand	Daha önce y...	Kaç yıllık firm...	Çalıştırdıkları ...	Bir yılda dön...	Adliyeye yan...	Daha önce t...
Unit						
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	max	max	max	max	min	max
Weight	0,13	0,08	0,20	0,17	0,12	0,30
Preference Fn.	Linear	Gaussian	Gaussian	Level	V-shape	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	1,000	n/a	n/a	€ 1,0	n/a	n/a
- P: Preference	7,000	n/a	n/a	€ 2,5	2,5	n/a
- S: Gaussian	n/a	3	3,0	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Minimum	6,000	8	7,0	€ 800.000,0	0,0	0,00
Maximum	14,000	22	14,0	€ 1.900.000,0	1,0	2,00
Average	9,400	14	10,0	€ 1.240.000,0	0,4	0,80
Standard Dev.	3,072	5	2,4	€ 361.109,4	0,5	0,75
Evaluations						
<input checked="" type="checkbox"/> A	7,000	12	8,0	€ 1.200.000,0	0,0	0,00
<input checked="" type="checkbox"/> B	12,000	18	14,0	€ 1.900.000,0	0,0	1,00
<input checked="" type="checkbox"/> C	8,000	11	11,0	€ 1.200.000,0	1,0	0,00
<input checked="" type="checkbox"/> D	6,000	8	7,0	€ 800.000,0	0,0	1,00
<input checked="" type="checkbox"/> E	14,000	22	10,0	€ 1.100.000,0	1,0	2,00

Alternatifler değerlendirilerek pozitif, negatif ve net üstünlük değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan

üstünlük değerleri aşağıda Tablo 8. de gösterilmektedir.

Tablo 8. Farklı Kriter Ağırlıkları İçin Kriterlerin Üstünlük Değerleri

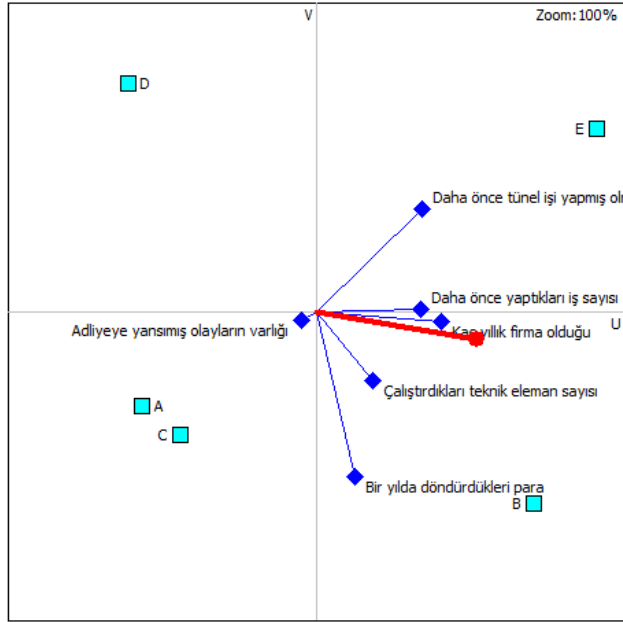
Alternatifler	q	q+	q-	Sıralama
B	0,5118	0,604	0,0922	1
E	0,3457	0,5413	0,1956	2
C	-0,2561	0,1501	0,4062	3
D	-0,2941	0,174	0,4681	4
A	-0,3072	0,1246	0,4318	5



Şekil 3. Farklı Kriter Ağırlıkları İçin PROMETHEE I (a) ve PROMETHEE II (b) sonuçları

Kriterlere ağırlık verildiğinde PROMETHEE I ve II yöntemleri ile bulunan kısmi ve tam öncelik sıralamasına göre en iyi alternatif B çıkmıştır. Adaylar

P II'ye göre en iyiden en kötüye doğru B, E, C, D, A olarak sıralanmaktadır.



Şekil 4. Farklı Kriter Ağırlıkları GAIA Düzlemi Analizi

GAİA düzlemine bakıldığında ayrıştırıcı özelliği en fazla olan kriter yine bir yılda döndürdükleri paradır. Tercih vektörü B alternatifini göstermektedir. Bu durumda sonuçlar PROMETHEE I ve PROMETHEE II ile örtüşmektedir.

IV.SONUÇ

Ağırlıksız ve ağırlıklı durumlar için yapılan sıralamalar Tablo 9.'da verilmiştir.

Tablo 8. Eşit ve Farklı Ağırlıklardaki Sıralamaların Karşılaştırılması

Kriter Ağırlıkları Eşit			Kriter Ağırlıkları Farklı		
alternatifler	qnet	sıralama	alternatifler	qnet	sıralama
A	-0,189	3	A	0,4318	5
B	0,4822	1	B	0,0922	1
C	-0,1938	4	C	0,4062	3
D	-0,3366	5	D	0,4681	4
E	0,2371	2	E	0,1956	2

İki durumda da B ve E alternatiflerinin tercih sırası değişmemiştir. B alternatifi birinci, E alternatifi ikinci olmuştur. A, C ve D alternatiflerinin sırası iki durumda tercih sıraları farklıdır. Çalışma, yapım projelerinde işverenlerin teknik müşavir firma seçiminde PROMETHEE yönteminin başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir. Bu problem verilerine göre: kriterlerin ağırlıklarının eşit ve farklı olduğu durumlarda sıralamadaki ilk iki seçenek değişmemiştir.

KAYNAKLAR

1. http://tmmmb.org.tr/images/tmmmb/gem/GEM_Seminer_Teknik_musavir_nedir.pdf
2. <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/280.pdf>
3. https://www.csb.gov.tr/db/strateji/eduardosya/Mehmet_Ali_Simsek-Uzmanlik_Tezi.pdf
4. http://tmmmb.org.tr/images/tmmmb/gem/GEM_Seminer_Teknik_musavir_nedir.pdf
5. TürkMMMB 2012, 5
6. <https://www.igeme.com.tr/teknik-musavirlik-nedir/>
7. <https://www.turkcebilgi.com/t%C3%BCnel#bilgi>
8. http://www.emay.com/fu_tuneller.aspx
9. Keyser, W.D. ve Peeters, P. (1996), "A Note On The Use Of PROMETHEE Multicriteria Methods", European Journal of Operational Research, 89, 457-461.
10. Yılmaz, B. Ve Dağreviren, M. (2010), "Ekipman Seçimi Probleminde Promethee ve Bulanık Promethee Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(4), 811-826.
11. Soba, M. (2012), "Promethee Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama", Journal of Yasar University, 28(7), 4708-4721.
12. Tuzkaya, G. , Özgen, D. Ve Gülsün, B. (2011), "Malzeme Taşıma Sistemi Alternatiflerinin Değerlendirilmesinde Bulanık-Promethee Yaklaşımı", Doğu Üniversitesi Dergisi, 12(1), 144-155.
13. Amponsah, S.K. , Darwah, K.F. ve Inusah, A. (2012), "Logistic Preference Function for Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) Decision Analysis", African Journal of Mathematics and Computer Science Research, 5(6), 112-119.
14. https://www.csb.gov.tr/db/strateji/eduardosya/Mehmet_Ali_Simsek-Uzmanlik_Tezi.pdf
15. Huseyin Şenkayaslı, Haluk Hekimoğlu, (2013), "Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi Problemine PROMETHEE Yöntemi Uygulaması", Verimlilik Dergisi, 66-67.
16. Yrd. Doç. Dr. Aşkın Özdağoğlu, Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, Cilt 9, Sayı 19, 2013.
17. Genç, Masca, s.548-549.
18. (Mareschal ve Brans, 1988:76)
19. Sünsüs dağ bahadır fatih yıldırım s.60