

## Promethee Sıralama Yöntemi ile Yatırım Projesi Değerlendirme ve Üretim Sektöründe Uygulanması

F. Yeşim KALENDER<sup>1</sup>  Fulya AYGÜN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara, fyesim@gazi.edu.tr

<sup>2</sup>Türkiye Halk Bankası A.Ş., Endüstri Mühendisi, Ankara, fulya\_aygun@yahoo.com

**Geliş Tarihi/Received:**  
**23.07.2019**

**Kabul Tarihi/Accepted:**  
**16.12.2019**

**Yayın Tarihi/Published:**  
**25.12.2019**

### ÖZ

Günümüz koşullarında firmaların mevcut durumlarını devam ettirebilmesi veya büyüyerek pazarda daha geniş pay alabilmesi için yatırım yapması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu çalışmada, çimento sektöründe yatırım yapma kararı veren bir yatırımcının dört ayrı ilde bulunan çimento fabrikaları arasında öncelikli yatırımı belirlemek için, literatürde çok kriterli karar verme metotları arasında tanımlanan PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation) sıralama yöntemi uygulanmıştır. Proje değerlendirme kriterleri olarak dikkate alınan iç karlılık oranı, fayda maliyet oranı, geri ödeme süresi, ortalama karlılık oranı, başa baş noktası, mevcut kapasite kullanım oranı ve nitelikli istihdam oranına ait kriter ağırlıkları yapılan anket çalışması ile belirlenmiştir. Kriterlerin Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile belirlenen ağırlıkları ve eşit ağırlık verilmesi durumu dikkate alınmıştır. Her iki durum için PROMETHEE I ile kısmi sıralama, PROMETHEE II ile tam sıralama yapılarak alternatifler önceliklendirilmiştir. Ardından kriter ağırlık analizi, durağan aralık analizi ve GAIA analizi yapılmıştır. Böylece karar vericiye alternatif yatırımlar arasında en uygun projeyi belirlemede yardımcı olunması sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Proje değerlendirme, PROMETHEE, AHP

# Investment Project Evaluation With Promethee Sequencing Method And Its Application to The Production Sector

## ABSTRACT

Nowadays making investment has become inevitable for firms to maintain their current position and to get a larger share of the market. In this study, a ranking method PROMETHEE, which is one of the multi-criteria decision-making methods in the literature, is used to select the highest priority investment option among cement factories in four different cities of an investor who wanted to invest in cement sector. Internal rate of return, benefit cost ratio, repayment period, average profitability ratio, break-even point, capacity utilization ratio and skilled employment ratio which are considered as project evaluation criteria, are determined through a survey study. Situations, where criteria weights are determined by AHP method and where they are chosen equally are evaluated. For both situations alternatives have been prioritized by partial ranking with PROMETHEE I and full ranking with PROMETHEE II. After these, criteria walking weights analysis, stability interval analysis and GAIA analysis has been used. In doing so, it has been provided assistance to the decision maker in determining the most suitable project among alternatives investments.

**Key Words:** Project Evaluation , PROMETHEE, AHP

## 1. GİRİŞ

Yatırım yapma kararı veren girişimciler, sahip olduğu kısıtlı finansal kaynağı kullanırken, alternatif yatırım projeleri arasında bir seçim yapmak ve belirlemiş olduğu hedefe uygun optimum sonuca ulaşabilmek için yatırım projesini değerlendirmek zorundadır. Proje değerlendirme geliştirilen çeşitli yöntemleri kullanarak, projenin firmaya sağlamış olduğu nakit çıkışları ile girişlerini karşılaştırmakta ve sonuçta belirlenen kriterler doğrultusunda yatırım teklifinin kabul veya reddine olanak sağlamaktadır. Kabul edilebilir bir projenin reddedilmesi veya reddedilmesi gereken bir projenin kabul edilmesi, sahip olunan kıt kaynağın yanlış yatırımlara yönlendirilmesi sonucunda tükenmesine sebep olmaktadır.

Herhangi bir sektörde yatırım kararı verilmesi aşamasında yatırımcı birçok sorunla karşı karşıya gelmektedir. Karar vermeden önce fizibilite etüdü çalışması ile alternatif yatırımların ekonomik, teknik ve mali analizi yapılmalıdır. Daha sonra proje değerlendirme yöntemleri kullanılarak projenin reddine veya kabulüne karar verilmelidir. Karar vericinin kısıtlı olan sermayesini yatırım projeleri arasında paylaşması veya tek birine aktarması işletmenin varlığı açısından hayati öneme sahiptir. Yanlış karar verilmesi durumunda geri dönüşümü zor kaynak tahsislerinin maliyetlerine katlanmak, işletmeleri dar boğaza sürükleyebilmektedir.

Literatürde proje değerlendirme yöntemleri statik ve dinamik yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Statik yöntemler, paranın zaman değerini dikkate almayarak bugünün parasal

değerlerinin gelecekte reel satın alma gücü açısından aynı değerde kaldığı varsayımına dayanır. Statik yöntemler arasında karlılık oranları yöntemi ve geri ödeme süresi yöntemi bulunmaktadır. Dinamik yöntemler ise, paranın bir zaman değerinin olduğu varsayımına dayanmaktadır. Dinamik yöntemler arasında net bugünkü değer yöntemi, iç karlılık oranı yöntemi, fayda maliyet oranı yöntemi, indirgenmiş geri ödeme süresi yöntemi bulunmaktadır. Gerçekleşecek yatırımla ilgili geleceğe yönelik projeksiyonların yapılması ve geleceğin belirsizliklerle dolu olması durumu dikkate alındığında, yatırım projesini etkileyen kriterlerin önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, çimento üretim sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın, farklı dört yatırım alternatifi içerisinde maksimum faydayı sağlayacak yatırıma öncelik vermesi için PROMETHEE sıralama yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, literatürde yatırım projelerinin değerlendirilmesi alanında çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde öncelikle, PROMETHEE sıralama yönteminin uygulama adımları özetlenmiştir. Daha sonra, proje değerlendirme kriterleri ve her kriter için seçilen tercih fonksiyonu uzman görüşleri alınarak belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarının farklı olması durumu için Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi tercih edilerek, kriterlerin birbirleri ile göreceli değerleri tespit edilmiştir. Tüm kriterlere eşit ağırlık verilmesi durumu da dikkate alınmıştır. Elde edilen tüm veriler Decision Lab 2000 programına girilmiş ve PROMETHEE sıralama yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde PROMETHEE yöntemi uygulama araçlarından kriter ağırlık analizi, durağan aralık analizi ve GAIA analizi gerçekleştirilerek, yatırımcının başta belirlenen kriter ağırlıklarının değişmesi durumunda yatırım alternatiflerinin aldığı sıralamayı dikkate alması sağlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise, elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve değerlendirilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür çalışması yatırım projelerinin değerlendirilmesi alanında, çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapılan çalışmalar ile kısıtlanmıştır. Literatürde, çok kriterli karar verme yöntemlerini beraber kullanan çalışmalar olmakla beraber, yatırım projelerini değerlendirme alanında AHP ve PROMETHEE yöntemlerini beraberce kullanan az sayıda çalışma mevcuttur.

Remer vd. (1993), proje değerlendirme çalışmasında karar verme yöntemleri olarak iç karlılık oranı, net bugünkü değer ve geri ödeme süresini dikkate alan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Woodward (1995) tarafından yap-işlet-devret projelerinde değerlendirme yöntemi olarak duyarlılık analizi uygulanmıştır. Costa vd. (2003) projelerin analiz ve değerlendirme gruplarına yardımcı olmak için yatırım projeleri seçimi ve değerlendirilmesinde grup karar destek sistemlerinin izin vermiş olduğu çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmışlardır. Borgonovo ve Peccati (2004) tarafından yapılan çalışmada yatırım projelerini değerlendirirken duyarlılık analizi yapılarak nakit akımının nasıl

etkilendiği üzerine bir uygulama yapılmıştır. Dey (2006) çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biri olan AHP yöntemini kullanarak proje değerlendirme çalışması uygulamışlardır. Dweiri ve Kablan (2006), zaman, maliyet ve kalite açısından bir projenin iç verimliliğini değerlendirirken bulanık karar verme yöntemini kullanmışlardır. Dimova vd. (2006) bulanık ortamda çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi ile yatırım projelerini değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Shin vd. (2007) Kore’de yapılan uluslar arası nükleer enerji konulu AR-GE projesini değerlendirirken AHP yöntemini uygulamışlardır. Imotoa vd. (2008), AR-GE projelerini değerlendirmede bulanık regresyon modelini uygulayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Borgonova vd. (2010) finansal yatırım projelerini değerlendirirken, yatırıma değer yaratan etkeni bulmaya yönelik duyarlılık analizi hedeflemişlerdir. Amiri (2010) tarafından yapılan çalışmada, petrol alanlarının geliştirilmesi için proje seçiminde AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri uygulanmıştır. Beltran vd. (2010) fotovoltaik güneş enerjisi yatırım projelerinin seçimi için ANP temelli çalışma gerçekleştirmiştir. Vidal vd. (2011) projelerin karmaşıklığını değerlendirmek için Delphi ve AHP yöntemini kullanmışlardır. Zhang vd. (2011) yatırım sermayesinin ve projenin net nakit akımının bulanık değişkenler ile tanımlanmış olduğu varsayımı altında proje değerlendirme ve portföy seçimi yapmışlardır. Liu vd. (2011) ileri teknoloji yatırım projelerini değerlendirmek için belirsiz dilsel değişkenlere dayalı bir risk değerlendirme yöntemi hedeflemişlerdir. Vasovic vd. (2012), bir Sırp şirketinin yöneticileri için bazı kriterler için altı yatırım projesinin sıralanmasında PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Ebrahimnejad vd. (2012), bir inşaat projesi seçimi için bulanık ANP ve VIKOR yöntemleri ile geliştirilmiş iki aşamalı bir yöntem önermişlerdir. Khalili-Damghani vd. (2013), yatırım projesi seçimi için, veri madenciliği, evrim algoritması ve veri zarflama analizinden faydalanarak bir sistem tasarlamışlardır. Aragonés-Beltran vd. (2014) çalışmalarında, yatırım şirketinin güneş-termik santral projesine yatırım kararı için AHP ve ANP yöntemlerini kullanmışlardır. Adhikary vd. (2015), yenilenebilir enerji konusunda proje seçimi, planlanması ve geliştirilmesi aşamalarında çok kriterli optimizasyonun uygulanabilir olduğunu göstermeyi hedeflemiştir. Karaman ve Çerçioğlu (2015), hastane yatırımı projesinin seçimde AHP, VIKOR ve 0-1 hedef programlamayı kullanmışlardır. Salehi (2015), proje seçimi problemini çözmek için bulanık AHP ve bulanık VIKOR’u birleştirerek, bir melez bulanık çok ölçütlü karar verme yaklaşımı geliştirmişlerdir. Büyüközkan ve Güteryüz (2006) çalışmalarında, Türkiye’de bir yatırımcıdan en uygun yenilenebilir enerji kaynağını seçmek için DEMATEL ve bütünleştirilmiş Analitik Ağ Süreci (ANP) tekniklerini uygulamışlardır. Sadi-Nezhad (2017), 1980-2017 yılları arasında, proje seçiminde çok ölçütlü karar verme teknikleri kullanılarak yapılmış 60 tane çalışmayı incelemiştir. Çalışmada en yaygın kullanılan teknikler verilmiştir. Pujadas vd. (2017) çalışmalarında, heterojen kamu yatırımlarının değerlendirilmesi için bir yöntem önermektedir. Önerilen metodoloji, MIVES çok kriterli analiz çerçevesinin desteklediği açık, tutarlı ve şeffaf kriterlere göre kararların alındığı sürdürülebilir kentsel planlamaya doğru bir adım sağlar. MIVES metodolojisi, çok kriterli karar verme ve çok davranışlı fayda teorisini birleştirerek, değer fonksiyonu kavramını içerir ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) üzerinden ağırlık atayarak çözüme gider. Wang vd. (2018) çalışmalarında, enerji performans sözleşmesi (EPC) projelerinin risk faktörlerini sıralamak için bulanık görüntü bilgisi olan karma bulanık çok kriterli bir

karar verme çerçevesi oluşturmayı hedeflemiştir. Zhang vd. (2019), en iyi yenilenebilir enerji projesinin değerlendirilmesini, önerdikleri hibrit çok kriterli karar verme yaklaşımı ile bir uygulama çalışma üzerinde yapmışlardır.

### 3. YÖNTEM

Çimento sektöründe yatırım yapma kararı alan bir yatırımcının, farklı dört yatırım alternatifi arasından firmaya katma değeri en yüksek olan yatırım alternatifini önceliklendirmesi ve diğer yatırım alternatiflerinin sıralanması için proje değerlendirme yöntemi olarak PROMETHEE sıralama algoritması uygulanmıştır.

#### 3.1. PROMETHEE Sıralama Yöntemi ve Uygulama Adımları

Belirlenen kriterlere uygun en iyi alternatifin seçilmesi için kullanılacak çok sayıda karar destek yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi de “The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation” olarak ifade edilen PROMETHEE yöntemidir. PROMETHEE, tanımının baş harflerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuş bir kısaltmadır ve literatürde bu şekilde bilinmektedir. Diğer karar verme yöntemlerinden temel farkı; her bir kriter için ayrı tercih fonksiyonları tanımlayabilmektir. Her bir değerlendirme kriterinin kendi iç ilişkisini de dikkate alır. Yöntemin en önemli avantajı, karar verme süreci içerisinde başlangıçta verilen ağırlık puanlarının istenildiğinde değiştirilebilmesidir. Karar verme konusunda oldukça etkin sonuçlar vermekle birlikte, kullanımı kolaydır. Yöntemin ayırt edici noktası normalizasyon işlemi yapmanın yanı sıra, ikili karşılaştırmalarda her bir değerlendirme ölçütü için farklı fonksiyon tiplerinin kullanılabilmesidir. PROMETHEE metodunun dezavantajı ise kesin olmayan, dilsel olarak ifade edilen bu kriterler için eksik kalmasıdır. Literatürde çok ölçütlü karar verme yöntemleri arasında yer almakta olan PROMETHEE sıralama yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır (Şenkayas ve Hekimoğlu, 2013).

#### Adım 1:

Karar vericinin öncelikle sıralama problemlerine çözüm olabilecek alternatifleri belirlemesi gerekmektedir. Daha sonra alternatiflerin sahip olması gereken kriterler belirlenir ve kriterlerin birbirine göre önem dereceleri tespit edilerek Tablo 1’de görüldüğü gibi sayısal atamalar yapılır.

**Tablo 1.** Veri matrisi

		Değerlendirme Faktörü				
		$f_1$	$f_2$	$f_3$	---	$f_k$
Karar Noktaları	A	$f_1(A)$	$f_2(A)$	$f_3(A)$	---	$f_k(A)$
	B	$f_1(B)$	$f_2(B)$	$f_3(B)$	---	$f_k(B)$
	C	$f_1(C)$	$f_2(C)$	$f_3(C)$	---	$f_k(C)$
	---	---	---	---	---	---
Ağırlıklar	$w_j$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	---	$w_k$

Kriterler arası bilgiler, farklı kriterlerdeki ağırlıkların önemini belirler. Ağırlık ne kadar yüksek olursa kriter o kadar önemlidir. Kriterlere eşit ağırlık verilebileceği gibi farklı ağırlıklar da atanabilir. Promethee yazılımı olan PROMCALC ve DECISION LAB’da, kullanıcılar kriter ağırlıkları ile ilgili olarak keyfi sayılar verebilir. Ağırlıkların seçimi karar vericinin kendi özgür iradesine bağlıdır.

**Adım 2:**

Belirlenmiş olan değerlendirme faktörlerinin yapısını ve iç ilişkisini göstermek için tercih fonksiyonları belirlenir. Altı tip tercih fonksiyonu vardır. İlgili fonksiyonlar Tablo 2’de gösterilmiştir PROMETHEE yöntemi karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre kıyaslamalarını ikili karşılaştırmalarla yapar. Bunun için tanımlanan tercih fonksiyonlarını kullanır.

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

**Tablo 2.** Tercih fonksiyonları (Şenkayas ve Hekimoğlu, 2013)

	Fonksiyon	Parametre
Birinci Tip (Olağan)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	---
İkinci Tip (U Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
Üçüncü Tip (VTipi)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
Dördüncü Tip (Kademeli)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p,q
Beşinci Tip (Doğrusal)	$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ (d-s)/r, & s \leq d \leq s+r \\ 1, & d \geq s+r \end{cases}$	s,r
Altıncı Tip (Gaussian)	$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & d \geq 0 \end{cases}$	$\sigma$

**Adım 3:**

Belirlenen tercih fonksiyonları dikkate alınarak, her bir değerlendirme faktörü için karar noktalarının ikili karşılaştırmaları yapılır ve ortak tercih fonksiyonları belirlenir. A ve B iki karar noktasını göstermesi durumunda ortak tercih fonksiyonu için Eş. (2.1)'deki formül kullanılır.

$$P(A, B) = \begin{cases} 0 & f(A) \leq f(B) \\ p[f(A) - f(B)] & f(A) > f(B) \end{cases} \quad (2.1)$$

Karar noktalarının ikili karşılaştırmaları yapılırken, değerlendirme faktörünün maksimizasyon ya da minimizasyon yönlü olup olmadığına dikkat edilmesi gerekmektedir.

**Adım 4:**

Ortak tercih fonksiyonları kullanılarak karşılaştırılan karar noktalarına ilişkin tercih indeksleri Eş. (2.2) kullanılarak belirlenir. Bu formüldeki k değeri değerlendirme faktörü sayısını gösterir.

$$\pi(A, B) = \sum_{i=1}^k (w_i P_i(A, B)) \quad (2.2)$$

**Adım 5:**

Karar noktaları için pozitif ( $\Phi^+$ ) ve negatif ( $\Phi^-$ ) üstünlük değerleri sırasıyla Eş. (2.3) ve Eş. (2.4) formülleri kullanılarak belirlenir.

$$\phi^+ = \frac{1}{n-1} \sum \pi(A, x) \quad (2.3)$$

$$\phi^- = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x, A) \quad (2.4)$$

Burada her iki formülde de x, A dışındaki diğer karar noktalarını göstermektedir. Dolayısıyla her iki formülde de n adet karar noktası için üstünlük değerleri, (n-1) değer toplamından oluşacaktır.

**Adım 6:**

PROMETHEE 1 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 karşılaştırılmaması durumlarıdır. A karar noktasının B karar noktasına üstün olabilmesi için aşağıdaki durumlardan herhangi birinin sağlanması gerekir.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi^+(A) > \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) < \Phi^-(B) \\ \text{ya da} \\ \Phi^+(A) > \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) = \Phi^-(B) \\ \text{ya da} \\ \Phi^+(A) = \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) < \Phi^-(B) \end{array} \right. \text{ ise } \quad A, B' \text{ den üstündür.} \quad (2.5)$$

$$\{\Phi^+(A) = \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) < \Phi^-(B)\} \text{ ise } \quad A, B' \text{ den farksızdır.} \quad (2.6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi^+(A) > \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) > \Phi^-(B) \\ \text{ya da} \\ \Phi^+(A) < \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) < \Phi^-(B) \end{array} \right. \text{ ise } \quad A \text{ ile B karşılaştırılmaz.} \quad (2.7)$$

**Adım 7:**

PROMETHEE 2 ile karar noktalarının tam sıralaması belirlenir. Karar noktalarının tam sıralaması için, her karar noktası için Eş. (2.8) formülü kullanılarak tam öncelik değerleri hesaplanır ve bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$\Phi(A) = \Phi^+(A) - \Phi^-(A) \quad (2.8)$$



Bu formüle göre A ve B gibi iki karar noktası için;

- $\Phi(A) > \Phi(B)$  ise A alternatifi daha üstündür.
- $\Phi(A) = \Phi(B)$  ise A ve B alternatifleri arasında bir fark yoktur.

### 3.2. Proje Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Firma aynı coğrafi bölge içerisinde yer alan, ancak farklı illerde tesis edilen dört ayrı fabrikanın satın alınmasına yönelik yatırım kararı almaya çalışmaktadır. Çalışma da yatırım projelerinden A Projesi, B Projesi, C Projesi ve D Projesi olarak söz edilecektir. Firma ile yapılan görüşme neticesinde elde edilen veriler ve satın alınması planlanan tesislere ait mevcut veriler kullanılarak, mali ve teknik analizler yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde, proje değerlendirme kriterlerine ait sayısal veriler elde edilmiş ve böylece karar vericinin nicel veriler eşliğinde yatırım alternatiflerini değerlendirmesi sağlanmıştır. Öncelikle çimento sektörü ve üretim süreci ile ilgili genel bilgilendirme yapılmış olup, ardından A, B, C ve D projelerine ait teknik ve mali analizler gerçekleştirilmiştir.

Yatırımcı satın almayı planladığı dört tesis için, ilk etapta tevsi yatırım yapmayı düşünmemektedir. Her bir tesisin mevcut iş gücünde ve üretim sürecinde süreç iyileştirme çalışmaları yaparak, karlılığı artırmayı planlamaktadır. Bu sebeple yatırımcı tarafından önem teşkil eden mevcut kapasitenin kullanım oranı ve nitelikli istihdam oranı proje değerlendirme kriterleri olarak kabul edilmiştir. Diğer kriterler de dikkate alındığında ortalama karlılık oranı, geri ödeme süresi, iç karlılık oranı, fayda-maliyet oranı, başa baş noktası, mevcut kapasite kullanım oranı ve nitelikli istihdam oranı olmak üzere toplam yedi adet kriter belirlenmiştir.

### 3.3. Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Alternatiflerin ve kriterlerin tespitinin ardından her bir yatırım alternatifinin, kriterler bazında aldıkları değerlerin netlik kazanması ve yatırım alternatiflerinin birbirleri arasında önceliklendirilmesi için tercih fonksiyonları belirlenmiştir. Her bir kritere ait tercih fonksiyonu tespit edilirken uzman kişilerden görüş alınmıştır.

İç Karlılık Oranı: İç karlılık (verim) oranı, bir yatırım projesinin ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı olası nakit girişlerinin toplam bugünkü değerini, projenin yaşam döngüsü boyunca yapılacak yatırım harcamalarının toplam bugünkü değerine eşit kılan iskonto oranıdır. Başka bir deyişle yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşit kılan iskonto oranıdır. Bu yöntem ile bulunan iç karlılık oranı, yatırılan sermayenin ödenmesini gösteren minimum kabul edilebilir faiz oranıdır. Yatırımcı tarafından kabul edilebilir faiz oranı, mevcut piyasa faiz oranları araştırılarak % 10 kabul edilmiştir. Yani yatırımcı alternatifler arasında iç karlılık oranı % 10'un altında olan projeleri elemek ve iç karlılık oranı en yüksek olan projeyi seçmek isteyecektir. Bu sebeple iç karlılık oranı kriteri için Tablo 2'de verilen 5. tip fonksiyon tercih edilmiştir.

Fayda - Maliyet Oranı: Yatırım alternatifi ile ilgili net nakit akışları elde edildiğinde, pozitif net nakit akışlarının bugünkü değerinin, negatif net nakit akışlarının bugünkü değerine oranı yatırım alternatifinin fayda maliyet oranını verecektir. Bir yatırım alternatifinin kabul edilebilmesi için yatırımın fayda maliyet oranının birden büyük olması gerekir. 1'den küçük olan veya 0 olanlar kabul edilmeyen yatırım alternatifleri olarak değerlendirilmektedir. Ancak yatırımcı süreç iyileştirme çalışmaları ile maliyetleri kısa vadede düşürmeyi hedeflediği için, fayda maliyet oranı 0,95'den büyük olan alternatifleri de değerlendirmek istemektedir. Bu sebeple 2. tip fonksiyon tercih edilmiştir.

Geri Ödeme Süresi: Geri ödeme süresi, bir yatırım alternatifinin, ne kadar sürede kendisine yapılan toplam yatırım tutarını geri ödeyeceğini göstermektedir. Belirli bir süre sonunda girişimcinin yatırımı gerçekleştirmek için katlandığı yatırım maliyeti ile yatırımdan elde ettiği net kazançlar birbirine eşitlenecektir. Bu süreye geri ödeme süresi denilmektedir. Dolayısıyla bu sürenin kısa olması, yatırımın kendisini hızlı bir şekilde geri ödediğini göstereceğinden yatırımcılar, bu sürenin olabildiğince kısa olmasını isterler. Hesaplanan geri ödeme süresi, girişimcinin beklentisi kadar ya da daha kısa ise yatırım alternatifi kabul edilecektir. Yatırımcı alternatifler arasından yatırım geri dönüş süresi en kısa olanı seçecektir. Ancak geri dönüş süresi diğer alternatiflerden daha uzun olanları da dikkate almak istemektedir. Geri dönüş süresi 0-5 yıl, 5-10 yıl ve 10 yıl üzerinde olan yatırımları birbirinden ayırt etmek için 4. tip fonksiyon tercih edilmiştir.

Ortalama Karlılık Oranı: Yatırımların gerçekleştirilmesi için ortaya konulan sermayenin ne ölçüde karlı kullanıldığını gösteren orana, karlılık oranı denir. Yatırım alternatiflerinin karlılık oranlarına bakılarak değerlendirilmesi durumunda, karlılık oranı en yüksek olan proje önerisi, ilk tercih edilecek öneri olmaktadır. Yatırımcı ortalama karlılık oranı olarak %17'yi yeterli görmektedir. Ancak ortalama karlılık oranı yöntemi statik yöntemler arasında yer aldığı için, ortalamanın altındaki yatırımları da değerlendirmeye almak istemektedir. Bu sebeple 3. tip fonksiyon tercih edilmiş olup, %17 ve üzerinde ortalama karlılık oranına sahip olan projeler aynı düzeyde değerlendirilmiştir.

Başabaş Noktası: Başabaş noktası analizi, bir işletmenin toplam gelirlerinin, toplam maliyet ve giderlerinin tamamını karşılamaya başladığı satış düzeyini belirtir. Başabaş noktası, yeni yapılacak yatırımlarda en düşük kapasite kullanım oranının bulunmasında fayda sağlamaktadır. Yatırımcı başa baş noktası % 40-%50 aralığının altında olanlar, bu aralığın üstünde olanlar ve bu aralıkta olanları ayırt etmek istemektedir. Bu sebeple 4. tip fonksiyon tercih edilmiştir.

Mevcut Kapasite Kullanım Oranı: Yatırımcı her bir tesisin kapasite kullanım oranının sektör ölçeği ile uyumlu veya üzerinde olmasını istemektedir. Merkez Bankası tarafından hazırlanan imalat sanayi kapasite kullanım oranı verilerine göre yılsonu itibariyle çimento sektörü kapasite kullanım oranı % 71 seviyesindedir. Ancak yatırımcı, yönetsel eksikliklerden kaynaklanan ve bu sebeple düşük kapasite kullanım oranı ile çalışan tesisleri göz ardı etmek istememektedir. % 50 kapasite

kullanım oranının üzerinde çalışan tesisleri ilk etapta yeterli görmektedir. Bu sebeple % 30-%50 aralığının altında olanlar, bu aralığın üstünde olanlar ve bu aralıkta olan tesisleri ayırt edebilmek için 4. tip fonksiyon tercih edilmiştir.

*Nitelikli İstihdam Oranı:* Yatırımcı her bir tesiste istihdam edilmekte olan personel sayısının en az %20'sinin üniversite mezunu olmasını istemektedir. Ancak personel sirkülasyonu ile ortalamanın altında olan tesislerin de belirtilen kriteri yakalayabileceği dikkate alınarak 3. tip fonksiyon tercih edilmiştir.

Kriterlere ait tercih fonksiyonlarının belirlenmesi ardından veri matrisi oluşturabilmek için, kriterler bazında yatırım alternatiflerinin sahip olduğu sayısal değerleri gösteren tablo aşağıda verilmiştir.

**Tablo 3.** Yatırım alternatiflerine ait tespit edilen veriler

Kriterler	Alternatif Yatırımlar			
	A	B	C	D
İç Karlılık Oranı	24 %	20 %	24 %	18 %
Fayda Maliyet Oranı	1	0,98	1,04	0,93
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	9	10	8	12
Ortalama Karlılık Oranı	16 %	18 %	16 %	14 %
Başa Baş Noktası	65 %	65 %	47 %	81 %
Mevcut Kapasite Kullanım Oranı	55 %	40 %	40 %	69 %
Nitelikli İstihdam Oranı	25 %	36 %	11 %	47 %

### 3.4. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve Alternatiflerin Sıralanması

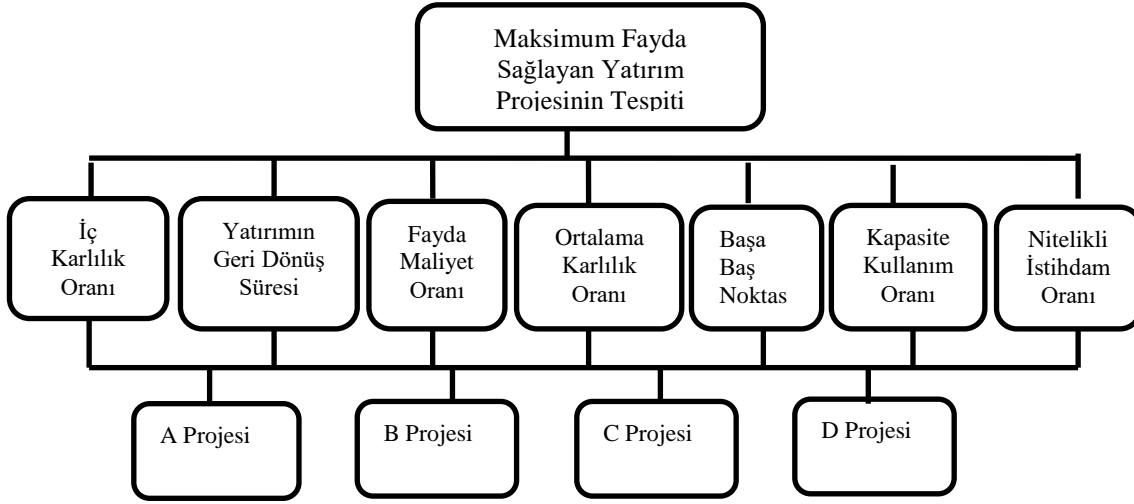
Yatırım alternatifleri, proje değerlendirme kriterleri ve tercih fonksiyonlarının tespiti ardından, karar vericinin gerek kendi bilgi ve deneyimlerinden gerek uzman kişilerle yapacağı anket yardımıyla kriterlerin önem derecesinin tespit edilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın bu kısmında karar vericiye yardımcı olmak için, Türkiye Halk Bankası Kredi ve Proje Değerlendirme Daire Başkanlığında görev yapmakta olan 50 personelin katılımıyla gerçekleştirilen bir anket düzenlenmiştir. Katılımcılar yurt içi ve yurt dışında gerçekleştirilen yatırım projelerinin teknik ve mali değerlendirmesini yapan uzman kişilerden oluşmaktadır. Yatırım alternatiflerinin sıralanması için Decisin Lab 2000 programı kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile ağırlıklandırılarak ve eşit ağırlık verilerek iki farklı durum dikkate alınmış olup, yatırım alternatiflerinin aldığı sıralamalar karşılaştırılmıştır.

#### 3.4.1. Kriterlerin AHP yöntemi ile ağırlıklandırılması

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), 1977 yılında Saaty tarafından karar verme problemlerinin çözümü için geliştirilmiş bir yöntemdir. AHP, her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanır. AHP yönteminin avantajları; kullanım kolaylığı,

büyük ölçekli karar verme problemlerini çözebilmesi ve objektif yargıların yanı sıra, subjektif yargıları da bünyesinde barındırmasıdır. AHP yönteminin dezavantajları ise; kişisel yargılara dayanması, kriterlerin göreceli olması, matrisleri hazırlamanın zaman alması ve yeni bir değerlendirme kriteri veya tedarikçi eklendiğinde analizin tekrar yapılması gerekmesidir.



Şekil 1. Uygulama çalışmasının hiyerarşik gösterimi

AHP’de belirlenen amaç doğrultusunda kriterler belirlenerek, karar vericinin karşılaştırmak durumunda olduğu alternatifleri içeren hiyerarşik yapı aşağıda Şekil 1’de verilmiştir. Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra her bir kriter kendi aralarında karşılaştırılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Matrislerin oluşturulmasında Saaty tarafından önerilen 1-9 önem skalası kullanılmıştır. Önem skalasında yer almayan 2-4-6-8 gibi değerler, ara değerler olarak nitelendirilmektedir. İkili matriste köşegen değerler bire eşittir.

Belirlenen kriterlere AHP yöntemi ile ağırlık verilmesi için dört adım uygulanmıştır.

*Birinci Adım:* Türkiye Halk Bankası Kredi ve Proje Değerlendirme Daire Başkanlığı personelinin katılımıyla gerçekleşen anket sonucuna göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisi, anket sonuçlarının her bir matris hücresindeki önem derecelerine göre almış olduğu puanların, Excel’de geometrik ortalaması alınarak elde edilmiştir.

*İkinci Adım:* Bu adımda kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. İkili karşılaştırma matrisindeki her bir sütun değerini, ayrı ayrı ilgili sütun toplamı değerine bölünerek normalleştirilmiş matris elde edilmiştir. Ardından her bir satıra ait değerler toplanarak sıra toplamı elde edilmiştir. Sıra toplamalarının ortalaması alınarak kriter ağırlıkları Tablo 4’de verildiği gibi tespit edilmiştir.

**Tablo 4.** Probleme etki eden kriterlerin ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
İç Karlılık Oranı	0,2604
Fayda Maliyet Oranı	0,2294
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	0,1146
Ortalama Karlılık Oranı	0,1780
Başa Baş Noktası	0,1135
Mevcut KKO	0,0577
Nitelikli İstihdam Oranı	0,0464
Toplam	1,0000

*Üçüncü Adım:* Hesaplanan kriter ağırlıklarının tutarsızlık oranı (T.O.) hesaplanmıştır. Karar vericinin kriterler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadığını belirlemek için T.O. hesaplanmalıdır. Tutarsızlık oranı % 10'dan büyükse, karar vericinin ikinci adıma tekrar dönerek ikili karşılaştırmaları gözden geçirmesi gerekmektedir. Tutarsızlık oranı hesaplanırken öncelikle, tutarsızlık indeksi (Tİ) ve rastgele indeks (Rİ) değerleri tespit edilmiştir.

İkili karşılaştırma matrisinin her sütunu ilgili ağırlıkla çarpılarak yeni bir matris oluşturulur. Birinci ağırlık değeri birinci sütun değerleri, ikinci ağırlık değeri ikinci sütun değerleri ile çarpılmak suretiyle, yedinci sütuna kadar işlemler bu şekilde devam ettirilerek değerler matrisi elde edilir. Son olarak yeni oluşturulan matrisin her bir kriter için satır toplamları alınmış ve bu satır toplamları kriter ağırlıklarına bölünmüştür. Bulunan değerlerin en büyüğü  $\lambda_{max}$ 'dır ve Tİ formülünde değerler yerine konulmak suretiyle Tİ değeri belirlenmiştir. Ayrıca rastgele indekste  $n=7$ 'ye karşılık gelen rastgele indeks değeri Rİ değerini oluşturmuştur (Kücü, 2007).

Tutarsızlık indeksinin aynı boyuttaki matrise karşılık gelen rasgele indekse oranlanması sonucunda elde edilen tutarsızlık oranı 0,0326 olarak hesaplanmıştır. Tutarsızlık oranı %10'un altında olduğu için karar vericiler tarafından ortaya konulan yargılar ve karşılaştırmalar tutarlıdır denilir. Ağırlıkların tespit edilmesinin ardından kriter temelli veri matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 6. Kriter temelli ağırlıklandırılmış veri matrisi

Kriterler	<u>Enb</u> <u>Enk</u>	A Projesi	B Projesi	C Projesi	D Projesi	Fonksiyon Tipi	Parametreler	Ağırlıklar (w)
İç Karlılık Oranı	Enb	24 %	20 %	24 %	18 %	Beşinci Tip Lineer	s= %10 s+r= %100	0,2604
Fayda Maliyet Oranı	Enb	1	0,98	1,04	0,93	İkinci Tip U-Tipi	l = 0,95	0,2294
Yatırımın Geri Ödeme Süresi	Enk	9	10	8	12	Dördüncü Tip Seviyeli	q= 5 q+p=10	0,1146
Ortalama Karlılık Oranı	Enb	16 %	18 %	16 %	14 %	Üçüncü Tip V-Tipi	m=%17	0,1780
Başa baş Noktası	Enk	65 %	65%	47%	81 %	Dördüncü Tip Seviyeli	q=40 q+p=50	0,1135
Mevcut KKO	Enb	70 %	40%	40%	69%	Dördüncü Tip Seviyeli	q=30 q+p=50	0,0577
Nitelikli İstihdam Oranı	Enb	25%	36%	11%	47%	Üçüncü Tip V-Tipi	m=20	0,0464

**Dördüncü Adım:** Son adımda yatırım alternatifleri sıralanmıştır. Alternatifler yatırım projeleri, proje değerlendirme kriterleri, kriter temelinde belirlenen tercih fonksiyonları, tercih fonksiyon parametreleri ve kriter ağırlık değerleri Decision Lab 2000 programına girilerek Şekil 2’deki durum elde edilmiştir.

Item	Min/Max	Min/Max	Min/Max	Min/Max	Min/Max	Min/Max	Min/Max
Item	0.2604	0.2294	0.1146	0.1780	0.1135	0.0577	0.0464
Name	İç Karlılık Oranı	Fayda Maliyet Oranı	Geri Ödeme Süresi	Ortalama Karlılık Oranı	Başlangıç Noktası	KKO (Mevcut Kullanım Oranı)	Nitelikli İstihdam Oranı
Short Name	İç Karlılık Oranı	Fayda Maliyet Oranı	Geri Ödeme Süresi	Ortalama Karlılık Oranı	Başlangıç Noktası	KKO (Mevcut Kullanım Oranı)	Nitelikli İstihdam Oranı
Description	İç Karlılık Oranı	Fayda Maliyet Oranı	Geri Ödeme Süresi	Ortalama Karlılık Oranı	Başlangıç Noktası	KKO (Mevcut Kullanım Oranı)	Nitelikli İstihdam Oranı
Enabled	True	True	True	True	True	True	True
Unit	Percent	Absolute	Absolute	Percent	Percent	Percent	Percent
Decimals	4	4	4	4	4	4	4
Category	(None)	(None)	(None)	(None)	(None)	(None)	(None)
Threshold Unit	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent
Min/Max	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize
Absolute Weight	0.2604	0.2294	0.1146	0.1780	0.1135	0.0577	0.0464
Preference Funct	Linear	U-Shape	Level	V-Shape	Level	Level	V-Shape
Scale	(Numerical)	(Numerical)	(Numerical)	(Numerical)	(Numerical)	(Numerical)	(Numerical)
Preference Thres	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
Gaussian Thresh	-	-	-	-	-	-	-

Şekil 2. Ağırlıklandırılmış veri giriş ekranı

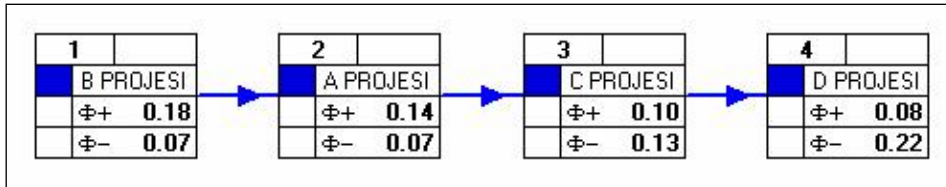
Veri giriş ekranında da görüldüğü üzere her bir kriterine ait Min Max hedefinin gerçekleştiği sütunda yer alan değer program ekranında yeşil renkte olması ulaşılmak istenen amacın gerçekleştiğini, kırmızı renkte olması ise aksi durumu işaret etmektedir. Verilerin Decision Lab 2000 programına

girilmesi ardından, pozitif ve negatif üstünlükler hesaplanmıştır. Pozitif değer ilgili alternatifin diğer alternatifler karşısında ne kadar baskın olduğunu göstermektedir. Negatif değer ise, ilgili alternatifin diğer alternatifler karşısında ne kadar zayıf olduğunu göstermektedir.

Preference Flows			
	$\Phi+$	$\Phi-$	$\Phi$
A PROJESİ	0.1359	0.0746	0.0614
B PROJESİ	0.1786	0.0732	0.1054
C PROJESİ	0.1009	0.1285	-0.0276
D PROJESİ	0.0849	0.2240	-0.1392

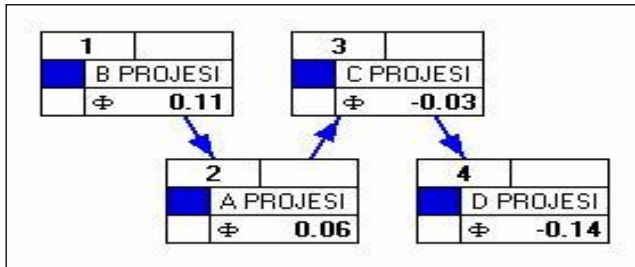
Şekil 3. Ağırlıklandırılmış kriterlerle ulaşılan pozitif ve negatif üstünlükler

Pozitif ve negatif üstünlüklerin hesaplanması ardından kısmi önceliklere göre yapılan sıralamayı gösteren PROMETHEE I Şekil 4'deki gibidir.



Şekil 4. PROMETHEE I ile kısmi sıralama (ağırlıklandırılmış)

Kısmi sıralamaya göre Şekil 5'de görüldüğü gibi yatırım alternatifleri arasında B Projesinin diğer yatırım alternatiflerinden baskın olduğu görülmektedir. Benzer şekilde A Projesi, C Projesi ve D Projesinden baskındır.



Şekil 5. PROMETHEE II ile tam sıralama (ağırlıklandırılmış)

Tam sıralama ile yatırım alternatiflerinin B-A-C-D olarak sıralandığı sonucuna ulaşılmıştır. Eğer herhangi bir yatırım alternatifi diğer yatırım alternatifleri ile eşit derecede baskın çıksaydı, PROMETHEE I alternatifleri karşılaştırmakta yetersiz kalacaktı. Bu aşamada PROMETHEE II ile tam sıralama yapılarak, karar vericiye yardımcı olunmuştur.

### 3.4.2. Kriterlere eşit ağırlık verilmesi

Karar verici nezdinde, proje değerlendirme kriterlerinin hepsinin eşit derecede öneme sahip olduğu varsayılarak, tüm kriterlere eşit ağırlık verilmiştir. Yatırım projeleri ile ilgili yapılan teknik ve mali değerlendirmeler sonucunda, proje değerlendirme kriterlerinin aldığı değerler, yatırım alternatifleri,

proje değerlendirme kriterleri, kriterler temelinde tespit edilen tercih fonksiyonları ve parametreleri gösteren veri matrisi Tablo 6'dan ağırlıklar sütununun çıkarılmasıyla elde edilir.

Alternatifler yatırım projeleri, proje değerlendirme kriterleri, kriter temelinde belirlenen tercih fonksiyonları, tercih fonksiyon parametreleri ve kriter ağırlık değerleri Decision Lab 2000 programına girilerek Şekil 6'daki durum elde edilmiştir.

Criterion	Action	Category	Ic Karililik Orani	Fayda Maliyet Analizi	Orer Odeme Süresi	Ortalama Karililik Orani	Basabas Noktasi	Kıvı (Kapasite Kullanım Oranı)	Nitelikli İstihdam Oranı	
Weight	Maximize		0.1430	0.1430	0.1430	0.1430	0.1430	0.1430	0.1430	
Preference Funct	Linear		U-Shape	Level	V-Shape	Level	Level	V-Shape		
Indifference Thres	100.00 %		0.9500	5.0000	-	40.00 %	30.00 %	-		
Preference Thres	100.00 %		-	10.0000	17.00 %	50.00 %	50.00 %	20.00 %		
Gaussian Thresh	-		-	-	-	-	-	-		
Threshold Unit	Percent		Absolute	Absolute	Percent	Percent	Percent	Percent		
Unit										
Decimals	4									
Category	(None)									
Threshold Unit	Percent									
Min/Max	Maximize									
Absolute Weight	0.1430									
Preference Funct	Linear									
Scale	(Numerical)									
Indifference Thres	10.0000									
Preference Thres	100.0000									
Gaussian Thresh	-									
			A PROJESİ	24.0000	1.0000	9.0000	16.0000	65.0000	70.0000	25.0000
			B PROJESİ	20.0000	0.9800	10.0000	18.0000	65.0000	40.0000	36.0000
			C PROJESİ	24.0000	1.0400	8.0000	16.0000	47.0000	40.0000	11.0000
			D PROJESİ	18.0000	0.9300	12.0000	14.0000	81.0000	69.0000	47.0000

Şekil 6. Kriterlere eşit ağırlık verilmesi durumunda veri giriş ekranı

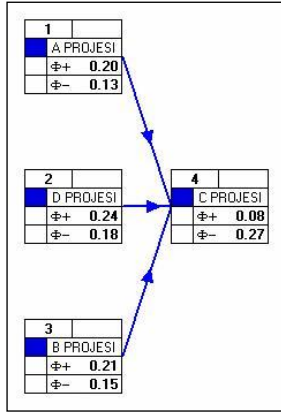
Proje değerlendirme kriterlerine eşit ağırlık verilerek, her bir kriterine 0,1430 ağırlığı atanmıştır. Tüm verilerin Decision Lab 2000 programına girilmesi ardından pozitif ve negatif üstünlükler hesaplanmıştır.

	$\Phi+$	$\Phi-$	$\Phi$
A PROJESİ	0.2005	0.1303	0.0703
B PROJESİ	0.2135	0.1534	0.0600
C PROJESİ	0.0815	0.2731	-0.1916
D PROJESİ	0.2381	0.1767	0.0614

Şekil 7. Kriter ağırlıkları eşit olduğu durumda pozitif ve negatif üstünlükler



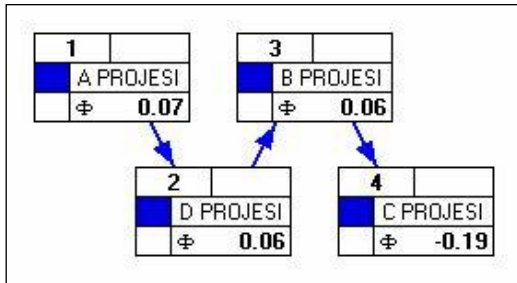
Pozitif ve negatif üstünlüklerin belirlenmesi ardından, PROMETHEE I ile kısmi sıralama ve PROMETHEE II ile tam sıralama gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. Kriter ağırlıkları eşit olduğunda PROMETHEE I ile kısmi sıralama

Kısmi sıralamaya göre, A, D ve B projeleri kendi aralarında karşılaştırılmaz olup, hepsi C projesinden üstündür. PROMETHEE I ile yapılan kısmi sıralama A, D ve B alternatiflerini karşılaştırmakta yetersiz kalmıştır. Bu sebeple PROMETHEE II ile tam sıralama yapılarak, karar vericiye yardımcı olunması sağlanmıştır.

Pozitif ve negatif üstünlükler arasındaki fark olan net üstünlük değeri hesaplanarak, PROMETHEE II ile tam sıralama gerçekleştirilmesi durumu Şekil 9'daki gibidir.



Şekil 9. Kriter ağırlıkları eşit olduğunda PROMETHEE II ile tam sıralama

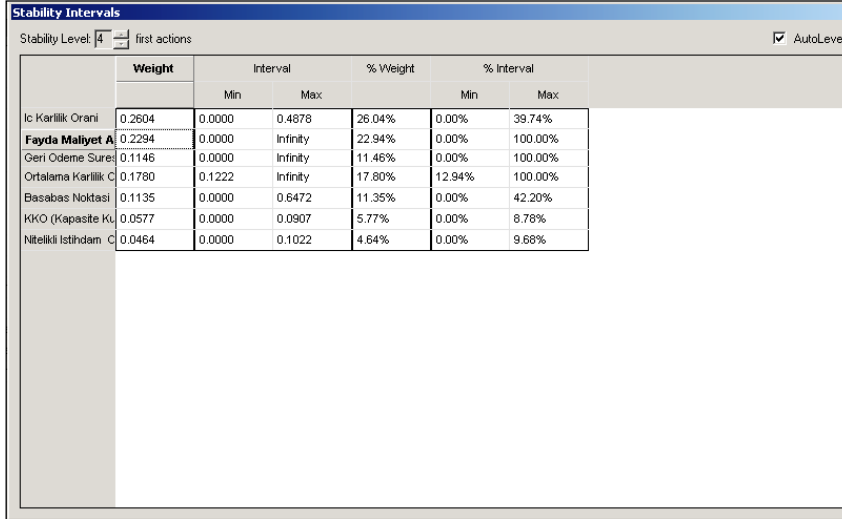
PROMETHEE II ile elde edilen tam sıralamaya göre, yatırım alternatifleri A-D-B-C olarak sıralanmıştır. Bu durumda yatırımcı açısından maksimum faydayı A projesinin sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak yatırım projelerini değerlendirmede görevli uzman kişilere uygulanan anket sonucunda ulaşılan verilerle, proje değerlendirme kriterlerine farklı ağırlık atanması durumunda yatırım alternatiflerinin sıralaması tamamen değişmektedir. Çalışmanın önceki bölümünde gösterildiği üzere, kriterler ağırlıklandırıldığında sıralama B-A-C-D olarak gerçekleşmiş ve yatırımcı açısından maksimum faydayı B projesi sağlamıştır.

Bu durum PROMETHEE sıralama yöntemi uygulama çalışmalarında, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden faydalanmanın önemini vurgulamaktadır. Alternatif sıralamalarının, kişisel yargılardaki değişikliklere karşı duyarlı olduğu görülmektedir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Durağan Aralık Analizi

Kriter ağırlıklarının maksimum veya minimum hangi aralıkta değişmesi durumunda, sıralamanın değişeceği durağan aralık analizi yardımıyla yorumlanabilmektedir.



	Weight	Interval		% Weight	% Interval	
		Min	Max		Min	Max
İç Karlılık Oranı	0.2604	0.0000	0.4878	26.04%	0.00%	39.74%
Fayda Maliyet A	0.2294	0.0000	Infinity	22.94%	0.00%	100.00%
Geri Ödeme Süresi	0.1146	0.0000	Infinity	11.46%	0.00%	100.00%
Ortalama Karlılık C	0.1780	0.1222	Infinity	17.80%	12.94%	100.00%
Başabaş Noktası	0.1135	0.0000	0.6472	11.35%	0.00%	42.20%
KKO (Kapasite K)	0.0577	0.0000	0.0907	5.77%	0.00%	8.78%
Nitelikli İstihdam C	0.0464	0.0000	0.1022	4.64%	0.00%	9.68%

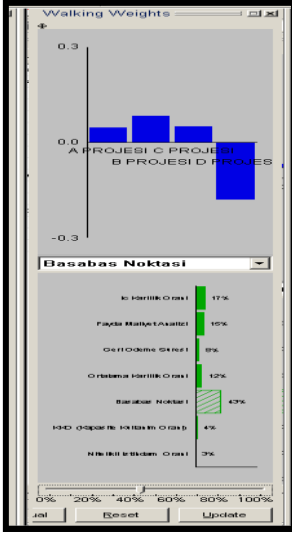
Şekil 10. Durağan aralık analizi diyagramı

Durağan Aralık Analizine göre; iç karlılık oranına 0,4878'in üzerinde, ortalama karlılık oranına 0,1222'nin altında, başabaş noktasına 0,6472'nin üzerinde, KKO'ya 0,0907'nin üzerinde veya nitelikli istihdam oranına 0,1022'nin üzerinde bir değer atanması durumunda mevcut sıralamanın değişeceği, aksi durumda aynı kalacağı sonucuna ulaşılmıştır.

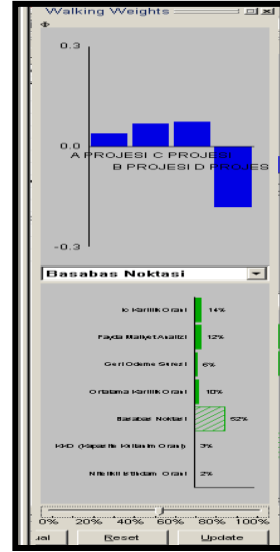
### 4.2. Kriter Ağırlık Analizi

Proje değerlendirme kriterlerinin ağırlığının değiştirilmesi durumunda sıralamanın nasıl değişeceği grafiksel olarak Decision Lab 2000 programında analiz edilmiştir.

Mevcut durumda kriterlerin ağırlıkları; iç karlılık oranı % 26, fayda maliyet oranı % 23, yatırımın geri ödeme süresi % 11, ortalama karlılık oranı % 18, başabaş noktası % 11, KKO % 6 ve nitelikli istihdam oranı % 5 olarak belirlenmiştir. Her bir kriterin değiştirilmiş ağırlıklandırma sonuçları aşağıdaki gibidir.

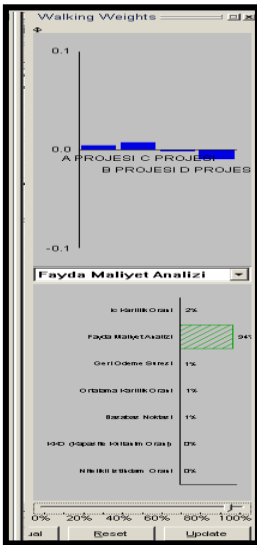
Başa Baş Noktası Kriter Ağırlığının Değişimi

Şekil 11. Başa baş noktası 1.durum



Şekil 12. Başa baş noktası 2.durum

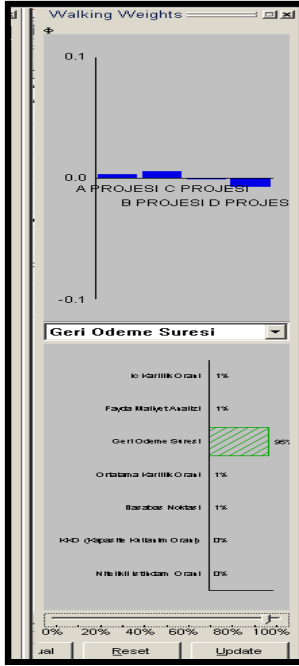
Mevcut durumda başabaş noktası ağırlığı % 11 iken, % 40'ın üzerine çıkarılması durumunda Şekil 11.'de görüldüğü üzere alternatif sıralaması B-C-A-D şeklinde değişmektedir. Ağırlık değerinin % 50'nin üzerine çıkarılması durumu ise Şekil 12'deki gibi olup, alternatif sıralaması C-B-A-D olmaktadır.

Fayda Maliyet Oranı Kriter Ağırlığının Değişimi

Şekil 13. Fayda maliyet oranı kriter ağırlık analizi diyagramı

Mevcut durumda fayda maliyet oranı ağırlığı % 23 iken, ağırlık değerinin % 90'ın üzerine çıkarılması durumunda dahi sıralamanın değişmeyip B-A-C-D şeklinde kaldığı görülmektedir.

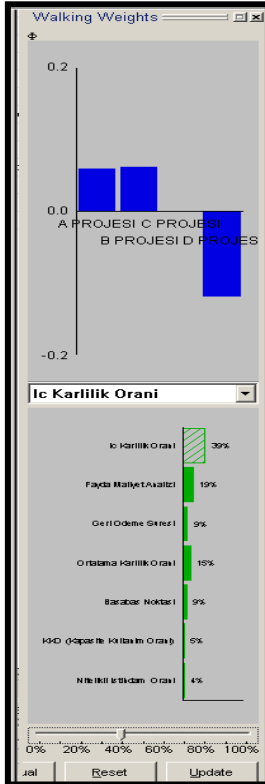
### Yatırımın Geri Ödeme Süresi Kriter Ağırlığının Değişimi



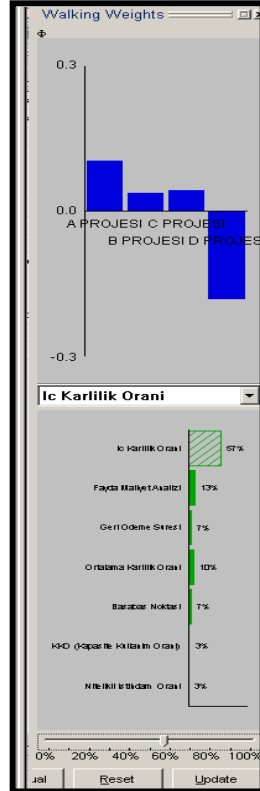
Şekil 14. Geri ödeme süresi kriter ağırlık analizi diyagramı

Mevcut durumda yatırımın geri ödeme süresi ağırlığı % 11 iken, ağırlık değerinin % 90'ın üzerine çıkarılması durumunda dahi sıralamanın değişmeyip B-A-C-D şeklinde kaldığı görülmektedir.

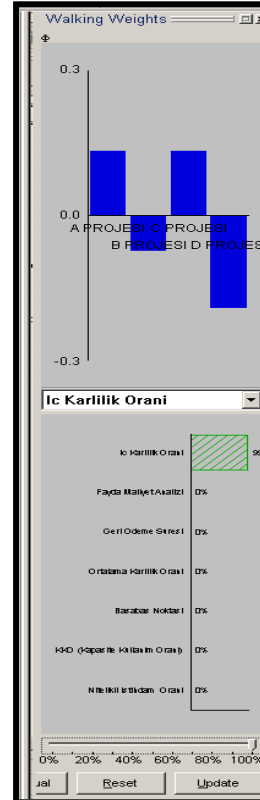
### İç Karlılık Oranı Kriter Ağırlığının Değişimi



Şekil 15. İKO değişimi  
1. durum



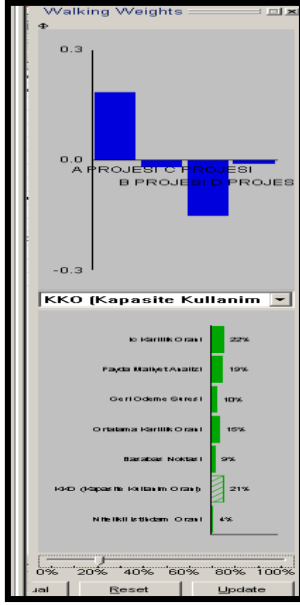
Şekil 16. İKO değişimi  
2. durum



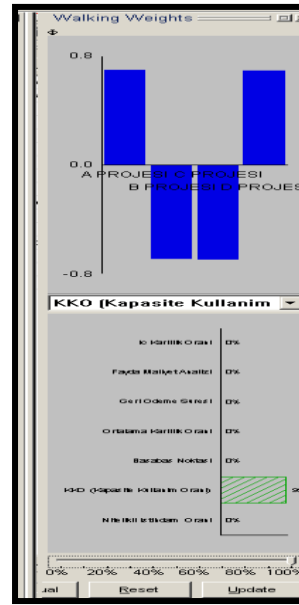
Şekil 17. İKO değişimi  
3. durum

Mevcut durumda iç karlılık oranı ağırlığı % 26'dır. Ağırlık değerinin % 39 olması durumunda Şekil 15.'de görüldüğü üzere A ve B alternatifleri eşit derecede öneme sahiptir. Ağırlık değerinin % 60'a yaklaşması durumu Şekil 16.'daki gibi olup, alternatif sıralaması A-C-B-D olmaktadır. Ağırlık değeri % 100'e yaklaşırken ise Şekil 17'de görüldüğü üzere, A ve C alternatifleri eşit derecede öneme sahiptir.

#### Kapasite Kullanım Oranı Kriter Ağırlığının Değişimi



Şekil 18. KKO 1.durum



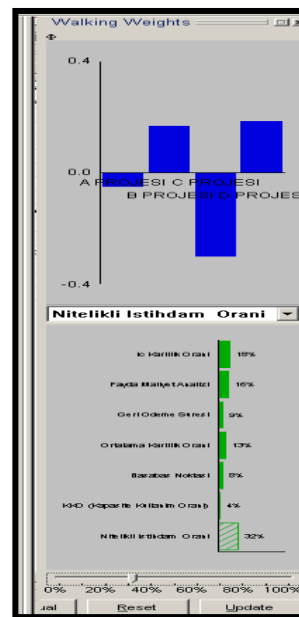
Şekil 19. KKO 2.durum

Mevcut durumda kapasite kullanım oranı ağırlığı % 6 iken, % 20'nin üzerine çıkarılması durumunda Şekil 18'de görüldüğü üzere D alternatifi B alternatifinden baskın olmaktadır. Ağırlık değerinin % 100'e yaklaşması durumu ise Şekil 19'daki gibi olup, A alternatifi D alternatifi ile eşit derecede, B alternatifi ise C alternatifi ile eşit derecede öneme sahiptir.

#### Nitelikli İstihdam Oranı Kriter Ağırlığının Değişimi



Şekil 20. Nitelikli istihdam oranı



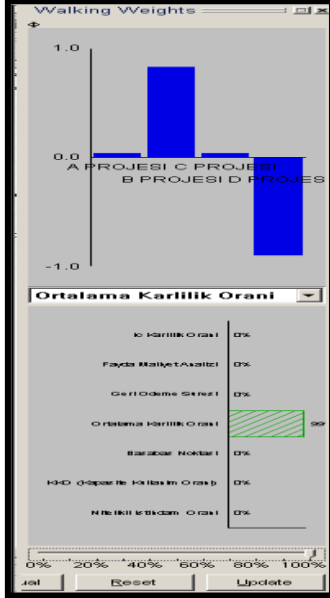
Şekil 21. Nitelikli istihdam oranı

1. durum

2.durum

Mevcut durumda nitelikli istihdam oranı ağırlığı % 5 iken, % 20'ye yaklaşması durumunda Şekil 20'de görüldüğü üzere D alternatifi A alternatifinden baskın olmaktadır. Ağırlık değerinin % 30'u geçmesi durumu ise Şekil 21.'deki gibi olup, D alternatifi B alternatifinden baskın olmaktadır.

#### Ortalama Karlılık Oranı Kriter Ağırlığının Değişimi



Şekil 22. Ortalama karlılık oranı kriter ağırlık analizi diyagramı

Mevcut durumda ortalama karlılık oranı ağırlığı % 18 iken, ağırlık değerinin % 100'e yaklaşması durumunda A alternatifi C alternatifi ile eşit derecede öneme sahip olmaktadır.

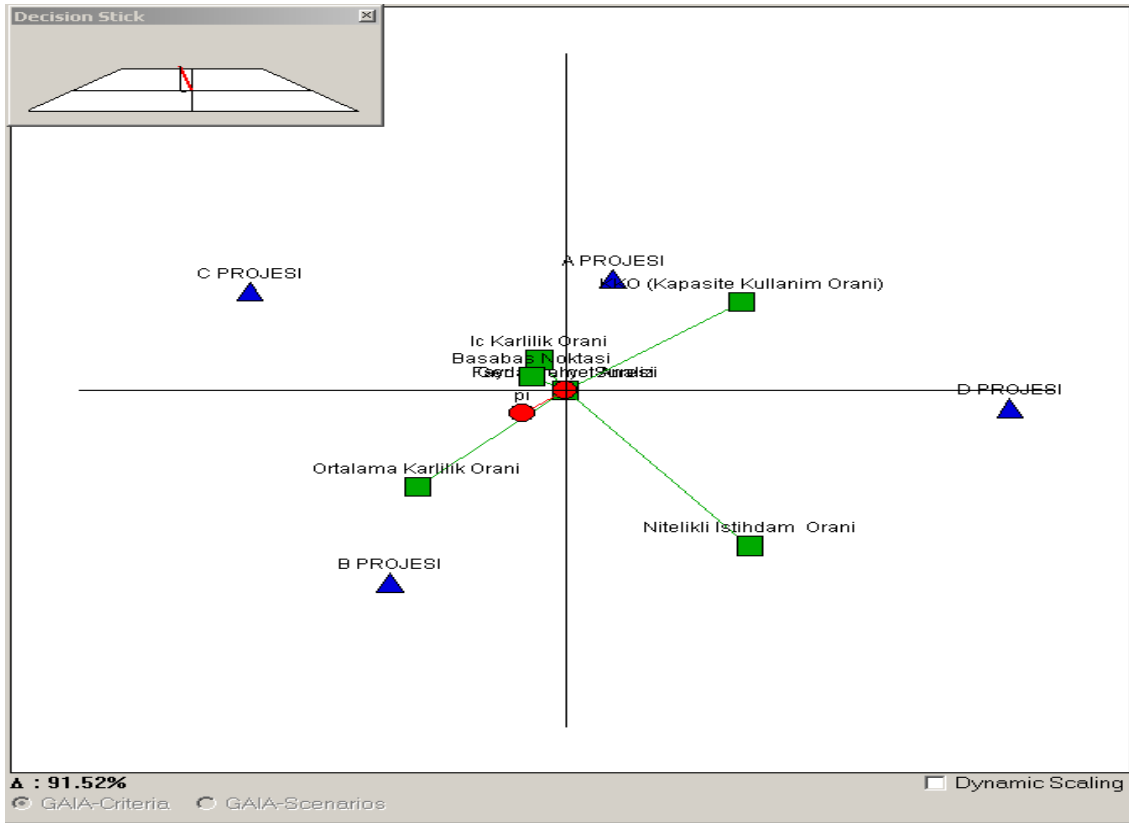
### 4.3. PROMETHEE-GAIA

Karar vericinin, grafiksel gösterim yardımıyla daha sağlıklı karar vermesi için Decision Lab 2000 programında GAIA modülü bulunmaktadır. GAIA, PROMETHEE yönteminde kriter ağırlıklarının etkisini göstermek için kullanılmaktadır.

GAIA düzlemi ile ilgili aşağıdaki tanımlar yapılmaktadır (Brans ve Vincke, 1985).

- GAIA yüzeyindeki kriterin eksenine ne kadar uzun olursa, bu kriter diğer kriterlere göre o oranda ayırıcı olmaktadır.
- Benzer tercih gösteren kriterler aynı yönde hareket eden eksen merkezlidir.
- Çakışan tercih gösteren kriterler farklı yönde hareket eden eksen merkezlidir.
- Tercih yönünden birbiri ile bağlantısı olmayan kriterler dikey eksenlerle temsil edilmektedir.
- Benzer alternatifler birbirine yakın olarak yerleştirilmiş noktalarla gösterilmektedir.

Uygulama çalışmasında kriterlerin ağırlık verilmesi durumunu gösteren GAIA düzlemi Şekil 23'deki gibidir.



Şekil 23. Kriterlerin ağırlıklandırılması durumunda GAIA

Şekil 23’deki Pi eksenini (programda kırmızı olarak görünen) karar eksenini göstermektedir. Burada karar vericinin, karar eksenine göre karar vermesi desteklenmektedir. Kriter ağırlıklarına göre yatırım alternatiflerinin konumları belirlenmektedir. Sol alt köşede yer alan delta parametresi ( $\Delta$ ) hesaplanan değerlerin doğruluğunu göstermektedir. Delta değeri %100’e yaklaştıkça yapılan analizin doğruluk payı artmaktadır. Bu uygulamada delta değeri % 91,52 olarak tespit edilmiştir. Bu durum toplam bilginin %8,48’lik bir bölümünün kaybedilmiş olduğunu göstermektedir.

Kriter ağırlıkları bakımından geri ödeme süresi ile başabaş noktası eşit yüzdesel ağırlığa sahip olduğu için grafiksel gösterimde aynı noktada konumlanmıştır. Kriterlerin ve alternatiflerin karar eksenine göre konumu dikkate alındığında, alternatif sıralamasının B-A-C-D şeklinde gerçekleştiği görülmektedir.

## 5. SONUÇ

Günümüzde firmalar yatırım yapmak istediklerinde birçok kriteri göz önünde bulundurmaya zorundadır. Yatırıma başlamadan önce maliyet ve zamanlama açısından optimum kararın verilmesi, işletmenin rekabet üstünlüğünü koruması veya rekabet üstünlüğü kazanması için büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan PROMETHEE sıralama algoritması kullanılarak, bilgisayar destekli süreçler yardımıyla karar vericinin tatminkar çözüme ulaşması amaçlanmıştır. Uygulama, çimento sektöründe yatırım yapma kararı alan bir firmanın dört farklı yatırım alternatifini önceliklendirmesi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Yatırım alternatiflerini önceliklendirmek için çeşitli kriterler belirlenmiştir. Bunlar çalışmada proje değerlendirme kriterleri olarak tanımlanmıştır. Kriterler belirlenirken, literatürde proje değerlendirme yöntemleri arasında yer alan Ortalama Karlılık Oranı, Geri Ödeme Süresi, İç Karlılık Oranı, Başa Baş Analizi, Fayda Maliyet Oranı ve karar vericiye yön göstermesi beklenen Mevcut Kapasite Kullanım Oranı ile Nitelikli İstihdam Oranı dikkate alınmıştır.

Kriterlerin belirlenmesi ardından, kriterlere ait tercih fonksiyonları tespit edilmiştir. Yatırım alternatiflerini önceliklendirmede büyük öneme sahip olan kriterlere ağırlık verilmesi durumu ve kriter ağırlıklarının eşit olması durumu olmak üzere iki farklı durumda uygulama yapılmıştır. Kriter ağırlıkları tespit edilirken uzman kişilerle yapılan anket verileri kullanılarak, AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Decision Lab 2000 programı kullanılarak karar problemi analiz edilerek, PROMETHEE I ile kısmi ve PROMETHEE II ile tam sıralamaya ulaşılmıştır.

Kriterlere eşit ağırlık verilmesi durumunda yatırım alternatifleri A-D-B-C olarak sıralanmıştır. Bu durumda yatırımcı açısından maksimum faydayı A projesinin sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak proje değerlendirme kriterlerine farklı ağırlık atanması durumunda yatırım alternatiflerinin sıralaması tamamen değişmekte ve öncelikli yatırım projesi B olmak üzere sıralama B-A-C-D olarak değişmektedir.

Bu durum PROMETHEE sıralama yöntemi uygulama çalışmalarında, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden faydalanmanın önemini vurgulamaktadır. Alternatif sıralamalarının, kişisel yargılardaki değişikliklere karşı duyarlı olduğu görülmektedir.

PROMETHEE I ve PROMETHEE II kriterler arasında ağırlıklandırmaya dayalı bir karar verme sürecini yansıttığı için, Decision Lab programının sağladığı üç farklı analiz çalışmaya dahil edilmiştir. Bunlardan ilki, kriter ağırlıklarının alabileceği maksimum ve minimum aralıkların tespiti için yapılan durağan aralık analizidir. İkincisi, karar vericinin mevcut kriter ağırlıklarını değiştirmesi durumunda sıralama değişimini göstermek için yapılan kriter ağırlık analizidir. Üçüncüsü ise, yatırımcının grafiksel gösterim yardımıyla daha sağlıklı karar vermesi için yapılan GAIA analizidir.

Yapılan analizler ile, karar verme süreci içerisinde başlangıçta anket verilerinden esas alınan kriter ağırlıklarının istenildiği gibi değiştirilme imkanı sağlanarak, karar verme sürecinde yatırımcıya avantaj sağlanmıştır.

Geleceğe yönelik çalışmalar için, kriter tanımlarında insan unsurundan kaynaklanan belirsizliklerin dikkate alındığı durum için bütünleşik yöntemin bulanık versiyonunun oluşturulması faydalı olacağı düşünülmektedir.



**KAYNAKLAR**

- Adhikary, P., Roy, P.K., Mazumdar, A. (2015). Optimal renewable energy project selection: A multi-criteria optimization technique approach, *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, 11 (5): 3319-3329.
- Amiri, M.P. (2010). Project Selection For Oil-Fields Development By Using The AHP And Fuzzy TOPSIS Methods. *Expert Systems with Applications*, 37, 6218-6224.
- Aragonés-Beltrán, P., Chaparro-González, F., Pastor-Ferrando, J.P., Pla-Rubio, A. (2014). An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects, *Energy*, 66: 222-238.
- Beltran, A., Gonzales, C., Ferrando, P., Pozo, R. (2010). An ANP-Based Approach For The Selection of Photovoltaic Solar Power Plant Investment Projects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 (1), 249-264.
- Borgonovo, E., Gatti, S., Peccati, L. (2010). What Drives Value Creation in Investment Projects? An application Of Sensitivity Analysis To Project Finance Transactions, *European Journal of Operational Research*, 205 (1): 227-236.
- Borgonovo, E., Peccati, L. (2004) Sensitivity Analysis in Investment Project Evaluation. *International Journal of Production Economics*, 90 (1) : 17-25.
- Brans, J. P., Vincke, P. (1985). A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM, *Management Science*, 31(6): 164-189.
- Büyüközkan, G., Güleriyüz, S. (2006). An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey, *Int. J. Production Economics*, 102, 435-448.
- Costa, J.P., Melo, P., Godinho, P., and Dias, L.C. (2003). The AGAP System : A GDSS for Project Analysis and Evaluation. [\*European Journal of Operational Research\*, 145 \(2\) : 287-303.](#)
- Dağdeviren, M., Eraslan, E. (2008). PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1):69-75.
- Dey, P.K. (2006). Integrated Project Evaluation and Selection Using Multiple-Attribute Decision-Making Technique, [\*International Journal of Production Economics\*, 103 \(1\): 90-103.](#)
- Dimova, L., Sevastianov, P., Sevastianov, D. (2006). MCDM in Fuzzy Setting: Investment Projects Assetment Application. *International Journal of Production Economics*, 100 (1) : 10-29.
- Dweiri, F.T., Kablan, M. M. (2006). Using fuzzy decision making for the evaluation of the project management internal efficiency, *Decision Support Systems*, 42(2), 712-726.
- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S.M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Hashemi, H., Vahdani, B. (2012). A novel two-phase group decision making approach for construction Project selection in a fuzzy environment, *Applied Mathematical Modelling*, 36 (9):4197-4217.
- Imotoa, S., Yabuuchib, Y., Watada, J. (2008). Fuzzy Regression Model of R&D Project Evaluation, *Applied Soft Computing*, 8 (3): 1266-1273.
- Karaman, B., Çerçioğlu, H. (2015). 0-1 hedef programlama destekli bütünleşik AHP-VIKOR yöntemi: Hastane yatırımı projeleri seçimi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30 (4): 567-576.

- Khalili-Damghani, K., Sadi-Nezhad, S., Lotfi, F.H., Tavana, M. (2013). A hybrid fuzzy rulebased multi-criteria framework for sustainable project portfolio selection, *Information Sciences*, 220: 442-462.
- Kücü, H. (2007). *Promethee Sıralama Yöntemi İle Personel Seçimi ve Bir İşletmede Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Liu, P., Zhang, X., Liu, W. (2011). A risk Evaluation Method For The High-Tech Project Investment Based On Uncertain Linguistic Variables. *Technological Forecasting and Socaial Change*, 78: 40-50.
- Pujadas, P., F., Pardo-Bosch, A., Aguado-Renter, A., Aguado, (2017). MIVES multi-criteria approach for the evaluation, prioritization, and selection of public investment projects. A case study in the city of Barcelona. *Land Use Policy*, 64, 29-37.
- Remer, D. S., Stokdyk, S. B., Driel, M.V.(1993). Survey of project evaluation techniques currently used in industry, *International Journal of Production Economics*,32(1), 103-115.
- Sadi-Nezhad, S. (2017). *A state-of-art survey on project selection using MCDM techniques*. *Journal of Project Management*, 2 (1): 1-10.
- Salehi, K. (2015). A hybrid fuzzy MCDM approach for project selection problem, *Decision Science Letters*, 4 (1): 109-116.
- Shin, C.,O., Yoo, S., H., Kwak, S., J. (2007). Applying The Analytic Hierarchy Process To Evaluation Of The National Nuclear R&D Projects: The Case Of Korea. *Progress In Nuclear Energy*, 49 (5): 375-384.
- Şenkayas, H., Hekimoğlu, H. (2013), Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi Problemine Promethee Yöntemi Uygulaması, *Verimlilik Dergisi*, 2, 63-80.
- Vasovic, J.V., Radojicic, M., Vasovic, S. (2012). Selection of investment projects in industry by application of multi-criteria decision making methods, *Metalurgia International*. 17 (6): 118-124.
- Vidal, L., A., Marle, F., Bocquet, J., C. (2011). Using a Delphi Process and The Analytic Hierarchy Process (AHP) to Evaluate The Complexity of Projects, *Expert Systems with Applications*, 38 (5): 5388-5405.
- Wang, L., Penga, J., Wang, J. (2018). A multi-criteria decision-making framework for risk ranking of energy performance contracting project under picture fuzzy environment, *Journal of Cleaner Production*, 191, 105-118.
- Woodward, D.G. (1995) Use of Sensitivity Analysis in Build-Own-Operate-Transfer Project Evaluation. [\*International Journal of Project Management\*, 13 \(4\) : 239-246.](#)
- Zhang, L., Xin, H., Yong, H., Kan, Z. (2019). Renewable energy project performance evaluation using a hybrid multi-criteria decision-making approach: Case study in Fujian, China, *Journal of Cleaner Production*, 206, 1123-1137.
- Zhang, W., G., Meia. Q., Lua, Q., Xiao, W., L. (2011). Evaluating Methods of Investment Project and Optimizing Models of Portfolio Selection in Fuzzy Uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), 721-728.