

## Analitik Hiyerarşi Prosesi ve VIKOR Yöntemleri ile Hava Savunma Sanayisinde Yatırım Projesi Seçimi

Bahri Uçakcıoğlu<sup>1</sup>, Tamer Eren<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.,

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,

Geliş Tarihi: 15.05.2017

Kabul Tarihi: 23.09.2017

### Özet

Ülkelerin gelişmiş olduklarının bir göstergesi de savunma alanlarında yaptıkları yatırımlar ve harcamalarıdır. Bu bağlamda savunma sanayisinin önemi ortaya çıkmaktadır. Savunma sanayisine yapılan yatırımlarda ülke ekonomisi içinde önemli bir yere sahiptir. Yatırımlar kapsamındaki projelerin seçimi de önem arz etmektedir. Bu tür karar verme süreçlerinde, çok ölçütlü karar verme yöntemleri sıkça kullanılmaktadır. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, bugüne kadar proje seçimi, yer seçimi, tedarikçi seçimi gibi neredeyse karar verme süreci içeren tüm alanlarda kullanılmıştır ve kullanılmaya da devam edilmektedir. Bu çalışmada, hava savunma sanayisinde faaliyette bulunan işletme için yatırım projelerinin seçimi problemi ele alınmıştır. Problemden çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi ve VIKOR yöntemi, belirli kriterler ve alternatifler arasında yatırım projesi seçiminde kullanılmıştır. Bu yöntemlerin uygulanması sonucunda yatırım projeleri uygun olan alternatifler seçilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çok ölçütlü karar verme; Analitik hiyerarşi prosesi; VIKOR; yatırım projesi seçimi

## Investment Selection Project in Air Defense Industry with Analytic Hierarchy Process and VIKOR Methods

### Abstract

Indicators of countries development are investments and spending on defense. In this context, the importance of the defense industry arises. Investments in the defense industry have an important place in the country's economy. The selection of projects within the scope of investments is also important. In such decision making processes, multi-criteria decision making methods are frequently used. Multi-criteria decision-making methods have been and continue to be used in almost all decision-making areas such as project selection, location selection, supplier selection and so on. In this study, the problem of selection of investment projects for the enterprise operating in the air defense industry is discussed. The Analytic Hierarchy Process and the VIKOR Method, which are multi-criteria decision making methods in the problem, have been used to select investment projects between certain criteria and alternatives. As a result of applying these methods, alternatives suitable for investment projects have been chosen.

**Keywords:** Multi-criteria decision making; Analytic hierarchy process; VIKOR; investment project selection

### 1. Giriş

Savunma sanayi, ülkelerin gelişmişlik, ekonomik, siyasi ve askeri gücünün bir göstergesi olarak nitelendirilmektedir. Savunma sanayi içerisinde yer alan havacılık savunma sanayisi de diğer savunma sanayi dalları gibi, risk ve belirsizlik içeren ve bunun yanı sıra büyük sermaye ve yatırım gerektiren bir sanayi dalıdır. İşletmeler yatırım yapma kararı verirken, sahip oldukları kısıtlı finansal kaynağı kullanarak, yatırım projeleri alternatifleri arasından bir seçim yaparak ve belirlemiş olduğu hedefe ulaşabilecek optimal sonuca ulaşabilmeyi

hedeflemektedir. Finansal kaynağın yatırım projeleri arasında paylaşılması veya tek bir yatırım projesine aktarılması işletmenin geleceği açısından hayati öneme sahiptir. Yanlış bir yatırım projesine yapılan yatırım geri dönüşü imkânsız veya zor bir duruma sürükleyebilmektedir.

Rekabet ortamı dünyanın küreselleşmesi ile daha da artmaktadır. İşletmeler yatırım projeleri üreterek yenilikçi olmaya, mevcut durumlarını korumaya ve geliştirmeye yönelik olarak çalışmalar yapmaktadır. Rekabet ortamındaki işletmelerin

kararlarını hızlı alması ve bu aldığı kararları zaman kaybetmeden uygulaması gerekmektedir. Alınan kararların uygulanması aşamasında işletmeler maliyet, kalite, uygulanabilirlik, etkinlik, verimlilik, zaman ve bütçe gibi kriterleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. İşletmeler aldıkları kararın uygulanmasından sonra alınan sonuçlar, işletmelerin karar almadaki başarısını, elde edilen fırsatları, yeni ekonomik değerlerin kazanılıp kazanılmadığını göstermektedir. Bu nedenle de kararların etkinliği istenilen sonuçlara ulaşım ulaşılmamasıyla ölçülebilir.

Yatırım kararı verilmesi sürecinde pek çok işletme birçok problem ile karşı karşıya kalmaktadır. İşletmeler kararlarını en kısa zamanda, deneyim ve bilgiye dayanarak almaktadır. Uzun vadeli ve karmaşık yapıda olan yatırım kararlarının verilmesinde sezgisel olarak karar vermenin yerine, bilgi toplanması ve analiz yapılması için zaman ayrılması ve detaylı bir incelemenin yapılması, karar süreci için de gelişmiş karar verme yöntemlerinden en uygun olanını kullanması önem arz etmektedir. Yatırım projesi seçimi de çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) yöntemlerinin kapsadığı alanlarda yer almaktadır. Seçimi yapılacak yatırım projeleri birbirleri ve kriterleri arasında bağımlılığı göz önüne alınarak yapıldığında daha doğru ve yararlı sonuçlar elde edilerek işletmelere büyük faydalar sağlamaktadır.

Bu çalışma Ankara'da hava savunma sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmede yatırım projesi seçimi için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve VIKOR yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışmamız altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde yatırım projesi seçiminden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde ise ÇÖKV, AHP ve VIKOR yöntemleri anlatılarak, bu yöntemlerle yapılmış olan bazı çalışmalara değinilmiştir. Dördüncü bölümde ise yatırım projesi seçimi ile ilgili literatürde yapılmış olan çalışmalara yer verilmiştir. Beşinci bölümde hava savunma sanayisinde faaliyet gösteren işletmede belirli kriterler ile yatırım projesi seçimi için AHP ve VIKOR yöntemleri uygulanmıştır. Altıncı bölümde, uygulamada elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, değerlendirilmesi yapılmıştır.

## **2. Yatırım Projesi Seçimi**

Yatırım projesi, planlanmış bir süre zarfında, mal ve hizmetlerin üretimindeki artışı sağlamak için, tesisler oluşturma, bazı imkânları oluşturma, kapasite artışı sağlama veya geliştirmeye yönelik bir tavsiyedir. Yatırım projesi seçimi sürecinde işletmeler büyük miktarlarda finansal kaynak, zaman ve işgücü harcamaktadır. Hatalı yatırım projesi seçimi yapıldığında kısıtlı finansal kaynak ile birçok yatırım projesi seçimi yapılabilecekken bir yatırım projesine tüm bütçe harcanabilmekte ve büyük zararlara yol açabilmektedir. Üretim alanında ise üretimde gecikmeye yol açılabilir ve de kayıpların en üst noktası olan müşteri kaybına da neden olabilecektir. Yatırım projesi seçimi kararı yöneticilerin aldığı en önemli kararlardan biridir. Kararlar alınırken bilimsel yöntemlerin kullanılması doğru kararlar verilmesini sağlar. Bilimsel yöntemler kullanılırken işletmenin amacını yansıtabilecek kriterleri yerine getiren projeler seçilmelidir.

Yeni bir işletme kurulması veya üretim tesisi kurulması, mevcut bir işletmenin kapasitesinin artırılması amacıyla tesis içerisine yeni tezgâhlar satın alınması, yeni bir üretim hattının oluşturulması ve bunlara benzer tüm çalışmalar yatırım projeleri kapsamındadır. Yatırım projesi seçimindeki verilecek olan kararların tutarlı olabilmesi için seçime elverişli alternatifler net olarak belirlenmelidir. Ayrıca seçime etki edecek olan kriterler de belirlenmelidir. Bu bilgiler ışığında sağlıklı seçim yapma imkânına ulaşılabilecektir. Yatırım projeleri ile ilgili literatürde geçen bazı kriterler; bütçe, yatırım maliyeti, bölgesel uygunluk, dış bağımlılık, sosyo-politik etki, fırsatlar, riskler, firmaya katkı, güven-emniyet vb.'dir.

Hangi tür yatırım projesi olursa olsun, her yatırım projesinin seçimi için mutlaka bir değerlendirmenin yapılması önem arz etmektedir. Yatırım projelerinin seçimi için çeşitli bilimsel teknikler geliştirilmiştir. Yoğun matematik işlemleri gerektiren bu tekniklerin uygulanması ile elde edilen çıktılara göre, yatırım projelerinin seçilip seçilmemesi hakkında kararlar verilmekte, bunlar arasındaki

öncelik sırası belirlenmekte ve en uygun projenin seçimi yapılmaktadır.

### **3. Çok Ölçütlü Karar Verme**

Hepimizin hayatında birçok alternatif arasından seçimler yaptığımız kararlar bulunmaktadır. Bu kararlar sadece kişisel olarak bizlerin değil şirketlerinde devamlı olarak karşı karşıya kaldığı bir durumdur. Karar verme sürecinde önemli olan üç unsur bulunmaktadır. Bunlar; karar verici, alternatifler ve kriterlerdir. Karar verici, en iyi alternatifin seçilmesi için karar veren kişidir. Alternatifler, olabilecek eylem seçenekleridir. Karar verme probleminin oluşturulabilmesi için en az iki alternatife ihtiyaç duyulmaktadır. Kriterler de çözüm alternatiflerinin karar veren kişi için uygun olan ölçütlerle belirlenmesidir. Yapılan araştırmalar, günlük alınan pek çok kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir [1]. Karar verme sürecine sayısal yöntemlerin veya karar teknolojilerinin (karar analizleri, modelleri, algoritmaları ve teorileri) olumlu bir etkisi bulunmaktadır [2]. Günümüzde devamlı değişen ve zamanla zorlaşan çalışma şartları insan, kurum ve işletmeleri devamlı olarak karar vermede iyi ve başarılı olanı seçmeye şartlandırmaktadır [3]. Karar verme aşamasında ÇÖKV yöntemlerinin kullanılması yöneticilere alternatifleri değerlendirmede yardımcı olmakta ve işletme kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. ÇÖKV yöntemleri ölçülebilen ve ölçülemeyen birçok stratejik ve operasyonel faktörü aynı anda değerlendirme imkânı sağlayan, aynı zamanda karar verme sürecine çok sayıda kişiyi dâhil edebilen bir analitik yöntemdir [4].

ÇÖKV yöntemleri birçok çalışmada kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden AHP ve VIKOR yöntemleri ele alınacaktır.

#### **3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi**

Karar verme ile ilgili problemlerin çözümü aşamasında en çok kullanılan AHP yöntemidir. Karar verme problemlerinde, ulaşılmak istenilen hedefi birçok ölçütün belirlediği ve seçim için

değerlendirilecek alternatiflerin her birinin kendine özgü farklılıklarının bulunduğu durumlarda karar verme işi çok karmaşık bir durum almaktadır. Aynı karar verme problemlerinde kullanılan kriterlerin önem skalası ve karar alternatiflerinin karşılaştırılmasında karar vericiler arasında değerlendirmeler farklılık gösterebilmektedir. Bu tür farklılık içeren karar problemlerinin çözümünde AHP etkin karar verme olanağı sağlayabilmektedir. AHP, homojen elemanların ortak bir kriter veya niteliğe göre ikili karşılaştırmalardan baskın önceliklerin türetilmesiyle ilgili bir ölçüm teorisidir [5]. 1970'li yılların başlarında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi, karmaşık, yapılandırılmamış ve çok ölçütlü karar süreçlerinde karar almaya yardımcı bir araçtır [6]. AHP; karar vericinin tüm kriterlerini yakalayan en iyi alternatifini seçmekle, "Hangisini seçeceğiz?" veya "En iyisi hangisidir?" sorularına cevap bulur [7]. Nitel ve nicel kriterler kullandığı için önerilmiş bir yöntemdir. İşletme yöneticileri tarafından anlaşılması ve uygulanması kolay olmakla birlikte karar verme sürecinin iyileştirilmesine de yardım edebilen bir yöntemdir [8]. AHP'nin amacı; verilen alternatifler kümesi için bağlantılı önceliklerin bir skalaya oturtulmak sureti ile karar vericinin sezgisel yargılarını ve karar verme sürecindeki alternatiflere ait karşılaştırma tutarlılığını da dikkate alarak, bu sürecin (karar verme süreci) en etkin şekilde tamamlanmasını sağlamaktır [9].

AHP'nin uygulama alanı çok geniş olup etkin çözümler sunmaktadır. AHP'de ele alınan problem hiyerarşik bir biçimde yapılandırılmaktadır. Hiyerarşinin oluşturulmasının ardından kriterlerin birbirlerine karşı önem düzeylerinin hesaplanması yapılır. AHP'de kriter ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmaların oluşturulması için Thomas L. Saaty tarafından oluşturulan 1-9 skalası referans alınmıştır [5].

Cihan vd. [10], ekokardiyografi cihazı seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerini ele almışlardır. Eren ve Özder [11], bir içecek firması için tedarikçi seçiminde AHP, ANP, PROMETHEE ve ELECTRE yöntemlerini kullanmışlardır. Hamurcu ve Eren [12], Ankara'da monoray rotası seçiminde AHP ve

TOPSIS yöntemleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Bedir ve Eren [13], perakende sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın satış danışmanı seçimi probleminde AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Dožić ve Kalić [14], uçak tipi seçiminde AHP yöntemi ile uygulama yapmışlardır. Koyuncu ve Özcan [15], otomotiv sektörüne personel seçimini AHP ve TOPSIS yöntemleri ile yapmışlardır. Bayhan ve Bildik [16], akıllı telefon seçiminde AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Mishra vd. [17], organik tarım için uygun alanların seçiminde AHP ve GIS yöntemini kullanmışlardır. Balo ve Şağbanşua [18], güneş paneli seçiminde AHP yöntemini ele almışlardır. Nayak ve Tripathy [19], bulut kaynakları kiralama planlamasında AHP yöntemini kullanmışlardır. Dong ve Cooper [20], tedarik zinciri risk değerlendirmesini AHP yöntemi ile yapmışlardır. Geyik vd. [21], kitap basımevi seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerini ele almışlardır. İnce vd. [22], hastane kuruluş yeri seçimini AHP yöntemi ile yapmışlardır. Kurşunoğlu vd. [23], nikel cevherinin yıkama metodunun seçiminde AHP yönteminden faydalanmışlardır. Kokangül vd. [24], mesleki sağlık ve güvenlik alanında yapılan risk değerlendirmesinde AHP yönteminden yararlanmışlardır. Erdoğan vd. [25], inşaat projesi yönetiminde karar alma sürecinde AHP yöntemini ele almışlardır. Aşchilean vd. [26], su dağıtım sistemlerinde en uygun teknolojinin seçimini AHP yöntemi ile yapmışlardır. Hillerman vd. [27], şüpheli sağlık talebinin değerlendirilmesinde AHP yönteminden yararlanmışlardır. Lucas vd. [28], bilgi ve iletişim teknolojisi ile öğretmen eğitiminin değerlendirmesini AHP yöntemi ile yapmışlardır.

AHP yönteminin uygulama adımları bölüm 3.1.1'de açıklanmıştır.

### 3.1.1. AHP Uygulama Adımları

AHP yönteminin kapsamı, içeriği yukarıda belirtilmiştir. AHP yönteminin uygulama adımları aşağıda verilmektedir.

**Adım-1:** Problem tanımlanır ve probleme ilişkin hedef belirlenir.

**Adım-2:** Kriterler belirlenir.

**Adım-3:** Alternatifler (seçenekler) belirlenir.

**Adım-4:** Başlangıç düzeyde hedeften başlayarak, orta düzeyde kriterler ve en alt düzeyde de alternatifler ile hiyerarşik yapı oluşturulur. Örnek hiyerarşik yapı Şekil 1'de verilmiştir.

**Adım-5:** Tablo 1'de verilen önem skalasına göre hem kriterler, hem de alternatifler arasındaki ikili karşılaştırma matrisleri (nxn) boyutunda oluşturulur ve ikili karşılaştırmalar yapılır.

**Tablo 1.** Önem Skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2, 4, 6, 8	Ara değerler

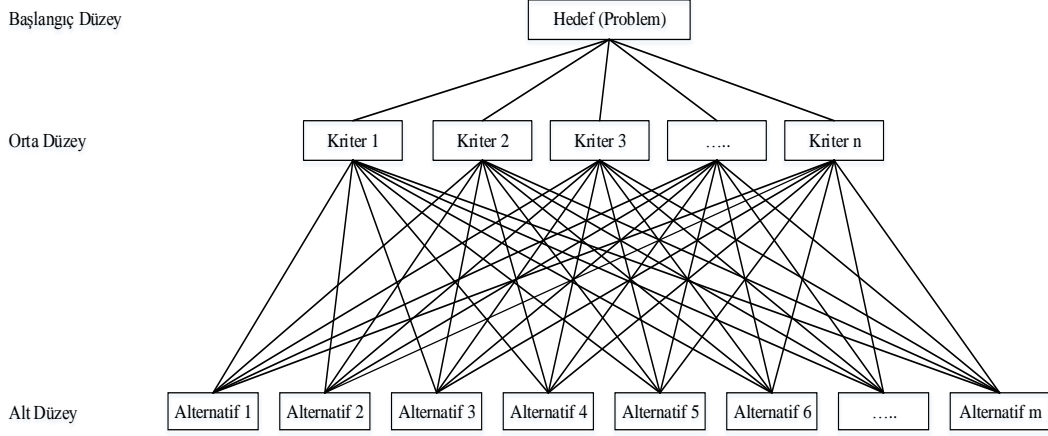
**Adım-6:** İkili karşılaştırma matrisinde her sütun için, sütun toplamları alınır ve matristeki elemanlar ilgili sütun toplamına bölünerek normalize matris elde edilir.

**Adım-7:** Normalize edilmiş olan matriste her alternatif ya da kriter için oluşturulmuş satır toplamları alınır ve bu toplamlardan, alternatifler için olanlar alternatiflerin sayısına, kriterler için olanlar kriterlerin sayısına bölünerek öz vektör yani öncelik vektör matrisi elde edilir.

**Adım-8:** Öncelik vektörü ile oluşturulan öncelik matrisindeki, her kriter ya da alternatif için elde edilmiş olan öncelik değerlerinin, o kriter ya da alternatife ait ikili karşılaştırma matrisinde bulunan sütundaki tüm elemanlarla çarpılması ile hesaplanan değerlerle sütun vektör matrisi elde edilir.

**Adım-9:** Sütun vektör matristeki satır toplam değerlerinin, Adım-7'de elde edilen öncelik vektör

matrisi satır değerlerine bölünmesi ile temel değer elde edilir.



Şekil 1. Hiyerarşik Yapı

**Adım-10:** Adım-9'da elde edilen temel değerlerin aritmetik ortalamasının alınması ile  $\lambda_{max}$  değeri elde edilir.

**Adım-11:** Tutarlılık indeksi aşağıda belirtilmiş olan formüle göre hesaplanır. Formüldeki; CI: Tutarlılık indeksi, n: Kriter/Alternatif sayısı olarak ifade edilir.

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

**Adım-12:** Adım-11'de bulunan tutarlılık indeksinin, Tablo 2'deki ortalama rassal tutarlılık değerine bölünmesi ile tutarlılık oranı hesaplanır. Hesaplama aşağıda formüle göre yapılır. Formüldeki; CR: Tutarlılık oranı, RI: Ortalama rassal tutarlılık olarak ifade edilir.

$$CR = CI/RI$$

Tablo 2. Ortalama rassal tutarlılık (RI) tablosu

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,6	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5

AHP'de tutarlılık oranı 0,10 değerinden küçük veya eşit olmalıdır. Bulunan bu değer 0,10 'dan büyük ise bulunan sonucun tutarlı olmadığını gösterir. Tekrardan ikili karşılaştırma matrisi incelenmeli ve yapılacak düzenlemenin ardından adımlar tekrar edilmelidir.

**Adım-13:** Alternatiflerin kriterler bazında hesaplanan öz vektörleri ile, kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırmaları sonucu elde edilen

kriter öz vektörlerinin, her alternatif için çarpılması ile ulaşılmak istenen son öncelik değeri hesaplanır. Hesaplanan değerlerden en yüksek olan değerli alternatif bize sonuç olarak seçilebilecek uygun alternatifi göstermektedir.

### 3.2. VIKOR

VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), karmaşık yapıların çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiş olan bir yöntemdir. Bu kapsamda uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralamasını belirleyerek en uygun olanın seçilmesini içerir. VIKOR yöntemi, ideal çözüme yakınlığa dayanan çok kriterli sıralama indeksini ele alır. Birbiri ile çelişen kriterler içeren problemler için uzlaşık çözüm, karar vericilere karara ulaşmada yardımcı olur. VIKOR yöntemi 2004 yılında ilk kez Opricovic ve Tzeng tarafından karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için önerilmiştir [29].

Liu ve Yan [30], inşaat projesi tekliflerini değerlendirmek için VIKOR yöntemini ele almışlardır. Büyüközkan ve Ruan [31], yazılım geliştirme projelerini değerlendirmek için bulanık VIKOR yöntemini önermişlerdir. Liu vd. [32], malzeme seçiminde VIKOR yönteminden faydalanmışlardır. Gök ve Perçin [33], elektronik alışveriş sitelerinin elektronik hizmet kalitesi açısından değerlendirilmesini VIKOR, ANP ve DEMATEL yöntemleri ile yapmışlardır. Ertuğrul ve

Özçil [34], VIKOR ve TOPSIS yöntemleri ile klima seçimi yapmışlardır. Uygurtürk ve Uygurtürk [35], otel seçiminde AHP ve VIKOR yöntemlerini ele almışlardır. Karaatlı vd. [36], VIKOR, TOPSIS ve AHP yöntemleri ile futbolcu performanslarının değerlendirilmesini yapmışlardır. Ömürbek vd. [37], ADİM üniversitelerinin performans değerlendirmesinde VIKOR, TOPSIS ve AHP yöntemlerinden faydalanmışlardır. Önder ve Yıldırım [38], Türkiye'deki lojistik köylerin sıralanmasında VIKOR ve AHP yöntemlerinden yararlanmışlardır. Hajihassani [39], çimento endüstrisi performansı değerlendirmesinde VIKOR ve AHP yöntemlerini kullanmıştır. Tiwari vd. [40], ürün tasarımı konseptinin değerlendirilmesini VIKOR yöntemi ile yapmışlardır. Awasthi ve Kannan [41], yeşil tedarikçi geliştirme programı seçiminde VIKOR yönteminden yararlanmışlardır. Peker vd. [42], afet lojistiği kapsamında en uygun dağıtım merkezi yerinin belirlenmesini VIKOR ve AHP yöntemi ile yapmışlardır. Babashamsi vd. [43], kaldırım bakım faaliyetlerinin önceliklendirilmesinde BAHP ve VIKOR yöntemini uygulamışlardır. Kandemir ve Karataş [44], Borsa İstanbul'da işlem gören ticari bankaların finansal performanslarının sıralamasını VIKOR, TOPSIS ve GRA ile yapmışlardır. Gupta [45], havayolu endüstrisinde hizmet kalitesine göre havayolu şirketi seçimini VIKOR yöntemi ile yapmıştır. Shojaei vd. [46], havaalanı performansının değerlendirilmesini VIKOR yöntemi ile yapmışlardır.

VIKOR yöntemi, "ideale yakınlık" temel alınarak "çok kriterli sıralama puanlaması" (multi-criteria ranking index) yapılması ile uzlaşık sıralı liste ve uzlaşık çözüm saptaması yapar. VIKOR yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir:

### 3.2.1. VIKOR Uygulama Adımları

Belirlenmiş olan m adet alternatif  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ , n adet kriter  $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$  ve her bir  $a_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) alternatifinin,  $c_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) kriteri karşılığındaki puanı  $f_{ij}$  olmak üzere VIKOR yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır.

**Adım-1:** Uygulama kapsamındaki tüm kriterler için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler belirlenir. Eğer i kriteri fayda sağlayan bir kriter ise;

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad i=1,2,\dots,n$$

**Adım-2:**  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri  $j=1,2,\dots,J$  için hesaplanır. Hesaplama aşağıdaki formüllere göre yapılır. Formüllerdeki;  $S_j$ : j. alternatif için ortalama grup skoru,  $R_j$ : j. alternatif için en kötü grup skoru olarak ifade edilir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]$$

Formüllerdeki  $w_i$  görece önemleri gösteren kriter ağırlıklarını ifade etmektedir. Ağırlıklar toplamı 1'e eşit olmalıdır.

**Adım-3:**  $Q_j$  değerleri tüm  $j=1,2,\dots,J$  için belirlenir.

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*)$$

Burada;

$$S^* = \min_j S_j \quad S^- = \max_j S_j \quad R^* = \min_j R_j \quad R^- = \max_j R_j$$

Formüldeki "v" değeri kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını yani maksimum grup faydasını ifade etmektedir. Başka bir deyişle; "v" değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, "1-v" karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir [47].

Uzlaşma, "v > 0,5"

Konsensüs, "v=0,5"

Veto "v < 0,5" ile sağlanabilmektedir.

**Adım-4:**  $S_j, R_j$  ve  $Q_j$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama belirlenir. Sıralamada en küçük  $Q_j$  değeri, alternatifler arasındaki en iyi seçeneği belirtir.

**Adım-5:** Şayet aşağıdaki iki koşul sağlanırsa elde edilen sonuç geçerli kabul edilir. Ancak bu durumda minimum Q değerine sahip alternatif en uygun olarak değerlendirilebilir.

**Koşul-1 (Kabul edilebilir avantaj):**

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$$

$a'$  : Q değerine göre birinci sıradaki alternatif

$a''$  : Q değerine göre ikinci sıradaki alternatif

$DQ=1/(J-1)$ ; J alternatif sayısını gösterir.

**Koşul-2 (Kabul edilebilir istikrar):**

En iyi Q değerine sahip  $a'$  alternatifi, S ve R değerlerinin en az birinde en iyi puanı elde etmelidir.

Şayet Koşul-1 ve Koşul-2'den biri sağlanmıyorsa uzlaşık çözüm kümesi şöyledir:

Koşul-2 sağlanmıyorsa, birinci sıradaki  $a'$  ve ikinci sıradaki  $a''$  alternatiflerinin ikisi de en iyi uzlaşım ortak çözüm olarak belirlenir.

Koşul-1 sağlanmıyorsa  $a'$ ,  $a''$ , ...,  $a^{(M)}$  alternatifleri ve değeri maksimum M için  $Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ$  ile belirlenir.

Q değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir [29].

**4. Literatürde Yapılan Çalışmalar**

ÇÖKV yöntemlerinin yatırım projeleri seçiminde kullanımı fazla yaygın değildir. Literatürde, yatırım projeleri seçimi üzerine yapılmış farklı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışma bu alanda yapılabilecek çalışmalara örnek bir uygulama özelliği taşımaktadır.

Yatırım projesi seçimi ve kullanılan yöntemlerle ilgili literatür çalışmaları incelenerek bu kısımda gösterilmiştir.

Weingartner [48], yatırım projesi seçimi kriterleri üzerine çalışma yapmıştır. Aras vd. [49], rüzgâr gözlem istasyonu yeri seçiminde AHP yönteminden yararlanmışlardır. Kuru ve Akın [50], birden fazla nitel ve nicel kriteri göz önüne alarak en uygun entegre yönetim sisteminin seçimini amaçlamışlardır. Bu amaca ulaşmak için çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP, ELECTRE ve VIKOR yöntemlerini ayrı ayrı uygulamışlardır. Dimova vd. [51], yatırım projelerinin değerlendirilmesi için uygulama yapmışlardır. Gülenç ve Bilgin [52], yeni kapı yatırımı için AHP yöntemi ile çalışmışlardır. San Cristobal [53], VIKOR yöntemi ile yenilenebilir enerji projesi seçimi üzerine çalışma yapmıştır. Nandi vd. [54], AHP yöntemini kullanarak inşaat sektöründe proje seçimi yapmışlardır. Ebrahimnejad vd. [55], ANP ve VIKOR yöntemlerini kullanarak inşaat projesi seçimi üzerine çalışma yapmışlardır. Aragonés-Beltrán vd. [56], güneş-thermal enerji santrali yatırım projesi seçimini AHP ve ANP yöntemlerini kullanarak yapmışlardır. Bar ve Gordon [57], optimal proje seçimi üzerine çalışma yapmışlardır. Karaman ve Çerçioğlu [58], hedef programlama, AHP ve VIKOR yöntemleri ile hastane projesi seçimi yapmışlardır. Pangri [59], inşaat sektöründe proje seçimi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Salehi [60], proje seçimi için AHP ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Hanine vd. [61], AHP ve TOPSIS yöntemleri ile ETL yazılımı seçimi yapmışlardır. Hodgett [62], AHP ve ELECTRE yöntemleri ile ekipman seçimi yapmıştır. Gür vd. [63], AHP ve hedef programlama ile monoray projesi seçimi üzerine çalışma yapmışlardır. Sadi-Nezdah [64], 1980-2017 yılları arasında proje seçiminde kullanılan ÇÖKV yöntemleri üzerine istatistiki bir çalışma yapmıştır. Hamurcu vd. [65], ANP ve hedef programlama ile ulaştırma üzerine proje seçimi yapmışlardır. Gür vd. [66], ulaştırma projesi seçiminde ANP ve hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Liu vd. [67], AR-GE projelerinin seçiminde karar destek sistemlerinden yararlanmışlardır. Çevik ve Gökşen [68], yatırım projesi seçimi için AHP ve VIKOR yöntemleri tabanlı karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Chang vd. [69], oyun teorisi ile yatırım projesi seçimi yapmışlardır. Baysal vd. [70], ilçe belediyesi için proje seçiminde bulanık TOPSIS

ve bulanık AHP yöntemlerini ele alarak sonuca ulaşmışlardır. Öztaysi [71], proje seçimi yapmak için bulanık AHP yöntemini kullanmıştır. Karavega vd. [72], AR-GE projesi seçimi ve değerlendirmesinde TOPSIS ve yapısal eşitlik modellemesini kullanmışlardır. Adhikary vd. [73], yenilenebilir enerji projesi seçimi için TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinden faydalanmışlardır. Uçakcıoğlu ve Eren [74], hava savunma sanayi için yatırım projesi seçiminde AHP, VIKOR ve hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır.

## 5. Uygulama

Uluslararası rekabet koşulları altında faaliyet gösteren şirket, kaliteli, ucuz ve istenilen miktarda ürün üretmek amacındadır. Bu amaca yönelik olarak ihtiyaç duyulan ve çevre etkisi ile ortaya çıkan çok büyük miktardaki bilgiyi düzenleyebilmek, dinamik ve değişen küresel piyasa taleplerine zamanında cevap verebilmek için değişik türdeki karar verme mekanizmalarına ihtiyaç duymaktadır. Dolayısıyla şirket varlığını sürdürdürebilmesi açısından, günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler ve yoğun rekabet koşulları, kurum yöneticilerinin çok karmaşık problemler karşısında etkili ve doğru karar vermelerini gerekli hale getirmiştir. Bu kapsamda etkili ve doğru karar verilebilmesi için AHP ve VIKOR yöntemleri kullanılmış olup yöntemlerin uygulamasına ilişkin detaylar bilgiler aşağıda verilmiştir.

### 5.1. AHP Yöntemi ile Uygulama

AHP yöntemi çözümü adımlar halinde aşağıda belirtilmiştir.

**Adım-1:** Problemin tanımlanması ve probleme ilişkin hedefin belirlenmesi: Uluslararası havacılık sektöründe Ankara'da faaliyet gösteren savunma sanayi firmasının, yöneticileri ve personeli devamlı karar verme durumu ile karşı karşıya kalmaktadır. Kararların etkin ve verimli olması önem arz etmektedir. Şirket ülkemizin ve müşteri konumundaki ülkelerin havacılık ve uzay alanlarında savunma, izleme, bilgi sağlayıcı gibi ihtiyacı karşılayan özgün ürünlerin üretimini, modernizasyonunu ve geliştirmesini yapmakta ve yerli sanayinin de gelişimine katkı sağlamaktadır.

Şirket bu kapsamda yatırım yapmak için bir takım yatırım projeleri belirlemiştir. Şirketin amacını yansıtacak yatırım projelerinin seçimi, önce ülkemiz sonra şirketin geleceği açısından büyük önem arz etmektedir. Bu açıklamalar dâhilinde şirket için uygun olan yatırım projesi/projelerinin seçimine karar verilmesi gerekmektedir. Uygulamada yatırım uzmanı olarak 20 (yirmi) personel karar verici durumundadır. Problemin tanımlanmasında, kriterlerin belirlenmesinde, alternatiflerin belirlenmesinde, sonuçların değerlendirilmesinde bu personel ile koordinasyon sağlanmıştır.

**Adım-2:** Kriterlerin belirlenmesi: Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler aşağıda belirtilmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde şirkette çalışmakta olan 20 yatırım uzmanı ile anket yapılmış olup anket sonuçlarına göre kriterler belirlenmiştir. Kriterler şunlardır:

Proje Bütçesi (K1): Projenin gerçekleşmesi için öngörülen giderdir.

Proje Süresi (K2): Projenin tamamlanabilmesi için gerekli olan süredir.

Bağımlılık Durumu (K3): Projenin şirket içerisinde mi yapılacağı veya dışarıdan hizmet alımı yoluyla mı yapılacağına göstergesidir.

Personel Sayısı (K4): Projenin tamamlanması için ihtiyaç olan personel sayısıdır.

Ekonomiye Katkı (K5): Projenin ülke ekonomisine katkısıdır.

**Adım-3:** Alternatiflerin (seçeneklerin) belirlenmesi: Yatırım uzmanlarından alınan bilgiler doğrultusunda 8 adet alternatif (yatırım projesi) belirlenmiştir. Bu yatırım projeleri aşağıda belirtilmiştir.

Proje-1 (P1): Bilimsel ve teknik bilgi birikimi ile birlikte sistematik bir temele dayalı olarak yürütülebilecek, yaratıcı çaba ile bu bilgi birikimlerinden yeni teknolojilerin bulunmasını için yatırım yapılması planlanan projedir.



Proje-2 (P2): Pilot yetiştirme gibi eğitim amaçlı olan uçak tasarımı ve imalatı projesidir.

Proje-3 (P3): Dik bir biçimde iniş ve kalkış yapabilen, dar alanlarda kullanılabilen, tepeden, üstten pervaneli üstün kabiliyete sahip hava taşıtı, tasarım ve imalatını kapsayan projedir.

Proje-4 (P4): Üstün donanıma sahip, elle kumanda edilebilen, insansız hava aracı yapımını içeren projedir.

Proje-5 (P5): Genelde askeri amaçlı fakat ihtiyaç halinde sivil alanda da kullanılacak nakliye uçağı tasarım, imalat ve geliştirmeyi de kapsayan projedir.

Proje-6 (P6): Savaşlarda kara ve su üstündeki hedefleri bombalamak, diğer uçakları tahrip etmek gibi askeri amaçlarda kullanılan uçakların yapımını içermektedir.

Proje-7 (P7): Haberleşme, askeri vb. ihtiyaçlar için uzaya fırlatılan, uydu tasarım, imalat ve geliştirme aşamasını içeren projedir.

Proje-8 (P8): Yolcu taşıma amaçlı, bunun yanı sıra yolculara ait bagajların ve kısmen diğer malzemelerin taşınmasında kullanılan hava aracı tasarım, geliştirme ve imalatını kapsamakta olan projedir.

**Adım-4:** Hiyerarşik yapının oluşturulması: Hiyerarşik yapı oluşturularak Şekil 2’de verilmiştir.

**Adım-5:** İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3’de oluşturulmuştur.

**Tablo 3.** Kriterlerin Kriterler Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

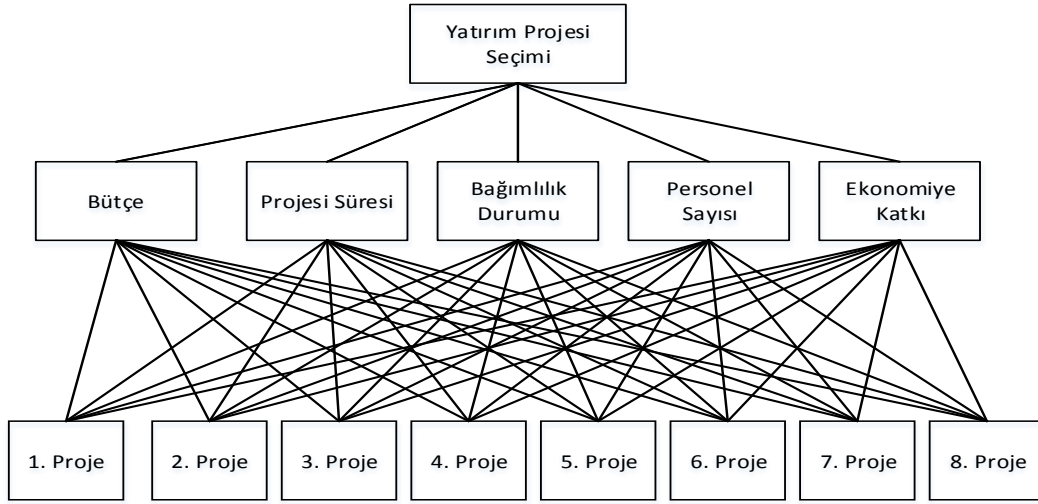
Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1,00	2,00	3,00	2,00	0,33
K2	0,50	1,00	1,00	2,00	0,50
K3	0,33	1,00	1,00	0,20	0,14
K4	0,50	0,50	2,00	1,00	0,17
K5	3,00	2,00	7,00	6,00	1,00

Alternatiflerin proje bütçesi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Alternatiflerin Proje Bütçesi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	2,00	0,11	0,11	0,33	0,11	0,11	0,33
P2	0,50	1,00	0,20	0,20	0,33	0,14	0,14	2,00
P3	9,00	5,00	1,00	1,00	5,00	0,50	0,50	4,00
P4	9,00	5,00	1,00	1,00	5,00	1,00	2,00	5,00
P5	3,00	3,00	0,20	0,20	1,00	0,14	0,20	0,33
P6	9,00	7,00	2,00	1,00	7,00	1,00	2,00	5,00
P7	9,00	7,00	2,00	0,50	5,00	0,50	1,00	3,00
P8	3,00	0,50	0,25	0,20	3,00	0,20	0,33	1,00

Alternatiflerin proje süresi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 5’de verilmiştir.



Şekil 2. Hiyerarşik Yapı

Tablo 5. Alternatiflerin Proje Süresi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	0,50	0,14	0,14	0,33	0,11	0,14	0,20
P2	2,00	1,00	0,25	0,17	0,50	0,13	0,14	0,50
P3	7,00	4,00	1,00	0,33	3,00	0,33	0,50	3,00
P4	7,00	6,00	3,00	1,00	5,00	1,00	5,00	3,00
P5	3,00	2,00	0,33	0,20	1,00	0,13	0,14	0,50
P6	9,00	8,00	3,00	1,00	8,00	1,00	2,00	6,00
P7	7,00	7,00	2,00	0,20	7,00	0,50	1,00	4,00
P8	5,00	2,00	0,33	0,33	2,00	0,17	0,25	1,00

Tablo 7. Alternatiflerin Personel Sayısı Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	2,00	0,25	0,20	0,50	0,13	0,14	1,00
P2	0,50	1,00	0,33	0,25	0,50	0,14	0,17	1,00
P3	4,00	3,00	1,00	0,50	2,00	0,50	0,33	2,00
P4	5,00	4,00	2,00	1,00	3,00	0,33	0,50	3,00
P5	2,00	2,00	0,50	0,33	1,00	0,25	0,33	2,00
P6	8,00	7,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	4,00
P7	7,00	6,00	3,00	2,00	3,00	0,50	1,00	4,00
P8	1,00	1,00	0,50	0,33	0,50	0,25	0,25	1,00

Alternatiflerin bağımlılık durumu kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 6'da verilmiştir.

Alternatiflerin ekonomiye katkı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 6. Alternatiflerin Bağımlılık Durumu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	3,00	1,00	3,00	2,00	0,50	0,20	2,00
P2	0,33	1,00	2,00	0,33	2,00	0,25	0,25	2,00
P3	1,00	0,50	1,00	0,50	2,00	0,50	0,33	2,00
P4	0,33	3,00	2,00	1,00	3,00	0,33	0,50	3,00
P5	0,50	0,50	0,50	0,33	1,00	0,25	0,33	2,00
P6	2,00	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	4,00
P7	5,00	4,00	3,00	2,00	3,00	0,50	1,00	4,00
P8	0,50	0,50	0,50	0,33	0,50	0,25	0,25	1,00

Tablo 8. Alternatiflerin Ekonomiye Katkı Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	0,33	0,17	0,14	0,25	0,11	0,11	0,11
P2	3,00	1,00	0,33	0,25	0,25	0,13	0,13	0,17
P3	6,00	3,00	1,00	1,00	3,00	0,33	0,33	0,50
P4	7,00	4,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	3,00
P5	4,00	4,00	0,33	0,33	1,00	0,17	0,20	0,33
P6	9,00	8,00	3,00	1,00	6,00	1,00	2,00	4,00
P7	9,00	8,00	3,00	0,33	5,00	0,50	1,00	4,00
P8	9,00	6,00	2,00	0,33	3,00	0,25	0,25	1,00

Alternatiflerin personel sayısı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 7'de verilmiştir.

Adım-6: Normalize matrisinin oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen normalize matrisler aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 9'da oluşturulmuştur.

**Tablo 9.** Kriterlerin Kriterler Açısından Normalize Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,19	0,31	0,21	0,18	0,16
K2	0,09	0,15	0,07	0,18	0,23
K3	0,06	0,15	0,07	0,02	0,07
K4	0,09	0,08	0,14	0,09	0,08
K5	0,56	0,31	0,50	0,54	0,47

Alternatiflerin proje bütçesi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 10'da oluşturulmuştur.

**Tablo 10.** Alternatiflerin Proje Bütçesi Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,02	0,07	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02
P2	0,01	0,03	0,03	0,05	0,01	0,04	0,02	0,10
P3	0,21	0,16	0,15	0,24	0,19	0,14	0,08	0,19
P4	0,21	0,16	0,15	0,24	0,19	0,28	0,32	0,24
P5	0,07	0,10	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02
P6	0,21	0,23	0,30	0,24	0,26	0,28	0,32	0,24
P7	0,21	0,23	0,30	0,12	0,19	0,14	0,16	0,15
P8	0,07	0,02	0,04	0,05	0,11	0,06	0,05	0,05

Alternatiflerin proje süresi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 11'de oluşturulmuştur.

**Tablo 11.** Alternatiflerin Proje Süresi Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,03	0,02	0,01
P2	0,05	0,03	0,02	0,05	0,02	0,04	0,02	0,03
P3	0,17	0,13	0,10	0,10	0,11	0,10	0,05	0,16
P4	0,17	0,20	0,30	0,30	0,19	0,30	0,54	0,16
P5	0,07	0,07	0,03	0,06	0,04	0,04	0,02	0,03
P6	0,22	0,26	0,30	0,30	0,30	0,30	0,22	0,33
P7	0,17	0,23	0,20	0,06	0,26	0,15	0,11	0,22
P8	0,12	0,07	0,03	0,10	0,07	0,05	0,03	0,05

Alternatiflerin bağımlılık derecesi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 12'de oluşturulmuştur.

**Tablo 12.** Alternatiflerin Bağımlılık Durumu Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,09	0,18	0,08	0,29	0,11	0,14	0,04	0,10
P2	0,03	0,06	0,17	0,03	0,11	0,07	0,05	0,10
P3	0,09	0,03	0,08	0,05	0,11	0,14	0,07	0,10
P4	0,03	0,18	0,17	0,10	0,17	0,09	0,10	0,15
P5	0,05	0,03	0,04	0,03	0,06	0,07	0,07	0,10
P6	0,19	0,24	0,17	0,29	0,23	0,28	0,41	0,20
P7	0,47	0,24	0,25	0,19	0,17	0,14	0,21	0,20
P8	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,07	0,05	0,05

Alternatiflerin personel sayısı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 13'de oluşturulmuştur.

**Tablo 13.** Alternatiflerin Personel Sayısı Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,04	0,08	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06
P2	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,06
P3	0,14	0,12	0,10	0,07	0,14	0,16	0,07	0,11
P4	0,18	0,15	0,21	0,13	0,21	0,11	0,11	0,17
P5	0,07	0,08	0,05	0,04	0,07	0,08	0,07	0,11
P6	0,28	0,27	0,21	0,39	0,28	0,32	0,42	0,22
P7	0,25	0,23	0,31	0,26	0,21	0,16	0,21	0,22
P8	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,08	0,05	0,06

Alternatiflerin ekonomiye katkı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 14'de oluşturulmuştur.

**Tablo 14.** Alternatiflerin Personel Sayısı Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,01
P2	0,06	0,03	0,03	0,06	0,01	0,04	0,02	0,01
P3	0,13	0,09	0,09	0,23	0,14	0,10	0,05	0,04
P4	0,15	0,12	0,09	0,23	0,14	0,29	0,43	0,23
P5	0,08	0,12	0,03	0,08	0,05	0,05	0,03	0,03
P6	0,19	0,23	0,28	0,23	0,28	0,29	0,28	0,31
P7	0,19	0,23	0,28	0,08	0,23	0,14	0,14	0,31
P8	0,19	0,17	0,18	0,08	0,14	0,07	0,04	0,08

Adım-7: Öncelik vektör matrisinin oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen öncelik vektör matrisleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen öncelik vektör matrisi Tablo 15'de oluşturulmuştur.

**Tablo 15.** Kriterlerin Kriterler Açısından Öncelik Vektör Matrisi

Kriterler	Ağırlık
K1	0,21
K2	0,15
K3	0,07
K4	0,10
K5	0,47

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen öncelik vektör matrisleri Tablo 16'da oluşturulmuştur.

**Tablo 16.** Alternatifleri Kriterlerin Açısından Öncelik Vektör Matrisleri

Alternatifler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
P1	0,03	0,02	0,13	0,04	0,02
P2	0,05	0,04	0,10	0,05	0,04
P3	0,23	0,16	0,11	0,15	0,14
P4	0,30	0,36	0,17	0,21	0,28
P5	0,06	0,06	0,07	0,10	0,08
P6	0,35	0,37	0,33	0,40	0,35
P7	0,25	0,23	0,31	0,31	0,27
P8	0,07	0,09	0,06	0,07	0,16

Adım-8: Sütun vektör matrisinin oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen sütun vektör matrisleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sütun vektör matrisi Tablo 17'de oluşturulmuştur.

**Tablo 17.** Kriterlerin Kriterler Açısından Sütun Vektör Matrisi

Kriterler	Sütun Vektörü
K1	1,07
K2	0,75
K3	0,38
K4	0,50
K5	2,49

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen sütun vektör matrisleri Tablo 18'de oluşturulmuştur.

**Tablo 18.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Sütun Vektör Matrisleri

Alternatifler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
P1	0,29	0,23	1,55	0,43	0,20
P2	0,42	0,34	0,86	0,39	0,34
P3	1,90	1,27	0,91	1,19	1,17
P4	2,51	3,31	1,41	1,68	2,56
P5	0,51	0,45	0,61	0,75	0,62
P6	2,96	3,18	2,89	3,26	3,18
P7	2,12	2,00	2,67	2,51	2,48
P8	0,63	0,69	0,49	0,53	1,34

Adım-9: Temel değerlerin elde edilmesi: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen temel değerler tablolar halinde verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen temel değerler Tablo 19'da oluşturulmuştur.

**Tablo 19.** Kriterlerin Kriterler Açısından Temel Değerleri

Kriterler	Temel Değer
K1	5,15
K2	5,16
K3	5,07
K4	5,22
K5	5,25

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen temel değerler Tablo 20'de oluşturulmuştur.

**Tablo 20.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Temel Değerleri

Alternatifler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
P1	11,22	10,73	11,90	10,49	10,97
P2	8,56	7,91	8,20	8,02	7,84
P3	8,40	8,19	8,09	7,88	8,22
P4	8,47	9,23	8,54	8,04	9,24
P5	8,35	7,80	8,17	7,88	8,23
P6	8,58	8,60	8,65	8,17	9,16
P7	8,60	8,60	8,58	8,12	9,30
P8	8,57	7,83	8,31	8,02	8,48

Adım-10: Lambda ( $\lambda$ ) değerinin elde edilmesi: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen  $\lambda$  değerleri aşağıda verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen  $\lambda$  değeri 5,17 olarak bulunmuştur.

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen  $\lambda$  değerleri Tablo 21'de oluşturulmuştur.

**Tablo 21.** Alternatiflerin Kriterler Açısından  $\lambda$  Değerleri

Kriterler / $\lambda$ Değerleri	K1	K2	K3	K4	K5
	8,84	8,61	8,81	8,33	8,93

Adım-11: Tutarlılık indeksinin hesaplanması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık indeksleri aşağıda verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen tutarlılık indeksi 0,04 olarak bulunmuştur.

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık indeksleri Tablo 22'de oluşturulmuştur.

**Tablo 22.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Tutarlılık İndeksleri

Kriterler/ Tutarlılık İndeksi	K1	K2	K3	K4	K5
	0,12	0,09	0,12	0,05	0,13

Adım-12: Tutarlılık oranının hesaplanması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden

elde edilen tutarlılık oranları aşağıda verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen tutarlılık oranı 0,04 olarak bulunmuştur. Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık oranları Tablo 23'de oluşturulmuştur.

**Tablo 23.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Tutarlılık Oranları

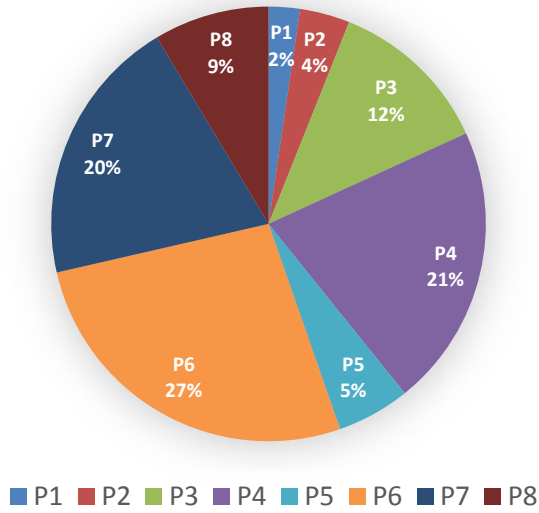
Kriterler/ Tutarlılık Oranı	K1	K2	K3	K4	K5
	0,09	0,06	0,08	0,03	0,09

Adım-13: Sonucun bulunması: Alternatiflerin öz vektörleri (ağırlıkları) ile kriterlerin öz vektörlerinin çarpılması ile elde edilen sonuçlardan en yüksek değer bizi sonuca götürmektedir. Hesaplama sonuçlarına ilişkin ağırlıklar Tablo 24'de belirtilmiştir. Ayrıca sonuç grafiği de Şekil 3'de verilmiştir. Tabloya göre en yüksek değere sahip 6. projenin seçilmesi uygun gözükmektedir.

**Tablo 24.** AHP Ağırlıklar Tablosu

Alternatif	Ağırlık
P1	0,03
P2	0,05
P3	0,16
P4	0,28
P5	0,07
P6	0,35
P7	0,26
P8	0,11

AHP yönteminde yapılan hesaplamalar sonucuna göre en yüksek ağırlık değerine sahip P6 ( 6. Proje), diğer alternatiflere göre ilk tercih edilmesi gereken proje gözükmektedir. Hesaplanan ağırlık değerlerine göre ilk tercih sırası P6 olmakla birlikte, bu projeyi sırasıyla P4, P7, P3, P8, P5, P2, P1 izlemektedir. Yatırım uzmanlarından alınan bilgiler doğrultusunda uygulama sonucunda en uygun yatırım projesinin P6 (6. proje) çıkması, işletmenin de bu yatırım projesinin üzerinde durduğunu, bu projeye önem verildiğini ve bu proje için yatırım yapılacağını belirtmişlerdir.



Şekil 3. Sonuç Grafiği

## 5.2. VIKOR Yöntemi ile Uygulama

VIKOR yöntemi ile problemin çözümü adımlar halinde yapılmıştır. Uygulamada kullanılacak veriler Tablo 25’de verilmiştir.

Tablo 25. Uygulamada Kullanılan Veriler

Alternatif/Kriter	K1	K2	K3	K4	K5
P1	471278	25	2	137	2
P2	1230270	19	3	318	4
P3	123157842	70	3	778	3
P4	82926965	38	1	464	4
P5	792182	22	3	96	3
P6	8233158	33	3	572	4
P7	1610662	8	2	87	4
P8	3636784	66	2	504	4

Adım-1: Alternatiflerin her kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri Tablo 26’da belirtilmiştir.

Tablo 26. En iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri

Kriter	K1	K2	K3	K4	K5
$f_i^*$	471278	8	3	87	4
$f_i^-$	123157842	70	1	778	2

Adım-2:  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri  $j= 1,2,...,J$  için hesaplanır. Hesaplamalardaki  $w_i$  değerleri AHP hesaplanan kriterlerin ağırlık ( öz vektör) değerleri alınmıştır.  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri Tablo 27’de belirtilmiştir.

Tablo 27.  $S_j$  ve  $R_j$  Değerleri

Alternatif /Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	$S_j$	$R_j$
P1	0,00	0,04	0,04	0,01	0,48	0,56	0,48
P2	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,06	0,03
P3	0,21	0,15	0,00	0,10	0,24	0,69	0,24
P4	0,14	0,07	0,07	0,05	0,00	0,34	0,14
P5	0,00	0,03	0,00	0,00	0,24	0,27	0,24
P6	0,01	0,06	0,00	0,07	0,00	0,14	0,07
P7	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04
P8	0,01	0,14	0,04	0,06	0,00	0,24	0,14

Adım-3:  $Q_j$  değerleri tüm  $j= 1,2,...,J$  için belirlenir. Farklı “v” değerleri için hesaplanan  $Q_j$  değerleri Tablo 28’de belirtilmiştir.

Tablo 28.  $Q_j$  Değerleri

Maksimum Grup Faydası / Alternatif	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
$Q_1 (v=0)$	1,00	0,00	0,46	0,24	0,46	0,08	0,01	0,24
$Q_2 (v=0,1)$	0,98	0,00	0,52	0,27	0,45	0,09	0,01	0,24
$Q_3 (v=0,2)$	0,96	0,01	0,57	0,29	0,44	0,10	0,01	0,25
$Q_4 (v=0,3)$	0,94	0,01	0,63	0,31	0,43	0,10	0,01	0,26
$Q_5 (v=0,4)$	0,92	0,01	0,68	0,33	0,42	0,11	0,01	0,26
$Q_6 (v=0,5)$	0,90	0,02	0,73	0,35	0,41	0,12	0,01	0,27
$Q_7 (v=0,6)$	0,88	0,02	0,79	0,37	0,40	0,13	0,01	0,28
$Q_8 (v=0,7)$	0,86	0,02	0,84	0,40	0,39	0,13	0,00	0,29
$Q_9 (v=0,8)$	0,84	0,03	0,89	0,42	0,38	0,14	0,00	0,29
$Q_{10} (v=0,9)$	0,82	0,03	0,95	0,44	0,37	0,15	0,00	0,30
$Q_{11} (v=1)$	0,80	0,03	1,00	0,46	0,36	0,16	0,00	0,31

Tablo 28’deki  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7$  ve  $Q_8$  değerlerine göre en büyük Q değerleri sahip proje P1’dir.  $Q_9, Q_{10}$  ve  $Q_{11}$  değerlerine göre en büyük Q değeri P3’tür.  $Q_1$  ve  $Q_2$  değerlerine göre en küçük Q değerine sahip P2’dir.  $Q_3, Q_4, Q_5$  değerlerine göre en küçük Q değerine sahip P2 veya P7 projeleri olup değerleri eşittir.  $Q_6, Q_7, Q_8, Q_9, Q_{10}$  ve  $Q_{11}$  değerlerine göre en küçük Q değerine sahip P7’dir. P7 konsensüs değerinden sonraki değerlerde azalış eğilimi göstermiştir. P2 ise artış eğilimi göstermiştir.

Adım-4:  $S_j, R_j$  ve  $Q_j$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama belirlenir. Bu sıralama listesi Tablo 29’da belirtilmiştir.

**Tablo 29.** Sıralama Listesi

Alternatifler	S <sub>j</sub>	Alternatifler	R <sub>j</sub>	Alternatifler	Q <sub>j</sub>
P7	0,04	P2	0,03	P7	0,01
P2	0,06	P7	0,04	P2	0,02
P6	0,14	P6	0,07	P6	0,12
P8	0,24	P8	0,14	P8	0,27
P5	0,27	P4	0,14	P4	0,35
P4	0,34	P5	0,24	P5	0,41
P1	0,56	P3	0,24	P3	0,73
P3	0,69	P1	0,48	P1	0,90

Adım-5: Her iki koşulun sağlanıp sağlanmadığının kontrolünün yapılması;

VIKOR yönteminde yapılan hesaplamalar sonucuna göre Q değerleri içerisinde en düşük değeri barındıran P7 ( 7. Proje), öbür alternatiflere kıyasla kabul edilebilir bir avantaja sahip gözükmektedir.

P7 alternatifinin en iyi olarak kabul edilebilmesi için yöntemin kapsamında olan iki koşulun sağlanması önemle gerekmektedir.

Koşul-1:  $Q(a^{(m)}) - Q(a^1) \geq DQ$  eşitsizliği sağlanmalıdır. Elde ettiğimizde değerleri yerine yazarsak;

$0,02 - 0,01 \geq 0,14$  bulunan sonuç Koşul-1'in sağlanmadığını göstermektedir.

Koşul-2: Elde etmiş olduğumuz çözüm değerlerinin kabul edilebilir istikrarlı olabilmesi için alternatiflerden en iyi olan a' alternatifi, S<sub>j</sub> ve R<sub>j</sub> değerlerinin en az birinde en iyi puanı elde etmelidir. Tablo 29'daki S<sub>j</sub> ve R<sub>j</sub> sıralamalarına bakıldığında, S<sub>j</sub>'de P7'nin ilk sırada yer aldığı, R<sub>j</sub>'de ise P2'nin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu durumda Koşul-2 sağlanmıştır.

Koşul-1 sağlanmadığı için çözüm kümesi;  $Q(a^{(m)}) - Q(a^1) < DQ$  ile belirlenir. Koşul-1'in sağlanmaması alternatiflerin bazılarının arasında belirgin bir fark olmadığını göstermektedir.

Q<sub>j</sub> değerlerini çözüm kümesi formülünde yerine yazılarak elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} Q(a^2) - Q(a^1) < DQ & 0,02 - 0,01 < 0,14 \\ Q(a^3) - Q(a^1) < DQ & 0,18 - 0,01 < 0,14 \\ Q(a^4) - Q(a^1) < DQ & 0,27 - 0,01 < 0,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q(a^5) - Q(a^1) < DQ & 0,35 - 0,01 < 0,14 \\ Q(a^6) - Q(a^1) < DQ & 0,41 - 0,01 < 0,14 \\ Q(a^7) - Q(a^1) < DQ & 0,73 - 0,01 < 0,14 \\ Q(a^8) - Q(a^1) < DQ & 0,90 - 0,01 < 0,14 \end{aligned}$$

Yukarıdaki hesaplamalar sonucuna göre P6 maksimum Q değerine sahip olan yatırım projesidir. P7 ise minimum Q değerine sahip yatırım projesidir. Uzlaşık çözüm kümesi içerisinde Q değerlerine göre sıralama yapılırsa en iyi yatırım projesi, minimum Q değerlerine sahip olan P7 ve P2 yatırım projelerinden birisidir. Bu yatırım projelerini sırasıyla P6, P8, P4, P5, P3, P1 yatırım projeleri takip etmektedir.

En uygun yatırım projelerinin P7 ve P2'den birisinin çıkması, işletmenin de bu yatırım projesinin üzerinde çalışmalar yaptığını, bu projenin işletme geleceği açısından önemli olduğunu ve bu proje için yatırım yapılacağını belirtmişlerdir.

## 6. Sonuç

Yatırım maliyetleri açısından büyük finansal kaynaklar gerektiren, ekonomik ve sosyal yaşamı etkileyen yatırım projelerinin seçiminde uygun metodolojilerin kullanılması, projelerin değerlendirilme sürecini daha sağlıklı kılmaktadır. Bu noktada çok ölçütlü karar verme yöntemleri seçim sürecinde belirlenen kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkileri değerlendirmede sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, yatırım projeleri kriterler arasındaki ilişkileri AHP, VIKOR yöntemleri birlikte kullanılarak gösterilmiştir. AHP yöntemi ile hesaplamalar sonucunda 6. yatırım projesinin seçilmesinin uygun olduğu gözükmekte iken, VIKOR yöntemi ile hesaplamalar sonucunda da 2. veya 7. yatırım projesinin seçilmesinin uygun olduğu görülmüştür. Bu iki yöntemin sonuçlarındaki farklılığın nedeni yöntemlerin bütünleşik değil de ayrı kullanımından kaynaklanmaktadır. AHP'de yatırım uzmanlarının (karar verici) kişisel görüşlerinin kullanılması, VIKOR yönteminde ise belirlenmiş olan gerçek değerlerin kullanılmasından dolayı sonuçların farklılığı ortaya çıkmıştır.

AHP ve VIKOR yöntemleri hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan 4., 2. veya 7. Proje için şirket yatırım uzmanlarının değerlendirmesi; bu projelerin şirketin amaçlarını yansıttığını, bu projelere önem verildiğini ve üzerinde çalışma yapılan projeler olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile yapılan hesaplamalarda her zaman aynı alternatifin sonuç olarak karşımıza çıkmadığı farklı sonuçların da karşımıza çıktığı görülmektedir. Bu farklılığın temelinde ise ikili karşılaştırma matrislerindeki değerlerin kişiden kişiye farklılık göstermesidir.

Uygulama kapsamında problemin çözümü için kullanılmış olan yöntemler sadece uygulama yapılan işletmeye has olmamakla birlikte başka yatırım projeleri seçiminde de kullanılabilir. Sonraki çalışmalarda işletme tarafından yatırım yapılması düşünülen diğer projeler için ve diğer sektörlerde içerisinde yatırım yapmayı planlayan işletmelerde bu uygulamadaki yöntemler kullanılarak yatırım projesi seçimi yapılabilir. Bu çalışmanın devamı olarak ileride kriter sayısı, kriter ağırlıkları, karar verici sayısı ve alternatif sayısı değiştirilerek duyarlılık analizi yapıp bu değişmelerin sonuçları nasıl etkilediği gözlemlenebilir. Bu bağlamda çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden sıralama temelli yöntemler kullanılarak veya işletmenin hedefleri ve kısıtları dikkate alınarak matematiksel modeller geliştirilebilir. Böylece ileride yapılacak uygulamalarda kriterler çeşitlendirilerek en uygun seçeneği ararken etkin bir yol izlenebilir.

#### **Kaynaklar**

- [1] Roy, B., Hugonnard, J., "Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by a multicriteria method", *Transportation Research Part A: General*, 16(4), 301–312, 1982.
- [2] C. Carlsson and R. Fuller, "Fuzzy Multiple Criteria Decision Making: Recent Developments," *Fuzzy Sets And Systems*, vol. 78 (2), pp. 139-153, 1996.
- [3] H.-E. Forman and I.-S. Gass, "The Analytic Hierarchy Process-An Exposition," *Operations Research*, vol. 49 (4), pp. 469-486, 2001.
- [4] M. Dağdeviren, E. Eraslan, M. Kurt and E.-N. Dizdar, "Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım," *Teknoloji Dergisi*, vol. 8 (2), pp. 115-122, 2005.
- [5] T.-L. Saaty, "How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process," *European Journal of Operational Research*, vol. 48, pp. 9-26,1990.
- [6] F.-Y. Partovi, "Determining What To Bechmark: An Analytic Hierarchy Process Approach," *International Journal Of Operation And Production Management*, vol. 14 (6), pp. 25-39, 1994.
- [7] R.-S. Russell and B.-W. Taylor, "Operations Management 4th Edition," Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- [8] E. Ada, Y. Kazançoğlu and B. Aracıoğlu, "Stratejik Rekabet Üstünlüğü Sağlamada Tedarikçi Seçiminin Analitik Hiyerarşik Süreç İle Gerçekleştirilmesi," *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi*, 2005, pp. 605-611.
- [9] B. Özyörük and E.-C. Özcan, "Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçimine Etki Eden Faktörler Ve Tedarikçi Seçimi," *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi*, 2005, pp. 625-629.
- [10] Ş. Cihan, E. Ayan, T. Eren, T. Topal and E.-K. Yıldırım, "Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması," *HSP*, vol. 4 (1), pp. 41-49, 2017.
- [11] T. Eren and E.-H. Özder, "Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Bir İçecek Firması İçin Tedarikçi Seçimi," *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 2016, pp. 80-89.
- [12] M. Hamurcu and T. Eren, "A Multicriteria Decision-Making for Monorail Route Selection in Ankara," *Proceedings of Academics World International Conference*, 2016, pp. 6-10.
- [13] N. Bedir and T. Eren, "AHP-PROMETHEE Yöntemleri Entegrasyonu ile Personel Seçim Problemi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama," *Social Sciences Research Journal*, vol. 4, pp. 46-58, 2015.
- [14] S. Dožić and M. Kalić, "An AHP approach to aircraft selection process," *Transportation Research Procedia*, vol. 3, pp. 165-174, 2014.
- [15] O. Koyuncu and M. Özcan, "Personel seçim sürecinde analitik hiyerarşi süreci ve TOPSIS yöntemlerinin karşılaştırılması: Otomotiv sektöründe bir uygulama," *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 32 (2), pp. 195-218, 2014.
- [16] M. Bayhan and T. Bildik, "Çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik hiyerarşi süreciyle akıllı telefon seçimi," *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, vol. 6 (3), pp. 27-36, 2014.
- [17] A.-K. Mishra, S. Deep and A. Choudhary, "Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS," *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, vol. 18 (2), pp. 181-193, 2015.
- [18] F. Balo and L. Şağbanşua, "The selection of the best solar panel for the photovoltaic system design by



- using AHP,” *Energy Procedia*, vol. 100, pp. 50-53, 2016.
- [19] S.-C. Nayak and C. Tripathy, “Deadline sensitive lease scheduling in cloud computing environment using AHP,” *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 2016.
- [20] Q. Dong and O. Cooper, “An orders-of-magnitude AHP supply chain risk assessment framework,” *International Journal of Production Economics*, vol. 182, pp. 144-156, 2016.
- [21] O. Geyik, M. Tosun, S. Ünlüsoy, M. Hamurcu and T. Eren, “Kitap basımevi seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanımı,” *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, vol. 3 (6), pp. 106-126, 2016.
- [22] Ö. İnce, N. Bedir and T. Eren, “Hastane kuruluş yeri seçimi probleminin AHP ile modellenmesi: Tuzla ilçesi uygulaması,” *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, vol. 3 (1), pp. 8-21, 2016.
- [23] S. Kurşunoğlu, Z.-T. Ichlas and M. Kaya, “Leaching method selection for caldag lateritic nickel ore by the analytic hierarchy process (AHP),” *Hydrometallurgy*, vol. 171, pp. 179-184, 2017.
- [24] A. Kokangül, U. Polat and C. Dağsuyu, “A new approximation for risk assessment using the AHP and fine kinney methodologies,” *Safety Science*, vol. 91, pp. 24-32, 2017.
- [25] S.-A. Erdoğan, J. Šaparauskas and Z. Turskis, “Decision making in construction management: AHP and expert choice approach,” *Procedia Engineering*, vol. 172, pp. 270-276, 2017.
- [26] I. Aşchilean, G. Badea, I. Giurca, G.-S. Naghiu and F.-G. Iloaie, “Choosing the optimal technology to rehabilitate the pipes in water distribution systems using the AHP method,” *Energy Procedia*, vol. 112, pp. 19-26, 2017.
- [27] T. Hillerman, J.-C.-F. Souza, A.-C.-B. Reis and R.-N. Carvalho, “Applying clustering and AHP methods for evaluating suspect healthcare claims,” *Journal of Computational Science*, vol. 19, pp. 97-111, 2017.
- [28] R.-I. Lucas, M.-A. Promentilla, A. Ubando, R.-G. Tan, K. Aviso and K.-D. Yu, “An AHP-based evaluation method for teacher training workshop on information and communication technology,” *Evaluation and Program Planning*, vol. 63, pp. 93-100, 2017.
- [29] S. Opricovic and G.-H. Tzeng, “Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis Of VIKOR And TOPSIS,” *European Journal Of Operational Research*, vol. 156, pp. 445-455, 2004.
- [30] H. Liu and T. Yan, “Bidding-Evaluation Of Construction Projects Based On VIKOR Metod,” *IEEE International Conference On Automation And Logistics*, 2007, pp. 1778- 1782.
- [31] G. Büyüközkan and D. Ruan, “Evaluation of software development projects using a fuzzy multi-criteria decision approach,” *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 77, pp. 464-475, 2008.
- [32] H.-C. Liu, L.-X. Mao, Z.-Y. Zhang and P. Li, “Induced aggregation operators in the VIKOR method and its application in material selection,” *Applied Mathematical Modelling*, vol. 37 (9), pp. 6325-6338, 2013.
- [33] A.-C. Gök and S. Perçin, “Elektronik Alışveriş (E-alışveriş) Sitelerinin E-hizmet Kalitesi Açısından Değerlendirilmesinde DEMATEL–AAS–VIKOR Yaklaşımı,” *Anadolu University Journal of Social Sciences*, vol. 16 (1), pp. 131-144, 2016.
- [34] İ. Ertuğrul and A. Özçil, “Çok kriterli karar vermede TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle klima seçimi,” *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 4 (1), pp. 267-282, 2014.
- [35] H. Uygurtürk and H. Uygurtürk, “Bütünleşik AHS-VIKOR yöntemi ile otel seçimi,” *AİBÜ-İİBF Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, vol. 10 (2), pp. 103-118, 2014.
- [36] M. Karaatlı, N. Ömürbek and G. Köse, “Analitik hiyerarşi süreci temelli TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile futbolcu performanslarının değerlendirilmesi,” *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 29 (1), pp. 25-61, 2014.
- [37] N. Ömürbek, M. Karaatlı and T. Yetim, “Analitik hiyerarşi sürecine dayalı TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile ADİM üniversitelerinin değerlendirilmesi,” *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Dr. Mehmet YILDIZ Özel Sayısı, pp. 189-207, 2014.
- [38] E. Önder and B.-F. Yıldırım, “VIKOR method for ranking logistic villages in Turkey,” *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, vol. 12 (23), pp. 293-314, 2014.
- [39] V. Hajihassani, “Using VIKOR method in the performance evaluation cement industry,” *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 36 (3), pp. 420-429, 2015.
- [40] V. Tiwari, P.-K. Jain and P. Tandon, “Product design concept evaluation using rough sets and VIKOR method,” *Advanced Engineering Informatics*, vol. 30 (1), pp. 16-25, 2016.
- [41] A. Awasthi and G. Kannan, “Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment,” *Computers and Industrial Engineering*, vol. 91, pp. 100-108, 2016.
- [42] İ. Peker, S. Korucuk, Ş. Ulutaş, B.-S. Okatan and F. Yaşar, “Afet lojistiği kapsamında en uygun dağıtım merkez yerinin AHS-VIKOR bütünleşik yöntemi ile belirlenmesi: Erzincan ili örneği,” *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, vol. 14 (1), pp. 82-103, 2016.
- [43] P. Babashamsi, A. Golzadfar, N.-I.-M. Yusoff, H. Ceylan and N.-G.-M. Nor, “Integrated fuzzy analytic hierarchy process and VIKOR method in the prioritization of pavement maintenance activities,” *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 9 (2), pp. 112-120, 2016.
- [44] T. Kandemir and H. Karataş, “Ticari bankaların finansal performanslarının çok kriterli karar verme yöntemleri ile incelenmesi: Borsa İstanbul’da işlem

- gören bankalar üzerine bir uygulama (2004-2014),” İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, vol. 5 (7), pp. 1766-1776, 2016.
- [45] H. Gupta, “Evaluating service quality of airline industry using hybrid best worst method and VIKOR,” Journal of Air Transport Management, pp. 1-13, 2017.
- [46] P. Shojaei, S.-A.-S. Haeri and S. Mohammadi, “Airports evaluation and ranking model using Taguchi loss function, best-worst method and VIKOR technique,” Journal of Air Transport Management, pp. 1-10, 2017.
- [47] S. Opricovic and G.-H. Tzeng, “Extended VIKOR method in comparison with outranking methods,” European Journal of Operational Research, vol. 178, pp. 514-529, 2007.
- [48] H.-M. Weingartner, “Criteria For Programming Investment Project Selection,” The Journal of Industrial Economics, vol. 15 (1), pp. 65-76, 1966.
- [49] H. Aras, Ş. Erdoğan and E. Koç, “Multi-Criteria Selection For A Wind Observation Station Location Using Analytic Hierarchy Process,” Renewable Energy, vol. 29, pp. 1383-1392, 2004.
- [50] A. Kuru and B. Akın, “Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar ve Uygulamaları,” Öneri, vol. 10 (38), pp.129-144, 2012.
- [51] L. Dimova, P. Sevastianov and D. Sevastianov, “MCDM In A Fuzzy Setting: Investment Projects Assessment Application,” Int. J. Production Economics, vol. 100, pp. 10-29, 2006.
- [52] İ.-F. Gülenç and G.-A. Bilgin, “Yatırım Kararları İçin Bir Model Önerisi,” Öneri, vol. 9 (34), pp. 97-107, 2010.
- [53] J.-R. San Cristobal, “Multi-Criteria Decision-Making In The Selection Of A Renewable Energy Project In Spain: The Vikor method,” Renewable Energy, vol. 36, pp. 498-502, 2011.
- [54] S. Nandi, S. Paul and M. Phadtare, “An AHP-Based Construction Project Selection Method,” Decision, vol. 38 (1), pp. 91-118, 2011.
- [55] S. Ebrahimnejad, S.-M. Mousavi, R. Tavakkoli-Moghaddam, H. Hashemi, and B. Vahdani, “A Novel Two-Phase Group Decision Making Approach For Construction Project Selection In A Fuzzy Environment,” Applied Mathematical Modelling, vol. 36, pp. 4197-4217, 2012.
- [56] P. Aragonés-Beltrán, F. Chaparro-González and J.-P. Pastor-Fernando, “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, vol. 66, pp. 222-238, 2014.
- [57] T. Bar and S. Gordon, “Optimal Project Selection Mechanisms,” American Economic Journal: Microeconomics, vol. 6 (3), pp. 227-255, 2014.
- [58] B. Karaman and H. Çerçioğlu, “0-1 Hedef Programlama Destekli Bütünleşik AHP- VIKOR Yöntemi: Hastane Yatırımı Projeleri Seçimi,” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol. 30 (4), pp. 567-576, 2015.
- [59] P. Pangsri, “Application Of The Multi Criteria Decision Making Methods For Project Selection,” Universal Journal Of Management, vol. 3 (1), pp. 15-20, 2015.
- [60] K. Salehi, “A Hybrid Fuzzy MCDM Approach For Project Selection Problem,” Decision Science Letters, vol. 4, pp. 109-116, 2015.
- [61] M. Hanine, O. Boukhoum, A. Tikniouine and T. Agouti, “Application Of An Integrated Multi-Criteria Decision Making AHP-TOPSIS Methodology For ETL Software Selection,” Springer Plus, vol. 5 (1), pp. 263, 2016.
- [62] R.-E. Hodgett, “Comparison Of Multi-Criteria Decision-Making Methods For Equipment Selection,” The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, vol. 85, pp. 1145-1157, 2016.
- [63] Ş. Gür, M. Hamurcu and T. Eren, “Ankara’da monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemleri ile seçimi,” Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol. 23 (4), pp. 437-443, 2017.
- [64] S. Sadi-Nezhad, “A state-of-art survey on project selection using MCDM techniques,” Journal of Project Management, vol. 2 (1), pp. 1-10, 2017.
- [65] M. Hamurcu, Ş. Gür, E.-H. Özder and T. Eren, “A multicriteria decision making for monorail projects with analytic network process and 0-1 goal programming,” International Journal Of Advances In Electronics And Computer Science, vol. 3 (7), pp. 8-12, 2016.
- [66] Ş. Gür, M. Hamurcu and T. Eren, “Using analytic network process and goal programming methods for project selection in the public institution,” Les Cahiers Du Mecas, vol. 12 (2), pp. 36-51, 2016.
- [67] O. Liu, J. Wang, J. Ma and Y., “An intelligent decision support approach for reviewer assignment in R&D project selection,” Computers in Industry, vol. 76, pp. 1-10, 2016.
- [68] E. Çevik and Y. Gökşen, “Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde AHP-VIKOR entegrasyonu ile bir KDS önerisi,” Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi, vol. 7 (2), pp. 219-235, 2016.
- [69] S. Chang, Y. Li and F. Gao, “The impact of delaying an investment decision on R&D projects in real option game,” Chaos, Solitons and Fractals, vol. 87, pp. 182-189, 2016.
- [70] M.-E. Baysal, İ. Kaya, C. Kahraman, A. Sarucan and O. Engin, “A two phased fuzzy methodology for selection among municipal projects,” Technological and Economic Development of Economy, vol. 21 (3), pp. 405-422, 2015.
- [71] B. Öztaysi, “A group decision making approach using interval type-2 fuzzy AHP for enterprise information systems project selection,” Multiple-Valued Logic and Soft Computing, vol. 24 (5-6), pp. 475-500, 2015.

- [72] C. Karavega, N. Thawesaengskulthai and A. Chandrachai, "A combined technique using SEM and TOPSIS for the commercialization capability of R & D project evaluation," *Decision Science Letters*, vol. 4 (3), pp. 379-396, 2015.
- [73] P. Adhikary, P.K. Roy and A. Mazumdar, "Optimal renewable energy project selection: A multi-criteria optimization technique approach," *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 11 (5), pp. 3319-3329, 2015.
- [74] B. Uçakcioğlu, "Hava Savunma Sanayisinde Yatırım Projeleri Seçiminin Çok Ölçütlü Karar Verme Ve Hedef Programlama İle Yapılması," *Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2017.