



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



# İş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan risk analizi tekniklerinin değerlendirilmesi için bir rehber önerisi

*A guide proposal for the evaluation of risk analysis techniques used in occupational health and safety*

Yazar(lar) (Author(s)): Aylin ADEM<sup>1</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0003-4820-6684

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Adem, A., “İş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan risk analizi tekniklerinin değerlendirilmesi için bir rehber önerisi”, *Politeknik Dergisi*, 25(3): 1319-1328, (2022).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.1114897

# İş Sağlığı ve Güvenliğinde Kullanılan Risk Analizi Tekniklerinin Değerlendirilmesi İçin Bir Rehber Önerisi

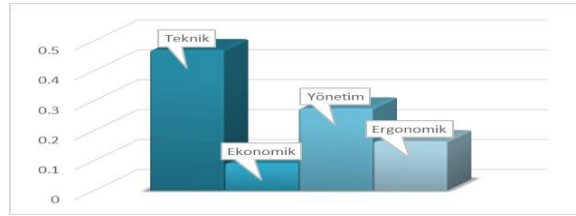
## A Guide Proposal for the Evaluation of Risk Analysis Techniques Used in Occupational Health and Safety

### Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Risk değerlendirme önemli bir İSG fonksiyonudur. Risk assessment is an important OHS function.
- ❖ AHP tekniği ile risk analizi tekniklerinin seçim kriterleri önceliklendirilmiştir. The selection criteria of risk analysis techniques with the AHP technique were prioritized.
- ❖ En önemli kriter grubu teknik kriterler, en önemli alt kriter ise değerlendirme skalasının hassaslığı olarak belirlenmiştir. The most important criterion group was determined as technical criteria, and the most important sub-criteria was the sensitivity of the evaluation scale.

### Grafik Özet (Graphical Abstract)

Bu çalışmada bir işletmede risk değerlendirme uygulamaları sırasında kullanılacak risk analizi tekniğinin taşıması gereken özelliklerin görece önem derecelerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. In this paper, a study was conducted to determine the relative importance of the features that the risk analysis technique to be used during risk assessment



Şekil. Hesaplanan ana kriter ağırlıkları / Figure. Calculated main criteria weights

### Amaç (Aim)

Bu çalışmanın amacı İSG çalışmalarında kullanılan risk analizi tekniklerinin değerlendirilmesi için bir öneri yapmaktır. / The aim of this study is to make a proposal for the evaluation of risk analysis techniques used in OHS studies.

### Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Belirlenen kriterlerin önceliklendirilmesi için Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır. / The Analytical Hierarchy Process was used to prioritize the determined criteria.

### Özgünlük (Originality)

Risk analizi tekniklerinin değerlendirmesinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesine yönelik bir çalışmanın yürütülmesi bu çalışmanın özgün yönüdür. / Carrying out a study to determine and prioritize the criteria that can be used in the evaluation of risk analysis techniques is the original aspect of this study.

### Bulgular (Findings)

Yapılan uygulama sonucunda en önemli ana kriter ve alt kriter sırası ile teknik kriter, ve değerlendirme skalasının hassaslığı olarak belirlenmiştir. / As a result, the most important main criterion and sub-criterion were determined as the technical criterion, and the sensitivity of the evaluation scale, respectively.

### Sonuç (Conclusion)

Bu çalışmada risk analizi teknik seçimini gerçekleştirmek zorunda olan işletmeler, bu seçimi etkileyecek kriterler ve kriterlerin önem ağırlıkları belirlenerek kapsamlı bir rehber önerisi yapılmıştır. / In this paper, a comprehensive guide proposal was conducted for companies that need to select appropriate risk analysis techniques by determining the selection criteria and their relative weights

### Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

# İş Sağlığı ve Güvenliğinde Kullanılan Risk Analizi Tekniklerinin Değerlendirilmesi İçin Bir Rehber Önerisi

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Aylin ADEM\***

Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 10.05.2022 ; Kabul/Accepted : 06.07.2022 ; Erken Görünüm/Early View : 06.09.2022)

## ÖZ

Üretim ortamlarında İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) uygulamalarının başarılı bir şekilde yürütülmesi uygun risk değerlendirme tekniğinin başarılı bir şekilde uygulanması ile doğrudan ilişkilidir. Risk değerlendirme tekniklerinin her birinin kendine has özellikleri nedeni ile hesaplanan risk skorları farklılık gösterebilmektedir. Dahası tekniklerin uygulanmasında gereken İSG bilgi-birikim seviyesi, metotların uygulanmasındaki teknik detaylar, tekniklerin takım çalışması gerektirip-gerektirmediği, ilgili yöntemin ön hazırlık süreçlerini içerip içermediği gibi yöntem özelinde farklı yanıtların verilebileceği çeşitli durumlar bulunmaktadır. Risk değerlendirme çalışmalarının sonuçları doğrudan doğruya insan hayatı ile ilgili alınacak önlemlerle ilişkili olduğu için, risk değerlendirme çalışmalarında uygulanacak risk analizi tekniğinin hangi kriterlere göre seçileceği de önemli bir karar problemi haline gelmektedir. Öte yandan, işletmeler genelinde yapılan her türlü çalışmanın bir maliyete katlanmayı gerektirdiği göz önüne alınırsa, yöntem seçimi ekonomik gerekçeler ile de önemli bir karar olmaktadır. Bu açıklamalar ışığında bu çalışmada bir işletmede risk değerlendirme uygulamaları sırasında kullanılacak risk analizi tekniğinin taşınması gereken özelliklerin görece önem derecelerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Göreceli önem ağırlıkları hesaplanırken en sık kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda en önemli ana kriter ve alt kriter sırası ile *teknik kriter*, ve *değerlendirme skalasının hassaslığı* olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Risk analizi, risk değerlendirme, AHP, iş sağlığı ve güvenliği.

## A Guide Proposal for the Evaluation of Risk Analysis Techniques Used in Occupational Health and Safety

### ABSTRACT

The successful implementation of Occupational Health and Safety (OHS) practices in production environments is directly related to utilizing the appropriate risk assessment technique. The calculated risk scores may differ due to the unique characteristics of each of the risk assessment techniques. Moreover, there are various situations where different answers can be given, such as the level of OHS knowledge required in the application of the techniques, the technical details, whether the techniques require teamwork, whether the technique includes preliminary preparation processes. Since the results of risk assessment are directly related to the measures to be taken regarding human life, it becomes an important decision problem according to which criteria should be considered in selection of the risk analysis technique. On the other hand, considering that all kinds of work carried out in enterprises require bearing a cost, the selection of the method is also an important decision for economic reasons. In the light of these explanations, in this paper, a study was conducted to determine the relative importance of the selection criteria of the risk analysis technique. Analytical Hierarchy Process, one of the most frequently used multi-criteria decision-making techniques, was utilized while calculating the relative importance weights of the criteria. As a result, the most important main criterion and sub criterion were determined as the *technical criterion*, and the *sensitivity of the evaluation scale*, respectively.

**Keywords:** Risk analysis, risk assessment, AHP, occupational health and safety.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarında önemli bir yer tutan risk değerlendirme çalışmaları kapsamlı ve sistematik bir yol izlenerek gerçekleştirilir [1].

Başarılı bir risk değerlendirme çalışması, işletmenin barındırdığı İSG risklerinin tanınması ve risk kontrolüne yönelik uygulamaların da başarılı olmasına katkı sağlayabilir. Özellikle son yıllarda, yaşanan iş kazalarına yönelik farkındalığın artması ile işletmelerin İSG

kavramı üzerinde daha fazla eğildiği söylenebilir [2]. Dahası Endüstri 4.0 kavramının da etkisi ile akıllı makinelerin geliştirilmesi, bu makineler ve robotlarla üretim ortamında ihtiyaç duyulan fiziksel kas gücünün karşılanması durumu da İSG kavramına farklı bir boyut kazandırmış ve geleneksel üretim teknikleri sırasında karşılaşılan risk parametrelerinden farklı olarak yeni risk parametrelerinin ortaya çıkabileceği öngörülmüştür [3]. Tüm bu durumlar İSG ve risk değerlendirme çalışmalarının önemini artırmaktadır. İş yerinde çalışanı sağlıklı kılmak ve güvende hissetmesini sağlamak için işyerindeki risk parametrelerin titizlikle belirlenmesi

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : aylinadem@gazi.edu.tr

gerekir [4]. Elbette ki bir iş yerinde İSG açısından değerlendirilmesi gereken çok farklı risk parametreleri bulunmaktadır [5]. Burada önemli bir ayrıntı, işletmenin kendi iç dinamiklerini tanıması ve bir güvenlik kültürü oluşturmak için risk değerlendirme çalışmalarını sistematik ve titiz bir şekilde yürütmesi olarak ifade edilebilir.

Risk değerlendirme çalışmalarında tehlikelerin belirlenmesi, tehlikelere bağlı olarak gelişen risklerin belirlenmesi, risklerin analiz edilmesi (risklerin önceliklendirilmesi, önlemlerin planlaması), önlemlerin uygulanması ve kontrol aşamaları sistematik olarak uygulanır [6].

Bu aşamalarda, özellikle, risklerin sayısal büyüklük olarak tanımlandığı, risklerin analiz edilmesi aşamasında kullanılabilecek birden çok teknik vardır [7-10].

Örnek olarak, X Tipi Matris, Hata Türleri ve Etkileri Analizi, Fine-Kinney Tekniği, Tehlike Derecelendirme Tekniği, Papyon Modeli ya da Ridley Tekniği verilebilir [11-15]. Bu tekniklerin her birinin kendine has özellikleri vardır. L tipi matris özellikle gerektirdiği İSG bilgi seviyesi ile diğer tekniklerden ayrılırken, riskin sayısal değerini belirleme aşamasında riske ait olasılık ve şiddet değişkenlerini kullanır [16, 17]. Öte yandan Fine-Kinney tekniği risk skorunu hesaplarken, olasılık, şiddet ve frekans değişkenlerini göz önüne alır ve risk değerlerini 5 seviyeye göre belirler [18]. Farklı bir teknik olarak X tipi matris ise, riski sayısal bir değer olarak ifade ederken; etkileyecek personel sayısı, geçmiş kaza istatistikleri gibi farklı değişkenlerin yanı sıra, olasılık ve şiddet değişkenlerini de dikkate almakta ve tecrübeli bir takım liderine ihtiyaç duymaktadır [19]. Hata türü ve etkileri analizi ise, risklere sayısal değer atarken, olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik değişkenlerini kullanır [16, 20].

Bu farklılıklara verilebilecek örnek durumlar değişik metodlar özelinde çeşitlendirilebilir. Risklere sayısal bir değer atayarak risklerin önceliklendirilmesi, risk analizi çalışmaları için elzem bir süreç olduğu için ilgili tekniklerden en az bir tanesinin kullanılmasını gerektirir. Elde edilen risk analizi sonuçlarına göre üretim ortamında doğrudan önlemlerin alınması ya da önlemlerin ne zaman alınması gerektiğine dair birtakım bilgiler elde edilebilir. Benzer özellikleri taşıyan risklerin farklı tekniklerde farklı sayısal büyüklüklerle anılması ve buna göre alınacak önlemlerin de değişkenlik göstermesi durumu söz konusu olabilir. Daha açık ifade edilirse, benzer karakterdeki risklerin bir yönetime göre çok acil bir biçimde çözülmesi gerekirken, bir diğer yönetime göre çözülmesi için farklı bir yol izlenebilir. Bu durum, doğrudan doğruya insan hayatı ile ilgili olduğu için, hangi risk analizi tekniğinin seçildiği, sürecin başarısı açısından önem arz eder.

Bir başka açıdan ise, risk değerlendirme çalışmaları belli bir süre alan, gerek iç kaynak gerekse de dış kaynak kullanılarak yapılan ve belli bir miktar bütçe ayrılması gereken çalışmalardır. Bu nedenle ekonomik gerekçeler de risk değerlendirme çalışmasında seçilecek risk analizi yönteminin önemini artırmaktadır.

Literatürde farklı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımları kullanılarak da bilinen risk analizi tekniklerin genişletildiği ya da yeni tekniklerin önerildiği bilinmektedir [8, 9, 11-13, 21]. Dahası bulanık mantık ya da yapay sinir ağlarının kullanımı gibi çok farklı yaklaşımlarla geleneksel tekniklerin geliştirilmesi ve kullanıma sunulmasında atılımlar yapılmıştır [3, 4, 22-26]. Literatüre katkı noktasında, yeni tekniklerin geliştirilmesi ya da bilinen tekniklerin genişletilmesi oldukça olumlu bir durumdur. Bunun yanı sıra reel yaşamda bu tekniklerden birini uygulayarak, risk değerlendirme sürecini işletmek zorunda olan işletmeler için ortaya atılan bu tekniklerin her biri yeni bir alternatif değerini taşımaktadır. Literatürün birikimli artışı ile geliştirilen bu yeni tekniklerin ve geleneksel tekniklerin arasından seçim yapabilmek için bir takım kriterlerin dikkate alınması faydacı bir yaklaşım olacaktır.

Buradan hareketle, bu makale kapsamında bir risk analizi çalışmasında, uygun tekniğin belirlenmesi sırasında dikkate alınması gereken kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin görelî ağırlıklarının hesaplanmasına yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma sonuçlarının özellikle, Küçük ve Orta Büyüklükteki (KOBİ) işletmeler için önem arz edeceği öngörülmekle birlikte, literatürde böyle bir değerlendirmenin daha önce ele alınmaması, bu çalışmanın özgün yönünü de ortaya koymaktadır. Belirlenen kriterlerin görelî önem ağırlıklarının hesaplanması sırasında, ikili karşılaştırma mantığını temel alan, ÇKKV tekniklerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği kullanılmıştır. Sürece birden fazla uzmanın katılımını sağlamak için ise, grup karar verme yaklaşımı benimsenmiştir.

Bu çalışmanın devamı izleyen şekilde yapılandırılmıştır: İkinci bölümde, çalışmada kullanılan yöntem açıklanmıştır. Üçüncü bölümde risk analizi tekniğinin seçimine etki edecek kriterler belirlenmiş ve ilgili kriterlerin açıklamaları verilmiştir. Yine aynı bölümde, grup karar verme tekniği ile belirlenen kriterlerin görelî önem ağırlıkları hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Dördüncü ve son bölümde ise çalışmaya ait genel bir değerlendirme yapılarak elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Bu çalışmada, risk değerlendirme sürecinin risk analizi aşamasında kullanılacak yöntemlerin seçimine etki edebilecek kriterlerin önem derecesini veya ağırlıklarını elde etmek için Saaty tarafından karmaşık çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği [27] kullanılmıştır. AHP tekniğinin bu çalışmada kullanılan versiyonu 1-9 ölçeği ile geliştirilen geleneksel versiyondur. AHP tekniğinin mantığı lineer cebire dayanmaktadır ve AHP tekniği karar verme probleminin elemanları arasında ikili karşılaştırmalar yaparak bir sonuç elde etmeye çalışır [28]. AHP tekniğinde, ele alınan karar verme problemi, hiyerarşik bir yapıda

tanımlanmaktadır ve kriterlerin birbirleri üzerinde etkisi olmadığı varsayılmaktadır [29]. Bu tekniğin üstün yönü, bir karar verme problemindeki hem nicel hem de nitel kriterlerin ağırlıklarını hesaplayabilmesi ile açıklanabilir [30].

AHP tekniğinin temel adımları şu şekildedir [31]:

- Karar verme probleminin ve karar hiyerarşisinin tanımlanması,
- İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve bunların tutarlılık oranlarının hesaplanması,
- Önceliklerin/ağırlıkların hesaplanması.

AHP tekniğinin temel adımlarının hesaplama basamakları ise izleyen şekilde özetlenmiştir [27, 30, 32]. İlk adımda, karar problemi ayrıntılı olarak tanımlanır ve karar probleminin sınırları kesin bir biçimde çizilir. Karar probleminin amacı, alternatifleri, kararı etkileyecek kriterler ve varsa alt kriterleri belirlenir.

İkinci adımda ise, ikili karşılaştırma matrisleri yapılandırılır. Temel bir ikili karşılaştırma matrisi Eş. (1) ile gösterilmiştir. Öncelikle kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Karar probleminde alternatifler söz konusu ise, alternatifler için her bir kriter temelinde ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu matrislerdeki  $a_{ij}$  değerlerinin belirlenmesinde Çizelge 1 ile verilen karşılaştırma ölçeği kullanılır.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

**Çizelge 1.** Önem skalası (Importance Scale) [30]

Önem derecesi	Tanım
1	Eşit önem
3	Orta derecede önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Kesin önemli
2,4,6,8	Ara değerler

A matrisinin köşegenindeki değerler 1'e eşittir ( $i=j$ ). İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken üst üçgensel bölgede ikili karşılaştırmalar yapılır. Alt üçgensel bölgedeki elemanların değerlerini belirlemek için ise Eş. (2) kullanılır:

$$a_{ji} = 1 / a_{ij} \quad (2)$$

Üçüncü adımda, oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerine dayalı olarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanır. Bu hesaplama, ikili karşılaştırma matrisinin sütun toplamının alınması, ikili karşılaştırma matrisinin her bir ögesinin karşılık gelen sütun toplamına bölünmesi

ile normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisinin elde edilmesi ve normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisinin satır ortalamalarının alınması ile ilgili satıra karşılık gelen kriterin öncelik/ağırlığının elde edilmesi ile gerçekleştirilir. Bu işlemlerin matematiksel ifadesi izleyen eşitlikler ile gösterilmiştir:

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3)$$

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

C matrisi, normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisini temsil etmektedir. Bu matrisin satır ortalaması ile faktör ağırlıklarını içeren W vektörü elde edilir (Eş. (5) ve Eş. (6)).

$$w = \begin{pmatrix} w_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (6)$$

AHP yöntemi için ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olup olmadığının belirlenmesi önemli bir adımdır. Herhangi bir ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranını hesaplamak için Eş.(7) ile gösterilen ağırlıklı toplam vektörü hesaplanır.

$$D = \begin{pmatrix} w_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_n \end{pmatrix} \quad (7)$$

Ardından ağırlıklı toplamlar vektörü hesaplanan ağırlık / önceliklere bölünür (Eş. (8) ve Eş. (9)):

$$E = \begin{pmatrix} e_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ e_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$e_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (9)$$

Ardından, Eş. (10) kullanılarak  $\lambda_{max}$  hesaplanır:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (10)$$

Tutarlılık indeksi (CI) Eş. (11) yardımı ile bulunur:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (11)$$

Tutarlılık hesaplamalarındaki son adım ise tutarlılık oranının belirlenmesidir. Bu oran Eş. (12) ile hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (12)$$

Eş. (12)'deki RI ifadesi standart bir değeri ifade etmektedir ve ilgili matristeki faktör sayısına göre RI'nın alabileceği değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir [33].

**Çizelge 2.** Rastgele dizin (Random Index) (RI)

E.S	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.48

Hesaplanan CR değeri 0.1'den küçükse, üzerinde çalışılan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu kabul edilir. Aksi takdirde karar matrisleri yeniden düzenlenmeli ve tüm işlemler tekrar edilmelidir [32].

AHP tekniği, ÇKKV teknikleri arasında, literatürde neredeyse en iyi bilinen tekniklerden biridir. Geliştirildiği günden bugüne kadar çok çeşitli alanlarda, çok çeşitli problemlerin doğrudan çözümünde ya da çözümüne yardımcı olacak biçimde kullanılmıştır ve kullanılmaya da devam edilmektedir. Elbette çok geniş bir literatüre sahip olan bu tekniğe ilişkin özet bir literatür taraması aşağıdaki çizelgede sunulmuştur.

**Çizelge 3.** AHP tekniği özet literatür araştırması (Summary of the AHP literature)

Yazar	Uygulama Alanı	Yöntem
Kosova vd. [34]	Kentsel esneklik değerlendirme	AHP
Tonoğlu vd. [35]	Boğazdan geçen gemilerin yaşayacağı risklerin analizi	AHP
Abuzahid ve Jain [36]	Su kalitesi tahmini	AHP
Sadabadi vd. [37]	İnovasyon sistemi performans analizi	AHP
Adar vd. [38]	Atık su yönetimi süreçlerinin analizi	AHP
AlShamsi vd. [39]	Havalimanı toplam kalite yönetimi başarı faktörlerinin analizi	AHP
Sureshchandar [40]	Kalite 4.0 etkenlerinin analizi	AHP
Lin vd. [41]	Hizmet kalitesi başarı faktörlerinin analizi	AHP
Nazim vd. [42]	Yazılım gereksinimleri seçimi	Bulanık AHP
Lv vd. [43]	Blok zinciri yerleştirme analizi	Bulanık AHP
Mathew vd. [44]	Bakım stratejileri seçimi	Bulanık AHP
Yadav vd. [45]	Ev tipi biyogaz tesisi önündeki engellerin analizi	AHP
Ortiz-Barrios vd. [46]	Yaşlanan işgücünün İSG performansı ve üretkenlik analizi	Bulanık AHP
Pathan vd. [47]	Sel riski değerlendirme	AHP
Yu vd. [48]	Sürdürülebilir tedarik zincirinde nesnelere internetinin engellerinin analizi	Bulanık AHP
Azmi vd. [49]	Yeşil enerji yatırımı	Bulanık AHP
Verma vd. [50]	Dijital üretim engellerin analizi	AHP
Raheja vd. [51]	Şehirlerin kirlilik seviyelerinin analizi	AHP
Adem vd. [52]	Bayiilerin değerlendirilmesi	Bulanık AHP

### 3. UYGULAMA VE SONUÇLAR (APPLICATION AND RESULTS)

Çalışmanın bu aşamasında, öncelikle risk analizi tekniklerinin değerlendirilmesinde kullanılacak, faktörlerin belirlenmesine yönelik bir araştırma yapılmış, ikinci aşamada ise belirlenen faktörlerin görece önem ağırlıklarının belirlenmesine yönelik işlemler bir önceki bölümde hesaplama ayrıntıları verilen AHP tekniği ile gerçekleştirilmiştir.

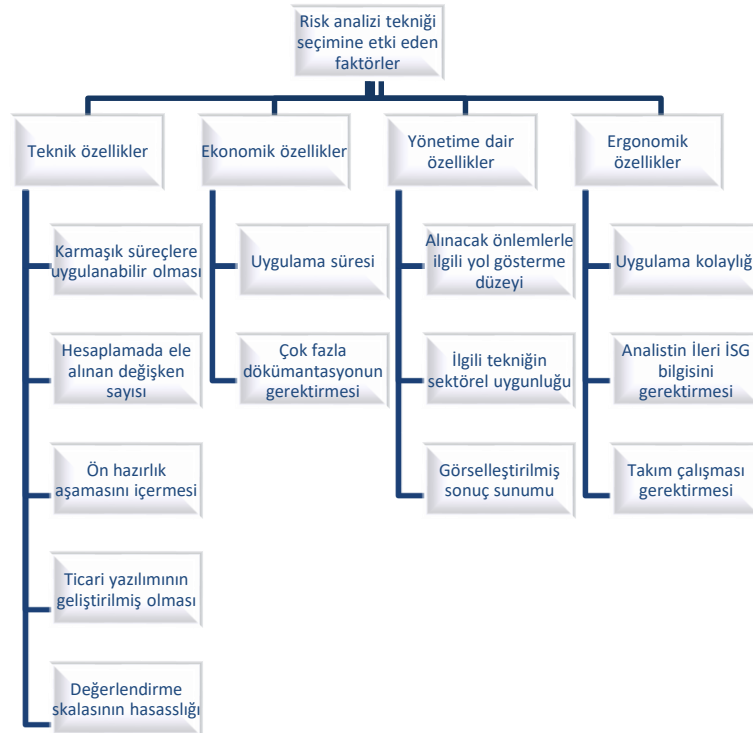
Şekil 1’de risk analizi tekniklerinin seçimine etki eden faktörlerin hiyerarşik bir gösterimi verilmiştir. Bu faktörlerin belirlenmesi sırasında literatür araştırması kullanılmıştır. Temelde 4 ana faktör ve 13 alt faktör tanımlaması ile risk analizi tekniğinin seçimine etki edebilecek faktörler belirlenmiştir. Her bir metod için ilgili metodun barındırdığı teknik özelliklerin belirgin farklılıklar göstermesi, risklere sayısal değer atandıktan sonra onları değerlendirme ve alınacak önlemleri kategorize etme biçiminin farklılıklar içermesi, bazı yöntemlerin kolay bazılarının zor uygulama basamakları içermesi gibi sebepler risk analizi tekniğinin seçimini bir karar problemi haline dönüştürmektedir.

Şekil 1’de de gösterildiği üzere, temel faktörler; ilgili yöntemlerin teknik özellikleri, ekonomik özellikleri, yönetime dair özellikler ve ergonomik özellikler olarak gruplandırılmıştır.

Teknik faktörler kriter grubu ile kast edilen doğrudan doğruya ilgili risk skorlama tekniğinin, risklere sayısal değer ataması yapılırken gerçekleştirilen hesaplama adımlarına yönelik olan teknik özellikleri kapsamaktadır. Daha ayrıntılı olarak ifade etmek gerekirse, bu kriter grubundaki alt kriterlerden biri risklere sayısal değer ataması yapılırken riske ait sadece olasılık ve şiddet değerlerinin mi dikkate alındığı, yoksa risk gerçekleştiğinde meydana gelecek maksimum potansiyel kayıp gibi riske ait daha farklı değişkenlerin de göz önüne alınabildiği gibi doğrudan teknik detayları kapsamaktadır. Ek olarak, ilgili risk skorlama tekniğinin, hesaplama gücünden bağımsız olarak, karmaşık üretim

süreçlerini analiz edebilme yeteneği olması da yine bir teknik faktör olarak ele alınmıştır. Yine dikkate değer bir kriter olarak, risklere sayısal değer ataması yapıldıktan sonra, bu değer ne anlama geldiği (kabul edilebilir risk, düşük risk, yüksek risk, kabul edilemez risk vb.) durumuna işaret eden, değerlendirme skalasının hassaslığı da doğrudan yöntemin teknik bir özelliği olarak listelenmiştir. Başka bir açıdan ise teknolojik ilerlemeler ile, risk değerlendirme çalışmalarında birçok sürecin dijital ortama aktarılması durumu söz konusu olmuştur. Özellikle, risk değerlendirme tekniklerinin yazılımlarının geliştirilmiş olması, yöneticilerin risk değerlendirme çalışmasının sürecini ve sonuçlarını çok daha kolay bir şekilde kavramasına yardımcı olabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle tekniğe ilişkin bir ticari yazılımın geliştirilmiş olması, teknik bir kriter olarak değerlendirilmiştir.

Bir risk analizi süreci, sadece risklerin analiz edildiği ve önlemlerin planlandığı teknik bir süreç olmayıp, bu süreçte, ekonomik, insani ve yönetime dair de birtakım kriterlerin devrede olması, risk değerlendirme sürecinin nihai amacına ulaşması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, belirlenen kriterler içinde ekonomik, insani ve yönetim ile ilgili olan temel ve bu temel kriterlerin alt kriterleri de bulunmaktadır. Özellikle yöntemin uygulama süresi, gerektirdiği dokümantasyon seviyesi gibi ekonomik kriterler sürece dahil edilmiştir. Öte yandan ilgili risk analizi tekniğinin sektörel farklılık göstermeksizin bir çok işletmede uygulanabilir olması, değerlendirme skalasının hassaslığından bağımsız



Şekil 1. Risk analizi tekniği seçimine etki eden faktörlerin hiyerarşik gösterimi (Hierarchical representation of factors affecting the selection of a risk analysis technique)

olarak, alınması gereken önlemlerle ilgili yol gösterme düzeyi, yani “hemen önlem alınması gerekir”/“üç gün içinde önlem alınması gerekir”, ya da “iş hemen durdurulmalıdır” / “eylem planına dahil edilmeli” / “dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına dahil edilmeli” gibi alternatifler yöneticilere risklerle ilgili alacakları kararlar ile ilgili olarak yardımcı olabileceği için, ilgili risk analizi tekniğinin seçimi sırasında dikkate alınması gereken kriterler olarak listelenmiştir. Bir başka açıdan ise, risk analizi tekniğinin uygulanması ve hesaplanmasının çok yüksek seviyede iş yükü gerektirmesi, temel İSG bilgileri ile de uygulanabilir olması, takım çalışması ve takım etkileşimi gerektirmesi gibi ergonomik/ insani birtakım özellikler de ilgili tekniğin seçiminde göz önüne alınması gereken kriterler olarak listelenmiştir.

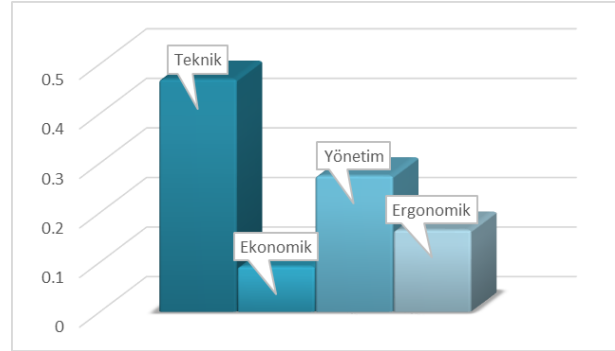
Risk analizi tekniğinin seçimine etki eden kriterler ve bu kriterlere ait alt kriterlerinin belirlenmesinden sonra, kriterlerin ve alt kriterlerin göreceli ağırlıklarının belirlenmesi aşamasına geçilmiştir.

**Çizelge 4.** Ana kriterlere ilişkin uzlaşık değerlendirme matrisi (Consensus evaluation matrix of main criteria)

Ana Kriterler	C1	C2	C3	C4
C1	1	5	2	3
C2		1	0.5	0.33
C3			1	3
C4				1

Çizelge 4’de ana kriterlere ilişkin, uzmanların üzerinde uzlaştığı değerlendirme matrisi verilmiştir. Bu uzlaşık

matris için 3 kişilik uzman ekibinin görüşlerine başvurulmuştur. Yapılan tutarlılık hesaplamasında, uzlaşık karar matrisinin tutarlı olduğu belirlenmiştir. Eş. (2) –Eş. (12) arasındaki eşitlikler sırasıyla uygulanarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır ve elde edilen kriter ağırlıklarının görselleştirilmiş sonucu Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Hesaplanan Ana Kriter Ağırlıkları (Calculated Main Criteria Weights)

Şekil 2’ye göre, en önemli kriterin, teknik kriterler olduğu, bu kriter grubunu sırası ile yönetim ile ilgili kriterler, ergonomik /insani kriterler ve son olarak da ekonomik kriterlerin izlediği görülmektedir.

Çizelge 5’te alt kriterler için yapılan hesaplamaların sonuçları verilmiştir. Yine aynı çizelgede, kriterlerin genel ağırlığı ve alt kriterlerin yerel ağırlıklarının çarpılması sonucunda elde edilen, alt kriterlerin genel ağırlıkları da verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, alt kriterlerin yerel ağırlıkları açısından yorumlandığında; teknik kriterler grubun

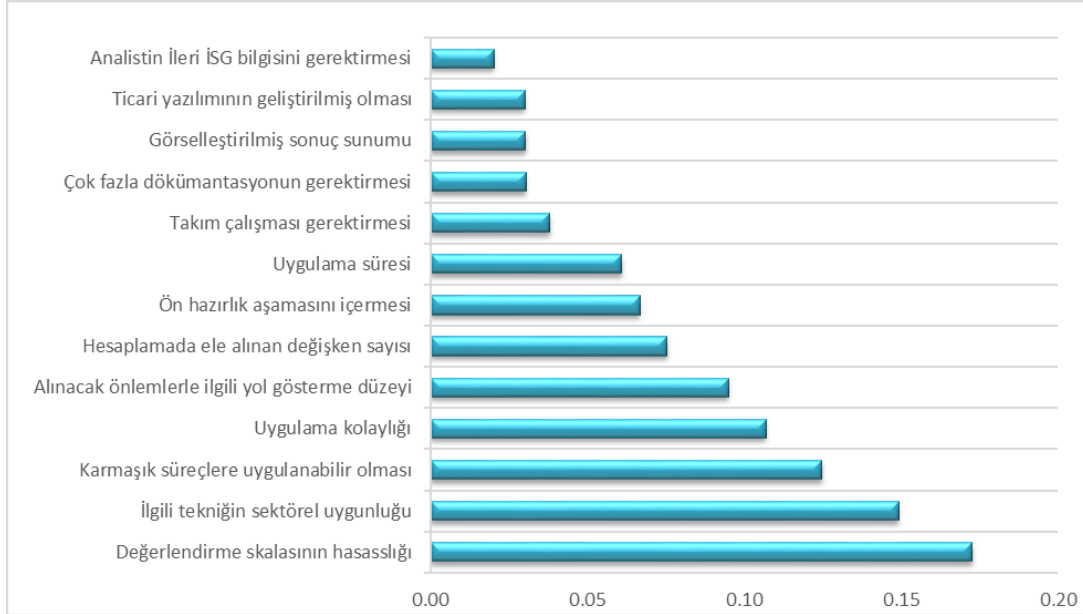
**Çizelge 5.** Alt kriterlerin yerel ve genel ağırlıkları (Local and global weights of sub-criteria)

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Yerel Ağırlıklar	Global Ağırlıklar
Teknik özellikler	<b>0.47</b>		
	Karmaşık süreçlere uygulanabilir olması	0.27	0.12
	Hesaplama ele alınan değişken sayısı	0.16	0.08
	Ön hazırlık aşamasını içermesi	0.14	0.07
	Ticari yazılımın geliştirilmiş olması	0.06	0.03
Ekonomik özellikler	<b>0.09</b>		
	Uygulama süresi	0.67	0.06
Çok fazla dokümantasyon gerektirmesi		0.33	0.03
	Yönetim özellikleri	<b>0.27</b>	
Alınacak önlemlerle ilgili yol gösterme düzeyi		0.35	0.09
İlgili tekniğin sektörel uygunluğu		0.54	0.15
Görselleştirilmiş sonuç sunumu		0.11	0.03
	Ergonomik özellikler	<b>0.16</b>	
Uygulama kolaylığı		0.65	0.11
Analistin ileri İSG bilgisini gerektirmesi		0.12	0.02
Takım çalışması gerektirmesi	0.23	0.04	



içindeki en kritik alt kriterin ilgili risk skorlama tekniğinin değerlendirme skalasının hassaslığı olarak belirlendiği görülmektedir. Ekonomik özellikler kriter grubunda, uygulama süresi; yönetime dair özellikler kriter grubu içinde ilgili risk skorlama tekniğinin sektörel

birtakım değişiklikler (üretimin durdurulması vb.) veya düzenlemelerin (yeni bir malzeme taşıma sisteminin devreye alınması vb.) yapıldığı bilinmektedir. Bu özelliği ile risk değerlendirme çalışmaları kritik öneme sahip çalışmalardır. Üretim ortamlarında çalışanların



Şekil 3. Alt kriterlerin global ağırlıkları (Global weights of sub-criteria)

uygunluğu ve son olarak da ergonomik özellikleri kriter grubu içinde ilgili risk analizi tekniğinin uygulama basamaklarının kolay olmasının en kritik alt kriterler olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3, tüm alt kriterlerin global ağırlıklarını artan sırada göstermektedir. Tüm alt kriterler içinde, ilgili risk analizi tekniğinin, değerlendirme skalasının hassaslığı en kritik alt kriter olarak belirlenmiştir. İlgili risk analizi tekniğinin sektörel uygunluğunun ise ikinci sırada geldiği görülmektedir. Hemen arkasından risk analizi tekniğinin karmaşık süreçlere uygulanabilir olması ve uygulama kolaylığı alt kriterleri sıralanmıştır. En az önemli kriterlerin ise, ilgili risk analizi tekniğinin uygulanma aşamasında analistin ileri İSG bilgisini gerektirmesi, ticari yazılımının geliştirilmiş olması ve görselleştirilmiş sonuç sunması gibi kriterlerin olduğu görülmektedir.

#### 4. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Risk değerlendirme çalışmaları gerek yasal zorunluluklar gerek insani gerekçeler gerekse de ekonomik gerekçeler nedeni ile işletmelerde periyodik olarak yürütülmesi gereken önemli bir süreçtir. Bu işlemi periyodik olarak gerçekleştirilmesi gereken bir prosedürden daha ileri bir noktaya taşıyarak iş yerinde çalışan sağlığı ve güvenliğini temin etmek ise tüm işletmeler için nihai bir hedef olmalıdır. Risk değerlendirme çalışmaları kapsamlı ve sistematik bir yol izleyerek yürütülen çalışmalardır. Bu çalışmalardan elde edilen bilgilerle doğrudan doğruya üretim veya çalışma ortamında köklü

kendilerini güvende hissedeceği uygulamaların yürütülmesi, iş verimi açısından da önem arz etmektedir [53].

Risk değerlendirme çalışmalarının bel kemiğinin ise risk analizi ya da daha spesifik olarak risklerin önceliklendirilmesi olduğu ifade edilebilir. Bu aşamada risk değerlendirmesi yapılacak üretim ya da çalışma ortamındaki tehlikelere bağlı olarak tanımlanan risklere sayısal değer atanması ve bu değerler temelinde riskler ile ilgili alınacak eylemlerin planlanmasına yönelik işlemler yürütülür. Bu kısımda, birden çok kriter açısından tatmin edici bir risk analizi tekniğinin belirlenmesi gerekmektedir. İlgili literatürde halihazırda birden çok risk analizi tekniği bulunmasının yanı sıra gün geçtikçe yeni tekniklerini geliştirildiği bilinmektedir. Dahası var olan tekniklerin dezavantajlı özelliklerinin ortadan kaldırılmasına yönelik yeni önerilerin yapıldığı da bilinmektedir. Bu durumda risk değerlendirme ekibi için çok fazla ve farklı özellik içeren risk analiz tekniği alternatiflerinin varlığı söz konusudur.

Bu süreçte uygun risk analizi tekniğinin seçimine etki eden ve birbiri ile çelişen birden çok kriter ve birden çok risk analizi tekniği alternatifi olması sebebiyle problem çok kriterli karar verme problemi olarak ifade edilebilir. Bu seçim probleminin birden çok alternatif

barındırmasının yanı sıra, elde edilecek sonuçların geçerliliği, harcanan çabaların işçi sağlığı ve güvenliği açısından nitelikli bir sonuç üretebilmesi açılarından da çözülmeye değer bir problem olması, çözüm sırasında birden fazla faktörün eş zamanlı olarak göz önüne

almanın gerekli olması bu problemi üzerinde çalışmaya değer bir problem kılmaktadır.

Bu noktadan hareketle, bu çalışmada risk değerlendirme çalışmalarında kullanılacak bir risk analizi tekniği seçimine etki edebilecek kriterlerin belirlenmesi ve belirlenen kriterlerin göreceli ağırlıklarının hesaplanmasını yönelik bir süreç işletilmiştir. İşletilen bu süreçte klasik çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP yöntemi, hesaplama etkinliği ve kullanım kolaylığı açısından tercih edilmiştir. Bu çalışmada temelde dört kriter ve 13 alt kriter belirlenmiştir. Üzerinde uzlaşılmış karar matrislerinden hareketle yapılan hesaplamalar neticesinde en kritik temel kriterin teknik kriterler; en kritik alt kriterin ise değerlendirme skalasındaki hassaslık olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların ilgili literatüre teorik ve pratik açıdan iki yönlü katkı sağlaması beklenmektedir. Teorik açıdan bir risk analizi tekniğinin seçimine etki eden kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin detaylarıyla ifade edilmesi; pratik açıdan ise risk değerlendirme çalışmalarını yürütmek zorunda olan işletmeler için, belirlenen kriterlerin göreceli ağırlıklarının hesaplanmasının yol gösterici özellikte bir rehber önerisi olma potansiyeline sahip olmasıdır.

Çalışma da geliştirilmeye açık birtakım yönler de bulunmaktadır. Bu yönlerden ilki; karar verme sürecinin belirsizlik içermediği varsayımı altında hesaplamaların yapılmış olmasıdır. Gelecek çalışmalarda karar verme sürecindeki belirsizliklerin de sürece dâhil edilebilmesi için bulanık mantık yaklaşımları ile uzatılmış AHP tekniğinin kullanımı söz konusu olabilir. Dahası AHP tekniğinin yanı sıra farklı ÇKKV teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Farklı bir açıdan ise bir vaka analizi çalışması ile işletmeler için sektörel bazda bir skorlama tekniğinin seçimi prosedürü gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada üç kişilik uzman ekibinin üzerinde uzlaştığı karar matrisler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştı. Gelecek çalışmalarda daha fazla uzmanın sürece katılımını sağlanabileceği gibi uzmanlardan değerlendirmelerin tek tek alınıp daha sonrasında birleştirilmesi gibi alternatif hesaplama seçenekleri de değerlendirilebilir. Son olarak, bu çalışma kapsamında ele alınan değerlendirme kriterleri arasında bir etkileşim olmadığı varsayılmıştır. Ancak, gelecek çalışmalar da elbette ki bu durum dikkate alınabilir. Önerilen kriter seti içinde etkileşim olup olmadığı The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) tekniği kullanılarak belirlenebilir ve etkileşimin varlığı durumunda Analitik Ağ Prosesi tekniği kullanılarak, kriterlerin öncelik değerleri hesaplanabilir.

#### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

#### YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

**Aylin ADEM:** Makaleyi hazırlamıştır.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Aker A. ve Tijen Ö.Ö., “Metal sektöründe 5x5 Matris ve Fine-Kinney yöntemi ile risk değerlendirmesi”, *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 4(1):65-75 (2020).
- [2] Gölcük İ., Durmaz E.D., ve Şahin R., “Bulanık FUCOM ve bulanık çizge teorisi-matris yaklaşımı ile iş güvenliği risklerinin önceliklendirilmesi.” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 38(1):57-70.
- [3] Adem A., Çakıt E., and Dağdeviren M., “Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0”. *SN Applied Sciences*. 2(5):1-6 (2020).
- [4] Adem A. and Dağdeviren M., “A Decision-Making Framework for Total Ergonomic Risk Score Computation in Companies”. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. 1-28 (2022).
- [5] Gülerer S. ve Sabır E.C., “Bir Konfeksiyon İşletmesinde Seçilmiş Ergonomik Risklerin İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Analizi ve Risk Değerlendirmesi”. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 37(1):237-248.
- [6] Kabakulak T., “Bir Tekstil İşletmesinde Risk Değerlendirme Uygulaması: 5x5 Matris ve HAZOP”. *Karaelmas İş Sağlığı Ve Güvenliği Dergisi*. 3(2):97-111 (2019).
- [7] Akkoyun Ö. ve Ekinci Ğ., “Farklı ISG-Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Bir Yeraltı Maden İşletmesinde Karşılaştırmalı Uygulanması Ve Yöntem Önerisi”, *Bilimsel Madencilik Dergisi*. 60(4):181-189 (2021).
- [8] Karakurt N.F., Hekimoğlu İ., ve Güneri A., “Best Worst Metodu İle İnşaat Sektöründe Risk Değerlendirmesine Yeni Bir Yaklaşım”. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 9(4):1141-1154 (2021).
- [9] Boyacı A.Ç., Solmaz M.B., ve Kabak M., “Kararsız bulanık dilsel terim setleri ile iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme süreci için model önerisi: Plastik sektöründe bir uygulama”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 36(2):1041-1054 (2021).
- [10] Atakol G.E., Kahriman A, Bağdatlı S., ve Furat B. “Yerüstü Patlatmada İş Güvenliği Risk Değerlendirme Yöntemi: Kirnati-Gürcistan Hidroelektrik Santrali Projesi Mühendislik Uygulamaları.” *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*. 3(2):113-127 (2019).
- [11] Özveri O. ve Kabak M., “Çok kriterli karar verme tekniklerinin hata modu ve etkileri analizinde kullanımı.” *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*. 4(2): (2016).
- [12] Şişman B., “Risk Evaluating By Fuzzy Ahp And Fuzzy Vikor Methods In Failure Mode And Effects Analysis For Automotive Sector”. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 9(18):234-250 (2017).

- [13] Erdal H., “İş Sağlığı ve Güvenliği İçin DEMATEL-ARAS Tabanlı Risk Değerlendirme Metodolojisi ve Bir Uygulama”. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 8(2):1831-1853 (2019).
- [14] Çabuk A., Atalay H., Erdem E, ve Aksöz Ş. “Papyon Modeli Risk Değerlendirme Metodu Kullanılarak Proaktif ve Reaktif Önlemlerin Belirlenmesi, Depo Örneği.” *Ohs Academy*. 4(1):83-91 (2021).
- [15] Ceylan H. ve Başhelvacı V.S., “Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: Bir uygulama”. *International Journal of Engineering Research and Development*. 3(2):25-33 (2011).
- [16] Ak M.F., “Comparison of Risk Assessment Methods within the Scope of Occupational Safety in the Construction Sector”. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. (18):272-282 (2020).
- [17] Bayraktar H., Sahtiyancı E., ve Kuru A., “Risk Değerlendirme Matris Yöntemi Kullanarak Okullarda Deprem Kaynaklı Yapısal Olmayan Risklerin Olası Etkilerinin Belirlenmesi”. *Afet ve Risk Dergisi*. 2(2):128-152 (2019).
- [18] Erzurumluoğlu K., Köksal K. N., ve Gerek İ. H., “İnşaat Sektöründe Fine-Kinney Metodu Kullanılarak Risk Analizi Yapılması”, *5. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 137, 146. (2015).
- [19] Pırıl T. ve Erol R., “Risk analizi: Bir otomotiv fabrikasında gerçekleştirilen X tipi karar matrisi uygulaması”. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 19(3):91-98 (2016).
- [20] Feryal C.G., Atalay K.D., ve Eraslan E., “Htea Temelli Critic Yöntemi İle Bir Devlet Hastanesinde Risk Değerlendirme Uygulaması.” *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 6176-187 (2018).
- [21] Toktaş P. ve Can G.F., “Şantiyelerin İş Sağlığı Ve Güvenliği Açısından Risk Düzeylerine Göre Kemira-M Yöntemi İle Sıralanması.” *Ergonomi*. 1(3):123-136 (2018).
- [22] Dizdar E.N. ve Koçar O., “İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinde risklerin yapay sinir ağlarıyla değerlendirilmesi”. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*. 6(3):73-83 (2018).
- [23] Çeb, S.ve Temizözü H., “Makine Tabanlı Dinamik Risk Analizi İçin Bir Karar Destek Sistemi Geliştirme”. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*. 149-166 (2020).
- [24] Zile M., “İş Güvenliği Risk Değerlendirme Analiz Modellemesi ve Yazılımının Bulanık Mantıkla Oluşturulması”. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 30(2):267-274 (2015).
- [25] Bozkuş E. ve Bozkuş Ö., “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğinde Bulanık Yöntemlere Dayalı Risk Değerlendirme Yaklaşımları”. *Ohs Academy*. 4(2):49-64 (2021).
- [26] Adem A., Çolak A., and Dağdeviren M., “An integrated model using SWOT analysis and Hesitant fuzzy linguistic term set for evaluation occupational safety risks in life cycle of wind turbine”. *Safety science*. 106184-190 (2018).
- [27] Saaty T.L., “How to make a decision: the analytic hierarchy process”. *European journal of operational research*. 48(1):9-26 (1990).
- [28] Şenol M.B., Adem A., and Dağdeviren M., “A fuzzy MCDM approach to determine the most influential logistic factors”. *Politeknik Dergisi*. 22(3):793-800 (2019).
- [29] Dağdeviren M., Yavuz S., and Kılınç N., “Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment”. *Expert systems with applications*. 36(4):8143-8151 (2009).
- [30] Saaty T.L., “What is the analytic hierarchy process?, in Mathematical models for decision support”. 1988, Springer. 109-121.
- [31] Dağdeviren M., “Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE”. *Journal of intelligent manufacturing*. 19(4):397-406 (2008).
- [32] Dağdeviren M. and Eren T., “Analytical hierarchy process and use of 0-1 goal programming methods in selecting supplier firm”. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*. 1641-52 (2001).
- [33] Ömürbek N. ve Şimşek A., “Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemleri ile online alışveriş site seçimi”. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*. 12(22):306-327 (2014).
- [34] Kosova R., Qendraj D.H., and Xhafaj E., “Meta-Analysis ELECTRE III and AHP in Evaluating and Ranking the Urban Resilience”. *Journal of Environmental Management & Tourism*. 13(3):756-768 (2022).
- [35] Tonoğlu F., Atalar F., Başkan İ., Yıldız S., Uğurlu Ö., and Wang J., “A new hybrid approach for determining sector-specific risk factors in Turkish Straits: Fuzzy AHP-PRAT technique”. *Ocean Engineering*. 253111280 (2022).
- [36] Abuzaid A.S. and Jahin H.S., “Combinations of multivariate statistical analysis and analytical hierarchical process for indexing surface water quality under arid conditions”. *Journal of Contaminant Hydrology*. 248104005 (2022).
- [37] Sadabadi A.A., Rad Z.R., and Fartash K., “Comprehensive evaluation of Iranian regional innovation system (RIS) performance using analytic hierarchy process (AHP)”. *Journal of Science and Technology Policy Management*. (2021).
- [38] Adar E., Delice E., and Adar T., “Prioritizing of industrial wastewater management processes using an integrated AHP-CoCoSo model: Comparative and sensitivity analyses”. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 19(6):4691-4712 (2022).
- [39] AlShamsi A., Akmal S., Kamalrudin M., Yahaya S., and Yuhzahri M., “Determination of Key Factors for Total Quality Management Implementation for Airport using AHP”. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*. 71(3):67-83 (2022).
- [40] Sureshchandar G., “Quality 4.0–understanding the criticality of the dimensions using the analytic hierarchy process (AHP) technique”. *International Journal of Quality & Reliability Management*. (2022).
- [41] Lin, C.-Y Shih F., Chou M., and Ho Y., “Key Success Factors for Medical Service Quality of Early Treatment and Rehabilitation for Children in Taiwan”. *Sustainability*. 13(24):14038 (2021).
- [42] Nazim M., Mohammad C.W., and Sadiq M., “A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to software requirements selection”. *Alexandria Engineering Journal*. 61(12):10851-10870 (2022).
- [43] Lv W., Qiu X., and Meng L., “Blockchain localization spoofing detection based on fuzzy AHP in IoT systems”, *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. 2022(1):1-19 (2022).
- [44] Mathew M., Chakraborty R.K., and Ryan M.J., “Selection of an optimal maintenance strategy under uncertain conditions: An interval type-2 fuzzy AHP-

- TOPSIS method”. *IEEE Transactions on Engineering Management*. (2020).
- [45] Yadav P., Yadav S, Sing D., and Giri B. “Sustainable rural waste management using biogas technology: An analytical hierarchy process decision framework”. *Chemosphere*. 301134737 (2022).
- [46] Ortiz-Barrios, M., Silvera-Natera E., Petrillo A., Gül M., and Yücesam M., “A multicriteria approach to integrating occupational safety & health performance and industry systems productivity in the context of aging workforce: A case study”. *Safety Science*. 152105764 (2022).
- [47] Pathan, A.I., Agnihotri P., Said S., Patel D., “AHP and TOPSIS based flood risk assessment-a case study of the Navsari City, Gujarat, India”. *Environmental Monitoring and Assessment*. 194(7):1-37 (2022).
- [48] Yu Z., Khan S., Mathew M., Umar M., Hassan M., and Sajid M., “Identifying and analyzing the barriers of Internet-of-Things in sustainable supply chain through newly proposed spherical fuzzy geometric mean”. *Computers & Industrial Engineering*. 169108227 (2022).
- [49] Azmi R. Amar H., Chenal J., Diop E., and Koumetio C., “Decision analysis related to solar farm investments based on analysis hierarchical process and fuzzy AHP for sustainable energy production”. *International Journal of Energy Research*. (2022).
- [50] Verma P., Kumar V., Daim T., Saharma N., Mittal A., “Identifying and prioritizing impediments of industry 4.0 to sustainable digital manufacturing: A mixed method approach”. *Journal of Cleaner Production*. 356131639 (2022).
- [51] Raheja S., Obaidat M., Kumar M., Sadoun B., and Bhushan S., “A hybrid MCDM framework and simulation analysis for the assessment of worst polluted cities”. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 118102540 (2022).
- [52] Adem, A., Alicioğlu, G., and Dağdeviren, M., “An integrated approach for prioritizing the dealers on the basis of organizational performance measurements”. *Endüstri Mühendisliği*. 30(1):49-62.
- [53] Kahraman, M., Dağdeviren, M., ve Kurt, M., “Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri ile Önceliklendirilmesi ve Bütünleşik Bir Model Önerisi”, *Ulusal Ergonomi Kongresi, Gaziantep-Türkiye*. 16-18 (2012).