



# Journal of Turkish Operations Management

## RİSK DEĞERLENDİRMESİNDE CRITIC METODU İLE SEKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMASI

Yelda AYRIM<sup>1</sup>, Gülin Feryal CAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, yayrim@baskent.edu.tr

<sup>2</sup> Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, gfcancan@baskent.edu.tr

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 08.12.2017  
Revised: 17.12.2017  
Accepted: 25.12.2017

#### Research Article

#### Keywords:

CRITIC, Risk Assessment, Work Accident, Work Health and Safety, Correlation

### ABSTRACT

Risk assessment (RA) refers to the actions to be done to determine the dangers existing in the work place or out of work place that may give damages to the workers, work environments, work place and to identify the measures that can be taken against dangers. RA minimizes the damages that may be caused by possible hazards are minimized. As the quality and productivity in the production are increased, the competitiveness of the company is also increased with RA. There are various methods used for RA in the literature. However, subjective evaluations are used to make decision and real values are not used to define the sector or company in term of risk level in these methods. Additionally, relations between criteria that effects the risk level are not considered. In the study, it is aimed to determine the work area which has the highest risk level by using qualitative values of criteria of work areas in different sectors that effects the risk level. In this context, by considering work accident numbers, death numbers, accident rates, death and disorder rates of 14 different work areas in mining, metal and transportation sectors, RA approach based on CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC) which is one of the multi criteria decision making approach is advanced. CRITIC can compute the importance weights of criteria based on relations between these criteria using qualitative criteria values. It can model informations obtained from decision makers by considering contradictions and contrast intensity. As a result of the study, it is determined that textile manufacturing has the highest risk level.

### MAKALE GİRİŞİ

#### Makale Geçmişi:

Geliş: 08.12.2017  
Revize: 17.12.2017  
Kabul: 25.12.2017

#### Araştırma Makalesi

#### Anahtar Kelimeler:

CRITIC, Risk Değerlendirmesi, İş Kazası, İş Sağlığı ve Güvenliği, Korelasyon

### ÖZET

RD, işyerlerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin, işçilere, işyerine ve çevresine verebileceği zararların ve bunlara karşı alınacak önlemlerin belirlenmesi amacıyla yapılması gerekli çalışmalarını ifade eder. RD ile olası tehlikelerin yol açabileceği zararların en aza indirilmesi, üretimde verimlilik ve kalitenin artırılması sağlandığı gibi firmanın rekabet gücünün artırılması da sağlanır. Literatürde kullanılan birçok RD yöntemi bulunmaktadır. Ancak, söz konusu yöntemlerde öznel değerlendirmelerle karar verilmekte ve sektörü ya da firmayı risk düzeyi açısından tanımlayan gerçek değerler kullanılmamaktadır. Ayrıca risk düzeyini etkileyen kriterlerin aralarındaki ilişkiler de dikkate alınmamaktadır. Çalışmada, farklı sektörlerde yer alan iş kollarının risk düzeyini etkileyen kriterlerin nicel değerleri kullanılarak risk düzeyi yüksek olan iş kolunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, madencilik, metal, inşaat ve ulaştırma sektörleri kapsamındaki 14 farklı iş koluna ait kaza sayıları, ölüm sayıları, kaza oranı, ölüm oranı ve hastalık olayları kriterleri göz önüne alınarak çok kriterli bir karar verme (ÇKKV) yaklaşımı olan CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC) yöntemine dayalı bir RD yaklaşımı geliştirilmiştir. CRITIC, nicel kriter değerlerini kullanarak objektif bir şekilde kriterlerin önem ağırlıklarının aralarında ilişkiler temelinde belirleyen ve karar vericilerden elde edilen bilgiyi zıtlık yoğunluğu ve çelişkilerden yola çıkarak modelleyebilen bir yöntemdir. Çalışmanın sonucunda tekstil imalatının en yüksek risk içeren iş kolu olduğu belirlenmiştir.

## 1.GİRİŞ

Risk değerlendirmesi (RD) İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) yönetim sisteminin önemli bir parçasıdır. Bu konuyla ilgili birçok çalışma RD'nin ne kadar hayati bir faaliyet olduğunu ortaya koymuştur (Özkılıç, 2009; Stamatis, 2003). Uluslararası Çalışma Örgütü, İSG'ni işyerinden veya işyeri çevresinden kaynaklanabilecek ve çalışanların sağlığını ve refahını bozabilecek tehlikelerin tahmin edilmesi, tanımlanması ve değerlendirilmesine ilişkin faaliyetlerin gerçekleştirildiği bir bilim olarak tanımlar (Alli, 2008). İş yerindeki fiziki çevre şartları, çalışma ortamı gibi sebeplerden ötürü işçilerin karşılaşabilecekleri sağlık ve güvenlik sorunlarının en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması için gerçekleştirilen analiz ve çalışmalar İSG faaliyetleri olarak tanımlanır. İSG'nin tam olarak sağlanabilmesi için iş ortamında oluşabilecek tehlikelerin, sağlığa zararlı olabilecek şartların, risk ve tehlike analizleri yapılarak ortadan kaldırılması gerekmektedir. İSG'nin sağlanması için alınan tedbirlerle hem işçi, hem işletme, hem de ülke korunmuş olur.

Risk, herhangi bir tehlikeli olayın meydana gelme olasılığı ile bu olayın sonuçlarının ortaya çıkardığı zarar ve hasar şiddetinin bileşkesidir (ÇSGB, 2007). Risk, bir tehlikeye bağlı zararın gerçekleşme olasılığını tanımlar. Riskin büyüklüğü, etkilenen kişi sayısı ve ortaya çıkan olumsuz durumun türüne bağlı olarak değişir.

RD kavramı mevzuata yeni girmiş olmakla birlikte içeriği ve kullanılan yöntemler yeni değildir. RD, işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları ifade eder. RD, ortaya çıkması muhtemel tehlikelerin tespit edilerek önlemler alınmasını sağlayan bir araçtır. RD'nde, sistem analizlerinin iyi yapılmış olması, gözlemlerin doğru bir şekilde raporlanmış olması ve planlı bir çalışmanın yürütülmüş olması gerekmektedir. Sistematik bir şekilde yapılmayan RD çalışması, asıl önlenmesi gereken hataların göz ardı edilmesine, zaman kaybı oluşmasına ve farklı hasar ya da zararlarla sonuçlanan olumsuz durumların yaşanmasına sebep olur. Buna göre RD amacıyla kullanılan yaklaşımın yeterli olup olmadığını belirlemek gereklidir. Kullanılan RD yaklaşımının kapsamlı, hassas sonuçlar üreten ve sistematik bir RD yöntemi olması önem taşımaktadır.

İşyerinde RD yapmak 6331 sayılı İSG Kanunu gereği zorunlu olduğu gibi, işletmenin ve ülkenin geleceği açısından da oldukça önemlidir. İşyerlerinde meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucunda büyük maddi kayıplar meydana gelmektedir. Ancak, gerek iş kazaları gerekse meslek hastalıkları, nedenleri önceden belirlenerek alınacak tedbirlerle önlenebilecek vakalardır. Bu bağlamda RD, çalışma ortamı, şartları ya da çevrede var olan tehlikelerden kaynaklanan riskleri, sistematik bir yolla ortaya çıkarmak, yok etmek veya kabul edilebilir seviyeye indirmek için, nitel ve nicel yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalardır.

RD yapılarak çalışanların sağlığının korunması, fiziksel ve psikolojik iş güvenliklerinin sağlanması amaçlanır. Üretimde verimlilik ve kalite artırılır. Çalışma ortamı ile ilgili alınması gereken önlemler belirlenir. Riskler önceliklerine göre sıralanır. Hangi çalışanların risk altında olduğu daha net bir şekilde görülebilir. İşletmede İSG bilincinin yerleşmesi sağlanır ve İSG uygulamalarının etkinlik derecesi gözden geçirilir. İşletmenin tedavi ve tazminat giderleri azalır ve prestiji artar.

Literatürde RD ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Burada, söz konusu çalışmalardan bazılarında yer verilmiştir. Karwowski ve Mital, güvenlik mühendisliği uygulamalarında bulanık küme teorisini kullanarak RD'ndeki belirsizliği matematiksel olarak modellemişlerdir (Karwowski ve Mital, 1986). McCauley-Bell ve Badiru (1992), farklı işçiler ve işler için risk seviyelerini tanımlayan bulanık mantığa dayalı uzman bir sistem geliştirmişlerdir. Grassi vd. (2009), klasik RD yöntemlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Jeong vd. (2010), nükleer tesis işçilerinin maruz kalabileceği nükleer ve nükleer olmayan riskleri bulanık mantığa dayalı risk matrisi yaklaşımı değerlendirmiştir.

Marhavilas vd. (2011) tarafından çalışma koşulları açısından kesin sonuçlar ortaya koyan bir nicel RD metodu geliştirilmiştir. Beriha vd. (2012), ölümcül olmayan farklı kazaların tahmininde bulanık mantık kullanmışlardır. Güranlı ve Müngen (2009) tarafından bulanık tabanlı bir risk analiz yöntemi kullanılarak tünel inşaatında çalışan işçilerin karşılaşılabileceği riskler değerlendirilmiştir. Jozi vd. (2015), Balarood barajının yapısal olarak yarattığı çevresel ve sağlık risklerini belirlemek amacıyla Delphi yöntemini kullanarak en önemli risk faktörlerini belirlemişler ve belirlenen risk faktörlerinin önem ağırlıklarını ise Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanarak hesaplamışlardır. Ayrıca, Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemini uygulayarak risk türlerini önceliklendirmişlerdir. Bazaras vd. (2017), Baltık Denizi limanlarında ortaya çıkan ulaşım risklerinin değerlendirilmesi için yeni bir kantitatif çok ölçütlü RD yöntemi önermişlerdir. Wang vd.(2017), RD’de var olan belirsizliği yansıtabilmek için değer aralıklı sezgisel bulanık sayıların kullanıldığı Complex Proportional Assessment (COPRAS) ve Analytic Network Process (ANP) yöntemlerini entegre ederek yeni bir yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Literatüre bakıldığı zaman farklı RD yöntemlerinin olduğu görülmektedir. RD yöntemlerini birbirinden ayıran en önemli fark, risk derecesini bulmak için kullandıkları prosedürleridir. Yöntemler incelendiğinde risk kriterleri arasındaki ilişkinin yönü ve gücü ile nicel kriter değerlerini dikkate alan bir yöntem bulunmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, madencilik, metal, inşaat ve ulaştırma sektörleri kapsamındaki 14 farklı iş kolunun risk düzeyinin değerlendirilmesi için en önemli kontrol kriterleri olan kaza sayısı, ölüm sayısı, ölüm oranı, kaza oranı ve hastalık olayları dikkate alınarak söz konusu sektörlerin risk düzeylerine göre önceliklendirilmesi CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC) yönteminin uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, madencilik, metal, inşaat ve ulaştırma sektörleri kapsamındaki 14 farklı iş koluna ait risk düzeyleri kaza sayısı, ölüm sayısı, ölüm oranı, kaza oranı ve hastalık olaylarına ilişkin Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayımlanan 2016 yılına ait veriler kullanılmıştır. CRITIC, kriterler arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü korelasyon hesaplamalarına dayalı olarak belirleyen ve korelasyon katsayısını kullanarak bu değeri kriter önem ağırlıklarına yansıtan bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemidir. Yöntemde, alternatiflerin kriterlere göre aldığı nicel performans değerleri üzerinden objektif olarak kriter önem ağırlıkları hesaplanabilmektedir. Yöntemde, karar vericilerin öznel tercihleri dikkate alınmamaktadır. Alternatiflerin önceliklendirilmesinde ise her bir alternatifin nicel performans değeri normalize edilmekte ve bu normalize değer korelasyona dayalı objektif kriter ağırlığı ile çarpılmaktadır. (Diakoulaki vd., 1995; Deng vd.). CRITIC yöntemi uygulanarak aynı zamanda, diğer ÇKKV yöntemlerinde karşılaşılan karar vericiler arasında görüş birliği sağlanamaması problemi de ortadan kalkmıştır. Buna göre, karar probleminde söz sahibi olabilecek uygun karar vericilerin olmaması ya da bulunamaması problemi de önlenmiş olmaktadır (Deng vd., 2000). Bütün ÇKKV problemlerinde olduğu gibi alternatiflerin objektif olarak önceliklendirilmesi kriter ağırlıklarının objektif olarak hesaplanmasından yüksek oranda etkilenmektedir (Diakoulaki vd., 1995). Bu kapsamda, CRITIC RD’de de objektifliği sağlayabilecek pratik ve güçlü bir yöntemdir.

Çalışmanın ikinci bölümde CRITIC yöntemine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, madencilik, metal, inşaat ve ulaştırma sektörlerinde bulunan 14 farklı iş kolunun risk düzeyleri açısından CRITIC yöntemi kullanılarak değerlendirilmesine ilişkin uygulama anlatılmış, dördüncü bölümde ise sonuç ve tartışmalar sunulmuştur.

## 2. Metot

### 2.1. Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)

Literatürde RD amacıyla kullanılan yöntemlerde öznel verilerle karar verilmekte ve sektörü ya da firmayı risk seviyesi açısından yansıtan gerçek değerler kullanılmamaktadır. Ayrıca, çoğu RD yönteminde risk kriterleri arasındaki ilişkilerin yönü ve derecesi de dikkate alınmamakta ve risk türlerinin risk kriterlerine göre aldıkları değerler arasındaki farklılaşmalarda analiz edilmemektedir.

Bu nedenle çalışmada, bahsi geçen dezavantajları ortadan kaldırmak için Diakoulaki vd. tarafından 1995 yılında önerilen CRITIC yöntemi ile bazı sektörlerde faaliyet gösteren iş kollarının risk seviyeleri açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

CRITIC’de kriterler arasındaki ilişkinin gücü ve yönü korelasyon hesaplamaları yapılarak elde edilmektedir. Bununla birlikte standart sapma hesaplamaları ile de alternatiflerin kriterlere göre aldıkları değerler arasındaki farklılaşmalar da dikkate alınmaktadır. Literatürde CRITIC kullanılarak gerçekleştirilen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalara aşağıda değinilmiştir.

Çetinyokuş ve Özdil (2015) işletmelerin iş zekası raporlarını karşılaştırmak için CRITIC ve TOPSIS yöntemlerini uygulamışlardır. Alemi-Ardakani vd. (2016), kompozit yapı tasarımcılarına en iyi fiber alternatifinin seçimi için yeni bir ÇKKV yaklaşımı önermişlerdir. Yaklaşımında, fiber seçiminde etkili olan kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde entropi, modifiye dijital mantık (MDL) ve CRITIC yöntemi kullanılmıştır. Bu önem ağırlıkları dikkate alınarak fiber alternatiflerinin sıralamasında ise TOPSIS yöntemini uygulamışlardır. Kılıç ve Çerçioğlu (2016) alternatif demiryolu hattı bağlantı projelerinin önceliklendirilmesi için kriter ağırlıklarını CRITIC, standart sapma (SD) ve ağırlıklandırılmış ortalama (MW) olmak üzere üç farklı yöntem ile belirlemişlerdir. Alternatif sıralamasında ise TOPSIS ve Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yöntemlerini uygulayarak 6 farklı öncelik sırası elde etmiş ve sonuçları tartışmışlardır. Orakçı ve Özdemir (2017) tarafından Gri İlişkisel Analiz (GİA) ve MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis Ratio Analysis) yöntemleri uygulanarak ülkelerin insani gelişmişlik düzeyleri değerlendirilmiş ve yöntemlerden elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. İnsani gelişmişlik düzeyinde etkili olan kriterlerin önem ağırlıkları Entropi ve CRITIC yöntemleri ile hesaplanmıştır. Ünlü vd. (2017) tarafından CRITIC uygulanarak Borsa İstanbul (BIST) 30 endeksinde yer alan firmalardan Borsa İstanbul Kurumsal Yönetim Endeksi (XKURY) kapsamında olan ve olmayan firmaların performansları üzerinde etkili olan kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve firmaların sıralamasında TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda CRITIC yöntemine ilişkin uygulama adımları yer almaktadır. Ghorabae vd. (2017), en iyi üçüncü parti lojistiği tedarikçisinin seçimi probleminde belirsizliği modelleyebilmek için aralık değerli tip-2 bulanık kümeleri (Interval Type-2 Fuzzy Sets (IT2FS)) kullanmışlar ve kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için CRITIC yöntemini uygulamışlardır. Lojistik firmalarının sıralanmasında ise Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) yönteminden yararlanmışlardır.

**Adım 1.** Başlangıç karar matrisini oluşturun.

$A_i$ ,  $i=1, \dots, n$  alternatifleri ve  $C_j$ ,  $j=1, \dots, m$  kriterleri göstermek üzere her bir alternatifin her bir kritere göre aldığı değer  $b_{ij}$  olarak ifade edilir.  $b_{ij}$  değerlerinin bir araya gelmesiyle başlangıç karar matrisi [B] Eşitlik (1)’deki gibi oluşturulur.

$$[B] = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

**Adım 2.** Normalize Başlangıç Karar matrisini oluşturun.

[B] matrisinde bulunan  $b_{ij}$  değerleri Eşitlik (2) kullanılarak normalize edilir ve normalize başlangıç karar matrisi [C] oluşturulur. [C] matrisinin her bir elemanı  $x_{ij}$  olarak ifade edilir.

$$x_{ij} = \frac{f_{ij} - f_j^*}{f_j^* - f_j^*} \quad (2)$$

Burada,

$f_{j*}$ : j. kriter için alternatiflerin sahip olduğu en kötü değeri,

$f_{j^*}$ : j. kriter için alternatiflerin sahip olduğu en iyi değeri göstermektedir.

**Adım 3.** Kriterler bazında standart sapmaları hesapla.

Her bir kriter için  $x_{ij}$  değerleri arasındaki standart sapma  $s_j$  Eşitlik (3)'deki gibi hesaplanır.

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum x_{ij} - \bar{x}_{ij}}{n-1}} \quad (3)$$

**Adım 4.** Çoklu korelasyonu hesapla.

[C] matrisindeki  $x_{ij}$  değerleri arasındaki çoklu korelasyon Eşitlik (4)'deki gibi hesaplanır ve ilişki matrisi [R] elde edilir. [R] matrisi  $m \times m$  boyutunda simetrik bir matristir. [R] matrisinin her bir elemanı  $r_{ij}$  ile ifade edilir.

$$r_{jk} = \frac{\sum (x_{ij} - \bar{x}_{ij})(x_{ik} - \bar{x}_{ik})}{\sqrt{\sum (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2 (x_{ik} - \bar{x}_{ik})^2}} \quad (4)$$

**Adım 5.** İlişki yoğunluğunu belirle.

Kriter değerlerine ilişkin bilginin ve ilişkinin yoğunluğu  $I_j$  Eşitlik (5)'deki gibi hesaplanır.

$$I_j = s_j \cdot \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (5)$$

Herhangi bir kritere ait bilgi daha fazla ve diğer kriterlerle daha çok ilişki içerisinde ise ilgili kriter daha yüksek  $I_j$  değerine sahip olmaktadır.

**Adım 6.** Önem ağırlıklarını hesapla.

$I_j$  değerleri kullanılarak her bir kriterin önem ağırlığı  $w_j$  Eşitlik (6)'daki gibi hesaplanır.

$$w_j = \frac{I_j}{\sum_{i=1}^m I_j} \quad (6)$$

**Adım 7.** Skor değerini hesapla.

[C] matrisindeki  $x_{ij}$  değerleri ile  $w_j$  değerleri Eşitlik (7)'deki gibi çarpılarak alternatifler için skor değerleri  $sk_i$  hesaplanır.

$$sk_i = \sum_{j=1}^n w_j \times x_{ij} \quad (7)$$

En büyük  $sk_i$  değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilir.

### 3. UYGULAMA

Çalışmada, madencilik, metal, inşaat ve ulaştırma sektörleri kapsamındaki 14 farklı iş koluna ait kaza sayıları, ölüm sayıları, ölüm hızları, kaza hızları ve hastalık olayları kriterleri göz önüne alınarak CRITIC yöntemi ile iş kollarının risk düzeylerine göre önceliklendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Aşağıda yer alan Tablo 1’de söz konusu 14 iş kolu gösterilmektedir.

**Tablo 1.** Değerlendirmeye alınan iş kolları

05-Kömür ve Linyit Çıkartılması
06-Ham Petrol ve Doğalgaz çıkarımı
07-Metal Cevheri Madenciliği
08-Diğer Madencilik ve Taş ocakçılığı
09-Madenciliği destekleyici hizmet faaliyetleri
10-Gıda ürünlerinin imalatı
13-Tekstil ürünlerinin imalatı
22-Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı
23-Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı
25-Makine ve teçhizat hariç. fabrikasyon metal ürünleri imalatı
41-Bina inşaatı
42-Bina dışı yapıların inşaatı
43-Özel inşaat faaliyetleri
49-Kara taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığı

İş kollarına ait veriler Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayımlanan 2016 yılına ait İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri’n den elde edilmiştir. Aşağıda, CRITIC yönteminin Bölüm 2.1.’de verilen uygulama adımları işletilerek iş kollarının risk düzeyleri belirlenmiştir.

**Adım 1.** Başlangıç karar matrisini oluştur.

14 farklı iş kolu  $A_i$ ,  $i=1, \dots, 14$  alternatifleri temsil etmiş ve bu alternatifler kaza sayısı ( $C_1$ ), ölüm sayısı ( $C_2$ ), kaza oranı ( $C_3$ ), ölüm oranı ( $C_4$ ), ve hastalık olayları ( $C_5$ ), olmak üzere beş farklı  $C_j$ ,  $j=1, \dots, 5$  kriterine göre değerlendirilmiştir. Buna göre başlangıç karar matrisi olan [B] matrisi Eşitlik (1)’deki gibi oluşturulmuş ve Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Başlangıç karar matrisi

$A_i$	Kaza sayısı (adet) ( $C_1$ )	Ölüm sayısı (adet) ( $C_2$ )	Kaza oranı (%) ( $C_3$ )	Ölüm oranı (%) ( $C_4$ )	Hastalık olayları (adet) ( $C_5$ )
$A_1$	8274	11	220	29	18762
$A_2$	112	0	40	0	1126
$A_3$	1037	8	45	35	7137
$A_4$	2045	64	33	104	14478
$A_5$	324	0	43	0	1470
$A_6$	14351	32	33	7	124733
$A_7$	13446	27	33	7	141306
$A_8$	9258	10	47	5	68006
$A_9$	11721	48	54	22	79565

A <sub>10</sub>	20616	27	54	7	118460
A <sub>11</sub>	20159	239	17	20	85239
A <sub>12</sub>	9516	130	26	35	56128
A <sub>13</sub>	14877	127	46	39	43943
A <sub>14</sub>	7246	179	13	33	83163

**Adım 2.** Normalize Karar matrisini oluşturun.

Normalize karar matrisi [C] Tablo (3)'teki gibi oluşturulmuştur.

**Tablo 3.** Normalize karar matrisi

A <sub>i</sub>	Kaza sayısı (adet) (C <sub>1</sub> )	Ölüm sayısı (adet)(C <sub>2</sub> )	Kaza oranı (%) (C <sub>3</sub> )	Ölüm oranı (%) (C <sub>4</sub> )	Hastalık olayları (adet) (C <sub>5</sub> )
A <sub>1</sub>	0,60	0,95	0,00	0,72	0,87
A <sub>2</sub>	1,00	1,00	0,87	1,00	1,00
A <sub>3</sub>	0,95	0,97	0,85	0,67	0,96
A <sub>4</sub>	0,91	0,73	0,90	0,00	0,90
A <sub>5</sub>	0,99	1,00	0,86	1,00	1,00
A <sub>6</sub>	0,31	0,87	0,90	0,93	0,12
A <sub>7</sub>	0,35	0,89	0,91	0,94	0,00
A <sub>8</sub>	0,55	0,96	0,84	0,95	0,52
A <sub>9</sub>	0,43	0,80	0,80	0,79	0,44
A <sub>10</sub>	0,00	0,89	0,80	0,93	0,16
A <sub>11</sub>	0,02	0,00	0,98	0,81	0,40
A <sub>12</sub>	0,54	0,46	0,94	0,66	0,61
A <sub>13</sub>	0,28	0,47	0,84	0,62	0,69
A <sub>14</sub>	0,65	0,25	1,00	0,68	0,41

**Adım 3.** Kriterler bazında standart sapmaları hesapla.

s değerleri Eşitlik (3)'teki gibi hesaplanmış ve sonuçlar Tablo (4)'te verimiştir.

**Tablo 4.** Kriterlere ilişkin standart sapma değerleri

Standart sapma s <sub>j</sub> , j=1,...,5				
s <sub>1</sub> 0,34	s <sub>2</sub> 0,21	s <sub>3</sub> 0,24	s <sub>4</sub> 0,26	s <sub>5</sub> 0,34

**Adım 4.** Çoklu korelasyonu hesapla.

İlişki matrisi [R] Tablo (5)'teki gibi elde edilmiştir.

**Tablo 5.** İlişki matrisi

	Kaza sayısı (adet) (C <sub>1</sub> )	Ölüm sayısı (adet)(C2)	Kaza oranı (%) (C3)	Ölüm oranı (%) (C4)	Hastalık olay- ları (adet) (C5)
Kaza sayısı (adet) (C <sub>1</sub> )	1,00	0,44	-0,05	-0,24	-0,79
Ölüm sayısı (C2)	0,44	1,00	-0,37	0,28	0,22
Kaza oranı (%) (C3)	-0,05	-0,37	1,00	0,00	-0,27
Ölüm oranı (%) (C4)	-0,24	0,28	0,00	1,00	-0,32
Hastalık olay- ları (adet) (C5)	0,79**	0,22	-0,27	-0,32	1,00

\*\* Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (çift kuyruk testi)

**Adım 5.** İlişki yoğunluğunu belirle.

Eşitlik (5) kullanılarak I<sub>j</sub> değerleri hesaplanmış ve Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6:** I<sub>j</sub> değerleri

C <sub>j</sub> j=1,...,5	I <sub>j</sub> j=1,...,5
Kaza sayısı (C <sub>1</sub> )	1,03
Ölüm sayısı (C2)	1,08
Kaza oranı (C3)	1,14
Ölüm oranı (C4)	1,11
Hastalık olayları (C5)	1,76

**Adım 6.** Önem ağırlıklarını hesapla.

Eşitlik (6) kullanılarak w<sub>j</sub> değerleri bulunmuş ve Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 7.** Önem ağırlığı değerleri

	W <sub>j</sub>
Kaza sayısı (C <sub>1</sub> )	0,17
Ölüm sayısı (C2)	0,18
Kaza oranı (C3)	0,19
Ölüm oranı (C4)	0,18
Hastalık olayları(C5)	0,29

**Adım 7.** Skor değerini hesapla.

Eşitlik (7) kullanılarak bulunan sk<sub>i</sub> değerleri Tablo 8'de verilmiştir.



**Tablo 8.** İş kollarına ait skor değerleri ve sıralama

	$sk_i$	Sıralama
5	6833,59	10
6	349,94	14
7	2242,29	12
8	4542,38	11
9	485,07	13
10	38284,84	2
13	42896,02	1
22	21118,74	7
23	24867,02	6
25	37538,01	3
41	27943,59	4
42	17770,12	8
43	15172,70	9
49	25166,26	5

Tablo 8'e bakıldığı zaman, dikkate alınan değerlendirme kriterleri çerçevesinde tekstil imalatının risk seviyesi en yüksek olan iş kolu olduğu görülmektedir. Bu sektörü sırasıyla, gıda ürünleri imalatı, makine ve teçhizat hariç fabrikasyon metal ürünleri imalatı takip etmektedir.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

RD amacıyla kullanılan yöntemler genellikle dilsel değerlendirmeleri içermekte ve öznel olmaktadır. Buna göre çalışmada kullanılan CRITIC yöntemi ile nitel ve objektif değerler üzerinden analiz gerçekleştirilebilmiş ve kriterler arasındaki ilişkinin derecesi ve yönü de dikkate alınarak iş kollarının risk sıralaması yapılmıştır.

CRITIC yöntemi ile kriter önem ağırlıkları kriterler arası ilişkilere dayalı olarak hesaplanmaktadır. Burada temel amaç pozitif ilişkinin ön plana çıktığı kriterlerin değerlendirme açısından ağırlıklarının daha fazla olmasının sağlanmasıdır. Böylece karar sürecinde bu tür kriterlerin etkisi daha fazla olacaktır. Buradan hareketle %29 ile "hastalık olayları" kriterinin en yüksek önem ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle, diğer kriterlere göre iş kollarını değerlendirirken daha fazla öneme sahip olan kriter hastalık olayları kriteridir. Bu kriteri sırasıyla kaza oranı (%19), ölüm sayısı (%18), ölüm oranı (%18) ve kaza sayısı (%17) izlemektedir.

Çoklu korelasyon matrisindeki korelasyon katsayılarına bakıldığı zaman hastalık olayları kriteri ile kaza sayısı ve ölüm sayısı kriteri arasında ortaya çıkan korelasyon katsayılarının pozitif olduğu ancak kaza oranı ve ölüm oranı kriterleri ile arasında çıkan korelasyon katsayılarının negatif olduğu görülmektedir. Ancak pozitif değerler negatif değerlere göre daha büyük olduğu için hastalık olayları kriterinin önem ağırlığı daha fazla çıkmaktadır. Bununla birlikte pozitif yönlü ve en yüksek ilişki de yine hastalık olayları kriteri ile kaza sayısı kriteri arasında çıkmıştır. Bu kapsamda, yüksek önceliğe sahip kriter en yüksek pozitif yönlü korelasyona sahiptir denilebilir.

Dünyada gerçekleşen ölüm nedenlerine bakıldığında işe bağlı ölümlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Türkiye'de de işçi sağlığı ve iş güvenliği kapsamında sektörler bazında problemlerin devam ettiği görülmektedir. Buna göre, risk seviyesi en yüksek olan iş kollarının belirlenmesi ve öncelikle bu iş kollarına yönelik önlemlerin alınması hem işçilerin korunması hem de iş yerlerinin korunması açısından gereklidir.

Bu sebeple çalışmada hangi iş kolunun daha riskli olduğunu bulmak amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tekstil imalatı en yüksek risk içeren iş koludur ve bu iş kolunda İSG açısından riskleri azaltabilecek önlemlerin alınmasına öncelik verilmelidir.

Tekstil, hayvansal veya bitkisel lifli ürünler olarak tanımlanır. Tekstil imalatı, giyilebilen her şey ve bazı dekorasyon ürünlerinin üretimini de içine alan bir iş koludur. Tekstil sektörü, dış ticarete ülke ekonomisine en çok katkıyı sağlayan üretim sektörlerinden biridir.

Türkiye’de tekstil ürünlerinin üretimi gelişen teknolojiye rağmen hala insan işgücü odaklıdır. Bu da tekstil sektörünün İSG açısından son derece ciddiye alınması gereken bir sektör olmasını gerektirir. Sektör incelendiğinde bir takım hastalıklar ve kazaların bir arada yaşandığı gözlenmektedir. Hastalıklar, hem kimyasal tehlikelerden hem de fiziksel tehlikelerden kaynaklı olabilmektedir.

Tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan çok çeşitli kimyasal maddeler vardır. Bunlar boyalarda, yapıştırıcılarda, kumaşların işlenmesinde kullanılan ve insan sağlığına zararlı olabilen tehlikeli maddelerdir. Bunlar kanserojen içerikli olması sebebiyle kimyasal tehlikeyi temsil ederken; diğer taraftan tekstil sektörü insan gücüne dayalı bir sektör olduğundan çalışma ortamları oldukça kalabalık ve sıkışık. Bu koşullarda çalışanların vücut yapılarına uygun çalışma ortamlarının düzenlenmesinin zorlaşması ise fiziksel tehlikeyi temsil etmektedir.

Kazalar açısından bakıldığında ise tekstil sektörünün tüm aşamalarında birçok farklı makine kullanılır. Bu makinelerin kullanımı sırasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde ciddi iş kazaları yaşanabilir. Özellikle makinelerin hareketli kısımlarına parmak, el ve kolların sıkışması ezilmelere kopmalara, kırılmalara ve amputasyona neden olabilecek sonuçlar doğurabilir. Bu sebeple tekstil ciddi derecede risk barındıran bir sektör haline gelmektedir.

Gelecekteki çalışmalarda, aynı kriterlere ait geçmiş dönem verileri de dikkate alınarak, iş kolları bazında risk seviyesi açısından bir eğilimin olup olmadığı belirlenebilir. Böylece zamanla iş kolları bazında risk düzeyi açısından gelişmeler takip edilebilir. Farklı kriterler dikkate alınarak iş kollarının risk düzeyleri hesaplanabilir ya da farklı iş kollarının kıyaslanması için de önerilen yöntem kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

Alemi-Ardakani M., Milani A.S, Yannacopoulos S. ve Shokouhi G. (2016), On the effect of subjective, objective and combinative weighting in multiple criteria decision making: A case study on impact optimization of composites, *Expert Systems With Applications* 46, 426–438. Alli, B. O. (2008), *Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*, Geneva: UÇÖ.

Bazaras D., Palšaitis R., Petraška A. ve Zvaigzne A.(2017), Criteria System Of Emergency Situations Risks Assessment In The Baltic Sea Ports, *Transport and Telecommunication*, 18(4), 275–281.

Beriha G.S., Patnaik B. Ve Mahapatra S.S. (2012), Assessment of safety performance in Indian industries using fuzzy approach. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3311–3323.

Ceylan H. ve Başhelvacı V. S. (2011), Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi: Bir Uygulama, *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol.3, No.2, June 2011.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Yayınları (2007), 5 Adımda Risk Değerlendirmesi, Genel Yayın No:140, Ankara, s.:30.

Deng, H., Yeh, C.H. ve Iliş, R.J. (2000), Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS with Objective Weights. *Computers & Operations Research*, 27(10), 963-973.

- Diakoulaki D., Mavrotas G. ve Papayannakis L. (1995), Determining Objective Weights In Multiple Criteria Problems: The Critic Method, *Computers and Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Ghorabae M.K., Amiri M., Zavadskas E. K. ve Antuchevičienė J. (2017), Assessment of third-party logistics providers using a CRITIC–WASPAS approach with interval type-2 fuzzy sets, *Transport*, 32(1), 66-78.
- Grassi A., Gamberini R. ve Mora C. (2009), A fuzzy multi attribute model for risk evaluation in workplaces. *Safety Science*, 47(5), 707–716.
- Gürcanlı G.E. ve Müngen U. (2009), An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 371–387.
- Jeong K-S., Lee K-W. ve Lim H-K. (2010), Risk assessment on hazards for decommissioning safety of a nuclear facility. *Annals of Nuclear Energy*. 37(12), 1751–1762.
- Jozi S. A., Shoshitary M. T. ve Zadeh A. R. K. (2015), Environmental risk assessment of dams in construction phase using a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(1), 1-16.
- Karwowski W. ve Mital A. (1986), Potential applications of fuzzy sets in industrial safety engineering. *Fuzzy Sets and Systems*; 19, 105–120.
- Kılıç O. ve Çerçioğlu H. (2016), Application of Compromise Multiple Criteria Decision Making Methods For Evaluation Of Tcdd's Railway Lines Projects, *Journal of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University*, 31(1), 211-220.
- Marhaviyas P.K., Koulouriotis D. ve Gemeni V. (2011), Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: on a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. *Journal of Loss Prevention in Process Industries*. 24(5), 477–523.
- Orakçı, E., Özdemir, A. (2017), Telafi edici çok kriterli karar verme yöntemleri ile Türkiye ve AB ülkelerinin insani gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesi. *Journal of Economics & Administrative Sciences/Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1).
- Özkılıç, Ö. (2009), "Büyük endüstriyel kazaları önleme çalışmalarında kritik sistemlerin tespiti ve risk değerlendirme yaklaşım ve yöntemleri", *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Bildirisi*, Ankara, 22-24.
- Pamela McCauley-Bell M.S. ve Badiru A.B. (1992), A fuzzy linguistics model for job related injury risk assessment. *Computers and Industrial Engineering*, 23(1–4), 209–212.
- Stamatis D. H. (2003), *Failure mode and effects analysis: FMEA from theory to execution*, 2nd ed., ASQC Quality Press, Wisconsin.
- Ünlü, U., Yalçın, N., Yağlı, İ. (2017), Kurumsal yönetim ve firma performansı: TOPSIS yöntemi ile BIST 30 firmaları üzerine bir uygulama. *Dokuz Eylül University Journal of Graduate School of Social Sciences*, 19(1).
- Wang L., Liu H. ve Quan M. (2017), Evaluating the risk of failure modes with a hybrid MCDM model under interval-valued intuitionistic fuzzy environments, *Computers & Industrial Engineering* 102, 175–185.

## About Us

Ankara Yildirim Beyazit University Industrial Engineering is an institution which is equipped with high level knowledge and experience in the field of methodological and technological tools used in its field, which is able to make a difference in competitive environments and develop itself scientifically and technologically, open to continuous learning, confident and initiative, educating engineers who can express themselves in Turkish and English effectively form the basic mission.

It aims to increase the competition power by working integrated with companies and public institutions in the industry, to design and develop production and service systems, to carry out academic and educational activities in the control and operation areas of these systems, to enable the students to have necessary equipment during the education period, to provide them with the opportunity to be trained as engineers and to present innovative approaches to their implementation by sharing various seminars, workshops, training programs and publications with the solutions and the developments put forward in the theory and practitioners.

Seven full-time faculty members of our department started taking students as of Fall Semester 2017-2018 with five research assistants. Our academic staff are constantly growing in the framework of our work areas. With the new and dynamic team of our department aiming to become one of the best engineering discipline of Industrial Engineering. Our faculty members who are open to current developments and act with the self-renewing mentality aim to be one of the best in their field in a structure ready to develop themselves in every sense.

In addition to basic Industrial Engineering approaches, our department tries to make a difference in four areas:

**Ergonomics and Design of Business Environment:** Ergonomic improvements enable the working environment to be cleaned from hazards and accidents; the work motivation of the person is transformed into an enhancing atmosphere. In addition, due to ergonomic problems, work is prevented, and the cycle time is reduced. Ergonomic regulations do not cover only the production environment; but also, office ergonomics, hospital ergonomics, city ergonomics

**System Engineering:** System engineering enables the design, production, maintenance and termination of complex systems or subsystems that make up these systems to be carried out, taking into account time, cost, quality, efficiency and ethical constraints, especially with economic fluctuations. By focusing on the individual components of the system, thanks to the system engineering approach, the entire system is treated as a whole and an interdisciplinary approach is adopted to solve problems and problems more quickly.

**Manufacturing Management:** The risks facing as a result of the increasing globalization and rapidly developing technologies, and increased international trade and relations have also changed. Now currency movements in the money markets have become one of the most important risks facing institutions. Risk Management has emerged as a very important discipline due to these developments.

**Economics and Financial Engineering:** Financial Engineering conducts the simulation of the operation of financial instruments required for the realization of risk management in the money market, correct pricing and mathematical modeling. Techniques such as stochastic processes, simulation and optimization which are frequently used in Operations Research can be used in Finance Engineering applications. In addition, interest-free risk management activities have gained considerable importance in order to reduce the interest and systemic risks of interest.