

BİR MÜHENDİSLİK FİRMASINA AİT ŞANTİYELERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN RİSK DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Berkay BERK^{1*}, Gülin Feryal CAN²

¹İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Başkent Üniversitesi, Ankara

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-9095-143X>

²Endüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-7275-2012>

| Anahtar Kelimeler | Öz |
|---|--|
| Risk Değerlendirme İş Sağlığı ve Güvenliği KEMIRA-M | İş kazaları, Dünya'da ve Türkiye'de her geçen yıl hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Bu artış nedeniyle, işçiler ve işverenler maddi ve manevi birçok kayıp yaşamaktadır. Gerekli ve yeterli önlemlerin alınmasıyla, iş kazası sayıları düşürülebilir. Bu kapsamda, risklerin doğru ve zamanında belirlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. İnşaat sektörü, diğer sektörlerle karşılaştırıldığında, iş kazası yaşanma olasılığı daha yüksek olan bir sektördür. Ayrıca, gerçekleşen iş kazalarının ölümlerle sonuçlanması açısından diğer sektörler arasında ilk sıradadır. Bu nedenle, şantiyelerde iş sağlığı ve güvenliği (İSG) kapsamında risk analizinin yapılması, önlemlerin alınması önem taşımaktadır. Bu kapsamda çalışmada, Değiştirilmiş Kemeny Medyan Göstergesi Uyum Sıralaması (Modified Kemeny Median Indicator Ranks Accordance-KEMIRA-M) yöntemi risk değerlendirme amacıyla kullanılmıştır. Risk değerlendirme açısından değerlendirildiğinde KEMIRA-M, nitel ve nicel risk kriterlerini bir arada değerlendirerek, şantiyeler arasında en yüksek risk düzeyine sahip olanı belirleyebilmektedir. KEMIRA-M'de dikkate alınabilecek risk kriteri sayısında herhangi bir kısıtlama söz konusu değildir. Risk kriterleri yapısal benzerliklerine göre gruplara ayrılabilirdiği için daha hassas bir değerlendirme yapılabilmektedir. Ayrıca, risk kriterlerinin önem sıralarını belirlerken, uzmanların görüşlerini de dikkate almaktadır. Bu çalışmada, bir mühendislik firmasının, 7 farklı şantiyesinin İSG açısından risk düzeylerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır ve yukarıda belirtilen avantajlarından dolayı KEMIRA-M yönteminin uygulanması tercih edilmiştir. |

EVALUATION OF RISK LEVELS OF AN ENGINEERING COMPANY'S CONSTRUCTIONS IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

| Keywords | Abstract |
|---|---|
| Risk Evaluation Occupational Health and Safety KEMIRA-M | Occupational accidents are increasing rapidly every year in the world and in Turkey. Due to this increase, workers and employers experience many material and moral losses. By taking necessary and adequate precautions, the number of occupational accidents can be reduced. In this context, it is necessary to identify and evaluate risks accurately and in a timely manner. Compared to other sectors, the construction sector has a higher probability of occupational accidents. In addition, it ranks first among other sectors for resulting work accidents resulting in death. For this reason, it is important to take measures by conducting risk analysis within the scope of occupational health and safety (OHS) at construction sites. In this context, the Modified Kemeny Median Indicator Ranks Accordance (KEMIRA-M) was used for risk assessment. When evaluated in terms of risk assessment, KEMIRA-M can determine the one with the highest risk level among the construction sites by evaluating the qualitative and quantitative risk criteria together. There is no restriction on the number of risk criteria considered in KEMIRA-M. Since the risk criteria can be divided into groups according to their structural similarities, a more sensitive assessment can be made. In addition, while determining the order of importance of risk criteria, it also takes into account the opinions of experts. In this study, it was aimed to evaluate the risk levels of 7 different construction sites of an engineering company in terms of OHS, and the application of the KEMIRA-M method was preferred due to the above-mentioned advantages. |

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Araştırma Makalesi | Research Article |
| Başvuru Tarihi : 28.06.2022 | Submission Date : 28.06.2022 |
| Kabul Tarihi : 21.09.2022 | Accepted Date : 21.09.2022 |

*Sorumlu yazar; e-posta: gfcan@baskent.edu.tr

1. Giriş

Türkiye’de iş kazaları ve meslek hastalıklarının en fazla görüldüğü sektörlerden birisi inşaat sektörüdür. Bunun en önemli nedeni, şantiyelerde güvenli çalışma koşullarının sağlanamamasıdır. İnşaat sektöründe, çok sayıda işçi çalışmakta ve bu işçiler genelde geçici istihdamı oluşturmaktadır. Bu sektörde, çalışan sirkülasyonu yoğun olduğu için eğitim verilmesi de güçleşmektedir. Ayrıca, uzun ve düzensiz çalışma saatlerinin olması, önlemlerin sürekliliğini de sektöre uğratmaktadır. Bu nedenle inşaat sektörü, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından yüksek riskli gruba girmektedir. Riskleri en az seviye indirmek için çalışanların, işverenin ve sanayi odalarının yapması gerekenler vardır. Sanayi odaları, şantiyeleri sık sık kontrol etmeli ve tehlikeli şantiyelere caydırıcı cezalar uygulamalıdır. İşveren ise, şantiyelerde sürekli istihdamla iş güvenliği uzmanı çalıştırmalı, gerekli önlemleri almalı, çalışanlara düzenli eğitimler verdirmeli, kişisel korucu donanımları bütün çalışanlar için sağlayarak teslim etmeli ve çalışanların kurallara uyup uymadığını düzenli olarak kontrol etmelidir. Çalışanlar tarafından kurallara uymak, eğitimlere katılmak, kişisel koruyucu donanımları kullanmak ve herhangi bir tehlikeli durumu fark ettiklerinde, hemen iş güvenliği uzmanına bildirmek sorumluluk olarak benimsenmelidir. Ülkemizde iş kazalarının %8,7’si inşaat sektöründe meydana gelirken, sürekli iş göremezlikle sonuçlanan iş kazalarının %22’si, ölümlü sonuçlanan iş kazalarının ise, %26’sı yine inşaat sektöründe yaşanmaktadır (Toktaş ve Can, 2018). İnşaat sektöründe en çok yaşanan kazalar; ayağa çivi batması, el aletlerini kullanırken taşın parçalanıp çalışanın vücuduna gelmesi, yüksekte malzeme düşmesi, bina boşluklarına insan düşmesi, elektrik çarpması, şantiyelerde araç çarpması ve hafriyatın çökmesi gibi kazalardır. Bu kazaları ortaya çıkaran risk türlerinin hassas bir şekilde değerlendirilmesi için yeni ve kapsamlı risk değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut durumda kullanılan risk değerlendirme yöntemlerinin, yönlendirici önlem planlarına dönüştürülemediği, inşaat sektöründe hali hazırda yaşanan iş kazalarıyla kendisini göstermektedir.

Çalışmada, bir mühendislik firmasına ait farklı fabrika inşaatı şantiyelerdeki İSG açısından risk düzeyi, farklı risk kriterleri dikkate alınarak değerlendirilmiş ve en yüksek risk düzeyine sahip şantiyenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Buna göre, öncelikle, en riskli şantiyede önlemlerin uygulanması sağlanmak istenmiştir. Bütün şantiyeler aynı firmaya ait olsalar da, her şantiyenin çalışma koşulları, çalışan işçi sayısı, işçilerin özellikleri farklı olduğu için, İSG açısından risk düzeyleri de farklılık göstermektedir. Aynı firmaya ait birden fazla şantiye olması ve birden fazla risk kriterinin değerlendirmede dikkate alınması istenmesi nedenleriyle, değerlendirmenin yapılması açısından problem, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yapısındadır. Buna göre çalışmada, ÇKKV yöntemleri arasında yer alan, Değiştirilmiş Kemeny Medyan Göstergesi Uyum Sıralaması KEMIRA-M (Kemeny Median Indicator Rank Accordance-Modified) yöntemi kullanılarak şantiyeler, risk düzeylerine göre önceliklendirilmiştir. KEMIRA-M yöntemi, 2016 yılında Krylovas tarafından geliştirilmiştir (Krylovas et al., 2017). Bu çalışmada, birden fazla şantiye ve bu şantiyelerin değerlendirmesinde nitel ve nicel farklı risk kriterlerinin dikkate alınması istenmesi ve uzman görüşlerini de yansıtarak önlem önceliklerinin belirlenmesi istenmesi nedenleriyle, KEMIRA-M yöntemi tercih edilmiştir. KEMIRA-M yönteminde risk kriterleri yapısal benzerliklerine göre gruplara ayrılarak incelenebilmekte ve böylece, kriter sayısı artsa da değerlendirme süreci devam edebilmektedir. Bununla birlikte, uzmanlara ait farklı kriter öncelikleri birleştirilerek ortak bir sıralama, her bir kriter grubu için elde edilmektedir. Böylece, bütün uzmanların görüşleri de yansıtılabilmektedir. Bu özellikleri nedeniyle, KEMIRA-M yönteminin inşaat sektöründe risk değerlendirmesi konusunda yeni bir bakış açısı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Çalışmanın geri kalan bölümlerinin organizasyonu şu şekildedir. İkinci bölümde, inşaat sektöründe risk değerlendirmesiyle ilgili, 2012-2022 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, KEMIRA-M yönteminin uygulama prosedürü anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise, KEMIRA-M yönteminin bir mühendislik firmasının farklı şantiyelerinde risk değerlendirme amacıyla uygulanmasına yer verilmiştir. Beşinci bölümde ise, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. Literatür Araştırması

Bu bölümde, inşaat sektöründe gerçekleştirilen risk değerlendirme çalışmalarına değinilmiştir. Bu kapsamda, son on bir yıla ait literatür taraması yapılmış ve yıllara göre bu çalışmalara aşağıda özetle yer verilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda, bu konuda çok sayıda çalışmanın olduğu görülmüştür.

Hamid et al. (2019), inşaat sahalarında sıklıkla karşılaşılan tehlikelerin belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada, 140 şantiyede saha araştırması gerçekleştirilmiş ve anket formları kullanılarak veri toplanmıştır. Çalışma sonucunda, en yaygın tehlikelerin koruyucu ekipmanın kullanılmaması, gürültü düzeyinin yüksek olması, yangın ve acil durumlarla ilgili önlem planlarının yetersizliği olduğu gözlenmiştir (Hamid et al., 2008). Güranlı ve Müngen (2009) tarafından, bulanık küme teorisi kullanılarak, şantiyelere özgü bir risk analiz modeli geliştirilmiştir. Bu kapsamda, detaylı bir literatür ve saha araştırması yapılmış ve 58 şantiyede ortaya çıkan toplam 5239 iş kazası araştırılmış ve geliştirilmek istenen modele kazalarla ilgili bilgiler aktarılmıştır. Bu çalışma sonucunda, şantiyeler iş güvenliği açısından değerlendirilerek farklı kaza tipleri için riskli olan şantiyeler saptanmıştır ve alınacak önlemler listelenmiştir (Güranlı ve Müngen, 2009). Şahin ve Güranlı (2011) tarafından yapılan çalışmada, ana yapı malzemesi farklı olan, bina şantiyelerinde karşılaşılabilecek muhtemel tehlikeleri önceden tespit ederek kontrol altına alabilmek için gerekli önlemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, iş kazalarının ne ölçüde birbirleriyle farklılık göstereceği analiz edilmiş olup, tasarımdaki farklılıklara göre en az riske sahip bina türü belirlenmiştir (Şahin ve Güranlı, 2012). Uzun (2012) tarafından yapılan çalışmada, şantiyelerde yaygın olarak kullanılan yapı makineleri belirlenmiş, makinelerle ilgili çalışma alanlarına bağlı riskler ortaya konmuş ve her bir yapı makinası için ayrı bir risk değerlendirme formu hazırlanmıştır. Çalışmanın sonunda, belirlenen risk türleri tartışılmış ve çeşitli öneriler sunulmuştur (Uzun, 2012). Adane et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada, 6 şantiyedeki, 401 inşaat işçisine anket yapılmış ve sonuç olarak, inşaat işçilerinde mesleki yaralanmaların yaygın olduğu ortaya konulmuştur. Buna göre, mesleki yaralanmaları azaltmak için, risk faktörleri konusunda farkındalık yaratmak, fazla mesai yapmaktan kaçınmak, eğitim almak ve kişisel korucu malzemeleri temin etmek gibi önlemlerin etkili olabileceği değerlendirilmiştir (Adane et al., 2013). Pinto (2013) tarafından, Kalitatif Mesleki Güvenlik Risk Değerlendirmesi Modeli (Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model-QRAM) geliştirilmiştir. QRAM modeli, önce Brezilya'da bulunan 2 iş güvenliği uzmanı, Bulgaristan'da yaşayan 1 iş güvenliği uzmanı, Yunanistan'da bulunan 3 iş güvenliği uzmanı, Türkiye'de yaşayan 3 iş güvenliği uzmanı ve Portekiz'de bulunan 3 iş güvenliği uzmanı olmak üzere; 12 iş güvenliği uzmanı tarafından değerlendirilmiştir. Buna göre, geliştirilen modelin çok yönlü bir araç olduğu sonucuna varılmıştır. Modelde, dilsel değişkenlerin kullanımının risk faktörlerinin daha iyi değerlendirilmesini sağladığı belirtilmiştir. Böylece, risk değerlendirme sürecinin daha güvenilir bir hale geldiği vurgulanmıştır (Pinto, 2013). Güven ve Aydemir (2014), Türkiye'den seçilen bir baraj için yıkılma parametrelerini belirleyerek, bu barajın risk değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışmalarında, Excel tabanlı risk analiz yazılımı olan, Hata Türü ve Etkileri (HTEA) Risk Aracı (Failure Modes and Effects Analysis-FMEA RISK TOOL)'nı kullanmışlar ve sonuç olarak, borulama faaliyeti risk düzeyinin yüksek olduğunu görmüşlerdir (Güven ve Aydemir, 2014). Yılmaz (2014) tarafından, İstanbul'da bir şantiyede meydana gelen iş kazalarının nedenlerini ve sonuçlarını analiz etmek amaçlanmıştır. Veriler, Retrospektif Kohort yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve şantiyedeki iş kazalarının nedeninin, yüksekte düşen malzemeler olduğu ve bunun sonucu olarak görme kaybı, travma ve delinme gibi yaralanmaların meydana geldiği belirtilmiştir (Yılmaz, 2014). Erzurumluoğlu vd. (2015) tarafından, son yıllarda sık rastlanan kule vinç kaldırma faaliyetlerindeki riskleri analiz etmek için Fine-Kinney metodu kullanılmıştır. Çalışma için termik santral inşaatı ve bir sağlık kampüsü inşaatı seçilmiştir. Çalışma sonucunda, alınması gerekli önlemler tespit edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı iki inşaat projesi göstermiştir ki özellikle, çok tehlikeli sınıfta faaliyet gösteren inşaat sahalarında yapılan risk analizi ve değerlendirmesi çalışmaları tek düzelikten uzak, çok dinamik bir yapıya sahiptir. İnşaat sahalarındaki mevcut şartların sürekli değiştiğini de göz önünde bulundurarak, sürekli yenilenmesi gereken risk değerlendirmesi çalışmalarının oluşturulması noktasında firma yönetimi ve iş güvenliği uzmanlarına büyük bir sorumluluk düştüğü belirlenmiştir (Erzurumluoğlu vd., 2015). Kuşan vd. (2016) tarafından, inşaat projelerinde risklerin değerlendirmesi ve risk büyüklüğünün belirlenebilmesi için bulanık mantık modeli kullanılarak, üç farklı projede uygulanmış ve performansı değerlendirilmiştir (Kuşan vd., 2016). Yerlikaya vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, olasılık, şiddet ve saptanabilirlik risk faktörlerini değerlendirmek için üçgen bulanık sayılarla ifade edilen dilsel değişkenler kullanılarak risk büyüklükleri elde edilmiştir (Yerlikaya vd., 2016). Şeker ve Zavadskas (2017) tarafından, şantiyelerde meydana gelen kazalar için önleyici tedbirler alabilmeye

yardımcı olabilecek Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) yöntemi kullanılmış ve sonuçları doğrulamak için duyarlılık analizi yapılmıştır (Şeker ve Zavadskas, 2017). Toktaş ve Can (2018) tarafından KEMIRA-M, şantiyelerin risk düzeyi açısından sıralanması amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada, bir inşaat firmasının 9 farklı şantiyesinde, 4 tane iş güvenliği uzmanının değerlendirmeleri dikkate alınarak risk seviyesi belirlenmiştir. Risk kriterlerinin önem ağırlıklarının belirlenmesinde Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment-QFD)'dan yararlanılmıştır (Toktaş ve Can, 2018). Uchoa et al. (2019), HTEA yöntemini 65 şantiyede, iskele üzerinde yüksekte çalışma için uygulamışlar ve risk önceliklerini belirleyerek önlemleri sunmuşlardır (Uchoa et al., 2019) Erdebilli ve Gür (2020), Doğu Anadolu Bölgesindeki barajlar için söz konusu olabilecek sekiz adet risk türünü tespit etmiş ve bu risk türlerini olasılık, frekans ve şiddet kriterleri kapsamında, Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada, iki yöntemden elde edilen risk büyüklükleri tartışılmıştır. Sonuç olarak, Bulanık Fine-Kinney yönteminin daha hassas sonuçlar vermesi sebebiyle kullanılmasının daha faydalı olduğu belirtilmiştir (Erdebilli ve Gür, 2020). Öztürk ve Şimşek (2020), yüksekte çalışmayı içeren çatı faaliyetlerindeki kaza türlerinin ve kaza sebeplerinin neler olduğunu tespit etmeyi amaçlamış ve alınabilecek önlemleri belirtmiştir. Çalışmada, L tipi (5X5) matris yöntemi kullanılmış ve sonuç olarak, çatı işlerindeki risklere karşı alınması gereken önlemler, olası can ve mal kaybının önüne geçebilmek için sunulmuştur (Öztürk ve Şimşek, 2020). Günay (2020), bina yapımında kullanılan ahşap kalıp ve tünel kalıp sistemlerindeki tehlikeleri belirlemiştir. Çalışmada, Karabük ilinde devam eden 1144 konut, 1 adet ticaret merkezi, 1 adet cami ve 1 adet su deposu inşaatı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Fine-Kinney metodu kullanılmış ve çalışma sonucunda, muhtemel tehlikeler tespit edilerek, iyileştirme önerileri sunulmuştur (Günay, 2020). Ayduran ve Olcay (2022) tarafından, inşaat sektöründe İSG kültürünün güvenli davranışlar üzerindeki etkisinin incelenmiştir. Çalışma sonucunda, katılımcıların demografik özelliklerinin İSG kültürü algı düzeyleri ve güvenli davranışları üzerinde çok fazla etkiye sahip olmadığı, gelir düzeyine göre genel iş güvenliği farkındalığında anlamlı bir farklılık olmadığı, bir yakını iş kazası geçiren çalışanların İSG kültürü açısından daha yüksek puanlara sahip oldukları görülmüştür (Ayduran ve Olcay, 2022). Elmas Atay ve Yıldırım (2022) tarafından, 7 risk kriteri belirlenerek, ekonomik faaliyet sınıflamasında yer alan 88 sektör değerlendirilmiştir. Çalışmada, Gri İlişkisel Analiz (GRA) yöntemiyle öncelikle kriterlerin eşit öneme sahip olduğu varsayılarak sektörlerin sıralamaları belirlenmiştir. Sonrasında, CRITIC ve Gri ilişkisel analiz entegrasyonu kullanılarak yeni bir sektör sıralaması elde edilmiştir. Her iki koşulda, İSG açısından en riskli sektörün bina inşaatı olduğu ortaya çıkarılmıştır (Elmas Atay ve Yıldırım, 2022). Sağır vd. (2022) tarafından, 1994-2012 yılları arasında Türkiye genelinde yaşanmış 134 kaza ve 185 kazazedenin olduğu bir veri seti kullanılarak, Yapay Sinir Ağları (YSA) modelinin uygulanmasıyla Çok katmanlı algılayıcı ağlar (ÇKA) modeli oluşturulmuştur. Buna göre, inşaat sektöründe meydana gelen kazalarda kazazedelerin son durumuna (geçici iş göremezlik, sürekli iş göremezlik, malul ve ölüm) etki eden faktörlerin önem analizi gerçekleştirilmiştir. Burada amaçlanan, kazanın önlenmesi ya da kazazedenin kazayı daha az kayıpla atlattığı için ilgili şirketler ve/veya devlet tarafından alınması gereken önlemler konusunda farkındalık yaratmaktır (Sağır vd., 2022).

3. KEMIRA-M Yöntemi

KEMIRA-M yöntemin uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

Birinci Adım: Risk değerlendirmesinde dikkate alınacak kriterlerin ve değerlendirilecek şantiyelerin belirlenmesi, uzman grubunun oluşturulması.

KEMIRA-M yöntemine göre risk kriterleri yapısal benzerliklerine göre iki gruba ayrılır. Bu gruplar, birinci grup ve ikinci grup yada içsel-dışsal kriter grupları vb. olarak adlandırılabilir. Birinci kriter grubu $x_a; a = 1, \dots, i, \dots, n$ olarak, ikinci grubu ise, $y_b; b = 1, \dots, j, \dots, m$ olarak ifade edilir. Alternatifler $S_c; c = 1, \dots, C$ olarak, bu alternatifleri değerlendirebilecek uzman kişiler ise, $U_d; d = 1, \dots, D$ olarak tanımlanır. Burada alternatifler, şantiyeleri oluşturmaktadır.

İkinci Adım: Başlangıç karar matrisi oluşturulması.

Başlangıç karar matrisi [D], Eşitlik (1)'deki gibi oluşturulur. [D], şantiyelerin, her iki grupta bulunan risk kriterlerine göre aldıkları değerleri içerir.

$$[D] = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_a^{(1)} & \dots & x_n^{(1)} & y_1^{(1)} & \dots & y_b^{(1)} & \dots & y_m^{(1)} \\ x_1^{(i)} & \dots & x_a^{(i)} & \dots & x_n^{(i)} & y_1^{(i)} & \dots & y_b^{(i)} & \dots & y_m^{(i)} \\ x_1^{(c)} & \dots & x_a^{(c)} & \dots & x_n^{(c)} & y_1^{(c)} & \dots & y_b^{(c)} & \dots & y_m^{(c)} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada,

$x_a^{(c)}$; c . şantiyenin, birinci grupta yer alan a . kriter için aldığı değeri,

$y_b^{(c)}$; c . şantiyenin, ikinci grupta yer alan b . kriter için aldığı değeri göstermektedir.

Üçüncü Adım: Maliyet türü kriterlerin fayda türü kriterlere dönüştürülmesi.

Risk değerlendirmesinde dikkate alınan maliyet türü kriterlerin fayda türüne dönüştürülmesi gereklidir. Fayda türü kriterler için şantiyelerin yüksek değerler alması ve maliyet türü kriterler için ise, düşük değerler alması istenir. Fayda türü kriterlerin herhangi birisi için bir şantiye, diğer şantiyelere göre daha yüksek değere sahipse, o şantiyenin daha az riskli olduğu değerlendirilir. x_a birinci grupta yer alan maliyet türü bir kriter ise, $\frac{1}{x_a}$ dönüşümü uygulanarak fayda türü kriterine dönüştürülür. Bu dönüşüm, aynı şekilde ikinci grup kriterler içinde uygulanır.

Dördüncü Adım: Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesi.

Birinci ve ikinci grup kriterler için Eşitlik (2)'de görüldüğü gibi ayrı ayrı normalizasyon işlemi uygulanarak, normalize başlangıç karar matrisi [X^*] elde edilir.

$$x_a^{(c)*} = \frac{x_a^{(c)} - x_{min}^{(c)}}{x_{max}^{(c)} - x_{min}^{(c)}}, \quad y_b^{(c)*} = \frac{y_b^{(c)} - y_{min}^{(c)}}{y_{max}^{(c)} - y_{min}^{(c)}} \quad (2)$$

Burada;

$x_a^{(c)*}$; Birinci grupta yer alan a . kriterin için c . şantiye için normalize değerini,

$y_b^{(c)*}$; İkinci grupta yer alan b . kriterin için c . şantiye için normalize değerini,

$x_{max}^{(c)}$; Şantiyeler kapsamında, birinci grupta yer alan kriterlerin en büyük değerini,

$x_{min}^{(c)}$; Şantiyeler kapsamında, birinci grupta yer alan kriterlerin en küçük değerini,

$y_{max}^{(c)}$; Şantiyeler kapsamında, ikinci grupta yer alan kriterlerin en büyük değerini,

$y_{min}^{(c)}$; Şantiyeler kapsamında, ikinci grupta yer alan kriterlerin en küçük değerini göstermektedir.

Beşinci Adım: Uzmanlar için kriter önceliklerinin belirlenmesi.

Her bir uzman, bağımsız şekilde, kendi görüşüne göre, birinci ve ikinci grupta yer alan kriterleri önceliklendirir. $(x_a)_r^d$; d . uzman tarafından, birinci grupta yer alan a . kriter için belirlenen r . öncelik sırasımı, $(y_b)_r^d$; d . uzman tarafından, birinci

grupta yer alan b. kriter için belirlenen r . öncelik sırasını göstermektedir. Bununla birlikte; $(x_a)_r^d \in \{1, 2, \dots, n\}$ ve $(y_b)_r^d \in \{1, 2, \dots, m\}$ olarak ifade edilir. “1” değeri atanan kriterin, diğer kriterlerden daha önemli bir kriter olduğu anlaşılır. Aşağıda yer alan Tablo 1’de, uzmanlara ait birinci ve ikinci grupta yer alan kriterlerin öncelik matrisi yer almaktadır.

Tablo 1. Birinci ve ikinci grupta yer alan kriterler için uzmanlar tarafından belirlenen öncelikler

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|
| U_d | x_1 | ... | x_i | ... | x_n | y_1 | ... | y_j | ... | y_m |
| 1 | $(x_1)_r^1$ | ... | $(x_i)_r^1$ | ... | $(x_n)_r^1$ | $(y_1)_r^1$ | ... | $(y_j)_r^1$ | ... | $(y_m)_r^1$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| d | $(x_1)_r^d$ | ... | $(x_i)_r^d$ | ... | $(x_n)_r^d$ | $(y_1)_r^d$ | ... | $(y_j)_r^d$ | ... | $(y_m)_r^d$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| D | $(x_1)_r^D$ | ... | $(x_i)_r^D$ | ... | $(x_n)_r^D$ | $(y_1)_r^D$ | ... | $(y_j)_r^D$ | ... | $(y_m)_r^D$ |

Altıncı Adım: Uzmanlar için öncelik matrislerinin oluşturulması.

Beşinci adımda belirlenen, bütün uzmanlar için birinci ve ikinci grupta yer alan kriter öncelikleri kullanılarak, bu öncelikler birinci grup kriterler için $x_{(1)}^d > x_{(2)}^d > \dots > x_{(i)}^d > \dots > x_{(n)}^d$ ve ikinci grup kriterler için $y_{(1)}^d > y_{(2)}^d > \dots > y_{(j)}^d > \dots > y_{(m)}^d$ sıralamalarına dönüştürülür. Burada, $x_{(i)}^d$ ve $y_{(j)}^d$ d . uzman için i . ve j . sırada bulunan birinci ve ikinci grup kriterlerini ifade etmektedir. Sonrasında, birinci grup kriterler için, her bir uzmana ait öncelik matrisi $[P_X^d]_{n \times n}$, ikinci grup kriterler için bütün uzmanlara ait öncelik matrisi $[P_Y^d]_{m \times m}$ elde edilir. Bütün uzmanlar için oluşturulan, birinci grup kriterlere ait öncelik matrisi $[P_X^d]_{n \times n}$ ’nin her bir elemanı, $(p_{a_i})^d$, $i = 1, 2, \dots, n$, $a = 1, 2, \dots, n$ olarak gösterilir. Eşitlik (3)’te verilen $(p_{a_i})^d$, d . uzman için birinci grupta yer alan a . kriterin i . kritere göre önceliğini tanımlar.

$$(p_{a_i})^d = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x_{(a)}^d < x_{(i)}^d \\ 1, & \text{eğer } x_{(a)}^d < x_{(i)}^d \end{cases} \quad (3)$$

Benzer şekilde, her bir uzman için, ikinci grup kriterlere ait öncelik matrisi $[P_Y^d]_{m \times m}$ ’nin her bir elemanı, $(p_{b_j})^d$, $b = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, m$. olarak gösterilir. $(p_{b_j})^d$, Eşitlik (4)’te verildiği gibi d . uzman için, ikinci grupta yer alan b . kriterin j . kritere göre önceliğini tanımlar.

$$(p_{b_j})^d = \begin{cases} 0, & \text{eğer } y_{(b)}^d < y_{(j)}^d \\ 1, & \text{eğer } y_{(b)}^d < y_{(j)}^d \end{cases} \quad (4)$$

Yedinci Adım: Her bir kriter grubu için Medyan Öncelik Bileşenleri (Median Priority Components–MPCs) belirlenmesi.

Bütün uzmanlar için, diğer uzmanlarla olan öncelik sıralamaları arasındaki uzaklık (p_x^d) hesaplanır. Her bir uzman için, Adım 6’da oluşturulan birinci grup kriterlere ait sıralama uzaklıkları Eşitlik (5)’te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$p_x^1 = \sum_{d=1}^D \sum_{a=1}^n \sum_{i=1}^n |(p_{a_i})^1 - (p_{a_i})^d|$$

$$\begin{aligned}
p_x^2 &= \sum_{d=1}^D \sum_{a=1}^n \sum_{i=1}^n |(p_{a_i})^2 - (p_{a_i})^d| \\
&\vdots \\
p_x^s &= \sum_{d=1}^D \sum_{a=1}^n \sum_{i=1}^n |(p_{a_i})^D - ((p_{a_i})^d)| \tag{5}
\end{aligned}$$

Sonrasında, p_x^d değerleri arasında en küçük olanı Eşitlik (6)'daki gibi seçilir.

$$p_x = \min\{p_x^1, p_x^2, \dots, p_x^D\} \tag{6}$$

İkinci grup kriterler için de, Eşitlik (5) ve (6)'da verilen, aynı işlem basamakları uygulanarak, sırasıyla p_y^d ve p_y değerleri elde edilir.

$$\begin{aligned}
p_y^1 &= \sum_{d=1}^D \sum_{b=1}^m \sum_{j=1}^m |(p_{b_j})^1 - (p_{b_j})^d| \\
p_y^2 &= \sum_{s=1}^D \sum_{b=1}^m \sum_{j=1}^m |(p_{b_j})^2 - (p_{b_j})^d| \\
&\vdots \\
p_y^l &= \sum_{d=1}^D \sum_{b=1}^m \sum_{j=1}^m |(p_{b_j})^D - ((p_{b_j})^d)| \tag{7}
\end{aligned}$$

Eşitlik (7) kullanılarak, ikinci grup kriterler için minimum değer p_y^d , $l = 1, 2, \dots, D$ Eşitlik (8) kullanılarak hesaplanır.

$$p_y = \min\{p_y^1, p_y^2, \dots, p_y^l\} \tag{8}$$

Eşitlik (6) ve Eşitlik (8)'de verilen p_x ve p_y değerlerini sağlayan uzman, d^* olarak tanımlanır. d^* uzmanının birinci ve ikinci grup kriterler için öncelik sıralaması; $x_{(1)}^{d^*} > x_{(2)}^{d^*} > \dots > x_{(n)}^{d^*}$ ve $y_{(1)}^{d^*} > y_{(2)}^{d^*} > \dots > y_{(m)}^{d^*}$ şeklinde ifade edilir. Bu sıralama, birinci ve ikinci grup kriterler için Medyan Öncelik Bileşenleri MPCs olarak kabul edilir.

Sekizinci Adım: MPCs'ye göre kriter ağırlıklarının hesaplanması.

Bu adımda, kriter ağırlıkları belirlenirken, yedinci adımdaki MPCs'ye uygun olmasına dikkat edilir. Yöntem olarak, Sıralama Uygunluk Göstergesi (Rank Accordance Indicator) yöntemi kullanılır. Buna göre, kriter ağırlıkları Eşitlik (9) ve (10)'da belirtilen sıralamaya uygun olarak atanır.

$$w_{x_{(1)}}^{d^*} \geq w_{x_{(2)}}^{d^*} \geq \dots \geq w_{x_{(a)}}^{d^*} \geq w_{x_{(n)}}^{d^*} \tag{9}$$

$$w_{y_{(1)}}^{d^*} \geq w_{y_{(2)}}^{d^*} \geq \dots \geq w_{y_{(b)}}^{d^*} \geq w_{y_{(m)}}^{d^*} \tag{10}$$

Ağırlıklar, Eşitlik (9) ve (10)'da belirtildiği gibi sıralandıktan sonra, $0 \leq w_{x_a}, w_{y_b} \leq 1$ olacak şekilde atanır. Eşitlik (11) ve (12)'de gösterildiği gibi toplamları '1' olması sağlanarak, kriterler için ağırlık kombinasyonları belirlenir.

$$w_{x_1} + w_{x_2} + \dots + w_{x_a} + \dots + w_{x_n} = 1 \quad (11)$$

$$w_{y_1} + w_{y_2} + \dots + w_{y_b} + \dots + w_{y_m} = 1 \quad (12)$$

Dokuzuncu Adım: Şantiyelerin sıralanması.

Tüm şantiyeler için ağırlıklı normalize değerler Eşitlik (13) kullanılarak elde edilir.

$$x_{w_x}(c) = \sum_{a=1}^n w_{x_a} x_a^{(c)*}; y_{w_y}(c) = \sum_{b=1}^m w_{y_b} y_b^{(c)*} \quad (13)$$

Eşitlik (14)'te ise, ağırlıklı normalize değerler arasındaki mutlak farkı minimum yapan, birinci ve ikinci grup kriterler için ağırlık setleri belirlenir.

$$F(X, Y) = \min_{w_x, w_y} \sum D \left| X_{w_x}(c) - Y_{w_y}(c) \right| \quad (14)$$

Eşitlik (15) kullanılarak, Eşitlik (14) ile belirlenen ağırlık setlerinin uygulanmasıyla şantiyeler sıralanır. En yüksek Z_c değerine sahip olan şantiye, en düşük riskli şantiye olarak tanımlanır.

$$Z_c = X_{w_x}(c) + Y_{w_y}(c) \quad (15)$$

4. KEMIRA-M YÖNTEMİNİN ŞANTİYELERİN RİSK DÜZEYLERİNE GÖRE ÖNCELİKLENDİRİLMESİNDE KULLANILMASI

Bu bölümde, KEMIRA-M yöntemi, şantiyelerin risk düzeylerine göre sıralanması amacıyla, üçüncü bölümdeki uygulama prosedürüne uygun olarak kullanılmıştır.

Birinci Adım: Risk değerlendirmesinde dikkate alınacak kriterlerin ve değerlendirilecek şantiyelerin belirlenmesi, uzman grubun oluşturulması.

Çalışmada, risk kriterleri birinci grup ve ikinci grup olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Birinci grupta 5 tane kriter bulunmakta ve bu kriterler olarak $x_a; a = 1, \dots, i, \dots, 5$ ifade edilmektedir. İkinci grupta ise, 6 tane kriter yer almakta ve bu kriterler $y_b; b = 1, \dots, j, \dots, 6$ olarak tanımlanmaktadır.

Birinci grupta yer alan kriterlerden ilki, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine ayrılan süredir. Bu kriter, x_1 olarak tanımlanmıştır. x_1 , 2020 yılında, ilgili şantiyede, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine harcanan süreyi göstermektedir, birimi saat/yıl'dır. İkinci kriter, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alan işçi sayısıdır. Bu kriter, x_2 olarak tanımlanır. x_2 , 2020 yılında, ilgili şantiyede, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alan işçi sayısını göstermektedir, birimi adet/yıl'dır. Üçüncü kriter, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında firmaya gerçekleştirilen denetim sayısıdır. Bu kriter, x_3 olarak tanımlanmıştır. x_3 , 2020 yılında, ilgili şantiyenin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında geçirdiği denetim sayısını göstermektedir, birimi adet/yıl'dır. Dördüncü kriter, ortalama deneyim süresidir. Bu kriter, x_4 olarak tanımlanmıştır. x_4 , 2020 yılında, hali hazırda ilgili şantiyede çalışan işçilerin ortalama deneyim süresini göstermektedir ve birimi yıldır. Beşinci kriter, çalışan sayısıdır. Bu kriter, x_5 olarak tanımlanmıştır. x_5 , 2020 yılı dikkate alındığı zaman, ilgili şantiyede çalışan işçi sayısını göstermektedir, birimi adettir. İkinci grupta yer alan kriterlerden ilki, iş kazası sayısıdır. Bu kriter, y_1 olarak tanımlanmıştır. y_1 , 2020 yılında ilgili şantiyede yaşanan iş kazası sayısını göstermektedir ve birimi adet/yıl'dır. İkinci kriter, meslek hastalığı sayısıdır. Bu kriter, y_2 olarak tanımlanır. y_2 , 2020 yılında, geçirdiği iş kazası nedeniyle meslek hastalığı yaşayan işçi sayısını göstermektedir, birimi adet/yıl'dır. Üçüncü kriter, yaralanan işçi sayısıdır. Bu kriter, y_3

olarak tanımlanır. y_3 , 2020 yılında, ilgili şantiyede geçirdiği iş kazası sonucu yaralanan işçi sayısını göstermektedir, birimi adettir. Dördüncü kriter, kayıp süredir. Bu kriter, y_4 olarak tanımlanır. y_4 , 2020 yılında, ilgili şantiyede iş kazaları nedeniyle kaybedilen süreyi göstermektedir, birimi saat/yıl'dır.

Risk değerlendirmesi yapılan şantiyelerden ilki (S_1), Sincan organize sanayi bölgesinde bulunan, bir soğutma firmasına ait olan prefabrik fabrika şantiyesidir. Şantiye alanı $4000m^2$ 'dir ve iki katlıdır. İkinci şantiye (S_2), Temelli organize bölgesinde bulunan, yine aynı soğutma firmasına ait, betonarme fabrika şantiyesidir. Şantiye alanı $16000m^2$ 'dir ve tek katlıdır. Üçüncü şantiye (S_3), Temelli organize bölgesinde bulunan, bir pazarlama firmasına ait, betonarme fabrika şantiyesidir. Şantiye alanı $10000m^2$ 'dir, dört katlıdır ve kule vinç kuruludur. Dördüncü şantiye (S_4), Temelli organize bölgesinde bulunan, bir makine firmasına ait olan betonarme fabrika şantiyesidir. Şantiye alanı $10000m^2$ 'dir ve tek katlıdır. Beşinci şantiye (S_5), Anadolu organize bölgesinde bulunan, bir makine firmasına ait olan, betonarme fabrika şantiyesidir. Şantiye alanı $3500m^2$ 'dir ve tek katlıdır. Altıncı şantiye (S_6), Anadolu organize bölgesinde bulunan, bir mühendislik firmasına ait olan, prefabrik fabrika şantiyesidir. Şantiye alanı $4000m^2$ 'dir ve tek katlıdır. Yedinci şantiye (S_7), Anadolu organize bölgesinde bulunan, çelik üreten bir firmaya ait olan prefabrik fabrika şantiyesidir. Şantiye alanı $4000m^2$ 'dir ve tek katlıdır.

Çalışmada, risk kriterlerinin değerlendirilmesi amacıyla 3 uzmanın ($U_d, d = 1, \dots, 3$) görüşlerinden faydalanılmıştır. Birinci uzman (U_1), 4 yıllık deneyime sahip bir inşaat mühendisidir. İkinci uzman (U_2), 6 yıllık çalışma deneyimi olan bir inşaat mühendisidir ve 2 yıldan beri de C sınıfı iş güvenliği uzmanı olarak görev yapmaktadır. Üçüncü uzman (U_3), 5 yıllık C sınıfı iş güvenliği uzmanı deneyimine sahiptir.

İkinci Adım: Başlangıç karar matrisi oluşturulması.

[D], Eşitlik (1)'de verildiği gibi, Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2. Başlangıç Karar Matrisi

| Şantiyeler | Birinci grup kriterler | | | | | İkinci grup kriterler | | | |
|------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 |
| S_1 | 700 | 8 | 60 | 4 | 8 | 2 | 2 | 2 | 24 |
| S_2 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| S_3 | 720 | 12 | 150 | 5 | 12 | 3 | 3 | 3 | 48 |
| S_4 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| S_5 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| S_6 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 2 | 1 | 2 | 24 |
| S_7 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 2 | 1 | 2 | 24 |

Tablo 2'den de görüldüğü gibi, birinci şantiyede (S_1), 2020 yılında İSG eğitimlerine 700 saat harcanmıştır.

Üçüncü Adım: Maliyet türü kriterlerin fayda türü kriterlere dönüştürülmesi

Birinci grup kriterlerin hepsi $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ fayda türü kriterlerdir. İkinci grup kriterler ise, $\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ maliyet türü kriterlerdir. Maliyet türü kriterler $\frac{1}{y_b}$ dönüşümü uygulanarak, fayda türü kriterlere dönüştürülür. Tablo 3'te dönüştürülmüş [D] gösterilmektedir.

Tablo 3. Dönüştürülmüş başlangıç karar matrisi

| Şantiyeler | Birinci Grup Kriterler | | | | | İkinci Grup Kriterler | | | |
|------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 |
| S_1 | 700 | 8 | 60 | 4 | 8 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,042 |
| S_2 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,083 |
| S_3 | 720 | 12 | 150 | 5 | 12 | 0,330 | 0,330 | 0,330 | 0,021 |
| S_4 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,083 |
| S_5 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,083 |
| S_6 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 0,500 | 1,000 | 0,500 | 0,042 |
| S_7 | 680 | 4 | 30 | 3 | 4 | 0,500 | 1,000 | 0,500 | 0,042 |

Dördüncü Adım: Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesi.

Eşitlik (2) kullanılarak, $[X^*]$ Tablo 4'teki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 4. Normalize başlangıç karar matrisi

| Şantiyeler | Birinci Grup Kriterler | | | | | İkinci Grup Kriterler | | | |
|------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 |
| S_1 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,34 |
| S_2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| S_3 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| S_4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| S_5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| S_6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 1,00 | 0,25 | 0,34 |
| S_7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 1,00 | 0,25 | 0,34 |

Beşinci Adım: Uzmanlar için kriter önceliklerinin belirlenmesi.

Birbirinden bağımsız, İSG alanında uzman, 3 kişinin gerçekleştirdiği kriter sıralamaları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Uzmanlara ait kriter sıralamaları

| Uzman Grup | Birinci Grup Kriterler | | | | | İkinci Grup Kriterler | | | |
|------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 |
| U_1 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 |

| | | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U_2 | 2 | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| U_3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 5 | 2 | 4 | 3 | 1 |

Tablo 5'ten de görüldüğü gibi, birinci uzman (U_1) için, birinci grupta yer alan ikinci kriter (x_2) beşinci önem sırasındadır.

Altıncı Adım: Uzmanlar için öncelik matrislerinin oluşturulması.

Adım 5'te verilen Tablo 5 kullanılarak, tüm uzmanlar için kriterlere ait öncelik sıraları elde edilmiş ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Uzmanlara ait kriter öncelikleri

| Uzman Grup | Birinci Grup Kriterleri | | | | | İkinci Grup Kriterleri | | | |
|------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 |
| U_1 | $x_{(4)}^1$ | $x_{(5)}^1$ | $x_{(1)}^1$ | $x_{(2)}^1$ | $x_{(3)}^1$ | $y_{(1)}^1$ | $y_{(3)}^1$ | $y_{(4)}^1$ | $y_{(2)}^1$ |
| U_2 | $x_{(2)}^2$ | $x_{(1)}^2$ | $x_{(3)}^2$ | $x_{(5)}^2$ | $x_{(4)}^2$ | $y_{(1)}^2$ | $y_{(3)}^2$ | $y_{(4)}^2$ | $y_{(2)}^2$ |
| U_3 | $x_{(1)}^3$ | $x_{(4)}^3$ | $x_{(2)}^3$ | $x_{(3)}^3$ | $x_{(5)}^3$ | $y_{(2)}^3$ | $y_{(4)}^3$ | $y_{(3)}^3$ | $y_{(1)}^3$ |

Sıralamalar elde edildikten sonra, her bir uzman için Eşitlik (3) kullanılarak, öncelik matrisi oluşturulur. Aşağıda yer alan Eşitlik (16)'da, uzmanların birinci grup kriterler için öncelik matrisleri ($[P_X^d]_{n \times n}$) gösterilmektedir. Eşitlik (17)'de ise, uzmanların ikinci grup kriterler için öncelik matrisleri ($[P_Y^d]_{m \times m}$) gösterilmektedir.

$$[P_X^1]_{5 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}_{5 \times 5}$$

$$[P_X^2]_{5 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{5 \times 5}$$

$$[P_X^3]_{5 \times 5} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}_{5 \times 5} \quad (16)$$

$$[P_Y^1]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{4 \times 4}$$

$$[P_Y^2]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}_{4 \times 4}$$

$$[P_Y^3]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{4 \times 4} \quad (17)$$

Yedinci Adım: Her bir kriter grubu için MPCs'nin belirlenmesi.

Birinci kriter grubu için her bir uzmanın, diğer uzmanlara göre öncelik uzaklıkları arasındaki fark, Eşitlik (5) ve Eşitlik (6)'ya göre hesaplanmıştır. Buna göre, $\rho_X^1 = 25$, $\rho_X^2 = 25$, $\rho_X^3 = 18$ olarak elde edilmiştir. Ardından, minimum toplam uzaklık değerine sahip uzmanlar, s^* olarak ifade edilerek, bu uzmanların kriter sıralaması, birinci grup için MPCs'leri oluşturmuştur. Buna göre, birinci grup kriterler için üçüncü uzmana ait sıralama; $x_{(1)}^{3*} > x_{(3)}^{3*} > x_{(4)}^{3*} > x_{(2)}^{3*} > x_{(5)}^{3*}$ olarak elde edilir ve bu sıralama birinci grup kriterler için MPCs olarak kabul edilir. İkinci kriter grubu için her bir uzmanın, diğer uzmanlara göre öncelik uzaklıkları arasındaki fark, Eşitlik (7) ve Eşitlik (8)'e göre sırasıyla hesaplanmıştır. Buna göre, $\rho_Y^1 = 15$, $\rho_Y^2 = 19$, $\rho_Y^3 = 14$ olarak elde edilmiştir. Ardından, minimum toplam uzaklık değerine sahip uzmanlar, s^* olarak ifade edilerek, bu uzmanların kriter sıralaması, ikinci grup için MPCs'leri oluşturmuştur. Buna göre, ikinci grup kriterler için üçüncü uzmana ait sıralama; $y_{(4)}^{3*} > y_{(1)}^{3*} > y_{(3)}^{3*} > y_{(2)}^{3*}$ olarak elde edilir ve bu sıralama birinci grup kriterler için MPCs olarak kabul edilir.

Sekizinci Adım: MPCs'ye göre kriter ağırlıklarının hesaplanması.

Her bir kriter grubu için, MPCs'ye göre kriter ağırlıklarının belirlenmesinde, Eşitlik (9), (10), (11) ve (12)'de verilen koşullar dikkate alınmıştır. Birinci grup kriterler için atanan kriter ağırlıkları, Tablo 7'de ve ikinci grup kriterler için atanan kriter ağırlıkları ise, Tablo 8'de gösterilmiştir.

Dokuzuncu Adım: Şantiyelerin sıralanması.

Tüm şantiyeler için ağırlıklı normalize değerler, Eşitlik (13) kullanılarak elde edilmiştir ve birinci grup kriterler için Tablo 9'da ikinci grup kriterler için Tablo 10'da sunulmuştur. Ardından, Eşitlik (14) kullanılarak, ağırlıklı normalize değerler arasındaki mutlak farkı minimum yapan, birinci ve ikinci grup kriterler için ağırlık setleri belirlenerek, Tablo 11'de

verilmiştir. Tablo 11'den de görüldüğü gibi $F(X, Y) = \min_{w_x, w_y} \sum D |X_{w_x}(c) - Y_{w_y}(c)| = 0,17$ 'dir. Son olarak, Eşitlik (15) yardımıyla, Eşitlik (14) ile belirlenen ağırlık setleri dikkate alınarak şantiyeler sıralanır. En yüksek Z_c değerine sahip olan şantiye, en düşük riskli şantiye olarak tanımlanır. Şantiyelere ait sıralamalar, Tablo 12'de verilmiştir. Tablo 12'den de görüldüğü gibi, şantiyelerin sıralaması $S_2 = S_3 = S_4 = S_5 > S_6 > S_7 = S_8$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 12. Şantiyelerin sıralamaları

| $X_{w_x}(c)$ | $Y_{w_y}(c)$ | Z_c | SIRALAMA |
|--------------|--------------|-------|----------|
| 0,50 | 0,33 | 0,83 | 2 |
| 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1 |
| 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1 |
| 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1 |
| 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1 |
| 0,00 | 0,33 | 0,33 | 3 |
| 0,00 | 0,33 | 0,33 | 3 |

Tablo 7. Birinci grup kriterler için ağırlık atamaları

| Ağırlık Kombinasyonları | $x_{(1)}^{3*} > x_{(3)}^{3*} > x_{(4)}^{3*} > x_{(2)}^{3*} > x_{(5)}^{3*}$ | | | | | Toplam |
|-------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | $w_{(1)}^{3*} \geq w_{(3)}^{3*} \geq w_{(4)}^{3*} \geq w_{(2)}^{3*} \geq w_{(5)}^{3*}$ | | | | | |
| | w_{x_1} | w_{x_2} | w_{x_3} | w_{x_4} | w_{x_5} | |
| 1 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 2 | 0,9 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 3 | 0,8 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 4 | 0,8 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 1 |
| 5 | 0,7 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 6 | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 1 |
| 7 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 1 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 8 | 0,6 | 0,0 | 0,4 | 0 | 0,0 | 1 |
| 9 | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 1 |
| 10 | 0,6 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 1 |
| 11 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 1 |
| 12 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 1 |
| 13 | 0,5 | 0,0 | 0,5 | 0 | 0,0 | 1 |
| 14 | 0,5 | 0,0 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 1 |
| 15 | 0,5 | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 1 |
| 16 | 0,5 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 1 |

Tablo 8 (devamı). Birinci grup kriterler için ağırlık atamaları

| | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 17 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 1 |
| 18 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 1 |
| 19 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 1 |
| 20 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 1 |
| 21 | 0,4 | 0,0 | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 1 |
| 22 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 1 |
| 23 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 1 |
| 24 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0 | 1 |
| 25 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 1 |
| 26 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 1 |
| 27 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 1 |
| 28 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 1 |
| 29 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 1 |
| 30 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1 |

Tablo 9. İkinci grup kriterler için ağırlık atamaları

| Ağırlık Kombinasyonları | $y_{(4)}^{3*} > y_{(1)}^{3*} > y_{(3)}^{3*} > y_{(2)}^{3*}$ $w_{(4)}^{3*} \geq w_{(1)}^{3*} \geq w_{(3)}^{3*} \geq w_{(2)}^{3*}$ | | | | TOPLAM |
|-------------------------|---|-----------|-----------|-----------|--------|
| | w_{y_1} | w_{y_2} | w_{y_3} | w_{y_4} | |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1 | 1 |
| 2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 1 |
| 3 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 1 |
| 4 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,8 | 1 |

Tablo 8 (devamı). İkinci grup kriterler için ağırlık atamaları

| | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|---|
| 5 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 1 |
| 6 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,7 | 1 |
| 7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,7 | 1 |
| 8 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 1 |
| 9 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,6 | 1 |
| 10 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,6 | 1 |
| 11 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 1 |
| 12 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 1 |
| 13 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 1 |
| 14 | 0,3 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 1 |
| 15 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 1 |
| 16 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 |
| 17 | 0,4 | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 1 |
| 18 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 1 |
| 19 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,4 | 1 |
| 20 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 1 |

| | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|---|
| 21 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 1 |
| 22 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 1 |
| 23 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 1 |

5. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmada, aynı firmaya ait 7 şantiyenin İSG açısından risk düzeylerinin belirlenmesinde KEMIRA-M yöntemi kullanılmıştır. KEMIRA-M yönteminde, kriter ağırlıkları prosedüre uygun olarak, farklı ağırlık kombinasyonlarını uzmanların uzlaşa yoluyla belirlemeleri sonucu elde edilmiştir.

KEMIRA-M uygulamasının sonuçlarından da görüldüğü gibi, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci şantiyeler, risk düzeyi açısından en düşük riskli şantiyeler olarak ortaya çıkmıştır. Buna karşın, yedinci ve sekizinci şantiyeler, en yüksek risk seviyesine sahip şantiyeler olarak belirlenmiştir. Yedinci ve sekizinci şantiyelerin en yüksek riskli çalışma alanları olarak belirlenmesinin sebebi, betonarme şantiyeler olması ve alanlarının büyük olmasıdır. Betonarme şantiyelerde, kalıp işçiliği, kat işçiliği, demir işçiliği yoğun olarak kullanılır ve bu nedene kule vinç kullanılması gerekir. Bu tür şantiyelerde, yerinde döküm yapılır ve pompa ile mikserlerden faydalanılır. Bütün bu koşullar, ortaya çıkabilecek iş kazalarını arttırabilir ve bu durum doğrudan şantiyenin risk düzeyini de yükseltir. İkinci, üçüncü ve dördüncü şantiyelerin en düşük riske sahip olmalarının nedenleri ise, tek katlı, prefabrik ve küçük bir alana sahip olmalarıdır.

Sonuç olarak, şantiyeler arasında iyileştirmeye yedinci ve sekizinci şantiyelerden başlanmalıdır. İyileştirmeler kapsamında, İSG eğitimlerinin sayısı ve süresi arttırılmalıdır. Çalışanlara İSG kurallarının uygulanmaması karşılaşılabilecekleri olumsuz durumlar anlatılmalıdır. Benzer, ancak başarılı İSG uygulamalarını gerçekleştiren şantiyelerden örnekler verilmelidir.

Çalışmada kullanılan KEMIRA-M yönteminin dezavantajı ise, birinci ve ikinci kriter grubu için ağırlık kombinasyonları belirlenirken, bazı kriterlerin ağırlık açısından “0” değerini almasıdır. Bu durumun aşılabilmesi için, kodlama yapılması gereklidir. Elle çözümlerde, ağırlık kombinasyonlarının belirli bir değerden oluşmasını sağlamak, kombinasyon sayısını çok fazla arttıracağı için analizi zorlaştırmaktadır. Analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi, birinci grup kriterler arasından sadece yıllık İSG eğitimlerine harcanan süre kriteri en yüksek önem ağırlığı almıştır. Bu grupta yer alan diğer kriterlerin şantiyelerin risk düzeyleri açısından karşılaştırılması kapsamında önemsiz görülmüştür. İkinci gruptaki kriterler arasında da sadece, kayıp iş günü kriteridir ve diğer kriterler şantiyelerin sıralanması açısından önemsiz görülmüştür. Buna göre şantiyeler, yıllık İSG eğitimlerine harcanan süre ve kayıp iş günü kriterlerine göre sıralanmış durumdadır.

Gelecek çalışmalarda, farklı kriterler de analize dahil edilerek KEMIRA-M yöntemi ile şantiyeler, risk düzeylerine göre sıralanabilir. KEMIRA-M yöntemi kapsamında, uzmanların kriter sıralamalarını daha sistematik bir şekilde yapabilmeleri için farklı ÇKKV yöntemleri ile KEMIRA-M entegre edilebilir. Farklı sektörlerde yer alan firmaların da risk düzeyleri açısından sıralanması amacıyla KEMIRA-M yöntemi uygulanabilir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Ahmet Berkay BERK, makalenin oluşturulması, bilimsel yayın araştırması, analizler; Gülin Feryal CAN, bilimsel yayın araştırması, makalenin oluşturulması, analizler, makalenin sonuçlar bölümünün hazırlanması konularında katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Adane, M.M., Gelaye, K.A., Beyera, G.K., Sharma, H.R., & Yalew, W.W. (2013). Occupational injuries among building construction workers in Gondar City, Ethiopia. *Occupational Medicine & Health Affairs*, 1(5), 1000125. doi: [10.4172/2329-6879.1000125](https://doi.org/10.4172/2329-6879.1000125)
- Ayduran, A.C., & Olcay, Z.F. (2022). İnşaat sektörü çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği kültürü düzeylerinin, güvenli davranışları üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Ergonomi*, 5(2), 108-119. doi: [10.33439/ergonomi.1112393](https://doi.org/10.33439/ergonomi.1112393)
- Elmas-Atay, S., & Yıldırım, S.K. (2022). İş sağlığı ve güvenliği açısından sektörlerin risk düzeylerinin CRITIC tabanlı gri ilişkisel analiz yöntemiyle sıralanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 47, 181-193. doi: [10.52642/susbed.1021094](https://doi.org/10.52642/susbed.1021094)
- Erdebilli, B., & Gür, L. (2020). Bulanık Fine-Kinney yöntemiyle risk değerlendirmesi uygulaması. *Endüstri mühendisliği*, 31(1), 75-86. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/endustrimuhendisligi/issue/53786/689206>
- Erzurumluoğlu, K., Köksal, K.N., & Gerek, İ.H. (2015). İnşaat sektöründe Fine-Kinney metodu kullanılarak risk analizi yapılması, 5. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 137, 146. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/Kerem-Koeksal/publication/304247764_Insaat_Sektorunde_Fine-Kinney_Metodu_Kullanilarak_Risk_Analizi_Yapilmasi/links/576a74a808aeb9f66abfcfa/Insaat-Sektoruende-Fine-Kinney-Metodu-Kullanilarak-Risk-Analizi-Yapilmasi.pdf
- Günay, Z. (2020). *Ahşap kalıp ve tünel kalıp sistemlerinin iş güvenliği açısından risklerin araştırılması üzerine bir uygulama* (Master's thesis, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Erişim adresi: <https://acikerisim.bartın.edu.tr/handle/11772/6501>
- Güranlı, G.E., & Müngen, U. (2009). An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 371-387. doi: [10.1016/j.ergon.2008.10.006](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.10.006)
- Güven, A., & Aydemir, A. (2014). Toprak dolgu barajlar için risk değerlendirmesi. Uluslararası katılımlı IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu 09-11 Ekim, Elazığ, Türkiye. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/Aytac-Guven/publication/267863672_Toprak_Dolgu_Barajlar_Icin_Risk_Degerlendirmesi_Risk_Assessment_of_Earthfill_Dams/links/5583ed9f08ae89172b861fc3/Toprak-Dolgu-Barajlar-Icin-Risk-Degerlendirmesi-Risk-Assessment-of-Earthfill-Dams.pdf
- Hamid, A. R. A., Abd Majid, M. Z., & Singh, B. (2008). Causes of accidents at construction sites. *Malaysian journal of civil engineering*, 20(2), 242-259. doi: [10.11113/mjce.v20.15769](https://doi.org/10.11113/mjce.v20.15769)
- Krylovas, A., Zavadskas, E. K., & Kosareva, N. (2016). Multiple criteria decision-making KEMIRA-M method for solution of location alternatives. *Economic research-Ekonomiska istraživanja*, 29(1), 50-65, doi: [10.1080/1331677X.2016.1152560](https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1152560)
- Kuşan, H., Aytakin, O., & Özdemir, İ. (2016). İnşaat projelerinde risklerin bulanık mantık modeli ile değerlendirilmesi, *Engineering Sciences (NWSAENS)*, 11 (1), 1-14. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/nwsaeng/issue/19885/212999>
- Öztürk, E., & Şimşek, H. (2020). Çatı işlerinde işçi sağlığı ve güvenliği 5x5 matris yöntemiyle risk değerlendirmesi. *İSG Akademik*, 2(1), 59-71. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/isgakademik/issue/55400/752323>
- Pinto, A., Ribeiro, R.A., & Nunes, I.L. (2013). Ensuring the quality of occupational safety risk assessment. *Risk Analysis*, 33(3), 409-419. doi: [10.1111/j.1539-6924.2012.01898.x](https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01898.x)

- Sağır, M., Sağır, R., & Genç, O. (2022). İnşaat sektöründe meydana gelen kazalardaki kazazedelerin son durumlarına etki eden faktörlerin YSA ile incelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 154-175. doi: [10.47495/okufbed.948649](https://doi.org/10.47495/okufbed.948649)
- Şahin, M., & Güranlı, G.E. (2012). Betonarme, çelik ve hafif çelik binalarda iş güvenliği risklerinin karşılaştırmalı analizi. 3. *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 21-23 Ekim, Çanakkale, Türkiye. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/isgakademik/issue/55400/752323>
- Şeker, S., & Zavadskas, E.K. (2017). Application of fuzzy DEMATEL method for analyzing occupational risks on construction sites. *Sustainability*, 9(11), 2083. doi: [10.3390/su9112083](https://doi.org/10.3390/su9112083)
- Toktaş, P., & Can, G.F. (2018). Şantiyelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından risk düzeylerine göre KEMIRA-M yöntemi ile sıralanması. *Ergonomi*, 1(3), 123-136. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ergonomi/issue/40911/480397>
- Uchoa, J.G.L., de Sousa, M.J.A., Silva, L.H.V., & Cavaignac, A.L.D.O. (2019). FMEA method application based on occupational risks in the construction industry on work at height: A theoretical contribution. *International Journal of Advance Engineering Research Science*, 6(10), 261-278. doi: [10.22161/ijaers.610.40](https://doi.org/10.22161/ijaers.610.40)
- Uzun, İ.M. (2012). *İnşaatlarda yapı makineleri kullanımında iş güvenliği risk değerlendirmesi* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü). Erişim adresi: <https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/9399325c-9e81-4d12-83a7-cd54cd585828/content>
- Yerlikaya, M.A., Efe, B., & Efe, Ö.F. (2016). İş güvenliğinde bulanık PROMETHEE yöntemiyle hata türleri ve etkilerinin analizi: Bir inşaat firmasında uygulama. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 126-137. doi: [10.17714/gufbed.2016.06.012](https://doi.org/10.17714/gufbed.2016.06.012)
- Yılmaz, A. (2014). İş kazaları ve kültür: iş kazalarının önlenmesinde kültürel yaklaşım. *Electronic turkish studies*, 9(5), 2016-2124. doi: [10.7827/TurkishStudies.6862](https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.6862)