

Risk Düzeyleri Açısından Hibrit Entropi-ARAS Yöntemi ile Orman Ürünleri Sektörlerinin İmalat Sektörleri İçerisindeki Konumunun Belirlenmesi

Nadir Ersen^{1,*}, İlker Akyüz², Kadri Cemil Akyüz³

¹Ormanlık Bölümü, Artvin Meslek Yüksekokulu, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye

^{2,3} Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 26.10.2022

Kabul: 15.05.2023

Yayın: 15.08.2023

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada, Sosyal Güvenlik Kurum'unda (SGK) yıllık olarak yayınlanan iş kazası verileri ve bu veriler yardımıyla hesaplanan değerler ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak ülkemizdeki imalat alanında faaliyet gösteren 18 imalat sektörün risk düzeyleri değerlendirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, risk düzeyi bakımından orman ürünleri sektörlerinin imalat sektörlerine göre konumu belirlenmiş ve orman ürünleri sektörleri de kendi içerisinde karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda iş kazası ile alakalı dokuz kriter ele alınmıştır. Kriterlerin ağırlıkları (önem düzeyleri) Entropi yöntemi ve sektörlerin risk düzeylerine göre sıralanması ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Entropi yöntemi ile en önemli kriter olarak iş kazası sonucu meydana gelen ölüm sayısı çıkmıştır. ARAS yöntemi ile sektörlerin sıralanmasında en riskli sektör fabrikasyon metal ürünleri (makine ve teçhizat hariç) imalatı çıkmıştır. Orman ürünleri sektörlerinin (ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı, kağıt ve kağıt ürünleri imalatı, mobilya imalatı) risk seviyeleri ise orta düzeyde çıkmıştır. Orman ürünleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında en fazla riske sahip mobilya imalatı çıkmıştır. Önerilen Entropi tabanlı ARAS'ın imalat sektörlerinin risk seviyelerinin makul bir doğrulukla derecelendirilmesinde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler – İmalat, Entropi, ARAS, Orman ürünleri

Determining the Position of the Forest Products Sectors in the Manufacturing Sectors with the Hybrid Entropy-ARAS Method in terms of Risk Levels

¹Department of Forestry, Artvin Vocational School, Artvin Çoruh University, Artvin, Turkey

^{2,3} Department of Forest Industrial Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

Article History

Received: 26.10.2022


Accepted: 15.05.2023

Published: 15.08.2023


Research Article

Abstract – In this study, the risk levels of 18 manufacturing sectors operating in the field of manufacturing in our country were tried to be evaluated by using the occupational accident data published annually in the Social Security Institution (SGK), the values calculated with the help of these data, and multi-criteria decision making (MCDM) methods. Moreover, in terms of risk level, the position of forest products sectors according to manufacturing sectors was determined. The forest products sectors were compared within themselves. In this context, nine criteria related to work accident were discussed. The weights (importance levels) of the criteria were made using the Entropy method and the ranking of the sectors according to the risk levels was made using the ARAS (Additive Ratio Assessment) method. With the entropy method, the most important criterion was the number of deaths that occurred as a result of work accidents. With the ARAS method, the most risky sector was the manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment. The risk levels of the forest products sectors (manufacture of wood and of products of wood and cork, manufacture of paper and paper products, manufacture of furniture) were moderate. When forest products are compared within themselves, the manufacture of furniture had the highest risk. The proposed Entropy based ARAS can be used to rank the risk levels of manufacturing sectors with reasonable accuracy.

Keywords – Manufacturing, Entropy, ARAS, Forest products

¹  nadirersen20@artvin.edu.tr

²  iakyuz@ktu.edu.tr

³  akuyuz@ktu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), çalışanların iş sürecinde karşılaştıkları potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve analizine yönelik sistematik ve disiplinler arası bir faaliyettir. Bu kavram işçi sağlığının korunması ve geliştirilmesi de dahil olmak üzere işle ilgili yaralanmaların ve hastalıkların önlenmesi ile ilgilenmek için kullanılmaktadır (Liu vd., 2021).

19. yüzyıldaki sanayileşme, uzun çalışma süreleri nedeniyle çalışanların çeşitli zararlı etkenlere, kazalara ve aşırı yorgunluğa maruz kalmasına neden olmuştur. Her ne kadar teknolojik gelişmeler yaşansa da çalışanlar stresli koşullar altında makinelerde çalıştığı için makineler daha tehlikeli hal almaktadır. Bunların sonucunda meslek hastalıkları ve iş kazaları meydana gelmektedir (Adamopoulos ve Syrou, 2022). Ayrıca bu mesleki tehlikeler, günümüzde organizasyonlarda giderek artan sayıda maddi kayıpların yanı sıra maddi olmayan zararlara da neden olmaktadır. Böylece, giderek daha fazla örgüt İSG yönetiminin önemini anlamakta ve mesleki tehlikeleri kontrol etmek ve çalışma koşullarını ve işçilerin sağlığını iyileştiren bir sistem kurmak için ellerinden gelenin en iyisini yapmaktadır (Liu vd., 2021).

Risk değerlendirmesi ise iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındandır ve işyerinde veya işyerinden kaynaklanan tehlike risklerini değerlendirmeyi ve iş kazaları ve hastalıkları ile ilgili kayıpları en aza indirmeyi amaçlayan en kritik adımlardan biridir (Oliveira vd., 2018). Son zamanlarda iş kazaları ve meslek hastalıklarının artması sonucunda risk değerlendirmesi çalışmaları daha fazla önemli hale gelmiştir. 2019 yılında Avrupa Birliği ülkelerinde (AB-28) 3 milyonun üzerinde ölümcül olmayan ve ölümlü sonuçlanan 3408 iş kaza meydana gelmiş ve bir önceki yıla göre 76 ölüm artmıştır (Eurostat, 2019). Türkiye’de 2021 yılında 500 binin üzerinde iş kazası ve iş kazası sonucunda 1382 kişi ölmüştür (SGK, 2021). İmalat sektörü içerisinde yer alan birçok sektör resmi gazetede yayınlanan iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin işyeri tehlike sınıfları tebliğinde “Tehlikeli” ya da “Çok Tehlikeli” sınıflarında yer almaktadır (Resmi Gazete, 2017).

Sektörlerin risk düzeyleri belirlemek için risk oluşturan faktörleri ve risk değerlendirmesinde kullanılan verileri tek tek incelemek yerine birden fazla faktörü/veriyi aynı anda değerlendirmek gerekir. Bu süreç, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile mümkün olabilir. ÇKKV teknikleri, faktörleri değerlendirerek alternatifler arasından seçim yapan ve sınıflandıran tekniklerdir (Azadfallah, 2017). Literatürde kullanılan çeşitli ÇKKV teknikleri (Entropi, AHP, CIRITIC, TOPSIS, ARAS, COPRAS, Gri İlişkisel Analiz, vb.) bulunmaktadır. Bu çalışmada, entropi ve ARAS (katkı oranı değerlendirmesi) yöntemlerinin birleştirilmesiyle oluşturulan iki aşamalı hibrit ÇKKV tekniği kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme tekniklerinde kriterlerin ağırlıkları büyük önem taşımaktadır. Entropi yönteminde, gözlem değerlerine dayalı olarak her bir kriterin ağırlığı hesaplanmaktadır. Kriterin düşük entropi değeri, kriterin önemli olduğunu ve ağırlık değerinin yüksek olduğunu göstermektedir (Chen, 2020). ARAS, enerji (Firouzi vd., 2021), personel seçimi (Gotwald vd., 2022), malzeme seçimi (Goswami ve Behera, 2021), kuruluş yeri seçimi (Heidary Dahooie vd., 2022) gibi çeşitli alanlarda alternatifleri sıralamak amacıyla kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırıldığında ARAS’da çalışmaya konu olan alternatiflerin fayda fonksiyonu değerleri, araştırmacı tarafından eklenen optimal alternatife ait fayda fonksiyonu değeri ile karşılaştırılmaktadır (Yıldırım, 2015).

Çok kriterli karar verme yöntemleri ile örgütlerin/sektörlerin risk değerlenmesine ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Şişman (2017) otomobil fabrikasına yardımcı sanayi konumunda olan bir işletmede amortisör montajındaki risk faktörleri AHP ile belirlemiş ve bulanık VIKOR yöntemi ile de hata türleri sıralamıştır. Ayrım ve Can (2017) 14 farklı sektöre ait risk düzeyini etkileyen kriterlerin nicel değerleri kullanılarak CIRITIC teknik ile risk düzeylerine göre sektörleri sıralamaya çalışmıştır. Can ve Kargı (2019) 17 farklı sektörün İSG risk seviyelerini etkileyen iş kazası geçiren kişi sayısı, meslek hastalığına yakalanan kişi sayısı, toplam geçici iş göremezlik süresi, meslek hastalığı sonucu gelir bağlanan sigortalı sayısı, iş kazası sonrası gelir bağlanan sigortalı sayısı ve iş kazası sonrası ölen sigortalı sayısı kriterlerinden faydalanarak CIRITIC yöntem ile kriterleri önemlilik düzeylerini ve EDAS yöntemi kullanarak da en yüksek ve en düşük risk düzeyine sahip sektörleri belirlemiştir. Akın vd. (2020) Analitik Hiyerarşi Sürecinden faydalanarak tersaneler için yeni

bir risk analizi yöntemi oluşturmuştur. Korkusuz vd. (2020) AHP tabanlı Gri İlişkisel Analiz ve Promethee tekniklerini kullanarak hastahanelerin İSG performanslarını analiz etmiştir. Liu vd. (2021) küresel bulanık ortam altında mesleki tehlike riskini değerlendirmek ve sıralamak için TODIM ve PROMETHEE tekniklerini entegre ederek yeni bir iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme çerçevesi geliştirmiştir. Ak vd. (2022) Bayesian Best-Worst Method (Bayesian BWM) ve VISeKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) adlı iki önemli çok kriterli karar yöntemini kullanan bütünsel bir meslek risk değerlendirmesi sunmuştur. Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım (2022) iş kazaları ve meslek hastalıklarını temsil eden 2020 yılına ait veriler ve CIRITIC tabanlı Gri İlişkisel Analiz tekniği yardımıyla ülkemizdeki sektörlerin risk sıralamasını gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada, SGK veri tabanından elde edilen iş kazası verileri kullanarak ve bu veriler yardımıyla yapılan hesaplamalar ile imalat sektörlerinin risk düzeylerinin karşılaştırılması yapılarak orman ürünleri sektörlerinin konumu belirlenmiştir Bunun için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Entropi ve ARAS yöntemlerinden yararlanılmıştır. . Kriter olarak iş kazası ile ilgili dokuz istatistik değer alınmıştır. Aynı zamanda, Entropi tabanlı ARAS yönteminin farklı karar verme yöntemler ile de karşılaştırması yapılarak doğruluğu ve güvenilirliği kanıtlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Alternatiflerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

Alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesinde Türkiye'nin en sağlıklı, güvenilir ve periyodik bilgilerinin oluşturulduğu SGK verilerinden yararlanılmıştır (SGK, 2021). Çalışmanın alternatiflerini imalat sanayindeki 18 sektör oluşturmakta ve Tablo 1'de gösterilmiştir. Çalışmanın kriterlerini iş kazası sayısı (C-1), sürekli iş göremezlik sayısı (C-2), ölüm sayısı (C-3), toplam geçici iş göremezlik (gün) (C-4), sürekli iş görmezlik dereceleri (C-5), iş kazası sonucu toplam gün kaybı (C-6), standardize iş kazası oranı (C-7), iş kazası sıklık hızı (C-8), iş kazası ağırlık hızı (C-9) oluşturmaktadır. 2015 ile 2021 arasındaki verilerin ortalaması alınarak karar matrisi oluşturulmuştur. Kriterlerden standardize iş kazası, iş kazası sıklık hızı ve iş kazası ağırlık hızı SGK tarafından yayınlanan veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

Standardize iş kazası oranı (SİKO) iş kazalarının değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir ölçüttür ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Karadağ, 2010).

$$\text{SİKO (\%)} = (\text{Yılda faaliyet kolundaki iş kazası sayısı} \times 100) / \text{Beklenen iş kazası sayısı}$$

$$\text{Beklenen iş kazası sayısı} = \text{Genel iş kazası sayısı} \times \text{İş kolundaki zorunlu sigortalı sayısı}$$

$$\text{Genel iş kazası hızı} = \text{Kaydedilen toplam iş kazası sayısı} / \text{Toplam sigortalı sayısı}$$

İş kazası sıklık hızı iş kazaları ile ilgili araştırmalarda en fazla tercih edilen ölçüttür. Bu ölçüt tam gün çalışan her 100 kişi arasında kaç kaza olduğunu göstermektedir (Karadağ, 2010).

$$\text{İş kazası sıklık hızı: } (\text{İş kazası sayısı} \times 225.000) / (\text{Toplam prim ödeme gün sayısı} \times 8)$$

İş kazası sıklık hızının hesaplanmasında yer alan toplam prim ödeme gün sayısının hesaplanmasında ise çalışan başına düşen ortalama prim tahakkuk eden gün sayısı bulunarak bu değer her alt sektör grubunda çalışan sigortalı sayısı ile çarpılmıştır (Karadağ, 2010).

İş kazası ağırlık hızı ise belirlenen dönem içinde kazalar nedeni ile kaybedilen iş günü değerlendirmesi için kullanılmaktadır. Bu değer aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır (Karadağ, 2010).

$$\text{İş kazası ağırlık hızı} = (\text{İş kazası sonucu toplam gün kaybı} \times 8 \times 100) / (\text{Toplam prim ödeme gün sayısı} \times 8)$$

$$\text{İş kazası sonucu toplam gün kaybı} = (\text{Geçici iş göremezlik süreleri}) + (\text{sürekli iş görmezlik dereceleri toplamı} \times 75) + (\text{ölüm sayısı} \times 7500)$$

Ayrıca, sürekli iş görmezlik derece toplamları her sektör için bilinmediğinden hesaplanması gerekmektedir. Sürekli iş görmezlik dereceleri incelenen yıldaki tüm sektörlerdeki iş görmezlik sayısı toplamının yine o yılki sürekli iş görmezlik derecesi toplamına oranlanması ile elde edilmiştir (Karadağ, 2010).

Tablo 1

Çalışmada kullanılan imalat sektörleri (alternatifler)

Kod	Sektörler
A-1	Gıda ürünlerinin imalatı
A-2	Tekstil ürünlerinin imalatı
A-3	Giyim eşyalarının imalatı
A-4	Deri ve ilgili ürünlerin imalatı
A-5	Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı
A-6	Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatı
A-7	Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı
A-8	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı
A-9	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı
A-10	Kauçuk ve plastik ürünleri imalatı
A-11	Diğer metalik olmayan ürünlerin imalatı
A-12	Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)
A-13	Elektrikli teçhizat imalatı
A-14	Sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı
A-15	Motorlu kara taşıtı imalatı
A-16	Diğer ulaşım araçlarının imalatı
A-17	Mobilya imalatı
A-18	Diğer imalatlar

2.2. Entropi Yöntemi

Bu çalışmada, iş kazası istatistiklerine göre imalat sektörlerinin risk seviyelerini sıralamak için hibrit bir Entropi-ARAS tekniği kullanılmıştır. Hibrit Entropi-ARAS yaklaşımının mimarisi Şekil 1'de sunulmuştur. Süreç, entropi kullanılarak öznitelik ağırlığının ve ARAS yöntemi kullanılarak en iyi alternatiflerin belirlenmesi ile ilgilidir.

Ağırlık hesaplamasında en çok kullanılan yöntemlerden biri olan entropi, Shannon ve Weaver (1948) tarafından önerilmiş ve olasılık teorisi kullanılarak formüle edilmiştir. Entropi yönteminin adımları aşağıda listelenmiştir (Woo Lee vd., 2012; Chen vd., 2015);

Adım 1: Karar matrisini oluşturma

Karar matrisi, alternatifler ve değerlendirme kriterlerinden oluşmaktadır.

Adım 2: Karar matrisinin normalleştirilmesi

Veriler formül 2.2.1 kullanılarak normalizasyona tabi tutulmuştur. Formüldeki a_{ij} fayda değeridir ve p_{ij} normalleştirilmiş değerdir.

$$p_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (2.2.1)$$

Adım 3: Entropi değerinin hesaplanması

Entropi değeri (e_j) formül 2.2.2'e göre hesaplanmıştır. e_j değeri 0 ile 1 arasında bir değer alır. k değeri, toplam alternatif sayısının ($k = 1 / \ln(m)$) doğal logaritmasının tersidir. Formüldeki p_{ij} normalleştirilmiş değerdir, e_j entropi değeridir ve k entropi katsayısıdır.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2.2.2)$$

Adım 4: Ağırlık değerinin hesaplanması

Ağırlık değeri (w_j) formül 2.2.3 ile hesaplanmıştır. Formüldeki w_j ağırlık değeridir.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (2.2.3)$$

2.3. ARAS Yöntemi

ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemi, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından geliştirilmiş olup, her bir alternatifin toplam endeks değerini optimal alternatifin genel endeks değeriyle karşılaştıran çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. ARAS yöntemi ile elde edilen değer ne kadar büyükse, o alternatif optimal kabul edilen alternatife o kadar benzer ve sonuç olarak sıralamadaki yeri daha yüksektir (Meidelfi vd., 2022; Karadağ Ak vd., 2022). ARAS yöntemini kullanarak sıralama sürecindeki adımlar aşağıdaki gibidir (Liu ve Xu, 2021; Meidelfi vd., 2022):

Birinci adım: Karar matrisinin oluşturulması

Aras yönteminde başlangıç karar matrisinde her bir kritere ait optimal değerlerden oluşan bir satırda yer almaktadır. Optimal değerler formül 2.3.1 ve 2.3.2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & x_{0j} & x_{0n} \\ x_{i1} & x_{ij} & x_{in} \\ x_{m1} & x_{mj} & x_{mn} \end{bmatrix}; \quad i=0,1,\dots,m \quad j=0,1,\dots,n$$

Kriter fayda (daha yüksek-daha iyi) özelliği gösteriyorsa aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$x_{0j} = \max x_{ij} \quad (2.3.1)$$

Kriter maliyet (daha düşük-daha kötü) özelliği gösteriyorsa aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$x_{0j} = \min x_{ij} \quad (2.3.2)$$

İkinci adım: Karar matrisinin tüm kriterler için normalleştirilmesi

Kriterlerin normalize edilmesinde, kriter fayda (maksimum) özelliği gösteriyorsa aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (2.3.3)$$

Kriter maliyet (maksimum) özelliği gösteriyorsa aşağıdaki formüller kullanılmaktadır:

$$X_{ij} = \frac{1}{x_{ij}} \quad (2.3.4a)$$

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=0}^m X_{ij}} \quad (2.3.4b)$$

Üçüncü adım: Normalize edilmiş karar matrisin ağırlıklandırılması

Bu aşamada normalize edilmiş veriler ile belirlenmiş olan kriterlerin önem ağırlıkları çarpılmaktadır.

$$D = [d_{ij}] = r_{ij} * w_j \quad (2.3.5)$$

Dördüncü adım: Optimizasyon fonksiyonunun değerinin belirlenmesi (S_i)

Optimallik fonksiyonunun değerlerini belirlemek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$S_i = \sum_i^n = 1 d_{ij} : (i = 1,2, \dots m: j = 1,2, \dots n) \quad (2.3.6)$$

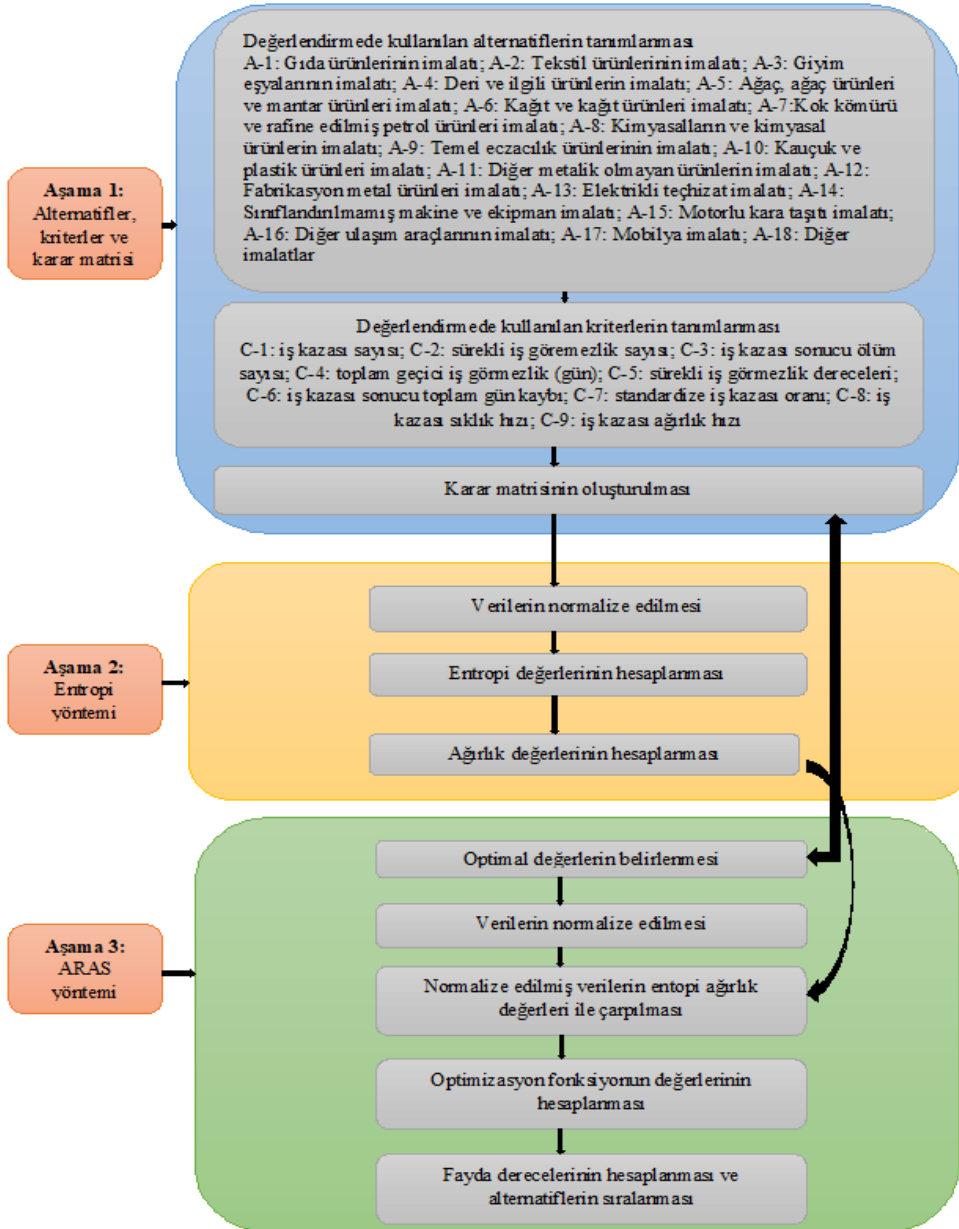
S_i , i alternatifinin optimallik fonksiyonunun değeridir. S_i optimizasyon fonksiyonunun değeri ne kadar büyük olursa, alternatif o kadar etkilidir.

Beşinci adım: En yüksek sıralamalı alternatifin belirlenmesi

Alternatiflerin sıralamasını yapmak için alternatiflere ait K_i (fayda dereceleri) değerleri hesaplanmaktadır. K_i değerlerinin hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \quad (2.3.7)$$

Burada, " K_i " alternatif sıralama seviyesinin değerini, " S_i " i alternatifi için optimum değerini, " S_0 " optimal alternatif için optimum değerini ifade etmektedir.



Şekil 1. Hibris entropi-ARAS yaklaşımının mimarisi

3. Bulgular

En fazla riskli imalat sektörünü belirlemek için, değerlendirilen iş kazası istatistik sonuçları, birleşik entropi-ARAS metodolojisi kullanılarak analiz edilmiştir. Tablo 2'de görüldüğü gibi karar matrisi 18 alternatif ve 9 kriterden oluşmaktadır.

Tablo 2

Karar matrisi

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
A-1	20268	130	30	165854	6467	399543	148.42	3.78	0.27
A-2	18581	112	21	171553	5268	335310	142.2	3.66	0.24
A-3	5391	21	9	32768	988	99721	33.32	0.84	0.06
A-4	828	8	2	9606	401	26256	43.52	1.12	0.13
A-5	3312	55	7	53270	2793	109895	176.8	4.41	0.52
A-6	3266	29	5	43990	1297	83632	191.73	4.71	0.44
A-7	180	5	1	2075	101	8686	69.28	1.75	0.31
A-8	3453	28	8	34856	1368	95906	133.52	3.4	0.34
A-9	814	2	1	6038	83	11567	102.17	2.6	0.14
A-10	12086	100	13	138066	4594	244137	194.27	4.86	0.35
A-11	11211	138	44	157920	6636	496095	217.06	5.21	0.7
A-12	23801	231	34	277255	11442	546344	215.85	5.33	0.44
A-13	8261	40	8	72786	1892	135797	185.6	4.66	0.28
A-14	9193	60	12	95867	2896	191460	189.2	4.77	0.36
A-15	11311	53	6	102693	2676	153832	195.28	4.79	0.23
A-16	5256	25	4	36112	1205	64783	252.99	7.02	0.32
A-17	6200	86	9	75902	4375	153034	132.66	3.26	0.29
A-18	1138	6	1	10661	278	20776	58.13	1.5	0.1

Alternatifleri sıralamak için öncelikle kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Kriterlerin ağırlık değerleri entropi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesi için karar matrisi oluşturulduktan sonra veriler formül 2.2.1 yardımıyla normalize edilmiştir. Normalize edilmiş verileri gösteren normalizasyon karar matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3

Normalize edilmiş veriler

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
A-1	0.140	0.115	0.140	0.112	0.118	0.126	0.055	0.056	0.049
A-2	0.129	0.099	0.098	0.115	0.096	0.106	0.053	0.054	0.043
A-3	0.037	0.019	0.042	0.022	0.018	0.031	0.012	0.012	0.011
A-4	0.006	0.007	0.009	0.006	0.007	0.008	0.016	0.017	0.024
A-5	0.023	0.049	0.033	0.036	0.051	0.035	0.066	0.065	0.094
A-6	0.023	0.026	0.023	0.030	0.024	0.026	0.071	0.070	0.080
A-7	0.001	0.004	0.005	0.001	0.002	0.003	0.026	0.026	0.056
A-8	0.024	0.025	0.037	0.023	0.025	0.030	0.050	0.050	0.062
A-9	0.006	0.002	0.005	0.004	0.002	0.004	0.038	0.038	0.025
A-10	0.084	0.089	0.060	0.093	0.084	0.077	0.072	0.072	0.063
A-11	0.078	0.122	0.205	0.106	0.121	0.156	0.081	0.077	0.127
A-12	0.165	0.205	0.158	0.186	0.209	0.172	0.080	0.079	0.080
A-13	0.057	0.035	0.037	0.049	0.035	0.043	0.069	0.069	0.051
A-14	0.064	0.053	0.056	0.064	0.053	0.060	0.071	0.070	0.065
A-15	0.078	0.047	0.028	0.069	0.049	0.048	0.073	0.071	0.042
A-16	0.036	0.022	0.019	0.024	0.022	0.020	0.094	0.104	0.058
A-17	0.043	0.076	0.042	0.051	0.080	0.048	0.049	0.048	0.053
A-18	0.008	0.005	0.005	0.007	0.005	0.007	0.022	0.022	0.018

Normalizasyondan sonra sırasıyla formül 2.2.2 ve 2.2.3 kullanılarak her bir kriterin entropi değeri ve her bir kriterin ağırlık değeri belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4

Kriterlere ilişkin entropi ve ağırlık değerleri

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
e_j	0.8736	0.8573	0.8480	0.8690	0.8521	0.8648	0.9642	0.9638	0.9565
w_j	0.1330	0.1501	0.1599	0.1378	0.1556	0.1422	0.0376	0.0381	0.0457

Hesaplamalara göre kriter ağırlık sıralaması C-3 (0.1599) > C-5 (0.1556) > C-2 (0.1501) > C-6 (0.1422) > C-4 (0.1378) > C-1 (0.1330) > C-9 (0.0457) > C-8 (0.0381) > C-7 (0.0376) olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, imalat sektörlerin risk seviyelerinin belirlenmesinde ölüm sayısı en büyük etkiye sahip olabilir. Risk seviyesi üzerine standardize iş kazası oranının etkisi oldukça düşük çıkmıştır.

Ağırlıkların Entropi yöntemi ile hesaplanmasından sonra, ARAS yöntemi kullanılarak imalat sektörlerinin sıralaması belirlenmiştir. ARAS yönteminde entropi yönteminde kullanılan karar matrisi (Tablo 2) kullanılmıştır. Normalizasyon işleminden önce her bir kriteri derecelendirmek için uygun alternatif yolu belirlenmiştir. Bu çalışmada, fayda türü kriterlerinin tamamı maksimum olarak kullanılmıştır. Daha sonra karar matrisi formül 2.3.3 ile normalize edilmiştir. Normalize edilen verilerden oluşan matris Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

ARAS yöntemine ilişkin normalizasyon verileri

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max
Optimum	0.141	0.170	0.170	0.157	0.173	0.147	0.086	0.094	0.113
A-1	0.120	0.096	0.116	0.094	0.098	0.107	0.051	0.051	0.043
A-2	0.110	0.082	0.081	0.097	0.080	0.090	0.048	0.049	0.039
A-3	0.032	0.015	0.035	0.019	0.015	0.027	0.011	0.011	0.010
A-4	0.005	0.006	0.008	0.005	0.006	0.007	0.015	0.015	0.021
A-5	0.020	0.040	0.027	0.030	0.042	0.030	0.060	0.059	0.084
A-6	0.019	0.021	0.019	0.025	0.020	0.022	0.065	0.063	0.071
A-7	0.001	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.024	0.023	0.050
A-8	0.021	0.021	0.031	0.020	0.021	0.026	0.045	0.046	0.055
A-9	0.005	0.001	0.004	0.003	0.001	0.003	0.035	0.035	0.023
A-10	0.072	0.074	0.050	0.078	0.069	0.066	0.066	0.065	0.056
A-11	0.067	0.101	0.170	0.089	0.100	0.133	0.074	0.070	0.113
A-12	0.141	0.170	0.131	0.157	0.173	0.147	0.074	0.071	0.071
A-13	0.049	0.029	0.031	0.041	0.029	0.036	0.063	0.062	0.045
A-14	0.055	0.044	0.046	0.054	0.044	0.051	0.064	0.064	0.058
A-15	0.067	0.039	0.023	0.058	0.040	0.041	0.067	0.064	0.037
A-16	0.031	0.018	0.015	0.020	0.018	0.017	0.086	0.094	0.051
A-17	0.037	0.063	0.035	0.043	0.066	0.041	0.045	0.044	0.047
A-18	0.007	0.004	0.004	0.006	0.004	0.006	0.020	0.020	0.016

Daha sonra ağırlıklı ve normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmiştir (Tablo 6). Bu matrisi elde etmek için normalleştirilmiş veriler, Tablo 4'teki kriterlerin ağırlık değerleri ile çarpılmıştır. Tablo 6'daki ağırlıklı normalize edilmiş kullanılarak her bir alternatif için kriterlerin değerleri toplanarak optimizasyon fonksiyonun değerleri belirlenmiştir. Daha sonra, formül 2.3.7'deki gibi her bir alternatifin optimizasyon değeri (S_i) optimal optimizasyon değerine (S_0) bölerek her alternatifin en yüksek dereceli seviyesi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6

Ağırlıklandırılmış ve normalize edilmiş veriler

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
Optimum	0.0188	0.0255	0.0272	0.0217	0.0269	0.0209	0.0032	0.0036	0.0051
A-1	0.0160	0.0143	0.0185	0.0130	0.0152	0.0153	0.0019	0.0019	0.0020
A-2	0.0147	0.0124	0.0130	0.0134	0.0124	0.0128	0.0018	0.0019	0.0018
A-3	0.0043	0.0023	0.0056	0.0026	0.0023	0.0038	0.0004	0.0004	0.0004
A-4	0.0007	0.0009	0.0012	0.0008	0.0009	0.0010	0.0006	0.0006	0.0010
A-5	0.0026	0.0061	0.0043	0.0042	0.0066	0.0042	0.0023	0.0022	0.0038
A-6	0.0026	0.0032	0.0031	0.0034	0.0030	0.0032	0.0025	0.0024	0.0032
A-7	0.0001	0.0006	0.0006	0.0002	0.0002	0.0003	0.0009	0.0009	0.0023
A-8	0.0027	0.0031	0.0049	0.0027	0.0032	0.0037	0.0017	0.0017	0.0025
A-9	0.0006	0.0002	0.0006	0.0005	0.0002	0.0004	0.0013	0.0013	0.0010
A-10	0.0095	0.0110	0.0080	0.0108	0.0108	0.0093	0.0025	0.0025	0.0026
A-11	0.0089	0.0152	0.0272	0.0123	0.0156	0.0189	0.0028	0.0027	0.0051
A-12	0.0188	0.0255	0.0210	0.0217	0.0269	0.0209	0.0028	0.0027	0.0032
A-13	0.0065	0.0044	0.0049	0.0057	0.0044	0.0052	0.0024	0.0024	0.0021
A-14	0.0073	0.0066	0.0074	0.0075	0.0068	0.0073	0.0024	0.0024	0.0026
A-15	0.0089	0.0058	0.0037	0.0080	0.0063	0.0059	0.0025	0.0024	0.0017
A-16	0.0042	0.0028	0.0025	0.0028	0.0028	0.0025	0.0032	0.0036	0.0024
A-17	0.0049	0.0095	0.0056	0.0059	0.0103	0.0058	0.0017	0.0017	0.0021
A-18	0.0009	0.0007	0.0006	0.0008	0.0007	0.0008	0.0007	0.0008	0.0007

Tablo 7

Optimallik fonksiyon değerleri ve alternatiflerin sıralanması

Alternatifler	S_i	K_i	Sıralama
Optimal	0.152836		
A-1	0.098102	0.6419	3
A-2	0.084041	0.5499	4
A-3	0.022118	0.1447	14
A-4	0.007552	0.0494	15
A-5	0.036268	0.2373	10
A-6	0.02664	0.1743	12
A-7	0.006103	0.0399	18
A-8	0.026302	0.1721	13
A-9	0.006255	0.0409	17
A-10	0.067055	0.4387	5
A-11	0.108708	0.7113	2
A-12	0.143414	0.9384	1
A-13	0.038011	0.2487	9
A-14	0.050402	0.3298	6
A-15	0.045311	0.2965	8
A-16	0.026683	0.1746	11
A-17	0.047495	0.3108	7
A-18	0.006703	0.0439	16

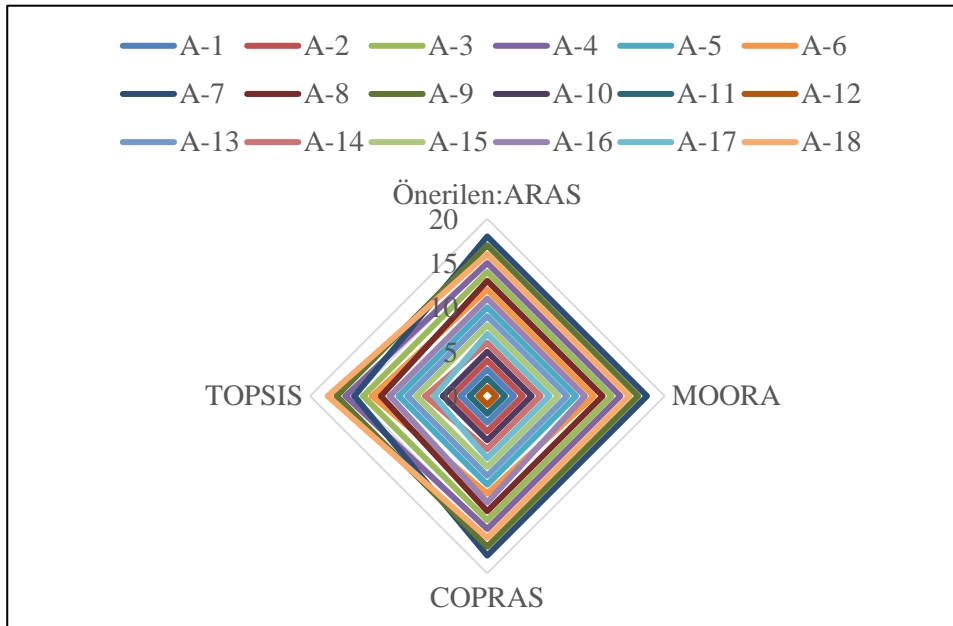
Ayrıca, önerilen entropi-ARAS metodolojisinin sıralama sonuçlarının, uygulanabilirliğini doğrulamak için diğer yaygın çok kriterli karar verme (ÇKKV) metodolojilerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Entropi-ARAS yaklaşımıyla elde edilen sıralama sonuçları, TOPSIS (İdeal Çözümeye Dayalı Sıralama Tekniği), MOORA (Oran analizi bazında çok amaçlı optimizasyon), COPRAS (Karmaşık orantılı değerlendirme) yaklaşımları ve sıralama sonuçları Tablo 8 ve Şekil 2'de verilmiştir. Bütün ÇKKV yöntemlerinde A-12 alternatifinin diğer tüm alternatifler içinde en yüksek olduğu görülmektedir. Karşılaştırmada kullanılan diğer yaklaşımlarda da A-12

alternatifini A-11, A-1, A-2 ve A-10 alternatifleri takip etmektedir. ARAS yaklaşımında çıkan sonuçlar MOORA yaklaşımı ile birebir benzerlik göstermektedir. Ancak, ARAS yaklaşımı sonuçları ile COPRAS ve TOPSIS sonuçları karşılaştırıldığında ise bazı farklılıklar görülmektedir. Örneğin, ARAS yönteminde A-7 alternatifi son sırada iken, TOPSIS yönteminde son sırada A-18 alternatifi çıkmıştır. TOPSIS de birkaç sonuçta ARAS yaklaşımına göre farklı çıkmıştır. COPRAS yöntemi ile çıkan tek fark ise A-6 alternatifi ile A-16 alternatifi sırasının yer değiştirmesidir. Bu nedenle, önerilen entropi-ARAS'ın imalat sektörlerinin risk seviyelerinin makul bir doğrulukla derecelendirilmesinde kullanılabileceği bildirilebilir.

Tablo 8

Önerilen yöntemin diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırılması

Alternatifler	Entropi-ARAS	Entropi-MOORA	Entropi-COPRAS	Entropi-TOPSIS
A-1	3	3	3	3
A-2	4	4	4	4
A-3	14	14	14	14
A-4	15	15	15	16
A-5	10	10	10	10
A-6	12	12	11	13
A-7	18	18	18	15
A-8	13	13	13	12
A-9	17	17	17	17
A-10	5	5	5	5
A-11	2	2	2	2
A-12	1	1	1	1
A-13	9	9	9	9
A-14	6	6	6	7
A-15	8	8	8	8
A-16	11	11	12	11
A-17	7	7	7	6
A-18	16	16	16	18



Şekil 2. Çok kriterli karar verme tekniklerinin karşılaştırılması

Orman ürünleri sektörlerinin risk düzeyleri kendi içerisinde analiz edildiğinde, kriterlerin ağırlık değerleri $C-5 > C-2 > C-1 > C-4 > C-6 > C-3 > C-9 > C-7 > C-8$ şeklinde çıkmıştır. Orman ürünleri sektörlerinin risk düzeylerinin belirlenmesinde sürekli iş görmezlik dereceleri kriteri en fazla etkiye sahip olduğu çıkmıştır. En düşük etkiye sahip kriter olarak iş kazası sıklık hızı çıkmıştır. En fazla risk düzeyine sahip olan orman ürünleri sektörü olarak ise mobilya imalatı çıkmıştır. İmalat sektörleri alt sektörler bazında incelendiğinde kriterlerin önem düzeyleri farklılık göstermiştir.

Tablo 9

Orman ürünleri sektörlerinin karşılaştırılmasında hesaplanan entropi ve ağırlık değerleri

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
ej	0.3022	0.2914	0.3314	0.3053	0.2907	0.3191	0.3363	0.3378	0.3335
wj	0.1134	0.1152	0.1087	0.1129	0.1153	0.1107	0.1079	0.1076	0.1083

Tablo 10

Orman ürünleri sektörlerine ilişkin sıralama sonuçları

	ARAS	MOORA	COPRAS	TOPSIS
Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri	3	2	3	3
Kağıt ve kağıt ürünleri	2	3	2	2
Mobilya	1	1	1	1

4. Sonuçlar

İmalat sanayisi içerisinde yer alan 18 farklı sektörün 2015-2021 yılları arasında meydana gelen iş kazaları istatistikleri yardımıyla sektörlerin risk düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için hangi sektörün daha fazla riske sahip olduğunu belirlemek için ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan hibrit entropi-ARAS tekniği kullanılmıştır. Ayrıca orman ürünleri sektörlerinde risk düzeyleri de kendi içerisinde karşılaştırılmıştır.

İmalat sektörlerinin risk düzeylerinin karşılaştırılmasında kullanılan kriterlerden en fazla etkiye sahip olan kriter iş kazası sonrası meydana gelen ölüm sayısı olarak belirlenmiştir. Sektörlerin risk düzeylerinin belirlenmesinde hesaplanmalar sonucunda elde edilen standardize iş kazası oranı, iş kazası sıklık hızı ve iş kazası ağırlık hızı kriterlerinin etkisi oldukça düşük çıkmıştır. Orman ürünleri sektörleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde, risk düzeyini en fazla etkileyen kriter olarak sürekli iş görmezlik dereceleri bulunmuştur. Bütün imalat sektörleri değerlendirildiğinde en düşük etkiye sahip olan kriterler orman ürünleri sektörlerinin değerlendirilmesinde de benzer kriterler (standardize iş kazası oranı, iş kazası sıklık hızı, iş kazası ağırlık hızı) çıkmıştır.

ARAS yöntemine göre imalat sektörleri arasında en fazla risk düzeyine sahip sektör fabrikasyon metal ürünleri imalatı olarak belirlenmiştir. Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı en az risk düzeyine sahip sektör olarak çıkmıştır. Orman ürünleri alanında faaliyet gösteren sektörlerin (ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri, kağıt ve kağıt ürünleri, mobilya) risk düzeyleri ise orta düzeyde çıkmıştır. Orman ürünleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında mobilya sektörünün daha fazla risk içerdiği bulunmuştur. Ayrım ve Can (2017) CIRITIC yöntemini kullanarak 14 farklı sektörün içerisinde en riskli sektör olarak tekstil ürünleri imalatını bulmuştur. Can ve Kargı (2019) da CIRITIC tabanlı EDAS yöntemini kullanarak 17 sektör içerisinde kok kömürü ve petrol ürünleri imalatını risk düzeyi en yüksek sektör olarak belirlemiştir. 2022 yılında yapılan başka bir çalışmada da Türkiye'deki sektörlerin risk değerlendirmesi CIRITIC tabanlı Gri ilişkisel yöntemi ile yapılmış ve inşaat sektörü en riskli sektör olarak bulunmuştur (Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım, 2022). Sektörlerin risk düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili daha önceden yapılan araştırmalarda genel olarak karar verme yöntemi olarak CIRITIC tabanlı yöntemler ve kriter olarak da iş kazası geçiren kişi sayısı, meslek hastalığına

yakalanan kişi sayısı, toplam geçici iş göremezlik süresi, meslek hastalığı sonucu gelir bağlanan sigortalı sayısı, iş kazası sonrası gelir bağlanan sigortalı sayısı, iş kazası sonrası ölen sigortalı sayısı kullanılmıştır. Bu çalışma ise kullanılan yöntem, yıl ve kriterler bakımından farklılık göstermektedir. Ayrıca, farklı karar verme yöntemleri yardımıyla da kullanılan yöntemin doğruluğu ve güvenilirliği test edilmiştir.

Önerilen yöntemin sonuçlarının diğer karar verme yaklaşımları ile karşılaştırıldığında güvenilir olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle çalışma, Entropi-ARAS yönteminin imalat sektörlerinin risk düzeylerinin belirlenmesinde iyi bir araç olduğunu göstermektedir.

Yazar Katkıları

Nadir Ersen: Araştırmayı tasarlamış, analiz sürecinde yer almış ve makaleyi yazmıştır.

İlker Akyüz: Verilerin analizini yapmış ve literatür taraması yapmıştır.

Kadri Cemil Akyüz: Verileri toplamış ve literatür taraması yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Makalede herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Adamopoulos, I. P. ve Syrou, N. F. (2022). Workplace safety and occupational health job risks hazards in public health sector in Greece. *European Journal of Environment and Public Health*, 6(2), em0118. <https://doi.org/10.21601/ejeph/12229>
- Ak, M. F., Yücesan, M. ve Gül, M. (2022). Occupational health, safety and environmental risk assessment in textile production industry through a Bayesian BWM-VIKOR approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36, 629-642. <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02069-y>
- Akın, G. C., Eren, Ö., Oral, H. V. ve Heperkan, H. A. (2020). Yeni bir risk değerlendirmesi yöntemi ile tersane işletmelerin sınıflandırılması. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(1), 2372-2384.
- Ayırım, Y. ve Can, G. F. (2017). Risk değerlendirmesinde CRITIC metodu ile sektörlerin karşılaştırılması. *Journal of Turkish Operations Management*, 1(1), 67-78.
- Azadfallah, M. (2017). Comparative analysis of different measurement scale and normalization method performances in ELECTRE method. *National Journal of System and Information Technology*, 10(2), 127-138.
- Can, G. F. ve Kargı, Ş. (2019). Sektörlerin iş sağlığı ve güvenliği yönünden risk seviyelerinin CRITIC -EDAS entegrasyonu ile değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 30(1), 15-31.
- Chen, C. H. (2020). A novel multi-criteria decision-making model for building material supplier selection based on entropy-AHP weighted TOPSIS. *Entropy*, 22(2), 259-281. <https://doi.org/10.3390/e22020259>
- Chen, W., Feng, D. ve Chu, X. (2015). Study of poverty alleviation effects for Chinese fourteen contiguous destitute areas based on entropy method. *International Journal of Economics and Finance*, 7(4), 89-98. <https://doi.org/10.5539/ijef.v7n4p89>
- Elmas Atay, S. ve Kuzu Yıldırım, S. (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.
- Eurostat. (2019). Accidents at work statistics. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics

- Firouzi, S., Allahyari, M. S., Isazadeh, M., Nikkhah, A. ve Haute, S. V. (2021). Hybrid multi-criteria decision-making approach to select appropriate biomass resources for biofuel production. *Science of The Total Environment*, 770, 144449. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144449>
- Goswami, S. S. ve Behera, D. K. (2022). Implementation of ENTROPY-ARAS decision making methodology in the selection of best engineering materials. *Materials Today: Proceedings*, 38, 2252-2262. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.320>
- Gottwald, D., Jovčić, S. ve Lejskova, P. (2022). Multi-criteria decision-making approach in personnel selection problem-a case study at the university of Pardubice. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 2(56), 149-164.
- Heidary Dahooie, J., Husseinzadeh Kashan, A., Shoaie Naeini, Z., Vanaki, A. S., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2022). A hybrid multi-criteria-decision-making aggregation method and geographic information system for selecting optimal solar power plants in Iran. *Energies*, 15(8), 2801. <https://doi.org/10.3390/en15082801>
- Karadağ Ak, Ö., Hazar, A. ve Babuşcu, Ş. (2022). Evaluation of the financial performance of development and investment banks with entropy-based ARAS method. *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/17520843.2022.2035523>
- Karadağ, S. E. (2010). *Türk inşaat sektörünün iş güvenliği açısından risk analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Korkusuz, A. Y., İnan, U. H., Özdemir, Y. ve Başlıgil, H. (2020). Entegre çok kriterli karar verme yöntemleriyle sağlık sektöründe iş sağlığı ve güvenliği performansının ölçülmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(1), 81-96.
- Liu, N. ve Xu, Z. (2021). An overview of ARAS method: Theory development, application extension, and future challenge. *International Journal of Intelligent Systems*, 36(7), 3524-3565. <https://doi.org/10.1002/int.22425>
- Liu, R., Liu, Z., Liu, H. C. ve Shi, H. (2021). An improved alternative queuing method for occupational health and safety risk assessment and its application to construction excavation. *Automation in Construction*, 126, 103672. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103672>
- Meidelfi, M., Idmayanti, R., Maulidani, F., Ilham, M. ve Muhlis, F. A. (2022). Additive Ratio Assessment (ARAS) method in the selection of popular mobile games. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 4(1), 56-66.
- Oliveira, M. D., Lopes, D. F. ve Bana e Costa, C. A. (2018). Improving occupational health and safety risk evaluation through decision analysis. *Int. Trans. Oper. Res.*, 25(1), 375-403. <https://doi.org/10.1111/itor.12339>
- Resmi Gazete. (2017). 27.02.2017 tarih ve 29992 (Mükerrer) sayılı Resmi Gazete, İş sağlığı ve güvenliğine ilişkin işyeri tehlike sınıfları tebliğinde değişiklik yapılmasına dair tebliğ, ek 1, sayfa 39. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170227M1-1.htm>
- SGK. (2021). İş kazası ve meslek hastalıkları istatistikleri-2015-2021 yılı verileri. Erişim adresi: <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- Shannon, C. E. ve Weaver, W. (1948). The Mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- Şişman, B. (2017). Hata türü ve etkileri analizinde bulanık AHP ve bulanık VIKOR yöntemleri ile otomotiv sektöründe risk değerlendirmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(18), 234-250.
- Woo Lee, P. T., Wei Lin, C. ve Ho Shin, S. (2012). A comparative study on financial positions of shipping companies in Taiwan and Korea using entropy and grey relation analysis. *Expert Systems with Applications*, 39, 5649-5657. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.11.052>

- Yıldırım, B. F. (2015). Çok kriterli karar verme problemlerinde ARAS yöntemi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(9), 285-296.
- Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), 159-172. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.10>