



Keskin Bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma Kazalarının Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Yapay Sinir Ağları ile Analizi

Bilal Umud AYHAN

Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü-Yüksek Lisans Öğrencisi, Ankara

ayhan.umut@metu.edu.tr

Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü-Araştırma Görevlisi, Şanlıurfa

ayhan.umut@harran.edu.tr

Onur Behzat TOKDEMİR*

Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

tokdemir@metu.edu.tr ORCID: 0000-0002-4101-8560

Geliş: 02.10.2018, Kabul Tarihi: 06.11.2018

Öz

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), gelişen güvenlik sistemlerine rağmen, inşaat sektörü için hala büyük bir sorun teşkil etmektedir. Sağlık problemlerinin yanı sıra, proje bütçesini etkileyecek ciddi masraflara da neden olmaktadır. Bu problemlerin başlıca nedeni ise, inşaat sektöründe insana dayalı iş gücü fazla olduğundan, kazalar ve kaza etken unsurları arasındaki ilişkileri kurmanın oldukça zor olmasıdır. Bu çalışmada, farklı şantiyelerden anonim olarak toplanan “Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma” olayları kullanılarak, kaza etken unsurları incelenmiş olup, kaza tahmin modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Kaza sonuçları, tehlike seviyelerine göre üç farklı gruba ayrılmıştır; (1) Derece-1, “Ucuz-Atlatma”, “Ramak-Kala”, (2) Derece-2 “İlk-Yardımlı-Kaza”, “Kısıtlı-İş-Görmezlik”, (3) Derece-3, “Tıbbi-Müdahaleli-Kaza”, “Kayıp-İş-Günlü-Kaza”, “Ölümlü-Kaza”. Kaza verileri, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile çalışılmış ve kaza değişkenlerinin, bu kaza türündeki etkileri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu etkiler ile, Yapay Sinir Ağları (YSA) tahmin modeli oluşturulmuştur. 829 farklı kaza verisi bu çalışmada kullanılmış ve kazaların 720’si kurulan tahmin modelinin, öğrenme sürecinde kullanılırken, 109 adeti modelin güvenilirliğini kontrol etmek için ayrılmıştır. YSA modeli kurulum aşamasında, 10 farklı tahmin modeli kurulmuş ve bu modellerin R-kare ve Ortalama Hata Kareleri (OHK) kontrol edilmiştir. Daha sonra, modeller, rastgele seçilen 109 olay için teste tabii tutulmuştur. En iyi sonucu veren model %78 doğrulukla kaza tehlikelerini tahmin etmeyi başarmıştır. Sonuç olarak, sunulan bu çalışma ile incelenen kaza tipi için, inşa aşamasında karşılaşılabilecek riskli durumların önceden gösterilmesi ve kazaya neden olan etkenlerin sunulması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları (YSA), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG)

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.466493

Giriş

Günümüzde, İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili yapılan çalışmalara ve bu çalışmalar sonucunda ortaya konan gelişmelere rağmen, inşaat sektörü, iş kazaları açısından yüksek potansiyele sahiptir. Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (2016) yayınladığı verilere göre, inşaat sektöründeki iş gücü kaybı ve ölümlerle sonuçlanan kazaların görülme sıklığı, diğer sektörlerle nazaran ortalama üç kat daha fazladır. Örneğin Amerika Birleşik Devletlerinde ölümlerle sonuçlanan kazaların yaklaşık %20'si inşaat sektöründe gerçekleşmektedir (Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı-İş Gücü İstatistik Bürosu, 2016). Benzer şekilde Birleşik Krallık'ta, inşaat sektöründeki işgücü oranı diğer sektörlerin %5'ine denk gelmesine rağmen, ölümcül kazaların %31'den fazlası tekrar bu sektörde boy göstermektedir (Health and Safety Executive, 2014).

Avrupa ülkelerinde 2015 yılındaki ortalama ölümlü kaza görülme sıklığı her 100,000 insanda 1.83 olarak hesaplanmıştır. Bu oran Romanya'da 5.6 iken, Hollanda'da 0.5 olarak belirlenmiştir (Eurostat, 2018). Türkiye'de ise, yaşanan ölümlü kaza oranları Avrupa ülkelerine göre daha yüksektir. Uluslararası Çalışma Örgütü'nün yayınladığı verilere göre, 2016 yılında Türkiye'de, ölümlü olmayan kaza görülme sıklığı 100,000 işçi için 1530 iken ölümlerle sonuçlananların oranı ise 7.5'dir (Uluslararası Çalışma Örgütü, 2018). Ayrıca, Zhang vd., (2013) yaptıkları çalışmada, 20 yılda 26,000'den fazla insanın iş kazası sonucu hayatını kaybettiği belirtmiştir. Diğer bir deyişle, her gün ortalama 5 insan, uygun olmayan koşullar ve alınmayan İSG önlemlerinden dolayı yaşamını yitirmektedir. 2015 yılında Amerika'da 985 ölümlü kaza gözlemlenirken, bu oran 2016 yılında 1034'de çıkmış ve 200,000'in üstünde ölümlerle sonuçlanmayan kaza gözlenmiştir (Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı-İş Gücü İstatistik Bürosu, 2016). Verilen istatistikler, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin hala efektif ve yenilikçi iş güvenliği sistemlerine ciddi bir şekilde ihtiyaç duyduklarını göstermektedir.

İnşaat sektöründe yaşanan kazaların başlıca konu edildiği çalışmalar, uzun zamandır araştırmacılar tarafından çalışılmakta ve bu çalışmalarla literatüre önemli katkılar sunulmaktadır. Güvenlik iklimi üzerine yapılan çalışmalar bu çalışmaların başında gelmektedir. Örneğin, Choudrey vd., (2009) inşaat firmalarının güvenlik iklimlerini ölçmeye yönelik çalışma yaparak, güvenlik yönetimi kapsamında şantiye güvenliği hususlarını belirlemiş ve bu hususların arasındaki ilişkiyi inceleyerek inşa halinde olan şantiyelerin daha güvenli hala gelmesi için proje müdürlerine veya profesyonellere uygulanabilir güvenlik sistemi sunmuşlardır. Buna ek olarak, Patel and Jha, (2014) çalışmalarında Yapay Sinir Ağları'nı (YSA) kullanarak, çeşitli ülkelerin güvenlik iklimlerini tahmin etmiş, gerekli aksiyonların proje başlamadan alınmasını sağlamaya çalışmışlardır.

Güvenlik iklimi konusunun yanı sıra, birçok çalışma iş güvenliğinde risk konusunu da farklı boyutlarda konu edinmiştir. Araştırmalar sonucu, çoğu iş kazasına ve yaralanmalara sebep olan etkenlerin başında var olan risklerin değerlendirilememesi gelmiştir (Carter ve Smith, 2006; Tixier vd., 2014) ve bu yönde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ciarapica ve Giacchetta, (2008) çalışmalarında, iş kazalarının neden olduğu risk faktörlerini değerlendirmiş, kazalar ile risk faktörlerini ilişkilendirmiş ve trend olan kazaların tahminini yapmışlardır. Amibakhsh vd., (2013) Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini kullanarak, inşaat projelerindeki iş güvenliği risklerini değerlendirmiş, bu riskleri göz önünde bulundurarak, uygun kaza tedbirlerine ve yatırımlarına karar aşamasında yol göstermiştir.

Veri toplama, bu tip çalışmaların en önemli yapıtaşları arasındadır çünkü toplanan veriler arasındaki ilişkiler incelenerek, kaza kök nedenlerinin, kazaya yatkın olan iş gruplarının ve durumların belirlenmesinin yanı sıra kaza tahmini yapan modellerin geliştirilmesine olanak sağlanabilir. Bu çalışmada, iş kazası tanımına uygun, "Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma" vakaları incelenmiştir. Avrupa-Asya kıtalarında projeleri bulunan, farklı firmaların

şantiye-kaza raporları anonim bir şekilde alınmış ve çalışmayla bütünleştirilmiştir. Kaza etken faktörleri, bir başka deyişle kaza değişkenleri önce AHP yöntemi ile incelenmiş, daha sonra da YSA tahmin modeli kurulmuştur.

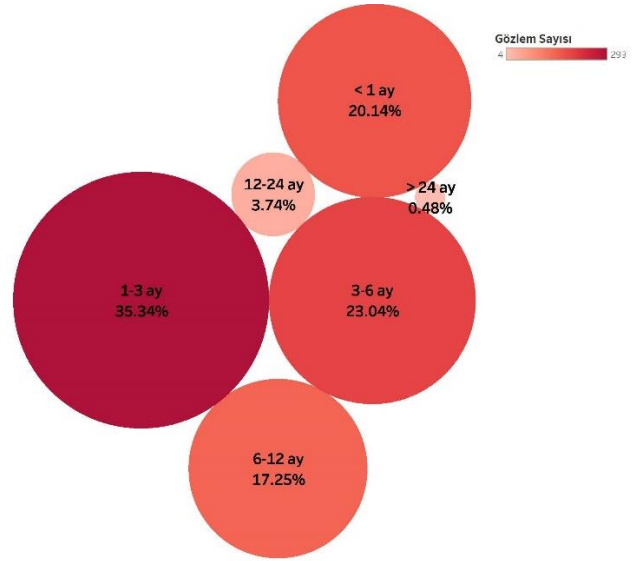
Sunulan bu çalışmada, daha önce yapılanlardan farklı olarak, “Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma” olaylarını tetikleyen durumlar incelenmiştir. Bu nedenle, sunulan çalışmanın bu tip kazalara özel, kaza önlem tedbirlerinin belirlenmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, gerçek kaza verileri doğrultusunda kurulan YSA tahmin modeli sayesinde, muhtemel kaza senaryoları değerlendirilebilmesine ve bu yönde gerekli aksiyonların şantiye öncesinde alınmasına olanak sağlamak amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Kaza Verileri

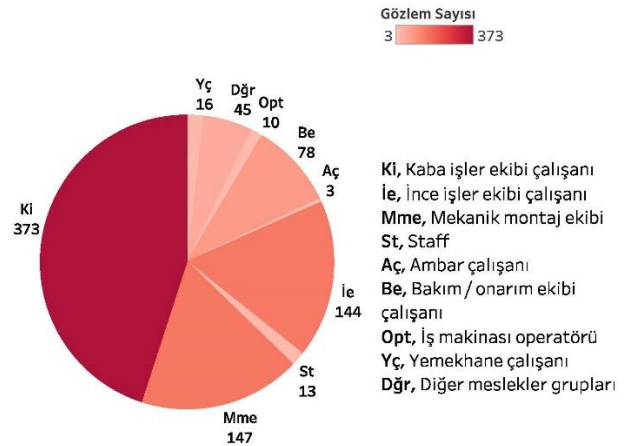
Bu bölümde, çalışmada kullanılan “Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma” tipi iş kazalarının genel istatistikleri verilmektedir. Kaza verileri, Avrupa-Asya bölgesinde bulunan, özel taahhüt işleri kapsamında tamamlanmış ve inşa halinde olan 55 farklı endüstriyel yapı şantiyesinden şirket temsilcileri aracılığı ile alınmıştır. Araştırmada kullanılan toplam kaza sayısı 829 olup, 720’si YSA tahmin modeli eğitimi için, 109’u ise kurulan modellerin test işlemleri için rastgele dağıtılmıştır. Kazalar, tehlike derecelerine göre üç farklı grupta incelenmiştir. Sırası ile, Derece-1 kazalar, “Ramak-Kala”, “Ucuz-Atlasma”, Derece-2 kazalar, “İlk yardımcı-Kaza”, “Kısıtlı-İş görmezlik” ve Derece-3 “Tıbbi-Müdahaleli-Kaza”, “Kayıp-İş-Günlü-Kaza” ve “Ölümlü-Kaza” olmak üzere sınıflandırılmıştır.

Çalışmada kullanılan verinin daha iyi anlaşılması için, kaza etkenlerinin istatistikleri detaylı bir şekilde verilmiştir. Şekil 1’de kaza sayılarının, kaza etken faktörlerinden biri olan kazazede deneyimine göre dağılımı gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, kazaların %55.38’i, çalışma süreleri 3 ay veya 3 aydan daha az olan kişiler tarafından gerçekleşmektedir.



Şekil 1. Kazaların deneyime göre dağılımları

Bir diğer karşılaştırma ise, kazaların, kazazedelerin meslek gruplarına göre yapılmıştır. Şekil 2’de mesleklere göre kaza dağılımları, pasta grafik ile belirtilmiştir. Bu şekilden de anlaşıldığı gibi, kazalara en çok “Kaba işler ekibi”, “Mekanik montaj ekibi”, ve “İncel işler ekibi” maruz kalmaktadır.



Şekil 2. Kazaların meslek gruplarına göre dağılımları

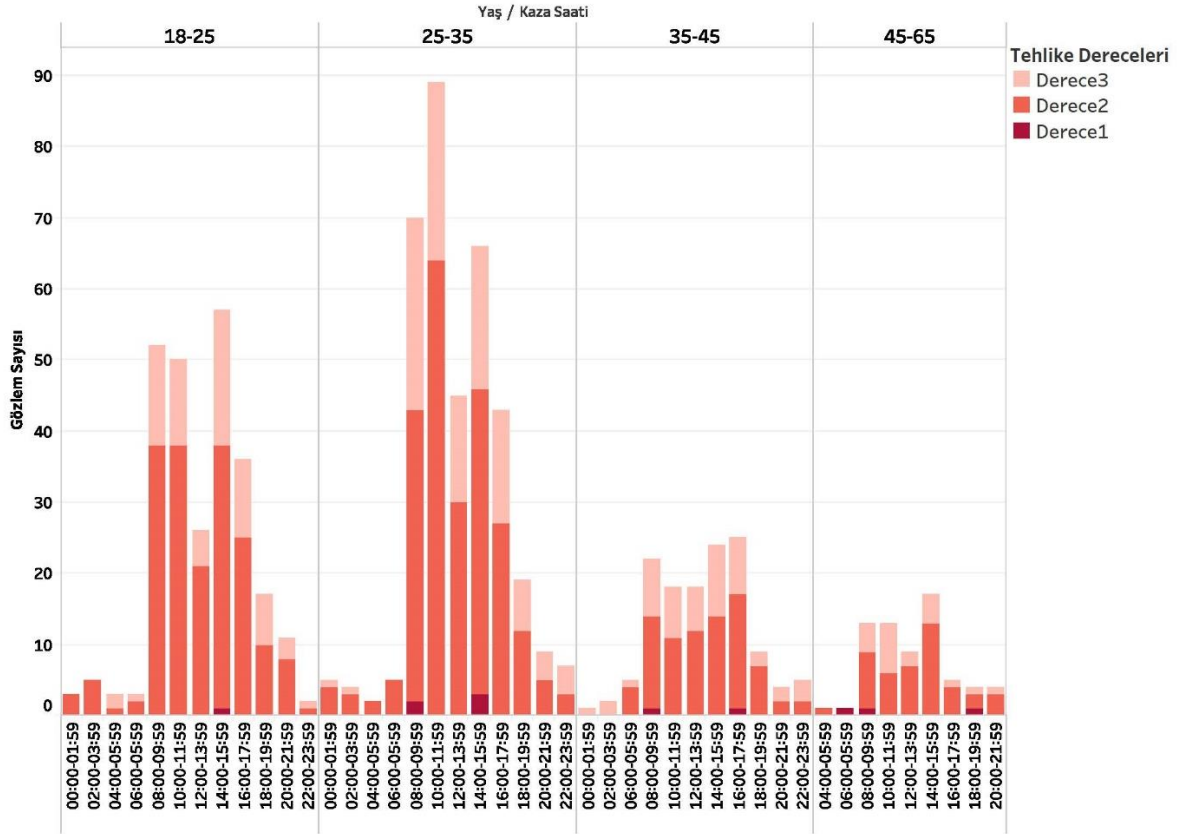
Şekil 3’te, kazazede yaşı, kaza saatleri ve kaza tehlike dereceleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Kazalar, en çok “18-25” ve “25-35” yaş aralığında gözlemlenmiştir. Ayrıca, iş başlama ve öğle arasına giriş saatlerinde kazaların sıklıkla yaşandığı görülmüştür. Çalışmadaki kazalar tehlikelere göre incelendiğinde ise, genel kazalarda geçerli olan yaş aralığının ve kaza zamanlarının aynı olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak, kaza değişkenleri 5

ana grup altında toplanarak incelenmiştir. Değişken detayları ve tehlike seviyelerine göre gözlem sıklıkları Tablo 1’de gösterilmektedir. En

çok gözlemlenen etkenler her grup için sırası ile “KF-1”, “KO-4”, “TD-1”, “U-1” ve “IF-4” olarak görülmüştür.

Tablo 1. Kaza değişkenleri (Kişisel Faktörler, Kaza/Olay Esnasındaki Faaliyetler, Tehlikeli Davranışlar, Tehlikeli Durumlar/Uygunsuzluklar ve İş Faktörleri)

Değişken Grubu	Değişken	Tanım	Gözlem Sıklığı		
			Derece 1	Derece 2	Derece 3
Kişisel Faktörler	KF-1	Mevcut riski değerlendirememesi	3	273	177
	KF-2	Beceri / anlamadaki yetersizlik	2	118	40
	KF-3	Fiziksel yetersizlik	1	22	5
	KF-4	Psikolojik yetersizlik	2	79	20
	KF-5	Eğitimsel problemler	3	97	71
	KF-6	Dengesiz iş yükü / üretime dayalı baskı	9	274	111
	KF-7	Hatalı yönetim sistemi	1	56	14
	KF-8	Diğer	1	29	12
Kaza/Olay Esnasındaki Faaliyet	KO-1	İnce işler (Genel)	0	43	24
	KO-2	Montaj işleri	1	95	47
	KO-3	El aleti / ekipman kullanımı	2	45	41
	KO-4	Rutin aktiviteler	2	134	48
	KO-5	Transport / ekipman / araç kullanma	0	4	4
	KO-6	Kaldırma operasyonları	2	55	40
	KO-7	Kalıp montajı / sökümü	3	92	21
	KO-8	Bakım / Onarım	0	8	0
	KO-9	Kaynak / ısıtma /sıcak çalışmalar	1	9	1
	KO-10	İzolasyon işleri	0	22	5
	KO-11	Diğer	0	41	30
	KO-12	Topograf işleri	0	4	0
	KO-13	Demir bağlama işleri	0	51	19
	KO-14	Beton / şap dökümü	0	12	3
	KO-15	Test işleri	0	1	2
	KO-16	Yüksekte çalışma	0	1	0
Tehlikeli Davranışlar	TD-1	Riski değerlendirememesi / mevcut tehlikelerin farkında olmama	8	402	225
	TD-2	Acele etme / kestirme yol kullanma	3	184	94
	TD-3	Güvenli çalışma yöntemi ihlali	3	205	154
	TD-4	Hatalı fiziksel hareketler	7	162	89
	TD-5	Yanlış alet-ekipman kullanılması / muhafazası	4	50	38
	TD-6	Güvenlik sistemlerinin kullanılmaması / yanlış kullanımı	2	144	64
	TD-7	Enerji yüklü hatta / ekipmanda enerji kesilmeden çalışma yapma	0	2	1
	TD-8	Diğer	0	10	13
Tehlikeli Durumlar / Uygunsuzluklar	U-1	Çalışma ortamındaki uygunsuzluklar	6	334	126
	U-2	Mekanik tehlikeler / uygunsuzluklar	2	48	41
	U-3	Uygunsuz alet / ekipman / araç kullanımı	1	37	20
	U-4	Uygunsuz koruma sistemleri / KKD	2	160	58
	U-5	Diğer	3	64	53
	U-6	Doğal tehlikeler	0	17	15
İş Faktörleri	IF-1	Yapım yöntemi ile ilgili problemler	3	165	98
	IF-2	Eksik veya yetersiz süpervizyon / yönetim liderliği	4	140	54
	IF-3	İletişim sisteminin yetersiz olması (Genel)	1	107	37
	IF-4	Kaza / analiz sisteminin yetersiz olması	3	175	130
	IF-5	Bakım / onarım sisteminin yetersiz olması	3	44	13
	IF-6	Taşeron seçimi / yönetimindeki problemler	0	44	15
	IF-7	Satın alma / malzeme kontrol / hatalı depolama	1	25	9
	IF-8	İSG / çalışma metodu eğitimlerindeki eksiklikler	1	44	24
	IF-9	Yetersiz kontrol, denetim ve izleme	0	96	107
	IF-10	Hatalı işe alım sistemi	1	26	10
	IF-11	Hasarlı koruyucu önlemler	0	16	1
	IF-12	Diğer	1	38	24



Şekil 3. Kazaların, kazazede yaşı, kaza saati ve kaza tehlike derecelerine göre incelenmesi

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi, çok kriterli karar verme mekanizmaları arasında en popüler olanıdır (Alonso ve Lamata, 2006; Saaty, 2008; Badri vd., 2012). AHP, ikili karşılaştırmalar ile alternatiflerin birbirleri üzerindeki etkilerini hesaplayarak karar matrisini oluşturur. Karar matrisleri ise, karara etki eden ölçütler veya alanında uzman görüşleri yardımıyla oluşturulabilir. En iyi alternatif, işlemler sonucu en büyük ağırlığa sahip olan olarak kabul edilir ve diğer seçenekler ağırlıklarına göre sıralanır.

Birçok farklı alanda olduğu gibi, AHP'nin İSG alanında da kullanımı yaygındır. AHP kullanımı, Henderson ve Dutta'nın, (1992) yapmış olduğu İSG ergonomik analizi kapsamında başlamıştır. Daha sonra, Padma ve Balasubramanie, (2009), omuz ve boyundaki, kas-iskelet sorunlarını ortaya çıkaran risk faktörlerini sıralamak amacı ile çalışmalarında AHP kullanmıştır. Badri vd., (2012), İSG risklerinin değerlendirilmesi için AHP ile uzman görüşüne dayanan bir çalışma sunmuşlardır. Amibakhsh vd., (2013) ise şantiyelerdeki güvenlik riski taşıyan öğeleri

önem sıralar göre dizmek için bu yöntemi kullanmışlardır.

AHP, karar matrisinin oluşturulması ile başlar. Karar matrisi (A), alternatiflerin (a_{ij}) birbirleri üzerindeki etkilerinin, Tablo 2'de verilen ölçütlere göre tamamlanır. Aynı zamanda, karar matrisi, belirtilen (2) ve (3) koşullarını da sağlamak zorundadır.

Tablo 2. AHP skalası

Nümerik Skala	Tanım
1	İki elementte eşit önem taşır
3	Biri diğerine göre biraz fazla önem taşır
5	Biri diğerine göre oldukça önem taşır
7	Biri diğerine göre çok daha fazla üstünlük gösterir
9	Biri diğerine göre kesinlikle üstünlük gösterir
2,4,6,8	İki komşu seviye arasındaki ara değerler

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

$$a_{ij} > 0; a_{ij} \times a_{ji} = 1; \forall i \quad (2)$$

$$a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik} \quad \forall i, j, k \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

A matrisi oluşturulduktan sonra, A matrisinin her kolonu toplanarak s_i değerleri bulunur. Daha sonra A matrisinin her bir elementi, her kolon için hesaplanan s_i değerlerine bölünür ve B matrisi oluşturulur. Oluşturulan B matrisinin, her sütununun ortalaması alınarak, her etkenin ağırlıkları hesaplanır.

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{s_i} \quad \forall i, j \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad \forall i, j \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Kurulan modelin tutarlılığı için, tutarlılık oranı “Consistency Ratio”-(CR) %10’a eşit veya %10’dan küçük olmalıdır. CR’nin hesaplanması için, önce $A_{n \times n}$ ve $W_{n \times 1}$ matrisleri çarpılır sonucunda, elde edilen matris içerisindeki elementlerin en büyüğü λ_{max} olarak kabul edilir. Daha sonra (7), (8) ve Tablo 3’e göre CR oranı hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad CI, \text{Tutarlılık indeksi} \quad (7)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad RI, \text{Rastgele Tutarlılık indeksi} \quad (8)$$

Bu çalışmada, bir önceki bölümde belirtilen kaza etkenleri, AHP ile dokuz ana grup altında incelenmiştir. Bu dokuz grup, “Kaza Saati”, “Deneyim”, “Yaş”, “Meslek”, “Kişisel Faktörler”, “Kaza/Olay Esnasındaki Faaliyetler”, “Tehlikeli Davranışlar”, “Tehlikeli Durumlar / Uygunsuzluklar” ve “İş faktörleri” olarak sıralanmaktadır. Bu gruplarla ilgili detaylar, Şekil 1-3 ve Tablo 1’de verilmiştir. Her kaza etkeni, kendi grubu içerisinde, gözlemlenme sıklıklarına göre değerlendirilmiş ve bu etkenlerin her biri için ağırlıklar hesaplanmıştır. Bu ağırlıklarla, kazalar dokuz grup altında tanımlanmış ve YSA modeli için dokuz girdili veri tabanı oluşturulmuştur.

Yapay Sinir Ağları (YSA)

YSA, insan beyninden, örüntü tanıma ve nedenselleştirme yönlerinden esinlenerek elde edilmiş, sayısal veya sayısal olmayan problemlerin matematiksel olarak çözümlendiği veri işleme sistemidir (Kim vd., 2004; Ung vd., 2006; Ceylan ve Avan, 2012; Kulkarni vd., 2017). İnşaat mühendisliği uygulamalarında da en çok tercih edilen tahmin yöntemlerinin başında gelmektedir.

Tahmin modeli kurulumu esas olarak, öğrenme fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu, öğrenme hızı gibi YSA parametreleri kullanımı için kesin bir kural olmadığından, deneme ve yanılma yöntemine dayanmaktadır. Dolayısıyla, veri biçimine uygun en iyi model iterasyonlar sonucu elde edilmektedir. İnşaat mühendisliği uygulamaları için, geri yayımlı öğrenme algoritması yeterli bulunmaktadır (Arditi vd., 1998; Arditi ve Tokdemir, 1999; Kulkarni vd., 2017). Bu çalışmada da, aynı öğrenme algoritmasını kullanmak yeterli bulunmuştur. YSA model kurulumu, *MATLAB Neural Tool* ile, *MATLAB 2017a*, programında tamamlanmıştır.

YSA modeli üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar girdi katmanı, gizli katman (nöronların bulunduğu kısım) ve çıktı katmanıdır. Girdi katmanı, nöronlara bilgilerin aktarıldığı bölüm olarak adlandırılır. Girdiler sayesinde, model öğrenilmesi istenilen bilgileri matematiksel olarak çözümler ve girdi-çıkıtı arasındaki ilişkiyi tanımlar. Model kurulumunda, belirlenmesi gereken başlıca özellik, modelin eğitimi için hangi öğrenme fonksiyonun kullanılacağıdır. *MATLAB 2017a* programı öğrenme fonksiyonu için çeşitli seçenekler sunmaktadır. Bu çalışmada, “trainlm”, Levenberg-Marquardt geri yayımlı öğrenme algoritması ve “trainscg”, Gradient-Descent Momentum kullanılmıştır. Bu fonksiyonlarla ilgili detaylı bilgi edinmek isteyen okuyucular, belirtilen referanstan ilgili dokümanlara ulaşabilir (Mathworks, 2018).

Tablo 3. Alonso-Lamata RI değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
RI	0	0	0.52	0.88	1.11	1.25	1.34	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.55	1.57	1.58	1.6

Bununla beraber, aktivasyon fonksiyonu seçimi de modelin tahmin performansı açısından büyük bir öneme sahiptir çünkü aktivasyon fonksiyonu nöron çıktılarını belirleyen asıl elementtir (Uğur vd., 2011). Aktivasyon fonksiyonu olarak bu çalışmada, tanjant sigmoid, “tansig” kullanılmıştır. Çalışılan kaza verilerinde, girdiler ve çıktılar arasında non-linear bir ilişki vardır. Bu tip problemlerin analizlerinde, tansig fonksiyonun kullanımı önerilir. Bunların yanı sıra, kurulan modellerde, öğrenme hızı ve nöron sayısı gibi parametreler de değiştirilerek en uygun modeli elde etmek amaçlanmıştır.

Bulgular

AHP ile Ağırlık Atama

AHP yöntemi ile her değişken kendi grubu içerisinde incelenmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi kaza verileri dokuz farklı ana grup altında toplanmış ve bu gruplar altındaki kaza etkenlerinin detayları Şekil 1-3 ve Tablo 1’de gösterilmiştir.

Çalışmada ilk adım, karar matrislerini oluşturmakla başlar. Karar matrisleri dokuz ana grup için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Her bir kaza etkeninin ikili karşılaştırmaları, şantiyelerden alınan verideki görülme sıklığına göre yapılmıştır. Örneğin, KF-2 değişkeni “Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma” olaylarında 158 kez gözlemlenirken, KF-3 değişkeni 27 kez bu kazaya sebebiyet vermiştir. Bu iki değişkenin gözlem oranları, 5.85’e eşit olmaktadır. Karar matrisinde ise bu değer Tablo 2’ye göre 6 olarak belirlenir. Sonuç olarak, AHP bölümünde gösterilen prosedürlerin uygulaması ile, her bir etken için ağırlıklar kendi grupları içinde hesaplanmıştır.

Tablo 4 ve Tablo 5’de sırası ile değişken grupları içerisindeki kaza etkenlerinin ağırlıkları detaylı bir şekilde belirtilmiştir. Kaza üzerinde en çok etkiye sahip değişkenler, koyu ile gösterilmiştir. Tablolardan da anlaşıldığı gibi, Şekil 1-3 ve Tablo 1’de verilen bilgiler ile AHP ağırlık sonuçları tutarlıdır.

Tablo 4. Kaza Saati, Meslek, Deneyim ve Yaş değişkenlerinin kaza üzerindeki etkileri

Kaza Saati			Meslek			Deneyim			Yaş		
CR	Değişken	Ağırlık	CR	Değişken	Ağırlık	CR	Değişken	Ağırlık	CR	Değişken	Ağırlık
0.0572	00:00-02:00	0.015	0.0216	St	0.033	0.0352	< 1 ay	0.190	0.0080	18-25	0.288
	02:00-04:00	0.018		Mme	0.211		1-3 ay	0.333		25-35	0.476
	04:00-06:00	0.013		İe	0.184		3-6 ay	0.244		35-45	0.154
	06:00-08:00	0.022		Ki	0.364		6-12 ay	0.152		45-65	0.081
	08:00-10:00	0.162		Be	0.128		12-24 ay	0.060			
	10:00-12:00	0.207		Opt	0.025		>24 ay	0.021			
	12:00-14:00	0.117		Yç	0.040						
	14:00-16:00	0.182		Aç	0.016						
	16:00-18:00	0.133		Dğr	0.083						
	18:00-20:00	0.071									
	20:00-22:00	0.039									
	22:00-00:00	0.022									

Tablo 5. Kişisel Faktörler, Kaza/Olay Esnasındaki Faaliyetler, Tehlikeli Durumlar, Uygunsuzluklar ve İş Faktörlerinin kaza üzerindeki etkileri

Değişken Grubu	CR	Ağırlık															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
KF	0.019	0.32	0.11	0.02	0.07	0.14	0.24	0.05	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
KO	0.033	0.07	0.13	0.1	0.16	0.02	0.11	0.12	0.02	0.02	0.04	0.08	0.01	0.08	0.02	0.01	0.01
TD	0.059	0.28	0.16	0.2	0.14	0.06	0.11	0.02	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
U	0.012	0.44	0.1	0.06	0.23	0.13	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IF	0.020	0.18	0.12	0.09	0.22	0.04	0.04	0.02	0.06	0.14	0.03	0.01	0.05	-	-	-	-

Elde edilen kaza etken ağırlıkları, YSA modeli kurulumunda, kazaları matematiksel olarak açıklamada kullanılacaktır.

YSA Modeli Tahmin Sonuçları

AHP sonucunda elde edilen kaza etkenlerinin ağırlıkları ile her ana grup altındaki değişkenler, matematiksel olarak ifade edilmiştir. Tablo 5’de verilen ana değişken grubu altındaki etkenlerin, kaza sırasında aynı anda gözlemlenmesi olağandır. Bu durumu, aynı değişken grubu altında matematiksel olarak ifade edebilmek için, etkenler birbirlerinden bağımsız kabul edilmiş ve aynı anda karşılaşılan etkenler, ağırlıklarının toplamı ile ana değişken grubu altında sayısal ifade ile tanımlanmıştır. Örneğin, KO-1 ve KO-3’ün, kaza sırasında gözlemlendiği varsayalım. Bu durumu, KO değişken grubu altında ifade edebilmek için, KO-1 ve KO-3’ün AHP sonucu elde edilen ağırlıkları Tablo 5’e göre toplanır. Daha sonra, toplanan ağırlık, KO değişkeninin, olay içerisindeki matematiksel ifadesi olarak kabul edilir. Fakat, aynı işlem Tablo 4’de belirtilen değişken grupları için yapılmamıştır, çünkü bu gruplar altındaki etkenlerin, aynı anda gözlemlenmesi ihtimali yoktur. Bu sebepten ötürü, “Kaza Saati”, “Meslek”, “Deneyim” ve “Yaş” belirtilen aralıklara atanan sayılar ile ifade edilmiş ve YSA verisine işlenmiştir.

YSA verileri ayarlandıktan sonra, MATLAB 2017a programı üzerinden farklı ağ

parametrelerine göre 10 farklı model oluşturulmuştur. Tablo 6’da oluşturulan modellerin, R-kare değerleri ve Ortalama Hata Kare’leri (OHK) hesaplanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda, en iyi performansı gösteren beş model seçilecek ve seçilen modeller test için ayrılan 109 kaza verisi ile denenecektir. Önceden de belirtildiği üzere, farklı öğrenme fonksiyonları, nöron sayıları ve öğrenme hızları, model oluşturma aşamasında denenmiştir. Kurulan modeller, öğrenme fonksiyonu açısından ele alındığında, “trainlm” fonksiyonu ile daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Nöron sayısı yönünden incelendiğinde ise, nöron sayısının belirli bir oranda artması, elde edilen R-kare değerlerine olumlu bir etkide bulunmuştur. Fakat, nöron-girdi oranının iki buçuğu geçtiği durumlarda, tekrar R-kare değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir.

$$OHK = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y'_i - y_i)^2 \quad (9)$$

y'_i tahmin edilen değeri, y_i gerçek değeri, OHK ise, ortalama hataların karesini temsil etmektedir.

Kurulan modeller arasından, en yüksek performansı gösteren beş tanesi, test için ayrılmıştır. Bunlar, model 2, 3, 4, 5 ve 9 olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Oluşturulan YSA modelleri

Öğrenme Fonksiyonu	Model	Nöron Sayısı	İterasyon Sayısı	Öğrenme Hızı	Aktivasyon Fonksiyonu	OHK	R kare			
							Öğrenme	Test	Validasyon	Tümü
trainlm	1	9	1000	0.01	tansig	0.13692	0.61256	0.56865	0.62395	0.60764
	2	18	1000	0.01	tansig	0.16238	0.69842	0.5387	0.61226	0.66201
	3	23	1000	0.01	tansig	0.1447	0.68863	0.59299	0.57839	0.65742
	4	18	1000	0.1	tansig	0.14919	0.66477	0.56276	0.58017	0.63601
	5	18	1000	0.5	tansig	0.16355	0.67818	0.64271	0.54803	0.65258
trainseg	6	9	1000	0.01	tansig	0.1548	0.64436	0.57535	0.55964	0.62079
	7	18	1000	0.01	tansig	0.14969	0.6551	0.55182	0.5805	0.62785
	8	23	1000	0.01	tansig	0.16069	0.6409	0.59611	0.53533	0.61864
	9	18	1000	0.1	tansig	0.11159	0.66411	0.70607	0.47918	0.64383
	10	18	1000	0.5	tansig	0.14294	0.65198	0.55853	0.60357	0.63021

Tablo 7. Test sonuçları

Model	Derece 1			Derece 2			Derece 3			Kümülatif Başarı
	Gerçek Gözlem	Doğru Tahmin	Başarı	Gerçek Gözlem	Doğru Tahmin	Başarı	Gerçek Gözlem	Doğru Tahmin	Başarı	
2	2	0	%0.0	82	71	%86.6	25	6	%24.0	%70.6
3	2	1	%50.0	82	73	%89.0	25	11	%44.0	%78.0
4	2	0	%0.0	82	72	%87.8	25	5	%20.0	%70.6
5	2	0	%0.0	82	71	%86.6	25	3	%12.0	%67.9
9	2	0	%0.0	82	70	%85.4	25	8	%32.0	%71.6

Bir sonraki adım da belirlenen modeller, önceden ayrılan 109 kaza verisi ile teste tabii tutulmuştur. Tablo 7’de test sonuçları detaylı bir şekilde gösterilmektedir. Model başarı performansları (10)’a göre hesaplanmış ve gerek her hedef gerek ise toplam model başarıları bulunmuştur.

$$Başarı = \frac{\sum \text{Doğru Tahmin Sayısı}}{\sum \text{Gerçek Gözlem}} \quad (10)$$

Genel olarak modellerin başarılarına bakıldığında, doğru tahmin oranlarının, Derece-2 kaza tiplerinde daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bunun sebebi ise, kullanılan kaza verilerinin ağırlıklı olarak, 2. Derece tehlikeli kazalarından oluşmasıdır. Şekil 3 incelendiğinde, Derece-2 kazalarının, asıl verinin %60’ından fazlasını oluşturduğu aşikardır. Bunun yanı sıra, Model 3 haricinde ki hiç bir model, Derece-1 tipi kazalarda başarı gösterememiştir ve toplam başarı yüzdeleri umut verici olsa da, Derece-3’lerde ki başarıları da tatmin edici değildir. Dolayısıyla, en iyi tahmin yapabilen model olarak, 3.’sü seçilmiştir. Başarı sırasına göre sırasıyla Model 3, Derece-2’de %89.0, Derece-1’de %50, Derece-3’te %44.0 ve son olarak toplamda %78.0 doğru tahmin başarıları yapabilmektedir. Model 3’ün hangi parametrelerle kurulduğuna Tablo 5’den bakıldığında ise, öğrenme fonksiyonu olarak “trainlm”, nöron-girdi oranı olarak “2.5 kat”, öğrenme hızı olarak “0.01” kullanıldığında, en iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Sonuçlar ve Tartışma

İş kazaları, günümüzde çoğu firma için hala büyük bir sorun olarak öne çıkmaktadır. İş kazaları, sağlık sorunlarının yanı sıra, fazladan masraf ve iş gücündeki azalma ile, projede

gecikmelere sebebiyet vermektedir. İSG sistemlerini kurmuş büyük ölçekli firmaların bile ciddi iş kazaları ile karşılaşması muhtemel bir durumdur. Bu sebeple, yapılan çalışmada, inşaat sektöründe yaygın bir şekilde karşılaşılan “Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma” olaylarını önlemek, kaza etken faktörlerini detaylı bir şekilde araştırmak ve profesyonellere inşa öncesi veya inşa aşaması muhtemel kaza senaryolarını göstermek amaçlanmıştır. Çalışmada farklı inşaat şirketlerinin farklı şantiyelerinden anonim bir şekilde toplanan 829 adet spesifik kaza verisi kullanılmış, kaza etkenleri ve tehlike dereceleri arasında ise akım yakalama hedeflenmiştir.

Çalışma iki ana kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda AHP yöntemi ile kaza etkenlerinin ağırlıkları, buldukları gruplar içinde hesaplanmıştır. Bu yöntem ile, çalışılan kazaları engellemek için alınacak önlemlerin daha rahat ve etkili alınması olanağı sağlanmıştır. Kaza etkenleri dokuz ana grup altında toplamış ve her grup için AHP uygulanmıştır. AHP sonucunda, kazaların en çok öğle arasına giriş saatlerinde görüldüğü, “Kaba işler ekibi” çalışanlarının ise en çok bu kazaya maruz kaldıkları anlaşılmıştır. Bunların yanı sıra, kazalarda gençlerin ağırlıklı olduğu ve deneyim bakımından da 3 aydan daha az deneyimlilerin çoğunluğu oluşturduğu gözlemlenmektedir. Kazalara en çok sebebiyet veren durumların başında ise, mevcut riskleri değerlendirememesi ve çalışma ortamındaki uygunsuzlukların olduğu görülmektedir. Kaza etkenlerinin ağırlıkları ile ilgili detaylar, Tablo 4 ve 5’te verilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında, YSA tahmin modeli kurulumu anlatılmıştır. Öncelikle, AHP sonucu

elde edilen ağırlıklar ile, kazalar matematiksel olarak 9 ana başlık altında tekrar açıklanmış ve YSA veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra, rastgele ayrılan 829 kazadan, 720'si öğrenme sürecinde, 109'u ise test aşamasında kullanılmıştır. En iyi model, “trainlm” öğrenme fonksiyonu ile nöron-girdi oranı iki buçuğa eşitken kurulur ve modelin Derece-1, Derece-2, Derece-3 ve toplamdaki başarısı sırası ile %50, %89, %44 ve %78'e eşittir. Kurulan YSA modeli, kaza senaryolarını önceden analiz etme, hangi etken ile ne gibi sonuçların olabileceğini gözlemlene olanaklarını “Keskin bir Cisim ile Yaralanma” olayları için sağlamaktadır.

Yapılan çalışmada bazı sınırlamalar da mevcuttur. Araştırmacılar kurulan modeli ve verilen istatistikleri incelerken, bu verilerin sadece “Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma” vakaları için uygun olabileceğini göz önünde bulundurmaları gerekir. Bir başka deyişle, çıkan sonuçların her kaza türüne göre genellenmesi, doğru sonuçlar çıkarmayabilir. Ayrıca, Model kurulumunda kullanılacak farklı veriler, sonuçlarda farklılaşmaya neden olabilir. Bu ek olarak, kurulan modelin tahmin başarısı umut verici olsa da, veri tabanı içerisinde, çoğunlukla Derece-2 sınıfına giren kaza tiplerinin olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, şantiyelerde kazalar kaydedilirken, kayıt aşamasında tehlikeli sonuçlanan kazalara verilen önem kadar, ucuz atlatma ve ramak kala olaylarına verilmemesi olabilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için, kazalar tehlikeleri önemsenmeden detaylı bir şekilde tutulabilir. Öte yandan, kurulan modelin Derece-3 tipi kazalardaki tahmin başarısı, diğerlerine göre daha azdır. Çünkü tıpkı Derece-1 verileri gibi, Derece-3'ünde veri içerisindeki yoğunluğu Derece-2'ye göre azdır. İleride yapılacak çalışmalarda, her tehlike grubu için belli bir sayının üzerinde kaza verisi toplanır ise, daha iyi tahmin sonuçları ile karşılaşılacağı olağan gözükmemektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada, “Keskin bir Cisim ile Temas Sonucu Yaralanma” olaylarının yanı sıra, kaza kayıt sistemine sahip organizasyonlar veya inşaat şirketlerinin, çalışmada sunulan

yöntem ve tekniklerle kazaları önleme ve kaza kök nedenlerini bulma konularında yarar sağlamaları amaçlanmıştır.

Kaynaklar

- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(4), 445–459.
<https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>
- Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı-İşgücü İstatistik Bürosu.
<https://data.bls.gov/gqt/ProfileData>. Erişim Tarihi, Eylül, 30, 2018.
- Aminbakhsh, S., Gunduz, M., & Sonmez, R. (2013). Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. *Journal of Safety Research*, 46, 99–105.
<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2013.05.003>
- Arditi, D., Oksay, F. E., & Tokdemir, O. B. (1998). Predicting the Outcome of Construction Litigation Using Neural Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 13(2), 75–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/0885-9507.00087>
- Arditi, D., & Tokdemir, O. B. (1999). Comparison of Case-Based Reasoning and Artificial Neural Networks. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 13(3), 162–169. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1999\)13:3\(162\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1999)13:3(162))
- Badri, A., Nadeau, S., & Gbodossou, A. (2012). Proposal of a risk-factor-based analytical approach for integrating occupational health and safety into project risk evaluation. *Accident Analysis and Prevention*, 48, 223–234.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.05.009>
- Choudhry, R. M., Fang, D., & Lingard, H. (2009). Measuring Safety Climate of a Construction Company. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(9), 890–899.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000063](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000063)

- <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2008.07.001>
- Carter, G., & Smith, S. (2006). Safety Hazard Identification on Construction Projects. *Journal Construction Engineering and Management*, 132(2), 197-205. 10.1061/(ASCE)0733-9364 (2006)132:2(197)
- Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2009). Classification and prediction of occupational injury risk using soft computing techniques: An Italian study. *Safety Science*, 47(1), 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.01.006>
- Eurostat Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistic_s#Number_of_accidents. Yayın tarihi Haziran, 2018. Erişim Tarihi Eylül, 25, 2018.
- Health and Safety Executive. (2014). *Annual Report and Account 2013/2014*, Her Majesty's Stationery Office, London
- Henderson, R. D., & Dutta, S. P. (1992). Use of the analytic hierarchy process in ergonomic analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 9(4), 275–282. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(92\)90061-4](https://doi.org/10.1016/0169-8141(92)90061-4)
- Kim, G. H., An, S. H., & Kang, K. I. (2004). Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning. *Building and Environment*, 39(10), 1235–1242. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.02.013>
- Kulkarni, P. S., Londhe, S. N., & Deo, M. C. (2017). Artificial Neural Networks for Construction Management: A Review ARTICLE INFO ABSTRACT. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 1(2), 70–88. <https://doi.org/10.22115/scce.2017.49580>
- Mathworks 2018, <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/choose-a-multilayer-neural-network-training-function.html;jsessionid=fa12e77c706952ceb712c5b69670>. Erişim Tarihi Eylül, 28, 2018.
- Patel, D. a, & Jha, K. N. (2014). Neural Network Approach for Safety Climate Prediction. *Journal of Management in Engineering*, 31(3), 1–11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000348](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000348)
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Ung, S. T., Williams, V., Bonsall, S., & Wang, J. (2006). Test case based risk predictions using artificial neural network. *Journal of Safety Research*, 37(3), 245–260. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.02.002>
- Tixier, A. J., Hallowell, M. R., Albert, A., van Boven, L., & Kleiner, B. M. (2014). Psychological Antecedents of Risk-Taking Behavior in Construction. *Journal Construction Engineering and Management*, 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000894, 04014052.
- Uğur, L. O., Baykan, U. N., & Korkmaz, S. (2011). Y ığma Konutların Maliyet Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Kullanılması, 6. *İnşaat Yönetimi Kongresi*, (386), 25–26.
- Uluslararası Çalışma Örgütü. *Safety and Health at Work*. <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-en/index.htm>. Yayın Tarihi Ocak, 2016. Erişim Tarihi Eylül, 26, 2018.
- Uluslararası Çalışma Örgütü. <https://www.ilo.org/ilostatcp/CPDesktop/>. Erişim Tarihi Eylül, 26, 2018.
- Padma, T., & Balasubramanie, P. (2009). Knowledge based decision support system to assist work-related risk analysis in musculoskeletal disorder. *Knowledge-Based Systems*, 22(1), 72–78.

The Analysis of Accidents with Contact of Sharp Objects by using Analytic Hierarchy Process and Artificial Neural Networks

Extended abstract

Occupational Health and Safety is still a crucial problem for the construction industry despite many improvements in this field. As well as the health problems, it may create a serious level of additional expenses which may affect the cost of the project. The difficulties in solving problems related to OHS in the construction industry depends on the hardness of describing the relation between the triggering factors and accident as the construction industry is based on the labor force.

In his study, the accident records collected from the different construction sites of different companies were utilized in order to analyze attributes of the special case of "Contact of Sharp Object," and to develop a prediction model in accordance. There were 829 accident cases; these had been taken from 55 different construction sites. The dataset was investigated in three different groups regarding their severity level as "Degree-1", "Degree-2", and "Degree-3". Degree-1 cases consist of "At Risk Behavior" and "Near Misses," and Degree-2 includes "Cases with First-Aid," and "Cases with Partial Failure." The last and most severe group is Degree-3 comprises of "Cases with medical intervention," "Lost workday cases" and "Fatalities."

After dividing into three different group, attributes of accidents were collected into nine major groups. When the cases were explained, the features of the accidents were collected according to these groups such as, "time of the accident," "occupation," "age," "experience," "human-factors," "workplace factor," "nonconformities," "hazardous-behaviors" and "activities-at-the-time-of-accident. Under these groups, Analytic Hierarchy Process was applied to analyze the weight of each attribute under their groups only. The AHP started with establishing decision matrix where pairwise comparison of each attribute was performed. In AHP, two options were available to rank the importance of one attribute on the other one as scoring by the expert or quantitative information related with the attributes. The authors

preferred to use the second one since the observation frequency of each attribute for this special case was found sufficient. Therefore, the AHP process was completed, and the findings of AHP showed which attributes are most influential under every nine groups. According to the AHP results, the key factor that causes to this accident was the inability to percept existing risks in the workplace, and the accidents occurred near the time of resting like between 10:00 and 12:00 a.m. Besides, the rough work crew has the highest potential, and the victims were generally younger than 35 years old whose level of experiences was too low.

After completing the AHP, each attribute was assigned its weight under their groups, and the accident cases were rewritten in mathematical format. That mean, attributes were expressed with their weights, and under the same group if more than one attributes were observed, the weight of these will be summed, and noted under concerned groups since the attributes under same groups were assumed as mutually exclusive events. When finishing this operation, the dataset was ready to be integrated with Artificial Neural Network so that the prediction model could be developed. Collected 829 cases were divided into two groups randomly. 720 of them were utilized for training of model, and with the remaining, the testing of the model was carried out. The best model achieved to 78% prediction accuracy, and the highest accuracy was accomplished in Degree-2 cases.

As a result, the proposed study enables professionals to forecast the possible risks and scenario of "Contact of Sharp Object" accidents, and to understand the triggering factors in detail both the preconstruction and construction phases.

Keywords: Artificial Neural Network (ANN), Analytic Hierarchy Process (AHP), Occupational Health and Safety (OHS)