



## BULANIK REBA İLE BİR MOBİLYA İMALAT FİRMASINDA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Nihal ERGİNEL<sup>1</sup>, Şura TOPTANCI\*<sup>1</sup>, İlgin ACAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Bulanık REBA,  
Ergonomik riskler,  
Kas-iskelet sistemi  
rahatsızlıkları,  
Risk değerlendirme.*

### Öz

İşyerinde uygun olmayan vücut çalışma duruşları, taşınan yük, uygulanan kuvvet vb. ergonomik riskler sonucunda ortaya çıkan işe bağlı kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (İKİSR), sanayileşmiş ülkelerde karşılaşılan büyük bir sağlık problemidir. İşyerinde alınacak tedbirlerle İKİSR büyük ölçüde önlenabilmektedir. Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (Rapid Entire Body Assessment-REBA) yöntemi, İKİSR için çalışanın tüm vücudunu göz önüne alması dolayısıyla, çalışma duruş analizlerini yapmak ve yapılan işlerin risk düzeylerini belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan gözlemsel araçlardan biridir. REBA yönteminde risklerin değerlendirilmesi esnasında uzmanların görüşlerinin bir sınıflandırma ile tarif edilmesi, sözel değerlerin kullanılması ve parametrelerin kesin olarak belirlenememesi gibi nedenlerden dolayı belirsiz durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu belirsizlikler bulanık sayılar kullanılarak analiz edilebilir.

Bu çalışmada, bir mobilya fabrikasında çalışanların çalışma duruşları analiz edilmiştir. Çalışma duruşundan kaynaklanan riski değerlendirmede Bulanık REBA yöntemi kullanılmıştır. Bulanık REBA yöntemi için iki farklı hesaplama metodolojisi geliştirilmiştir. İlk hesaplama metodolojisinde sadece açıl duruşların net belirlenemediği varsayılmıştır. İkinci metodolojide ise açıl duruş, opsiyonel hareket, yük/kuvvet, yük kavrama/tutuş ve hareket skorlarından oluşan tüm parametreler bulanık sayı olarak işleme dâhil edilmiştir. Bu çalışmada, mobilya fabrikasında incelenmeye alınan farklı istasyonlara ait altmış üç adet duruş fotoğrafından ayrıntılı olarak iki çalışma duruşunun risk değerlendirilmesi anlatılmıştır. Ardından, analiz sonuçlarına göre ortaya çıkan riskleri azaltmak için yapılabilecek ergonomik iyileştirmeler ele alınmıştır.

## AN ERGONOMIC RISK ASSESSMENT WITH FUZZY REBA IN A FURNITURE MANUFACTURING FACTORY

### Keywords

*Fuzzy REBA,  
Ergonomic risks,  
Musculoskeletal disorders,  
Risk assessment.*

### Abstract

Work-related musculoskeletal disorders (WRMD) that results from ergonomic risks such as awkward postures, load carried and applied force are a major health problem in industrialized countries. Precautions to be taken in the workplace greatly prevent WRMD. REBA is one of the most commonly used observational methods to conduct working posture analyzes and determine the risk levels of work, since it takes the worker's entire body into account. Uncertainty arises, because the opinions of the experts are described by a classification, the linguistic values are used and the parameters cannot be determined precisely in the REBA method. These uncertainties can be analyzed using fuzzy numbers.

\* İlgili yazar / Corresponding author: sura\_t@eskisehir.edu.tr, +90-222-239-3750-3300

In this study, the working postures of workers in a furniture manufacturing factory were analyzed. Fuzzy REBA method is used to assess the risk results from working posture. The Fuzzy REBA method is applied by considering two different calculation methodology. In the first calculation methodology, it is assumed that only angular positions cannot be determined clearly. In the second one, all parameters consisting of angular posture, optional motion, load/force, load grip and motion scores are included as fuzzy numbers. In this study, the risk assessment of two working postures is explained comprehensively from sixty-three posture photographs taken at different stations. Ergonomic improvements to reduce the risks associated with analysis results are then addressed.

#### Alıntı / Cite

Erginel, N., Toptancı, S., Acar, I., (2018). Bulanık Reba İle Bir Mobilya İmalat Firmasında Ergonomik Risk Değerlendirmesi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(ÖS: Ergonomi2017), 92 - 101

#### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Nihal ERGİNEL, 0000-0001-6231-9904  
Şura TOPTANCI, 0000-0002-3612-2478  
İlgin ACAR, 0000-0001-9775-5386

#### Makale Süreci / Article Process

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	15.12.2017
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	06.06.2018
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	25.07.2018
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	24.12.2018

## 1. Giriş

Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) kaslarda, disklerde, vb. bölgelerde ortaya çıkan rahatsızlıklardır. Çalışma ortamından kaynaklı gelişen KİSR rahatsızlıkları işe bağlı kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (İKİSR) olarak kabul edilmektedir. KİSR, ILO meslek hastalıkları listesinde (ILO, 2015) ve ülkemizde Sosyal Sigortalar Sağlık İşlemleri Tüzüğü'nde bir meslek hastalığı olarak tanımlanmıştır. İKİSR, çalışma hayatındaki tekrarlamalara, zorlamalı ve hızlı hareketlere, uzun süreli aynı pozisyonda çalışmalara, kötü çalışma şartlarına ve iş yerindeki çalışma ortamına bağlı olarak gelişmektedir (Koç, 2016). Uygun olmayan çalışma duruşları, taşınan yük, uygulanan kuvvet, yük kavrama kalitesi ve işle ilgili hareket özellikleri İKİSR için ergonomik risk faktörleri olarak ele alınmaktadır.

Çalışanın üzerinde olumsuz sağlık durumlarının oluşması, çalışan için yüksek tedavi masrafları ve tazminatların ödenmesi, iş gücü ve üretim kayıplarının yaşanmasından dolayı 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununda ve ilgili yönetmeliklerde işverenler iş yerlerinde İKİSR için riskleri tespit etme, tedbir alma, çalışanı koruma ve ergonomik iyileştirmeleri yapmaya ilişkin yükümlü kılınmıştır (Özcan ve Kesiktaş, 2007).

Mobilya imalatı da insan kaynağının yoğun kullanıldığı ve makineye malzemeyi yükleme ve alma, kaldırma-indirme ve malzeme taşıma işlemlerinin sıklıkla yapıldığı bir süreçtir. Bu süreçte çalışma ortamında uygun olmayan çalışma duruşlarının ve koşullarının varlığı söz konusu olduğunda çalışanda İKİSR oluşumu kaçınılmaz hale gelir. İş yerinde İKİSR'e neden olabilecek risklerin ve bu riskleri ortadan kaldırmak ya da azaltmak adına alınacak tedbirlerin doğru şekilde belirlenmesi çalışanda İKİSR oluşumunu büyük ölçüde önleyebilir.

Çalışmanın izleyen bölümünde bilimsel yazın taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde uygulamada kullanılacak materyal ve yöntem ele alınmıştır. Materyal ve yöntem kısmında Bulanık REBA yöntemi, bulanık kümeler, bulanık üyelik fonksiyonları, bulanık aritmetik işlemler, Bulanık REBA algoritması ve Bulanık REBA için geliştirilen hesaplama metodolojisi ayrıntıları ile ortaya konulmuştur. Dördüncü bölümde bir mobilya fabrikasında yapılan uygulama çalışması, araştırma bulguları ve iyileştirme önerileri belirtilmiştir. Beşinci bölümde ise sonuçlar ve gelecek çalışmalar sunulmuştur.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Literatürde çalışma duruşlarının ergonomik risk değerlendirmesinde Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (Rapid Entire Body Assessment-REBA) metoduyla yapılan birçok çalışma yer almaktadır.

Hignett ve McAtamney (2000) yaptıkları çalışmada farklı çalışan gruplarının çalışma duruşlarını REBA yöntemi ile inceleyip tehlike seviyelerini belirlemişlerdir. REBA ile diğer gözlemsel ergonomik risk değerlendirme metodlarını karşılaştıran çalışmalar da bulunmaktadır (Diniz de SA vd., 2006; Rud, 2011). Diniz de SA vd. (2006), diş hekimliği öğrencilerinin 39 çalışma duruş pozisyonunun analizini Hızlı Üst Ekstremitte Değerlendirmesi (Rapid Upper Limb Assessment-RULA) ve REBA yöntemleriyle gerçekleştirip sonuçları karşılaştırmıştır. Rud (2011) bir işletmede kargo kutularının kaldırılması görevi için REBA ve RULA yöntemlerini kullanarak ergonomik risk değerlendirmesi yapmış ve çalışanların çalışma duruşlarının yüksek düzeyde risk içerdiğini belirlemiştir. Sağiroğlu vd. (2015) tarafından bir kompresör işletmesinde krank sınıflama ve valf plakası ultrasonik banyo yıkama istasyonlarında

REBA çalışması gerçekleştirilerek uygun olmayan duruşlardan kaynaklanan risk skorları belirlenmiş ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Can vd. (2015) geliştirdikleri üçgen bulanık sayıların kullanımını esas alan Bulanık REBA yöntemi ile bir pim imalat sürecinde sergilenen 688 adet çalışma duruşunu analiz ederek elde edilen sonuçlara göre tasarım önerilerinde bulunmuşlardır. Bununla birlikte, yaptıkları çalışmada sadece duruşlara ait açıların net olarak belirlenemediği durum için Bulanık REBA risk skorunu hesaplamışlardır.

Literatürde mobilya imalat sürecinde çalışan duruşlarının analiz edildiği az sayıda çalışma bulunmaktadır. Koç (2016) bir mobilya üretim fabrikasının modüler ve soft grup ünitelerinde yapılan işlere ilişkin tanımladığı 40 görev için REBA yöntemini kullanarak çalışanların çalışma duruşlarını iyileştirme öncesi ve sonrası olarak değerlendirmiştir. Koç ve Testik (2016) çalışmalarında tüm vücut değerlendirme metotlarından olan REBA, Ovako Çalışma Duruşu Analiz Sistemi (Ovako Working Posture Analyzing System-OWAS), Hızlı Maruziyet Değerlendirme (Quick Exposure Check-QEC) ve Elle Yapılan Görevler için Risk Değerlendirme Aracı (Manual Tasks Risk Assessment Tool-ManTRA) yöntemlerini kullanarak bir mobilya fabrikasında mevcut ve ergonomik iyileştirme sonrası durumlar için risk değerlendirmesi yapmıştır. Bunun yanı sıra, Polat vd. (2017) Denizli ilinde faaliyet gösteren bir mobilya fabrikasında REBA yöntemi ile 32 çalışana ait görüntü kaydını analiz ederek İKİSR açısından riskli olan işleri tespit etmiş ve riskleri azaltmak adına iyileştirme önerileri sunmuştur.

Bu çalışmada, mobilya imalat sürecinde çalışanların çalışma duruşlarının değerlendirilmesinde Bulanık REBA yönteminin kullanılması amaçlanmıştır. Bulanık REBA yöntemi için bu çalışmada yamuk bulanık sayıların kullanımını esas alan iki farklı hesaplama metodolojisi geliştirilmiştir.

### 3. Bulanık REBA Yönteminin Geliştirilmesi

#### 3.1. Bulanık REBA Yöntemi

McAtamney ve Hignett tarafından geliştirilen (2000) REBA yöntemi, çeşitli endüstrilerde İKİSR için çalışanın tüm vücudunu göz önüne aldığından çalışma duruş analizlerini yapmak ve yapılan işlerin risk düzeylerini belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan gözlemsel araçlardan biridir. REBA, İKİSR riski için çeşitli çalışma pozisyonlarının değerlendirilmesinde hızlı ve kolay bir ölçüm sağlamaktadır.

Klasik REBA ile vücudun sağ ve sol tarafı aynı anda değerlendirilebilir. En uzun süreli, tekrar sıklığı fazla olan ya da çok riskli olduğu tahmin edilen çalışma duruşlarının varlığı analiz edilecek duruşlara karar verilmesinde etkindir.

REBA yönteminde REBA Sonuç Skoru bir çalışma duruşu esnasında tanımlı vücut bölgelerinde yaşanan

ekstansiyon (esneme) ve fleksiyon (bükülme), duruşlar esnasında maruz kalınan yük/kuvvet, yük kavrama ve hareket özelliklerine göre 1 ile 15 puan arasında değişmektedir. REBA'da bir çalışma duruşunun REBA Sonuç Skoru belirlenirken vücut kısımları öncelikle A ve B olmak üzere ikiye ayrılır. Gövde, boyun ve bacaklar A grubunu, üst kol, alt kol ve bilekler ise B grubunu oluşturmaktadır. A ve B gruplarındaki vücut bölgelerinin skorları ayrı ayrı belirlenir. Taşınan yük/kuvvet skoru A grubundan, yük kavrama/tutuş skoru ise B grubundan elde edilen skora eklenir. A ve B grubuna eklenerek elde edilen son skorların kombinasyonundan oluşan skora hareket skorunun ilave edilmesiyle REBA Sonuç Skoru hesaplanmış olur.

Klasik REBA yönteminde çalışma duruşlarındaki açıları, yük/kuvvet, yük kavrama/tutuş ve hareket durumları yöntemi analiz eden kişi tarafından skorlara göre belirlenmektedir. Bu skorlar, kişinin duruş şekline göre yeterince tarif edilmiştir. Ancak, bu tarifler kişinin kararını, yorumunu içermekte ve kişinin algısına göre farklılık göstermektedir.

Ergonomik risk analizini gerçekleştirecek kişinin belli bir uzmanlık seviyesinde olmaması, yeterli deneyiminin bulunmaması, çalışma duruşlarının açılardan ve diğer karakteristiklerini kesin olarak belirleyememesi ve subjektif görüş ve değer yargılarının varlığı gibi nedenlerden dolayı belirsizlik oluşmaktadır. Bu nedenle, oluşan belirsizliği gidermek adına verilen skoru kesin bir sayı ile ifade etmek yerine, bir aralık kullanmak daha doğrudur. Aralık kişilerin tam emin olamadıkları veya sözel ifadeler kullandıkları durumlarda uygun olacaktır.

Bu çalışmada, klasik REBA yöntemindeki karar kuralları değiştirilmeden geliştirilen bulanık REBA yöntemi kullanılmıştır. REBA Sonuç Skorunun hesaplanmasında kullanılan risk skorları, gösterge ve açıklama tabloları ile birlikte bulanık teori çerçevesinde ele alınarak Bölüm 3.2'de detaylı anlatılmıştır.

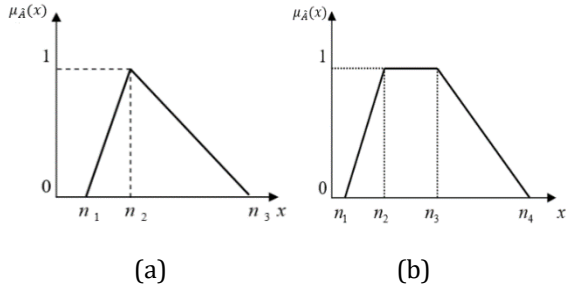
#### 3.2. Bulanık Kümeler, Bulanık Üyelik Fonksiyonları ve Bulanık Aritmetik İşlemler

Bulanık küme teorisi Lotfi Asker Zadeh tarafından belirsizliği ölçmek ve modellemek adına olasılık teorisine alternatif olarak 1965 yılında geliştirilmiştir. Zadeh'e göre insan düşüncesinin çoğu kesin değil, bulanıktır (Zadeh, 1965). Aristo mantığı olarak bilinen iki değerli (0-1) klasik küme mantığında kesin önermeler bulunmaktayken, bulanık küme teorisinde çok değerli işlemler kullanılmakta olup bir eleman [0-1] kapalı aralığında farklı üyelik dereceleriyle birden fazla kümeye ait olabilir. Bu nedenle bulanık küme teorisi klasik kümeye göre daha esneklerdir.

Bulanık küme mantığı, incelenen olayın çok karmaşık olması, davranışları tam anlamıyla belirlenemeyen sistemlerin varlığı, yeterli ve kesin bilginin bulunmaması ve yaklaşık değerlendirmelerle işlem

yapılması gerektiği durumlarda kullanılmaktadır (Zadeh, 1965).

Bir aralıkta tanımlanan sayılar bulanık sayı olarak ifade edilmektedir. Değişik yapılarda tanımlanabilen bulanık sayılarda üçgen ve yamuk bulanık sayılar en çok kullanılan sayılardır. Bunun yanı sıra, Zadeh, [0-1] aralığında farklı üyelik derecelerini ifade etmek için küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren bir eğri tanımlamıştır. Bu eğriye üyelik fonksiyonu adı verilmektedir (Klir ve Yuan, 1995; Ross, 2010). Bulanık kümeleri göstermek üzere sık kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 1'de yer alan üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarıdır.



**Şekil 1.** (a) Üçgen üyelik fonksiyonu ve (b) yamuk üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi (Chen, vd., 2006; Chen, 2000)

"~" bulanıklığı belirtmekte olup  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin elemanı olan  $x$ 'in üyelik derecesi [0-1] aralığında tanımlı  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  ile gösterilir (Klir ve Yuan, 1995; Can, vd., 2015).

Eşitlik 1'de üçgen üyelik fonksiyonunun Eşitlik 2'de ise yamuk üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi yer almaktadır.

$$\mu_{\tilde{A}}(x; n_1, n_2, n_3) = \begin{cases} 0, & x < n_1 \text{ veya } x > n_3 \\ \frac{(x-n_1)}{(n_2-n_1)}, & n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{(n_3-x)}{(n_3-n_2)}, & n_2 \leq x \leq n_3 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x; n_1, n_2, n_3, n_4) = \begin{cases} \frac{(x-n_1)}{(n_2-n_1)}, & n_1 \leq x \leq n_2 \\ 1, & n_2 \leq x \leq n_3 \\ \frac{(n_4-x)}{(n_4-n_3)}, & n_3 \leq x \leq n_4 \\ 0, & x < n_1 \text{ veya } x > n_4 \end{cases} \quad (2)$$

$\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1, n_1)$  ve  $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2, n_2)$  iki yamuk bulanık sayı (YBS) iken bulanık sayılar üzerindeki temel bulanık aritmetik işlemler Eşitlik 3'teki gibidir (Lee, 2005; Bector ve Chandra, 2005).

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 (+) \tilde{A}_2 &= (l_1+l_2, m_1+m_2, u_1+u_2, n_1+n_2) \\ \tilde{A}_1 (-) \tilde{A}_2 &= (l_1-n_2, m_1-u_2, u_1-m_2, n_1-l_2) \\ \tilde{A}_1 (.) \tilde{A}_2 &= (l_1.l_2, m_1.m_2, u_1.u_2, n_1.n_2) \\ \tilde{A}_1 (/) \tilde{A}_2 &= (l_1/n_2, m_1/u_2, u_1/m_2, n_1/l_2) \\ \lambda. \tilde{A} &= (\lambda.l, \lambda.m, \lambda.u, \lambda.n) \end{aligned} \quad (3)$$

### 3.3. Bulanık REBA Algoritması

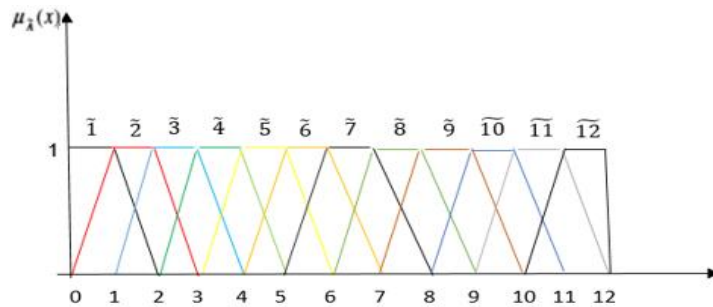
Bu çalışmada, klasik REBA'da kullanılan skorlar YBS olarak ifade edilmiş, geliştirilen iki farklı hesaplama metodolojisini ele alan bulanık işlemler yapılarak sonuçlara ulaşılmış ve Can vd. (2015) tarafından düzenlenen Bulanık REBA tabloları kullanılarak iş ve kişinin ergonomik risk skoru tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, vücut bölgelerinde skor değişimlerini oluşturan opsiyonel hareketler, taşınan yük/kuvvet skoru ve yük kavrama skorları bulanık ve kesin sayı olarak iki farklı şekilde işleme dahil edilmiştir. Bununla birlikte, açılma duruşlarının risk skorları tüm işlemlerde bulanık sayı olarak ele alınmıştır. Bölüm 3.4'te bulanık ve kesin sayı olarak iki farklı durumda ele alınan skorlarla nasıl işlem yapıldığını göstermek için geliştirilen hesaplama metodolojileri detaylı şekilde açıklanmıştır.

Klasik REBA'da kullanılan skorların bulanık halleri ve bunların YBS olarak ifadesi Tablo 1'de verilmiştir. Her bir bulanık skor (BS)'nin grafiksel üyelik fonksiyonu Şekil 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Bulanık skorlar ve bunlarla ilişkili yamuk bulanık sayılar

BS	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	$\tilde{5}$	$\tilde{6}$	$\tilde{7}$	$\tilde{8}$	$\tilde{9}$	$\tilde{10}$	$\tilde{11}$	$\tilde{12}$
YBS	(0,0,1,2)	(0,1,2,3)	(1,2,3,4)	(2,3,4,5)	(3,4,5,6)	(4,5,6,7)	(5,6,7,8)	(6,7,8,9)	(7,8,9,10)	(8,9,10,11)	(9,10,11,12)	(10,11,12,12)



**Şekil 2.** Bulanık skorları temsil eden üyelik fonksiyonu

Bulanık REBA yöntemi için oluşturulan algoritmanın adımları aşağıda sırasıyla belirtilmiştir.

**Adım 1: Bulanık A ve B Grup skorlarının belirlenmesi**

REBA yönteminin temelinde yer alan A ve B grubuna ayrılan vücut kısımlarına ait açılal duruşların ve skor değişimlerine neden olan opsiyonel hareketlerin bulanık risk skor değerleri Tablo 2 ve 3'te tanımlanmıştır. Bulanık Grup A ve B bileşenlerinin yer aldığı bu tablolar yardımıyla her bir vücut kısmına ait risk skorları tespit edilir. Örneğin, boyun kısmına ait üç farklı açılal duruş ve skor değişimine etken olan iki farklı opsiyonel hareket söz konusudur. Boyunun 0°-20° arasında fleksiyon hareketi yapması 1 BS yani (0,0,1,2) YBS, 20°'den fazla fleksiyon hareketi ya da ekstansiyon hareketi yapmasının risk skoru 2 BS ile (0,1,2,3) YBS olmaktadır. Bunun yanı sıra, opsiyonel hareket olarak boyunda dönme ya da yana eğilme varsa risk skoruna 1'er puan eklenmektedir.

**Tablo 2. Bulanık Grup A bileşenleri**

GÖVDE			
Hareket	Skor	Skor değişimi	
Dik Duruş	1		
0°-20° fleksiyon ya da	2		
0°-20° ekstansiyon	3		
20°-60° fleksiyon	3		
>20° ekstansiyon	3	Eğer yana doğru dönme ya da eğilme hareketi varsa skora +1 ekle	
>60° fleksiyon	4		

BOYUN			
Hareket	Skor	Skor değişimi	
0°-20° fleksiyon	1		
>20° fleksiyon ya da ekstansiyon	2	Eğer yana doğru dönme ya da eğilme hareketi varsa skora +1 ekle	

BACAK			
Hareket	Skor	Skor değişimi	
Ağırliğin iki bacak üzerinde olması, yürüme ya da oturma halinde	1	Dizde 30°-60° fleksiyon varsa skora +1 ekle	
Ağırliğin tek bacak üzerinde olması, dengesiz halde	2	Eğer >60° fleksiyon varsa skora +2 ekle (ayakta durma durumunda)	

Bulanık Grup A bileşenlerini oluşturan gövde, boyun ve bacakların risk skorları tek tek belirlendikten sonra, Tablo 4'te verilen Bulanık Grup A skor tablosu kullanılarak ilgili vücut kısımları için belirlenen skorların kesişiminden oluşan Bulanık A Grup skoru elde edilir. Aynı şekilde, Bulanık Grup B bileşenleri içerisinde yer alan üst kol, alt kol ve bileklerin ayrı ayrı skorları belirlenerek Tablo 5'deki Bulanık Grup B skor tablosu yardımıyla bu skorların kesişiminden oluşan Bulanık B Grup skoru bulunur.

**Tablo 3. Bulanık Grup B bileşenleri**

ÜST KOL			
Hareket	Skor	Skor değişimi	
20° kadar olan ekstansiyon ya da fleksiyon	1	Eğer kol dönmüş veya dışarı çekilmişse +1 ekle	
>20° ekstansiyon	2	Omuz yükseltilmiş durumdaysa +1 ekle	
20°-45° arası fleksiyon	2		
45°-90° arası fleksiyon	3		
>90° fleksiyon	4	Eğer kollar destekleniyorsa veya yardımcı çalışma varsa -1	

ALT KOL			
Hareket	Skor	Skor değişimi	
60°-100° fleksiyon	1		
<60° fleksiyon ya da >100° fleksiyon	2		

BİLEK			
Hareket	Skor	Skor değişimi	
0°-15° ekstansiyon ya da fleksiyon	1		
>15° fleksiyon ya da ekstansiyon	2	Bilek dönmüş durumdaysa +1	

**Tablo 4. Bulanık Grup A skor tablosu**

		Bulanık Boyun Skoru											
		1				2				3			
Bulanık Grup A	Bulanık Bacak Skoru	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Bulanık Gövde Skoru	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Bulanık Gövde Skoru	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	2	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
	3	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
	4	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
Bulanık Gövde Skoru	5	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
	6	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9

**Tablo 5. Bulanık Grup B skor tablosu**

		Bulanık Alt Kol Skoru					
		1			2		
Bulanık Grup B	Bulanık Bilek Skoru	1	2	3	1	2	3
	Bulanık Üst Kol Skoru	1	2	3	1	2	3
Bulanık Üst Kol Skoru	1	1	2	3	1	2	3
	2	2	3	4	2	3	4
	3	3	4	5	3	4	5
	4	4	5	6	4	5	6
	5	5	6	7	5	6	7
	6	6	7	8	6	7	8

**Adım 2: Taşınan yük/kuvvet skoru ile Bulanık A skorunun elde edilmesi**

İlk adımda belirlenen Bulanık A Grup skoruna ele alınan hesaplama metodolojisine göre bulanık ya da

kesin sayı olarak taşınan yük/kuvvet skoru eklenip Bulanık A skoru elde edilir. Bulanık-Kesin Yük/kuvvet skorları Tablo 6'da verilmiştir.

**Adım 3:** Yük kavrama skoru ile Bulanık B skorunun elde edilmesi

Bulanık B Grup skoruna bulanık ya da kesin sayı olarak Yük kavrama skorunun ilave edilmesiyle Bulanık B skoru bulunur. Bulanık-Kesin Yük kavrama skorları Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 6.** Bulanık-Kesin Yük/kuvvet skoru tablosu

Yük/ Kuvvet	Skor	Bulanık Skor
< 5 kg	0	0̄
5-10 kg	1	1̄
>10 kg	2	2̄
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1	+1̄

**Tablo 7.** Bulanık-Kesin Yük kavrama skoru tablosu

Açıklama	Derece	Skor	Bulanık Skor
Elle iyi kavrama ve orta vade güçlü kavrama	İyi	0	0̄
Elle kavrama kabul edilebilir ancak ideal değil ya da kavrama vücudun başka bir bölümüyle kabul edilebilir	Orta	1	1̄
Mümkün olmasına rağmen elle kavrama kabul edilemez	Zayıf	2	2̄
Elle kavrama uygunsuz ve güvensiz; tutacak yok ya da kavrama vücudun diğer bölümlerinin kullanılmasıyla kabul edilemez	Kabul edilemez	3	3̄

**Adım 4:** Bulanık C skorunun belirlenmesi

Bulanık A ve B skorlarının Tablo 8'de verilen Bulanık C skor tablosunda keşitirilmesiyle Bulanık C skoru elde edilir.

**Tablo 8.** Bulanık C skor tablosu

Bulanık A Skoru (Bulanık Grup A Skoru+ yük/kuvvet skoru)	Bulanık C Skoru											
	Bulanık B Skoru (Bulanık Grup B skoru+ yük kavrama skoru)											
	1̄	2̄	3̄	4̄	5̄	6̄	7̄	8̄	9̄	10̄	11̄	12̄
1̄	1̄	1̄	1̄	2̄	3̄	3̄	4̄	5̄	6̄	7̄	7̄	7̄
2̄	1̄	2̄	2̄	3̄	4̄	4̄	5̄	6̄	6̄	7̄	7̄	8̄
3̄	2̄	3̄	3̄	3̄	4̄	5̄	6̄	7̄	7̄	8̄	8̄	8̄
4̄	3̄	4̄	4̄	4̄	5̄	6̄	7̄	8̄	8̄	9̄	9̄	9̄
5̄	4̄	4̄	4̄	5̄	6̄	7̄	8̄	8̄	9̄	9̄	9̄	9̄
6̄	6̄	6̄	6̄	7̄	8̄	8̄	9̄	9̄	10̄	10̄	10̄	10̄
7̄	7̄	7̄	7̄	8̄	9̄	9̄	9̄	10̄	10̄	11̄	11̄	11̄
8̄	8̄	8̄	8̄	9̄	10̄	10̄	10̄	10̄	10̄	11̄	11̄	11̄
9̄	9̄	9̄	9̄	10̄	10̄	10̄	11̄	11̄	11̄	12̄	12̄	12̄
10̄	10̄	10̄	10̄	11̄	11̄	11̄	11̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄
11̄	11̄	11̄	11̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄
12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄	12̄

**Adım 5:** Hareket skoru ile Bulanık REBA Sonuç skorunun belirlenmesi

Bulanık C skoruna bulanık ya da kesin sayı olarak yapılan işle ilgili hareket skoru eklenerek Bulanık REBA Sonuç skoru belirlenir. Bulanık-Kesin Hareket skorları Tablo 9'da belirtilmiştir.

**Tablo 9.** Bulanık-Kesin Hareket skoru tablosu

Açıklama	Skor	Bulanık skor
Bir ya da daha fazla vücut bölümü statikse (örneğin 1 dakikadan daha uzun süre tutma)	+1	+1̄
Tekrarlanan kısa aralıklı eylemler varsa, örneğin dakikada 4 kereden fazla tekrarlar (yürüme hariç)	+1	+1̄
Eylem, duruşta hızlı büyük değişikliklere neden oluyorsa ya da dengesiz duruş	+1	+1̄

**Adım 6:** Bulanık REBA risk seviyesinin belirlenmesi

Bulanık REBA skoru belirlendikten sonra Tablo 10'da gösterilen Bulanık REBA risk ve eylem seviyeleri tablosundan çalışma duruşunun risk seviyesi tespit edilir.

**Adım 7:** Bulanık REBA eylem seviyelerine göre iyileştirmelerin yapılması

Bulanık REBA risk ve eylem seviyeleri tablosundan risk seviyesine göre eylem seviyelerine karar verilir. Önlem alınması gerekenler için yapılan işle ilgili iyileştirme faaliyetleri planlanır ve uygulanır. İyileştirmelerle çalışanın çalışma duruşlarından kaynaklanan risklerin ortadan kaldırılması ya da azaltılması amaçlanır.

**Tablo 10.** Bulanık REBA risk ve eylem seviyeleri

Bulanık Skorlar	Risk Seviyesi	Eylem
1̄	İhmal edilebilir	Gerekli değil
2̄ ve ya 3̄	Düşük	Gerekli olabilir
4̄'den 7̄'ye kadar	Orta	Gerekli
8̄'den 10̄'a kadar	Yüksek	Yakın zamanda gerekli
11̄'den 15̄'e kadar	Çok yüksek	Şimdi gerekli

#### 4. Bulanık REBA için Hesaplama Metodolojisi

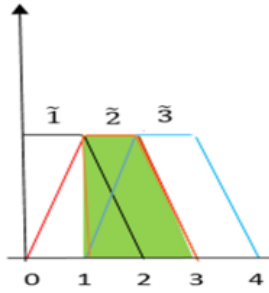
Bu bölümde Bulanık REBA yöntemi için geliştirilen iki farklı hesaplama metodolojisi ele alınmıştır. İlgili hesaplama metodolojileri incelenen parametrelere ilişkin iki farklı duruma göre belirlenmiştir.

**Durum 1:** İlk hesaplama metodolojisinde analizi yapan kişinin sadece açılal duruşları net belirleyemediği varsayılmıştır. Bu nedenle fleksiyon veya ekstansiyon durumlarına göre değişen açılal duruşların risk skorları bulanık sayı, opsiyonel



hareket, taşınan yük/kuvvet, yük kavrama ve hareket skorları kesin sayı olarak işleme alınmıştır.

Bulanık REBA yöntemi parametrelerinden bir kısmının bulanık diğer kısmının kesin sayı olarak ele alınmasıyla yapılan toplama işleminde sonuç Tablo 1'de belirtilen YBS'lerden birine eşitse bu sayıyı temsil eden bulanık sayı işleme alınır. Aksi takdirde, bulanık ve kesin sayıların toplamında yüzdesel alan olarak en fazla bulunan bulanık sayı sonuç olarak seçilir. Örneğin, açılma duruş ile opsiyonel hareket risk skorları sırasıyla bulanık sayı  $\tilde{2}$  ve kesin sayı 1 olan vücut kısmında oluşan toplam risk skoru  $\tilde{2}+1=(0,1,2,3)+1=(1,2,3,4)$  YBS ile BS  $\tilde{3}$  olarak hesaplanır. Bununla birlikte, açılma duruş risk skoru  $\tilde{1}$  ve opsiyonel hareket risk skoru 1 olduğunda ilgili vücut kısmında oluşan toplam risk skoru  $\tilde{1}+1=(0,0,1,2)+1=(1,1,2,3)$  olarak hesaplanır. Elde edilen YBS sayısı tanımlanan YBS'ler içerisinde yer almadığından bu sayıyı temsil edecek bir BS'nin tayininde toplama durumunda (1,1,2,3) YBS'nin yüzdesel alan olarak en fazla bulunduğu sayı yani  $\tilde{2}$  BS olarak seçilir. Şekil 3'te  $\tilde{1}+1$  toplamının yüzdesel alan gösteriminin en fazla  $\tilde{2}$  BS içerisinde olduğu görülmektedir.



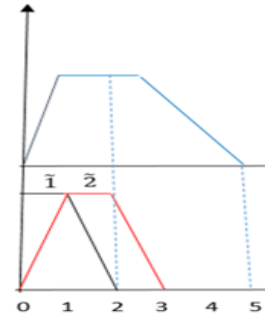
Şekil 3.  $\tilde{1}+1$  toplamının yüzdesel alan gösterimi

**Durum 2:** İkinci hesaplama metodolojisinde açılma duruş, opsiyonel hareket, taşınan yük/kuvvet, yük kavrama/tutuş ve hareket skorlarından oluşan tüm Bulanık REBA yöntemi parametreleri bulanık sayı olarak işleme dahil edilmiştir. Taşınan yük/kuvvet ve yük kavrama/tutuş skorlarının belirlenmesinde yararlanılan tablolarda yüklerin ve kavrama kalitesinin sırasıyla aralıklı sayı olarak ve iyi, orta, zayıf gibi derecelendirilerek sözel değişkenlerle ifade edilmesi ve diğer parametre değerlerinin analizi yapan kişi tarafından net belirlenememesi varsayımı ile bu hesaplama kısmında tüm risk skorlarının bulanık sayı olarak ele alındığı durum incelenmiştir.

Bulanık REBA yönteminde yer alan tüm parametrelerin bulanık sayı olarak değerlendirmeye alınmasıyla yapılan toplama işleminde sonuç tanımlanan YBS'ler içerisinde bulunmadığından arındırma/durulaştırma işlemi yapılarak bu toplamı temsil eden bir skor elde edilir. Örneğin gövdede oluşan riskin skoru  $\tilde{1}$  ve taşınan yükün 10 kg.'dan fazla olması durumunda ortaya çıkan riskin skoru  $\tilde{2}$  ise  $\tilde{1}+\tilde{2}=(0,0,1,2)+(0,1,2,3)=(0,1,3,5)$  ile tanımlanan YBS'ler dışında bir YBS değeri elde edilir. Burada, klasik

REBA'da 10 kg.'dan fazla olan tüm yüklerin risk skorlarının 2 olarak aynı sayı ile ifade edilmesinden dolayı yük/kuvvet skoru için kesin sayı yerine bir aralık tanımlanmasının yani bulanık sayı kullanılmasının daha doğru olduğu düşünüldüğünden ilgili risk örnekte BS  $\tilde{2}$  olarak ele alınmıştır. Şekil 4'te  $\tilde{1}+\tilde{2}$  toplamının (0,1,3,5) YBS olduğu gösterilmektedir.

Literatürde arındırma işlemi için birçok yöntem kullanılmaktadır. Arındırma işlemleri bulanık işlemler sonucu elde edilen bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları aracılığıyla yapılır (Roychowdhury ve Pedrycz, 2001). Bu çalışmada, işlem kolaylığı sağlamasından dolayı En Büyüklerin Ortalaması (Mean of Maximum) yöntemi ile arındırma yapılmıştır. Bu yöntemde arındırma yapılacak bulanık kümenin plato gibi düzlük bir kısmında yer alan en büyük üyelik derecesine sahip iki noktanın aritmetik ortalaması alınmaktadır (Paksoy vd., 2013). Örnekte elde edilen (0,1,3,5) YBS değerini ifade edecek skor değeri için en büyük üyelik derecelerine sahip olan tepe noktalarının ortalaması alınır. Bu durumda en büyük üyelik derecelerine sahip olan tepe noktaları 1 ve 3 değerleri olduğundan oluşan toplam riskin skoru  $(1+3)/2$  ile 2 kesin sayısına eşit olur.



Şekil 4.  $\tilde{1}+\tilde{2}$  toplamının gösterimi

## 5. Uygulama

Bu çalışma Ankara'da faaliyet gösteren bir mobilya imalat firmasının ahşap üretim fabrikasında uygulanmıştır.

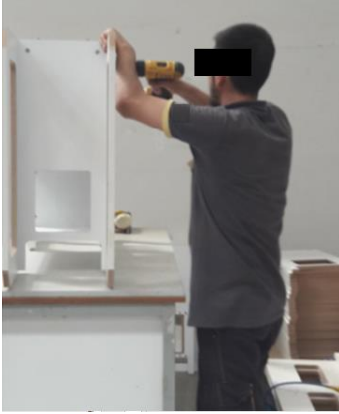
Mobilya fabrikasının hammadde deposundan getirilen panel malzeme ebatlama bölümünde kaba ve net kesim işlemleri için kesim makinelerine bırakılır. Ebatlanan malzemelerin kenarlarının bantlanması/işlenmesi bantlama bölümündeki makinelerde yapılır. Bantlamadan çıkan malzemeler montaj edilebilmesi için delik açma oradan da montaj bölümüne aktarılır. Montajdan gelen malzemeler temizlenir. Paketleme bölümüne montajı biten ya da demonte şekilde ambalajlanacak malzemeler getirilir. Ardından, paketlenen mamul sevkiyat alanına bırakılır.

Panel malzemenin hammadde deposundan alınmasından sevkiyat aşamasına kadar yapılan tüm işleri kapsayan altmış üç adet duruş fotoğrafı çekilmiştir. Bu çalışmada, gerekli malzemelerin montajının yapılması ve paketlenen malzemelerin

sevkiyat alanına taşınması görevleri için amaçlanan iki farklı hesaplama metodolojisi uygulanarak Bulanık REBA sonuç skorları belirlenmiş ve elde edilen sonuca göre bu iki görev için iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

### 5.1. Montaj görevi için Bulanık REBA çalışması

Delik açılan ve montaj bölümüne alınan malzemelerin elektrikli matkaplar ve tabancalar kullanılarak montajı yapılmaktadır. Gerekli malzemelerin montajının yapılması görevi Şekil 5’de görüldüğü gibidir. Çalışan monte işlemi sırasında açılmal duruş hareketlerinin yanı sıra dönme ve omuz yüksekte çalışma hareketleri yapmaktadır. Ayrıca, çalışan bu görevi yürütürken uzun süre ayakta çalışmaktadır. Bu bölümde Bulanık REBA yöntemi uygulanarak belirlenen sonuç skorları hesaplama metodolojilerine göre sırasıyla Tablo 11 ve 12’de verilmiştir.



Şekil 5. Gerekli malzemelerin montajının yapılması

Klasik REBA metoduyla değerlendirildiğinde sonuç skoru 9 ile yüksek riskli düzeyde olduğu tespit edilen monte etme görevi için çalışma duruşlarının açılmal değerlerinin bulanık diğer tüm parametrelerin kesin sayı olarak alındığı ilk durumda Bulanık REBA sonuç skoru 9 BS ile (7,8,9,10) YBS olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, tüm parametrelerin bulanık sayı olarak alındığı ikinci durumda ise bu sonuç skoru 5 BS ile (3,4,5,6) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 11. Montaj görevinin ilk duruma göre Bulanık REBA Sonuç skoru

Bulanık A Skoru					
Bulanık Boyun Skoru	Bulanık Gövde Skoru	Bulanık Bacak Skoru	Bulanık Grup A Skoru	Yük/Kuvvet Skoru	Bulanık A Skoru
$\bar{1} + 1 = \bar{2}$	$\bar{1} + 1 = \bar{2}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	0	$\bar{3}$
Bulanık B Skoru					
Bulanık Üst kol Skoru	Bulanık Alt Kol Skoru	Bulanık Bilek Skoru	Bulanık Grup B Skoru	Kavrama Skoru	Bulanık B Skoru
$\bar{4} + 2 = \bar{6}$	$\bar{1}$	$\bar{1} + 1 = \bar{2}$	$\bar{8}$	0	$\bar{8}$
Bulanık C Skoru	+	Hareket Skoru	=	Bulanık REBA Sonuç Skoru	
7		2		9	

Tablo 12. Montaj görevinin ikinci duruma göre Bulanık REBA Sonuç skoru

Bulanık A Skoru					
Bulanık Boyun Skoru	Bulanık Gövde Skoru	Bulanık Bacak Skoru	Bulanık Grup A Skoru	Bulanık Yük/Kuvvet Skoru	Bulanık A Skoru
$\bar{1} + \bar{1} = 1$	$\bar{1} + \bar{1} = 1$	$\bar{1}$	1	0	1
Bulanık B Skoru					
Bulanık Üst kol Skoru	Bulanık Alt Kol Skoru	Bulanık Bilek Skoru	Bulanık Grup B Skoru	Bulanık Kavrama Skoru	Bulanık B Skoru
$\bar{4} + \bar{2} = 5$	$\bar{1}$	$\bar{1} + \bar{1} = 1$	6	0	6
Bulanık C Skoru	+	Bulanık Hareket Skoru	=	Bulanık REBA Sonuç Skoru	
3		2		5	

İlk hesaplamada yüksek düzeyde, ikinci hesaplamada ise orta düzeyde riskli görülen bu görev için iyileştirme faaliyetlerinin gerekli olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber, aynı görev için iki farklı Bulanık REBA Sonuç skorunun elde edilmesi bulanık teorinin ergonomik risk değerlendirmesine kattığı esnekliği belirtmektedir.

Bu çalışma alanında ayarlanabilir montaj sehpa ve çalışılan zeminde ergonomik paspas kullanımıyla oluşan risk düzeyi azaltılabilir.

### 5.2. Taşıma görevi için Bulanık REBA çalışması

İşlemi tamamlanmış ve paketlenmiş malzemeler çalışan tarafından elle kullanılan transpalet taşıyıcılarla sevkiyat alanına götürülmektedir. Paketlenen malzemelerin sevkiyat alanına taşınması görevi Şekil 6’da gösterilmiştir. Bu görevde çalışan işçi, açılmal duruşlarla birlikte dönme hareketleri yapmaktadır. Bu bölümde iki ayrı hesaplama durumu göz önünde tutularak hesaplanan Bulanık REBA Sonuç skorları sırasıyla Tablo 13 ve 14’te verilmiştir.



Şekil 6. Paketlenen malzemelerin sevkiyat alanına taşınması

Klasik REBA yöntemi kullanıldığında sonuç skoru 7 ile orta riskli olduğu belirlenen taşıma görevi için çalışma duruşlarının açılmal değerlerinin bulanık diğer tüm parametrelerin kesin sayı olarak alındığı ilk durumda Bulanık REBA Sonuç skoru 7 BS ile (5,6,7,8) YBS olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, tüm parametrelerin bulanık sayı olarak alındığı ikinci durumda bu sonuç skoru 6 ile kesin sayı olarak hesaplanmıştır.



**Tablo 13.** Taşıma görevinin ilk duruma göre Bulanık REBA Sonuç skoru

Bulanık A Skoru					
Bulanık Boyun Skoru	Bulanık Gövde Skoru	Bulanık Bacak Skoru	Bulanık Grup A Skoru	Yük/Kuvvet Skoru	Bulanık A Skoru
1	3	1 + 2 = 3	5	2	7
Bulanık B Skoru					
Bulanık Üst kol Skoru	Bulanık Alt Kol Skoru	Bulanık Bilek Skoru	Bulanık Grup B Skoru	Kavrama Skoru	Bulanık B Skoru
2	2	1 + 1 = 2	3	0	3
Bulanık C Skoru	+	Hareket Skoru	=	Bulanık REBA Sonuç Skoru	7

**Tablo 14.** Taşıma görevinin ikinci duruma göre Bulanık REBA Sonuç skoru

Bulanık A Skoru					
Bulanık Boyun Skoru	Bulanık Gövde Skoru	Bulanık Bacak Skoru	Bulanık Grup A Skoru	Bulanık Yük/Kuvvet Skoru	Bulanık A Skoru
1	3	1 + 2 = 2	4	2	6
Bulanık B Skoru					
Bulanık Üst kol Skoru	Bulanık Alt Kol Skoru	Bulanık Bilek Skoru	Bulanık Grup B Skoru	Bulanık Kavrama Skoru	Bulanık B Skoru
2	2	1 + 1 = 1	2	0	2
Bulanık C Skoru	+	Bulanık Hareket Skoru	=	Bulanık REBA Sonuç Skoru	6

İki hesaplamada da orta düzeyde riskli görülen taşıma görevi için iyileştirme faaliyetlerinin gerekli olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma alanında manuel transpalet yerine elektrikli transpalet kullanımıyla taşınan yük artsa bile oluşan risk düzeyi azaltılabilir.

## 6. Sonuçlar ve Gelecek Çalışmalar

Kuvvete dayalı, uygun olmayan çalışma duruşu, tekrarlamalı ve süreklilik arz eden çalışmalar çalışanı İKİSR'e maruz bırakmaktadır. İKİSR gerek çalışan üzerinde gerekse işveren ve ülke açısından ciddi kayıplara sebebiyet vermektedir. Mobilya sektörü yoğun insan kaynağının kullanıldığı ve İKİSR oluşma riskinin yüksek olduğu sektörlerden biridir. Bu çalışma, İKİSR oluşumunu doğrudan etkileyebilen İKİSR ergonomik risk faktörlerinin bir mobilya üretim fabrikasında incelenmesini ve gerektiği durumda ergonomik iyileştirmelerin önerilmesini amaçlamıştır.

Bu çalışmada, bir mobilya üretim sürecinde üretim alanlarında çalışanların çalışma pozisyonlarından kaynaklanan riskler değerlendirilmiştir.

REBA çalışma duruşlarının risk değerlendirmesinde tüm vücut kısımlarını değerlendirme kapsamına alan ve yaygın kullanılan metotlardan biridir. Bununla birlikte, klasik REBA yönteminde incelenen

parametrelerin kesin şekilde belirlenememesi, analizi gerçekleştiren kişinin yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmaması, skorlara ilişkin açıklama ifadelerinin kişi kararını ve yorumunu içermesi, kişinin algısına göre farklılık göstermesi, sözel değişkenler içermesi ve aralıkta tanımlı farklı değerler için aynı risk skorunun hesaba katılması belirsizliği ortaya çıkarmaktadır. Belirsizliğin ölçülmesi ve giderilmesi adına kesin sayı olarak ifade edilen klasik REBA skorlarının bulanık sayılar kullanılarak işleme dahil edilmesi uygun olacaktır.

Bulanık sayılar hem üçgen hem de yamuk bulanık sayılar olarak ifade edilmektedir. Can vd. (2015) tarafından yapılan çalışmadan farklı olarak bu çalışmada yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. Bu çalışma ile Bulanık REBA Yönteminin yamuk bulanık sayılarla uygulanması literatürde ilk defa örneklenerek çalışmanın bir katkısı ortaya konulmuştur. Ayrıca, bu çalışmada belirsizlik ortamında REBA yöntemini uygulayan bulanık tip 1 küme teorisine dayalı ve iki farklı hesaplama metodolojisini ele alan Bulanık REBA metodu geliştirilmiştir. İlk durumda çalışma duruşlarındaki açılar hariç diğer tüm parametreler için kesin olarak belirlenme varsayımı altında kesin sayılar kullanılmıştır. İkinci durumda ise tüm parametreler için çalışmada bahsedilen belirsizlik ortamlarının olduğu varsayımı altında bulanık sayılar kullanılarak işlemler yapılmıştır.

Klasik REBA metodu ile çalışma duruşlarının tüm parametrelerinin bulanık sayı olarak alındığı Bulanık REBA yönteminin ikinci hesaplama metodolojisinde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte, sadece açılal değerlerin bulanık sayı olarak alındığı Bulanık REBA'nın ilk hesaplama metodolojisinde elde edilen sonuçların, klasik REBA ile hesaplanan skorların aralıkta tanımlanan değerleri olduğu anlaşılmıştır. Çalışma duruşlarının çalışan üzerinde oluşturduğu risk düzeyini belirlerken hangi hesaplama metodolojisinin kullanılacağına analizi gerçekleştiren kişinin uzmanlık seviyesi ve parametre değerlerini kesin belirleyebilme durumuna göre karar verilebilir. Ayrıca, ergonomik risk değerlendirme sürecinde ortaya çıkabilecek belirsizliklerin göz önünde tutulması ve bu belirsizlikleri gidermek için bir aralıkta tanımlı bulanık sayıları işleme dâhil eden Bulanık REBA yönteminin kullanılması daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmada farklı hesaplama metodolojileri ile değerlendirme yapıldığında aynı görev için iki farklı Bulanık REBA Sonuç skorunun elde edildiği anlaşılmıştır. Bu durum, bulanık sayılar kullanıldığında bir elemanın farklı kümelerle farklı derecelere ait olmasından kaynaklanmaktadır. Bu özellik bulanık sayı kullanımının esnekliğini ortaya koymaktadır. REBA sonuç skoru hesaplanırken hesaplama adımlarında elde edilen skorlar/dereceler belirtildiği üzere kesin olarak uzman tarafından ifade edilemediği için buradaki belirsizlik bulanık sayılarla

ifade edilmiştir. Aynı görev için iki farklı hesaplama metodolojisi ile hesaplanan Bulanık REBA sonuç skorları arasındaki farkta bulanık sayıların ilgili skor üzerindeki esneklik etkisini göstermektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre çalışma alanları için iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

Gelecek çalışmalarda Bulanık REBA metodu sezgisel bulanık küme teorisi çerçevesinde geliştirilebilir. Farklı sektörlerdeki çalışan çalışma pozisyonlarının ergonomik risk değerlendirmesinde amaçlanan metottan yararlanılabilmektedir. Ayrıca, RULA, OWAS, ManTRA vb. gözlemsel ergonomik risk değerlendirme metodlarının da bu çalışmada olduğu gibi bulanık ortamda kullanımı sağlanabilir.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

Bector, C.R., Chandra, S., 2005. Fuzzy Mathematical Programming and Fuzzy Matrix Games. Studies In Fuzziness And Soft Computing, Volume 169. Germany: Springer.

Can, G.F., Atalay, K.D., Eraslan, E., 2015. Çalışma Duruşlarının Bulanık Ortamda Analizi ve Ergonomik İş İstasyonu Tasarım Önerileri. Gazi Üniv. Müh.Mim.Fak.Der., 30(3), 451-460.

Chen, C.T., 2000. Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment. Fuzzy Sets and Systems, 114(1), 1-9.

Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F. 2006. A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management. International Journal of Production Economies, 102, 289-301.

Diniz de SA, F., Do Nascimento M.A., Carvalho De Melo A.C., Da Costa Santos J., Adissi P. J., 2006. Comparison of Methods RULA and REBA for Evaluation of Postural Stress in Odontological Services. Third International Conference on Production Research-Americas' Region, Brazil.

Hignett, S., McAtamney, L., 2000. Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics, 31, 201-205.

ILO List of Occupational Diseases. [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_125137.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_125137.pdf), (Erişim Tarihi: 20/07/2017)

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. No: 6331, 2012.

Klir, G.J., Yuan, B., 1995. Fuzzy Sets and Fuzzy Logics. Prentice Hall PTR.

Koç, S., 2016. Mobilya İmalatında Kas İskelet Sistemi Risklerinin Değerlendirilmesi. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. T.C. Çalışma ve Sosyal

Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.

Koç, S., Testik, Ö.M., 2016. Mobilya Sektöründe Yaşanan Kas-İskelet Sistemi Risklerinin Farklı Değerlendirme Metodları ile İncelenmesi ve Minimizasyonu. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 27(2):2-27.

Lee, Kwang, H., 2005. First Course on Fuzzy Theory and Applications Advances in Soft Computing. Germany: Springer.

Özcan, E., Kesiktaş, N., 2007. Mesleki Kas İskelet Hastalıklarından Korunma ve Ergonomi. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 34 (ÖS): 6-9.

Paksoy, T., Pehlivan Yapıcı, N., Özceylan, E., 2013. Bulanık Küme Teorisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

Polat, O., Mutlu, Ö., Çakanel, H., Doğan, O., Özçetin, E., Şen, E., 2017. Bir Mobilya Fabrikasında Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(ÖS: Ergonomi2016), 263-268.

Ross, T. J., 2010. Fuzzy Logic with Engineering Applications. U.K, John Wiley and Sons.

Roychowdhury, S., Pedrycz, W., 2001. A Survey of Defuzzification Strategies. International Journal of Intelligent Systems, 16(6):679-695.

Rud, S., 2011. An Ergonomic Analysis of Current Lifting Techniques in Height Restricted Cargo Bins at Company XYZ. Master of Science. The Graduate School of University of Wisconsin-Stout.

Sağiroğlu, H., Coşkun, M.B., Erginel, N., 2015. REBA ile Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3):339-345.

Sosyal Sigortalar Sağlık İşlemleri Tüzüğü. SSK Genel Müdürlüğü Yayını, No. 425, Ankara, 1985.

Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, 8(3):338-353.