



Improving the rapid office strain assessment method with an integrated multi-criteria decision making approach

Elif Kılıç Delice^{1*}, Gülin Feryal Can², Emin Kahya³

¹Department of Industrial Engineering, Atatürk University, Erzurum, 25240, Turkey

²Department of Industrial Engineering, Başkent University, Ankara, 06790, Turkey

³Department of Industrial Engineering, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, 26480, Turkey

Highlights:

- ROSA based multi-criteria office strain analysis
- Comparison of firm departments in terms of degree of strain
- Use of SWARA and WASPAS methods in office strain analysis

Keywords:

- Rapid Office Strain Assessment
- Step-by-Step Weight Assessment Ratio Analysis
- Weighted Aggregated Sum Product Assessment
- Ergonomics

Article Info:

Research Article
Received: 19.11.2018
Accepted: 26.01.2020

DOI:

10.17341/gazimmdf.484974

Correspondence:

Author: Elif Kılıç Delice
e-mail:
elif.kdelice@atauni.edu.tr
phone:+90 442 231 6009

Graphical/Tabular Abstract

Nowadays, work-related musculoskeletal disorders (WRMDs) are increasing and this situation decreases work efficiency and adversely affects employee health. For this reason, it is important to design the working environment based on ergonomic principles in order to prevent WRMDs before they occur. In addition, before starting the ergonomic design improvement studies, it is necessary to determine the departments with high strain levels and the office components in these departments. In this study, an integrated Multi-criteria Decision Making (MCDM) approach is proposed on the basis of the Rapid Office Strain Assessment (ROSA) method to determine the strain level caused by office components and to identify the departments to be ergonomically improved according to these levels. In the proposed approach, the level of strain due to office components was evaluated by ROSA method, and Step-by-Step Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA), which is one of MCDM methods, was used to determine the importance of office components. Additionally, Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) method was applied to order the departments according to their strain levels. The proposed approach was implemented in a company operating in the aviation industry and the most important office component that increases the level of strain has been determined as the chair, while the Manufacturing Engineering and R&D departments are determined as the units with the highest level of strain. As a result of the sensitivity analysis, changes in the rankings of the departments were also evaluated.

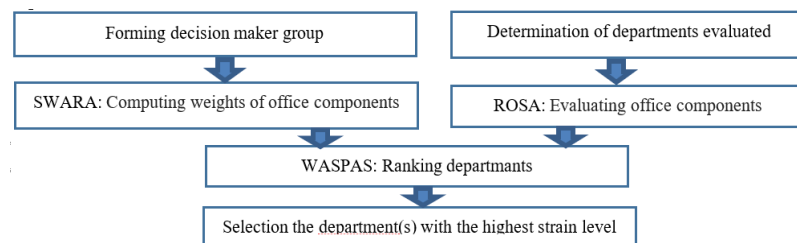


Figure A. The flowchart of the proposed MCDM approach based on ROSA

Purpose: An integrated Multi-criteria Decision Making (MCDM) approach is proposed on the basis of the Rapid Office Strain Assessment (ROSA) method to determine the strain level caused by office components and to identify the departments to be ergonomically improved according to these levels.

Theory and Methods:

The level of strain due to office components was evaluated by ROSA method, and Step-by-Step Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA), which is one of MCDM methods, was used to determine the importance of office components. Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) method was applied to order the departments according to their strain levels.

Results:

The proposed approach was implemented in a company operating in the aviation industry and the most important office component that increases the level of strain has been determined as the chair, while the Manufacturing Engineering and R&D departments were determined as the departments with the highest level of strain.

Conclusion:

This study is the first which used together SWARA and WASPAS for office strain evaluation. As a result of the sensitivity analysis, changes in the rankings of the departments were evaluated and the proposed approach was found effective for office strain evaluation.



Hızlı ofis zorlanma değerlendirme yönteminin entegre birçok kriterli karar verme yaklaşımıyla geliştirilmesi

Elif Kılıç Delice^{1*}, Gülin Feryal Can², Emin Kahya³

¹Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye

²Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06680, Ankara, Türkiye

³Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- ROSA temelli çok kriterli ofis zorlanma analizi
- İşletme birimlerinin zorlanma derecesi bakımından karşılaştırılması
- SWARA ve WASPAS yöntemlerinin ofis zorlanma analizinde kullanılması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 19.11.2018

Kabul: 26.01.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.484974

Anahtar Kelimeler:

Adım adım ağırlık değerlendirme oranı analizi
ağırlıklı toplam ürün değerlendirme
ergonomi

ÖZET

Günümüzde, işe bağlı kas iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) giderek artmaktadır. Bu durum, hem iş verimliliğini düşürmekte hem de çalışan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, KİSR'nın ortaya çıkmadan önce önlenmesi amacıyla çalışma ortamının ergonomik ilkelere dayanarak tasarlanması önem taşımaktadır. Bununla birlikte, işletmelerde ergonomik açıdan tasarım iyileştirme çalışmalarına başlamadan önce, çalışanların zorlanma düzeylerinin yüksek olduğu departmanların belirlenmesi ve bu departmanlardaki ofis bileşenlerinin tasarımlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, ofis bileşenlerinin neden olduğu zorlanma düzeylerinin belirlenmesi ve bu düzeylere göre, öncelikli olarak ergonomik iyileştirme yapılacak departmanların tespiti için Hızlı Ofis Zorlanma Değerlendirme yöntemi temelinde entegre birçok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda, ofis bileşenleri nedeniyle oluşan zorlanma düzeyleri ROSA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ofis bileşenlerinin zorlanma seviyeleri üzerindeki önem ağırlıklarının belirlenmesinde, Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi yöntemi kullanılmıştır. Zorlanma düzeylerine göre departmanların sıralanmasında ise Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirme yöntemi uygulanmıştır. Önerilen yaklaşım, havacılık sanayisinde faaliyet gösteren bir firmada uygulanmıştır. Sonuç olarak; zorlanma düzeyini arttıran en önemli ofis bileşeni sandalye olarak belirlenirken, İmalat Mühendisliği ve ARGE departmanları, zorlanma düzeyi en yüksek birimler olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, duyarlılık ve karşılaştırmalı analiz yapılarak, departmanların zorlanma düzeylerine ait sıralamaların değişimi değerlendirilmiştir.

Improving the rapid office strain assessment method with an integrated multi-criteria decision making approach

H I G H L I G H T S

- ROSA based multi-criteria office strain analysis
- Comparison of firm departments in terms of degree of strain
- Use of SWARA and WASPAS methods in office strain analysis

Article Info

Research Article

Received: 19.11.2018

Accepted: 26.01.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.484974

Keywords:

Rapid office strain assessment
step-by-step weight
assessment ratio analysis
weighted aggregated sum
product assessment
ergonomics

ABSTRACT

Nowadays, work-related musculoskeletal disorders (WMDs) are gradually increasing. This not only reduces work efficiency but also negatively affects workers' health. For this reason, it is important to design the working environment based on ergonomic principles in order to prevent WMDs before they occur. In addition, before starting ergonomic design improvement activities in the enterprises, it is necessary to identify the departments with high strain levels and evaluate the design of the office components in these departments. In this study, an integrated multi-criteria decision making (MCDM) approach was proposed based on the Rapid Office Strain Assessment (ROSA) method to determine the strain level caused by office components and to identify the departments to be ergonomically improved according to these levels. In the proposed approach, the strain level related to office components was evaluated by ROSA method. To determine the importance weights of office components on strain levels, Step-by-Step Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) was used. Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) method was applied to order the departments according to the strain levels. The proposed approach was implemented in a company operating in the aviation industry. As a result, the most important office component that increases the strain level was determined as the chair, while the Manufacturing Engineering and R & D departments were determined as the units with the highest strain levels. Additionally, by performing sensitivity and comparative analysis, changes in the departments' rankings were evaluated.

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bilginin büyük bir hızla değişmesi ve bu değişimin takip edilmesi amacıyla teknolojinin sosyal ve iş yaşamındaki artan kullanımı, işlerin daha hızlı tamamlanabilmesini sağlamıştır. Özellikle bilgisayar teknolojisinin işlerin hızlandırılmasında, zamandan, enerjiden ve diğer kaynaklardan tasarruf edilmesinde olumlu yönde etkisi olmakla birlikte, insan kaynakları üzerinde fiziksel, psikolojik ve sosyal açıdan olumsuz etkileri de söz konusudur. Bu etkiler açısından bakıldığında ergonomik faktör ve prensipler göz önüne alınmadan tasarlanmış bilgisayarlı iş istasyonlarının neden olduğu kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR)'nin çalışanların iş verimliliğini etkileyen en büyük problemlerden birisi olduğu görülmektedir [1].

KİSR, zaman içinde kas-iskelet sisteminde gelişen, kas, sinir, tendon, eklem, kıkırdak, diğer yumuşak dokular ve spinal disklerin hasarı olarak tanımlanmaktadır. Bu rahatsızlıkların oluşumunda rol oynayan sebepler ise eğilme, bükülme ve uzanma gibi uygun olmayan vücut hareketleri, tekrarlı hareketler, statik duruş, düşük sıcaklıklarda çalışma, aşırı yüklenme, titreşim, sıkışma, çalışma ortamının ergonomik prensiplere göre tasarlanmaması ve yetersiz dinlenme süreleridir [2]. Ayrıca, yaş, cinsiyet, sigara kullanımı, işle ilgili olmayan fiziksel aktiviteler, tıbbi durum ve fiziksel özellikler, harcanan fiziksel güç miktarı gibi kişisel faktörlerde KİSR'nin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

KİSR, dünyada iş ile ilişkili en yaygın karşılaşılan ve yüksek maliyetleri de beraberinde getiren rahatsızlıklardan birisidir. Araştırmalar, KİSR'nin işe devamsızlıklara yol açtığını göstermiştir. Özellikle, gelişmekte olan ülkelerde iş sağlığı açısından en büyük sorunlardan birisi, uygun olmayan çalışma duruşları nedeniyle oluşan iş ile ilişkili KİSR'dir [3]. Bununla birlikte, KİSR çalışma süresinin azalmasına, yaralanmaların artmasına ve maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, bu rahatsızlıkların neden olduğu ekonomik kayıpları önlemek ve iş gücünün sağlığını korumak için çalışma alanlarında risk faktörlerinin tespit edilerek kontrol altına alınması gerekmektedir [4].

Ofis çalışanları açısından durum değerlendirildiğinde iş ile ilişkili KİSR'in gün geçtikçe arttığı belirlenmiştir. Gelişmekte olan ülkelerdeki idari personelin yüzde 60'ından fazlasında, KİSR'in var olduğu ve pek çok ofis çalışanın çalışma saatlerinin % 75'inden fazlasını bilgisayar başında geçirmesi nedeniyle de bu rahatsızlıkların arttığı gözlemlenmiştir [5, 6]. Ofis çalışmalarında KİSR, uzun bir süreçte yavaş yavaş ortaya çıkmaktadır. Bu tür ortamlar, özellikle üst ekstremitelerde görülen uygun olmayan çalışma duruşları, statik ve tekrarlı çalışma hareketleri, üst sırt ve omuzlardaki kasların yoğun olarak kullanılması, bileklerdeki temas basıncı, uzun saatler çalışmak, psikolojik faktörler ve zaman baskısı gibi KİSR'na yol açabilecek risk faktörlerini içermektedir [7-9]. KİSR'na neden olan risklerin çoğu,

çalışanlar ile masa, sandalye, monitör, fare, klavye ve telefon gibi iş istasyonu bileşenleri arasındaki etkileşimle ilgilidir. Bu nedenle çalışanların ofis bileşenleri ile etkileşimi ve bu etkileşim kapsamında uygun olmayan çalışma duruşlarının analizi çalışanın maruz kaldığı risk derecesinin belirlenmesi için son derece önemlidir [10-12]. KİSR ile uygun olmayan çalışma duruşları arasındaki ilişki açısından, ara vermeden çalışmak ve ergonomik olmayan çalışma ortamı tasarımının önemli rol oynadığı birçok yazar tarafından bildirilmiştir [13-15]. Bu çalışmada, ofis bileşenleri ile etkileşim esnasında sergilenen uygun olmayan duruşlar nedeniyle oluşan KİSR bağlı olarak çalışanların maruz kaldıkları risklerin değerlendirilmesi için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, ofis ortamında KİSR ile ilişkili riskleri ortaya çıkaran Hızlı Ofis Zorlanma Değerlendirmesi (Rapid Office Strain Assessment-ROSA) yöntemi temelinde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis-SWARA) ve Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi (Weighted Aggregated Sum Product Assessment-WASPAS) yöntemleri birlikte kullanılmıştır. ROSA yöntemi, ofis bileşenleri olan sandalye, monitör, fare, klavye ve telefon kullanımı sırasında sergilenen çalışma duruşlarının analiz ederek KİSR ile ilgili risk faktörlerini değerlendirmek için geliştirilmiş yeni duruşsal risk değerlendirme yöntemlerinden birisidir. ROSA, ofis ortamında farklı işleri gerçekleştirmek için kullanılan ekipmanların çalışanla etkileşimi esnasında ortaya çıkan uygun olmayan duruşlar ve bu duruşlara maruz kalma sürelerini dikkate almakla beraber, ofis ergonomisi alanında geliştirilmiş en kapsamlı risk belirleme yaklaşımlarından birisidir. Bununla birlikte ROSA, ofis özelinde geliştirilmiş en yeni risk değerlendirme yöntemleri arasındadır. Ofislerde iş sürecinde ortaya çıkan uygun olmayan çalışma duruşlarına yol açan ekipmanları yarattıkları risk düzeyleri açısından ayrı ayrı değerlendirebilmektedir. Resim tabanlı duruş kontrol listesi formatında olduğu için öğrenilmesi ve uygulanması kolay bir yöntemdir. Bu kolaylık, uygulama süresinin de kısalmasını beraberinde getirerek, yöntemin kullanımını da pratikleştirmektedir. Bununla birlikte ROSA, en riskli ofis ortamlarının belirlenmesi amacıyla bir tarama aracı olarak uygulanmaktadır. Özellikle, çok sayıda departmanın olduğu büyük organizasyonlarda, en yüksek zorlanma düzeyinin yaşandığı en riskli departmanları belirleyerek öncelendirmek açısından güçlü bir analiz aracıdır. SWARA ve WASPAS yöntemleri ise karar verme sürecinde birden fazla birbiri ile çelişen kriteri dikkate alarak alternatifler arasında seçim yapılmasında kullanılan ÇKKV yöntemlerindedir. Literatürde kriter ağırlıklarının hesaplaması için kullanılan çeşitli ağırlıklandırma yöntemleri bulunmaktadır ve bu yöntemler çoğunlukla çok karmaşık hesaplamalar içeren yöntemlerdir [16]. ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için Kerşulienne vd. [17] tarafından geliştirilen SWARA yöntemi ise, karmaşık ve zaman alıcı olmayan uzmanların kendi bilgilerini ve deneyimlerini uyguladıkları bir yöntemdir. [18].

SWARA yönteminin temel özelliği, kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kriterlerin önem oranlarına ilişkin uzman görüşlerini tahmin edebilme yeteneğidir. Ayrıca yöntem, uzmanlardan bilgi toplanması ve bunların bir araya getirilmesi bakımından önemlidir [19]. Keršulienė vd. tarafından 2010 yılında geliştirilen SWARA, alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterleri önemliden önemsiz doğru sıralanmakta ve oylama yapılarak önemsiz kriterler elimine edilmektedir. Kalan kriterlerin önem ağırlıklarını hesaplarken her bir karar verici (KV)'nin kendisine göre oluşturduğu sıralama dikkate alınmaktadır [17]. Bu sıralamada KV, her bir kriter bir değerine göre ne kadar önemli veya önemsiz belirlemektedir. Bu açıdan SWARA, karar vericiler açısından hem bir uzlaşma ortamı yaratabilmekte hem de kriter ağırlıkları belirlenirken her bir karar vericinin değerlendirmesini ayrı ayrı dikkate alabilmektedir. Ayrıca her bir karar verici, her bir kriterin ağırlığını belirlerken kendisine göre en önemli olan kriteri baz alarak diğer kriterlerin ne kadar önemsiz olduklarını değerlendirdiği için, kriterler bazında görece önem ağırlıklarının ortaya çıkmasında bir referans noktası oluşturma özelliği de bulunmaktadır. SWARA, karar vericiye önceliklerini seçme şansı veren uzman odaklı bir yöntemdir.

WASPAS yöntemi ise 2012 yılında Zavadskas ve Turskis [20] tarafından geliştirilmiştir. WASPAS ağırlıklı toplam modeli (Weighted Sum Model-WSM) ve ağırlıklı çarpım modeli (Weighted Product Model-WPM) olmak üzere iki farklı modelin sonuçlarını birleştiren ÇKKV yaklaşımıdır. Bu iki model sonuçlarına göre hesaplanan birleşik optimalite kriterinin değerine göre alternatiflerin sıralaması yapılmaktadır. Farklı iki yöntemin sonuçlarını birleştirdiği daha hassas sonuçlar üreten, iki farklı bakış açısına göre alternatifleri değerlendirebilen bir yöntemdir. Yöntem kendi işleyişi içerisinde duyarlılık analizi yaparak alternatif sıralamalarındaki tutarlılığı kontrol edebilmektedir [21]. WASPAS'ın bu özelliği daha hassas ve karşılaştırılabilir sonuçlar üretmesini de beraberinde getirmektedir. Yöntemin iki farklı modelin sonucu dikkate alarak işletilmesinin sebebi, elde edilen sıralamaların doğruluğunu artırmaktır. WASPAS'da olduğu gibi, iki veya daha fazla farklı çok kriterli optimizasyon yöntemlerinin kullanılması, tek bir yöntemin kullanılmasına göre daha tutarlı sonuçlar verecektir.

Bu çalışmada geliştirilen yaklaşım havacılık sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmede ofis ortamlarının risk değerlendirmesi için uygulanmıştır. ROSA yöntemi ile ofis bileşenlerinin risk skorları belirlenmiş, SWARA ile bu bileşenlerin önem ağırlıkları hesaplanmış ve WASPAS ile fabrika içindeki birimlerin zorlanma seviyeleri sıralanmıştır. ROSA yöntemi ilk defa ÇKKV yöntemleri ile birlikte bu çalışmada kullanılmıştır. SWARA ve WASPAS yöntemleri ise çok az çalışmada birlikte kullanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinin kullanılması ROSA anketinde yer alan ofis bileşenlerinin önem ağırlıklarının da zorlanma düzeyleri belirlenirken dikkate alınmasını sağlamıştır. ROSA anketinde ofis bileşenlerine çalışma duruşlarına skor

değerleri verilmekte ancak bu ofis bileşenlerinin zorlanma üzerindeki önem düzeyleri dikkate alınmamaktadır. Bu yaklaşım birimlerin zorlanma düzeyleri bakımından daha açık ve anlaşılır şekilde karşılaştırılmalarına imkân sağlamıştır. Bununla birlikte, çalışma sonunda WASPAS yöntemi ile yapılan duyarlılık analizi ve Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi ile yapılan karşılaştırmalı analiz ile önerilen yaklaşım sonucunda belirlenen zorlanma düzeylerinin tutarlılığı da kontrol edilmiştir. Yapılan çalışmanın bu yönlerden dolayı literatüre katkısının olabileceği düşünülmektedir.

Ergonomik risk analizi açısından bakıldığında ise, ÇKKV yapısının uygulanması birden fazla uzmanın ofis ortamlarının risk düzeylerinin belirlenmesi kapsamında değerlendirmelerinin dikkate alınarak birleştirilebilmesini ve tek bir değerlendirme sonucunun daha sağlıklı bir şekilde ortaya çıkmasını beraberinde getirmektedir. Birden fazla departman olduğu organizasyonlarda, ofis ortamlarının risk seviyelerine göre birbiri ile karşılaştırmak ve önlem önceliklerini belirlemek zor bir faaliyettir. Bununla birlikte, birden fazla uzmanın sıralama açısından uzlaşma sağlayabilmesi de zaman alabilecek bir çalışmadır. Her ofisin farklı çalışma koşulları bulunmaktadır ve farklı uzmanların söz konusu farklı koşullar için yapacakları değerlendirmeler de farklı olacaktır. Bu değerlendirmeleri bilimsel bir zeminde tek bir sonuca ulaştırmak, beyin fırtınası gibi klasik yöntemlerle gerçekleştirilemez. Bu nedenle, matematiksel bir zemini olan bilimsel yaklaşımlara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kapsamda çalışmada, ofislerin risk düzeylerinin belirlenmesi için ÇKKV yaklaşımlarından yararlanılmıştır. SWARA'nın bu çalışmada tercih edilmesinin sebebi, yukarıda anlatılan metodolojik özelliklerinin yanında, ergonomik risk değerlendirme açısından uzmanların uzlaşmalarını ve tek tek öznel değerlendirmelerini dikkate almasıdır. WASPAS açısından bakıldığında ise, yine yukarıda bahsi geçen metodolojik üstünlükleri dışında ofislerin risk düzeylerine göre sıralanmasında duyarlılık analizini kendi içerisinde gerçekleştirerek daha hassas bir sıralama verebilmesidir. Böylece, uzmanlar için hangi ofis ortamının öncelikle iyileştirilmesi gerektiği net bir şekilde belirlenebilecektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür araştırmasına yer verilirken, üçüncü bölümde ROSA yöntemine ilişkin bilgi verilerek çalışmada önerilen yaklaşım tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde, önerilen yaklaşım ve beşinci bölümde bu yaklaşımın uygulanmasına yer verilmiştir. Altıncı bölümde duyarlılık analizi ve karşılaştırmalı analiz verilerek elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Son bölümde ise sonuç ve önerilerden bahsedilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW)

Bu bölümde, ROSA, SWARA ve WASPAS yöntemleri için son yıllarda yapılan çalışmalar incelenmiş ve literatürdeki eksiklikler tartışılmıştır.

Çalışmamızın temelini oluşturan ROSA yöntemi birçok çalışmada farklı yöntemlerle kullanılmıştır. Örneğin, Andrews [22], ROSA, ANOVA, Tukey's HSD post hoc test, Pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısı yöntemlerini uygulayarak ofis çalışanlarının duruşsal risklerini değerlendirmiştir. Krusun ve Chaiklieng [23] Tayland'da bir üniversitedeki ofis çalışanlarının zorlanma düzeylerini belirlemek için ROSA ve tanımlayıcı istatistiklerden yararlanmışlardır. Sonne vd. [24] mobil araçlar ve bilgisayar kullanan ofis çalışanlarını Mobil ROSA (Mobile ROSA (mROSA)) ile değerlendirmişler. Ghanbary-Sartang ve Habibi [25] Isfahan Üniversitesinde bilgisayar kullanarak çalışan pesonelin duruşsal risk analizini ROSA ve ANOVA yöntemlerini uygulayarak değerlendirmişlerdir. Soroush ve Hassani [26] Tahran Sağlık Bilimleri Üniversitesi'ndeki ofis çalışanlarına Nordic kas-iskelet anketi ve ROSA uygulayarak sonuçları ilişkilendirmişlerdir. Nasiri vd. [27] banka çalışanlarının bilgisayar kullanım süreçlerine ROSA ve istatistiksel analizleri uygulamışlardır. Matos ve Arezes [28] sigorta komisyoncularının ofis ortamındaki zorlanma düzeylerini ROSA ve tanımlayıcı istatistikleri kullanarak değerlendirmişlerdir. Nasiri [29] Aja Üniversitesi tıp fakültesindeki ofis çalışanlarına ROSA uygulamışlar ve elde edilen sonuçları istatistiksel analizlerle yorumlamışlardır. Sohrabi vd. [30] ofis çalışanlarına ROSA, RULA, Cornell anketi yöntemlerini uygulamışlar ve sonuçlarını korelasyon testine tabi tutmuşlardır. Pochada ve Chaiklieng [31] çağrı merkezi çalışanlarının zorlanma düzeylerini ROSA ile belirlemişler ve istatistiksel analizlerle sonuçları değerlendirmişlerdir. Samaei vd. [32] Nordic kas-iskelet anketi ve ROSA yöntemleri ile ofis çalışanlarının zorlanma düzeylerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara, tanımlayıcı istatistikler, ki-kare testi, lojistik regresyon uygulayarak analizler yapmışlardır. Armal vd. [33] ROSA ile ofis çalışanlarını analiz etmişler ve sonuçlar için geçerlilik analizi yapmışlardır. Ghanbary ve Habibi [34] Isfahan Üniversitesi'ndeki bilgisayar kullanan ofis çalışanlarını Nordic kas-iskelet anketi ve ROSA ile incelemişler. Elde edilen sonuçları ANOVA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Liebrechts vd. [35] bilgisayar kullanılan iş istasyonlarını tasarımlarını fotoğraf temelli ROSA, güvenilirlik ve geçerlilik analizlerini uygulayarak incelemişlerdir.

Mani vd. [36] ofis ortamında bilgisayar kullanan personelin zorlanma düzeyini belirlemek için ROSA'yı kullanmışlardır. Saeidi vd. [37] İran'da 118 telefon hattında çalışanlara Nordic kas-iskelet anketi, NASA İş Yükü İndeksi, ROSA yöntemlerini uygulamışlar ve sonuçları değerlendirmişlerdir.

Machado-Matos ve Arezes [38] Nordic kas-iskelet anketi ve ROSA yaklaşımlarını ofis çalışanlarına uygulamışlardır. A'syroh [39] müşteri şikâyetlerini değerlendirme merkezindeki ofis çalışanlarına ROSA uygulamışlardır. Valipour vd. [40] hastane çalışanlarına ROSA ve Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme (Rapid Entire Body Assessment (REBA)) yöntemlerini uygulamışlardır. Khandan vd. [41]

hastane çalışanları Nordic kas-iskelet anketi, ROSA ve yeni bir ergonomik duruş değerlendirme metodu (a novel ergonomic posture assessment method-(NERPA)) yöntemlerini uygulayarak sonuçları karşılaştırmışlardır. Rodrigues vd. [42] bilgisayar kullanan ofis çalışanlarının duruşsal zorlanmalarını ROSA, RULA ve Maastricht Üst Ekstremité Anketinin Brezilya Portekizcesi versiyonu ile analiz etmişlerdir. Davudian-Talab vd. [43] Behbahan Üniversitesi tıp fakültesindeki ofis çalışanları ve Imam Khomeini liman bürosu çalışanlarının sergiledikleri duruşları RULA ve ROSA yöntemleri ile değerlendirerek sonuçları karşılaştırmışlardır. Rahman vd. [44] ROSA yöntemi ile ofis çalışanlarının duruşlarına ait risk seviyelerini belirlemişlerdir. Ebrahimi vd. [45] Isfahan Üniversitesi tıp fakültesinde bilgisayar kullanan ofis çalışanlarının zorlanma seviyelerini belirlemek için ROSA ve RULA yöntemlerini kullanarak sonuçlar arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Özkan ve Kahya [46] bir devlet üniversitesinin idari ofislerindeki çalışanların duruşsal zorlanmalarını analiz etmek için ROSA ve Cornell kas-iskelet rahatsızlık anketini uygulamışlar ve iki yöntem tarafından elde edilen sonuçlara Jiménez-Romero [47] Costa Rica Teknoloji Enstitüsü'ndeki ofis çalışanlarının çalışma duruşlarını ROSA ve Nordic kas iskelet anketini kullanarak analiz etmişlerdir. Maghsoudian [48] Isfahan Üniversitesi tıp fakültesindeki ofis çalışanlarının duruşsal risk düzeylerini ROSA ve Nordic kas-iskelet anketini uygulayarak değerlendirmişler ve sonuçlar arasındaki korelasyonu belirlemişlerdir. Jusoh vd. [49] Malezya Pahang Üniversitesi'ndeki fakültelerde ve insan kaynakları birimlerindeki ofis çalışanlarının zorlanma düzeylerini Cornell kas-iskelet rahatsızlık anketi ve ROSA yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Haghshenas vd. [50] Tahran'da faaliyet gösteren bir iletişim firmasındaki ofis çalışanları ROSA, NASA TLX, İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri ve Inventory (SOFI) yöntemlerini uygulayarak sonuçlar arasındaki korelasyonu incelemişlerdir. Besharati vd. [51] NASA TLX ve ROSA yöntemlerini ofis çalışanlarına uygulayarak duruşsal zorlanma ile öznel iş yükü arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemişlerdir. Kingkaew vd. [52] bir üniversitenin ofis çalışanlarının çalışma duruşlarını ROSA ile analiz etmişlerdir. Sanaeinasab vd. [53] bilgisayar kullanan hastane çalışanlarının sergiledikleri duruşlara bağlı zorlanma düzeylerini belirlemek için ROSA yöntemini uygulamışlardır.

Literatürde ROSA ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; ofis çalışmalarında zorlanma düzeylerinin belirlenmesi için ROSA anketinden elde edilen verilerin genellikle istatistiksel testlerle analiz edildiği, gözleme veya ankete dayalı başka yöntemlerin sonuçlarıyla karşılaştırıldığı ya da farklı yöntemlerin sonuçları arasında korelasyon analizlerinin yapıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, ROSA anketinin genellikle farklı iş alanlarındaki ofis çalışanlarının zorlanma düzeylerini belirlemek için kullanılmaktadır. Ancak, ROSA yönteminin uygulama prosedürüne veya ROSA final skorunun hesaplanma adımlarının geliştirilmesine yönelik herhangi bir

metodolojik çalışmaya rastlanmamıştır. İlk defa bu çalışmada ROSA yöntemi ÇKKV yöntemleri ile birlikte kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan SWARA ve WASPAS yöntemleri ise literatürde birçok çalışmada kullanılmıştır. Keršulienė ve Turskis [54] SWARA, ARAS ve bulanık küme teorisini mimar seçimi problemine uygulamışlardır. Zolfani vd. [55] SWARA ve VIKOR yöntemlerini mekanik havalandırma alternatif seçimi için kullanmışlardır. Alimardani vd. [56], Aytaç vd. [57] tedarikçi seçimi ve sıralama için SWARA, VIKOR, WASPAS yöntemlerini uygulamışlardır. Zolfani vd. [58], Aghdaie vd. [19] ve Zolfani ve Saparuskas [59] SWARA yöntemini ürün tasarımı, makine parçası seçimi ve enerjide sürdürülebilirlik göstergelerinin önceliklendirilmesi için kullanmışlardır. Aghdaie vd. [60] pazar segment seçimini SWARA ve COPRAS-G yöntemleri ile gerçekleştirmişlerdir. Bagočius vd. [61] su limanı seçimi için WASPAS ve entropi metotlarını uygulamışlardır. Stanionas vd. [62] çok konutlu ev modernizasyonunun ekolojik-ekonomik değerlendirmesi için COPRAS, WASPAS ve TOPSIS yöntemleri kullanmışlardır. Zavadskas vd. [63] alternatif bina tasarımlarının çoklu kriter değerlendirmesini WASPAS, MOORA ve MULTIMOORA yöntemleri ile gerçekleştirmişlerdir. D'ejus and Antuchevičienė [64] şantiyede sağlık ve güvenlik çözümlerini değerlendirmek WASPAS yöntemini kullanmışlardır. Zolfani ve Bahrami [65] SWARA ve COPRAS metotları ile yüksek teknoloji sektörlerini önceliklendirmişlerdir. Lashgari vd. [66], Tahran'daki sağlık hizmetlerinin dış kaynak kullanımının geliştirilmesi için hizmet işletmelerindeki seçim probleminde WASPAS yöntemini kullanmışlardır. Zolfani ve Banihashemi [67], Stanujkic vd. [68], Karabašević vd. [69] ve Karabašević vd. [70] sıra ile SWARA- Oyun teori, SWARA-ARAS ve SWARA-MULTIMOORA yaklaşımlarını personel seçimi problemine uygulamışlardır. Stanujkic vd. [71] paket tasarımı için SWARA yöntemini kullanmışlardır. Dehnavi vd. [72] bölgesel heyelan tehlikesinin değerlendirilmesi için SWARA ve ANFIS yöntemini kullanmışlardır. Chakraborty vd. [73], dış kaynak kullanım stratejilerini belirlemek için Quan-Stratejik Planlama Matrisi ve WASPAS yöntemine dayanan bir MCDM yaklaşımı geliştirdi. Shukla [74] ERP seçimini SWARA ve PROMETHEE yöntemleri ile yapmışlardır. Yazdani vd. [75] SWARA yöntemi ile malzeme seçimi yapmışlardır. AR&GE projelerinin seçimi Zolfani vd. (2015) tarafından SWARA yöntemi ile yapılırken; Zolfani vd. [76] SWARA ve COPRAS yöntemlerini kullanmışlardır. Işık ve Adalı [77] otel seçimi için SWARA ve OCRA yöntemlerini kullanmışlardır. Can vd. [78] SWARA-COPRAS yöntemlerini kullanarak tabletler için kullanılabilirlik değerlendirmesi sonucu tablet seçimi yapmışlardır. Çakır [79] SWARA ve Copeland yöntemleri ile kriter ağırlıklarını belirlemişlerdir. Zavadskas vd. [80] yer seçimi için WASPAS yöntemini kullanmışlardır. Makine ve makine süreçlerine ilişkin seçim problemleri için Madic vd. [81] WASPAS yöntemini kullanırken; Mathew vd. [82] WASPAS ve normalizasyon metotlarını birlikte kullanmışlardır. Akçakanat vd. [83] bankaların

performanslarını değerlendirmesine WASPAS ve entropi yöntemlerini uygulamışlardır. Alam vd. [84] Bulanık AHP ve WASPAS yöntemleri kullanılarak bulut hizmeti değerlendirmesi ve seçimi yapmışlardır. SWARA ve WASPAS yöntemlerini Zolfani vd. [85], Vafaeipour [86], Bitarafan vd. [87], Aghdaie [16], Can vd. [88] sırasıyla alışveriş merkezi için yer seçimi, güneş enerji santrallerinin kurulacağı bölgenin seçimi, gerçek zamanlı akıllı sensörlerin değerlendirilmesi, satış şubesi seçimi ve oturma düzeneği seçimi problemlerinde birlikte kullanmışlardır.

SWARA-WASPAS literatürü incelendiğinde SWARA yönteminin çeşitli ÇKKV yöntemleri ile birlikte kullanıldığı ve çok az çalışmada ise WASPAS yöntemi ile birlikte uygulandığı görülmektedir. SWARA ve WASPAS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalarda genellikle; yer veya ürün seçimi gibi fiziksel öğelerin performans değerleri kullanılarak fiziksel alternatifler içinden seçim yapılmıştır. Bu çalışmada ise; insana ait skor değerleri kullanılarak hem birimlerin zorlanma düzeyleri belirlenmiş hem de birimler arasında seçim işlemi yapılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada yer alan seçim aşaması diğer çalışmalarda yapılan alışılmış seçim çalışmalarından farklılık göstermektedir. Ayrıca, WASPAS yönteminin ergonomi alanında duruşsal riski değerlendirmek amacıyla ankete dayalı bir analiz yönteminin işletim prosedürü olarak kullanıldığı herhangi bir çalışma rastlanmamıştır.

3. ROSA YÖNTEMİ (ROSA METHOD)

ROSA yöntemi 2011 yılında Sonne vd. tarafından geliştirilmiştir [8]. Yöntem, bilgisayarlı işlerde riskleri hızlı bir şekilde değerlendirmek ve postürün nasıl geliştirilebileceğini önermek amacıyla tasarlanmıştır [43]. Resim tabanlı bir duruş kontrol listesidir, hızlı bir şekilde ofislerde sandalye, monitör ve telefon, fare ve klavye gibi bileşenler ile ilişkili riskleri ölçmek ve öncelikli risk alanlarını belirlemek için kullanılır.

ROSA yönteminde 4 bölüm vardır. Bölüm A sandalye skorunu (2-9 puan) sağlar. Ofis sandalyesinin skorunun belirlenmesi için ilk olarak oturma yüksekliği ve derinlik özelliklerinin gözlemlenerek skorlanması gerekmektedir. Oturma yüksekliği için yöntemde mevcut duruşlardan uygun olan duruşa karşılık gelen puan dikkate alınır ve bu puana koltuk yüksekliği ayarlanabilir değilse +1 puan eklenir. Sandalyenin oturma derinliği nedeni ile ortaya çıkan çalışma duruşu için de uygun puan belirlenir ve oturma derinliği ayarlanabilir değilse +1 puan eklenir. Elde edilen bu iki puan toplanır.

Daha sonra sandalyenin kolçakları için formdaki şekilden uygun olan duruşun puanı belirlenir ve bu puana kolçaklar ayarlanabilir değilse +1 puan eklenir. Sandalyenin sırt desteği için de aynı şekilde puanlandırma yapıldıktan sonra kolçaklar ile arka destek puanları toplanarak puan tablosunun yatay ekseninde işaretlenir.

Puan tablosunda, yatay ekseninde oturma yüzeyi ve dikey eksen kolçak ve sırtlık skorları kesiştirilmesi ile 4 ofis bileşeni puanı belirlenir. Bu skora, ofis sandalyesinde çalışma saatleri içerisinde günde ne kadar vakit geçirdiğine ilişkin -1 ile +1 arasında puan eklenerek (günde 1 saatten daha az ise -1 gibi) sandalye skoru hesaplanmış olur.

Bölüm B, monitör (1-7 puan) ve telefon (1-6 puan) skorlarından oluşturulur. Bölüm C klavye (1-7 puan) ve fare (1-7 puan) skorlarını sağlar. Bölüm D’de ise monitör ve telefon ile klavye ve fare skorları başka bir tabloda karşılaştırılır ve bir skor belirlenir [42]. Her bir ofis bileşeni için belirlenen skorlar, genel KİSR riskini gösteren bir ROSA final skoru elde etmek için bir araya getirilir (Şekil 1). ROSA yönteminde düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 4 risk seviyesi bulunmaktadır. Düşük risk seviyesinde skor 1-2 puan arasında, orta risk seviyesinde skor 3-4 puan arasında, yüksek risk seviyesinde skor 5-7 puan arasında ve çok yüksek risk seviyesinde skor 8-10 puan arasındadır [31]. Bununla birlikte, genellikle uygulamalarda risk değeri 5’ten daha büyük olan ofisler "yüksek riskli" olarak kabul edilir ve ofis ortamı için “İyileştirilme yapılması gerekmektedir” yorumu yapılır [46].

4. ROSA YÖNTEMİNİ GELİŞTİRMEK İÇİN ENTEGRE ÇKKV YAKLAŞIMI (INTEGRATED MCDM APPROACH TO IMPROVE ROSA METHOD)

Bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinin avantajları kullanılarak ofis ortamında zorlanmanın daha etkin bir şekilde analiz edilmesi için ROSA yöntemi ile SWARA-WASPAS yöntemleri entegre edilmiştir. Önerilen yeni zorlanma analiz yaklaşımında; ROSA kapsamında ele alınan ofis bileşenlerinin çalışanın zorlanması üzerindeki katkısı dikkate alınarak SWARA yöntemi ile önem ağırlıkları belirlenmektedir. Bu bileşenlerin önem ağırlıklarının

WASPAS yönteminde kullanılması ile birimler çalışanların zorlanma dereceleri bakımından karşılaştırılmıştır. Önerilen ÇKKV yaklaşımında ROSA anketinden elde edilen skor değerleri birimlerin zorlanma değerleri olarak alınmış ve başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur.

Yeni zorlanma analiz yaklaşımı 3 aşama ve 11 adımda ayrıntılı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır:

Aşama 1. SWARA ile ofis ortamı bileşenlerinin ağırlıklarının belirlenmesi.

Adım 1. KV’lerin ve kriterlerin belirlenmesi.

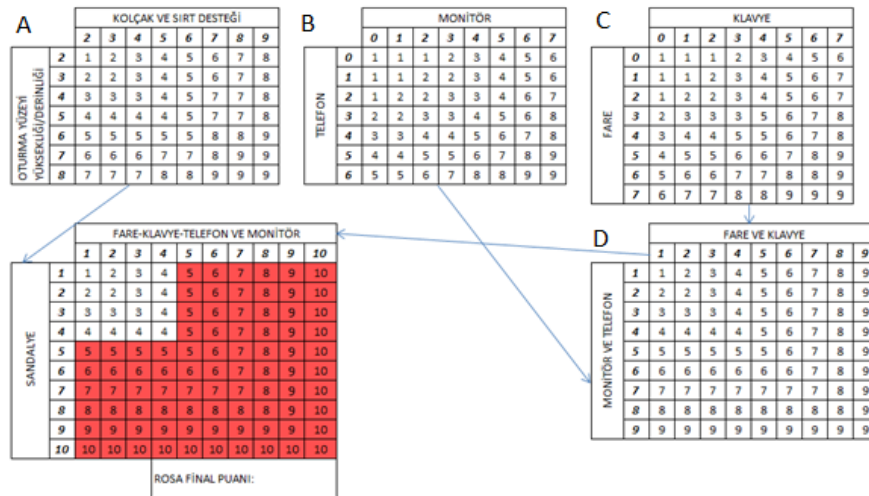
Karar vericiler KV_k ; $k = 1, \dots, l$ ve kriterler ise C_j ; $j = 1, \dots, n$ şeklinde gösterilir. KV’ler konu hakkında uzmanlığı olan kişilerden oluşmaktadır. Önerilen yöntemde kriterler, ROSA yöntemi kapsamında dikkate alınan sandalye, monitör, telefon, fare ve klavye olmak üzere beş ofis bileşeninden oluşmaktadır.

Adım 2. Her bir KV için en önemli olan kriterin belirlenmesi.

Her bir KV, ofis ortamını oluşturan hangi bileşenin zorlanma açısından daha önemli olduğunu değerlendirerek; ofis ortamı bileşenlerini önem sırasına göre azalan bir şekilde sıralar. Daha sonra KV’lerin sıralamaları geometrik ortalama kullanılarak birleştirilir.

Adım 3. Her bir KV için ofis ortamı bileşenlerinin göreceli önem düzeylerinin belirlenmesi.

k . KV tarafından j . ofis ortamı bileşeni ($j + 1$). ofis ortamı bileşeni ile kıyaslanarak j . bileşenin ($j + 1$). bileşenden ne kadar önemli olduğu belirlenir. s_{kj} olarak belirlenen bu değer, k . KV tarafından belirlenen ortalama değerle karşılaştırılmalı önemidir.



Şekil 1. ROSA matrisleri (ROSA matrices) [46]

Adım 4. Her bir KV için ofis ortamı bileşenlerinin k_{kj} katsayılarının belirlenmesi.

Her bir KV tarafından her bir ofis ortamı bileşeni için $k_{kj}; j = 1, \dots, n$ katsayısı Eş. 1 kullanılarak belirlenir.

$$k_{kj} = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_{kj} + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 5. Her bir KV için ofis ortamı bileşenlerinin q_{kj} değerlerinin hesaplanması.

Her bir KV tarafından her bir ofis ortamı bileşeni için $q_{kj}; j = 1, \dots, n$ değeri Eş. 2 kullanılarak belirlenir.

$$q_{kj} = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{kj+1}}{k_{kj}} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 6. Ofis ortamı bileşenlerinin göreceli ağırlıklarının hesaplanması.

Her bir KV için her bir ofis ortamı bileşeninin göreceli ağırlıkları $w_{kj}; j = 1, \dots, n$ olarak ifade edilir ve Eş. 3 kullanılarak hesaplanır. Bu ağırlık değerleri daha sonra aritmetik ortalama ile birleştirilerek kriter olarak dikkate alınan ofis ortamı bileşenlerinin nihai ağırlıkları yani w_j elde edilir.

$$w_{kj} = \frac{q_{kj}}{\sum_{j=1}^n q_{kj}} \quad (3)$$

Aşama 2. ROSA anketinin uygulanması ve alternatiflerin belirlenmesi.

ROSA anketinin uygulanacağı birimler ve ankete katılacak kişiler belirlendikten sonra uygulamasına geçilir. ROSA anketinin uygulandığı bölümler alternatifleri oluşturur ve $A_i; i = 1, \dots, m$ ile gösterilir.

Aşama 3. WASPAS yöntemi ile birimler sıralanması

Adım 7. Başlangıç karar matrisinin oluşturulması.

ROSA anketi sonucunda birimler bazında ofis ortamı bileşenlerinin konumsal durumlarına ve teknik özelliklerine göre belirlenen zorlanma skorları alternatif değerlerini oluşturur. Bölümler bazında ofis ortamı bileşenlerine atanan skorlar arasında en çok tekrarlanan değerler belirlenerek başlangıç karar matrisi Eş. 4'deki gibi oluşturulur. Başlangıç karar matrisi $[X]$ olarak ifade edilir. $[X]$ 'in her bir elemanı $x_{ij}; i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ olarak simgelenir. $x_{ij}, i.$ birimler $j.$ ofis bileşeninin durumuna bağlı olarak atanan zorlanma skorunu ve bu skor her bir bileşen için süre değerlerinin de dikkate alındığı nihai skoru olarak ifade edilmektedir.

$$[X] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Adım 8. Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesi.

Fayda ve maliyet türü kriterler için doğrusal normalizasyon Eş. 5 ve Eş. 6'daki gibi uygulanır. $[X]$ 'in normalize edilmiş değerleri $\bar{x}_{ij}; i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ olarak ifade edilir ve bu değerlerle normalize başlangıç matrisi $[N]$ Eş. 7'deki gibi oluşturulur. Ancak ROSA kapsamında gerçekleştirilen zorlanma analizinde ofis ortamı bileşenlerinin durumlarının insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde tasarlanması amaçlandığı için ve skorlar arttıkça zorlanma düzeyi de arttığı için ofis ortamı bileşenleri maliyet yapılı kriterler olarak değerlendirilmiş ve Eş. 6 uygulanmıştır. $(x_i)_{max}$; birimlere göre $j.$ ofis bileşeninin en yüksek skor değerini, $(x_i)_{min}$; birimlere göre $j.$ ofis bileşeninin en düşük skor değerini göstermektedir.

Fayda normalizasyonu,

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{(x_i)_{max} - x_{ij}} \quad (5)$$

Maliyet normalizasyonu,

$$\bar{x}_{ij} = \frac{(x_i)_{min} - x_{ij}}{x_{ij}} \quad (6)$$

Burada;

$$[N] = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 9. Her bir birimler için toplam göreceli önem değerinin WSM'ye göre hesaplanması.

Her bir birimin toplam göreceli önem değeri WSM'ye göre $(Q)_i^{(1)}; i = 1, \dots, m$ şeklinde ifade edilir. Eş. 8 ile verilen $(Q)_i^{(1)}$ birimlere göre normalize başlangıç karar matrisi değerlerinin SWARA aşamasında belirlenen ofis ortamı bileşenlerinin önem ağırlıklarını da dikkate alarak hesaplanan ağırlıklı ortalama değeridir.

$$(Q)_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} \times w_j \quad (8)$$

Adım 10. Her bir birimler için toplam göreceli önem değerinin WPM'ye göre hesaplanması.

Her bir birimin toplam göreceli önem değeri WPM'ye göre $(Q)_i^{(2)}; i = 1, \dots, m$ şeklinde ifade edilir. Eş. 9 ile verilen $(Q)_i^{(2)}$ birimlere göre normalize başlangıç karar matrisi değerlerinin SWARA aşamasında belirlenen ofis ortamı bileşenlerinin önem ağırlıklarını da dikkate alarak hesaplanan ağırlıklı çarpım değeridir.

$$(Q)_i^{(2)} = \prod_{j=1}^m \bar{x}_{ij}^{w_j} \quad (9)$$

Adım 11. Her bir alternatif birim için birleşik optimallik değerinin hesaplanması.

Her bir birim için birleşik optimallik değeri, alternatiflerin göreceli önem değerinin genel toplamı olarak ifade edilir. Burada, WSM ve WPM yaklaşımlarından elde edilen göreceli önem değerleri belirli bir λ katsayısı dikkate alınarak toplanır. Her bir birim için birleşik optimallik değeri Q_i , $i = 1, \dots, m$ olarak tanımlanır ve Eş. 10 kullanılarak hesaplanır. WSM ve WPM yaklaşımlarından elde edilen göreceli önem değerlerinin eşit oranda birimlerin sıralamasına yansıtılması amacıyla genelde literatürde kullanılan 0.50 değeri λ değeri olarak alınabilir.

$$Q_i = \lambda(Q)_i^{(1)} + (1 - \lambda)(Q)_i^{(2)} \quad (10)$$

Elde edilen Q_i değerleri arasında en büyük değere sahip olan birim zorlanma düzeyi bakımından en yüksek riski içeren birim olarak belirlenir.

5. ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN HAVACILIK SANAYİSİNDE FAALİYET GÖSTEREN BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI (APPLICATION OF THE PROPOSED APPROACH IN A FIRM OPERATED IN THE AVIATION INDUSTRY)

Önerilen yaklaşım havacılık yan sanayisinde tasarım ve üretim merkezi olmak amacıyla kurulmuş; motor ve motor parçalarının üretimini gerçekleştiren bir işletmede uygulanmıştır. İşletme, 1 idari ofis, 5 atölye, 1 test binası ve destek tesislerinden oluşmaktadır. Yaklaşık 1300 mavi yaka ve 900 beyaz yaka personel görev yapmaktadır. Motor parçalarının üretimini gerçekleştiren işletme, uluslararası standartta; tasarım, ürün geliştirme, parça ve modül üretimi, montaj ve test işlemlerini yapmaktadır. İşletmenin imalat atölyelerinde torna, freze, çapak alma, form verme, lazer kesme, kaplama, kaynak, montaj, bakım/onarım prosesleri yer almaktadır. İşletmeden toplanan veriler kullanılarak önerilen yaklaşımın uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır:

Aşama 1. SWARA ile ofis ortamı bileşenlerinin ağırlıklarının belirlenmesi.

Adım 1-3. KV'lerin, kriterlerin ve her bir KV için ofis ortamı bileşenlerinin göreceli önem düzeylerinin belirlenmesi

Bu çalışmada, ofis ortamında zorlanma düzeyini etkileyen faktörler olarak ele alınan ve ROSA anketi içinde yer alan ofis bileşenleri üç ergonomi ve ofis tasarımında uzman karar verici KV₁, KV₂, KV₃ tarafından değerlendirilmiştir. Söz konusu beş kriter kriterler C_j ; $j = 1, \dots, 5$ Tablo 3'de gösterilmiştir. Her bir KV tarafından kriterlerin azalan yönde önem sıraları belirlenmiştir. Daha sonra bu sıralamaların geometrik ortalamaları alınarak yeni bir sıralama elde edilmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu yeni önem sırası dikkate alınarak her bir KV tarafından Tablo 1'de gösterilen s_{kj} değerleri belirlenmiştir.

Adım 4-5. Her bir KV için ofis ortamı bileşenlerinin k_{kj} katsayılarının ve ofis ortamı bileşenlerinin q_{kj} değerlerinin hesaplanması

Her bir KV tarafından kriterlere ait k_{kj} katsayısı Eş. 1 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Daha sonra; q_{kj} değerleri Eş. 2 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Adım 6. Ofis ortamı bileşenlerinin göreceli ağırlıklarının hesaplanması

Bu adımda ilk olarak her bir KV'ye ait kriter ağırlık w_{kj} değerleri Eş. 3 kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra aritmetik ortalama alınarak KV'lere ait w_{kj} değerleri birleştirilmiştir. Böylece kriterlere ait nihai ağırlıklar elde edilmiş ve Tablo 3'de gösterilmiştir.

Bu sonuçlara göre en önemli kriter sandalye (C_1) olarak belirlenmiş ve sandalyenin ilgili işletme içindeki ofis

Tablo 1. KV'lere göre kriterlerin önem sıraları ve karar vericilere ait s_j değerleri
(s_{kj} values for decision makers and importance rankings of criteria for decision makers)

Kriter				Geometrik Ortalama	Yeni kriter sıralaması	s_{kj}		
	KV ₁	KV ₂	KV ₃			KV ₁	KV ₂	KV ₃
C_1 -Sandalye	1	2	1	1,260	C_1 -Sandalye			
C_2 -Monitör	4	4	3	3,634	C_4 -Fare	0,3	0,35	0,25
C_3 -Telefon	5	5	4	4,642	C_5 -Klavye	0,2	1,15	0,2
C_4 -Fare	2	1	2	1,587	C_2 -Monitör	0,3	1,2	0,15
C_5 -Klavye	3	3	5	3,557	C_5 -Klavye	0,45	1,35	0,3

Tablo 2. KV'ler ait k_{kj} ve q_{kj} değerleri (k_{kj} and q_{kj} values for decision makers)

Kriter	k_{kj}			q_{kj}		
	KV_1	KV_2	KV_3	KV_1	KV_2	KV_3
C_1	1	1	1	1,000	1,000	1,000
C_4	1,30	1,35	1,25	0,769	0,741	0,800
C_5	1,20	1,15	1,20	0,641	0,644	0,667
C_2	1,30	1,20	1,15	0,538	0,537	0,632
C_3	1,45	1,35	1,30	0,402	0,398	0,486

Tablo 3. Kriter ağırlıkları (Criteria weights)

Kriter	KV_1	KV_2	KV_3	W_j
C_1	0,2985	0,3012	0,2789	0,2929
C_4	0,2296	0,2231	0,2232	0,2253
C_5	0,1913	0,1941	0,1860	0,1905
C_2	0,1605	0,1617	0,1763	0,1662
C_3	0,1200	0,1198	0,1356	0,1252

ortamlarında yaşanan zorlanma düzeyi üzerindeki önemi 0,2929 olarak elde edilmiştir.

Aşama 2. ROSA anketinin uygulanması ve alternatiflerin belirlenmesi

ROSA anketi işletmede 13 (İnsan kaynakları yönetimi, muhasebe, satın alma, kalite güvence, üretim planlama vb.) bölümde, sürekli ofislerde çalışan toplam 416 personelden 208'ine (~%50 örneklem büyüklüğü) uygulanmıştır. Her personelin çalışma ortamı ROSA metodu ile ergonomik açıdan değerlendirilmiştir. Veri toplama aşamasında, ROSA formunu ile denek hakkında bilgileri içeren bir kayıt formu tasarlanmış ve çalışan için uygun olduğu zamanda uygulanmıştır. Katılanların 168 erkek ve 40 kadındır. Yaş ortalaması 36,20 (s.d.=2,83) olup yaşları 22 ile 62 arasında değişmektedir. İşletmedeki çalışma süreleri, ortalama 10,68 yıl (s.d.=3,54) olup 6 ay ile 32 yıl arasındadır. Sandalye, monitör, telefon, fare ve klavye risk düzeyleri Tablo 4'da görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Aşama 3. WASPAS yöntemi ile birimlerin sıralanması

Adım 7-8. Başlangıç karar matrisinin oluşturulması ve Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesi

Birimler bazında her bir çalışan için ofis ortamı bileşenlerinin skorları ROSA anketi uygulanarak belirlenmiştir. Bu skorlar arasında en çok tekrarlanan değerler belirlenerek başlangıç karar matrisi Tablo 5'deki gibi oluşturulmuştur. Normalize başlangıç karar matrisi [N] Eş. 6 kullanılarak Tablo 5'deki gibi oluşturulmuştur

Adım 9. Her bir birim için toplam göreceli önem değerinin WSM'ye göre hesaplanması.

Her bir birim için WSM'ye göre $(Q)_i^{(1)}$ değerleri Eş. 8 kullanılarak Tablo 6'daki gibi elde edilmiştir.

Adım 10. Her bir birim için toplam göreceli önem değerinin WPM'ye göre hesaplanması.

Her bir birimin WPM'ye göre $(Q)_i^{(2)}$ değerleri Eş. 9 kullanılarak Tablo 6'daki gibi bulunmuştur.

Adım 11. Her bir alternatif için birleşik optimallik değerinin hesaplanması.

Her bir birim için birleşik optimallik değeri Q_i Eş. 10 kullanılarak ve $\lambda = 0.50$ değerine göre Tablo 6'daki gibi elde edilmiştir.

Tablo 6'dan da görüldüğü gibi WPM'ye göre zorlanma açısından ilk iki sırada olan birimler A_7, A_5, A_{10} ve A_{13} birimlerdir. WSM'ye göre zorlanma açısından ilk iki sırada olan birimler A_{12}, A_7 birimleridir. Bununla birlikte birimler arasında en yüksek Q_i değerine sahip olan birimler A_7 ve A_{13} birimleridir. Uygulamanın yapıldığı firmanın İmalat Mühendisliği ve ARGE birimlerinde çalışan personelin maruz kaldığı zorlanma düzeyi diğer birimlere göre daha yüksektir. Bu nedenle ilk olarak söz konusu birimlerde iyileştirme programları başlatılmalıdır.

6. DUYARLILIK VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ (SENSITIVITY AND COMPARATIVE ANALYSIS)

Önerilen yaklaşım ile elde edilen bölümlere ilişkin sıralamalardaki değişimlerin etkisini görebilmek için duyarlılık analizinin yapılması gerekmektedir. Önerilen yaklaşım içerisinde kullanılan WASPAS yöntemi bu analizlerde kolaylık sağlamaktadır. Yöntem kendi içerisinde farklı λ değerleri için sıralamalardaki değişimi yansıtılabilmektedir. $\lambda = 0.00, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.00$ değerleri için elde edilen sıralamalar Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 4. ROSA Anketi Sonuçları (Results of ROSA Survey)

ANKET NO	SANDALYE_YUKSEKLİK	SANDALYE_DERİNLİK	SANDALYE_YÜK_DER	KOLÇAK	SIRT_DESTEĞİ	SANDALYE_KOL_SIRT	SANDALYE	SANDALYE_SÜRE	SANDALYE_TOPLAM	MONİTÖR	MONİTÖR_SÜRE	MONİTÖR_TOPLAM	TELEFON	TELEFON_SÜRE	TELEFON_TOPLAM	TELEFON_MONİTÖR	FARE	FARE_SÜRE	FARE_TOPLAM	KLAVYE	KLAVYE_SÜRE	KLAVYE_TOPLAM	KLAVYE_FARE
1	1	3	4	1	2	3	3	1	4	1	1	2	1	-1	0	1	2	1	3	2	0	2	3
2	1	3	4	1	2	3	3	1	4	2	1	3	5	0	5	5	1	1	2	2	1	3	3
3	1	3	4	1	2	3	3	1	4	2	1	3	1	1	2	3	1	1	2	2	1	3	3
4	1	3	4	1	1	2	3	0	3	2	0	2	3	-1	2	2	1	0	1	4	0	4	4
5	1	2	3	1	2	3	2	1	3	2	1	3	1	-1	0	2	1	1	2	2	1	3	3
6	1	3	4	1	2	3	3	0	3	1	0	1	1	0	1	1	3	0	3	2	0	2	3
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
206	2	3	5	1	2	3	4	1	5	2	1	3	1	1	2	3	2	1	3	2	1	3	3
207	1	3	4	1	1	2	3	1	4	1	1	2	1	-1	0	1	1	1	2	2	1	3	3
208	2	2	4	2	2	4	3	1	4	2	1	3	1	0	1	2	1	0	1	2	0	2	2

Tablo 5. Başlangıç ve Normalize Karar Matrisi (Initial and Normalized initial decision matrix)

Bölümler (A_i)	Ofis ortamı bileşenleri C_j					Ofis ortamı bileşenlerinin normalize değeri C_j				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1 -İnsan Kaynakları	4	3	0	1	2	0,33	0,40	0,00	0,33	0,33
A_2 -Muhasebe	4	3	2	2	3	0,67	0,20	0,50	0,33	0,33
A_3 -Satın alma	3	4	1	2	3	0,67	0,40	1,00	0,33	0,33
A_4 -Bilişim Teknolojileri	3	3	0	2	3	0,33	0,60	1,00	0,67	0,67
A_5 -Kalite	4	2	0	1	2	0,00	0,40	1,00	0,00	0,00
A_6 -Yan Sanayi	5	3	0	3	4	0,67	0,60	1,00	0,67	0,67
A_7 -İmalat Mühendisliği	3	2	0	1	2	0,00	0,00	1,00	0,33	0,33
A_8 -Tasarım	5	5	0	2	3	0,33	0,60	1,00	0,33	0,67
A_9 -İş Geliştirme	4	2	0	2	2	0,67	0,40	1,00	0,33	0,67
A_{10} -Üretim Planlama	3	3	0	2	2	0,67	0,60	0,50	0,33	0,67
A_{11} -İmalat Müdürlüğü	3	2	1	2	2	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
A_{12} -Bakım	2	0	2	0	1	0,33	0,40	1,00	0,33	0,67
A_{13} -ARGE	4	3	0	2	2	0,33	0,40	1,00	0,67	0,67

Tablo 6. WSM, WPM'ye göre Toplam Görelî Önem Değerleri ve Birleşik Optimallik Değerleri
(Total relative importance values and unified optimality values for WSM and WPM)

A_i	WPM'ye göre toplam	WSM'ye göre toplam	Birleşik Optimallik	Sıralama
	görelî önem	görelî önem	Değeri	
	$(Q)_i^{(2)}$	$(Q)_i^{(1)}$	Q_i	
A_1	0,5239	0,5724	0,5482	7
A_2	0,0000	0,2849	0,1424	12
A_3	0,3932	0,4327	0,4129	9
A_4	0,5245	0,5730	0,5487	6
A_5	0,5741	0,6175	0,5958	3
A_6	0,0000	0,2806	0,1403	13
A_7	0,7033	0,7151	0,7092	1
A_8	0,0000	0,2876	0,1438	11
A_9	0,5116	0,5621	0,5369	8
A_{10}	0,5721	0,6147	0,5934	4
A_{11}	0,5493	0,5645	0,5569	5
A_{12}	0,0000	0,8095	0,4048	10
A_{13}	0,5747	0,6180	0,5964	2

Tablo 7. Farklı λ değerlerine karşılık gelen sıralama değerleri (Ranking values corresponding to different λ values)

A_i	$\lambda = 0,00$	$\lambda = 0,10$	$\lambda = 0,20$	$\lambda = 0,30$	$\lambda = 0,40$	$\lambda = 0,50$	$\lambda = 0,60$	$\lambda = 0,70$	$\lambda = 0,80$	$\lambda = 0,90$	$\lambda = 1,00$
A_1	7	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7
A_2	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
A_3	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10
A_4	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6
A_5	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
A_6	10	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
A_7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
A_8	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
A_9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
A_{10}	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
A_{11}	5	5	5	5	5	5	5	6	8	8	8
A_{12}	10	10	10	10	10	10	9	5	2	1	1
A_{13}	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3

Tablo 7'ye bakıldığı zaman $\lambda = 0,00$ ile $\lambda = 0,80$ arasında zorlanma düzeyinin en yüksek olduğu birimler imalat mühendisliği (A_7) olarak görülmektedir. Ancak bu sonuç $\lambda = 0,90$ ve $\lambda = 1,00$ değerleri için farklılaşmaktadır. $\lambda = 0,90$ ve $\lambda = 1,00$ değerleri için imalat mühendisliği zorlanma düzeyi açısından ikinci sırada yer alırken birinci sırayı bakım bölümü (A_{12}) almaktadır. Buradan WPM yaklaşımının ağır bastığı λ değerlerine ulaşıldıkça bu farklılığın ortaya çıktığı ve İmalat Mühendisliği biriminin birinci sıradan ikinci sıraya düştüğü belirlenmektedir. Aynı şekilde WSM yaklaşımının etkisinin arttığı λ değerleri için ise İmalat Mühendisliği birimini birinci sırada yer aldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte $\lambda = 0,00$ değeri dışındaki diğer λ değerleri için Yan Sanayi biriminin (A_6) sonuncu sırada yer almaktadır. Aynı birimler $\lambda = 0,00$ değerine göre 10. sırada bulunmaktadır. Bu açılardan değerlendirildiğinde WASPAS yönteminin de temelini oluşturan WSM ve WPM olmak üzere iki farklı yaklaşımın sonuçlar açısından uzlaştırılması amacı bu çalışmada da dikkate alınmıştır. Bu kapsamda sıralamalarda $\lambda = 0,50$ değeri için ortaya çıkan

sonuçlara göre iyileştirme öncelikleri belirlenmiştir. Buna göre $\lambda = 0,50$ değeri için zorlanma düzeyi açısından birinci sırada bulunan birim İmalat Mühendisliği (A_7), sonuncu sırada bulunan birim ise Yan Sanayi (A_6) birimidir. Böylece elde edilen birim sıralamaları üzerinde WPM ve WSM yaklaşımlarının etkileri eşit olarak yansıtılmıştır.

Duyarlılık analizinden sonra bir başka ÇKKV yöntemi olan TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Hwang ve Yoon [89] tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatifin en iyi alternatif olarak seçilmesine dayanmaktadır. TOPSIS yöntemi; sonuçların yorumlanmasında anlaşılabilirliği ve güvenilirliği yüksek bir yöntem olmasından dolayı araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir [90]. Bu çalışmada da SWARA yönteminden bulunan kriter ağırlık değerleri TOPSIS yönteminde kullanılarak birimlerin zorlanma düzeyleri hesaplanmış ve WASPAS yönteminde $\lambda = 0,50$ değerine göre elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Karşılaştırmalı analiz (Comparative analysis)

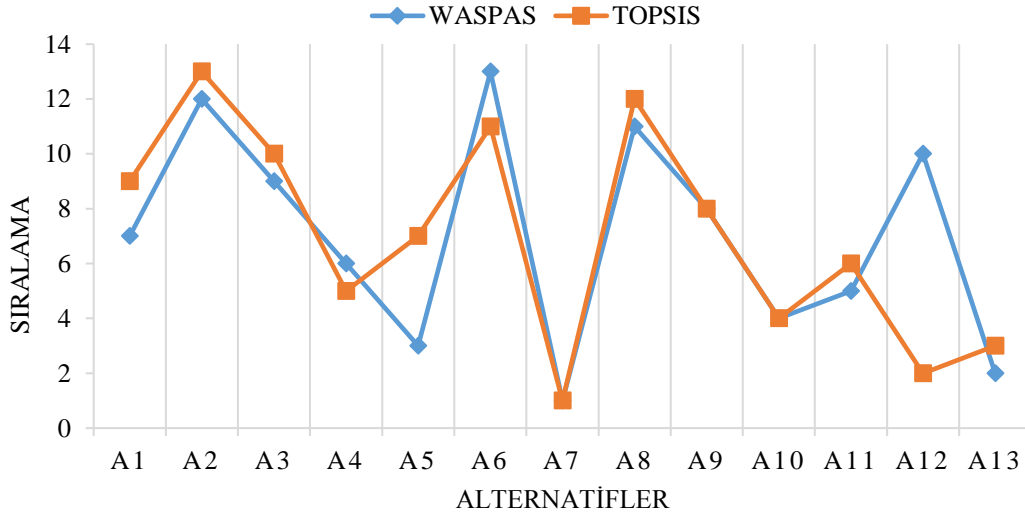
A_i	SWARA&WASPAS	SWARA&TOPSIS
A_1	7	9
A_2	12	13
A_3	9	10
A_4	6	5
A_5	3	7
A_6	13	11
A_7	1	1
A_8	11	12
A_9	8	8
A_{10}	4	4
A_{11}	5	6
A_{12}	10	2
A_{13}	2	3

Tablo 8'e bakıldığında A_7 alternatifinin SWARA tabanlı WASPAS ve TOPSIS yaklaşımları ile elde edilen sıralamalarda birinci alternatif olarak seçildiği ve alternatiflerin her iki yöntemle göre sıralamasında da birbirlerine benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bununla birlikte A_{12} ve A_5 alternatiflerinin sıralamalarında iki yöntemle göre oldukça farklılık olduğu görülmektedir (Şekil 2). Bu farklılık iki yöntemin teorik temellerinin ve hesaplama aşamalarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. TOPSIS yönteminde pozitif ideal çözüme en çok benzeyen veya en yakın alternatifi

seçmektedir. Pozitif ideal çözüm; ulaşılabilir bütün en iyi kriterlerin bileşimi iken; negatif ideal çözüm ise ulaşılabilir en kötü kriter değerlerinden oluşur [90]. A_5 TOPSIS yönteminde sıralamadaki ilk altı alternatifin tüm kriterler açısından pozitif ideal çözüme daha yakın olmaları nedeni ile yedinci sırada seçilmiştir. A_{12} ise pozitif ideal çözüme diğer onbir alternatifte göre daha yakın olduğundan ikinci alternatif olarak belirlenmiştir. Ancak WASPAS yöntemine göre A_5 üçüncü ve A_{12} onuncu sıradadır. WASPAS yöntemi ağırlıklı toplam ve çarpım modelleri yani WSM ve WPM modellerinin sonuçlarını birleştirdiğinden dolayı daha hassas sonuçlar üretir ve alternatif sıralamasının doğruluğunu artırır. Ayrıca WASPAS yöntemde sonuçların tutarlılığını değerlendirmek için yapılan duyarlılık analizi sonuçlarına göre A_5 üçüncü; A_{12} de çoğunlukla onuncu sırada çıktığı görülmektedir (Tablo 7). Duyarlılık analizi ile daha hassas ve karşılaştırılabilir sonuçlar üretilmiştir.

Alternatiflerin WASPAS ve TOPSIS yöntemleri ile elde edilen sıralama sonuçları arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için Spearman sıra korelasyonu kullanılarak korelasyon analizi SPSS 20 programı ile yapılmış ve sonuçlar Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9'da korelasyon analizi sonuçlarına baktığımızda p değeri 0.004 çıkmıştır. Yani 0.01 den düşük çıktığından korelasyon katsayısının anlamlı olduğunu göstermektedir. WASPAS ve TOPSIS yöntemleriyle elde edilen alternatif



Şekil 2. Alternatiflerin WASPAS ve TOPSIS sıralamalarının karşılaştırılması
(Comparison of WASPAS and TOPSIS rankings of alternatives)

Tablo 9. Korelasyon analiz sonuçları (Correlation analysis results)

		WASPAS Sıralaması	TOPSIS Sıralaması
Sperman's rho	WASPAS Sıralaması	Korelasyon Katsayısı	1,000
		Önem düzeyi (Çift yönlü)	,742**
		N	13
		Korelasyon Katsayısı	,742**
TOPSIS Sıralaması		Önem düzeyi (Çift yönlü)	,004
		N	13
		Korelasyon Katsayısı	1,000

**Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir (çift yönlü).

sıralamaları arasındaki korelasyon katsayısının 0,742 olarak hesaplandığı görülmektedir. Yani bu iki sıralama arasında pozitif yönde yüksek derecede bir ilişki bulunmaktadır. SWARA ve TOPSIS yaklaşımından elde edilen sonuçlar SWARA ve WASPAS entegre yaklaşımı ile elde edilen sonuçları desteklemektedir.

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada havacılık sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin birimlerinde kullanılan ofis bileşenlerinin (sandalye, monitör, telefon, fare ve klavye) konumsal durumu ve tasarımı nedeniyle çalışanların kas-iskelet sistemlerinde yaşadıkları zorlanma düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan uygulama çalışmasında ofis elemanları içinde zorlanma düzeyi bakımından en önemli etkinin sandalyeden kaynaklandığı görülmektedir. Sandalye bileşeninin skor değerleri sandalye derinliği, yüksekliği, kolçak, sırt desteğine ve süreye ait skor değerlerinin birlikte değerlendirilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla sandalyenin önem derecesi belirlenirken bu alt bileşenler de dikkate alınmıştır. Bu alt bileşenlerin ergonomik tasarımı ve her kullanıcıya uygun şekilde ayarlanabilir özelliklere sahip olması zorlanma düzeyinin azaltılması için son derece önemlidir. Ayrıca sandalye de çalışma yani oturma süresinin ve dinlenme süresinin de yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Bu uygulamada 13 birim ele alınmış ve bu birimler arasında zorlanma bakımından İmalat Mühendisliği ve ARGE birimleri en riskli birimler olarak belirlenmiştir. Bu birimler özellikle bilgisayarlı işlemlerin daha fazla olması ve uzun sürelerde oturarak iş yapılması nedeniyle çalışanların zorlanma düzeyi artmaktadır. Bilgisayarlı çalışma sırasında kullanılan sandalyenin ergonomik açıdan uygun olmayışı zorlanma düzeyini etkilemiştir. Ayrıca söz konusu birimlerde yer alan ofislerin çalışma alanlarının dar olması çalışanların rahat hareket etmelerini engellemektedir. Çalışma alanının dar olması monitör, telefon vs. ofis bileşenlerinde yerleşimini etkilemektedir. Ergonomik açıdan uygun yerleştirilmemiş bu ofis bileşenleri de çalışanların iş yaparken zorlanmalarına neden olmaktadır. Zorlanma düzeyine bağlı olarak bu birimlerde çalışanların KİSR'larına sıklıkla maruz kaldıkları gözlemlenmiştir. Bu rahatsızlıkların ortadan kaldırılması ya da azaltılması için özellikle ofis ergonomisine önem verilmesi gerekmektedir.

Ofis ergonomisi, çalışma ortamının ve istasyonunun ergonomik açıdan düzenlenmesidir. Ofis ergonomisinin uygulanmasıyla gereksiz hareketler ortadan kaldırılarak daha hızlı daha kolay ve daha az yorularak iş yapılması sağlanır. Ayrıca kas-iskelet sisteminde meydana gelen ağrılar, KİSR azalır, iş verimliliği ve çalışanın memnuniyeti artar. İmalat mühendisliği ve ARGE birimlerinin çalışma alanlarının genişletilmesi ile birlikte ofis ergonomisi prensipleri göz önüne alınarak ofis bileşenlerinin yerleşimi uygun bir şekilde yapılabilir. Ayrıca sürekli bilgisayar başında çalışanların özellikle ayarlanabilir sırt desteğine sahip sandalye ve

doküman tutucu gibi yardımcı ekipmanların kullanmaları sağlanmalıdır. Bununla birlikte, çalışanlara ergonomik çalışma ile ilgili eğitimlerin verilmesi, çalışanların KİSR hakkında bilgilendirilmesi ve özellikle çalışma sırasında egzersiz yapmaları sağlanarak zorlanma düzeyleri indirilecektir. Ayrıca uygun dinlenme zaman ve alanlarının sağlanması ile birlikte zorlanma düzeyleri ve KİSR azaltılacaktır.

Bu çalışmada ROSA yöntemi ÇKKV yaklaşımı ile geliştirilmiştir. ROSA yönteminin uygulama prosedürüne veya ROSA final skorunun hesaplanma adımlarının geliştirilmesine yönelik herhangi bir metodolojik çalışmaya rastlanmamıştır. İlk defa bu çalışmada ROSA yöntemi ÇKKV yöntemleri ile birlikte kullanılmıştır. Önerilen zorlanma analiz yaklaşımı farklı sektörlerde yer alan birçok ofis ortamında uygulanabilecek özelliktedir. Bununla birlikte, ROSA yöntemi, diğer ÇKKV yöntemleri ile entegre edilerek karşılaştırmalı analizler yapılabilir. Böylece yöntemin geliştirilmesine katkı sağlanabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Mirmohammadi S.J., Mehrparvar A.H., Soleimani H., Lotfi M.H., Akbari H. ve Heidari N., Musculoskeletal disorders among video display terminal (VDT) workers comparing with other office workers, *Iran Occupational Health*, 7 (2),11-4, 2010.
2. Eriş H, Can G.F. ve Fırlıklı N., Çalışma duruşu ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, *Makine Mühendisleri Odası Dergisi-Endüstri Ve İşletme Mühendisliği Meslek Dalı ana Komisyon Bülteni*,129, 8-14, 2009.
3. Coluci M.Z, Alexandre N.M. ve De Freitas Pedrini T., Musculoskeletal symptoms and workers' perception about job factors in a pulp and paper industry, *Work*, 41 (1), 5728-5730, 2012.
4. Choobineh A., Solaymani E. ve Mohammad Beigi A., Musculoskeletal symptoms among workers of metal structure manufacturing industry in Shiraz, *Iranian Journal of Epidemiology*, 5, 35-43, 2009.
5. Blatter B. M. ve Bongers P. M., Duration of computer use and mouse use in relation to musculoskeletal disorders of neck or upper limb, *Int. J. Ind. Ergon*, 30, 295-306, 2002.
6. Toomingas A. ve Gavhed D., Workstation layout and work postures at call centres in Sweden in relation to national law, EU-directives and ISO-standards, and to operators' comfort and symptoms, *Int. J. Ind. Ergon*, 38, 1051-1061, 2008.
7. Crawford J.O., The Nordic musculoskeletal questionnaire, *Occupational Medicine*, 57, 300-1, 2007.
8. Sonne M, Villalta D.L. ve Andrews D.M., Development and evaluation of an office Ergonomic risk checklist: Rosarapid office strain assessment, *Appl Ergon.*,43, 98-108, 2012.
9. Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom A., Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G ve Jørgensen K., Standardized Nordic questionnaires for the analyses

- of musculoskeletal symptoms, *Appl Ergon.*, 18, 233-7, 1987.
10. Cook C., Burgess-Limerick R. ve Chang SW. The prevalence of neck and upper extremity musculoskeletal symptoms in computer mouse users, *Int. J. Ind. Ergon.*, 26, 347–356, 2000.
 11. Amell T.K. ve Kumar S., Work-Related Carpal Tunnel Syndrome: current concepts, *Int. J. Ind. Ergon.* 25, 69-78, 2000.
 12. Ferasati, F. ve Jalilian, M., Evaluation of WMSDS in VDT users with rapid office strain assessment (ROSA) method, *Journal of Ergonomics*, 1 (3), 65-74, 2014.
 13. Brink Y., Louw Q., Grimmer K. ve Jordaan E, The relationship between sitting posture and seated-related upper quadrant musculoskeletal pain in computing south African adolescents: a prospective study, *Manual Therapy*, 20, 820–826, 2015.
 14. Cheng H.K., Wong M.T., Yu Y.C. ve Ju Y.Y., Work-related musculoskeletal disorders and ergonomic risk Factors in Special Education Teachers and Teacher's Aides, *BMC Pub Health*, 16, 137, 2016.
 15. Davis K.G. ve Kotowski S.E. Postural variability: an effective way to reduce musculoskeletal discomfort in office work, *Hum Factors*, 56, 1249–1261, 2014.
 16. Aghdaie M.H., Zolfani S.H. ve Zavadskas E.K., Sales branches performance evaluation: a multiple attribute decision making approach, 8th international scientific conference-business and management, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 2014.
 17. Keršulienė V., Zavadskas E. K. ve Turskis Z., Selection of rational dispute resolution method by applying new Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA), *Journal of Business Economics and Management*, 11 (2), 243–258, 2010.
 18. Zolfani S.H. ve Sapauskas J., New Application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system, *Engineering Economics*, 24 (5), 408–414, 2013.
 19. Aghdaie M.H., Zolfani S.H. ve Zavadskas E.K., Decision making in machine tool selection: an integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods, *Engineering Economics*, 24(1), 5–17, 2013.
 20. Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. ve Zakarevicius, A. Optimization of weighted aggregated sum product assessment, *Elektronika ir elektrotechnika*, 122 (6), 3-6, 2012.
 21. Chakraborty S. ve Zavadskas E.K., Applications of WASPAS method in manufacturing decision making, *informatica*, 25, 1–20, 2014.
 22. Andrews, D. M., The Rapid Office Strain Assessment (ROSA): Validity of online worker self-assessments and the relationship to worker discomfort, *Occupational Ergonomics*, 10 (3), 83-101, 2011.
 23. Krusun M. ve Chaiklieng S., Ergonomic risk assessment in university office workers, *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 19 (5), 696-707, 2014.
 24. Sonne M.W., Ward R., Thuy C. ve Andrews D. M., Integration of mobile office equipment into the Rapid office Strain Assessment (ROSA), *Ace* 2015, 2015
 25. Ghanbary-Sartang A. ve Habibi H., Evaluation of musculoskeletal disorders to method Rapid office Strain Assessment (ROSA) in computers users, *Journal of Preventive Medicine*, 2 (1), 47-54, 2015.
 26. Soroush M. ve Hassani H., Musculoskeletal complaints associated with computer use and its ergonomic risks for office workers of a medical sciences university in Tehran, *Ann Mil Health Sci Res*, 13 (1), 2-6, 2015
 27. Nasiri I., Motamedzade M., Golmohammadi R. ve Faradmali J., Assessment of risk factors for musculoskeletal disorders using the Rapid office Strain Assessment (ROSA) method and implementing ergonomics intervention programs in Sepah Bank, *Health and Safety at Work*, 5 (2), 47-62, 2015.
 28. Matos M. ve Arezes P., Ergonomic evaluation of office workplaces with Rapid office Strain Assessment (ROSA), *Procedia Manufacturing*, 3, 4689-4694, 2015.
 29. Nasiri I.M.A.N., The survey of musculoskeletal disorders risk factors among office workers and the implementation of an ergonomic training program, *Journal Mil Med*, 16 (4), 211-216, 2015.
 30. Sohrabi M., Faridizad A.M. ve Farasati F., Comparing results of musculoskeletal disorders evaluation in computer users with CMDQ, RULA and ROSA methods, *Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences*, 23 (4), 53-62, 2015.
 31. Poochada W. ve Chaiklieng S., Ergonomic risk assessment among call center workers, *Procedia Manufacturing*, 3, 4613-4620, 2015
 32. Samaei S.I., Tirgar A., Khanjani N., Mostafaei, M., Bagheri Hosseinabadi, M. ve Amrollahi, M., Assessment of ergonomics risk factors influencing incidence of musculoskeletal disorders among office workers, *Health and Safety at Work*, 5 (4), 1-12, 2015.
 33. Armal A., Mokhtarinia H., Biglarian, A. ve Abdi, K., Face and convergent validity of persian version of Rapid office Strain Assessment (ROSA) checklist, *Archives of Rehabilitation*, 16 (4), 356-365, 2016.
 34. Ghanbary A. ve Habibi E., Evaluation of musculoskeletal disorders among computer users in Isfahan, *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*, 2 (3), 330-334, 2015.
 35. Liebrechts J., Sonne M. ve Potvin J. R., Photograph-based ergonomic evaluations using the Rapid Office Strain Assessment (ROSA), *Applied Ergonomics*, 52, 317-324, 2016.
 36. Mani K., Provident I. ve Eckel E., Evidence-based ergonomics education: promoting risk factor awareness among office computer workers, *Work*, 55 (4), 913-922, 2016.
 37. Saeidi C., Dastaran S. ve Musavi S., Evaluation of the risk factors of musculoskeletal disorders and its relation to the workload of employees at 118 Call Center in Sanandaj, Iran, *Journal of Health and Development*, 5 (2), 110-121, 2016.
 38. Machado-Matos M. ve Arezes P. M., Impact of a workplace exercise program on neck and shoulder segments in office workers, *Dyna*, 83 (196), 63-68, 2016.

39. A'syaroh I.K., Etika Muslimah S.T., Evaluasi postur kerja pada unit Integrated Operation Center Regional (IOCR) pt ABC menggunakan metode Rapid office Strain Assesment (Rosa), Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
40. Valipour F., Mohammadian, M.S., Yahyaei E., Shokri S. ve Ahmadi O., Assessment of the staff working posture using REBA & ROSA methods in a military hospital, *Health Research*, 1 (3), 167-172, 2016.
41. Khandan M., Arab Z. ve Koohpaei A., High ergonomic risk of computer work postures among Iranian hospital staff: evidence from a cross-sectional study, *International Journal of Hospital Research*, 5 (1), 29-34, 2016.
42. Rodrigues M.S.A., Leite R.D.V., Lelis C.M. ve Chaves T.C. Differences in ergonomic and workstation factors between computer office workers with and without reported musculoskeletal pain, *Work*, 57 (4), 563-572, 2017.
43. Davudian-Talab A., Azari G., Badfar G., Shafeei A. ve Derakhshan Z., Evaluation and correlation of the rapid upper limb assessment and rapid office strain assessment methods for predicting the risk of musculoskeletal disorders, *Internal Medicine and Medical Investigation Journal*, 2 (4), 155-160, 2017.
44. Rahman M.N.A., Razak N.S.A., Hassan M.F., Adzila S., Ngali M.Z. ve Salleh S.M., Quantifying exposure to risk factors among office workers using ROSA method, *Advanced Science Letters*, 23 (8), 7597-7600, 2017.
45. Ebrahimi H., Barakat S., Habibi E. ve Mohammadian M., Comparing of RULA AND ROSA method in assessing risk of musculoskeletal disorders and its relationship with mental health in computer users, *Iran Occupational Health*, 14 (5), 142-134, 2017.
46. Özkan N.F. ve Kahya E., Assessing ergonomic risks in an university's administrative offices, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (1), 141-150, 2017.
47. Jiménez-Romero M.D.L.A., Prevalencia De Dolencias Musculo-Esqueléticas Y Evaluación De Riesgo Postural En Trabajadores Administrativos Del instituto Tecnológico De Costa Rica En La Sede Central Cartago, https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9723/prevalencia_dolencias_musculo_esquel%20c3%a9ticas_evaluaci%20c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 2017.
48. Maghsoudian L. Ergonomic assessment of musculoskeletal disorders risk factors in office staff using ROSA method and its relation with efficiency, *Journal of Military Medicine*, 19 (1), 31-39, 2017.
49. Jusoh F. ve Zahid M.N.O., Ergonomics risk assessment among support staff in university malaysia pahang, In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 319, 2018, DOI:10.1088/1757-899X/319/1/012059
50. Haghshenas B., Habibi E., Hajar F.H.E., Sartang A.G., Van Wijk L. ve Khakkar S., the Association Between Musculoskeletal Disorders with Mental Workload and Occupational Fatigue in the office Staff of A Communication Service Company in Tehran, Iran, 2017.
51. Besharati A., Daneshmandi H., Zareh K., Fakherpour A. ve Zoakafi M., Work-related musculoskeletal problems and associated factors among office workers, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1-19, 2018.
52. Kingkaew W.M., Paileeklee S. ve Jaroengarmsamer P., Validity and Reliability of the Rapid office Strain Assessment [Rosa] Thai Version, *Journal of the Medical Association of Thailand*, 101 (1), 145-9, 2018.
53. Sanaeinasab H., Saffari M., Valipour F., Alipour H.R., Sepandi M., Al Zaben F. ve Koenig H.G., The effectiveness of a model-based health education intervention to improve ergonomic posture in office computer workers: a randomized controlled trial, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1-12, 2018.
54. Keršulienė V. ve Turskis Z., integrated fuzzy multiple criteria decision-making model for architect selection, *Technological and Economic Development of Economy*, 17 (4), 645–666, 2011.
55. Zolfani S.H., Esfahani M.H., Bitarafan M., Zavadskas E.K. ve Arefi S. L., Developing a new hybrid MCDM method for selection of the optimal alternative of mechanical longitudinal ventilation of tunnel pollutants during automobile accidents, *Transport*, 28 (1), 89–96, 2013.
56. Alimardani M., Zolfani S.H., Aghdaie M.H. ve Tamosaitiene J., A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment, *Technological and Economic Development of Economy*, 19 (3), 533–548, 2013.
57. Aytaç E., Adalı A. ve Tuş I., Bir Tedarikçi seçim problemi için SWARA ve WASPAS yöntemlerine dayanan karar verme yaklaşımı, *International Review of Economics and Management*, 5 (4), 56-77, 2017.
58. Zolfani S.H., Zavadskas E.K. ve Turskis Z., Design of products with both international and local perspectives based on yin-yang balance theory and SWARA method, *Economic Research*, 26 (2), 153–166, 2013.
59. Zolfani S.H. ve Saparauskas J., New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system, *Engineering Economics*, 24 (5), 408–414, 2013.
60. Aghdaie M.H., Zolfani S.H. ve Zavadskas E.K., A hybrid approach for market segmentation and market segment evaluation and selection: an integration of data mining and MADM, *Transformations in Business and Economics*, 12, 431-458, 2013.
61. Bagočius V. ve Zavadskas K.E., Turskis Z., Multi-criteria selection of a deep-water port in Klaipėda, *Procedia Eng.*, 57, 144–148, 2013.
62. Staniunas M., Medineckienė M., Zavadskas E.K. ve Kalibatas D., To modernize or not: ecological-economical assessment of multi-dwelling houses modernization, *Arch. Civil Mech. Eng.*, 13, 88–98, 2013.

63. Zavadskas E.K., antucheviciene J., Saparuskas J. ve Turskis Z., MCDM methods WASPAS and MULTIMOORA: verification of robustness of methods when assessing alternative solutions, *Econ. Comput. Econ. Cybern. Stud. Res.*, 47, 5–20, 2013.
64. T. D'ejus, J. antuchevičienė, Assessment of health and safety solutions at a construction site, *J. Civil Eng. Manage.*, 19, 728–737, 2013.
65. Zolfani S.H. ve Bahrami M., investment prioritizing in high tech industries based on SWARA-COPRAS approach, *Technological & Economic Development of Economy*, 20 (3), 534–553, 2014.
66. Lashgari S., Antuchevičienė J., Delavari A. ve Kheirkhah O., Using QSPM and WASPAS methods for determining outsourcing strategies, *Journal of Business Economics and Management*, 15 (4), 729-743, 2014.
67. Zolfani S.H. ve Banihashemi S.S.A., Personnel selection based on a novel model of game theory and MCDM approaches, 8th international Scientific Conference, Business and Management, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 2014.
68. Stanujkic D., Djordjevic B. ve Karabasevic D., Selection of candidates in the process of recruitment and selection of personnel, *Quaestus Multidisciplinary Research Journal*, 7, 53–64, 2015.
69. Karabasevic D., Stanujkic D. ve Urosevic S., The MCDM model for personnel selection based on SWARA and ARAS methods, *Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies*, 20 (77), 43-52, 2015.
70. Karabasevic D., Stanujkic D. ve Urosevic S., Maksimovic M., Selection of candidates in the mining Industry based on the application of the SWARA and the MULTIMOORA methods, *Acta Montanistica Slovaca*, 20 (2), 116–124, 2015.
71. Stanujkic D., Karabasevic D. ve Zavadskas E.K., A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method, *Engineering Economics*, 26 (2), 181–187, 2015.
72. Dehnavi A., Aghdam I.N., Pradhan B. ve Morshed Varzandeh M.H., A New Hybrid Model Using Step-Wise Weight Assessment Ratio analysis (SWARA) Technique and Adaptive Neuro-Fuzzy inference System (ANFIS) for Tegraland Landslide Hazard Assessment in Iran, *Catena*, 135 (2015), 122–148, 2015.
73. Chakraborty, S. ve Zavadskas, E.K. Applications of WASPAS method in manufacturing decision making, *Informatica*, 25 (1), 1–20, 2014.
74. Shukla S., Mishra P.K., Jain R. ve Yadav, H.C., An integrated decision-making approach for ERP system selection using SWARA and PROMETHEE method, *Int. J. of Intelligent Enterprise*, 3 (2), 120–147, 2016.
75. Yazdani M., Zavadskas E.K., Ignatius J. ve Abad M.D., Sensitivity analysis in MADM methods: application of material selection, *Engineering Economics*, 27 (4), 382–391, 2016.
76. Zolfani S.H., Pourhossein M., Yazdani M. ve Zavadskas E.K., Evaluating construction projects of hotels based on environmental sustainability with MCDM Framework, *Alexandria Engineering Journal*, *Alexandria Engineering Journal*, 57 (1), 357-365, 2018.
77. Işık A.T. ve Adalı E.A., A new integrated decision-making approach based on SWARA and OCRA methods for the hotel selection problem, *International Journal of Advanced Operations Management*, 8 (2), 140-151, 2016.
78. Can G.F. ve Atalay K.D., Eraslan E., Tabletlerin kullanılabilirlik ölçütlerine göre çok kriterli karar verme yaklaşımıyla değerlendirilmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5 (ÖS), 81-88, 2017.
79. Çakır E., Kriter ağırlıklarının SWARA– Copeland yöntemi ile belirlenmesi: bir üretim işletmesinde uygulama, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4 (1), 42-56, 2017.
80. Zavadskas E.K. ve Baušys R., Lazauskas M., sustainable assessment of alternative sites for the construction of a waste incineration plant by applying WASPAS method with single-valued neutrosophic set, *Sustainability*, 7, 15923–15936, 2015.
81. Madic M. ve Gecevška V., Radovanovic M., Petkovic, D., Multi-Criteria economic analysis of machining processes using the WASPAS method, *Journal of Production Engineering*, 17 (2), 79-82, 2014.
82. Mathew M., Sahu S. ve Upadhyay A.K., Effect of normalization techniques in robot selection using weighted aggregated sum product assessment, *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies*, 4 (2), 59-63, 2017.
83. Akçakanat Ö., Eren H. ve Aksoy E., Ömürbek, Bankacılık sektöründe ENTROPİ VE WASPAS yöntemleri ile performans değerlendirmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22, 285-300, 2017.
84. Alam K.A., Ahmed R., Butt F. S., Kim S.G., ve Ko K.M., An uncertainty-aware integrated fuzzy AHP-WASPAS model to evaluate public cloud computing services, *Procedia Computer Science*, 130, 504-509, 2018.
85. Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H., Derakhti, A., Zavadskas, E. K. ve Varzandeh, M. H. M., Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. *Expert Syst. Appl.*, 40 (17), 7111-7121, 2013.
86. Vafaeipour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A. ve Keshavarz, M. E., Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: new application of a hybrid multi-criteria decision making approach, *Energy Convers. Manage.*, 86, 653–663, 2014.
87. Bitarafan S., Zolfani S.H., Arefi S.L., Zavadskas E.K. ve Mahmoudzadeh A., Evaluation of real-time intelligent sensors for structural health monitoring of bridges based on SWARA-WASPAS; a case in Iran, *Baltic J.Road Bridge Eng.* 9 (4), 333-340, 2014.
88. Can G.F., Delice E.K. ve Özçakmak B.C., Çok kriterli karar verme yaklaşımıyla oturma düzeneği seçimi,

- Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5 (ÖS:Ergonomi2016), 213-225, 2017.
- 89.** Hwang C.L. ve Yoon, K. Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer-Verlag, New York, 1981.
- 90.** Delice E.K., A fuzzy multicriteria model for airline companies selection, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (2), 263-276, 2016.