



**HTEA TABANLI FUCOM & KEMIRA-M
ENTEGRE YÖNTEMİ İLE SAĞLIK
SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRME**

Nuray ARSLAN

**Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yöneylem Araştırması Bilim Dalı
Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE**

2020

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HTEA TABANLI FUCOM & KEMIRA-M ENTEGRE YÖNTEMİ
İLE SAĞLIK SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRME**

Nuray ARSLAN

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Yöneylem Araştırması Bilim Dalı**

**ERZURUM
2020**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

HTEA TABANLI FUCOM & KEMIRA-M ENTEGRE YÖNTEMİ İLE SAĞLIK
SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRME

Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE danışmanlığında, Nuray ARSLAN tarafından hazırlanan bu çalışma 08.../01.../2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı – Yöneylem Araştırması Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği (3./3.) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TUTAM

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun 16.../01.../2020... tarih ve 03.../...63... ..
nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HTEA TABANLI FUCOM & KEMIRA-M ENTEGRE YÖNTEMİ İLE SAĞLIK SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRME

Nuray ARSLAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yöneylem Araştırması Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

Sağlık sektörünün en önemli birimlerinden birisi olan hastane acil servisleri, acilen bakılması gereken hastalara ilk müdahale ve tedavinin yapıldığı birimlerdir. Acil servislerde çalışan personel her gün birçok riskle karşı karşıya kalmaktadır. Karşılaşılan risklerin belirlenmesi ve bu risklere karşı gerekli önlemlerin alınması sağlık çalışanlarının çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve sağlık hizmetlerinin kalitesini arttırmak açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada acil servislerde meydana gelebilecek olası riskler belirlenmiş, HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemi kullanılarak bir risk analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntem kapsamında hastane acil servislerinde meydana gelebilecek riskler kriter olarak ve bu risklere karşı alınabilecek önlemler ise alternatif olarak ele alınmıştır. Bu doğrultuda 5 farklı ana dış ve iç kriter (psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler, güvensiz nöbet ortamı-vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler, alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler, ergonomik riskler, tıbbi cihaz-malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler), 34 farklı alt kriter olmak üzere toplamda 39 kriter açısından 8 farklı alternatif 5 uzman tarafından değerlendirilmiştir. İlk olarak HTEA yöntemi kullanılarak uzman görüşlerine göre kriter öncelikleri bulunmuştur. Sonraki aşamada KEMIRA-M yöntemi kullanılarak medyan matrisi elde edilmiştir. Elde edilen medyan matrisine göre FUCOM yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanmış, son olarak yine KEMIRA-M yöntemi kullanılarak alternatif sıralamaları ana kriterler ve alt kriterler için bulunmuştur. Yöntemin tutarlılığını göstermek amacıyla HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yönteminden elde edilen sonuçlar HTEA tabanlı KEMIRA-M yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemler sonucunda alınması gereken en önemli önlemler başta çalışma şartlarının iyileştirilmesi olmak üzere kişisel koruyucu donanımların kullanımı, eğitim/seminer ve çalışma ortamı ergonomik düzenleme olarak bulunmuştur.

2020, 119 sayfa

Anahtar Kelimeler: Acil Servislerde Risk Değerlendirme, Çok Kriterli Karar Verme, FUCOM, HTEA, KEMIRA-M

ABSTRACT

MS Thesis

RISK ASSESSMENT IN HEALTH SECTOR WITH FMEA BASED FUCOM & KEMIRA-M INTEGRATED METHOD

Nuray ARSLAN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering
Department of Operations Research

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

Hospital emergency services, which is one of the most important units of the health sector, are the units where the first intervention and treatment are made to the patients who need urgent care. Personnel working in emergency services face many risks every day. Identifying the risks faced and taking the necessary precautions against these risks is extremely important in terms of improving the working conditions of health workers and improving the quality of health services. In this study, possible risks that may occur in emergency services were determined, a risk analysis study was performed using FUCOM & KEMIRA-M method based on HTEA. Within the scope of the proposed method, the risks that may occur in hospital emergency departments are considered as criteria and the measures that can be taken against these risks are considered as alternatives. In this direction, 5 different main external and internal criteria (risks that cause psychosocial health problems, risks related to insecure seizure-shift environment and communication, risks related to allergies and infections, ergonomic risks, risks associated with medical devices-material, tools and equipment), 34 different sub-criteria, in terms of total 39 criteria, 8 different alternatives were evaluated by 5 experts. First, criteria priorities were found according to expert opinions by using FMEA method. In the next step, Median matrix was obtained by using KEMIRA-M method. Criteria weights were calculated by using FUCOM method according to the obtained median matrix, finally, alternative rankings were also found for the main-criteria and sub-criteria using the KEMIRA-M method. In order to demonstrate the consistency of the method, the results obtained from the HTEA-based FUCOM & KEMIRA-M method were compared with those obtained from the HTEA-based KEMIRA-M method. The most important precautions to be taken as a result of the methods used were found to be especially the improvement of working conditions, the use of personal protective equipment, training / seminars and working environment ergonomic arrangements.

2020, 119 pages

Keywords: Risk Assessment in Emergency Departments, Multi Criteria Decision Making, FUCOM, FMEA, KEMIRA-M

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmam sũresince her tũrlũ yardımı sağlayan bilgi, tecrũbe ve önerilerini benimle paylaşıp beni doğru yũne yũnlendiren hiç bir konuda benden desteğini esirgemeyen başta kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE'ye sonsuz saygı ve teŐekkũrlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam sırasında ihtiyaç duyduğum uzman gũrũřleri hususunda bana yardımcı olan Erzurum ilindeki hastanelerde çalışan başhekim, başhekim yardımcıları, acil servis doktorları, eğitim hemşireleri, kalite departmanı çalışanları ve hastanelerde gũrev alan tũm çalışanlara yardımlarından dolayı teŐekkũr ederim.

Tũm eğitim hayatım boyunca her konuda bana yardımcı olan, maddi manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen, aldığım her karara saygı duyan kıymetli aileme sonsuz teŐekkũr ederim.

Nuray ARSLAN

Ocak, 2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Sağlık Sektöründe Risk Değerlendirme ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	5
2.2. Sağlık Sektöründe HTEA Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar.....	7
2.3. KEMIRA ve KEMIRA-M Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar.....	9
2.4. FUCOM Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar.....	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Tehlike, Risk ve Risk Değerlendirme Kavramları.....	15
3.2. Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	16
3.2.1. Nicel risk değerlendirme yöntemleri.....	16
3.2.2. Nitel risk değerlendirme yöntemleri.....	16
3.3. HTEA.....	17
3.3.1. HTEA çeşitleri.....	18
3.4. ÇKKV.....	24
3.5. KEMIRA-M.....	25
3.6. FUCOM.....	30
3.7. Önerilen HTEA Tabanlı FUCOM & KEMIRA-M Entegre Yöntemi.....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	38
4.1. HTEA Tabanlı FUCOM & KEMIRA-M Entegre Yönteminin Uygulanması.....	38
4.1.1 Aşama 1: Verilerin toplanması.....	38
4.1.2 Aşama 2: HTEA yöntemi.....	43
4.1.3. Aşama 3: KEMIRA-M yöntemi adımları (medyan matrisinin hesaplanması).....	50

4.1.4. Aşama 4: FUCOM yöntemi adımları (kriter ağırlıklarının hesaplanması)	68
4.1.5. Aşama 5: KEMIRA-M yöntemi ile önlemlerin sıralanması ve en önemli önlemin seçilmesi.....	95
4.2. Karşılaştırmalı Analiz.....	101
5. SONUÇ	114
KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ	120



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A_i	i. alternatif
D_{x_j}	Alt iç kriterler için başlangıç karar matrisi
$D_{y_{j'}}$	Alt dış kriterler için başlangıç karar matrisi
U_s	s. uzman
$w_{x_j}^{(i)}$	j. ana iç kriterin ağırlığı
$w_{y_{j'}}^{(i)}$	j'. ana dış kriterin ağırlığı
w_k^s	s. uzmana göre ağırlık katsayısı
$x_{jBp}^{(i)}$	i. alternatifin j. ana iç kriterin p. alt dış kriteri için aldığı değer
$x_{jDq}^{(i)}$	i. alternatifin j. ana iç kriterin q. alt iç kriteri için aldığı değer
X_{w_x}	X kriteri için ağırlıklı ortalama
$x_j^{(i)}$	i. alternatifin j. ana iç kriter için aldığı değer
$x_j^{(i)*}$	i. alternatifin j. ana iç kriter için normalize değeri
$x_{jBp}^{(i)*}$	i. alternatifin j. ana iç kriterin p. alt dış kriteri için normalize değeri
$x_{jDq}^{(i)*}$	i. alternatifin j. ana iç kriterin q. alt iç kriteri için normalize değeri
$y_{j'Bp}^{(i)}$	i. alternatifin j'. ana dış kriterin p. alt dış kriteri için aldığı değer
$y_{j'Dq}^{(i)}$	i. alternatifin j'. ana dış kriterin q. alt iç kriteri için aldığı değer
$y_{j'Bp}^{(i)*}$	i. alternatifin j'. ana dış kriterin p. alt dış kriteri için normalize değeri
$y_{j'Dq}^{(i)*}$	i. alternatifin j'. ana dış kriterin q. alt iç kriteri için normalize değeri
Y_{w_y}	Y kriteri için ağırlıklı ortalama
$y_{j'}^{(i)}$	i. alternatifin j'. ana dış kriter için aldığı değer
$y_{j'}^{(i)*}$	i. alternatifin j'. ana dış kriter için normalize değeri

$\varphi_{x_j^{(k)}/x_j^{(k+1)}}^S$	s. uzmana göre ana iç değerlendirme kriterinin karşılaştırmalı önceliği
$\varphi_{k/(k+1)}^S$	s. uzmana göre değerlendirme kriterinin karşılaştırmalı önceliği
\forall	Her veya bütün
$A^{(M)}$	Medyan matrisi
D	Saptanabilirlik
D_A	Ana kriterler için başlangıç karar matrisi
P	Olasılık
S	Şiddet
s	Uzman sayısı
φ	Dilsel veri birleştirme operatörü

Kısaltmalar

AGVs	Automatically Guided Vehicles
AHP	Analytic Hierarchy Proces
ARAS	Additive Ratio Assessment
ARAS-F	Fuzzy Additive Ratio Assessment
BWM	Best-Worst Method
COPRAS	Complex Proportional Assessment
CREAM	Cognitive Reliability and Error Analysis Method
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
D2B	Door-to-balloon
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
EDAS	Evaluation based on Distance from Average Solution
ETA	Event Tree Analysis
F-AHP	Fuzzy Analytic Hierarchy Proces
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FTA	Fault Tree Analysis
FUCOM	Full Consistency Method

GRA	Grey Relational Analysis
HAZOP	Hazard and Operability Studies
HEI	Human Error Identification
HRA	Human Reliability Assessment
HTEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi
JSA	Job Safety Analysis
KEMIRA	Kemeny Median Indicator Ranks Accordance
KEMIRA-M	Kemeny Median Indicator Ranks Accordance-Modified
KFY	Kalite Fonksiyon Yayılımı
MABAC	Multi Attributive Border Approximation Area Comparison
MAIRCA	Multi Attributive Ideal-Real Comperative Analysis
MCDM	Multi Criteria Decision Making
PHA	Preliminary Hazard Analysis
PRA	Preliminary Risk Analysis
RÖS	Risk Öncelik Sayısı
R-ROV	Rough Range of Value
SAW	Simple Additive Weighting
SCC	Spearman's Correlation Coefficient
SERVQUAL	Service Quality
SMART	Safety Modelling, Assurance and Reporting Toolset
STEMI	Segment Elevation Myocardial Infarction
SWARA	Stepwise Weight Analysis Ratio Assessment
THERP	Technique for Human Reliability Analysis
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TÜSAM	Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi
WASPAS	Weighted Aggregated Sum Product Assessment

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Önerilen yöntem akış diyagramı.....37

Şekil 4.1. Acil servislerde risk değerlendirme seçim kriterleri hiyerarşik yapısı 39



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Olasılık skalası	21
Çizelge 3.2. Şiddet skalası	22
Çizelge 3.3. Saptanabilirlik skalası	23
Çizelge 3.4. Kriter öncelikleri.....	27
Çizelge 4.1. HTEA yöntemi ile ana kriterlerin önceliklendirilmesi	45
Çizelge 4.2. HTEA yöntemi ile ana iç kriterlerden ergonomik risklerin önceliklendirilmesi	47
Çizelge 4.3. HTEA yöntemi ile ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin önceliklendirilmesi	49
Çizelge 4.4. Ana kriterler için başlangıç karar matrisi	50
Çizelge 4.5. Ana kriterler için kriter öncelik çizelgesi	51
Çizelge 4.6. Ana kriterler için normalize edilmiş karar matrisi.....	52
Çizelge 4.7. Muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; dış kriterler	53
Çizelge 4.8. Muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; iç kriterler	55
Çizelge 4.9. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için başlangıç karar matrisi	57
Çizelge 4.10. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için kriter öncelik çizelgesi	58
Çizelge 4.11. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için normalize edilmiş karar matrisi	58
Çizelge 4.12. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; dış kriterler	60
Çizelge 4.13. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; iç kriterler	62
Çizelge 4.14. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için başlangıç karar matrisi.....	63
Çizelge 4.15. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için kriter öncelik çizelgesi.....	64

Çizelge 4.16. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için normalize edilmiş karar matrisi	64
Çizelge 4.17. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; dış kriterler.....	65
Çizelge 4.18. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; iç kriterler	67
Çizelge 4.19. Ana dış ve iç kriterler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri ..	69
Çizelge 4.20. Ana kriterler için ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalama değerleri	75
Çizelge 4.21. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri.....	76
Çizelge 4.22. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalama değerleri.....	83
Çizelge 4.23. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri.....	84
Çizelge 4.24. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalama değerleri	91
Çizelge 4.25. Ana ve alt kriterlerin HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemi ile bulunan ağırlıkları	92
Çizelge 4.26. Ana kriterler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	96
Çizelge 4.27. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması	96
Çizelge 4.28. Ana iç kriterlerden tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	97
Çizelge 4.29. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	98

Çizelge 4.30. Ana dış kriterlerden güvensiz nöbet ortamı, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	99
Çizelge 4.31. Ana dış kriterlerden alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	100
Çizelge 4.32. Ana ve alt kriterlerin HTEA & KEMIRA-M yöntemi ile bulunan ağırlıkları	102
Çizelge 4.33. Ana kriterler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	105
Çizelge 4.34. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	106
Çizelge 4.35. Ana iç kriterlerden tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması ...	107
Çizelge 4.36. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması	108
Çizelge 4.37. Ana dış kriterlerden güvensiz nöbet ortamı, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması.....	110
Çizelge 4.38. Ana dış kriterlerden alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması	110
Çizelge 4.39. HTEA Tabanlı FUCOM & KEMIRA-M ve HTEA & KEMIRA-M yöntemlerine göre alternatif karşılaştırması	112
Çizelge 4.40. En önemli alternatifin çıktığı kriter grupları.....	113

1. GİRİŞ

Risk değerlendirme, çalışma ortamında yer alan ya da çalışma ortamı dışından kaynaklanan tehlikelerin belirlenmesi, belirlenen tehlikelerin risklere dönüşmesine sebep olan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilmesi, derecelendirilmesi ve bu risklere karşı alınabilecek önlemlerin belirlenebilmesi amacıyla yapılan çalışmalar olarak ifade edilmektedir.

Çalışma ortamının ve çalışanların sağlık ve güvenliklerini sağlama, devam ettirme ve geliştirme amacıyla risk değerlendirme çalışmalarını yapmak veya yaptırmak tüm alanlarda zorunlu hale gelmiştir. Risk değerlendirme çalışmaları sayesinde çalışma ortamında meydana gelebilecek tehlikeler, bu tehlikelerden kaynaklan riskler ve risklere karşı alınabilecek önlemler önceden belirlenebilmektedir. Etkili bir risk değerlendirme çalışmasıyla, risk değerlendirmesi yapılan işletmenin verimliliği ve kalitesi artmakta, sağlık ve tazminat giderlerinde ciddi oranda azalma görülmektedir.

Risk değerlendirme sürecinde kullanılacak olan en uygun yöntemin belirlenmesi risklerin ve bu risklere karşı alınabilecek önlemlerin doğru belirlenmesi için önemli bir aşamadır. Söz konusu risklerin önceliklerinin belirlenmesi ve bu önceliklere göre önlemlerin seçilme süreci birden fazla ve çelişen kriteri içinde barındırdığından karar vericiler için zor ve karmaşık bir süreçtir. Bu sürecin çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile ele alınması risk değerlendirme sürecinde daha kapsamlı ve doğru değerlendirmelerin yapılmasını sağlamaktadır. ÇKKV yöntemleri birden fazla alternatifin alanında uzman karar vericilerin görüşleri dikkate alınarak birbiriyle çelişen birden fazla kritere göre değerlendirilmesiyle alternatiflerin seçilmesi/sıralanmasını sağlayan bir karar yaklaşımıdır.

Bu çalışmada da ÇKKV yöntemleri kullanılarak risk değerlendirme için HTEA tabanlı Full Consistency Method (FUCOM) ve Kemeny Median Indicator Ranks Accordance-Modified (KEMIRA-M) entegre yöntemi önerilmiştir. Bu yeni yöntemde kullanılan ve

ÇKKV yöntemlerinden biri olan KEMIRA-M yöntemi, iki veya daha fazla kriter durumunda kriter önceliklerinin ve kriter ağırlıklarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntemde göre ÇKKV tekniklerinde kriter sayısı fazla olduğunda çözüm kolaylığı sağlaması açısından kriterler kendi içerisinde genellikle iki veya daha fazla kriter grubuna ayrılabilir. Diğer ÇKKV yöntemlerine göre daha az başlangıç bilgisi gerektirdiği için bilgi toplamanın zor veya oldukça pahalı olduğu durumlarda KEMIRA-M yönteminin uygulanabilirliği yöntemin bir başka avantajıdır (Sarıçalı ve Kundakcı 2017).

KEMIRA-M yönteminin başlangıç aşamasında karar vericiler kendi tecrübelerine dayanarak kriter önceliklerini belirlemektedirler. Bu çalışmada ise kriter öncelikleri Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) yöntemi ile elde edilen Risk Öncelik Sayısı (RÖS)'na göre belirlenmiştir. HTEA yöntemi sayısal verilere dayandırılarak işlem yapmaya olanak sağladığından uzman değerlendirmesi aşamasında subjektifliği indirilebilecek en alt düzeye indirme imkanı sağlamaktadır. HTEA hatalar ortaya çıkmadan hataları ortadan kaldırmayı ya da hataları minimize etmeyi amaçlayan ve nicel sonuçlara dayanılarak risk analizi yapılan bir yöntemdir. Başarılı bir HTEA yöntemi potansiyel hataları, hataların sebeplerini, hataların neden olacağı etkileri, hataların önceliklendirilmesini ve hatalara karşı alınabilecek düzeltici faaliyetleri belirlemektedir. Bu metod kullanımının kolay olması ve geniş teorik bilgi içermemesinden dolayı sıkça tercih edilen bir yöntemdir. Orta düzeyde deneyimi olan bir risk değerlendirme grubu tarafından rahatlıkla uygulanabilmektedir (Özkılıç 2005).

Çalışmada kullanılan üçüncü yöntem ise FUCOM'dur. FUCOM'dan elde edilen optimal kriter ağırlıkları KEMIRA-M yönteminde kullanılmıştır. FUCOM özneliği en alt düzeyde tutarak hesaplama yaptığından ve farklı ölçüm ölçeklerine uygulanmaya uygun olduğundan kriter ağırlıklarının hesaplanmasında tercih edilmiştir. KEMIRA-M metodunda medyan matrisinden elde edilen kriter öncelikleri FUCOM yönteminde kullanılarak kriter ağırlıklarının hesaplanmasında ağırlıkların optimal değerleri hesaplanmıştır. Böylece KEMIRA-M yönteminde ağırlık bulma aşamasındaki subjektiflik azaltılmaya çalışılmıştır. FUCOM, sonuçların tutarlılığı ile bunları

doğrulama kabiliyetine sahip optimal ağırlık katsayılarının elde edilmesini sağlamaktadır. Sadece n-1 kriter karşılaştırması gerekmektedir. Model esnek ve uzman tercihlerini temsil eden farklı ölçüm ölçeklerine uygulanmaya uygundur. FUCOM uygulanarak, ağırlık katsayılarının optimal değerleri, karar vericilerin mevcut gereksinimlerine göre olayları değerlendirmede bazı kriterleri tercih etmelerini ve karar vermedeki riskleri en aza indirmeyi sağlayan basit matematiksel bir araçla elde edilmektedir (Pamuçar *et al.* 2018a).

Geliştirilen entegre HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemi acil servislerde sağlık personeli için risk değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Sağlık sektörünün en önemli birimlerinden birisi olan hastane acil servisleri, acilen bakılması gereken hastaların ilk müdahalelerinin ve tedavilerinin yapıldığı bölümler olarak bilinmektedir. Acil servislerde çalışan personel her gün birçok riskle karşı karşıya kalmaktadır. Karşılaşılan risklerin belirlenmesi ve bu risklere karşı gerekli önlemlerin alınması sağlık çalışanlarının çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve sağlık hizmetlerinin kalitesini arttırmak açısından önemli bir durumdur.

Önerilen çalışma kapsamında acil servislerde karşılaşılan riskler kriterler olarak; bu risklere karşı alınabilecek önlemler ise alternatifler olarak ele alınmıştır. Bu doğrultuda 5 ana-dış ve ana-iç kriter (psiko-sosyal sağlık sorunlarına neden olan riskler, güvensiz nöbet ortamı- vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler, alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler, ergonomik riskler, tıbbi cihaz-malzeme araç ve gereçlerle bağlantılı riskler), 34 alt-dış ve alt-iç kriter, 8 alternatif ele alınarak hiyerarşik bir yapı kurulmuştur.

Bu tez çalışması çeşitli yönlerden literatüre katkı sağlamaktadır. İlk defa HTEA, KEMIRA-M ve FUCOM yöntemi birlikte kullanılmıştır. KEMIRA-M yönteminde kriter önceliklerinin ve ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında oluşan subjektiflik azaltılmaya çalışılmıştır. KEMIRA-M hiyerarşik bir kriter yapısına uygulanmıştır. Literatürde hiyerarşik yapıyı uygulayan bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca, bu çalışmada literatürde az sayıda çalışmanın olduğu acil servislerde risk değerlendirme konusu ele alınmış ve HTEA, Hata Ağacı Analizi (HTA), Kinney Metodu gibi risk değerlendirme

yöntemleri yerine ÇKKV yöntemleri kullanılarak daha kapsamlı bir risk değerlendirmesi yapılmıştır. Son olarak; geliştirilen HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemi, HTEA tabanlı KEMIRA-M yöntemi ile karşılaştırılmış ve HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yönteminin tutarlılığı gösterilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yer alan literatür taramasında sağlık sektöründe yapılan risk değerlendirme çalışmalarından, sağlık sektöründe HTEA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalardan, Kemeny Median Indicator Ranks Accordance (KEMIRA), KEMIRA-M ve FUCOM yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde risk değerlendirme, HTEA, ÇKKV, KEMIRA-M ve FUCOM yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve önerilen entegre HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümde önerilen yöntem kullanılarak acil servislerde risk değerlendirme çalışması için yapılan uygulama anlatılmıştır. Önerilen yöntem sonucunda elde edilen alternatif sıralaması HTEA & KEMIRA-M yöntemi sonucunda elde edilen alternatif sıralamasıyla karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Son bölümde ise sonuç ve önerilerden bahsedilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışma kapsamında 4 farklı alanda yapılan literatür taraması yapılmıştır.

- Sağlık sektöründe risk değerlendirme ile ilgili yapılan çalışmalar
- Sağlık sektöründe HTEA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar
- KEMIRA ve KEMIRA-M yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar
- FUCOM yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar

2.1. Sağlık Sektöründe Risk Değerlendirme ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde mevcut olan sağlık sektöründe risk değerlendirme ile ilgili çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Aksay ve Orhan (2013), tarafından yapılan çalışmada inovasyon ve risk yönetimi kavramlarının hastaneler için muhteva ettiği anlamı ortaya koyarak, inovasyon yapmak isteyen hastanelerin yararlanabilecekleri risk yönetimi modeli oluşturmak amaçlanmıştır. Hastanelerde yapılacak inovasyon çalışmalarında birçok konuda (yaşamsal, etiksel, finansal vs.) karşılaşılabilecek risklerin kabul edilip-edilmemesi kararlarında kullanılacak yöntemler üzerine bir model önerisi sunulmuştur.

Demirkan (2015), uzmanlık tezinde Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi (TÜSAM) Merkez Laboratuvar ve bağlı birimlerinde risk değerlendirmesi yaparak hastane merkez laboratuvarının iş ve meslek hastalıkları yönünden risk durumunu incelemiştir. Anket uygulandıktan sonra her bir birime iş akışlarının çıkarılması, işyeri risk etmenleri bilgilendirme ve gürültü, vb. risk etmenlerini değerlendirmek üzere 146 sorudan oluşan kontrol listesi uygulanmıştır. Gözlemlenen riskli davranışlar not edilip; riskli ortam şartlarının fotoğrafları çekilmiştir. Son olarak tüm bulgular ışığında risklerin olasılık ve şiddetleri belirlenip, 5x5 L Tipi Matris Yöntemiyle risk değerlendirmesi yapıp sonuçları raporlanmıştır.

Kırılmaz vd (2016), Sağlık çalışanlarında psikososyal risk faktörlerini belirlemek amacıyla Ağustos 2015 - Eylül 2015 tarihleri arasında Bolu Eğitim ve Araştırma Hastanesinde bir çalışma yapmıştır. Anket çalışması ile sağlık çalışanlarının risk düzeyleri belirlenmiştir.

Delice and Zegerek (2016), acil servislerde mesleki risk düzeyleri ile risk faktörleri arasındaki bağımlılığı göz önüne alarak bulanık DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) ve bulanık GRA (Grey Relational Analysis)'yı içeren yeni Bulanık ÇKKV modeli önermişlerdir. Önerilen modelde, risk kriterlerinin ağırlıklarını bulmak için bulanık DEMATEL yöntemi, acil servis alternatiflerinin değerlendirilmesi için bulanık GİA yöntemi kullanılmıştır. Önerilen model, Erzurum şehrindeki üç hastanenin acil servislerinin risk seviyelerini sıralamak için kullanılmaktadır. Bu çalışma acil servislerde risk seviyelerini elde etmek ve risk faktörlerine göre gerekli önlemleri belirlemek için güvenilir ve etkili bir model sunmaktadır.

Reshetukha *et al.* (2018), Tüm acil tıp ve psikiyatri doktorlarına intihara yönelik eğitim gerçekleştirilmiştir ve ardından yerel acil servislerde bir intihar risk değerlendirme istemi yerleştirilmiştir. Acil tıp ve psikiyatri hekimleri arasındaki 40 intihar risk faktörünün belgelendirilmesi arasındaki farkları çeşitli zaman noktalarında incelemek için Mann-Whitney U testleri yapılmıştır. 40 intihar risk faktörünün belgelendirilmesinden önce, hemen ve altı ay sonra yapılan müdahaleler z-testi ile ki-kare analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm zamana bağlı analizler ayrıca uzman doktorlar tarafından ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Üç zaman noktası arasında önemli farkların nerede olduğunu belirlemek için Bonferroni post hoc yöntemi kullanılmıştır.

Afra *et al.* (2019), tarafından yapılan çalışmada, 2018 yılında Valiasr ve Shahid Beheshti eğitim hastanesi ameliyathanesinde ortak anestetik gazlara maruz kalma nedeniyle anestetik toksik izofluran gazlarının (ppm) konsantrasyonu ve sağlık risk değerlendirmesi ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada izofluran konsantrasyonunun tespiti için portatif pompa SKC ve tüpler (sorbent Tube Tenax TA 250 mg) ile aktif örnekleme sistemi kullanılmıştır. Ameliyathanelerin farklı noktaları örnekleme için seçilmiştir.

Habli *et al.* (2019), tehlike kavramı için yeni bir kavramsallaştırma geliştirilmiştir ve bu kavramsallaştırmayı Güvenlik Modelleme, Güvence ve Raporlama Araç Takımı (SMART) olarak adlandırılan araç destekli bir metodolojiye uygulamıştır. Bir pilot çalışma sayesinde, üç akut hastanede elektronik reçete için güvenlik modeli geliştirmek için SMART yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar SMART yönteminin güvenlik modelinin klinik modeller ile Sağlık Bilgi Teknolojisi işlevselliği arasında açık bir şekilde izlenebilirliğe dayanarak üretildiğinden emin olma yeteneğini göstermektedir. Ayrıca, klinik olarak anlamlı risk analizini kolaylaştırmak için hasta güvenliği üzerinde net bir etkisi olan, tehlikeleri tutarlı bir şekilde tanımlamaya ilişkin zorlukları da vurgulamaktadır.

2.2. Sağlık Sektöründe HTEA Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Literatürde mevcut olan sağlık sektöründe HTEA ile ilgili çalışmalar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Redfern *et al.* (2009), tarafından yapılan çalışmada acil servislerdeki oldukça hassas olan iletişim sürecini iyileştirmek için bir dizi çalışmaya yapılan ilk iki müdahale açıklanmıştır. Çalışmanın amacı; yüksek bir başarısızlık olasılığı olduğu belirlenen iletişim sürecinin iki aşamasının güvenilirliğini arttırmaktır. Bunlar; ambulans ekibi ve acil durum personeli arasında bilgi aktarımı ve hasta değerlendirmesinden sonra yazılı belgelerin hazırlanmasıdır. Gözlemsel çalışma ve denetim ile HTEA sürecinde belirlenen süreç başarısızlıklarının derecesi ortaya konulmuştur. İletişim sistemine basit değişiklikler getirilmesiyle, hastalara verilen hizmetin zamanında ve kalitesinde önemli etkileri ile ilgili klinik bilgilerin mevcudiyeti ve kalitesinde de belirgin bir iyileşme sağlanmıştır.

Southard *et al.* (2011), klinik tıbbi laboratuvar işlemlerine Tanım, Ölçme, Analiz, Uygulama, Kontrol çalışmasının bir parçası olarak HTEA yürütülürken karşılaşılan sorunların üstesinden gelmek için bilgi toplama aracı olan Delphi tekniğinin kullanımı açıklanmıştır. Çalışma kapsamında, Delphi tekniğinin bir hastanenin klinik tıp

laboratuvarında HTEA yönteminin yürütülmesinde karşılaşılan 4 engelin aşılmasında ve bu hedeflere ulaşılmasında çok yararlı olduğu bulunmuştur.

Aksay vd (2012), HTEA yönteminin sağlık hizmetlerinde stratejik bir yeri olan hasta güvenliğine katkısı üzerinde durmuştur. Bu bağlamda konu hakkında literatür taraması yapılmış, buna ek olarak, bir kamu hastanesindeki laboratuvar sürecine yönelik bir HTEA örneği sunulmuştur.

Kuo *et al.* (2013), STEMI (Segment Elevation Myocardial Infarction) hastalarında D2B (Door-to-balloon) süresini azaltmak ve klinik sonuçları iyileştirmek için HTEA yönteminin kullanılması amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, HTEA'nın ve D2B süresini azaltmak için stratejileri değerlendirmek ve D2B süreçlerindeki zayıflıkları belirlemek için güçlü bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Bol vd (2013), örnek olay üzerinden HTEA kalite geliştirme aracı kullanılarak, hasta – hekim ilişkisindeki eksikliklerin ve hataların, hasta açısından varsayımsal etkilerini incelemişlerdir. Hasta-hekim iletişimindeki eksiklikler, hastanın evdeki tedavi sürecinde istenmeyen durumlara yol açabilmektedir aynı zamanda hastanın hastaneye tekrar başvuru yapma ihtimalini de artırabilmektedir. Hasta-hekim arasındaki iletişim eksikliği hasta güvenliğini tehdit eden önemli sorunlar ortaya çıkarabilmektedir. Hekimin bilgi ve tecrübesi ne kadar iyi olursa olsun iletişimdeki problemler nedeniyle hasta bakım kalitesinin düşebileceği belirtilmiştir.

Carter *et al.* (2015), ambulansların hasta getirme alanını haritalamak ve hasta güvenliğini veya işlem verimliliğini tehlikeye atabilecek adımları belirlemek için bir tehlike analizi yapmıştır. HTEA yöntemi kullanılarak hata modları belirlenmiştir ve her hata modu için tehlike puanı hesaplanmıştır. Yüksek riskli kabul edilen herhangi bir tehlike puanı için, kök nedenler tanımlanmıştır ve azaltmalar aranmıştır.

Sorrentino (2016), standart aktarma iletişim süreçlerini değerlendirmek, acil servis departmanını iyileştirmek ve standartlaştırılmış bir aktarma sistemi geliştirerek

kalabalıklaşmayı azaltmak ve sonuç olarak hasta güvenliğini artırmak için HTEA kullanan bir kalite iyileştirme sürecini tanımlamıştır.

Mojica *et al.* (2016), Yükseköğretim eğitim hastanesinin bir Çocuk Acil Servisinde bir risk haritası oluşturmak, proaktif ve reaktif stratejileri birleştirmeyi amaçlamışlardır. Bilbao'daki bir Çocuk Acil Servisinde hastalar için potansiyel riskler belirlenmiştir. Araştırmacılar ayrıca, Çocuk Acil Servisinde profesyonellerin ve bakıcıların Kasım 2004-Aralık 2013 tarihleri arasında bildirdiği olayları da analiz etmişlerdir. Her iki stratejinin sonuçlarını birleştirerek, yüksek veya çok yüksek riskli olanları belirlemek ve önceliklendirmek, bunları risk haritasına uygulamak için HTEA metodu uygulanmıştır.

Dağsuyu *et al.* (2016), sterilizasyon ünitelerindeki risk faktörlerini incelemek için, tüm hata türlerini incelemek, ortadan kaldırmak veya azaltmak için HTEA yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, önceki çalışmalarda tartışılan tehlikeleri ve bu çalışmada keşfedilen yeni tehlikeleri değerlendirmek ve tanımlamak için bir sterilizasyon ünitesi için 5 x 5'lik bir matris ve HTEA'nın hem klasik hem de bulanık yaklaşımları ile incelenmiştir. Önerilen yöntemlerin etkinliğini göstermek için büyük bir hastanenin sterilizasyon ünitesi ele alınmıştır.

2.3. KEMIRA ve KEMIRA-M Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Yeni bir çok kriterli karar verme tekniği olan KEMIRA-M yöntemi KEMIRA yönteminin modifiye edilmesiyle literatüre girmiş bir yöntemdir. KEMIRA ve KEMIRA-M yöntemiyle ilgili literatürde çok az çalışma karşımıza çıkmaktadır. Literatürde mevcut olan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Krylovas *et al.* (2014), ÇKKV problemlerini çözmek için kriter önceliği ve seçim kriterleri ağırlığının belirlenmesi için yeni bir KEMIRA yöntemini sunmaktadır. Çalışmada önerilen yöntemin gösterilebilmesi için, güvenlik personeli seçimi problemi ele alınmıştır.

Krylovas and Kosareva (2015), atık geri dönüşüm tesisi için yer seçimi probleminde KEMIRA yöntemini kullanmışlardır. KEMIRA'dan elde edilen sonuçlar Bulanık Eklemeli Oran Analizi (Fuzzy Additive Ratio Assessment-ARAS-F) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Fuzzy Analytic Hierarchy Proces-F-AHP) ile karşılaştırılmıştır.

Kosareva *et al.* (2016), bir firmanın güvenliğini sağlamak için rastgele seçilen 118 güvenlik görevlisi 2 uzman tarafından 6 iç ve 9 dış kriter olmak üzere toplam 15 kritere göre değerlendirilerek aralarından en iyi 12 personelin seçilmesi ve sıralamasının yapılması için KEMIRA yöntemini kullanmıştır.

Krylovas *et al.* (2016a), Oylama teorisindeki yaklaşımları kullanarak KEMIRA türü yöntemlerin karşılaştırmasını yapmışlardır. Doğru kararların olasılık değerlerini elde etmek için Monte Carlo simülasyonunu kullanmışlardır. Sonuç olarak, doğru kararların en yüksek yüzdesi ve başarısız oylama prosedürünün en düşük yüzdesi Kemeny Medyan'a dayanan yöntemlerden elde edilmiştir.

Krylovas *et al.* (2016b), Vilnius şehrindeki tehlikesiz atık yakma tesisi için yer seçiminde KEMIRA-M yöntemini kullanmıştır. 7 alternatif, 7 kriter ve 5 uzman görüşüne yer verilmiştir.

Krylovas *et al.* (2017), insan kaynakları seçim görevinde çok kriterli karar verme problemini çözerken ölçütlerin sıralaması ve ağırlık belirlenmesi için Entropy-KEMIRA yaklaşımını önermişlerdir. İlk kez 3 kriter grubu durumunda yöntem uygulanmıştır. Ağırlıklar 3 kriterin hepsine göre "en iyi" olan öğelerin sayısını maksimize etmek ve şüpheli öğelerin sayısını minimize etmek için optimizasyon problemi çözümlenerek hesaplanmıştır.

Sarıçalı ve Kundakçı (2017), tarafından yapılan bir çalışmada tekstil işletmesinin deposunda kullanılmak üzere forklift seçiminde 10 farklı forklift markası 7 farklı iç ve dış kritere göre değerlendirilmiş ve seçim yapılmıştır.

Arslan ve Delice (2018), KEMIRA-M yöntemi kullanılarak drone seçimi yapmışlardır. Çalışma kapsamında 6 farklı drone alternatif olarak ele alınmış, 7 farklı iç ve dış kriter 5 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak en iyi drone cihazı seçilmiştir. Bu çalışma drone seçimi ile ilgili yapılan ilk çalışma niteliğini taşımaktadır.

Toktaş ve Can (2018), yaptıkları çalışmada uzmanların subjektif sıralamalarının alternatif sıralamalarını belirlediğini bunu giderebilmek KFY (Kalite Fonksiyon Yayılımı) kullanmayı uygun görmüşlerdir. Buna göre inşaat sahalarında ortaya çıkabilecek riskler belirlenmiş ve risk kriterlerinin söz konusu risk türleri üzerindeki etkileri dikkate alınarak kriter sıralamaları elde edilmiştir. Bu kapsamda, risk türlerinin risk dereceleri Fine-Kinney metodu ile hesaplanmıştır. Böylece daha sistematik ve mantıklı bir kriter sıralama süreci önerilmiştir.

Sarıçalı (2018), yüksek lisans tez çalışmasında; KEMIRA-M yöntemi ile kriter ağırlıklarını elde etmiş ve Complex Proportional Assessment (COPRAS) yöntemi ile mermer işletmesi için alınacak olan mermer kesme makinesinin seçim kararında 8 alternatif arasından en uygun olanı seçilmiştir.

Kış *et al.* (2019), tarafından yapılan çalışmada KEMIRA-M yöntemi kullanılarak bir elektrik dağıtım şirketi için depo yeri seçimi problemine çözüm bulmaya çalışmıştır. Çalışma kapsamında 20 adet alternatif depo yeri arasından seçim yapılmıştır. Kriterler çevresel (6 kriter) ve firma ile ilişkili kriterler (5 kriter) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Toktaş and Can (2019), önerdikleri stokastik KEMIRA-M yaklaşımı, teknik kriterler ve evrensel tasarım kriterleri açısından Ankara'da dokuz alışveriş merkezini sıralamak için kullanılmaktadır. Karar verici sayısının ağırlıklara ve sıralama sürecine etkisi araştırılmıştır. Sınırlı sayıda karar verici ortadan kaldırılmıştır. AHP ağırlıklandırılma süreci kesikli düzgün dağılımdan faydalanılarak uygulanmıştır.

2.4. FUCOM Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

FUCOM, sonuçların tutarlılığı ile bunları doğrulama kabiliyetine sahip optimal ağırlık katsayılarının bulunmasını sağlayan yeni bir yöntemdir. FUCOM yöntemi 2018 yılında Pamucar ve ark. tarafından önerilen yeni bir ÇKKV çözüm yöntemidir. Bu yöntemde optimal kriter ağırlıkları ile tam tutarlılıktan sapma derecesi (deviation from full consistency-DFC) elde edilmektedir. DFC elde edilen ağırlık katsayılarının kriterlerin tahmini karşılaştırmalı önceliklerinden sapma değeridir.

Literatürde bu yeni yöntemle ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar aşağıda gösterilmiştir.

Pamuçar *et al.* (2018a), yeni bir çok kriterli problem çözme yöntemi -Tam Tutarlılık Yöntemi (FUCOM)- önermiştir. Önerilen modeli göstermek ve performansını değerlendirmek için, FUCOM, literatürden birkaç sayısal örnek üzerinde test edilmiştir. Model doğrulama, kriterlerin ikili karşılaştırmaları ve sonuçların DFC kullanılarak doğrulanması temelinde diğer öznel modellerle BestWorst Yöntemi (BWM) ve AHP karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, FUCOM'un, BWM ve AHP yöntemlerinden tutarlılık ve kriterlerin karşılaştırılmasında gerekli olan sayı arasındaki ilişki dikkate alındığında daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Prentkovskis *et al.* (2018), üç aşamadan oluşan hizmet kalitesinin ölçümünün iyileştirilmesine yönelik yeni bir metodoloji geliştirmiştir. İlk aşama, kalite boyut sıralamasını belirlemek için Delphi yöntemi uygulanmıştır. İkinci aşamada, FUCOM kullanarak, kalite boyutlarının ağırlık katsayıları belirlenmiştir. Üçüncü aşamada, SERVQUAL (servis kalitesi) modeli kullanılarak kalite seviyesi veya belirlenen boşluklar arasındaki farkı belirlemektedir. Yeni metodoloji, bir yandan çok sayıda katılımcının (müşterinin) kalite boyutlarının, diğer yandan uzmanların değerlendirmesini ele almaktadır.

Zavadskas *et al.* (2018), tarafından depodaki otomatik olarak yönlendirilen araçların (AGV'ler), değerlendirilmesi ve seçilmesi için ana katkılardan biri olan Yeni Bir Kaba Değer Yöntemi (R-ROV) geliştirilmiştir. Ek olarak, kriterlerin ağırlık değerlerini belirlemek için FUCOM kullanılmıştır. Model 9 AGV ve 7 kriter ile oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçların ve geliştirilen modelin güvenilirliğini kontrol etme çerçevesinde, Kaba Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS), Kaba Simple Additive Weighting (SAW) ve Kaba Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) yöntemleri kullanılmıştır. Duyarlılık analizi, Spearman'ın Korelasyon Katsayısı (SCC) kullanılarak, tüm uygulanan yöntemlerle sıra arasında yüksek korelasyon olduğunu göstermiştir.

Pamućar *et al.* (2018b), Sırbistan Cumhuriyeti'ndeki demiryolu altyapısı içindeki on seviyeli geçişin değerlendirilmesini Full Consistency Method – Multi Attributive Ideal-Real Comparative Analysis (FUCOM-MAIRCA) modeli ile gerçekleştirmiştir. Bu modelin duyarlılık testi; kriterlerin ağırlık katsayıları değiştirilerek yapılmış ve alternatif sıralamalar elde edilmiştir. Bu alternatif sıralamalar arasında yüksek Spearman korelasyon katsayısı bulunmuş ve önerilen modelin güvenilir olduğu belirtilmiştir.

Nunić (2018), Yedi değerlendirme kriteri ve beş alternatiften oluşan PVC üretici seçim problemi FUCOM ve MABAC yöntemlerini kullanarak ele alınmıştır. FUCOM yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunurken; MABAC yöntemi kullanılarak beş alternatif üretici içinden seçim yapılmıştır. Duyarlılık analizi için ARAS, WASPAS, EDAS ve SAW yöntemleri kullanılmış ve MABAC yöntemi ile bulunan sıralamayı destekleyen sonuçlar elde edilmiştir.

Zagradjanin *et al.* (2019), bulut teknolojisine dayanan ve görevlerin karmaşık ve kalabalık bir ortamda yürütülmesi için tasarlanan çoklu robot sisteminde önemli olan faktörlerin belirlenmesi için FUCOM yöntemini kullanmışlardır.

Cao *et al.* (2019), güneş panellerini kuran firma seçimi için yeni bir hibrid model geliştirmişlerdir. Gri tabanlı stepwise weight analysis ratio assessment (SWARA) ve

FUCOM yöntemleri birleştirilerek kriter ağırlıkları bulunmuş ve daha sonra gri tabanlı grey relational analysis (GRA) ve evaluation based on distance from average solution (EDAS) yöntemleri ile uygun kurulum firması seçilmiştir.

Badi and Abdulshahed (2019), AHP ve FUCOM yöntemleri birleştirilerek hibrid bir yöntem önermişlerdir. Modelin amacı AHP yönteminde yer alan iki karşılaştırmaların FUCOM yöntemi kullanılarak azaltılmasıdır. Geliştirilen model havayolu seçim probleminde uygulanmıştır.

Matic *et al.* (2019), tarafından sürdürülebilir tedarikçi seçimi için FUCOM yöntemi ile 21 kriterin ağırlığı belirlendikten sonra; kaba COPRAS, kaba ARAS, kaba WASPAS, kaba SAW, kaba MABAC yöntemleri ile 5 alternatif seçilmiştir. Yöntemlerin sıralama sonuçları sperman korelasyon katsayısı ile değerlendirilmiş ve sonuçlar tutarlı çıkmıştır.

Durmić (2019), sürdürülebilir tedarikçi seçiminde en önemli kriterlerin belirlenmesi için FUCOM yöntemini kullanmıştır. Üç ana ve yirmi bir alt kriterden oluşan hiyerarşik bir yapıda ana ve alt kriterlerin ağırlıkları FUCOM yöntemi ile belirlenmiştir.

Sofuoğlu (2019), iş parçası için en uygun üretim yöntemini seçmek amacıyla, üç farklı FUCOM metodu bulanık Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ve bulanık WASPAS teknikleri ile birleştirilmiştir. Bu geliştirilen yöntemleri test etmek için literatürde yer alan geleneksel olmayan imalat yöntemlerinin seçimi ile ilgili bir uygulama çalışmasını ele almıştır.. Modelin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Tehlike, Risk ve Risk Değerlendirme Kavramları

Yaşamımız süresince çevremizdeki her madde nerdeyse bizim için bir tehlike oluşturmaktadır. Bu sebeple yaptığımız her şey de az da olsa bir risk bulunmaktadır. Eğer tehlike var ise riskin de söz konusu olduğu söylenilebilir. Risk tehlikenin sonucudur. Tehlike, risk ve risk değerlendirme kavramları aşağıda açıklanmıştır.

Tehlike: Kişinin fiziksel veya ruhsal olarak kendisinin, çalışma ortamının, çevresinin, eşyalarının hasar görmesine, yaşamının olumsuz etkilenmesine, hatta bazen yaşamının sonlanmasına neden olabilecek herhangi bir şeydir. Tehlike sebebi ne olursa olsun bir hataya veya kazaya sebep olabileceğinden büyük önem arz etmektedir. Gürültü, titreşim, kaygan zemin vs. tehlike kaynaklarına örnek olarak gösterilebilir.

Risk: Zarardan kaynaklanan kayıp, yaralanma veya diğer zararlı sonuçların olasılığı olarak tanımlanabilir (Mevsim 2018). Yani tehlikeyi potansiyel olarak ele alırsak risk potansiyelin gerçekleşmesi durumunda meydana gelebilecek şeylerin tahmin edilmesi olarak tanımlanabilir. Çalışan personelin deneyimsiz olması bir tehlike iken personelin bir yaralanmaya sebep olması bir risktir. Riskleri tamamen önlemek imkansız olsa da iyi bir risk değerlendirme çalışmasıyla görülme olasılığını olabildiğince en alt düzeye çekmek mümkündür.

Risk değerlendirme: İşyerinde veya dışarıda bulunabilecek tehlikeleri tanımlamak, bu tehlikelerin risklere dönüşmesine neden olan faktörleri ve tehlikelerden kaynaklanan riskleri analiz etmek, değerlendirmek ve kontrol önlemlerini belirlemek için gerekli faaliyetler olarak tanımlanabilir (Mevsim 2018). İyi bir risk değerlendirme sonucunda işletmede alınacak önlemler sayesinde işletmenin;

- Güvenli çalışma ortamında verimliliği artmaktadır.

- Üretimde kalitesi yükselmektedir.
- Sağlık giderleri azalmaktadır.
- Tazminat giderleri azalmaktadır.

3.2. Risk Değerlendirme Yöntemleri

Birden çok risk değerlendirme metodu bulunmaktadır. Risk değerlendirme yöntemleri uygulanacak işletmeye uygun olarak seçilmelidir. Her yöntem işletmeye uygun olmamaktadır ve uygulanmaya çalışılsa bile sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Risk değerlendirme yöntemleri nitel ve nicel yöntemler olmak üzere iki gruptur.

3.2.1. Nicel risk değerlendirme yöntemleri

Nicel risk değerlendirme yöntemleri riski tanımlarken sayısal yöntemleri kullanmaktadır. Kesinlik istenildiği zaman kullanılan metottur. Nicel risk değerlendirme metodlarının kullanımı genellikle endüstriyel alanlarda tercih edilmektedir. Uygulamayı yapacak olan kişinin tecrübeli ve yöntem hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir.

3.2.2. Nitel risk değerlendirme yöntemleri

Nitel risk değerlendirme yöntemleri ise riski hesaplarken sayısal verileri kullanmak yerine düşük, orta, yüksek vs. şeklinde sözel verileri kullanmaktadır.

Aşağıda belli başlı risk değerlendirme yöntemleri belirtilmiştir (Zegerek 2014).

- Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis – PHA)
- Kinney Metodu
- Zürih Tehlike Analizi (Zurich Hazard Analysis)
- Makine Risk Değerlendirme (Machine Risk Assessment)

- Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi (Failure Mode And Effects Analysis-FMEA)
- Güvenlik Fonksiyon Analizi (Safety Function Analysis)
- Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis – FTA)
- Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis - ETA)
- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Metodolojisi (Hazard and Operability Studies-HAZOP)
- İş Güvenlik Analizi – JSA (Job Safety Analysis)
- Olursa Ne Olur? (What If..?)
- Birincil Risk Analizi - (Preliminary Risk Analysis - PRA)
- Neden Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis)
- İnsan Eksenli Yöntemler
- İnsan Hata Tanımlaması (Human Error Identification - HEI)
- İnsan Güvenilirlik Değerlendirmesi (Human Reliability Assessment - HRA)
- İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği (Technique For Human Reliability Analysis - THERP)
- Kavramsal Güvenilirlik ve Hata Analiz Yöntemi (Cognitive Reliability and Error Analysis Method - Cream)
- Hiyerarşik Görev Analizi (Hierarchical Task Analysis)

3.3. HTEA

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) disiplini, ABD ordusunda geliştirilmiştir. Hata Türü, Etkileri ve Riskinin Analizi Üzerine Prosedürler olarak adlandırılan Askeri Prosedür MIL-P- 1629, 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır. Sistem ve donatım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Bu metodoloji bütün teknoloji ağırlıklı sektörler ile uzay sektörü, kimya endüstrisi ve otomobil sanayinde çok popülerdir. Bu metodun popüler olmasındaki başlıca sebep kullanımının kolay olması ve geniş teorik bilgi gerektirmemesidir. Orta düzeyde deneyimi olan bir risk değerlendirme grubu tarafından rahatlıkla uygulanabilmektedir (Özkılıç 2005).

HTEA, hatalar ortaya çıkmadan hatanın tespit edilip gerekli önlemlerin alınması, hatanın etkisinin en alt düzeye indirilmesi, mümkün olduğu sürece hatanın tamamen ortadan kaldırılmasını amaçlayan bir risk değerlendirme yöntemidir.

HTEA metodu genellikle parçaların ve ekipmanların analizine odaklanmaktadır. Bu metot, başarısızlığın olabildiği yer ve alanların her birini çözümlenmektedir. Kişisel fikirleri de dikkate alarak değer biçmektedir ve sistemin parçalarının her birine uygulanabilmektedir (Özkılıç 2005). Bir üründe meydana gelebilecek tasarım veya proses kaynaklı tüm hata türlerinin sistematik bir şekilde analiz edilmesi HTEA olarak tanımlanabilir (Şimşir vd 2018).

HTEA uygulaması;

- Her hatanın nedenlerini ve etkilerini belirlemektedir.
- Potansiyel hataları tanımlamaktadır.
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirliğe bağlı olarak hataların önceliğini ortaya çıkarmaktadır. Sorunların izlenmesini ve düzeltici faaliyetlerin yapılmasını sağlamaktadır (Özkılıç 2005).

3.3.1. HTEA çeşitleri

HTEA aşağıda da açıklandığı gibi bir çeşitliliğe sahiptir ve uygulama alanları her türlü üretim ve hizmet şeklini kapsamaktadır (Özkılıç 2005).

Sistem HTEA: Sistem ve alt sistemleri analiz ederek, sistemin eksikliklerinden doğan sistem fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerini belirlemeye odaklanmaktadır. Hedefi, sistemin kalitesini, güvenilirliğini ve korunabilirliğini arttırmaktır (Özkılıç 2005). Bütün donanımların ve tasarımın tamamlanmasının sonrasında üretim, kalite güvence sistemleri gibi sistemlerin akışını en elverişli hale getirmek için kullanılan bir yöntemdir (Yılmaz 2000). Sistem HTEA'nın faydaları şunlardır:

- Sistemi etkileyen potansiyel problemlerin bulunabileceği alanlar daralmaktadır,
- Sistem içerisinde uygulanacak prosedürler için bir temel oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.
- Sistem içerisindeki fazlalıkların tespit edilmesine yardım etmektedir.
- Optimum sistem tasarım alternatiflerinin seçilmesinde yol göstermektedir (Özkılıç 2005).

Tasarım HTEA: Üretim başlamadan önce, daha önceden var olan hataları veya ortaya çıkabilecek muhtemel hataları önceden belirleyen ve bu hatalara karşı düzeltici faaliyetlerin alınmasını sağlayan bir yöntemdir. Genel olarak potansiyel hata türleriyle ilgilenen bir yöntem olduğu söylenebilir. Hedefi, tasarım kalitesini, güvenilirliğini ve korunabilirliğini artırmaktır (Özkılıç 2005). Tasarım HTEA'nın faydaları şunlardır:

- Tasarım geliştirme faaliyetleriyle ilgili önceliklerin belirlenmesi,
- Potansiyel hataların tasarım aşamasında iken belirlenmesinin sağlanması,
- Potansiyel güvenlik sorunlarının belirlenerek ortadan kaldırılmasına yardım etmesi ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesinin sağlanması,
- Önemli ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım etmesi (Özkılıç 2005).

Proses HTEA: Bu analiz üretim veya montaj prosesindeki eksiklerden doğabilecek hata türlerini ortadan kaldırmak ve üretim ve montaj prosesini analiz etmek amacıyla hizmet etmektedir (Özkılıç 2005). Proses HTEA'nın kullanımının sağladığı yararları şunlardır:

- Üretim veya montaj prosesinin analizine yardımcı olmaktadır ve düzeltici faaliyetlerin önceliklerini belirlemesini sağlamaktadır.
- Kritik veya önemli olan özellikleri tespit etmede ve kontrol planı oluşturmada yardımcı olmaktadır;
- Proses aşamasında ortaya çıkacak hataları belirlemektedir ve düzeltici faaliyetlerle ilgili plan sunmaktadır (Özkılıç 2005).

Servis HTEA: Servis henüz müşteriye ulaşmadan önce sistemdeki var olan aksamaları belirleyip analiz ederek organizasyon faaliyetleri arasında önceliklendirme yapmaktadır ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesini sağlamaktadır. İş akışının, sistem ve proses analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, işteki hataların ve kritik önemli işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajlar sağlar (Özkılıç 2005).

HTEA'nın sağladığı avantajlar şu şekildedir (Yılmaz 2000).

- Hizmet veya ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini arttırmaktadır.
- Şirket imajını arttırmaktadır.
- Rekabeti güçlendirmektedir.
- Müşteri tatminini arttırmaktadır.
- Ürünlerin veya hizmetlerin oluşturulma zamanlarında ve maliyetlerinde tasarruf sağlamaktadır.
- Sistem tasarımının yapılmasında avantaj sağlamaktadır.
- Organizasyon kültürlerinin artmasında olanak sağlamaktadır.

HTEA dokuz temel aşamadan oluşmaktadır (Yılmaz 2000)

- Amaçların belirlenmesi ve planlama yapılması,
- HTEA'nın gerçekleştirilebilmesi için özel prosedürlerin, temel kuralların ve kriterlerin tanımlanması,
- Fonksiyonlar, etkileşim alanları, faaliyet aşamaları, faaliyet türleri ve çevre koşulları göz önüne alınarak sistemin analiz edilmesi,
- Süreçlerin, karşılıklı bağlantıların ve bağımlılıkların gösterilmesi için hata ağacı şemalarının, görev ve güvenilirlik şemalarının oluşturulması ve analiz edilmesi,
- Potansiyel hata türlerinin tanımlanması,
- Hata türlerinin ve etkilerinin değerlendirilmesi ve sınıflandırılması,
- Hataları önleyecek ve kontrol edecek önlemlerin tanımlanması,

- Önerilen önlemlerin etkilerinin değerlendirilmesi,
- Sonuçların belgelendirilmesi.

Risk Öncelik Sayısı: Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik değerlerinin çarpılmasıyla elde edilen değerdir.

$$RÖS = P * S * D \quad (3.1)$$

Olasılık(P): Her bir hata türünün meydana gelme olasılığı olarak tanımlanmaktadır. HTEA olasılık değerlendirme skalası Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Olasılık skalası (Şimşir vd 2018)

HATA OLASILIĞI	HATANIN İHTİMALİ	DERECE
Oldukça Yüksek	1/ 2 den fazla	10
Çok yüksek	1/3	9
Yüksek	1/8	8
Kısmen yüksek	1/20	7
Kısmen orta	1/80	6
Orta	1/400	5
Kısmen düşük	1/2000	4
Düşük	1/15000	3
Çok düşük	1/150000	2
Hemen hemen olanaksız	1/1500000 den fazla	1

Şiddet(S): Hatanın sebep olabileceği zararın değeri olarak tanımlanmaktadır. HTEA şiddet değerlendirme skalası Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Şiddet skalası (Özkılıç 2005)

ETKİ	ŞİDDETİN ETKİSİ	DERECE
Uyarısız Gelen Tehlike	Felakete yol açabilecek ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	8
Yüksek	Ekipmanın tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye sahip hata	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. Yol açan hata	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş göremezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemin çalışmasında yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata	2
Yok	Etki yok	1

Saptanabilirlik (D): Hataların önceden belirlenebilmesinin zorluk derecelendirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Saptanabilirlik değerlendirme skalası Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Saptanabilirlik skalası (Özkılıç 2005)

SAPTANABİLİRLİK	SAPTANABİLİRLİK OLASILIĞI	DERECE
Fark Edilemez	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği mümkün değil	10
Çok Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği uzak	8
Çok Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği hemen hemen kesin	1

3.4. ÇKKV

ÇKKV birden fazla disiplinin bir araya gelip alanında uzman karar vericilerin görüşleri dikkate alınarak çok boyutlu karar problemini değerlendirme ve karar alma imkanı sağlayan yöntemlerin bir araya getirildiği yapı olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım ve Önder 2015). ÇKKV birden fazla seçenek arasından birbirini etkileyebilen kriterler dikkate alınarak en uygun seçenek ya da seçeneklerin seçilmesi olarak da tanımlanabilmektedir (Özbek ve Engür 2019).

ÇKKV problemleri, seçim, sıralama, sınıflama problemleri olmak üzere 3 ana başlıkta toplanmaktadır (Yıldırım ve Önder 2015). ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılan çok sayıda metot bulunmaktadır ve genel olarak hepsinin ana amacı aynıdır. ÇKKV problemleri çözüm metotlarının ana amacı, karmaşık problemleri en iyi ve en doğru şekilde analiz edip karar verme sürecini sistematik bir şekilde yürütmektir (Adar 2017).

ÇKKV yöntemleri, iki grupta incelenmektedir. Bunlar:

- Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)
- Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)

ÇÖKV, problem alternatiflerin değerlendirilmesi ve alternatiflerin özelliklerine puanlar verilerek alternatifler arasından en iyisinin seçilmesi esasına dayalı bir problem tipidir. (Phua and Minowa 2005). ÇAKV problemi ise çelişen amaçlara dayalı en iyi alternatifin seçimi ile ilgilidir (Phua and Minowa 2005). ÇAKV problemlerinde optimal çözüm söz konusu değildir. Optimaliteden yalnızca çatışan amaçlar olmadığı takdirde söz edilebilmektedir. Optimal çözüm tüm amaçları sağlayan ve en iyi amaç fonksiyonu değerini veren çözümdür. ÇAKV problemlerinde genellikle tek bir en iyi çözüm yoktur, ancak eşit derecede iyi bir çözüm kümesi söz konusudur. Çok amaçlı optimizasyonda ulaşılabilecek en iyi çözüm etken çözümdür.

3.5. KEMIRA-M

ÇKKV problemini çözmek için iki ayrı kriter durumunda, seçim kriterleri ağırlıklarının belirlenmesi için yeni bir yöntem olarak KEMIRA (Kemeny Median Indicator Ranks Accordance) yöntemi sunulmuştur (Kroylavas *et al.* 2014). KEMIRA-M yöntemi, KEMIRA yönteminin modifiye edilmesiyle 2016 Vilnius Şehrinde tehlikeli olmayan atık yakma tesisinin yerleştirilmesi çalışmasında kullanılmış yeni bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yöntem çok fazla başlangıç bilgisi gerektirmemekle birlikte optimizasyon problemlerine çözüm aramakta da kullanılmaktadır. KEMIRA-M yöntemi ile KEMIRA yönteminin ana amacı aynıdır fakat iki yöntemi birbirinden ayıran iki temel farklılık söz konusudur.

- KEMIRA-M yönteminde $F(X,Y)=\min w_x, w_y \sum_a | X_{w_x}(a) - Y_{w_y}(a) |$ eşitliğinde $X_{w_x}(a)$ ve $Y_{w_y}(a)$ değerlerinin farkları toplamalarının en küçük değeri bulunurken, KEMIRA yönteminde bu değerlerin farklarının kareleri toplamının en küçük değeri elde edilmektedir (Krylovas *et al.* 2016b).
- KEMIRA-M'de $F(X,Y)=\min w_x, w_y \sum_a | X_{w_x}(a) - Y_{w_y}(a) |$ eşitliğindeki toplam bütün alternatifler için uygulanırken, KEMIRA'da ise toplam sadece en iyi alternatif için hesaplanmaktadır (Krylovas *et al.* 2016b).

KEMIRA-M yöntemine göre ÇKKV tekniklerinde kriter sayısı fazla olduğunda çözüm kolaylığı sağlaması açısından kriterler kendi içerisinde genellikle iki veya daha fazla kriter grubuna ayrılabilir. Yöntem kapsamında alanında uzman kişilerin görüşleri alınarak kriterlerin önceliklendirilmesi yapılmaktadır (Sarıçalı ve Kundakçı 2017). Bunun için Kemeny Medyan (Kemeny Median) yöntemi kullanılmaktadır (Kosareva *et al.* 2016). Problemin ağırlıklarının belirlenmesinde sıralama uygunluk göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi kullanılmaktadır (Kosareva *et al.* 2016). Daha sonra, alternatifler için amaç fonksiyon değerleri hesaplanmakta ve alternatifler sıralanmaktadır.

Yöntemin adımları aşağıda gösterildiği gibidir (Kosareva *et al.* 2016).

Adım 1: Başlangıç Karar matrisinin oluşturulması.

Ana kriterler için başlangıç karar matrisi Eşitlik 3.2'de gösterilmiştir.

$$D_A = \begin{bmatrix} y_1^{(1)} & \dots & y_1^{(1)} & \dots & y_n^{(1)} & \dots & x_1^{(1)} & \dots & x_1^{(1)} & \dots & x_m^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_1^{(i)} & \dots & y_1^{(i)} & \dots & y_n^{(i)} & \dots & x_1^{(i)} & \dots & x_1^{(i)} & \dots & x_m^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_1^{(K)} & \dots & y_1^{(K)} & \dots & y_n^{(K)} & \dots & x_1^{(K)} & \dots & x_1^{(K)} & \dots & x_m^{(K)} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

i ($i=1, \dots, K$); alternatifleri,

$x_j^{(i)}$; i . alternatifin j . ana iç kriter için aldığı değer ($j=1, \dots, m$)

$y_{j'}^{(i)}$; i . alternatifin j' . ana dış kriter için aldığı değer ($j'=1, \dots, n$) (Kosareva *et al.* 2016).

Çalışma kapsamında alt iç kriterler için başlangıç karar matrisi Eşitlik 3.3'de gösterilmiştir.

$$D_{x_j} = \begin{bmatrix} x_{jB_1}^{(1)} & \dots & x_{jB_1}^{(1)} & \dots & x_{jB_w}^{(1)} & \dots & x_{jD_1}^{(1)} & \dots & x_{jD_1}^{(1)} & \dots & x_{jD_t}^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{jB_1}^{(i)} & \dots & x_{jB_1}^{(i)} & \dots & x_{jB_w}^{(i)} & \dots & x_{jD_1}^{(i)} & \dots & x_{jD_1}^{(i)} & \dots & x_{jD_t}^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{jB_1}^{(K)} & \dots & x_{jB_1}^{(K)} & \dots & x_{jB_w}^{(K)} & \dots & x_{jD_1}^{(K)} & \dots & x_{jD_1}^{(K)} & \dots & x_{jD_t}^{(K)} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$x_{jB_p}^{(i)}$; i . alternatifin j . ana iç kriterin p . alt dış kriteri için aldığı değer ($p=1, \dots, w$)

$x_{jD_q}^{(i)}$; i . alternatifin j . ana iç kriterin q . alt iç kriteri için aldığı değer ($q=1, \dots, t$)

Çalışma kapsamında alt dış kriterler için başlangıç karar matrisi Eşitlik 3.4'de gösterilmiştir.

$$D_{y_{j'}} = \begin{bmatrix} y_{j'B_1}^{(1)} & \dots & y_{j'B_1}^{(1)} & \dots & y_{j'B_w}^{(1)} & \dots & y_{j'D_1}^{(1)} & \dots & y_{j'D_1}^{(1)} & \dots & y_{j'D_t}^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{j'B_1}^{(i)} & \dots & y_{j'B_1}^{(i)} & \dots & y_{j'B_w}^{(i)} & \dots & y_{j'D_1}^{(i)} & \dots & y_{j'D_1}^{(i)} & \dots & y_{j'D_t}^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{j'B_1}^{(K)} & \dots & y_{j'B_1}^{(K)} & \dots & y_{j'B_w}^{(K)} & \dots & y_{j'D_1}^{(K)} & \dots & y_{j'D_1}^{(K)} & \dots & y_{j'D_t}^{(K)} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

$y_{j'B_p}^{(i)}$; i. alternatifin j' . ana dış kriterin p. alt dış kriteri için aldığı değer ($p=1, \dots, w$)

$y_{j'D_q}^{(i)}$; i. alternatifin j' . ana dış kriterin q. alt iç kriteri için aldığı değer ($q=1, \dots, t$)

Adım 2: Uzmanlar tarafından tahmin edilen kriter önceliklerinin düzenlenmesi

Kriter önceliklerinin düzenlenmesi Eşitlik 3.5'de ana kriterler için gösterilmiştir. (Aynı işlemler alt kriterler için de geçerlidir.)

Çizelge 3.4. Kriter öncelikleri

Uzman	y_1	...	y_1	...	y_n	x_1	...	x_1	...	x_m
1	$j'_1^{(1)}$	...	$j'_1^{(1)}$	...	$j'_n^{(1)}$	$j_1^{(1)}$	...	$j_1^{(1)}$	...	$j_m^{(1)}$
...
s	$j'_1^{(s)}$	...	$j'_1^{(s)}$	...	$j'_n^{(s)}$	$j_1^{(s)}$	...	$j_1^{(s)}$	...	$j_m^{(s)}$
...
S	$j'_1^{(S)}$	...	$j'_1^{(S)}$	...	$j'_n^{(S)}$	$j_1^{(S)}$	...	$j_1^{(S)}$	...	$j_m^{(S)}$

s ($s=1,2,\dots,S$) uzman sayısını ifade etmektedir.

U_s : s. uzman

Adım 3: Matrisin normalize edilmesi

Oluşturulan başlangıç karar matrisi normalize edilmektedir. Eşitlik 3.6'da ana kriterler için gösterilmiştir (Yıldırım ve Önder 2015) (Aynı işlemler alt kriterler için de geçerlidir).

$$x_j^{(i)*} = (x_j^{(i)}) / \sqrt{\sum_{j=1}^m x_j^{(i)2}},$$

$$i=1,2,\dots,K \quad (3.6)$$

$$y_{j'}^{(i)*} = (y_{j'}^{(i)}) / \sqrt{\sum_{j'=1}^n y_{j'}^{(i)2}},$$

Adım 4: İç- $X=(x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_m^{(i)})$ ve dış- $Y=(y_1^{(i)}, y_2^{(i)}, \dots, y_n^{(i)})$ kriterler uzmanların görüşlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır. Uzmanlar tarafından belirlenen kriter öncelikleri sıralamalarını birleştirerek tek bir sıralama elde etmek için Kemeny Medyan yöntemi kullanılmaktadır (Sarıçalı ve Kundakçı 2017). Aşağıda ana iç kriterler için Kemeny Medyan yöntemi gösterilmiştir. Aynı işlemler ana dış kriterler ve aynı zamanda alt kriterler için de geçerlidir. Bu yöntemde uzman görüşleri sıralaması yapıldıktan sonra;

$$a_{jj*} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x_j^{(i)} < x_{j*}^{(i)} \\ 1, & \text{eğer } x_j^{(i)} > x_{j*}^{(i)} \end{cases} \quad (3.7)$$

$r=1, 2, \dots, S$ $A^{(r)}=(a_{jj*})_{m*m}$ şeklinde olan kare matrisi oluşturulmaktadır. Oluşturulan kare matrisin köşegen elemanları sıfıra eşittir, $x_{jj*}^{(i)}=0$, $j=1, 2, \dots, m$ ayrıca $a_{jj*}=1- a_{j*j*}$, $j \neq j^*$ (Krylovas *et al.* 2016b).

$A^{(r)}$ ve $A^{(s)}$ matrisleri tarafından tanımlanan iki farklı sıralama arasındaki uzaklığın ölçümü Eşitlik 3.8'de gösterilmiştir (Krylovas *et al.* 2016b).

$$\rho(A^{(r)}, A^{(s)}) = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m |a_{jk}^{(r)} - a_{jk}^{(s)}| \quad (3.8)$$

Eşitlik (3.8)'deki m değeri $x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_m^{(i)}$ kriterlerinin sayısını göstermektedir.

S tane uzman tarafından $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(s)}$ öncelik kriteri matrislerinin oluşturulduğu varsayalım. Bu matrislerden $A^{(M)}$ medyan matrisi Eşitlik 3.9 yardımıyla elde edilmektedir (Kosareva *et al.* 2016).

$$\min_A A = A^{(M)} = \arg \min_A \sum_{s=1}^S \rho(A, A^{(s)}) \quad (3.9)$$

Adım 6: Kriter ağırlıklarının hesaplanması ve alternatiflerin sıralanması

Modifiye Edilmiş sıralama uygunluk göstergesi yöntemi kullanılarak kriterler için ağırlık katsayıları belirlenmektedir. Kriter ağırlıkları Kemeny Medyan yöntemiyle belirlenen kriter öncelik sıralamasına göre hesaplanmaktadır. Örnek olarak kriter öncelikleri Eşitlik 3.10'da belirtildiği gibi olsun:

$$x_1^{(i)} > x_2^{(i)} > x_3^{(i)} > x_4^{(i)}, \quad y_3^{(i)} > y_1^{(i)} > y_2^{(i)} \quad (3.10)$$

Kriterlerin önceliklerine göre kriter ağırlıklarının sıralaması Eşitlik 3.11'de gösterildiği gibidir:

$$w_{x_1^{(i)}} \geq w_{x_2^{(i)}} \geq w_{x_3^{(i)}} \geq w_{x_4^{(i)}} \geq 0, \quad w_{y_3^{(i)}} \geq w_{y_1^{(i)}} \geq w_{y_2^{(i)}} \geq 0 \quad (3.11)$$

Belirlenen ağırlıklar aşağıdaki şartları sağlamalıdır: Eşitlik 3.12'de gösterilmiştir.

$$w_{x_1^{(i)}} + w_{x_2^{(i)}} + w_{x_3^{(i)}} + w_{x_4^{(i)}} = 1, \quad w_{y_3^{(i)}} + w_{y_1^{(i)}} + w_{y_2^{(i)}} = 1 \quad \text{ve} \quad w_{x_j^{(i)}}, w_{y_j^{(i)}} \in [0;1] \quad (3.12)$$

Bütün kriterler için Eşitlik 3.11-3.12'deki şartları sağlayan ağırlık olasılıkları tablosu oluşturulmaktadır. Daha sonra her bir alternatif için $X_{w_x}(a)$ ve $Y_{w_y}(a)$ değerleri hesaplanmaktadır. $X_{w_x}(a) + Y_{w_y}(a)$ değerine göre alternatif sıralaması yapılmaktadır.

Eşitlik 3.13'de $X_{w_x}(a)$ ve $Y_{w_y}(a)$ değerlerinin hesaplanması ana kriterler için gösterilmiştir (Krylovas *et al.* 2016b) (Aynı işlemler alt kriterler için de geçerlidir).

$$X_{w_x}(a) = \sum_{j'=1}^m w_{x_j^{(i)}} x_j^{(i)*}(a) \text{ ve } Y_{w_y}(a) = \sum_{j'=1}^n w_{y_{j'}^{(i)}} y_{j'}^{(i)*}(a) \quad (3.13)$$

Geliştirilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi yönteminin amacı $X_{w_x}(a)$ ve $Y_{w_y}(a)$ değerlerine yakın ve $w_x = (w_{x_1^{(i)}}, w_{x_2^{(i)}}, \dots, w_{x_m^{(i)}})$ ve $w_y = (w_{y_1^{(i)}}, w_{y_2^{(i)}}, \dots, w_{y_n^{(i)}})$ katsayı değerlerini seçmektir. Aşağıdaki denklem tüm alternatiflere uygulanmaktadır ve minimum değer seçilmektedir. Eşitlik 3.14'de gösterilmiştir (Krylovas *et al.* 2016b).

$$F(X, Y) = \min_{w_x, w_y} \sum_a |X_{w_x}(a) - Y_{w_y}(a)| \quad (3.14)$$

3.6. FUCOM

Gerçek problemler genellikle aynı derecede anlamlı kritere sahip değildir. Bu nedenle, belirli kriterlerin önem derecelerinin, kriterler için uygun ağırlık katsayıları kullanılarak tanımlanması gerekmektedir. Kriterlerin göreceli ağırlıklarını belirlemede, çoğu zaman öznellik söz konusudur. FUCOM yöntemi kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi sorununa dikkat edilerek, kriterin ağırlık katsayılarının belirlenmesi için önerilen yeni bir yöntemdir. FUCOM yöntemi, hiyerarşinin belirli bir seviyesinde karşılaştırılarak tüm elemanların ağırlık katsayılarının değerlerinin kesin olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Eş zamanlı olarak karşılaştırma tutarlılığı koşullarını da yerine getirmektedir (Pamučar *et al.* 2018a).

FUCOM yönteminin avantajları şunlardır (Pamučar *et al.* 2018b).

- FUCOM yöntemi uygulanarak; ağırlık katsayılarının optimal değerleri, karar vericilerin mevcut gereksinimlerine göre olayları değerlendirmede bazı kriterleri tercih

etmeyi ve karar vermedeki riskleri en aza indirmeyi sağlayan basit matematiksel bir araçla elde edilmektedir.

- FUCOM subjektifliğin ve uzman tercihlerinin kriter ağırlıklarının nihai değerleri üzerindeki etkisinin minimum seviyede tutulmasını sağlayarak optimum ağırlık katsayıları değerlerinin hesaplanmasını sağlamaktadır.
- Sadece (n-1) kriter karşılaştırması gerekmektedir.
- Model esnek ve farklı ölçüm ölçeklerine göre (uzman tercihlerini temsil eden) uygulanmaya uygundur.

FUCOM yönteminin adımları aşağıda açıklanmıştır (Pamuçar *et al.* 2018a).

Adım 1: $x=(x_1,x_2,\dots,x_m)$, $y=(y_1,y_2,\dots,y_n)$, $x_{jB}=(x_{jB_1},x_{jB_2},\dots,x_{jB_p})$,
 $x_{jD}=(x_{jD_1},x_{jD_2},\dots,x_{jD_q})$, $y_{j'B}=(y_{j'B_1},y_{j'B_2},\dots,y_{j'B_p})$, $y_{j'D}=(y_{j'D_1},y_{j'D_2},\dots,y_{j'D_q})$,
 kümesindeki ana ve alt kriterler sıralanmaktadır. Sıralama kriterlerin önemine göre yapılmaktadır. Yani; en az önem derecesine sahip kriterin en yüksek ağırlık katsayısına sahip olması beklenerek kriter sıralaması yapılmaktadır. Böylece ağırlık katsayılarının beklenen değerlerine göre sıralanmış ana ve alt kriterler elde edilmektedir.

$$x_{j(1)} > x_{j(2)} > \dots > x_{j(k)} \quad (3.15)$$

$$y_{j'(1)} > y_{j'(2)} > \dots > y_{j'(k)} \quad (3.16)$$

$$x_{jB_p(1)} > x_{jB_p(2)} > \dots > x_{jB_p(k'')} \quad (3.17)$$

$$x_{jD_q(1)} > x_{jD_q(2)} > \dots > x_{jD_q(k''')} \quad (3.18)$$

$$y_{j'B_p(1)} > y_{j'B_p(2)} > \dots > y_{j'B_p(k''''')} \quad (3.19)$$

$$y_{j'D_q(1)} > y_{j'D_q(2)} > \dots > y_{j'D_q(k''''''')} \quad (3.20)$$

Burada ana iç kriterlerden k , gözlenen kriterin sırasını temsil etmektedir. Aynı öneme sahip iki veya daha fazla kriterin varlığı söz konusu ise, ifadedeki bu kriterler arasına “>” yerine eşitlik işareti kullanılmaktadır.

Adım 2: İkinci adımda, sıralanan ana iç kriterlerin karşılaştırması gerçekleştirilir ve değerlendirme kriterinin karşılaştırmalı önceliği $(\varphi_{x_j^{(k)}/x_j^{(k+1)}}^s, k=1,2,\dots,m)$ belirlenmektedir. (k : kriter sırası). (Bu adımdan itibaren yapılan tüm işlemler ana dış kriterler ve alt kriterler için de tekrarlanacaktır).

Değerlendirme kriterinin karşılaştırmalı önceliği $\varphi_{x_j^{(k)}/x_j^{(k+1)}}^s$; s . uzmana göre $x_j^{(k)}$ sıra kriterinin $x_j^{(k+1)}$ sırası kriterine göre bir üstünlüğüdür. Böylece değerlendirme kriterlerinin karşılaştırmalı önceliklerinin vektörleri eşitlik 3.21’de gösterildiği gibi elde edilmektedir.

$$\Phi = \varphi_{x_j^{(1)}/x_j^{(2)}}^s, \varphi_{x_j^{(2)}/x_j^{(3)}}^s, \dots, \varphi_{x_j^{(k)}/x_j^{(k+1)}}^s \quad (3.21)$$

$\varphi_{x_j^{(k)}/x_j^{(k+1)}}^s$; s . uzmana göre $x_j^{(k)}$ kriter sırasının, $x_j^{(k+1)}$ kriter sırasına göre önemini (önceliğini) temsil etmektedir. Kriterlerin karşılaştırmalı önceliği, iki yoldan biri ile tanımlanmaktadır:

a) Tercihlerine göre karar vericiler, $\varphi_{k/(k+1)}^s$ karşılaştırmalı önceliğini, gözlenen kriterler arasında tanımlamaktadır. Örneğin $W_X^1=500g$, $W_Y^1=200g$ (kesin ölçüm) ise; 1. uzmana göre X ’in Y ’ye göre karşılaştırmalı önceliği $\varphi_{X/Y}^1 = 500/200=2.5$ denilebilir veya eğer X ve Y ağırlıkları tam olarak belirlenemiyorsa, ancak önceden tanımlanmış bir ölçek kullanılıyorsa ([1-9] skalası) o zaman sırasıyla X ve Y kriterlerinin sırasıyla $W_X^1=9$, $W_Y^1=6$ ise; $\varphi_{X/Y}^1 = 1.5$. Bu X kriterinin Y kriterine göre 1.5 oranında daha büyük bir önceliğe sahip olduğu anlamına gelmektedir. $x_j^{(k)}$ ve $x_j^{(k+1)}$ aynı öneme sahip ise $\varphi_{x_j^{(k)}/x_j^{(k+1)}}^s = 1$ değeri bulunmaktadır. Burada tercihlere uygun olarak karar vericiler

gözlemlenen kriterler arasında karşılaştırmalı önceliği $\varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^S$ olarak tanımlamaktadır.

b) Kriterlerin karşılaştırılması için önceden tanımlanmış bir ölçüğe dayanarak karar vericiler kriterleri karşılaştırmaktadır ve böylece ifadedeki her bir kriterin önemini belirlemektedir. Karşılaştırma, birinci derece (en önemli) kritere göre yapılmaktadır. Böylelikle Adım 1’de sıralanan kriterlerin tümü için ($\bar{W}_{x_j(k)}^S$) kriterlerinin önemi elde edilmektedir. Birinci derece kriter kendisiyle karşılaştırıldığı için (önemi $\bar{W}_{x_j(1)}^S=1$ ’dir), kriterlerin n-1 karşılaştırması yapılması gerekmektedir.

Adım 3: Bu adımda değerlendirme kriterlerinin ağırlık katsayılarının ($W_1^S, W_2^S, \dots, W_m^S$)^T nihai değerleri hesaplanmaktadır. Ağırlık katsayıları iki koşulu sağlamalıdır.

a) Ağırlık katsayılarının oranının Adım 2’de tanımlanan $\varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^S$ kriterleri arasındaki karşılaştırmalı önceliğe eşit olmalıdır, yani eşitlik 3.22’deki şartı yerine getirmelidir.

$$\varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^S = \frac{W_{x_j(k)}^S}{W_{x_j(k+1)}^S} \quad (3.22)$$

Koşul (3.22)’e ek olarak ağırlık katsayılarının nihai değerleri matematiksel geçişlilik koşulunu sağlamalıdır. Yani, $\varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^S \otimes \varphi_{x_j(k+1)/x_j(k+2)}^S = \varphi_{x_j(k)/x_j(k+2)}^S$.

$$\varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^S = \frac{W_{x_j(k)}^S}{W_{x_j(k+1)}^S} \text{ ve } \varphi_{x_j(k+1)/x_j(k+2)}^S = \frac{W_{x_j(k+1)}^S}{W_{x_j(k+2)}^S} \text{ olduğundan;}$$

$$\frac{W_{x_j(k)}^S}{W_{x_j(k+1)}^S} \otimes \frac{W_{x_j(k+1)}^S}{W_{x_j(k+2)}^S} = \frac{W_{x_j(k)}^S}{W_{x_j(k+2)}^S} \text{ elde edilmektedir. Böylece, değerlendirme kriterlerinin ağırlık}$$

katsayılarının nihai değerlerinin yerine getirmesi gereken bir başka koşul, Yani,

$$\frac{W_{x_j(k)}^s}{W_{x_j(k+2)}^s} = \varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^s \otimes \varphi_{x_j(k+1)/x_j(k+2)}^s \quad (3.23)$$

$$\frac{W_{x_j(k)}^s}{W_{x_j(k+1)}^s} = \varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^s \quad \text{ve} \quad \frac{W_{x_j(k)}^s}{W_{x_j(k+2)}^s} = \varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^s \otimes \varphi_{x_j(k+1)/x_j(k+2)}^s$$

koşulları sağlandığında tam tutarlılık yani, $\min \text{DFC}(\chi_s)$ geçişliliğe tam olarak uyulduğu durumda tatmin olmaktadır. Bu şekilde maksimum tutarlılık şartı yerine getirilmektedir. Yani ağırlık katsayılarının elde edilen değerleri için DFC, $\chi_s=0$ dır. Koşulların karşılanması için $(W_1^s, W_2^s, \dots, W_m^s)^T$ ağırlık katsayılarının değerlerinin

$$\left| \frac{W_{x_j(k)}^s}{W_{x_j(k+1)}^s} - \varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^s \right| \leq \chi_s \quad \text{ve} \quad \left| \frac{W_{x_j(k)}^s}{W_{x_j(k+2)}^s} - \varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^s * \varphi_{x_j(k+1)/x_j(k+2)}^s \right| \leq \chi_s$$

koşullarını sağlayan χ_s değerlerinin en aza indirilmesiyle karşılanmaktadır. Değerlendirme kriterlerinin ağırlık katsayılarının nihai değerlerini belirlemek için son model aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$\min \chi_s$

st.

$$\begin{aligned} \left| \frac{W_{x_j(k)}^s}{W_{x_j(k+1)}^s} - \varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^s \right| &\leq \chi_s, \forall_j \\ \left| \frac{W_{x_j(k)}^s}{W_{x_j(k+2)}^s} - \varphi_{x_j(k)/x_j(k+1)}^s * \varphi_{x_j(k+1)/x_j(k+2)}^s \right| &\leq \chi_s, \forall_j \\ \sum_{j=1}^m W_j^s &= 1, \forall_j \\ s &= 1, \forall_s \\ W_j^s &\geq 0, \forall_j \end{aligned} \quad (3.24)$$

Eşitlik 3.24'de gösterilen modelin çözülmesiyle $(W_1^s, W_2^s, \dots, W_m^s)^T$ değerlendirme

kriterlerinin nihai değerleri ve DFC (χ_s) derecesi oluşturulmaktadır.

3.7. Önerilen HTEA Tabanlı FUCOM & KEMIRA-M Entegre Yöntemi

HTEA, sayısal verilere dayandığı için subjektifliği en alt seviyeye indirerek, hatalar ortaya çıkmadan hatanın tespit edilip gerekli önlemlerin alınması, hatanın etkisinin en alt düzeye indirilmesi, mümkün olduğu sürece hatanın tamamen ortadan kaldırılmasını amaçlayan bir risk değerlendirme yöntemidir.

KEMIRA-M yöntemi, kriter sayısının fazla olduğu durumlarda kriter gruplandırılmasına olanak sağlayan, aynı zamanda hem kriter ağırlıklarının hesaplanmasında hem de alternatif sıralamasının ve en iyi alternatifin seçilmesinde kullanılabilen, çok az başlangıç bilgisi gerektirdiği için uygulanması kolay bir ÇKKV yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

FUCOM yöntemi, subjektifliği ve uzman tercihlerinin kriter ağırlıklarının nihai değerleri üzerindeki etkisinin minimum seviyede tutulmasını sağlayarak optimum ağırlık katsayılarının hesaplanmasında esnek ve farklı ölçüm ölçekleriyle uygulanmaya olanak tanıyan yeni bir yöntem olarak geliştirilmiştir.

Bu çalışmada HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemde uzman değerlendirmeleri aşamasında subjektiflik azaltılmaya çalışılmıştır. Bunun için HTEA yöntemi tercih edilmiştir. KEMIRA-M yöntemi kriter sayısı fazla olduğu durumlarda işlem kolaylığı sağlaması açısından kriter gruplandırılmasına izin verdiği için tercih edilmiştir. Kriter ağırlıklarının hesaplanmasında subjektiflik azaltılmaya çalışılarak ağırlıkların optimal değerlerinin hesaplanması için FUCOM yöntemi tercih edilmiştir.

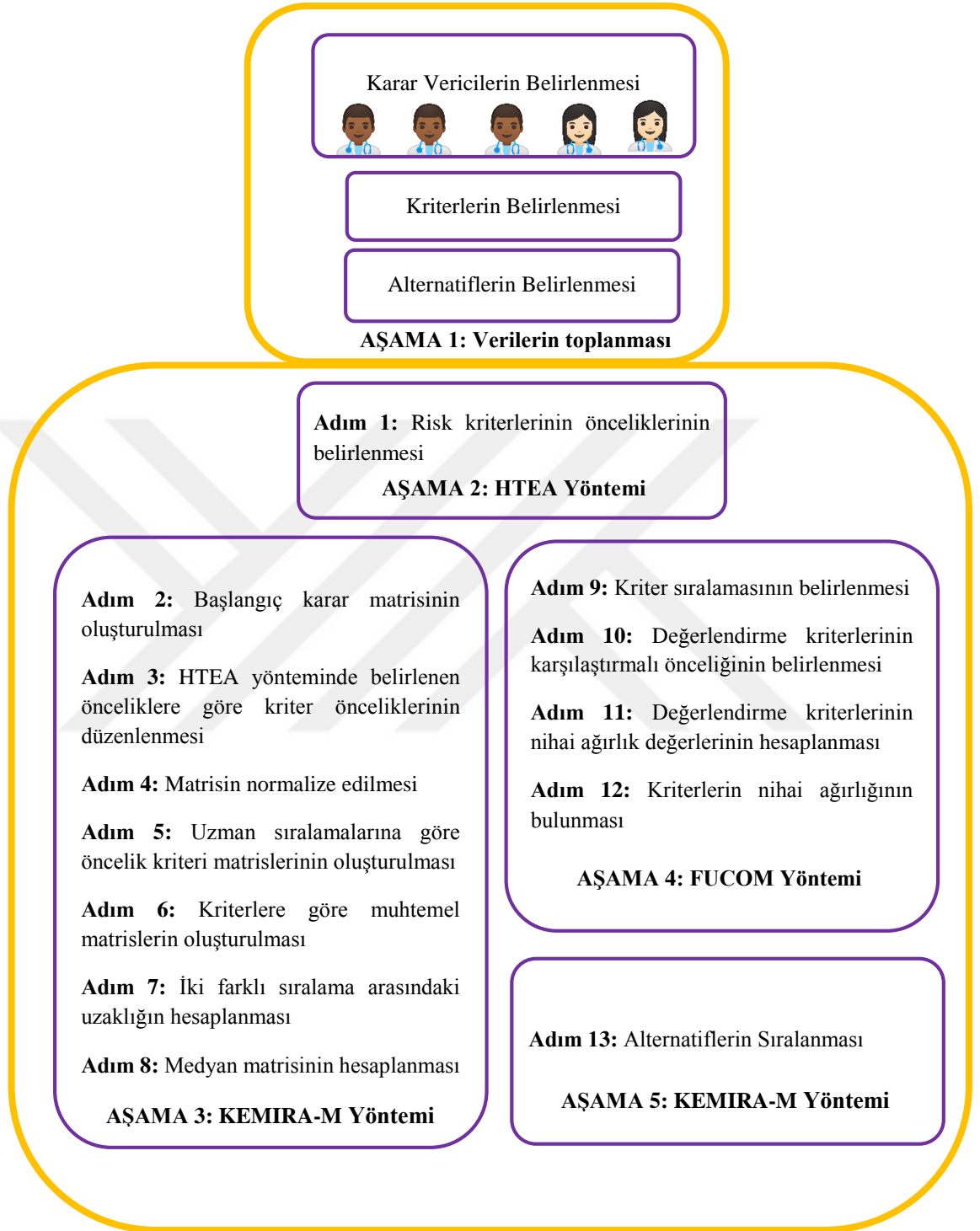
Önerilen HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi ile risk değerlendirme süreci 5 aşamadan oluşmaktadır.

Aşama 1: Verilerin toplanması

- Karar vericilerin belirlenmesi
- Risk kriterlerinin belirlenmesi
- Önlemlerin (alternatiflerin) belirlenmesi

Aşama 2: HTEA yöntemi**Aşama 3:** KEMIRA-M yöntemi medyan matrisinin hesaplanması**Aşama 4:** FUCOM yöntemi ile kriter ağırlıklarının hesaplanması**Aşama 5:** KEMIRA-M yöntemi ile önlemlerin sıralanması ve en önemli önlemin seçilmesi

Şekil 3.1’de önerilen HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yönteminin akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Önerilen yöntem akış diyagramı

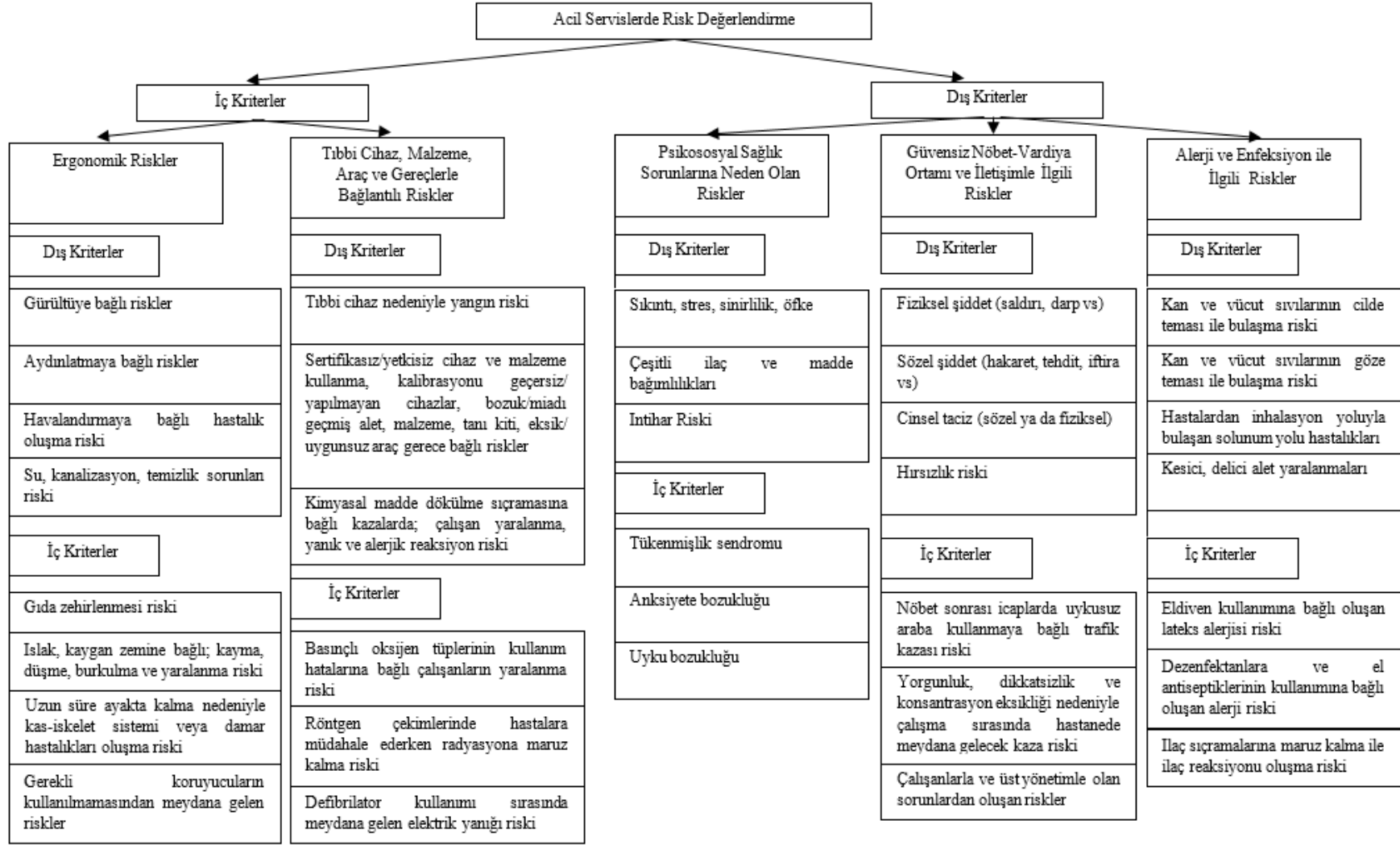
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. HTEA Tabanlı FUCOM & KEMIRA-M Entegre Yönteminin Uygulanması

4.1.1 AŞama 1: Verilerin toplanması

Çalışma kapsamında ilk olarak 5 uzman belirlenmiştir. Bu uzmanlar 3 doktor ve 2 hemŐireden oluşmaktadır.

Acil servislerde meydana gelebilecek riskler literatürdeki yayınlardan faydalanılarak belirlenmiştir (Özkan 2005; Turhan 2006; TaŐcıođlu 2007; Parlar 2008; Beşer 2012; Zegerek 2014). Belirlenen riskler kriter olarak ele alınmış, bu kapsamda 5 ana kriter ve 34 alt kriter olmak üzere toplamda 39 kriter için değerlendirme yapılmıştır. Belirlenen kriterler uzmanlar tarafından uygun bulunmuştur. Kriterler için bir hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Kriterlerin hiyerarşik yapısı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Acil servislerde risk değerlendirme seçim kriterleri hiyerarşik yapısı

Şekil 4.1’de gösterilen seçim kriterleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler: Psikososyal sağlık, bireyin beden, ruhen ve sosyal anlamda sağlıklı olmasını ifade etmektedir. Günümüzdeki yaşamsal koşullar, çalışma hayatındaki zorluklar ve genel olarak sosyal hayatta karşılaşılan problemler psikososyal sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu sorunlar çalışma ortamında büyük risk oluşturmaktadır. Özellikle acil servislerde çalışma koşulları çok yoğun ve zor olduğu için psikososyal sağlık sorunlarından kaynaklanan riskler büyük önem taşımaktadır. Bu sağlık sorunlarına tükenmişlik sendromu, anksiyete bozukluğu, uyku bozukluğu, sıkıntı, stres, sinirlilik, öfke, çeşitli ilaç ve madde bağımlılıkları, intihar riski vs. örnek olarak gösterilebilir.

Tükenmişlik sendromu genel olarak zorlu iş şartlarında çalışan bireylerde görülen ve kesinlikle tedavi edilmesi gereken, kişide bitkinlik, başarısızlık vs. duyguları uyandıran ciddi bir psikososyal sağlık sorunu olarak tanımlanmaktadır.

Anksiyete bozukluğu ise ciddi düzeyde kaygı durumu olarak tanımlanmaktadır. Anksiyete bozukluğu yaşayan bireyler her durumun kötü sonuçlanacağından endişe duyup günlük yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedirler.

Yoğun iş temposunda çalışan bireylerde aşırı stresten, nöbet sisteminden, fazla mesaiden vs. kaynaklı uyku bozuklukları görülebilmektedir. Bu da hem günlük hayatımızda hem de çalışma hayatımızda birçok riske sebep olmaktadır. Aynı zamanda stresten veya ortam şartlarından kaynaklı çalışanlarda çeşitli ilaç, madde bağımlılıkları ve intihar vakaları görülebilmektedir. Bütün bu durumlar, ciddi oranda stresli bir ortam olmasından dolayı özellikle sağlık sektöründe psikososyal risk faktörlerini oluşturmaktadır.

Güvensiz nöbet, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler: Sağlık sektöründe özellikle acil servislerde çalışma koşullarının çok yoğun olmasından kaynaklanan yorgunluk, uykusuzluk, stres vs. faktörler gerek çalışma ortamında gerekse çalışma ortamı dışında birçok risk oluşturmaktadır. Aşırı uykusuzluk ve yorgunluk sonrası araba kullanmak

trafik kazasına veya çalışma esnasında hastanede olası bir kaza yaşanmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca yoğun stres nedeniyle çalışanlar kendi aralarında veya üst yönetimle sorunlar yaşayabilmektedir. Bu durum çalışanları olumsuz yönde etkileyerek bir risk faktörü oluşturmaktadır.

Sağlık çalışanlarının yoğun çalışma şartları dışında karşı karşıya kaldığı en önemli risk faktörü ise özellikle hasta ve hasta yakınları tarafından şiddete maruz kalmalarıdır. Fiziksel şiddet, sözel şiddet, cinsel taciz, hırsızlık sağlık çalışanlarının maruz kaldığı şiddet durumlarından bazılarıdır.

Alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler: Vücudumuzun herhangi bir maddeye karşı zaman zaman düşük düzeyde zaman zaman şiddetli düzeyde gösterdiği tepki alerji olarak tanımlanmaktadır. Genellikle zararlı değildir.

Vücudumuzda hastalığa sebep olabilen zaman zaman bulaşıcı olabilen mikropların yayılması enfeksiyon olarak tanımlanmaktadır.

Sağlık sektöründe çalışanlar; çalışma ortamı, çalışma arkadaşları, hastalar veya kullanılan araç ve gereçlere bağlı olarak birçok riskle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bunlardan bazıları eldiven kullanımına bağlı oluşan lateks alerjisi, dezenfektanlara ve el antiseptiklerinin kullanımına bağlı oluşan alerji, ilaç sıçramalarına maruz kalma ile ilaç reaksiyonu oluşması, kan ve vücut sıvılarının cilde teması ile bulaşması, kan ve vücut sıvılarının göze teması ile bulaşması, hastalardan inhalasyon yoluyla bulaşan solunum yolu hastalıkları, kesici delici aletle yaralanma gibi riskler sağlık çalışanlarının karşılaştığı risklerdir.

Ergonomik Riskler: Genel olarak insan-makine uyumu olarak tanımlanan ergonomi, birden fazla alanı ilgilendiren bir disiplinler topluluğudur. Her insan yaşadığı çevrenin ya da çalıştığı ortamın daha yaşanabilir, rahat, ferah ve konforlu olmasını istemektedir. Bu hem yaşam kalitesini arttırmakta hem de çalışma performansını yükseltmektedir. Özellikle gelişen teknoloji ile birlikte bu durum vazgeçilmez bir hal almıştır. Özellikle

sağlık sektöründe teknoloji her geçen gün ilerlemektedir. Teknolojinin ilerlemesi olumlu bir etken olmasına karşılık ilerleyen teknoloji beraberinde birçok problemi ortaya çıkarmıştır. Ergonomi bu problemleri mümkün olan en alt düzeye çekmeye çalışan ya da problemi tamamen ortaya kaldırmayı amaçlayan yöntem topluluğudur. Ergonominin ilgilendiği problemlerden bazıları şunlardır: Gıda zehirlenmeleri, ıslak kaygan zemine bağlı çarpma, kayma, düşme, burkulma ve yaralanma, uzun süre ayakta kalma nedeniyle kas-iskelet sistemi veya damar hastalıkları oluşması, gerekli koruyucuların kullanılmamasından meydana gelen riskler, gürültü sorunu, aydınlatma sorunu, havalandırma sorunu, temizlik sorunu, çeşitli meslek hastalıkları oluşması vs.

Tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereç bağlantılı riskler: Özellikle sağlık sektöründe birçok cihaz kullanılmaktadır. Bu cihazların kullanımı için gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir ve cihazlar kullanma kılavuzuna tamamen uygun olarak kullanılmalıdır. Şartlara uygun olarak kullanılmayan cihazlar birçok risk oluşturabilmektedir. Örneğin; basınçlı oksijen tüplerinin kullanım hatalarına bağlı çalışanların yaralanma riski, röntgen çekimlerinde hastalara müdahale/ yardım ederken radyasyona maruz kalma riski, defibrilatör kullanımı sırasında meydana gelen elektrik yanığı riski, tıbbi cihaz nedeniyle yangın riski, sertifikasız/yetkisiz cihaz ve malzeme kullanma, kalibrasyonu geçersiz/yapılmayan cihazlar, bozuk/miadı geçmiş alet, malzeme, tanı kiti, eksik/uygunsuz araç gerece bağlı riskler, kimyasal madde dökülme sıçramasına bağlı kazalarda; çalışan yaralanma, yanık ve alerjik reaksiyon riski vs.

Acil servislerde risk değerlendirme problemi Şekil 4.1’de verildiği gibi 5 ana kriter ve 34 alt kriterden oluşmaktadır. Acil servislerde meydana gelebilecek risklere karşı alınabilecek önlemler;

- Eğitim/seminer (A₁),
- Uyarı levhaları (A₂),
- Çalışma ortamı ergonomik düzenleme (A₃),
- Makine/ekipman kontrol/yenileme (A₄),
- Gerekli sağlık kontrolleri (A₅),

- Güvenlik kameraları/ güvenlik personeli (A₆),
- Kişisel koruyucu donanımların kullanımı (A₇),
- Çalışma şartlarının iyileştirilmesi (A₈)

olarak belirlenmiş ve bu önlemler alternatif olarak ele alınmıştır.

4.1.2 Aşama 2: HTEA yöntemi

Adım 1: Risk kriterlerinin önceliklerinin belirlenmesi.

Bu aşamada ilk olarak belirlenen olası riskler uzmanlara danışılmış ve riskler uzmanlar tarafından uygun görülmüştür. Daha sonra her uzmandan, belirlenen risklerin olasılık (Çizelge 3.1), şiddet (Çizelge 3.2) ve saptanabilirlik (Çizelge 3.3) derecelerine göre değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanlar değerlendirmelerini yaptıktan sonra her uzman için ayrı ayrı olasılık, şiddet ve saptanabilirlik değerleri çarpılarak RÖS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RÖS değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak KEMIRA-M yönteminde kriterlerin önceliklerinin oluşturulması aşamasında hesaplamalara dahil edilmiştir.

Kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra ilk olarak HTEA yöntemi kullanılarak RÖS değerine göre kriter öncelikleri belirlenmiştir.

Örnek olarak ana kriterler için yapılan hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir;

- Ana iç kriterler

i.Ergonomik Riskler

ii.Tıbbi Cihaz, Malzeme, Araç ve Gereç Bağlantılı Riskler

- Ana dış Kriterler

- i.Psikososyal Sağlık Sorunlarına Neden Olan Riskler,
- ii.Güvensiz Nöbet Ortamı, Vardiya Ortamı ve İletişimle İlgili Riskler
- iii.Alerji ve Enfeksiyon ile İlgili Riskler

Çizelge 4.1’de HTEA yöntemi ile ana kriterlerin önceliklendirilmesi uygulaması gösterilmiştir.



Çizelge 4.1. HTEA yöntemi ile ana kriterlerin önceliklendirilmesi

UZMAN KRİTERLER	ORTAYA ÇIKMA					ŞİDDET					SAPTAMA					RÖS				
	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
DIŞ KRİTERLER																				
Psikososyal Sağlık Sorunlarına Neden Olan Riskler (Y ₁)	5	6	7	9	5	5	4	4	6	6	4	5	6	6	5	100	120	168	324	150
Güvensiz Nöbet Ortamı, Vardiya Ortamı ve İletişimle İlgili Riskler(y ₂)	6	5	5	8	5	8	6	5	7	6	8	9	8	7	6	384	270	200	392	180
Alerji ve Enfeksiyon ile İlgili Riskler(y ₃)	7	5	6	6	4	6	4	5	3	3	6	8	7	8	6	252	160	210	144	72
İÇ KRİTERLER																				
Ergonomik Riskler(x ₁)	5	5	6	4	5	6	5	5	5	4	4	3	3	4	3	120	75	90	80	60
Tıbbi Cihaz, Malzeme, Araç ve Gereç Bağlantılı Riskler(x ₂)	4	4	5	3	3	6	7	7	7	6	8	7	6	8	5	192	196	210	168	90

Ergonomik riskler ana iç kriteri için yapılan hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir:

- Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt iç kriterleri

i.Gıda zehirlenmesi riski

ii.Islak/kaygan zemine bağlı; çarpma, kayma, düşme, burkulma ve yaralanma riski

iii.Uzun süre ayakta kalma nedeniyle kas-iskelet sistemi veya damar hastalıkları oluşma riski

iv.Gerekli koruyucuların kullanılmamasından meydana gelen riskler

- Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt dış kriterleri

v.Gürültüye bağlı riskler

vi.Aydınlatmaya bağlı riskler

vii.Havalandırmaya bağlı hastalık oluşma riski(bunaltı, bitkinlik, alerji)

viii.Su, kanalizasyon, temizlik sorunları riski

Çizelge 4.2’de HTEA yöntemi ile ana iç kriterlerden ergonomik risklerin önceliklendirilmesi uygulaması gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. HTEA yöntemi ile ana iç kriterlerden ergonomik risklerin önceliklendirilmesi

UZMAN KRİTERLER	ORTAYA ÇIKMA					ŞİDDET					SAPTAMA					RÖS				
	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
İÇ KRİTERLER																				
Gıda zehirlenmesi riski (X _{1D₁})	2	2	1	1	2	7	8	7	6	8	4	5	4	3	2	56	80	28	18	32
Islak/kaygan zemine bağlı; çarpma, kayma, düşme, burkulma ve yaralanma riski (X _{1D₂})	5	3	3	2	4	6	4	4	6	3	5	4	5	4	5	150	48	60	48	60
Uzun süre ayakta kalma nedeniyle kas-iskelet sistemi veya damar hastalıkları oluşma riski (X _{1D₃})	9	9	10	8	8	8	5	6	4	7	7	7	8	8	6	504	315	480	256	336
Gerekli koruyucuların kullanılmamasından meydana gelen riskler (X _{1D₄})	3	4	5	3	4	7	7	6	4	5	3	4	4	3	2	63	112	120	36	40
DIŞ KRİTERLER																				
Gürültüye bağlı riskler (X _{1B₁})	3	5	5	3	4	6	3	4	2	2	4	3	3	4	3	72	45	60	24	24
Aydınlatmaya bağlı riskler (X _{1B₂})	3	5	6	4	4	6	4	4	4	4	3	3	2	4	2	54	60	48	64	32
Havalandırmaya bağlı hastalık oluşma riski(bunaltı, bitkinlik, alerji) (X _{1B₃})	5	7	8	4	3	3	4	4	3	3	3	2	1	4	3	45	56	32	48	27
Su, kanalizasyon, temizlik sorunları riski (X _{1B₄})	2	2	1	1	2	5	4	4	7	4	3	1	1	3	2	30	8	4	21	16

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için yapılan hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir:

- Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt iç kriterleri

i. Tükenmişlik sendromu

ii. Anksiyete bozukluğu

iii. Uyku bozukluğu

- Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri

iv. Sıkıntı, stres, sinirlilik, öfke

v. Çeşitli ilaç ve madde bağımlıkları

vi. İntihar riski

Çizelge 4.3'de HTEA yöntemi ile ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin önceliklendirilmesi uygulaması gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. HTEA yöntemi ile ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin önceliklendirilmesi

UZMAN KRİTERLER	ORTAYA ÇIKMA					ŞİDDET					SAPTAMA					RÖS				
	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
İÇ KRİTERLER																				
Tükenmişlik sendromu (y _{1D₁})	3	7	7	9	6	3	4	5	3	5	3	6	7	3	4	27	168	245	81	120
Anksiyete bozukluğu (y _{1D₂})	5	7	7	7	3	6	3	3	2	5	7	5	7	3	5	210	105	147	42	75
Uyku bozukluğu (y _{1D₃})	6	10	9	10	3	6	4	3	4	4	2	5	6	6	5	72	200	162	240	60
DIŞ KRİTERLER																				
Sıkıntı, stres, sinirlilik, öfke (y _{1B₁})	5	5	9	9	5	7	3	2	6	5	2	9	5	7	5	70	135	90	378	125
Çeşitli ilaç ve madde bağımlılıkları (y _{1B₂})	3	1	1	3	2	3	3	1	8	6	6	4	5	1	4	54	12	5	24	48
İntihar riski (y _{1B₃})	3	1	1	3	2	2	2	2	4	6	8	10	9	8	9	48	20	18	96	108

4.1.3. Aşama 3: KEMIRA-M yöntemi adımları (medyan matrisinin hesaplanması)

Bu bölümde HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yönteminde KEMIRA-M yöntemi kullanılarak medyan matrisi hesaplama adımları ana ve alt kriterlere uygulanmıştır.

Örnek olarak ana kriterler için KEMIRA-M yöntemi uygulanmıştır. Ana dış kriter grubu; Psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler (y_1), Güvensiz nöbet ortamı, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler (y_2), Alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler (y_3) ve ana iç kriter grubu; Ergonomik riskler (x_1), Tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereç bağlantılı riskler (x_2) olarak sınıflandırılmıştır.

Adım 2: Başlangıç karar matrisinin oluşturulması

Eşitlik 3.2 kullanılarak Çizelge 4.4'de gösterildiği gibi başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.4. Ana kriterler için başlangıç karar matrisi

Alternatifler	Dış kriterler $i (i=1, \dots, K)$			İç kriterler $i (i=1, \dots, K)$	
	$y_1^{(i)}$	$y_2^{(i)}$	$y_3^{(i)}$	$x_1^{(i)}$	$x_2^{(i)}$
A ₁	5	3	3	3	7
A ₂	1	5	1	5	7
A ₃	1	1	5	7	5
A ₄	3	1	1	3	7
A ₅	7	1	3	5	3
A ₆	3	7	1	1	1
A ₇	1	3	9	7	5
A ₈	7	7	3	5	3

Adım 3: HTEA yönteminde belirlenen önceliklere göre kriter önceliklerinin düzenlenmesi

Eşitlik 3.5 kullanılarak Çizelge 4.5’de gösterildiği gibi kriter öncelikleri oluşturulmuştur.

Çizelge 4.5. Ana kriterler için kriter öncelik çizelgesi

Kriterler Uzmanlar	DIŞ KRİTERLER i (i=1,..., K)			İÇ KRİTERLER i (i=1,..., K)	
	$y_1^{(i)}$	$y_2^{(i)}$	$y_3^{(i)}$	$x_1^{(i)}$	$x_2^{(i)}$
Uzman 1	3	1	2	2	1
Uzman 2	3	1	2	2	1
Uzman 3	3	2	1	2	1
Uzman 4	2	1	3	2	1
Uzman 5	2	1	3	2	1

Uzman 1; $y_2^{(i)} > y_3^{(i)} > y_1^{(i)}$

Uzman 2; $y_2^{(i)} > y_3^{(i)} > y_1^{(i)}$

Uzman 3; $y_3^{(i)} > y_2^{(i)} > y_1^{(i)}$

Uzman 4; $y_2^{(i)} > y_1^{(i)} > y_3^{(i)}$

Uzman 5; $y_2^{(i)} > y_1^{(i)} > y_3^{(i)}$

$x_2^{(i)} > x_1^{(i)}$

$x_2^{(i)} > x_1^{(i)}$

$x_2^{(i)} > x_1^{(i)}$

$x_2^{(i)} > x_1^{(i)}$

$x_2^{(i)} > x_1^{(i)}$

Adım 4: Matrisin normalize edilmesi

Eşitlik 3.6 kullanılarak matris normalize edilmektedir. Çizelge 4.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Ana kriterler için normalize edilmiş karar matrisi

Alternatifler	Dış kriterler i (i=1,..., K)			İç kriterler i (i=1,..., K)	
	$y_1^{(i)*}$	$y_2^{(i)*}$	$y_3^{(i)*}$	$x_1^{(i)*}$	$x_2^{(i)*}$
A ₁	0,417	0,250	0,257	0,217	0,476
A ₂	0,083	0,417	0,086	0,361	0,476
A ₃	0,083	0,083	0,429	0,505	0,340
A ₄	0,250	0,083	0,086	0,217	0,476
A ₅	0,583	0,083	0,257	0,361	0,204
A ₆	0,250	0,583	0,086	0,072	0,068
A ₇	0,083	0,250	0,772	0,505	0,340
A ₈	0,583	0,583	0,257	0,361	0,204

- Ana dış kriterler için hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Adım 5: Uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrislerinin oluşturulması

Eşitlik 3.7 kullanılarak uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrisleri oluşturulmuştur.

$$A^{(1)}_y = A^{(2)}_y = y_2^{(i)} > y_3^{(i)} > y_1^{(i)}; \quad A^{(3)}_y = y_3^{(i)} > y_2^{(i)} > y_1^{(i)}; \quad A^{(4)}_y = A^{(5)}_y = y_2^{(i)} > y_1^{(i)} > y_3^{(i)}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Örnek olarak $A^{(1)}_y = A^{(2)}_y$ matrislerinin nasıl oluşturulduğu aşağıda gösterilmiştir.

$$a_{11}=0$$

$$a_{12}=0 \text{ çünkü } y_1^{(i)} < y_2^{(i)}$$

$$a_{13}=0 \text{ çünkü } y_1^{(i)} < y_2^{(i)}$$

$$a_{21}=1 \text{ çünkü } y_2^{(i)} > y_1^{(i)}$$

$$a_{22}=0$$

$$a_{23}=0 \text{ çünkü } y_2^{(i)} > y_3^{(i)}$$

$$a_{31}=1 \text{ çünkü } y_3^{(i)} > y_1^{(i)}$$

$$a_{32}=0 \text{ çünkü } y_3^{(i)} < y_2^{(i)}$$

$$a_{33}=0$$

Adım 6: Kriterlere göre muhtemel matrislerin oluşturulması

Eşitlik 3.7 kullanılarak muhtemel seçenekler için öncelik kriteri matrisleri oluşturulmaktadır. 5 uzman tarafından belirlenen öncelik matrisleri yukarıda gösterildiği gibidir. Ancak $n=3$ olduğundan medyan matrisi $3!=6$ olası matris arasından araştırılacaktır. 6 matris Çizelge 4.7’de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.7. Muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; dış kriterler

Permütasyon	(1,2,3)	(1,3,2)	(2,1,3)
	$y_1^{(i)} > y_2^{(i)} > y_3^{(i)}$	$y_1^{(i)} > y_3^{(i)} > y_2^{(i)}$	$y_2^{(i)} > y_1^{(i)} > y_3^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Permütasyon	(2,3,1)	(3,1,2)	(3,2,1)
	$y_2^{(i)} > y_3^{(i)} > y_1^{(i)}$	$y_3^{(i)} > y_1^{(i)} > y_2^{(i)}$	$y_3^{(i)} > y_2^{(i)} > y_1^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

$$A^1=A^2=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^3=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A^4=A^5=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^6=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A^7=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A^8=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Adım 7: İki farklı sıralama arasındaki uzaklığın hesaplanması

Eşitlik 3.8 kullanılarak oluşturulan iki farklı sıralama arasındaki uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^1, A^{(S)}) = 0+0+2+2+2=6$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^2, A^{(S)}) = 0+0+2+2+2=6$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^3, A^{(S)}) = 2+2+0+4+4=12$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^4, A^{(S)}) = 2+2+4+0+0=8$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^5, A^{(S)}) = 2+2+4+0+0=8$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^6, A^{(S)}) = 6+6+4+4+4=24$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^7, A^{(S)}) = 4+4+2+6+6=22$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^8, A^{(S)}) = 4+4+6+2+2=18$$

Adım 8: Medyan matrisinin hesaplanması

Eşitlik 3.9 kullanılarak medyan matrisi hesaplanmaktadır. Minimum toplam değer olan 8 değerine A^1 ve A^2 matrislerinde ulaşılmıştır. Bu da dış faktörler arasında en iyi olan medyan değeri $Uzman\ 1=Uzman\ 2=(2,3,1)$ yani $y_2^{(i)} > y_3^{(i)} > y_1^{(i)}$ dir.

- Ana iç kriterler için hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Adım 5: Uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrislerinin oluşturulması

Eşitlik 3.7 kullanılarak uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrislerinin oluşturulması

$$A^{(1)}_x=A^{(2)}_x= A^{(3)}_x= A^{(4)}_x= A^{(5)}_x =x_2^{(i)}>x_1^{(i)};$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Adım 6: Kriterlere göre muhtemel matrislerin oluşturulması

Eşitlik 3.7 kullanılarak muhtemel seçenekler için öncelik kriteri matrisleri oluşturulmaktadır. 5 uzman tarafından belirlenen öncelik matrisleri yukarıda gösterildiği gibidir. Ancak $n=2$ olduğundan medyan matrisi $2!=2$ olası matris arasından araştırılacaktır. 2 matris Çizelge 4.8'de gösterildiği gibidir:

Çizelge 4.8. Muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; iç kriterler

Permütasyon	(1,2)	(2,1)
	$x_1^{(i)}>x_2^{(i)}$	$x_2^{(i)}>x_1^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$

$$A^1=A^2= A^3=A^4=A^5= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^6= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Adım 7: İki farklı sıralama arasındaki uzaklığın hesaplanması

Eşitlik 3.8 kullanılarak oluşturulan iki farklı sıralama arasındaki uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^1, A^{(S)}) = 0+0+0+0+0=0$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^2, A^{(S)}) = 0+0+0+0+0=0$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^3, A^{(S)}) = 0+0+0+0+0=0$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^4, A^{(S)}) = 0+0+0+0+0=0$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^5, A^{(S)}) = 0+0+0+0+0=0$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^6, A^{(S)}) = 2+2+2+2+2=10$$

Adım 8: Medyan matrisinin hesaplanması

Eşitlik 3.9 kullanılarak medyan matrisi hesaplanmaktadır. Minimum toplam değer olan 0 değerine A^1, A^2, A^3, A^4, A^5 matrislerinde ulaşılmıştır. Bu da iç faktörler arasında en iyi olan medyan değeri $U_1=U_2=U_3=U_4=U_5=(2,1)$ yani $x_2^{(1)} > x_1^{(1)}$ 'dir.

Ergonomik riskler ana iç kriteri için KEMIRA-M yöntemi uygulanmıştır. Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt dış kriterleri; Gürültüye bağlı riskler (x_{1B_1}), Aydınlatmaya bağlı riskler (x_{1B_2}), Havalandırmaya bağlı hastalık oluşma riski (bunaltı, bitkinlik, alerji) (x_{1B_3}), Su, kanalizasyon, temizlik sorunları riski (x_{1B_4}) ve alt iç kriterleri; Gıda zehirlenmesi riski (x_{1D_1}), Islak/kaygan zemine bağlı; çarpma, kayma, düşme, burkulma ve yaralanma riski (x_{1D_2}), Uzun süre ayakta kalma nedeniyle kas-iskelet sistemi veya damar hastalıkları oluşma riski (x_{1D_3}), Gerekli koruyucuların kullanılmamasından meydana gelen riskler (x_{1D_4}) olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.9. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için başlangıç karar matrisi

Alternatifler	Dış kriterler i (i=1,..., K)				İç kriterler i (i=1,..., K)			
	$X_{1B_1}^{(i)}$	$X_{1B_2}^{(i)}$	$X_{1B_3}^{(i)}$	$X_{1B_4}^{(i)}$	$X_{1D_1}^{(i)}$	$X_{1D_2}^{(i)}$	$X_{1D_3}^{(i)}$	$X_{1D_4}^{(i)}$
A ₁	3	3	3	5	1	1	1	5
A ₂	3	1	1	5	1	9	1	5
A ₃	9	9	9	7	1	7	9	3
A ₄	1	3	5	5	5	1	1	1
A ₅	3	1	5	3	1	1	7	3
A ₆	1	1	1	1	1	1	1	1
A ₇	3	3	5	7	1	1	1	9
A ₈	3	3	5	5	1	1	7	3

Çizelge 4.10. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için kriter öncelik çizelgesi

Kriter Uzman	DIŞ KRİTERLER i (i=1,..., K)				İÇ KRİTERLER i (i=1,..., K)			
	$x_{1B_1}^{(i)}$	$x_{1B_2}^{(i)}$	$x_{1B_3}^{(i)}$	$x_{1B_4}^{(i)}$	$x_{1D_1}^{(i)}$	$x_{1D_2}^{(i)}$	$x_{1D_3}^{(i)}$	$x_{1D_4}^{(i)}$
Uzman 1	1	2	3	4	4	2	1	3
Uzman 2	3	1	2	4	3	4	1	2
Uzman 3	1	2	3	4	4	3	1	2
Uzman 4	3	1	2	4	4	2	1	3
Uzman 5	3	1	2	4	4	2	1	3

Uzman 1; $x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$ $x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)}$
 Uzman 2; $x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$ $x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)}$
 Uzman 3; $x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$ $x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)}$
 Uzman 4; $x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$ $x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)}$
 Uzman 5; $x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$ $x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)}$

Çizelge 4.11. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için normalize edilmiş karar matrisi

Alternatifler	Dış kriterler i (i=1,..., K)				İç kriterler i (i=1,..., K)			
	$x_{1B_1}^{(i)*}$	$x_{1B_2}^{(i)*}$	$x_{1B_3}^{(i)*}$	$x_{1B_4}^{(i)*}$	$x_{1D_1}^{(i)*}$	$x_{1D_2}^{(i)*}$	$x_{1D_3}^{(i)*}$	$x_{1D_4}^{(i)*}$
A ₁	0,265	0,274	0,217	0,347	0,177	0,086	0,074	0,395
A ₂	0,265	0,091	0,072	0,347	0,177	0,772	0,074	0,395
A ₃	0,795	0,822	0,650	0,485	0,177	0,600	0,663	0,237
A ₄	0,088	0,274	0,361	0,347	0,884	0,086	0,074	0,079
A ₅	0,265	0,091	0,361	0,208	0,177	0,086	0,516	0,237
A ₆	0,088	0,091	0,072	0,069	0,177	0,086	0,074	0,079
A ₇	0,265	0,274	0,361	0,485	0,177	0,086	0,074	0,712
A ₈	0,265	0,274	0,361	0,347	0,177	0,086	0,516	0,237

- Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt dış kriterleri için hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Eşitlik 3.7 kullanılarak uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrislerinin oluşturulması

$$A^{(1)}_Y = A^{(3)}_Y = X_{1B_1}^{(i)} > X_{1B_2}^{(i)} > X_{1B_3}^{(i)} > X_{1B_4}^{(i)} \quad A^{(2)}_Y = A^{(4)}_Y = A^{(5)}_Y = X_{1B_2}^{(i)} > X_{1B_3}^{(i)} > X_{1B_1}^{(i)} > X_{1B_4}^{(i)}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.7 kullanılarak muhtemel seçenekler için öncelik kriteri matrisleri oluşturulmaktadır. 5 uzman tarafından belirlenen öncelik matrisleri yukarıda gösterildiği gibidir. Ancak $n=4$ olduğundan medyan matrisi $4!=24$ olası matris arasından araştırılacaktır. 24 olası seçeneği incelemek oldukça zor ve zahmetli bir iştir. Bu yüzden çözüm alanı daraltılmaya çalışılacaktır. 5 matrisin eşit olan elemanları belirlenecektir. Bu durumda eşit olmayan sadece iki eleman mevcuttur. Bu elemanlar aşağıdaki matriste gösterilmektedir. Eşit olmayan iki elemanın muhtemel değerleri hesaplanarak bütün matris olasılıkları elde edilmiş olacaktır. Tablo 4.12'de elde edilebilecek tüm muhtemel matrisler gösterilmiştir.

$$A^{(M)} = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & 1 \\ a_{21} & 0 & 1 & 1 \\ a_{31} & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Çizelge 4.12. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; dış kriterler

Permütasyon	(1,2,3,4)	(1=2=3,4)
	$x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$	$x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Permütasyon	(2,1,3,4)	(2,3,1,4)
	$x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$	$x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

$$A^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.8 kullanılarak oluşturulan iki farklı sıralama arasındaki uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^1, A^{(S)}) = 0+4+0+4+4=12$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^2, A^{(S)}) = 2+2+2+2+2=10$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^3, A^{(S)}) = 2+2+2+2+2=10$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^4, A^{(S)}) = 4+0+4+0+0=8$$

Eşitlik 3.9 kullanılarak medyan matrisi hesaplanmaktadır. Minimum toplam değer olan 8 değerine A^4 matrisinde ulaşılmıştır. Bu da dış faktörler arasında en iyi olan medyan değeri

$U_2=U_4=U_5=(2,3,1,4)$ yani $x_{1B_2}^{(i)} > x_{1B_3}^{(i)} > x_{1B_1}^{(i)} > x_{1B_4}^{(i)}$ dir.

- Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt iç kriterleri için hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Eşitlik 3.7 kullanılarak uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrislerinin oluşturulması

$$A^{(1)}_X = A^{(4)}_X = A^{(5)}_X = X_{1D_3}^{(i)} > X_{1D_2}^{(i)} > X_{1D_4}^{(i)} > X_{1D_1}^{(i)} ;$$

$$A^{(2)}_X = X_{1D_3}^{(i)} > X_{1D_4}^{(i)} > X_{1D_1}^{(i)} > X_{1D_2}^{(i)} ;$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{(3)}_X = X_{1D_3}^{(i)} > X_{1D_4}^{(i)} > X_{1D_2}^{(i)} > X_{1D_1}^{(i)}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.7 kullanılarak muhtemel seçenekler için öncelik kriteri matrisleri oluşturulmaktadır. 5 uzman tarafından belirlenen öncelik matrisleri yukarıda gösterildiği gibidir. Ancak $n=4$ olduğundan medyan matrisi $4!=24$ olası matris arasından araştırılacaktır. 24 olası seçeneği incelemek oldukça zor ve zahmetli bir iştir. Bu yüzden çözüm alanı daraltılmaya çalışılacaktır. 5 matrisin eşit olan elemanları belirlenecektir. Bu durumda eşit olmayan sadece 2 eleman mevcuttur. Aşağıdaki matriste gösterilmektedir.

$$A^{(M)} = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & 0 & 0 \\ a_{21} & 0 & 0 & a_{24} \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & a_{42} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Çizelge 4.13. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; iç kriterler

Permütasyon	(3,2,4,1)	(3,4,2,1)
	$x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)}$	$x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Permütasyon	(3,4,1,2)	(3,1=2=4)
	$x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)}$	$x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

$$A^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.8 kullanılarak oluşturulan iki farklı sıralama arasındaki uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^1, A^{(S)}) = 0+4+2+0+0=6$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^2, A^{(S)}) = 2+2+0+2+2=8$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^3, A^{(S)}) = 4+0+2+4+4=14$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^4, A^{(S)}) = 2+2+4+2+2=12$$

Eşitlik 3.9 kullanılarak medyan matrisi hesaplanmaktadır. Minimum toplam değer olan 6 değerine A^1 matrisinde ulaşılmıştır. Bu da dış faktörler arasında en iyi olan medyan değeri

$U_1=U_4=U_5=(3,2,4,1)$ yani $x_{1D_3}^{(i)} > x_{1D_2}^{(i)} > x_{1D_4}^{(i)} > x_{1D_1}^{(i)}$ dir.

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için KEMIRA-M yöntemi uygulanmıştır. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri; sıkıntı, stres, sinirlilik ve öfke riski (y_{1B_1}), Çeşitli ilaç ve madde bağımlılıkları riski (y_{1B_2}), İntihar riski (y_{1B_3}) ve alt iç kriterleri; Tükenmişlik sendromundan kaynaklanan riskler (y_{1D_1}), anksiyete bozukluğundan kaynaklanan riskler (y_{1D_2}), uyku bozukluğundan kaynaklanan riskler (y_{1D_3}) olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.14. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için başlangıç karar matrisi

Alternatifler	Dış kriterler i (i=1,..., K)			İç kriterler i (i=1,..., K)		
	$y_{1B_1}^{(i)}$	$y_{1B_2}^{(i)}$	$y_{1B_3}^{(i)}$	$y_{1D_1}^{(i)}$	$y_{1D_2}^{(i)}$	$y_{1D_3}^{(i)}$
A ₁	5	5	5	3	7	1
A ₂	1	5	1	1	1	1
A ₃	5	1	1	1	1	1
A ₄	5	1	1	1	1	1
A ₅	3	9	3	7	7	5
A ₆	3	5	3	1	1	1
A ₇	1	1	1	1	1	1
A ₈	9	3	5	9	7	9

Çizelge 4.15. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için kriter öncelik çizelgesi

Kriter Uzman	DIŞ KRİTERLER i (i=1,..., K)			İÇ KRİTERLER i (i=1,..., K)		
	$y_{1B_1}^{(i)}$	$y_{1B_2}^{(i)}$	$y_{1B_3}^{(i)}$	$y_{1D_1}^{(i)}$	$y_{1D_2}^{(i)}$	$y_{1D_3}^{(i)}$
Uzman 1	1	2	3	3	1	2
Uzman 2	1	3	2	2	3	1
Uzman 3	1	3	2	1	3	2
Uzman 4	1	3	2	2	3	1
Uzman 5	1	3	2	1	2	3

Uzman 1; $y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)}$ $y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)}$
 Uzman 2; $y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$ $y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)}$
 Uzman 3; $y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$ $y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)}$
 Uzman 4; $y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$ $y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)}$
 Uzman 5; $y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$ $y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)}$

Çizelge 4.16. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için normalize edilmiş karar matrisi

Alternatifler	Dış kriterler i (i=1,..., K)			İç kriterler i (i=1,..., K)		
	$y_{1B_1}^{(i)*}$	$y_{1B_2}^{(i)*}$	$y_{1B_3}^{(i)*}$	$y_{1D_1}^{(i)*}$	$y_{1D_2}^{(i)*}$	$y_{1D_3}^{(i)*}$
A ₁	0,377	0,386	0,589	0,250	0,568	0,094
A ₂	0,075	0,386	0,118	0,083	0,081	0,094
A ₃	0,377	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094
A ₄	0,377	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094
A ₅	0,226	0,694	0,354	0,583	0,568	0,472
A ₆	0,226	0,386	0,354	0,083	0,081	0,094
A ₇	0,075	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094
A ₈	0,678	0,231	0,589	0,750	0,568	0,850

- Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri için hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Eşitlik 3.7 kullanılarak uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrislerinin oluşturulması

$$A^{(1)}_y = y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} ; \quad A^{(2)}_y = A^{(3)}_y = A^{(4)}_y = A^{(5)}_y = y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.7 kullanılarak muhtemel seçenekler için öncelik kriteri matrisleri oluşturulmaktadır. 5 uzman tarafından belirlenen öncelik matrisleri yukarıda gösterildiği gibidir. Ancak $n=3$ olduğundan medyan matrisi $3!=6$ olası matris arasından araştırılacaktır. 6 matris Çizelge 4.17’de gösterildiği gibidir:

Çizelge 4.17. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; dış kriterler

Permütasyon	(1,2,3)	(1,3,2)	(2,1,3)
	$y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)}$	$y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$	$y_{1B_2}^{(i)} > y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Permütasyon	(2,3,1)	(3,1,2)	(3,2,1)
	$y_{1B_2}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_1}^{(i)}$	$y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$	$y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)} > y_{1B_1}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

$$A^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^2 = A^3 = A^4 = A^5 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A^6 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^8 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A^9 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.8 kullanılarak oluşturulan iki farklı sıralama arasındaki uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^1, A^{(S)}) = 0+2+2+2+2=8$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^2, A^{(S)}) = 2+0+0+0+0=2$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^3, A^{(S)}) = 2+0+0+0+0=2$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^4, A^{(S)}) = 2+0+2+0+0=2$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^5, A^{(S)}) = 2+0+0+0+0=2$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^6, A^{(S)}) = 4+2+2+2+2=12$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^7, A^{(S)}) = 2+4+4+4+4=18$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^8, A^{(S)}) = 6+4+4+4+4=22$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^9, A^{(S)}) = 4+6+6+6+6=28$$

Eşitlik 3.9 kullanılarak medyan matrisi hesaplanmaktadır. Minimum toplam değer olan 2 değerine $A^2=A^3=A^4=A^5$ matrislerinde ulaşılmıştır. Bu da dış faktörler arasında en iyi olan medyan değeri $U_2=U_3=U_4=U_5=(1,3,2)$ yani $y_{1B_1}^{(i)} > y_{1B_3}^{(i)} > y_{1B_2}^{(i)}$ dir.

- Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt iç kriterleri için hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Eşitlik 3.7 kullanılarak uzman sıralamalarına göre öncelik kriteri matrislerinin oluşturulması

$$A^{(1)}_x = y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)} ;$$

$$A^{(2)}_x = A^{(4)}_x = y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)} ;$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{(3)}_x = y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)} ;$$

$$A^{(5)}_x = y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.7 kullanılarak muhtemel seçenekler için öncelik kriteri matrisleri oluşturulmaktadır. 5 uzman tarafından belirlenen öncelik matrisleri yukarıda gösterildiği gibidir. Ancak $n=3$ olduğundan medyan matrisi $3!=6$ olası matris arasından araştırılacaktır. 6 matris Çizelge 4.18'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.18. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler göz önüne alınarak muhtemel seçenekler için öncelik matrislerinin oluşturulması; iç kriterler

Permütasyon	(1,2,3)	(1,3,2)	(2,1,3)
	$y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)}$	$y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)}$	$y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Permütasyon	(2,3,1)	(3,1,2)	(3,2,1)
	$y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)}$	$y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)}$	$y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)}$
A matrisi	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

$$A^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{(2)} = A^{(4)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{(5)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^{(6)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A^{(7)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik 3.8 kullanılarak oluşturulan iki farklı sıralama arasındaki uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^1, A^{(S)}) = 0+4+6+4+4=18$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^2, A^{(S)}) = 4+0+2+0+4=10$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^3, A^{(S)}) = 6+2+0+2+2=12$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^4, A^{(S)}) = 4+0+2+0+4=10$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^5, A^{(S)}) = 4+4+2+4+0=14$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^6, A^{(S)}) = 2+6+4+6+2=20$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^7, A^{(S)}) = 2+2+4+2+6=16$$

Eşitlik 3.9 kullanılarak medyan matrisi hesaplanmaktadır. Minimum toplam değer olan 10 değerine $A^2=A^4$ matrislerinde ulaşılmıştır. Bu da dış faktörler arasında en iyi olan medyan değeri $U_2=U_4=(3,1,2)$ yani $y_{1D_3}^{(i)} > y_{1D_1}^{(i)} > y_{1D_2}^{(i)}$ dir.

4.1.4. Aşama 4: FUCOM yöntemi adımları (kriter ağırlıklarının hesaplanması)

Bu bölümde HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yönteminde FUCOM yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplama adımları ana ve alt kriterlere uygulanmıştır. Hesaplamalar, GAMS 24.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

Ana kriterler için FUCOM yönteminin uygulanması aşağıda açıklanmıştır.

Adım 9: Kriter sıralamasının belirlenmesi

Eşitlik 3.15-3.16’da gösterilmiş olan kriter sıralaması KEMIRA-M yöntemi kullanılarak medyan matrisi hesaplanmasından elde edilen sıralama göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Ana dış kriterler için elde edilen sıralama; $y_2 > y_3 > y_1$

Ana iç kriterler için elde edilen sıralama; $x_2 > x_1$

Adım 10: Değerlendirme kriterlerinin karşılaştırmalı önceliğinin belirlenmesi

Kriterlerin karşılaştırılması için önceden tanımlanmış bir ölçüğe dayanarak karar vericiler kriterleri karşılaştırmaktadır (Adım 2b) ve böylece ifadedeki her bir kriterin önemini belirlemektedir. Karşılaştırma, birinci derece (en önemli) kritere yani dış kriterler için y_2 , iç kriterler için x_2 ’ye göre yapılmaktadır. Böylelikle Adım 9’da sıralanan kriterlerin tümü için ($\bar{W}_{x_j(k)}^s$) kriterlerinin önemi elde edilmektedir. Birinci derece kriter kendisiyle karşılaştırıldığı için (önemi $\bar{W}_{x_j(1)}^s = 1$ ’dir), kriterlerin n-1 karşılaştırması yapılması gerekmektedir. Adım 9’da elde edilen sıralamaya uygun olarak 5 farklı uzmandan [1-9] skalası kullanılarak değerlendirme yapılması istenmiştir. Çizelge 4.19’da ana dış ve iç kriterler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Ana dış ve iç kriterler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri

Kriterler Uzmanlar	DIŞ KRİTERLER			İÇ KRİTERLER	
	y_2	y_3	y_1	x_2	x_1
Uzman 1	1	2	2	1	2
Uzman 2	1	1	1	1	2
Uzman 3	1	1	2	1	3
Uzman 4	1	2	4	1	2
Uzman 5	1	1	3	1	3

Kriterlerin elde edilen önceliklerine dayanarak, kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri eşitlik 3.21 kullanılarak hesaplanmıştır.

Ana dış kriterler için;

Ana iç kriterler için;

Uzman 1: $\varphi_{y_2/y_3}^1 = \frac{2}{1} = 2,$	$\varphi_{y_3/y_1}^1 = \frac{2}{2} = 1$	$\varphi_{x_2/x_1}^1 = \frac{2}{1} = 2$
Uzman 2: $\varphi_{y_2/y_3}^2 = \frac{1}{1} = 1,$	$\varphi_{y_3/y_1}^2 = \frac{1}{1} = 1$	$\varphi_{x_2/x_1}^2 = \frac{2}{1} = 2$
Uzman 3: $\varphi_{y_2/y_3}^3 = \frac{1}{1} = 1,$	$\varphi_{y_3/y_1}^3 = \frac{2}{1} = 2$	$\varphi_{x_2/x_1}^3 = \frac{3}{1} = 3$
Uzman 4: $\varphi_{y_2/y_3}^4 = \frac{2}{1} = 2,$	$\varphi_{y_3/y_1}^4 = \frac{4}{2} = 2$	$\varphi_{x_2/x_1}^4 = \frac{2}{1} = 2$
Uzman 5: $\varphi_{y_2/y_3}^5 = \frac{1}{1} = 1,$	$\varphi_{y_3/y_1}^5 = \frac{3}{1} = 3$	$\varphi_{x_2/x_1}^5 = \frac{3}{1} = 3$

Adım 11: Değerlendirme kriterlerinin nihai ağırlık değerlerinin hesaplanması

Ağırlık katsayılarının nihai değerleri aşağıdaki iki şartı sağlamalıdır.

(1) Ağırlık katsayılarının nihai değerleri eşitlik 3.22’de gösterilen koşulu sağlamalıdır.

Ana dış kriterler için;

Ana iç kriterler için;

Uzman 1: $\frac{W_{y_2}^1}{W_{y_3}^1} = 2,$	$\frac{W_{y_3}^1}{W_{y_1}^1} = 1$	$\frac{W_{x_2}^1}{W_{x_1}^1} = 2$
Uzman 2: $\frac{W_{y_2}^2}{W_{y_3}^2} = 1,$	$\frac{W_{y_3}^2}{W_{y_1}^2} = 1$	$\frac{W_{x_2}^2}{W_{x_1}^2} = 2$
Uzman 3: $\frac{W_{y_2}^3}{W_{y_3}^3} = 1,$	$\frac{W_{y_3}^3}{W_{y_1}^3} = 2$	$\frac{W_{x_2}^3}{W_{x_1}^3} = 3$
Uzman 4: $\frac{W_{y_2}^4}{W_{y_3}^4} = 2,$	$\frac{W_{y_3}^4}{W_{y_1}^4} = 2$	$\frac{W_{x_2}^4}{W_{x_1}^4} = 2$
Uzman 5: $\frac{W_{y_2}^5}{W_{y_3}^5} = 1,$	$\frac{W_{y_3}^5}{W_{y_1}^5} = 3$	$\frac{W_{x_2}^5}{W_{x_1}^5} = 3$

(2) Eşitlik 3.22'ye ek olarak, ağırlık katsayılarının nihai değerleri Eşitlik 3.23'de de gösterildiği gibi matematiksel geçişlilik koşulunu sağlamalıdır.

Ana dış kriterler için;

$$\text{Uzman 1: } \frac{W_{y_2}^1}{W_{y_1}^1} = 2 * 1 = 2$$

$$\text{Uzman 2: } \frac{W_{y_2}^2}{W_{y_1}^2} = 1 * 1 = 1$$

$$\text{Uzman 3: } \frac{W_{y_2}^3}{W_{y_1}^3} = 1 * 2 = 2$$

$$\text{Uzman 4: } \frac{W_{y_2}^4}{W_{y_1}^4} = 2 * 2 = 4$$

$$\text{Uzman 5: } \frac{W_{y_2}^5}{W_{y_1}^5} = 1 * 3 = 3$$

Değerlendirme kriterlerinin ağırlık katsayılarının nihai değerlerini belirlemek için son model Eşitlik 3.24'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

Ana dış kriterler için;

Uzman 1:

min χ_1

st.

$$\left| \frac{W_{y_2}^1}{W_{y_3}^1} - 2 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{y_3}^1}{W_{y_1}^1} - 1 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{y_2}^1}{W_{y_1}^1} - 2 \right| \leq \chi_1,$$

$$\sum_{j'=1}^3 W_{y_{j'}}^1 = 1,$$

$$W_{y_{j'}}^1 \geq 0, \forall j',$$

Uzman 2:

min χ_2

st.

$$\left| \frac{W_{y_2}^2}{W_{y_3}^2} - 1 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{y_3}^2}{W_{y_1}^2} - 1 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{y_2}^2}{W_{y_1}^2} - 1 \right| \leq \chi_2,$$

$$\sum_{j'=1}^3 W_{y_{j'}}^2 = 1,$$

$$W_{y_{j'}}^2 \geq 0, \forall j',$$

Uzman 3:

min χ_3

st.

$$\left| \frac{W_{y_2}^3}{W_{y_3}^3} - 1 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{y_3}^3}{W_{y_1}^3} - 2 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{y_2}^3}{W_{y_1}^3} - 2 \right| \leq \chi_3,$$

$$\sum_{j'=1}^3 W_{y_{j'}}^3 = 1,$$

$$W_{y_{j'}}^3 \geq 0, \forall j',$$

Uzman 4:

min χ_4

st.

$$\left| \frac{W_{y_2}^4}{W_{y_3}^4} - 2 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{y_3}^4}{W_{y_1}^4} - 2 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{y_2}^4}{W_{y_1}^4} - 4 \right| \leq \chi_4,$$

$$\sum_{j'=1}^3 W_{y_{j'}}^4 = 1,$$

$$W_{y_{j'}}^4 \geq 0, \forall j',$$

Uzman 5:

min χ_5

st.

$$\left| \frac{W_{y_2}^5}{W_{y_3}^5} - 1 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{y_3}^5}{W_{y_1}^5} - 3 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{y_2}^5}{W_{y_1}^5} - 3 \right| \leq \chi_5,$$

$$\sum_{j=1}^3 W_{y_j}^5 = 1,$$

$$W_{y_j}^5 \geq 0, \forall j,$$

Ana iç kriterler için;

Uzman 1:

min χ_1

st.

$$\left| \frac{W_{x_2}^1}{W_{x_1}^1} - 2 \right| \leq \chi_1,$$

$$\sum_{j=1}^2 W_{x_j}^1 = 1,$$

$$W_{x_j}^1 \geq 0, \forall j$$

Uzman 2:

min χ_2

st.

$$\left| \frac{W_{x_2}^2}{W_{x_1}^2} - 2 \right| \leq \chi_2,$$

$$\sum_{j=1}^2 W_{x_j}^2 = 1,$$

$$W_{x_j}^2 \geq 0, \forall j$$

Uzman 3:

min χ_3

st.

$$\left| \frac{W_{x_2}^3}{W_{x_1}^3} - 3 \right| \leq \chi_3,$$

$$\sum_{j=1}^2 W_{x_j}^3 = 1,$$

$$W_{x_j}^3 \geq 0, \forall j$$

Uzman 4:

min χ_4

st.

$$\left| \frac{W_{x_2}^4}{W_{x_1}^4} - 2 \right| \leq \chi_4,$$

$$\sum_{j=1}^2 W_{x_j}^4 = 1,$$

$$W_{x_j}^4 \geq 0, \forall j$$

Uzman 5:

min χ_5

st.

$$\left| \frac{W_{x_2}^5}{W_{x_1}^5} - 3 \right| \leq \chi_5,$$

$$\sum_{j=1}^2 W_{x_j}^5 = 1,$$

$$W_{x_j}^5 \geq 0, \forall j$$

Adım 12: Kriterlerin nihai ağırlığının bulunması

Tüm uzmanlar için hesaplanan ağırlık katsayılarının ortalaması alınarak tek bir ağırlık katsayısı elde edilmektedir.

Matematiksel modellerin çözülmesiyle ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalaması Çizelge 4.20’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.20. Ana kriterler için ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalama değerleri

Kriterler Uzmanlar	DIŞ KRİTERLER s (s=1,..., ...S)				İÇ KRİTERLER s (s=1,..., S)		
	$W_{y_1}^s$	$W_{y_2}^s$	$W_{y_3}^s$	χ_s	$W_{x_1}^s$	$W_{x_2}^s$	χ_s
Uzman 1	0,250	0,500	0,250	0	0,333	0,667	0
Uzman 2	0,333	0,333	0,333	0	0,333	0,667	0
Uzman 3	0,200	0,400	0,400	0	0,250	0,750	0
Uzman 4	0,143	0,571	0,286	0	0,333	0,667	0
Uzman 5	0,143	0,429	0,429	0	0,250	0,750	0
ORTALAMA	0,214	0,447	0,340	0	0,300	0,700	0

Ergonomik riskler ana iç kriteri için FUCOM yönteminin uygulanması aşağıda açıklanmıştır.

Eşitlik 3.17-3.18’de gösterilmiş olan kriter sıralaması KEMIRA-M yöntemi kullanılarak medyan matrisi hesaplanmasından elde edilen sıralama göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt dış kriterleri için elde edilen sıralama;

$$X_{1B_2} > X_{1B_3} > X_{1B_1} > X_{1B_4}$$

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt iç kriterleri için elde edilen sıralama;

$$X_{1D_3} > X_{1D_2} > X_{1D_4} > X_{1D_1}$$

Çizelge 4.21’de Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri

Kriter Uzman	DIŞ KRİTERLER				İÇ KRİTERLER			
	X_{1B_2}	X_{1B_3}	X_{1B_1}	X_{1B_4}	X_{1D_3}	X_{1D_2}	X_{1D_4}	X_{1D_1}
Uzman 1	1	1	2	3	1	5	7	8
Uzman 2	1	3	3	6	1	7	7	8
Uzman 3	1	1	2	6	1	5	5	9
Uzman 4	1	1	2	4	1	5	6	8
Uzman 5	1	2	3	4	1	5	5	7

Kriterlerin elde edilen önceliklerine dayanarak, kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri eşitlik 3.21 kullanılarak hesaplanmıştır.

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt dış kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \varphi_{X_{1B_2}/X_{1B_3}}^1 = \frac{1}{1} = 1, \quad \varphi_{X_{1B_3}/X_{1B_1}}^1 = \frac{2}{1} = 2, \quad \varphi_{X_{1B_1}/X_{1B_4}}^1 = \frac{3}{2} = 1,5$$

$$\text{Uzman 2: } \varphi_{X_{1B_2}/X_{1B_3}}^2 = \frac{3}{1} = 3, \quad \varphi_{X_{1B_3}/X_{1B_1}}^2 = \frac{3}{3} = 1, \quad \varphi_{X_{1B_1}/X_{1B_4}}^2 = \frac{6}{3} = 2$$

$$\text{Uzman 3: } \varphi_{X_{1B_2}/X_{1B_3}}^3 = \frac{1}{1} = 1, \quad \varphi_{X_{1B_3}/X_{1B_1}}^3 = \frac{2}{1} = 2, \quad \varphi_{X_{1B_1}/X_{1B_4}}^3 = \frac{6}{2} = 3$$

$$\begin{aligned} \text{Uzman 4: } \varphi_{x_1B_2/x_1B_3}^4 &= \frac{1}{1}=1, & \varphi_{x_1B_3/x_1B_1}^4 &= \frac{2}{1}=2, & \varphi_{x_1B_1/x_1B_4}^4 &= \frac{4}{2}=2 \\ \text{Uzman 5: } \varphi_{x_1B_2/x_1B_3}^5 &= \frac{2}{1}=2, & \varphi_{x_1B_3/x_1B_1}^5 &= \frac{3}{2}=1,5, & \varphi_{x_1B_1/x_1B_4}^5 &= \frac{4}{3}=1,3 \end{aligned}$$

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt iç kriterleri için;

$$\begin{aligned} \text{Uzman 1: } \varphi_{x_1D_3/x_1D_2}^1 &= \frac{5}{1}=5, & \varphi_{x_1D_2/x_1D_4}^1 &= \frac{7}{5}=1,4, & \varphi_{x_1D_4/x_1D_1}^1 &= \frac{8}{7}=1,1 \\ \text{Uzman 2: } \varphi_{x_1D_3/x_1D_2}^2 &= \frac{7}{1}=7, & \varphi_{x_1D_2/x_1D_4}^2 &= \frac{7}{7}=1, & \varphi_{x_1D_4/x_1D_1}^2 &= \frac{8}{7}=1,1 \\ \text{Uzman 3: } \varphi_{x_1D_3/x_1D_2}^3 &= \frac{5}{1}=5, & \varphi_{x_1D_2/x_1D_4}^3 &= \frac{5}{5}=1, & \varphi_{x_1D_4/x_1D_1}^3 &= \frac{9}{5}=1,8 \\ \text{Uzman 4: } \varphi_{x_1D_3/x_1D_2}^4 &= \frac{5}{1}=5, & \varphi_{x_1D_2/x_1D_4}^4 &= \frac{6}{5}=1,2, & \varphi_{x_1D_4/x_1D_1}^4 &= \frac{8}{6}=1,3 \\ \text{Uzman 5: } \varphi_{x_1D_3/x_1D_2}^5 &= \frac{2}{1}=2, & \varphi_{x_1D_2/x_1D_4}^5 &= \frac{3}{2}=1,5, & \varphi_{x_1D_4/x_1D_1}^5 &= \frac{7}{5}=1,4 \end{aligned}$$

(1) Ağırlık katsayılarının nihai değerleri eşitlik 3.22’de gösterilen koşulu sağlamalıdır.

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt dış kriterleri için;

$$\begin{aligned} \text{Uzman 1: } \frac{W_{x_1B_2}^1}{W_{x_1B_3}^1} &= 1, & \frac{W_{x_1B_3}^1}{W_{x_1B_1}^1} &= 2, & \frac{W_{x_1B_1}^1}{W_{x_1B_4}^1} &= 1,5 \\ \text{Uzman 2: } \frac{W_{x_1B_2}^2}{W_{x_1B_3}^2} &= 3, & \frac{W_{x_1B_3}^2}{W_{x_1B_1}^2} &= 1, & \frac{W_{x_1B_1}^2}{W_{x_1B_4}^2} &= 2 \\ \text{Uzman 3: } \frac{W_{x_1B_2}^3}{W_{x_1B_3}^3} &= 1, & \frac{W_{x_1B_3}^3}{W_{x_1B_1}^3} &= 2, & \frac{W_{x_1B_1}^3}{W_{x_1B_4}^3} &= 3 \\ \text{Uzman 4: } \frac{W_{x_1B_2}^4}{W_{x_1B_3}^4} &= 1, & \frac{W_{x_1B_3}^4}{W_{x_1B_1}^4} &= 2, & \frac{W_{x_1B_1}^4}{W_{x_1B_4}^4} &= 2 \\ \text{Uzman 5: } \frac{W_{x_1B_2}^5}{W_{x_1B_3}^5} &= 2, & \frac{W_{x_1B_3}^5}{W_{x_1B_1}^5} &= 1,5, & \frac{W_{x_1B_1}^5}{W_{x_1B_4}^5} &= 1,3 \end{aligned}$$

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt iç kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \frac{W_{x_1D_3}^1}{W_{x_1D_2}^1}=5, \quad \frac{W_{x_1D_2}^1}{W_{x_1D_4}^1}=1,4, \quad \frac{W_{x_1D_4}^1}{W_{x_1D_1}^1}=1,1$$

$$\text{Uzman 2: } \frac{W_{x_1D_3}^2}{W_{x_1D_2}^2}=7, \quad \frac{W_{x_1D_2}^2}{W_{x_1D_4}^2}=1, \quad \frac{W_{x_1D_4}^2}{W_{x_1D_1}^2}=1.1$$

$$\text{Uzman 3: } \frac{W_{x_1D_3}^3}{W_{x_1D_2}^3}=5, \quad \frac{W_{x_1D_2}^3}{W_{x_1D_4}^3}=1, \quad \frac{W_{x_1D_4}^3}{W_{x_1D_1}^3}=1.8$$

$$\text{Uzman 4: } \frac{W_{x_1D_3}^4}{W_{x_1D_2}^4}=5, \quad \frac{W_{x_1D_2}^4}{W_{x_1D_4}^4}=1,2, \quad \frac{W_{x_1D_4}^4}{W_{x_1D_1}^4}=1,3$$

$$\text{Uzman 5: } \frac{W_{x_1D_3}^5}{W_{x_1D_2}^5}=5, \quad \frac{W_{x_1D_2}^5}{W_{x_1D_4}^5}=1, \quad \frac{W_{x_1D_4}^5}{W_{x_1D_1}^5}=1,4$$

(2) Eşitlik 3.23'de de gösterildiği gibi, ağırlık katsayılarının nihai değerleri matematiksel geçişlilik koşulunu sağlamalıdır.

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt dış kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \frac{W_{x_1B_2}^1}{W_{x_1B_1}^1}=2*1=2, \quad \frac{W_{x_1B_3}^1}{W_{x_1B_4}^1}=2*1,5=3,$$

$$\text{Uzman 2: } \frac{W_{x_1B_2}^2}{W_{x_1B_1}^2}=3*1=3, \quad \frac{W_{x_1B_3}^2}{W_{x_1B_4}^2}=1*2=2,$$

$$\text{Uzman 3: } \frac{W_{x_1B_2}^3}{W_{x_1B_1}^3}=1*2=2, \quad \frac{W_{x_1B_3}^3}{W_{x_1B_4}^3}=2*3=6,$$

$$\text{Uzman 4: } \frac{W_{x_1B_2}^4}{W_{x_1B_1}^4}=1*2=2, \quad \frac{W_{x_1B_3}^4}{W_{x_1B_4}^4}=2*2=4,$$

$$\text{Uzman 5: } \frac{W_{x_1B_2}^5}{W_{x_1B_1}^5}=2*1,5=3, \quad \frac{W_{x_1B_3}^5}{W_{x_1B_4}^5}=1,5*1,3=2,$$

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt iç kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \frac{W_{x_1D_3}^1}{W_{x_1D_4}^1}=5*1,4=7, \quad \frac{W_{x_1D_2}^1}{W_{x_1D_1}^1}=1,4*1,1=1,5$$

$$\text{Uzman 2: } \frac{W_{x_1D_3}^2}{W_{x_1D_4}^2} = 7 * 1 = 7,$$

$$\frac{W_{x_1D_2}^2}{W_{x_1D_1}^2} = 1 * 1,1 = 1,1$$

$$\text{Uzman 3: } \frac{W_{x_1D_3}^3}{W_{x_1D_4}^3} = 5 * 1 = 5,$$

$$\frac{W_{x_1D_2}^3}{W_{x_1D_1}^3} = 1 * 1,8 = 1,8$$

$$\text{Uzman 4: } \frac{W_{x_1D_3}^4}{W_{x_1D_4}^4} = 5 * 1,2 = 6,$$

$$\frac{W_{x_1D_2}^4}{W_{x_1D_1}^4} = 1,2 * 1,33 = 1,6$$

$$\text{Uzman 5: } \frac{W_{x_1D_3}^5}{W_{x_1D_4}^5} = 5 * 1 = 5,$$

$$\frac{W_{x_1D_2}^5}{W_{x_1D_1}^5} = 1 * 1,4 = 1,4$$

Değerlendirme kriterlerinin ağırlık katsayılarının nihai değerlerini belirlemek için son model Eşitlik 3.24'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

Ergonomik riskler ana kriterinin alt dış kriterleri için;

Uzman 1:

min χ_1

st.

$$\left| \frac{W_{x_1B_2}^1}{W_{x_1B_3}^1} = -1 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{x_1B_3}^1}{W_{x_1B_1}^1} - 2 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{x_1B_1}^1}{W_{x_1B_4}^1} - 1,5 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{x_1B_2}^1}{W_{x_1B_1}^1} - 2 \right| \leq \chi_1,$$

$$\left| \frac{W_{x_1B_3}^1}{W_{x_1B_4}^1} - 3 \right| \leq \chi_1,$$

$$\sum_{p=1}^4 W_{x_1B_p}^1 = 1,$$

$$W_{x_1B_p}^1 \geq 0, \forall p$$

Uzman 2:

min χ_2

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 B_2}^2}{W_{x_1 B_3}^2} = -3 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{x_1 B_3}^2}{W_{x_1 B_1}^2} - 1 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{x_1 B_1}^2}{W_{x_1 B_4}^2} - 2 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{x_1 B_2}^2}{W_{x_1 B_1}^2} - 3 \right| \leq \chi_2,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 B_3}^2}{W_{x_1 B_4}^2} - 2 \right| \leq \chi_2,$$

$$\sum_{p=1}^4 W_{x_1 B_p}^2 = 1,$$

$$W_{x_1 B_p}^2 \geq 0, \forall p$$

Uzman 3:

min χ_3

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 B_2}^3}{W_{x_1 B_3}^3} = -1 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{x_1 B_3}^3}{W_{x_1 B_1}^3} - 2 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{x_1 B_1}^3}{W_{x_1 B_4}^3} - 3 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{x_1 B_2}^3}{W_{x_1 B_1}^3} - 2 \right| \leq \chi_3,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 B_3}^3}{W_{x_1 B_4}^3} - 6 \right| \leq \chi_3,$$

$$\sum_{p=1}^4 W_{x_1 B_p}^3 = 1,$$

$$W_{x_1 B_p}^3 \geq 0, \forall p$$

Uzman 4:

min χ_4

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 B_2}^4}{W_{x_1 B_3}^4} = -1 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{x_1 B_3}^4}{W_{x_1 B_1}^4} - 2 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{x_1 B_1}^4}{W_{x_1 B_4}^4} - 2 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{x_1 B_2}^4}{W_{x_1 B_1}^4} - 2 \right| \leq \chi_4,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 B_3}^4}{W_{x_1 B_4}^4} - 4 \right| \leq \chi_4,$$

$$\sum_{p=1}^4 W_{x_1 B_p}^4 = 1,$$

$$W_{x_1 B_p}^4 \geq 0, \forall p$$

Uzman 5:

$$\min \chi_5$$

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 B_2}^5}{W_{x_1 B_3}^5} = -2 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{x_1 B_3}^5}{W_{x_1 B_1}^5} - 1,5 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{x_1 B_1}^5}{W_{x_1 B_4}^5} - 1,3 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{x_1 B_2}^5}{W_{x_1 B_1}^5} - 3 \right| \leq \chi_5,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 B_3}^5}{W_{x_1 B_4}^5} - 2 \right| \leq \chi_5,$$

$$\sum_{p=1}^4 W_{x_1 B_p}^5 = 1,$$

$$W_{x_1 B_p}^5 \geq 0, \forall p$$

Ergonomik riskler ana iç kriterinin alt iç kriterleri için;

Uzman 1:

$$\min \chi_1$$

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 D_3}^1}{W_{x_1 D_2}^1} - 5 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{x_1 D_2}^1}{W_{x_1 D_4}^1} - 1,4 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{x_1 D_4}^1}{W_{x_1 D_1}^1} - 1,1 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{x_1 D_3}^1}{W_{x_1 D_4}^1} - 7 \right| \leq \chi_1,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 D_2}^1}{W_{x_1 D_1}^1} - 1,5 \right| \leq \chi_1,$$

$$\sum_{q=1}^4 W_{x_1 D_q}^1 = 1,$$

$$W_{x_1 D_q}^1 \geq 0, \forall q$$

Uzman 2:

min χ_2

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 D_3}^2}{W_{x_1 D_2}^2} - 7 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{x_1 D_2}^2}{W_{x_1 D_4}^2} - 1 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{x_1 D_4}^2}{W_{x_1 D_1}^2} - 1,1 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{x_1 D_3}^2}{W_{x_1 D_4}^2} - 7 \right| \leq \chi_2,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 D_2}^2}{W_{x_1 D_1}^2} - 1,1 \right| \leq \chi_2,$$

$$\sum_{q=1}^4 W_{x_1 D_q}^2 = 1,$$

$$W_{x_1 D_q}^2 \geq 0, \forall q$$

Uzman 3:

min χ_3

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 D_3}^3}{W_{x_1 D_2}^3} - 5 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{x_1 D_2}^3}{W_{x_1 D_4}^3} - 1 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{x_1 D_4}^3}{W_{x_1 D_1}^3} - 1,8 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{x_1 D_3}^3}{W_{x_1 D_4}^3} - 5 \right| \leq \chi_3,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 D_2}^3}{W_{x_1 D_1}^3} - 1,8 \right| \leq \chi_3,$$

$$\sum_{q=1}^4 W_{x_1 D_q}^3 = 1,$$

$$W_{x_1 D_q}^3 \geq 0, \forall q$$

Uzman 4:

min χ_4

st.

$$\left| \frac{W_{x_1 D_3}^4}{W_{x_1 D_2}^4} - 5 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{x_1 D_2}^4}{W_{x_1 D_4}^4} - 1,2 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{x_1 D_4}^4}{W_{x_1 D_1}^4} - 1,3 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{x_1 D_3}^4}{W_{x_1 D_4}^4} - 6 \right| \leq \chi_4,$$

$$\left| \frac{W_{x_1 D_2}^4}{W_{x_1 D_1}^4} - 1,6 \right| \leq \chi_4,$$

$$\sum_{q=1}^4 W_{x_1 D_q}^4 = 1,$$

$$W_{x_1D_q}^4 \geq 0, \forall q$$

Uzman 5:

min χ_5

st.

$$\left| \frac{W_{x_1D_3}^5}{W_{x_1D_2}^5} - 5 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{x_1D_2}^5}{W_{x_1D_4}^5} - 1 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{x_1D_4}^5}{W_{x_1D_1}^5} - 1,4 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{x_1D_3}^5}{W_{x_1D_4}^5} - 5 \right| \leq \chi_5,$$

$$\left| \frac{W_{x_1D_2}^5}{W_{x_1D_1}^5} - 1,4 \right| \leq \chi_5,$$

$$\sum_{q=1}^4 W_{x_1D_q}^5 = 1,$$

$$W_{x_1D_q}^5 \geq 0, \forall q$$

Matematiksel modellerin çözülmesiyle ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalaması Çizelge 4.22’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.22. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalama değerleri

Kriter Uzman	DIŞ KRİTERLER s (s=1,..., S)					İÇ KRİTERLER s (s=1,..., S)				
	$W_{x_1B_1}^s$	$W_{x_1B_2}^s$	$W_{x_1B_3}^s$	$W_{x_1B_4}^s$	χ_s	$W_{x_1D_1}$	$W_{x_1D_2}$	$W_{x_1D_3}$	$W_{x_1D_4}$	χ_s
Uzman 1	0,176	0,353	0,353	0,118	0	0,086	0,137	0,680	0,097	0
Uzman 2	0,182	0,545	0,182	0,091	0	0,092	0,101	0,706	0,101	0
Uzman 3	0,187	0,375	0,375	0,062	0	0,074	0,132	0,662	0,132	0
Uzman 4	0,182	0,364	0,364	0,091	0	0,085	0,134	0,670	0,111	0
Uzman 5	0,159	0,479	0,241	0,121	0	0,093	0,130	0,648	0,130	0
ORTALAMA	0,177	0,423	0,303	0,097	0	0,086	0,127	0,673	0,114	0

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için FUCOM yönteminin uygulanması aşağıda açıklanmıştır.

Eşitlik 3.19-3.20’de gösterilmiş olan kriter sıralaması KEMIRA-M yöntemi kullanılarak medyan matrisi hesaplanmasından elde edilen sıralama göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri için elde edilen sıralama; $y_{1B_1} > y_{1B_3} > y_{1B_2}$

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt iç kriterleri için elde edilen sıralama; $y_{1D_3} > y_{1D_1} > y_{1D_2}$

Çizelge 4.23’de Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için FUCOM yöntemi uzman değerlendirmeleri

Kriter	DIŞ KRİTERLER			İÇ KRİTERLER		
	i (i=1,..., K)			i (i=1,..., K)		
Uzman	y_{1B_1}	y_{1B_3}	y_{1B_2}	y_{1D_3}	y_{1D_1}	y_{1D_2}
Uzman 1	1	3	3	1	1	2
Uzman 2	1	4	4	1	3	3
Uzman 3	1	9	9	1	1	2
Uzman 4	1	7	7	1	1	3
Uzman 5	1	4	4	1	2	4

Kriterlerin elde edilen önceliklerine dayanarak, kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri eşitlik 3.21 kullanılarak hesaplanmıştır.

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \varphi_{y_{1B_1}/y_{1B_3}}^1 = \frac{3}{1} = 3, \quad \varphi_{y_{1B_3}/y_{1B_2}}^1 = \frac{3}{3} = 1$$

$$\text{Uzman 2: } \varphi_{y_{1B_1}/y_{1B_3}}^2 = \frac{4}{1} = 4, \quad \varphi_{y_{1B_3}/y_{1B_2}}^2 = \frac{4}{4} = 1$$

$$\text{Uzman 3: } \varphi_{y_{1B_1}/y_{1B_3}}^3 = \frac{9}{1} = 9, \quad \varphi_{y_{1B_3}/y_{1B_2}}^3 = \frac{9}{9} = 1$$

$$\text{Uzman 4: } \varphi_{y_{1B_1}/y_{1B_3}}^4 = \frac{7}{1} = 7, \quad \varphi_{y_{1B_3}/y_{1B_2}}^4 = \frac{7}{7} = 1$$

$$\text{Uzman 5: } \varphi_{y_{1B_1}/y_{1B_3}}^5 = \frac{4}{1} = 4, \quad \varphi_{y_{1B_3}/y_{1B_2}}^5 = \frac{4}{4} = 1$$

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt iç kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \varphi_{y_{1D_3}/y_{1D_1}}^1 = \frac{1}{1} = 1, \quad \varphi_{y_{1D_1}/y_{1D_2}}^1 = \frac{2}{1} = 2$$

$$\text{Uzman 2: } \varphi_{y_{1D_3}/y_{1D_1}}^2 = \frac{3}{1} = 3, \quad \varphi_{y_{1D_1}/y_{1D_2}}^2 = \frac{3}{3} = 1$$

$$\text{Uzman 3: } \varphi_{y_{1D_3}/y_{1D_1}}^3 = \frac{1}{1} = 1, \quad \varphi_{y_{1D_1}/y_{1D_2}}^3 = \frac{2}{1} = 2$$

$$\text{Uzman 4: } \varphi_{y_{1D_3}/y_{1D_1}}^4 = \frac{1}{1} = 1, \quad \varphi_{y_{1D_1}/y_{1D_2}}^4 = \frac{3}{1} = 3$$

$$\text{Uzman 5: } \varphi_{y_{1D_3}/y_{1D_1}}^5 = \frac{2}{1} = 2, \quad \varphi_{y_{1D_1}/y_{1D_2}}^5 = \frac{4}{2} = 2$$

(1) Ağırlık katsayılarının nihai değerleri eşitlik 3.22’de gösterilen koşulu sağlamalıdır.

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \frac{W_{y_1B_1}^1}{W_{y_1B_3}^1}=3, \quad \frac{W_{y_1B_3}^1}{W_{y_1B_2}^1}=1$$

$$\text{Uzman 2: } \frac{W_{y_1B_1}^2}{W_{y_1B_3}^2}=4, \quad \frac{W_{y_1B_3}^2}{W_{y_1B_2}^2}=1$$

$$\text{Uzman 3: } \frac{W_{y_1B_1}^3}{W_{y_1B_3}^3}=9, \quad \frac{W_{y_1B_3}^3}{W_{y_1B_2}^3}=1$$

$$\text{Uzman 4: } \frac{W_{y_1B_1}^4}{W_{y_1B_3}^4}=7, \quad \frac{W_{y_1B_3}^4}{W_{y_1B_2}^4}=1$$

$$\text{Uzman 5: } \frac{W_{y_1B_1}^5}{W_{y_1B_3}^5}=4, \quad \frac{W_{y_1B_3}^5}{W_{y_1B_2}^5}=1$$

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt iç kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \frac{W_{y_1D_3}^1}{W_{y_1D_1}^1}=1, \quad \frac{W_{y_1D_1}^1}{W_{y_1D_2}^1}=2$$

$$\text{Uzman 2: } \frac{W_{y_1D_3}^2}{W_{y_1D_1}^2}=3, \quad \frac{W_{y_1D_1}^2}{W_{y_1D_2}^2}=1$$

$$\text{Uzman 3: } \frac{W_{y_1D_3}^3}{W_{y_1D_1}^3}=1, \quad \frac{W_{y_1D_1}^3}{W_{y_1D_2}^3}=2$$

$$\text{Uzman 4: } \frac{W_{y_1D_3}^4}{W_{y_1D_1}^4}=1, \quad \frac{W_{y_1D_1}^4}{W_{y_1D_2}^4}=3$$

$$\text{Uzman 5: } \frac{W_{y_1D_3}^5}{W_{y_1D_1}^5}=2, \quad \frac{W_{y_1D_1}^5}{W_{y_1D_2}^5}=2$$

(2) Eşitlik 3.23'de de gösterildiği gibi, ağırlık katsayılarının nihai değerleri matematiksel geçişlilik koşulunu sağlamalıdır.

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri için;

$$\text{Uzman 1: } \frac{W_{y_1B_1}^1}{W_{y_1B_2}^1} = 3 * 1 = 3,$$

$$\text{Uzman 2: } \frac{W_{y_1B_1}^2}{W_{y_1B_2}^2} = 4 * 1 = 4,$$

$$\text{Uzman 3: } \frac{W_{y_1B_1}^3}{W_{y_1B_2}^3} = 9 * 1 = 9,$$

$$\text{Uzman 4: } \frac{W_{y_1B_1}^4}{W_{y_1B_2}^4} = 7 * 1 = 7,$$

$$\text{Uzman 5: } \frac{W_{y_1B_1}^5}{W_{y_1B_2}^5} = 4 * 1 = 4,$$

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt iç kriterleri için;

$$\frac{W_{y_1D_3}^1}{W_{y_1D_2}^1} = 1 * 2 = 2$$

$$\frac{W_{y_1D_3}^2}{W_{y_1D_2}^2} = 3 * 1 = 3$$

$$\frac{W_{y_1D_3}^3}{W_{y_1D_2}^3} = 1 * 2 = 2$$

$$\frac{W_{y_1D_3}^4}{W_{y_1D_2}^4} = 1 * 3 = 3$$

$$\frac{W_{y_1D_3}^5}{W_{y_1D_2}^5} = 2 * 2 = 4$$

Değerlendirme kriterlerinin ağırlık katsayılarının nihai değerlerini belirlemek için son model Eşitlik 3.24'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt dış kriterleri için;

Uzman 1:

min χ_1

st.

$$\left| \frac{W_{y_1 B_1}^1}{W_{y_1 B_3}^1} - 3 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{y_1 B_3}^1}{W_{y_1 B_2}^1} - 1 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{y_1 B_1}^1}{W_{y_1 B_2}^1} - 3 \right| \leq \chi_1$$

$$\sum_{p=1}^3 W_{y_1 B_p}^1 = 1,$$

$$W_{y_1 B_p}^1 \geq 0, \forall p$$

Uzman 2:

min χ_2

st.

$$\left| \frac{W_{y_1 B_1}^2}{W_{y_1 B_3}^2} - 4 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{y_1 B_3}^2}{W_{y_1 B_2}^2} - 1 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{y_1 B_1}^2}{W_{y_1 B_2}^2} - 4 \right| \leq \chi_2$$

$$\sum_{p=1}^3 W_{y_1 B_p}^2 = 1,$$

$$W_{y_1 B_p}^2 \geq 0, \forall p$$

Uzman 3:

min χ_3

st.

$$\left| \frac{W_{y_1 B_1}^3}{W_{y_1 B_3}^3} - 9 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{y_1 B_3}^3}{W_{y_1 B_2}^3} - 4 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{y_1 B_1}^3}{W_{y_1 B_2}^3} - 9 \right| \leq \chi_3$$

$$\sum_{p=1}^3 W_{y_1 B_p}^3 = 1,$$

$$W_{y_1 B_p}^3 \geq 0, \forall p$$

Uzman 4:

min χ_4

st.

$$\left| \frac{W_{y_1B_1}^4}{W_{y_1B_3}^4} - 7 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{y_1B_3}^4}{W_{y_1B_2}^4} - 1,5 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{y_1B_1}^4}{W_{y_1B_2}^4} - 7 \right| \leq \chi_4$$

$$\sum_{p=1}^3 W_{y_1B_p}^4 = 1,$$

$$W_{y_1B_p}^4 \geq 0, \forall p$$

Uzman 5:

min χ_5

st.

$$\left| \frac{W_{y_1B_1}^5}{W_{y_1B_3}^5} - 4 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{y_1B_3}^5}{W_{y_1B_2}^5} - 1 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{y_1B_1}^5}{W_{y_1B_2}^5} - 4 \right| \leq \chi_5$$

$$\sum_{p=1}^3 W_{y_1B_p}^5 = 1,$$

$$W_{y_1B_p}^5 \geq 0, \forall p$$

Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan risklerin alt iç kriterleri için;

Uzman 1:

min χ_1

st.

$$\left| \frac{W_{y_1D_3}^1}{W_{y_1D_1}^1} - 1 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{y_1D_1}^1}{W_{y_1D_2}^1} - 2 \right| \leq \chi_1, \left| \frac{W_{y_1D_3}^1}{W_{y_1D_2}^1} - 2 \right| \leq \chi_1$$

$$\sum_{q=1}^3 W_{y_1D_q}^1 = 1,$$

$$W_{y_1D_q}^1 \geq 0, \forall q$$

Uzman 2:

min χ_2

st.

$$\left| \frac{W_{y_1 D_3}^2}{W_{y_1 D_1}^2} - 3 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{y_1 D_1}^2}{W_{y_1 D_2}^2} - 1 \right| \leq \chi_2, \left| \frac{W_{y_1 D_3}^2}{W_{y_1 D_2}^2} - 3 \right| \leq \chi_2$$

$$\sum_{q=1}^3 W_{y_1 D_q}^2 = 1,$$

$$W_{y_1 D_q}^2 \geq 0, \forall q$$

Uzman 3:

min χ_3

st.

$$\left| \frac{W_{y_1 D_3}^3}{W_{y_1 D_1}^3} - 1 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{y_1 D_1}^3}{W_{y_1 D_2}^3} - 2 \right| \leq \chi_3, \left| \frac{W_{y_1 D_3}^3}{W_{y_1 D_2}^3} - 2 \right| \leq \chi_3$$

$$\sum_{q=1}^3 W_{y_1 D_q}^3 = 1,$$

$$W_{y_1 D_q}^3 \geq 0, \forall q$$

Uzman 4:

min χ_4

st.

$$\left| \frac{W_{y_1 D_3}^4}{W_{y_1 D_1}^4} - 1 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{y_1 D_1}^4}{W_{y_1 D_2}^4} - 3 \right| \leq \chi_4, \left| \frac{W_{y_1 D_3}^4}{W_{y_1 D_2}^4} - 3 \right| \leq \chi_4$$

$$\sum_{q=1}^3 W_{y_1 D_q}^4 = 1,$$

$$W_{y_1 D_q}^4 \geq 0, \forall q$$

Uzman 5:

min χ_5

st.

$$\left| \frac{W_{y_1D_3}^5}{W_{y_1D_1}^5} - 2 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{y_1D_1}^5}{W_{y_1D_2}^5} - 2 \right| \leq \chi_5, \left| \frac{W_{y_1D_3}^5}{W_{y_1D_2}^5} - 4 \right| \leq \chi_5$$

$$\sum_{q=1}^3 W_{y_1D_q}^5 = 1,$$

$$W_{y_1D_q}^5 \geq 0, \forall q$$

Matematiksel modellerin çözülmesiyle ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalaması Çizelge 4.24’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.24. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için ağırlık katsayılarının nihai değerleri ve ağırlık katsayılarının ortalama değerleri

Kriter Uzman	DIŞ KRİTERLER s(s=1,..., S)				İÇ KRİTERLER s(s=1,..., S)			
	$W_{y_1B_1}^s$	$W_{y_1B_2}^s$	$W_{y_1B_3}^s$	χ_s	$W_{y_1D_1}^s$	$W_{y_1D_2}^s$	$W_{y_1D_3}^s$	χ_s
Uzman 1	0,600	0,200	0,200	0	0,400	0,200	0,400	0
Uzman 2	0,667	0,167	0,167	0	0,200	0,200	0,600	0
Uzman 3	0,818	0,091	0,091	0	0,400	0,200	0,400	0
Uzman 4	0,778	0,111	0,111	0	0,429	0,143	0,429	0
Uzman 5	0,667	0,167	0,167	0	0,286	0,143	0,571	0
ORTALAMA	0,706	0,147	0,147	0	0,343	0,177	0,480	0

Çizelge 4.25’de ana kriterlerin ve alt kriterlerin FUCOM yöntemi ile bulunan ağırlıkları gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. Ana ve alt kriterlerin HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemi ile bulunan ağırlıkları

KRİTER	ANA KRİTER AĞIRLIĞI	ANA KRİTER NORMALİZE AĞIRLIĞI	ALT KRİTER AĞIRLIĞI	ALT KRİTER NORMALİZE AĞIRLIĞI	ALT KRİTER GLOBAL AĞIRLIĞI
ANA-DIŞ KRİTERLER					
PSİKO-SOSYAL SAĞLIK SORUNLARINA NEDEN OLAN RİSKLER	0,214	0,107			
DIŞ KRİTERLER					
Sıkıntı, stres, sinirlilik, öfke			0,706	0,353	0,038
Çeşitli ilaç ve madde bağımlılıkları			0,147	0,074	0,008
İntihar riski			0,147	0,074	0,008
İÇ KRİTERLER					
Tükenmişlik sendromu			0,343	0,172	0,018
Anksiyete bozukluğu			0,177	0,089	0,009
Uyku bozukluğu			0,480	0,240	0,026
Genel Toplam			2,000	1,000	
GÜVENSİZ NÖBET-VARDIYA ORTAMI VE İLETİŞİMLE İLGİLİ RİSKLER	0,447	0,224			
DIŞ KRİTERLER					
Fiziksel şiddet			0,457	0,229	0,051
Sözel şiddet			0,401	0,201	0,045
Cinsel taciz			0,072	0,036	0,008
Hırsızlık Riski			0,070	0,035	0,008
İÇ KRİTERLER					
Nöbet sonrası icaplarda uykusuz araba kullanmaya bağlı trafik kazası riski			0,523	0,262	0,058
Yorgunluk, dikkatsizlik ve konsantrasyon eksikliği nedeniyle çalışma sırasında hastanede meydana gelebilecek kaza riski			0,128	0,064	0,014
Çalışanlarla ve üst yönetimle olan oluşan riskler			0,350	0,175	0,039
Genel Toplam			2,000	1,000	

Çizelge 4.25. (devam)

ALERJİ VE ENFEKSİYON İLE İLGİLİ RİSKLER	0,340	0,170			
DIŞ KRİTERLER					
Kan ve vücut sıvılarının cilde teması ile bulaşma riski			0,100	0,050	0,009
Kan ve vücut sıvılarının göze teması ile bulaşma riski			0,187	0,094	0,016
Hastalardan inhalasyon yoluyla bulaşan solunum yolu hastalıkları			0,263	0,132	0,022
Kesici, delici alet yaralanmaları			0,450	0,225	0,038
İÇ KRİTERLER					
Eldiven kullanımına bağlı oluşan lateks alerjisi riski			0,493	0,247	0,042
Dezenfektanlara ve el antiseptiklerinin kullanımına bağlı oluşan alerji riski			0,354	0,177	0,030
İlaç sıçramalarına maruz kalma ile ilaç reaksiyonu oluşma riski			0,153	0,077	0,013
Genel Toplam			2,000	1,000	
ANA-İÇ KRİTERLER					
ERGONOMİK RİSKLER	0,300	0,150			
DIŞ KRİTERLER					
Gürültüye bağlı riskler			0,177	0,089	0,013
Aydınlatmaya bağlı riskler			0,432	0,216	0,032
Havalandırmaya bağlı hastalık oluşma riski			0,303	0,152	0,023
Su, kanalizasyon ve temizlik sorunları riski			0,097	0,049	0,007
İÇ KRİTERLER					
Gıda zehirlenmesi riski			0,086	0,043	0,006
Islak, kaygan zemine bağlı; kayma, düşme, burkulma ve yaralanma riski			0,127	0,064	0,010
Uzun süre ayakta kalma nedeniyle, kas- iskelet sistemi veya damar hastalıkları oluşma riski			0,673	0,337	0,050
Gerekli koruyucuların kullanılmamasından meydana gelen riskler			0,114	0,057	0,009
Genel Toplam			2,000	1,000	

Çizelge 4.25. (devam)

TIBBİ CİHAZ, MALZEME, ARAÇ VE GEREÇ BAĞLANTILI RİSKLER	0,700	0,350			
DIŞ KRİTERLER					
Tıbbi cihaz nedeniyle yangın riski			0,493	0,247	0,086
Sertifikasız/ yetkisiz cihaz ve malzeme kullanma vs. ile ilgili riskler			0,202	0,101	0,035
Kimyasal madde dökülme, sıçramasına bağlı kazalarda; çalışan yaralanma, yanık ve alerjik reaksiyon riski			0,305	0,153	0,053
İÇ KRİTERLER					
Basınçlı oksijen tüplerinin kullanım hatalarına bağlı çalışanların yaralanma riski			0,125	0,063	0,022
Röntgen çekimlerinde hastalara müdahale ederken radyasyona maruz kalma riski			0,717	0,359	0,125
Defibrilatör kullanımı sırasında meydana gelen elektrik yanığı riski			0,158	0,079	0,028
Genel Toplam			2,000	1,000	
Dış ve İç Kriterlerin Genel Toplamı	2,000	1,000			1,000

4.1.5. Aşama 5: KEMIRA-M yöntemi ile önlemlerin sıralanması ve en önemli önlemin seçilmesi

Bu bölümde HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yönteminde KEMIRA-M yöntemi kullanılarak önlemlerin (alternatiflerin) sıralanması ve en önemli önlemin seçilmesi işleminin adımları ana ve alt kriterlere uygulanmıştır.

Ana ve alt kriterler için KEMIRA-M yöntemi ile önlemlerin sıralanması gösterilmiştir.

Adım 13: Alternatiflerin sıralanması

Bu adımda son olarak normalize edilmiş değerler ile HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yönteminden bulunan ağırlık katsayıları çarpılarak gerekli işlemler yapıldıktan sonra önlemlerin sıralaması elde edilmektedir. Çizelge 4.26-4.28'de ana kriterler ve ana iç kriterler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralamaları gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Ana kriterler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

w_y, w_x	0,107	0,224	0,170	0,150	0,350				
Alternatifler	$y_1^{(i)}$	$y_2^{(i)}$	$y_3^{(i)}$	$x_1^{(i)}$	$x_2^{(i)}$	Y_{w_y}	X_{w_x}	$Y_{w_y} + X_{w_x}$	Sıralama
A ₁	0,417	0,250	0,257	0,217	0,476	0,144	0,199	0,343	3
A ₂	0,083	0,417	0,086	0,361	0,476	0,117	0,221	0,338	4
A ₃	0,083	0,083	0,429	0,505	0,340	0,100	0,195	0,295	5
A ₄	0,250	0,083	0,086	0,217	0,476	0,060	0,199	0,259	6
A ₅	0,583	0,083	0,257	0,361	0,204	0,125	0,126	0,250	7
A ₆	0,250	0,583	0,086	0,072	0,068	0,172	0,035	0,207	8
A ₇	0,083	0,250	0,772	0,505	0,340	0,196	0,195	0,391	1
A ₈	0,583	0,583	0,257	0,361	0,204	0,237	0,126	0,362	2

Çizelge 4.27. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{x_{1B}}, w_{x_{1D}}$	0,013	0,032	0,023	0,007	0,006	0,010	0,050	0,009				
Alternatifler	$x_{1B_1}^{(i)}$	$x_{1B_2}^{(i)}$	$x_{1B_3}^{(i)}$	$x_{1B_4}^{(i)}$	$x_{1D_1}^{(i)}$	$x_{1D_2}^{(i)}$	$x_{1D_3}^{(i)}$	$x_{1D_4}^{(i)}$	$X_{1w_{x_{1B}}}$	$X_{1w_{x_{1D}}}$	$X_{1w_{x_{1B}}} + X_{1w_{x_{1D}}}$	Sıralama
A ₁	0,265	0,274	0,217	0,347	0,177	0,086	0,074	0,395	0,020	0,009	0,029	6
A ₂	0,265	0,091	0,072	0,347	0,177	0,772	0,074	0,395	0,010	0,016	0,026	7
A ₃	0,795	0,822	0,650	0,485	0,177	0,600	0,663	0,237	0,055	0,042	0,097	1
A ₄	0,088	0,274	0,361	0,347	0,884	0,086	0,074	0,079	0,021	0,011	0,031	5
A ₅	0,265	0,091	0,361	0,208	0,177	0,086	0,516	0,237	0,016	0,030	0,046	3
A ₆	0,088	0,091	0,072	0,069	0,177	0,086	0,074	0,079	0,006	0,006	0,013	8
A ₇	0,265	0,274	0,361	0,485	0,177	0,086	0,074	0,712	0,024	0,012	0,036	4
A ₈	0,265	0,274	0,361	0,347	0,177	0,086	0,516	0,237	0,023	0,030	0,053	2

Çizelge 4.28. Ana iç kriterlerden tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

w_{x_2B}, w_{x_2D}	0,086	0,035	0,053	0,022	0,125	0,028				
Alternatifler	$x_{2B_1}^{(i)}$	$x_{2B_2}^{(i)}$	$x_{2B_3}^{(i)}$	$x_{2D_1}^{(i)}$	$x_{2D_2}^{(i)}$	$x_{2D_3}^{(i)}$	X_{2wx_2B}	X_{2wx_2D}	$X_{2wx_2B} + X_{2wx_2D}$	Sıralama
A ₁	0,456	0,600	0,320	0,686	0,382	0,583	0,077	0,079	0,156	1
A ₂	0,456	0,086	0,533	0,490	0,491	0,250	0,070	0,079	0,150	2
A ₃	0,274	0,086	0,533	0,294	0,382	0,083	0,055	0,057	0,111	5
A ₄	0,639	0,772	0,107	0,294	0,273	0,583	0,088	0,057	0,145	3
A ₅	0,091	0,086	0,107	0,098	0,273	0,083	0,017	0,039	0,055	7
A ₆	0,274	0,086	0,107	0,098	0,055	0,083	0,032	0,011	0,044	8
A ₇	0,091	0,086	0,533	0,294	0,491	0,417	0,039	0,080	0,119	4
A ₈	0,091	0,086	0,107	0,098	0,273	0,250	0,017	0,043	0,060	6

Normalize edilmiş değerler ile HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yönteminden bulunan ağırlık katsayıları çarpılarak gerekli işlemler yapıldıktan sonra ana dış kriterler için önlemlerin (alternatiflerin) sıralaması elde edilmektedir. Elde edilen önlem sıralamaları izelge 4.29-4.31’de gösterilmiştir.



Çizelge 4.29. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{y_{1B}}, w_{y_{1D}}$	0,038	0,008	0,008	0,018	0,009	0,026				
Alternatifler	$y_{1B_1}^{(i)}$	$y_{1B_2}^{(i)}$	$y_{1B_3}^{(i)}$	$y_{1D_1}^{(i)}$	$y_{1D_2}^{(i)}$	$y_{1D_3}^{(i)}$	$Y_{1wy_{1B}}$	$Y_{1wy_{1D}}$	$Y_{1wy_{1B}} + Y_{1wy_{1D}}$	Sıralama
A ₁	0,377	0,386	0,589	0,250	0,568	0,094	0,022	0,012	0,034	3
A ₂	0,075	0,386	0,118	0,083	0,081	0,094	0,007	0,005	0,012	7
A ₃	0,377	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094	0,016	0,005	0,021	4
A ₄	0,377	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094	0,016	0,005	0,021	5
A ₅	0,226	0,694	0,354	0,583	0,568	0,472	0,017	0,028	0,045	2
A ₆	0,226	0,386	0,354	0,083	0,081	0,094	0,015	0,005	0,019	6
A ₇	0,075	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094	0,004	0,005	0,009	8
A ₈	0,678	0,231	0,589	0,750	0,568	0,850	0,032	0,041	0,073	1

Çizelge 4.30. Ana dış kriterlerden güvensiz nöbet ortamı, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{y_{2B}}, w_{y_{2D}}$	0,051	0,045	0,008	0,008	0,058	0,014	0,039				
Alternatifler	$y_{2B_1}^{(i)}$	$y_{2B_2}^{(i)}$	$y_{2B_3}^{(i)}$	$y_{2B_4}^{(i)}$	$y_{2D_1}^{(i)}$	$y_{2D_2}^{(i)}$	$y_{2D_3}^{(i)}$	$Y_{2wy_{2B}}$	$Y_{2wy_{2D}}$	$Y_{2wy_{2B}} + Y_{2wy_{2D}}$	Sıralama
A ₁	0,250	0,283	0,125	0,112	0,102	0,088	0,433	0,027	0,024	0,051	4
A ₂	0,417	0,472	0,375	0,559	0,306	0,088	0,144	0,050	0,025	0,075	3
A ₃	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,265	0,144	0,010	0,015	0,026	6
A ₄	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,088	0,144	0,010	0,013	0,023	8
A ₅	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,265	0,144	0,010	0,015	0,026	7
A ₆	0,750	0,472	0,875	0,783	0,102	0,088	0,433	0,073	0,024	0,097	2
A ₇	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,442	0,144	0,010	0,018	0,028	5
A ₈	0,417	0,661	0,125	0,112	0,919	0,795	0,722	0,053	0,093	0,145	1

Çizelge 4.31. Ana dış kriterlerden alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{y_{3B}}, w_{y_{3D}}$	0,009	0,016	0,022	0,038	0,042	0,03	0,013				
Alternatifler	$y_{3B_1}^{(i)}$	$y_{3B_2}^{(i)}$	$y_{3B_3}^{(i)}$	$y_{3B_4}^{(i)}$	$y_{3D_1}^{(i)}$	$y_{3D_2}^{(i)}$	$y_{3D_3}^{(i)}$	$Y_{3wy_{3B}}$	$Y_{3wy_{3D}}$	$Y_{3wy_{3B}} + Y_{3wy_{3D}}$	Sıralama
A ₁	0,265	0,091	0,217	0,406	0,274	0,274	0,257	0,024	0,023	0,047	3
A ₂	0,088	0,091	0,361	0,243	0,091	0,091	0,429	0,019	0,012	0,032	6
A ₃	0,442	0,456	0,361	0,406	0,091	0,091	0,257	0,035	0,010	0,045	4
A ₄	0,088	0,091	0,072	0,081	0,091	0,091	0,086	0,007	0,008	0,015	7
A ₅	0,088	0,091	0,361	0,081	0,456	0,456	0,086	0,013	0,034	0,047	2
A ₆	0,088	0,091	0,072	0,081	0,091	0,091	0,086	0,007	0,008	0,015	8
A ₇	0,795	0,822	0,650	0,730	0,822	0,822	0,772	0,062	0,069	0,132	1
A ₈	0,265	0,274	0,361	0,243	0,091	0,091	0,257	0,024	0,010	0,034	5

4.2. Karşılaştırmalı Analiz

Tez çalışmamız kapsamında önerilen HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yönteminin geçerliliğini göstermek için entegre HTEA & KEMIRA-M yöntemi kullanılarak önerilen yöntem kısmında kullanılan risk değerlendirme problemi yeniden çözülmüştür.

KEMIRA-M yönteminde kriter ağırlıklarının hesaplanmasında işlem yükünün fazla olması ve uzman görüşlerinde subjektiflik içermesi yöntemin bir dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. KEMIRA-M yöntemindeki subjektifliğin azaltılması amacıyla HTEA tekniğinden faydalanılmıştır. İşlem yükünün hafifletilmesi aynı zamanda subjektifliğin de her adımda en alt düzeyde tutulması amacıyla yeni bir yöntem olan FUCOM yöntemi kullanılarak ağırlıklar hesaplanmış işlemlerin devamında tekrar KEMIRA-M yöntemi kullanılmıştır.

Ana ve alt kriterlerin HTEA & KEMIRA-M yöntemi ile bulunan ağırlıkları 4.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.32. Ana ve alt kriterlerin HTEA & KEMIRA-M yöntemi ile bulunan ağırlıkları

KRİTER	ANA KRİTER AĞIRLIĞI	ANA KRİTER AĞIRLIĞI NORMALİZE	ALT KRİTER AĞIRLIĞI	ALT KRİTER AĞIRLIĞI NORMALİZE	ALT KRİTER GLOBAL AĞIRLIĞI
ANA-DIŞ KRİTERLER					
PSİKO-SOSYAL SAĞLIK SORUNLARINA NEDEN OLAN RİSKLER	0,300	0,150			
DIŞ KRİTERLER					
Sıkıntı, stres, sinirlilik, öfke			0,500	0,250	0,038
Çeşitli ilaç ve madde bağımlılıkları			0,000	0,000	0,000
İntihar riski			0,500	0,250	0,038
İÇ KRİTERLER					
Tükenmişlik sendromu			0,300	0,150	0,023
Anksiyete bozukluğu			0,300	0,150	0,023
Uyku bozukluğu			0,400	0,200	0,030
Genel Toplam			2,000	1,000	
GÜVENSİZ NÖBET-VARDİYA ORTAMI VE İLETİŞİMLE İLGİLİ RİSKLER	0,400	0,200			
DIŞ KRİTERLER					
Fiziksel şiddet			0,500	0,250	0,050
Sözel şiddet			0,500	0,250	0,050
Cinsel taciz			0,000	0,000	0,000
Hırsızlık Riski			0,000	0,000	0,000
İÇ KRİTERLER					
Nöbet sonrası icaplarda uykusuz araba kullanmaya bağlı trafik kazası riski			0,500	0,250	0,050
Yorgunluk, dikkatsizlik ve konsantrasyon eksikliği nedeniyle çalışma sırasında hastanede meydana gelebilecek kaza riski			0,000	0,000	0,000
Çalışanlarla ve üst yönetimle olan oluşun riskler			0,500	0,250	0,050
Genel Toplam			2,000	1,000	

Çizelge 4.32. (devam)

ALERJİ VE ENFEKSİYON İLE İLGİLİ RİSKLER	0,300	0,150			
DIŞ KRİTERLER					
Kan ve vücut sıvılarının cilde teması ile bulaşma riski			0,200	0,100	0,015
Kan ve vücut sıvılarının göze teması ile bulaşma riski			0,200	0,100	0,015
Hastalardan inhalasyon yoluyla bulaşan solunum yolu hastalıkları			0,300	0,150	0,023
Kesici, delici alet yaralanmaları			0,300	0,150	0,023
İÇ KRİTERLER					
Eldiven kullanımına bağlı oluşan lateks alerjisi riski			0,400	0,200	0,030
Dezenfektanlara ve el antiseptiklerinin kullanımına bağlı oluşan alerji riski			0,300	0,150	0,023
İlaç sıçramalarına maruz kalma ile ilaç reaksiyonu oluşma riski			0,300	0,150	0,023
Genel Toplam			2,000	1,000	
ANA-İÇ KRİTERLER					
ERGONOMİK RİSKLER	0,500	0,250			
DIŞ KRİTERLER					
Gürültüye bağlı riskler			0,300	0,150	0,038
Aydınlatmaya bağlı riskler			0,300	0,150	0,038
Havalandırmaya bağlı hastalık oluşma riski			0,300	0,150	0,038
Su, kanalizasyon ve temizlik sorunları riski			0,100	0,050	0,013
İÇ KRİTERLER					
Gıda zehirlenmesi riski			0,100	0,050	0,013
Islak, kaygan zemine bağlı; kayma, düşme, burkulma ve yaralanma riski			0,200	0,100	0,025
Uzun süre ayakta kalma nedeniyle, kas- iskelet sistemi veya damar hastalıkları oluşma riski			0,500	0,250	0,063
Gerekli koruyucuların kullanılmamasından meydana gelen riskler			0,200	0,100	0,025
Genel Toplam			2,000	1,000	

Çizelge 4.32. (devam)

TIBBİ CİHAZ, MALZEME, ARAÇ VE GEREÇ BAĞLANTILI RİSKLER	0,500	0,250			
DIŞ KRİTERLER					
Tıbbi cihaz nedeniyle yangın riski			0,400	0,200	0,050
Sertifikasız/ yetkisiz cihaz ve malzeme kullanma vs. ile ilgili riskler			0,200	0,100	0,025
Kimyasal madde dökülme, sıçramasına bağlı kazalarda; çalışan yaralanma, yanık ve alerjik reaksiyon riski			0,400	0,200	0,050
İÇ KRİTERLER					
Basınçlı oksijen tüplerinin kullanım hatalarına bağlı çalışanların yaralanma riski			0,300	0,150	0,038
Röntgen çekimlerinde hastalara müdahale ederken radyasyona maruz kalma riski			0,400	0,200	0,050
Defibrilatör kullanımı sırasında meydana gelen elektrik yanığı riski			0,300	0,150	0,038
Genel Toplam			2,000	1,000	
İç ve Dış Kriterlerin Genel Toplamı	2,000	1,000			1,000

Normalize edilmiş değerler ile HTEA & KEMIRA-M yönteminden bulunan ağırlık katsayıları çarpılarak gerekli işlemler yapıldıktan sonra ana kriterler ve ana iç kriterler için önlemlerin (alternatiflerin) sıralaması elde edilmektedir. Elde edilen önlem sıralamaları Çizelge 4.33-4.35’de gösterilmiştir.



Çizelge 4.33. Ana kriterler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

w_y, w_x	0,150	0,200	0,150	0,250	0,250				
Alternatifler	$y_1^{(i)}$	$y_2^{(i)}$	$y_3^{(i)}$	$x_1^{(i)}$	$x_2^{(i)}$	Y_{w_y}	X_{w_x}	$X_{w_x}+Y_{w_y}$	Sıralama
A ₁	0,417	0,250	0,257	0,217	0,476	0,151	0,173	0,324	3
A ₂	0,083	0,417	0,086	0,361	0,476	0,109	0,209	0,318	4
A ₃	0,083	0,083	0,429	0,505	0,340	0,093	0,211	0,305	5
A ₄	0,250	0,083	0,086	0,217	0,476	0,067	0,173	0,240	7
A ₅	0,583	0,083	0,257	0,361	0,204	0,143	0,141	0,284	6
A ₆	0,250	0,583	0,086	0,072	0,068	0,167	0,035	0,202	8
A ₇	0,083	0,250	0,772	0,505	0,340	0,178	0,211	0,390	1
A ₈	0,583	0,583	0,257	0,361	0,204	0,243	0,141	0,384	2

Çizelge 4.34. Ana iç kriterlerden ergonomik riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{x_{1B}}, w_{x_{1D}}$	0,038	0,038	0,038	0,013	0,013	0,025	0,063	0,025				
Alternatifler	$x_{1B_1}^{(i)}$	$x_{1B_2}^{(i)}$	$x_{1B_3}^{(i)}$	$x_{1B_4}^{(i)}$	$x_{1D_1}^{(i)}$	$x_{1D_2}^{(i)}$	$x_{1D_3}^{(i)}$	$x_{1D_4}^{(i)}$	$X_{1w_{x_{1B}}}$	$X_{1w_{x_{1D}}}$	$X_{1w_{x_{1B}}} + X_{1w_{x_{1D}}}$	Sıralama
A ₁	0,265	0,274	0,217	0,347	0,177	0,086	0,074	0,395	0,033	0,019	0,052	6
A ₂	0,265	0,091	0,072	0,347	0,177	0,772	0,074	0,395	0,021	0,036	0,057	5
A ₃	0,795	0,822	0,650	0,485	0,177	0,600	0,663	0,237	0,092	0,065	0,157	1
A ₄	0,088	0,274	0,361	0,347	0,884	0,086	0,074	0,079	0,032	0,020	0,052	7
A ₅	0,265	0,091	0,361	0,208	0,177	0,086	0,516	0,237	0,030	0,043	0,073	3
A ₆	0,088	0,091	0,072	0,069	0,177	0,086	0,074	0,079	0,010	0,011	0,022	8
A ₇	0,265	0,274	0,361	0,485	0,177	0,086	0,074	0,712	0,041	0,027	0,067	4
A ₈	0,265	0,274	0,361	0,347	0,177	0,086	0,516	0,237	0,039	0,043	0,082	2

Çizelge 4.35. Ana iç kriterlerden tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

w_{x_2B}, w_{x_2D}	0,05	0,025	0,05	0,038	0,05	0,038				
Alternatifler	$x_{2B_1}^{(i)}$	$x_{2B_2}^{(i)}$	$x_{2B_3}^{(i)}$	$x_{2D_1}^{(i)}$	$x_{2D_2}^{(i)}$	$x_{2D_3}^{(i)}$	$X_{2w_{x_2B}}$	$X_{2w_{x_2D}}$	$X_{2w_{x_2B}} + X_{2w_{x_2D}}$	Sıralama
A ₁	0,456	0,600	0,320	0,686	0,382	0,583	0,054	0,067	0,121	1
A ₂	0,456	0,086	0,533	0,490	0,491	0,250	0,052	0,053	0,104	2
A ₃	0,274	0,086	0,533	0,294	0,382	0,083	0,043	0,033	0,076	5
A ₄	0,639	0,772	0,107	0,294	0,273	0,583	0,057	0,047	0,104	3
A ₅	0,091	0,086	0,107	0,098	0,273	0,083	0,012	0,021	0,033	7
A ₆	0,274	0,086	0,107	0,098	0,055	0,083	0,021	0,010	0,031	8
A ₇	0,091	0,086	0,533	0,294	0,491	0,417	0,033	0,052	0,085	4
A ₈	0,091	0,086	0,107	0,098	0,273	0,250	0,012	0,027	0,039	6

Normalize edilmiş değerler ile HTEA & KEMIRA-M yönteminden bulunan ağırlık katsayıları çarpılarak gerekli işlemler yapıldıktan sonra ana dış kriterler için önlemlerin (alternatiflerin) sıralaması elde edilmektedir. Elde edilen önlem sıralamaları Çizelge 4.36-4.38’de gösterilmiştir.



Çizelge 4.36. Ana dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{y_{1B}}, w_{y_{1D}}$	0,038	0,000	0,038	0,023	0,023	0,030				
Alternatifler	$y_{1B_1}^{(i)}$	$y_{1B_2}^{(i)}$	$y_{1B_3}^{(i)}$	$y_{1D_1}^{(i)}$	$y_{1D_2}^{(i)}$	$y_{1D_3}^{(i)}$	$Y_{1wy_{1B}}$	$Y_{1wy_{1D}}$	$Y_{1wy_{1B}} + Y_{1wy_{1D}}$	Sıralama
A ₁	0,377	0,386	0,589	0,250	0,568	0,094	0,037	0,022	0,058	3
A ₂	0,075	0,386	0,118	0,083	0,081	0,094	0,007	0,007	0,014	7
A ₃	0,377	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094	0,019	0,007	0,025	5
A ₄	0,377	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094	0,019	0,007	0,025	6
A ₅	0,226	0,694	0,354	0,583	0,568	0,472	0,022	0,041	0,063	2
A ₆	0,226	0,386	0,354	0,083	0,081	0,094	0,022	0,007	0,029	4
A ₇	0,075	0,077	0,118	0,083	0,081	0,094	0,007	0,007	0,014	8
A ₈	0,678	0,231	0,589	0,750	0,568	0,850	0,048	0,056	0,104	1

Çizelge 4.37. Ana dış kriterlerden güvensiz nöbet ortamı, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{y_{2B}}, w_{y_{2D}}$	0,050	0,050	0,000	0,000	0,050	0,000	0,050				
Alternatifler	$y_{2B_1}^{(i)}$	$y_{2B_2}^{(i)}$	$y_{2B_3}^{(i)}$	$y_{2B_4}^{(i)}$	$y_{2D_1}^{(i)}$	$y_{2D_2}^{(i)}$	$y_{2D_3}^{(i)}$	$Y_{2wy_{2B}}$	$Y_{2wy_{2D}}$	$\frac{Y_{2wy_{2B}} + Y_{2wy_{2D}}}{2}$	Sıralama
A ₁	0,250	0,283	0,125	0,112	0,102	0,088	0,443	0,027	0,027	0,054	4
A ₂	0,417	0,472	0,375	0,559	0,306	0,088	0,144	0,044	0,023	0,067	3
A ₃	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,265	0,144	0,009	0,012	0,021	5
A ₄	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,088	0,144	0,009	0,012	0,021	6
A ₅	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,265	0,144	0,009	0,012	0,021	7
A ₆	0,750	0,472	0,875	0,783	0,102	0,088	0,433	0,061	0,027	0,088	2
A ₇	0,083	0,094	0,125	0,112	0,102	0,442	0,144	0,009	0,012	0,021	8
A ₈	0,417	0,661	0,125	0,112	0,919	0,795	0,722	0,054	0,082	0,136	1

Çizelge 4.38. Ana dış kriterlerden alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler için HTEA & KEMIRA-M yöntemine göre önlem sıralaması

$w_{y_{3B}}, w_{y_{3D}}$	0,015	0,015	0,023	0,023	0,030	0,023	0,023				
Alternatifler	$y_{3B_1}^{(i)}$	$y_{3B_2}^{(i)}$	$y_{3B_3}^{(i)}$	$y_{3B_4}^{(i)}$	$y_{3D_1}^{(i)}$	$y_{3D_2}^{(i)}$	$y_{3D_3}^{(i)}$	$Y_{3wy_{3B}}$	$Y_{3wy_{3D}}$	$\frac{Y_{3wy_{3B}} + Y_{3wy_{3D}}}{2}$	Sıralama
A ₁	0,265	0,091	0,217	0,406	0,274	0,274	0,257	0,020	0,020	0,040	3
A ₂	0,088	0,091	0,361	0,243	0,091	0,091	0,429	0,017	0,015	0,031	6
A ₃	0,442	0,456	0,361	0,406	0,091	0,091	0,257	0,031	0,011	0,042	2
A ₄	0,088	0,091	0,072	0,081	0,091	0,091	0,086	0,006	0,007	0,013	7
A ₅	0,088	0,091	0,361	0,081	0,456	0,456	0,086	0,013	0,026	0,039	4
A ₆	0,088	0,091	0,072	0,081	0,091	0,091	0,086	0,006	0,007	0,013	8
A ₇	0,795	0,822	0,650	0,730	0,822	0,822	0,772	0,056	0,061	0,117	1
A ₈	0,265	0,274	0,361	0,243	0,091	0,091	0,257	0,022	0,011	0,033	5

HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi sonucunda ana kriterler ve alt kriterler için alternatif sıralamaları elde edilmiştir. Elde edilen bu sıralamalar HTEA & KEMIRA-M yönteminden elde edilen sıralamalarla karşılaştırılmış ve çok yüksek oranda alternatif sıralamaların aynı çıktığı görülmüştür. Bu sonuç önerilen HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yönteminin tutarlı olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.39’da HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi ve HTEA & KEMIRA-M yönteminden elde edilen alternatif sıralamalarının karşılaştırılması gösterilmiştir. Çizelge 4.40’da kriter grupları için hangi alternatifin seçilmesi gerektiği gösterilmiştir.



Çizelge 4.39. HTEA Tabanlı FUCOM & KEMIRA-M ve HTEA & KEMIRA-M yöntemlerine göre alternatif karşılaştırması

KRİTER	HTEA TABANLI FUCOM & KEMIRA-M	HTEA & KEMIRA-M
Ana kriterler	$A_7 > A_8 > A_1 > A_2 > A_3 > A_4 > A_5 > A_6$	$A_7 > A_8 > A_1 > A_2 > A_3 > A_5 > A_4 > A_6$
Alt iç kriterlerden ergonomik riskler	$A_3 > A_8 > A_5 > A_7 > A_4 > A_1 > A_2 > A_6$	$A_3 > A_8 > A_5 > A_7 > A_2 > A_1 \geq A_4 > A_6$
Alt iç kriterlerden tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler	$A_1 > A_2 > A_4 > A_7 > A_3 > A_8 > A_5 > A_6$	$A_1 > A_2 \geq A_4 > A_7 > A_3 > A_8 > A_5 > A_6$
Alt dış kriterlerden psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler	$A_8 > A_5 > A_1 > A_3 \geq A_4 > A_6 > A_2 > A_7$	$A_8 > A_5 > A_1 > A_6 > A_3 \geq A_4 > A_2 \geq A_7$
Alt dış kriterlerden güvensiz nöbet ortamı, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler	$A_8 > A_6 > A_2 > A_1 > A_7 > A_3 \geq A_5 > A_4$	$A_8 > A_6 > A_2 > A_1 > A_3 \geq A_4 \geq A_5 \geq A_7$
Alt dış kriterlerden alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler	$A_7 > A_5 \geq A_1 > A_3 > A_8 > A_2 > A_4 \geq A_6$	$A_7 > A_3 > A_1 > A_5 > A_8 > A_2 > A_4 \geq A_6$

Çizelge 4.40. En önemli alternatifin çıktığı kriter grupları

ALTERNATİF	KRİTER GRUBU
Eğitim/ seminer	Tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler
Uyarı levhaları	-
Çalışma ortamı ergonomik düzenleme	Ergonomik riskler
Makine/ekipman kontrol/yenileme	-
Gerekli sağlık kontrolleri	-
Güvenlik kameraları/ güvenlik personeli	-
Kişisel koruyucu donanımların kullanımı	Alerji ve enfeksiyon ile ilgili riskler Ana kriterler
Çalışma şartlarının iyileştirilmesi	Psikososyal sağlık sorunlarına neden olan riskler Güvensiz nöbet ortamı, vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler

5. SONUÇ

Bu çalışmada acil servislerde risk değerlendirmesi için HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi önerilmiştir. 5 farklı ana kriter, 34 farklı alt kriter olmak üzere toplam 39 kriter, 8 farklı alternatif açısından 5 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Kriter önceliklerinin belirlenmesi aşamasında HTEA yönteminden, medyan matrisinin hesaplanması aşamasında KEMIRA-M yönteminden ve kriter ağırlıklarının bulunmasında FUCOM yönteminden faydalanılmıştır. Kriter ağırlıkları bulunduktan sonra alternatif seçimi aşamasında yine KEMIRA-M yönteminden faydalanılmıştır. Ayrıca, HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yönteminden elde edilen sonuçlar HTEA tabanlı KEMIRA-M yöntemiyle karşılaştırılarak HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M yönteminin tutarlılığı gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında en önemli ana dış kriter grubu güvensiz nöbet-vardiya ortamı ve iletişimle ilgili riskler olarak belirlenirken; en önemli ana iç kriter grubu ise tıbbi cihaz, malzeme, araç ve gereçlerle bağlantılı riskler olarak ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte; alt dış kriterlerden en önemli kriter tıbbi cihaz nedeniyle yangın riski iken; en önemli alt iç kriter ise röntgen çekimlerinde hastalara müdahale ederken radyasyona maruz kalma riski olarak belirlenmiştir. Eğitim ve seminerler, çalışma ortamının ergonomik açıdan düzenlenmesi, kişisel koruyucu donanımların kullanılması ve çalışma şartlarının iyileştirilmesi önlemleri de ilk sırada alınması gereken önlemler olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma ile literatürde az sayıda çalışma yapılan acil servislerde risk değerlendirme konusu, birbiriyle çelişen risk faktörü olması nedeniyle geleneksel risk değerlendirme yöntemlerinden farklı olarak ÇKKV yöntemleri kullanılarak ele alınmıştır. Böylece risk değerlendirme konusunda ÇKKV yöntemlerinin etkin bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca; sağlık personelinin iş yükünün azaltılması ve sağlık hizmetlerinin kaliteli hale getirilmesi için çok önemli bir konu olan acil servislerde risk değerlendirme konusuna katkı sağlanmıştır. Geliştirilen yöntemin diğer hastane birimlerinde ve sağlık kuruluşlarında uygulanabilecek etkin bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Önerilen HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi insan duygu ve düşüncelerinden, çalışma ortamından ve eksik verilerden kaynaklanan belirsizliklerinde risk değerlendirmede dikkate alınması için bulanık küme teorisi kullanılarak yeniden modellenebilir. Ayrıca KEMIRA-M yönteminde başlangıç aşamasında kriter önceliklerinin belirlenmesi ve daha sonraki aşamalarda kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ortaya çıkan subjektifliğin azaltılması için farklı yöntemlerle entegre edilebilir. Son olarak HTEA yöntemi yerine farklı risk değerlendirme yöntemleri kullanılabilmesi öngörülmektedir.



KAYNAKLAR

- Adar, T., 2017. Tıbbi Atık Bertaraf Teknolojilerinin Hibrid HFLTS & MABAC Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Afra, A., Pardeh, M. M., Saki, H., Farhadi, M., Geravandi, S., Mehrabi, P., Dobaradaran, S., Momtazan, M., Dehkordi, Z. and Mohammadi, M. J., 2019. Anesthetic toxic isoflurane and health risk assessment in the operation room in Abadan, Iran during 2018. *Clinical Epidemiology and Global Health*.
- Aksay, K. and Orhan, F., 2013. Hastanelerde inovasyon sürecinin risk yönetimi bağlamında değerlendirilmesi: bir model önerisi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(3), 10-23.
- Aksay, K., Orhan, F. and Kurutkan, M. N., 2012. Sağlık hizmetlerinde bir risk yönetimi tekniği olarak fmea: laboratuvar sürecine yönelik bir uygulama. *Sağlıkta Performans Ve Kalite Dergisi*, 4(2), 121-142.
- Arslan, N. and Delice, E.K., 2018. KEMIRA-M yöntemiyle drone seçimi. 24.Ulusal Ergonomi Kongresi, Erzurum.
- Badi, I. and Abdulshahed, A., 2019. Ranking the Libyan airlines by using full consistency method (FUCOM) and analytical hierarchy process (AHP). *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(1), 1-14.
- Beşer, A. 2012. Sağlık çalışanlarının sağlık riskleri ve yönetimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi*, 5 (1), 39-44
- Bol, P., Gül, G. and Erbaycu A. E., 2013. Hasta-hekim iletişimindeki eksiklik ve hataların ortaya konmasında FMEA model analizinin katkısı. *İzmir Göğüs Hastanesi Dergisi*, XXVII(3), 181-191.
- Cao, Q., Esangbedo, M. O., Bai, S. and Esangbedo, C. O., 2019. Grey SWARA-FUCOM weighting method for contractor selection mcdm problem: a case study of floating solar panel energy system installation. *Energies*, 12(13), 2-30.
- Carter, A. J. E., Gould, J. B., Vanberkel, P., Jensen, J. L., Cook, J., Carrigan, S., Wheatley, M.R. and Travers, A. H., 2015. Offload zones to mitigate emergency medical services (EMS) offload delay in the emergency department: a process map and hazard analysis. *Canadian Journal of Emergency Medicine (CJEM)*, 17(6), 670-678.
- Dağsuyu, C., Göçmen, E., Narlı, M. and Kokangül, A., 2016. Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 286-294.
- Delice, E.K. and Zegerek, S., 2016. Ranking occupational risk levels of emergency departments using a new fuzzy mcdm model: a case study in Turkey. *Applied Mathematics & Information Sciences An International Journal*, 10(6), 2345-2356.
- Demirkan, C. B., 2015. Sağlık Hizmetleri Sektöründe Risk Değerlendirmesi: Hastane Merkez Laboratuvarı Örneği. *Uzmanlık Tezi, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Edirne*.
- Durmić, E., 2019. The evaluation of the criteria for sustainable supplier selection by using the FUCOM method. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications* 2(1), 91-107.

- Habli, I., Jia, Y., White, S., Gabriel, G., Lawton, T., Sujan, M. and Tomsett, C., 2019. Development and piloting of a software tool to facilitate proactive hazard and risk analysis of health information technology. *Health Informatics Journal*, 00(0), 1-20.
- Kırılmaz, H., Yorgun, S. and Atasoy, A., 2016. Sağlık çalışanlarında psikososyal risk faktörlerini belirlemeye yönelik bir araştırma. *International Journal of Cultural and Social Studies (IntJCSS)*, 2(SI 1), 66-82.
- Kıış, Ö., Can, G. F. and Toktaş, P., 2019. Warehouse location selection for an electricity distribution company by KEMIRA-M method. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, XX(X), XX-XX.
- Kosareva, N., Zavadskas, E.K., Krylovas, A. and Dadelo S., 2016. Personnel ranking and selection problem solution by application of KEMIRA method. *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(1), 51-66.
- Krylovas, A. and Kosareva, N., 2015. Gamyklos vietos parinkimo uždavinio sprendimas daugiakriteriniu KEMIRA metodu. *Lietuvos matematikos rinkinys Lietuvos matematikų draugijos darbai*, ser. B 56 t., 18–23 .
- Krylovas, A., Kosareva, N. and Zavadskas E.K., 2016a. Statistical analysis of KEMIRA type weights balancing methods. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, XIX (3), 19-39.
- Krylovas, A., Zavadskas, E. K. and Kosareva, N., 2016b. Multiple criteria decision-making KEMIRA-M method for solution of location alternatives. *Economic Research*, 29(1), 50–65.
- Krylovas, A., Dadelo, S., Kosareva, N. and Zavadskas, E. K., 2017. ENTROPY–KEMIRA approach for mcdm problem solution in human resources selection task. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 16(05), 1183-1209.
- Krylovas, A., Zavadskas, E. K., Kosareva, N. and Dadelo, S., 2014. New KEMIRA method for determining criteria priority and weights in solving mcdm problem. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 13(6), 1119–1133.
- Kuo, F. Y., Huang, W. C., Chiou, K. R., Mar, G. Y., Cheng, C. C., Chung, C. C., Tsai, H. L., Jiang, C. H., Wann, S. R., Lin, S. L. and Liu C. P., 2013. The effect of failure mode and effect analysis on reducing percutaneous coronary intervention hospital door-to-balloon time and mortality in ST segment elevation myocardial infarction. *BMJ Qual Saf*, 22(8), 626–638.
- Matić, B., Jovanović, S., Das, D. K., Zavadskas, E. K., Stević, Ž., Sremac, S. and Marinković, M., 2019. A new hybrid mcdm model: sustainable supplier selection in a construction company. *Symmetry*, 11(3), 1-24.
- Mevsim, M., 2018. Risk Assessment and Accident Forecasting for an Underground Coal Mine. *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.
- Mojica, E., Izarzugaza, E., Maria Gonzalez, M., Astobiza, E., Benito, J. and Mintegi, S., 2016. Elaboration of a risk map in a paediatric emergency department of a teaching hospital. *Emerg Med J*, 33(10), 684–689.
- Nunić, Z., 2018. Evaluation and selection of the pvc carpentry manufacturer using the FUCOM-MABAC model. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), 13-28

- Özbek, A. and Engür, M., 2019. Çok kriterli karar verme yöntemleriyle öğrenci işleri otomasyon seçimi. *KOCATEPEİİBF Dergisi*, 21(1), 1-18.
- Özkan, Ö., 2005. Hastanede Çalışan Hemşirelerin İş ve Çalışma Ortamı Tehlike ve Riskleri ile Risk Algılarını Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özkılıç, Ö., 2005. İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri. Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, 219, Türkiye.
- Pamuçar, D., Stević, Ž. and Sremac, S., 2018a. A new model for determining weight coefficients of criteria in mcdm models: full consistency method (FUCOM). *Symmetry*, 10(9), 1-22.
- Pamuçar, D., Lukovac, V., Božanić, D. and Komazec, N., 2018b. Multi-criteria FUCOM-MAIRCA model for the evaluation of level crossings: case study in the republic of Serbia. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), 108-129.
- Parlar, S., 2008. Sağlık çalışanlarında göz ardı edilen bir durum: sağlıklı çalışma ortamı. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 7(6), 547-54
- Peter B. Southard, P. B., Kumar, S. and Southard, C. A., 2011. A modified DELPHI methodology to conduct a failure modes effects analysis: a patient-centric effort in a clinical medical laboratory. *Quality Management Health Care*, 20(2) 131–151.
- Phua, M. H. and Minowa, M., 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the kinabalu area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 71(2), 207-222.
- Prentkovskis, O., Erceg, Ž., Stević, Ž., Ilija Tanackov, I., Vasiljević, M. and Gavranović, M., 2018. A new methodology for improving service quality measurement: DELPHI-FUCOM-SERVQUAL model. *Symmetry*, 10(12),1-25.
- Redfern, E., Brown, R. and Vincent, C. A., 2009. Improving communication in the emergency department. *Emerg Med J*, 26(9), 658–661.
- Reshetukha, T. R., Alavi, N., Prost, E., Kirkpatrick, R. H., Sajid, S., Patel, C. and Groll, D. L., 2018. Improving suicide risk assessment in the emergency department through physician education and a suicide risk assessment prompt. *General Hospital Psychiatry*, 52, 34–40.
- Sarıçalı, G. and Kundakçı, N., 2017. Forklift alternatiflerinin KEMIRA-M yöntemi ile değerlendirilmesi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(1), 35-53.
- Sarıçalı, G., 2018. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden KEMIRA-M ve COPRAS Yöntemlerinin Mermer İşletmesinde Makine Seçim Sürecine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Sofuoğlu, M. A., 2020. Fuzzy applications of FUCOM method in manufacturing environment. *Politeknik Dergisi*, (Erken görünüm).
- Sorrentino, P., 2016. Use of failure mode and effects analysis to improve emergency department handoff processes. *Clinical Nurse Specialist*, Jan-Feb; 30(1), 28-37.
- Southard, P. B., Kumar, S. and Southard, C. A., 2011. A modified DELPHI methodology to conduct a failure modes effects analysis: a patient-centric effort in a clinical medical laboratory. *Quality Management in Health Care* 20(2), 131-151.
- Şimşir, F., Demir, H. İ. and Azdemir, S., 2018. Demir çelik sektöründe hibrid DEMATEL ve TOPSIS-ELECTRE yöntemleri ile hata türleri ve etkileri analizi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 6(3), 22-34.

- Taşcıoğlu, İ., 2007. Lüleburgaz Devlet Hastanesi ve Lüleburgaz 82. Yıl Devlet Hastanelerinde İş ve Çalışma Ortamından Kaynaklanan Riskler ve Bu Riskleri Hemşirelerin Algılama Düzeylerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Toktaş, P. and Can, G. F., 2018a. Şantiyelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından risk düzeylerine göre KEMIRA-M yöntemi ile sıralanması. *Ergonomi*, 1(3), 123 – 136.
- Toktaş, P. and Can, G. F., 2019b. Stochastic KEMIRA-M approach with consistent weightings. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 18(03),793-831.
- Turhan, F., 2006. Baskent Üniversitesi Hastanesi Çalışanlarının Mesleksel Risk Faktörleri ve Davranışlarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, B. F. and Önder, E., 2015. Operasyonel, Yönetsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. DORA Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti., 338, Bursa.
- Yılmaz, B. S., 2000. Hata Türü ve Etki Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(4), 133-150.
- Zagradjanin, N., Pamucar, D. and Jovanovic, K., 2019. Cloud-based multi-robot path planning in complex and crowded environment with multi-criteria decision making using full consistency method. *Symmetry*, 11(10), 1-15.
- Zavadskas, E. K., Nunić, Z., Stjepanović, Ž. and Prentkovskis, O., 2018. A novel rough range of value method (R-ROV) for selecting automatically guided vehicles (AGVs). *Studies in Informatics and Control*, 27(4), 385-394
- Zegerek, S., 2014. Acil Servislerde Bulanık DEMATEL ve Bulanık GIA Yöntemleri ile Çok Kriterli Risk Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

Nuray ARSLAN 1995 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. Liseyi Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi’nde 2013 yılında tamamladıktan sonra Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne yerleşti ve 2017 yılında mezun oldu. 2017 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı’nda yüksek lisans programına başladı.

Yayınlar

- KEMIRA-M YÖNTEMİYLE DRONE SEÇİMİ

Nuray ARSLAN, Elif KILIÇ DELİCE

24.Ulusal Ergonomi Kongresi (24 UEK), Erzurum, Türkiye, 28-30 Eylül 2018, ss.119

- ACIL SERVISLERDE RISK DEĞERLENDİRME İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM:
HTEA-MOOSRA

Elif KILIÇ DELİCE, Nuray ARSLAN, Tuba ADAR

25. Ulusal Ergonomi Kongresi (25. UEK), Samsun, Türkiye, 18 - 20 Ekim 2019, ss.46