



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DEMİRYOLLARINDA ÇALIŞAN MAKİNİSTLERİN İŞ YÜKÜNÜN
NASA-TLX YÖNTEMİYLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Meryem KOÇER

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

TEMMUZ 2024

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DEMİRYOLLARINDA ÇALIŞAN MAKİNİSTLERİN İŞ YÜKÜNÜN
NASA-TLX YÖNTEMİYLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Meryem KOÇER
(21435025003)
ORCID: 0000-0001-9893-5733**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Danışman: Doç. Dr. Ömer Faruk EFE
ORCID: 0000-0001-8170-5114**

TEMMUZ 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21435025003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Meryem KOÇER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DEMİRYOLLARINDA ÇALIŞAN MAKİNİSTLERİN İŞ YÜKÜNÜN NASA-TLX YÖNTEMİYLE ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Ömer Faruk EFE**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Hilal YILMAZ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Bayram DÜNDAR
Bartın Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi :02 Temmuz 2024



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

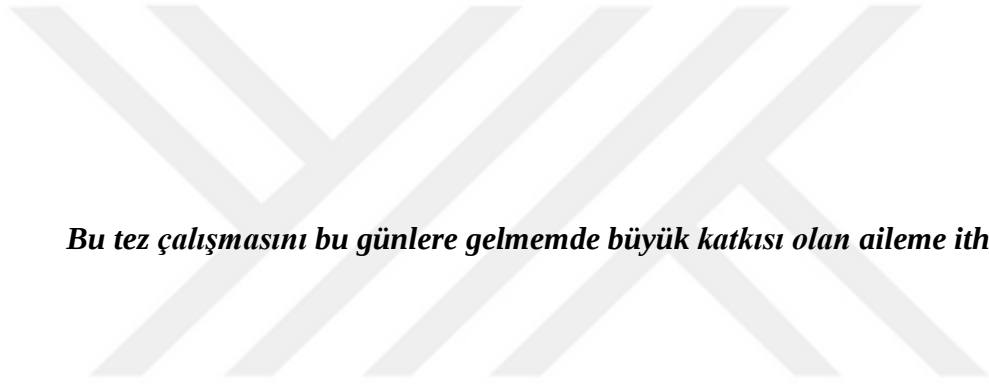
İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Meryem KOÇER

İmzası:

X X X X



Bu tez çalışmasını bu günlere gelmemde büyük katkısı olan aileme ithaf ediyorum.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimine başladığımdan itibaren bana her türlü desteği sağlayan, bilgi ve birikimiyle sürekli yol gösteren, tez yazım sürecimde bana destek olan değerli danışmanım Doç. Dr. Ömer Faruk EFE'ye teşekkürü borç bilirim. Tez hazırlama sürecinde desteklerini esirgemeyen işyerimdeki Müdürlerime, arkadaşlarıma ve anket çalışmasını yaparak teze katkıda bulunan makinist personele teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük katkısı olan annem ve babama ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2024

Meryem KOÇER
(Mühendis)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. ERGONOMİ VE İŞ YÜKÜ	8
3.1 Ergonomi	8
3.1.1 Fiziksel ergonomi	9
3.1.2 Organizasyonel ergonomi	9
3.1.3 Bilişsel ergonomi.....	11
3.2 İş Yüğü.....	11
3.2.1 Bilişsel iş yüğü	13
3.2.1.1 Subjektif değerdendirme yöntemleri	15
3.2.1.2 Fizyolojik değerdendirme yöntemleri.....	19
3.2.1.3 Performansa dayalı ölçüm yöntemleri	21
4. KARAR VERME VE KARAR VERME TEKNİKLERİ.....	22
4.1 Karar Verme.....	22
4.1.1 Bulanık karar verme ve bulanık mantık kavramları	24
4.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi.....	25
4.2.1 TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemi.....	29
4.2.2 COPRAS ve bulanık COPRAS yöntemi	32
5. MATERYAL VE METOD	36
5.1 Akış Şeması.....	36
5.2 NASA Görev Yüğü İndeksi	37
5.3 Bulanık TOPSIS.....	37
5.4 Bulanık COPRAS	37
6. UYGULAMA	39
6.1 Veri Toplama	39
6.2 Demografik Özelliklere İlişkin Bulgular	40
6.3 Verilerin Analizi.....	42
6.3.1 Bulanık TOPSIS ile veri analizi	43
6.3.2 Bulanık COPRAS ile veri analizi.....	51
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR.....	63
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ	86

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
COPRAS	:Complex Proportional Assessment (Kompleks Orantılı Değerlendirme)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant la REalité (Eliminasyon ve Gerçekliği Çeviren Seçim)
FAHP	: Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci)
FMADM	: Fuzzy Multiple Attribute Decision Making (Bulanık Çoklu Nitelikli Karar Verme)
HR	: Heart Rate (Kalp Atış Hızı)
HRV	: Harta Rate Variability (Kalp Atış Hızı Değişkenliği)
IEA	: The International Ergonomics Association (Uluslararası Ergonomi Derneği)
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Örgütü)
MAUT	: Multi Attribute Utility Theory (Çok Nitelikli Fayda Teorisi)
MOORA	: Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (Oran Analizi Temeline Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemi)
MWW	: Average Weight Workload (Ortalama Ağırlık İş Yüğü)
NASA TLX	: The NASA Task Load Index (NASA Görev Yüğü İndeksi)
RSME	: Rating Scale Mental Effort Method(Bilişsel Çaba Değerlendirme Ölçeği)
SWAT	: Subjective Workload Assessment Technique (Subjektif İş Yüğü Değerlendirme Tekniği)
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Sonuç Odaklı Çok Ölçütlü Karar Verme)
VIKOR	: Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm)
WDBA	: Weighted Distance Based Approximation (Mesafeye Dayalı Yaklaşım)
WP	: Workload Profile (İş yüğü Profili)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : NASA-TLX ve ergonomi konusunda incelenen çalışmalar.	5
Çizelge 2.2 : Çok kriterli karar verme konusunda incelenen çalışmalar.	7
Çizelge 3.1 : Zaman baskısı puan skalası.	16
Çizelge 3.2 : Çaba baskısı puan skalası.	16
Çizelge 3.3 : Stres baskısı puan skalası.	17
Çizelge 3.4: NASA görev yükü indeksi derecelendirme ölçeği tanımları	18
Çizelge 3.5 : Zihinsel işyükü skor kategorisi.	19
Çizelge 6.1 : Demografik bulgulara ilişkin veriler.	41
Çizelge 6.2 : Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan sözel değişkenler.	43
Çizelge 6.3 : Değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılarla gösterilmesi.	44
Çizelge 6.4 : Kriter ağırlıkları.	45
Çizelge 6.5 : Ağırlıklı normalize karar matrisi.	45
Çizelge 6.6 : Her kritere göre iş(i:1,2,...,6) ve A^* arasındaki uzaklık.	46
Çizelge 6.7 : Her kritere göre iş(i:1,2,...,6) ve A^- arasındaki uzaklık.	46
Çizelge 6.8 : Tüm katılımcılar bazında her alternatif için d_i^* ve d_i^- değerleri.	47
Çizelge 6.9 : 0-5 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.	48
Çizelge 6.10 : 6-10 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.	48
Çizelge 6.11 : 11-16 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.	49
Çizelge 6.12 : 16-20 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.	49
Çizelge 6.13 : 21 yıl üstü deneyimlilerin cevaplarının analizi.	49
Çizelge 6.14 : Yük makinistlerinin cevaplarının analizi.	50
Çizelge 6.15 : Marmaray makinistlerinin cevaplarının analizi.	50
Çizelge 6.16 : Diğer makinistlerin cevaplarının analizi.	51
Çizelge 6.17 : Durulaştırılmış karar matrisi.	52
Çizelge 6.18 : Ağırlıklandırılmış karar matrisi.	52
Çizelge 6.19 : Normalize karar matrisi.	53
Çizelge 6.20 : S_i^+ ve S_i^- değerleri.	53
Çizelge 6.21 : Tüm katılımcılar için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri	54
Çizelge 6.22 : 0-5 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.	55
Çizelge 6.23 : 6-10 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.	55
Çizelge 6.24 : 11-15 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.	56
Çizelge 6.25 : 16-20 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.	56
Çizelge 6.26 : 21 yıl üstü deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.	57
Çizelge 6.27 : Yük makinistleri için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri	57
Çizelge 6.28 : Marmaray makinistleri için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.	58
Çizelge 6.29 : Diğer makinistler için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri	58
Çizelge 6.30 : Uygulama sonucuna ait C_i ve P_i değerleri.	59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1 : Karar verme teknikleri uygulama adımları.	28
Şekil 5.1 : Akış şeması.	36



DEMİRYOLLARINDA ÇALIŞAN MAKİNİSTLERİN İŞ YÜKÜNÜN NASA-TLX YÖNTEMİYLE ANALİZİ

ÖZET

Dünya çapında hızlı değişim ve yenilikler yaşanmaktadır. Şirketlerin varlığını sürdürebilmesi için sadece teknolojiye yatırım yapılması yeterli olmamakla birlikte aynı zamanda çalışanların sürekli yüksek verimlilikte çalışmasına yönelik uygulamalar da ele alınmalıdır. Verimlilik artışını etkileyen faktörler arasında çalışma ortamının fiziki durumu, koşulların ergonomisi, organizasyonel ergonomi ve iş tatmini bulunmaktadır.

Ergonomi işi insanın yeteneklerine, fiziksel ve psikolojik durumlarını göz önüne alarak düzenlemek ve bunu uygulamayı amaçlamaktadır. Firmalar arasında rekabet her zaman hissedilir ancak bu durumu avantaja çevirebilecek en önemli unsur insan kaynağıdır. Uygun ergonomik koşullarla motive olmuş çalışanların üretkenliğinin ve iş tatmininin arttığı gözlemlenecektir. Araştırma; demiryolu sektörü çalışanlarının iş yüklerinin Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (İdeal Sonuç Odaklı Çok Ölçütlü Karar Verme), Bulanık COPRAS (ComplexPROportionalAssessment) (Karmaşık Orantılı Değerlendirme) ve NASA-TLX (The NASA Task Load Index) (NASA Görev Yüğü İndeksi) yöntemiyle analizi konusunda literatüre katkı sağlamak amacıyla oluşturulmuştur.

Çalışanın belirli bir sürede kaliteli olarak yapması gereken iş hacmi olarak belirlenen iş yükü işin zorluk seviyesi ve çalışanın çalışma becerisi, iş yüküne ilişkin algıyı ortaya çıkarmaktadır. Çalışmada demiryollarında çalışan makinist personelin hissettikleri iş yükünün çeşitli faktörler açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın örnek grubunu demiryolları sektöründe çalışan 210 makinist personel ile yapılan anketler oluşturmaktadır.

Çalışmada veri toplama için NASATLX yönteminden faydalanılmış, bu yöntemle oluşturulan anket makinist çalışanlara uyarlanarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmada çok sayıda karar verici bulunması ve bulanık ifadeler ile değerlendirme yapılması nedeniyle ortak bir sonuç elde etmek için verilerin analizinde ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) tekniğinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık COPRAS kullanılmıştır. NASA-TLX yönetiminde kabul görmüş kriterler ise değişik sektörlerde birçok çalışmada uygulanan kriterlerden seçilmiştir. Sonuçlar analiz edilirken önce tüm katılımcıların vermiş olduğu cevaplara bakılmış daha sonrasında ise veriler deneyim ve iş birimi düzeyine göre ayrılarak iki farklı ÇKKV yöntemiyle analiz edilmiş, karşılaştırılmış ve yorumlanarak tavsiyeler verilmiştir. Araştırma sonucunda tüm katılımcıların verdiği yanıtların ve çalışanları deneyim ve iş birimlerine göre gruplandırdıktan sonra verilen yanıtların hem Bulanık TOPSIS hem de Bulanık COPRAS yöntemi ile analiz edilmesi sonucu en çok bilişsel yükün yaşandığı çalışma alanının İş4 olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Bilişsel iş yükü, Bulanık mantık, Çok kriterli karar verme teknikleri, NASA-TLX.

ANALYSIS OF THE WORKLOAD OF RAILWAY MACHINISTS BY NASA-TLX METHOD

SUMMARY

Rapid changes and innovations are taking place worldwide. In order for companies to survive, it is not only sufficient to invest in technology, but also applications for employees to work with high productivity should be addressed. Factors affecting productivity increase include the physical condition of the working environment, ergonomics of conditions, organizational ergonomics and job satisfaction.

The aim of ergonomics is to organise and implement the work by taking into account human abilities, physical and psychological conditions. Competition between companies is always felt, but the most important factor that can turn this situation into an advantage is human resources. It will be observed that the productivity and job satisfaction of motivated employees increase with appropriate ergonomic conditions. The research is designed to contribute to the literature on analysing the workloads of railway sector employees by using Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), Fuzzy COPRAS (Complex Proportional Assessment) and NASA-TLX (The NASA Task Load Index).

Workload, which is defined as the volume of work that the employee must perform in a certain period of time in a quality manner, the level of difficulty of the work and the working skills of the employee reveal the perception of workload. In this study, it is aimed to examine the workload felt by the machinist personnel working in the railways in terms of various factors. The sample group of the study consists of surveys conducted with 210 machinist personnel working in the railway sector.

NASATLX method was utilised for data collection in the study, and the questionnaire created with this method was adapted and used for mechanic employees. Since there were a large number of decision makers in the study and the evaluation was made with fuzzy expressions, Fuzzy TOPSIS and Fuzzy COPRAS, which are MCDM (Multi-Criteria Decision Making) techniques, were used in the analysis of the data in order to obtain a common result. The criteria accepted in NASA-TLX management were selected from the criteria applied in many studies in different sectors. While analysing the results, firstly, the answers given by all participants were examined, then the data were separated according to experience and business unit level and analysed, compared and interpreted with two different MCDM methods and recommendations were given. As a result of the research, as a result of analysing the answers given by all participants and the answers given after grouping the employees according to their experience and business units with both Fuzzy TOPSIS and Fuzzy COPRAS methods, it was seen that the work area with the highest cognitive load was Job4.

Keywords: Cognitive workload, Fuzzy logic, Multi-criteria decision making techniques, NASA-TLX.

1. GİRİŞ

Yaşamın temel faaliyetlerinden birisi olan çalışmak, insanlık için çağlar boyunca anlamını korumuştur. İş hayatındaki olumlu ya da olumsuz olarak algılanan her durum yaşam kalitesine etki etmektedir. Bundan dolayı iş hayatı insanlar için hep bir öncelik olmuştur. Böylece geçmişte ve günümüzde bilimsel araştırma konusu olarak karşımıza çıkmıştır (Kayak, 2023). Belirli bir işin devamlılığının sağlanması sadece ekonomik bir kaynak olmayıp aynı zamanda bireylerin yaşamlarında da düzenleyici bir role sahiptir. İş hayatında sorumluluk ve görevlerin paylaşılması dayanışmayı artırır ve aidiyet oluşumunu teşvik etmektedir. Çalışma ortamı yalnızca bir çalışma alanı olarak değerlendirilemez; aynı zamanda insanların sosyal ilişkilerini geliştirebilecekleri ve psikolojik iyilik hallerini geliştirebilecekleri bir olgudur (Araslar, 2021).

İnsanların yaşadığı iş yükünü bilimsel yöntemlerle tespit etmek, ölçmeye çalışıp doğru çözümler getirmek çok önemlidir. Çalışanın yükü fiziksel olabileceği gibi zihinsel de olabilmektedir (Kayak, 2023).

Teknolojinin gelişmesi ve bilgisayar kullanımının artması birçok alanda uzmanlaşmanın önem kazanmasını, insanların ihtiyaç ve beklentilerinin değişmesini yeni birtakım iş alanları ve işler oluşmasını sağlamaktadır. Bu durumda işlerin yeniden tasarlanmasını gerektirmektedir (Akoğlan Kozak, 2001 ; Çelikten, 2005). Bu değişim sürdükçe şirketlerin görevlerinin yeniden tanımlanması, işe uygun çalışanların seçilerek işe alınması, ücretlerinin belirlenmesi ve performanslarının değerlendirilmesi amacıyla işin özelliklerinin belli olması gerekmektedir (Çelikten, 2005). Yapılan işin özelliklerini ortaya koyan iş analizi çalışmaları sayesinde şirketlerin işlerini daha sağlıklı yürütmesi, örgütsel olarak gelişmesi ve gerekiyorsa yapısal değişiklikler yapması kolaylaşmaktadır (Dağdeviren ve diğ., 2005; Ofluoğlu ve Bircan, 2007 ; Korkmaz, 2012).

Demiryolu taşımacılığına artan talepler, demiryolu taşımacılığının temeli olan çalışan makinistlerin iş yükünü arttırmaktadır. Demiryolu taşımacılığında dikkatsizlik ve ihmallerden dolayı yapılan hatalar çoğu zaman can kayıplarına neden olmaktadır.

Tren makinistliği; odaklanma, özen, yüksek seviyede teknik bilgi ve beceriye sahip olunması gereken bir iş dalı olduğu için işteki verim ve özen önem arz etmektedir.

Günümüzde demiryolu taşımacılığının hızla gelişmesi sonucunda sadece yük taşımacılığında değil, yolcu taşımacılığında da kalitenin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Demiryolu şirketleri hedeflerine ulaşmak için hem emek yoğun teknolojileri hem de gelişmiş teknik ekipmanları kullanmaktadır. Demiryolu şirketlerinin verimli ve etkin hizmetleri sunmaya çalışması teknik personelin önemini büyük ölçüde artırmıştır. Çalışanların çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve sorunların çözülmesi, sunulan ulaşım hizmetinin kalitesinin artırılması açısından önemlidir. Bu nedenle tren makinistlerinin çalışma koşullarının değerlendirilmesine yönelik araştırmaların yapılması önemlidir. Bu bağlamda tren makinistlerinin iş yüküne ilişkin görüşleri, verilen hizmetin kalitesi açısından oldukça önemli görülmektedir (Ağzitemiz, ve Bardakçı, 2021). Bu tez çalışmasında demiryolu sektöründe faaliyet gösteren demiryolu tren işletmesindeki farklı deneyime ve iş birimine sahip makinistlerin hissettikleri zihinsel iş yükünün ölçülmesi, karşılaştırılması ve analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada bilişsel iş yükü tanımı, bilişsel iş yükü ölçüm yöntemleri, çok kriterli karar verme yöntemleri gibi konulara değinilmiştir. NASA-TLX yöntemi kullanılarak anket çalışması uygulanmıştır. NASA-TLX yöntemine ek olarak çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılmıştır. Makinistlerin algıladıkları iş yükünü etkileyen faktörler analiz edilmeye çalışılmış olup bu faktörlerin incelenmesinin makinistlerin performanslarına etki eden faktörlerin saptanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Makinistlerin günlük yaptıkları görevlerin hangi aşamasında ne kadar iş yükü hissettiğini analiz etmek için ele alınan bu çalışmada giriş bölümünde çalışma amacına ikinci bölümünde literatür araştırması bölümüne yer verilmiştir. Üçüncü bölümde iş yükü ergonomi kavramlarına değinilmiş, kullanılan NASA-TLX yöntemiyle ilgili bilgilere yer verilmiştir. Çalışmanın dördüncü aşamasında karar verme konusuna değinilmiş ve ÇKKV detaylı olarak anlatılmıştır. Beşinci bölümde kullanılan materyal ve yöntemler ayrıntılı olarak ele alınmış, araştırmada son olarak ise elde edilen analiz sonuçları yorumlanıp öneride bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Galy ve diğ. (2018), yapmış olduğu çalışmada içsel, dışsal ve ilgili yük faktörlerinin potansiyel etkisini vurgulamak amacıyla, NASA-TLX iş yükü anketinin her boyutu üzerinde sürüş durumunun karmaşıklığı, deneyim ve subjektif gerilim ve uyanıklık seviyelerinin etkisini test etmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, acemi sürücülerin düşük performansının aslında işi zorlaştıran deneyim eksikliğinden kaynaklandığını ortaya koymuştur.

Rubio ve diğ. (2004), yapmış olduğu çalışmada bir bireyin, bir görevin veya bir iş durumunun özelliklerinin zihinsel iş yükünü nasıl etkileyebileceğine ilişkin mevcut anlayışı geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada SWAT (Subjective Workload Assessment Technique) (Subjektif İş Yükü Değerlendirme Tekniği), NASA-TLX, WP (Workload Profile) (İş yükü Profili) yöntemlerinden yararlanılmış olup acemi sürücülerin düşük performansının aslında deneyim eksikliğinden kaynaklandığı saptanmıştır.

Kayak (2023), yapmış olduğu tez çalışmasında NASA-TLX ve Taguchi yöntemlerinden faydalanarak bir Ar-ge merkezindeki çalışanların zihinsel yüklerini ölçerek, sonuçları konjoint analizden elde edilen ağırlıklarla çarparak benzer sonuçlar üretilip üretilmediğini saptamayı amaçlamıştır.

Ramadhana ve diğ. (2019), yaptığı çalışmada işin performansında, verimliliğinde ve üretkenliğinde düşüşe neden olmasını ele almak amacıyla Medan Balaikota tüketici kredisi birimindeki personelin zihinsel gerginliğini ölçmek için Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi Görev Yükü Endeksi yaklaşımını temel alan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Performans ve zihinsel gereksinimler, çalışanların iş yükünü etkileyen en önemli iki faktördür.

Pasaribu ve diğ. (2022), yapmış olduğu çalışmada çevrimiçi dersler sırasında öğrencilerin zihinsel iş yükünü ve yorgunluğunu değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmanın sonuçları öğrencilerin algıladıkları zihinsel iş yükünün yüksek kategoride, yorgunluğun ise orta kategoride olduğunu göstermiştir.

Grabarek (2002), yapmış olduğu çalışmada elektrikli bir lokomotifte sürücü çalışma yerinin ergonomik analizi için bir yöntem geliştirmeyi amaçlayan araştırmayı ele almıştır.

Ağzıtemiz ve Bardakçı (2021), yapmış olduğu çalışmada tren makinistlerinin algıladıkları iş yüklerinin çeşitli kriterlere göre değişkenliğini inceleyerek elde edilen sonuçlarla literatüre katkı sağlamaya çalışmıştır. Çalışmada, tren makinistlerinin iş yükü algı düzeylerine yönelik yapılan analizler sonucunda; işçi makinistlerin iş yükü algı düzeylerinin memur olan makinistlere göre daha fazla olduğu saptanmıştır.

Rahman (2013), yapmış olduğu çalışmada Malezyalı tren sürücülerinin çeşitli koşullarda zihinsel iş yüklerini, uyanıklıklarını ampirik olarak incelemeyi ve farklı koşullara göre tren sürücülerinin çeşitli zihinsel iş yüklerinin, uyanıklıklarının önemli modelini belirlemeyi amaçlamıştır. .

Dobson (2015), yapmış olduğu makalede demiryolunda insan faktörlerinin ve ergonominin gelişimini gözlemlemiştir. Kullanıcıyı desteklemek için bir iş sisteminin, ekipmanın, ortamın ve görevlerin tasarımına insan faktörlerinin entegrasyonu, operatörlerin dar zaman dilimleri içinde verimli ve güvenli bir şekilde tepki vermesini sağlamak için kritik öneme sahiptir.

Restuputri ve diğ. (2021), yapmış olduğu çalışmada insan faktörü ölçeği ile işçi performansı arasındaki ilişkiyi belirlemiş ve insan faktörü ölçeğinde işçi performansını etkileyebilecek en baskın faktörleri belirlemek için demiryolu ergonomisi anketini kullanmıştır. Analiz sonuçlarına göre performans üzerinde en yüksek katsayıya sahip değişken iş tatminidir.

Sennaroğlu ve Celebi (2018), yapmış olduğu çalışmada ÇKKV yöntemlerini kullanarak askeri havaalanı için yer seçimi problemini çözmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için AHP, alternatifleri sıralamak ve en iyi alternatifi seçmek için PROMETHEE ve VIKOR birlikte kullanılmış ve iki yöntemde de aynı lokasyon en iyi alternatif olarak önerilmiştir.

Garg ve Jain (2017), yapmış olduğu çalışmada E-öğrenme web sitelerinin seçimi için FMADM (Fuzzy Multiple Attribute Decision Making) (Bulanık Çoklu Nitelikli Karar Verme) yöntemini kullanan hiyerarşik bir modelin geliştirilmesini vurgulamıştır. Seçim indekslerinin ağırlıklarını elde etmek için FAHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) (Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi kullanılmış ve ardından her bir E-öğrenme web sitesinin sıralamasını elde etmek için COPRAS (Complex Proportional Assessment) (Kompleks Orantılı Değerlendirme), VIKOR

(VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) ve WDBA (Weighted Distance Based Approximation) (Mesafeye Dayalı Yaklaşım) olmak üzere üç yöntem uygulanmıştır.

Alper ve Başdar (2017), yapmış olduğu çalışmada İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'ndaki faktoring şirketlerinin finansal performansı değerlendirmiş ve ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) (Eliminasyon ve Gerçekliği Çeviren Seçim) ve TOPSIS yöntemini uygulamıştır. Yapılan çalışma, herhangi bir şirketin performansını değerlendirmek isteyenlere ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerinin uygulanabilirliği konusunda fikir vereceği gibi, firma yöneticilerinin önemli bir faktör olan faktoring işlemlerini hangi şirketle yapacaklarını seçmelerine de yardımcı olacaktır.

Çınar (2010), yapmış olduğu çalışmada TOPSIS yöntemiyle lokasyon belirlemeye odaklanmış ve yaklaşık on beş yıldır bankacılık sektöründe bulunan bir bankanın hiç şubesi olmayan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan eş adet şehir içinden en iyi seçimi yapmasını sağlayacak bir karar destek modeli önerilmiştir.

Taherdoost ve Madanchian (2023), yapmış olduğu çalışmada ÇKKV alanlarında yayınlanan çalışmalara ilişkin çeşitli bilgiler ve istatistikler sunmuştur. ÇKKV yöntemlerinde kullanılan kavramlar, parametreler tanımlanmıştır. Sunulan istatistiklerde ÇKKV verme yöntemlerinin kullanım oranları da ele alınmış olup çalışmamızda yöntem belirlerken yol gösterici olmuştur.

Türkmen ve Demirel (2022), yapmış olduğu çalışmada biyogaz sektöründe hizmet veren bir işletmenin tedarik sürecine SWARA ve Bulanık COPRAS yöntemlerini kullanarak katkıda bulunmuştur.

NASA-TLX ve ergonomi konusunda incelenen çalışmalar çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1: NASA-TLX ve ergonomi konusunda incelenen çalışmalar.

Yazar(lar)	Yılı	Çalışma Konusu	Yöntem
Galy ve diğ. (2018)	2018	NASA-TLX yöntemiyle sürücülerin iş yükü analizi.	NASA-TLX
Rubio ve diğ. (2004)	2004	Zihinsel iş yüküne etki eden faktörlerin incelenmesi.	SWAT, NASA- TLX,WP

Çizelge 2.1(devam) : NASA-TLX ve ergonomi konusunda incelenen çalışmalar.

Yazar(lar)	Yılı	Çalışma Konusu	Yöntem
Restuputri ve diğ. (2021)	2021	Demiryolu sektöründe performansa etkiye den faktörlerin analizi.	Anket
Kayak (2023)	2023	Bir firmanın Ar-Ge Departmanında çalışanlarının gün içerisinde yaptıkları işler sonucunda algıladıkları zihinsel iş yükleri belirlenmesi.	NASA-TLX, Taguchi,Anket
Ramadhana ve diğ. (2019)	2019	Tüketici kredisi birimindeki çalışanların zihinsel iş yükünün analizi.	NASA-TLX
Pasaribu ve diğ. (2022)	2022	Üniversitedeki çevrimiçi dersler sırasında öğrencilerin zihinsel iş yükünü ve yorgunluğunu değerlendirme.	NASA-TLX SOFI
Grabarek (2002)	2002	Elektrikli bir lokomotifte çalışan makinistin çalışma koşullarının ergonomik analizi.	Anket
Ağzitemiz ve Bardakçı (2021)	2021	Demiryolunda görev yapan makinistlerin iş yükü algılarının çeşitli değişkenlere göre incelenmesi.	Anket, faktör analizi
Rahman (2013)	2013	Malezyalı tren sürücülerinin zihinsel iş yükünün fiziksel yöntemle analizi.	Deneysel çalışma
Dobson (2015)	2015	Demiryolunda insan faktörlerinin ve ergonominin gelişimi.	İnsan faktörleri
Sennaroğlu ve Celebi (2018)	2018	Askeri havaalanı için yer seçimi problemi.	PROMETHEE ve VIKOR,AHP

Çok kriterli karar verme konusunda incelenen çalışmalar çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Çok kriterli karar verme konusunda incelenen çalışmalar.

Yazar(lar)	Yılı	Çalışma Konusu	Yöntem
Garg ve Jain (2017)	2017	E-öğrenme web sitelerinin bulanık çok kriterli karar verme ile değerlendirilmesi.	FAHP, COPRAS, VIKOR, WDBA
Alper ve Başdar (2017)	2017	Finans şirketlerinin çok kriterli karar verme ile değerlendirilmesi.	ELECTRE ve TOPSIS
Çınar (2010)	2010	Bankacılık sektöründe çok kriterli karar vermeyle lokasyon seçimi.	TOPSIS
Türkmen ve Demirel (2022)	2022	Biyogaz sektörü tedarik sürecinin çok kriterli karar verme ile değerlendirilmesi.	SWARA, COPRAS

3. ERGONOMİ VE İŞ YÜKÜ

3.1 Ergonomi

Ergonomi, Yunanca sağlık anlamına gelen nomos ve iş anlamına gelen ergo kelimelerinden gelmektedir. İnsanların nasıl çalıştığını, insanların kolayca adapte olabilmesi ve daha üretken olabilmesi için iş yerinin nasıl tasarlandığını incelemektedir. Ergonomi, bir çalışanın çalışma ortamıyla nasıl etkileşime girdiğinin incelenmesidir. Bu, kişinin tek başına veya bir ekibin parçası olarak çalışmasına bakılmaksızın, kişinin çalıştığı fiziksel alanın yanı sıra araç ve gereçler, çalışma teknikleri ve çalışma yapısını içermektedir. Modern ergonominin izleri 1939-1945 dünya savaşından gelmektedir. Britanya'da çeşitli alanlardaki uzmanlar, insanların işlerini ne kadar iyi yaptıkları ve teori ile yöntemin ne kadar önemli olduğuyula ilgileniyorlardı. Bu da ergonomi biliminin doğmasına neden olmuştur (Wilson, 2000). 1960 yıllarından 1990 yıllara kadar ergonomide birçok gelişme olmuştur. Bunlardan bazıları bilişsel ergonomi, örgütsel ergonomi, pozitif ergonomi ve bilişsel ergonomidir (Mokdad ve Abdel-Moniem, 2017). İş sağlığı ve güvenliğinin yükselişinden bu yana, ergonomi organizasyon için daha önemli bir konu haline gelmiştir. Dünyadaki her şirket, işyerlerinin güvenliğini artırmayı daha fazla düşünmektedir (Pun, 2011; Koirala ve diğ., 2022).

Ergonominin amacı, işle ilgili sağlık sorunlarını ortadan kaldırmak ve iş verimini artırmak için çalışma ortamının tasarımının nasıl planlandığı ve çalışanın ihtiyaçlarına göre nasıl uyarlandığıdır. Yani çalışanı işyerine değil, işyerini çalışana uyarlamayı amaçlamaktadır. Örneğin, çalışma masasının boyutları evrak ve dosyalara ulaşırken gereksiz yere hareketi önlemek adına çalışanın ihtiyacına göre tasarlanmalıdır. Bir örnek verilecek olursa masa başında çalışırken kişinin ayakları yere tam denk gelmiyorsa kullanılan ayak pediyle bacağın iç yüzeyindeki baskı azaltılarak hastalık ve meslek hastalıklarının önüne geçilecektir. Ergonomi hayat kalitesini artırmanın yanında insanların hayatını onlar için daha uygun şekle getirmeye odaklanmaktadır (Thomas ve diğ., 2022).

Çalışma ortamlarında ergonomi üç şekilde ele alınmaktadır. Bunlar; fiziksel ergonomi bilişsel ergonomi , Örgütsel ergonomidir (Dalkılınç, 2021).

3.1.1 Fiziksel ergonomi

Fiziksel ergonomi, fiziksel aktiviteye ilişkin bir kişinin anatomik, antropometrik, biyomekanik ve fizyolojik yönleriyle ilgilenmektedir. En çok ilgilenilen iş yeri ergonomisi alanıdır (Thomas ve diğ., 2022).

Fiziksel ergonomi, vücudun çevresindeki görevlere nasıl tepki verdiğiyle, aletler, makineler gibi fiziksel şeylerin tasarımı ve fiziksel ortamların düzeni ile ilgilidir.

İnsan vücudu, çevresine tepki veren bir sistem olarak görülebilir (hareket etme şekli, vücut parçaları arasında ağırlık aktarma şekli, vb.). Fiziksel ergonomi, insan vücuduna uyan ürün ve ortamları tasarlamak için mekaniğin teorilerini ve ilkelerini uygular. İnsan fizyolojisi ile ilgili teoriler, tıbbi fizyoloji tarafından derinlemesine ele alınmaktadır .

Fiziksel ergonominin odak alanları, tekrarlayan hareketlerin etkileri, malzeme taşıma, iş güvenliği, mobil cihazların kullanılabilirliği, klavye tasarımı, çalışma duruşları ve çalışma ortamıdır. Ergonominin üç yönünden biri fiziksel ergonomidir.

Fiziksel ergonomi, bir kişinin işinin veya mesleğinin fiziksel taleplerine vücudun tepkisini ifade etmektedir. Çalışma koşulları, bir kişinin fiziksel sağlığını ciddi şekilde etkileyebilir. Aşırı yük, tekrarlayan hareketler ve kötü duruş, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının sebeplerinden sadece birkaçıdır. Bu durumlar çalışanların işten izin almak zorunda kalmasına neden olabilmektedir. Bunları önlemek için, işverenler fiziksel ergonomiye öncelik vermelidir. Bu da ergonomik sandalyeler, oturma ve ayakta çalışma masaları, tripodlar, ergonomik klavyeler ve daha fazlasından oluşan ergonomik iş istasyonları oluşturarak yapılabilmektedir. Çalışanlara fiziksel kapasitelerinin ötesinde aşırı yüklenilmemesini sağlamak da önemlidir.

3.1.2 Organizasyonel ergonomi

Organizasyonel yapılar, politikalar ve süreçlerle beraber organizasyonel ergonomi sosyo-teknik sistemlerin optimizasyonu ile ilgilidir. Ergonomiye ilişkin baskın görüş yalnızca fiziksel dünyaya odaklanmaktadır. Çoğu ergonomik ürün ve hizmet bu alana girmektedir. Aynı zamanda, otomatik iş yerinin gelişmesiyle birlikte, bilişsel ve organizasyonel ergonomi alanları giderek daha önemli hale gelmektedir. Örgütsel ergonomi ise ergonominin hem fiziksel hem de bilişsel yönlerini birleştirmektedir.

Örgütsel ergonominin amacı, çalışanların memnuniyetini ve işe bağlılığını sağlayan tamamen uyumlu bir çalışma sistemine ulaşmaktır. Ek olarak teknolojinin insan ilişkilerine, süreçlere ve kurumlar üzerine etkisinin incelenmesini de içermektedir (Olla, 2012).

Örgütsel yapılar, politikalar ve süreçler dahil örgütsel ergonomi sosyal teknik sistemlerin optimizasyonunu ifade etmektedir. İlgili konular iletişim, kaynak yönetimi, işgücü projeleri, geçici iş organizasyonu, takım çalışması, katılımcı proje, yeni çalışma paradigmaları, işbirliği, organizasyon kültürü, ağ organizasyonları ve kalite yönetimidir (Baú ve diğ., 2012).

Çalışma ortamında örgütsel ergonomi önemlidir. Bir bütün olarak işyerinin yapısına odaklanmaktadır. Örgütsel ergonomi, çalışma saatlerini planlamak, disiplinler arası iletişimi geliştirmek, katılımı teşvik etmek, ekip çalışması etkinlikleri düzenlemek ve daha fazlası için uygulanabilmektedir.

Sosyoloji ve işletme bilimleri ile örgütsel ergonomi yakın ilişkidir. Örgütsel ergonominin bu iki alanla ilgili olmasının nedeni, sosyolojinin toplum ve insanla ilgilenerek iş hayatında üretim yapan fabrikaları da ele almasıdır (Behar, 2007 ; Genç, 2019).

IEA (The International Ergonomics Association) (Uluslararası Ergonomi Derneği) tarafından organizasyonel ergonomi kısaca üretimin geliştirilmesi, kalite yönetimi ve işbirliğinin de eklendiği personel, iş süreçleri, iş birimleri ve işin planlanması olarak tanımlanmaktadır (Launis ve diğ., 2011). Bu konular zaman planlaması, iletişim, uygun personel ve çalışma paradigmaları ile ilgili daha somut aşamaları içermektedir. İnsan merkezli şirket standardı ISO (International Organization for Standardization) (Uluslararası Standardizasyon Örgütü) 27500:2016, insan merkezli bir bakış açısıyla iyi kurumsal ergonomi geliştirmek ve sürdürmek için yedi temel noktayı özetlemektedir. Bunlar, bireysel farklılıkları kurumsal yeterliliğin bir sağlayıcısı olarak görmeyi, kullanılabilirlik ve erişilebilirliği iş hedefleri haline getirmeyi, bütünsel bir sistem yaklaşımı kullanmayı, esenlik, güvenlik ve sağlığın da kuruluş için iş öncelikleri olarak değerlendirilmesini sağlamayı içermektedir. Çalışanların anlamlı bir ortamda çalışması yönetimin güvenilirliğini ve şeffaflığını ve nihayet kuruluşun sosyal olarak sorumlu davranmasını sağlamaktadır (Setälä, 2018).

3.1.3 Bilişsel ergonomi

Bilişsel ergonominin merkezinde sistemin çalışması gereken daha geniş ortam, sistem için hem kısıtlamalar hem de fırsatlar sunan alan kavramı yer almaktadır. Alan aynı zamanda kullanıcıların genel olarak sistemle etkileşimlerindeki yeterliliklerini ve sınırlamalarını da incelemektedir. (örneğin, dikkat, algı hataları, stratejiler, bilişsel iş yükü). Özellikle, hedeflerine ulaşmak için kullandıkları bilişsel yapıtları ve diğer aktörlerle işbirliğini incelemektedir. Sonuç olarak her bir bilişsel ergonomik çalışma alanla ilgili teori ve insan bilişi hakkında teori olmak üzere iki temel teori ile çalışmaktadır. Bilişsel ergonomi her iki alanı da bu kadar dolaysız bir şekilde kapsadığından ve kullanım senaryolarında yer alan faktörlerin birbirine bağlılığını ele aldığından, bu hususlar göz önünde bulundurularak tasarım yapmak, bir ürünün kullanılabilirliğini sağlamaya yardımcı olmaktadır.

Bilişsel ergonomi, insan beyninin bilgiyi iletme ve işleme yeteneğini ve dolayısıyla belirli bir sistemdeki insan işinin kalitesini ifade etmektedir. Bilişsel ergonominin bu alt disiplini eğitim, karar verme ve "bilişsel iş yükü" gibi konuları analiz etmektedir. Ergonomi alanı, hataların analizi ve iş kazalarının araştırılmasının yanı sıra tasarım, kullanılabilirlik, insan-makine etkileşiminin değerlendirilmesi ve önerilmesi ile ilgilenmektedir.

3.2 İş Yükü

İş yükü çalışma hayatında günden güne daha önemli bir konu haline gelmektedir. İş yükü çalışması yeni değil; insanın makine etkileşiminden bu yana tartışılmakta ve araştırılmaktadır. İşletmeler karı maksimize etmeye odaklanırken, çalışanlar iş yükünü minumuma indirmeye odaklanmaktadır. Bu problemin çözümü, iş yükünü doğru bir şekilde ölçmenin bir yolunu belirlemek ve hangi iş yükünün daha fazla olduğunu belirlemektir. İş yükü kavramı ilk ortaya konulduğunda, ağırlık fiziksel iş yükündeydi. Bugün dünya farklı bir yer haline gelmiştir. Çoğu fiziksel iş, ağır kaldırma yapan makinelerle yapılmaya başlanmıştır. Şu anda, iş yükünü içeren çalışmalar daha çok psikomotor, algısal veya iletişim gibi diğer iş yükü türleri üzerinedir (Wierwille ve diğ., 1985 ; Miller 2001).

İnsan hayatının devamlılığı için önemli bir meslek olan çalışma, bireyin zamanını değerlendirmesini, enerjisini faydalı hedeflere yönlendirmesini ve ruh sağlığını korumasına yardımcı olan bir faaliyettir (Yüksel, 2004; Araslar, 2021). Kişi için işin

yapısı, sürekliliği, yoğunluğu ve yaşamına katkısı çok önemlidir. Bu sebeple bireyin işe yönelik olumlu ya da olumsuz yaklaşımının sorumlu olduğu iş miktarına etkisi bulunmaktadır (Araslar, 2021).

İş yükü kavramı, çalışanın işyerinde sorumlu olduğu işi normalden daha yüksek olduğunu algılamasıdır. İş yükü kavramı, zamanın ve çalışmanın kişi üzerinde baskı oluşturması olarak da değerlendirilmektedir (Greenberg ve diğ., 2012 ; Öğrüş, 2009). Bir çalışan için işin hacmi çok önemli bir faktördür (Öğrüş, 2009).

İş stresi, çevresel talepler ve bireysel yetenekler arasındaki dengesizlikten kaynaklanmakta olup bir kişinin çalışma ortamını değerlendirmeleri ve stres faktörlerinin üstesinden gelme yeteneği ile ilgilidir. Bu durumu tanımlamak için “iş yükü” terimi kullanılmaktadır (Bos ve diğ., 2013 ; Spector, 1997 ; Harputlu, 2014).

Bir görevin bir çalışana yüklediği talepler iş yükü olarak tanımlanabilir. Niteliksel iş yükü, iş görevlerinin gerektirdiği çaba veya bilişsel ve fiziksel zorluk düzeyidir. Örnek olarak ağır nesneleri kaldırmak ve karmaşık matematik problemlerini çözmek niteliksel bir iş yüküne yol açmaktadır. Bir çalışanın yapması gereken iş miktarı nicel iş yükü olarak ifade edebilir (Harputlu, 2014).

İş ortamındaki birçok faktör çalışan kişinin performansı, mutluluk ve olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Bir kişinin görevlerini normal bir şekilde yük ve stres olmadan yerine getirebilmesi için üzerinde olumsuz etki oluşturan iş özelliklerini bilmek, bunları minimuma indirmek ve kontrolü altında tutmak gerekir (Öğrüş, 2009).

İş yükü esasen bir yandan makinelerin ve görevlerin etkileşimi, diğer yandan çalışanın kapasitesi, motive olması ve ruh halidir (Gopher ve Donchin, 1986 ; Moray, 1988 ; Wickens ve Kramer, 1985 ; Moray, 1988). Göreve yönelik performans personelin kabiliyeti, davranışları ve algıları arasındaki etkileşimdir (Atik, 2018).

İş yükü, bir operatör açısından görevleri yapmanın maliyetini gösteren bir terimdir (Hart, 2006). İş yükü fiziksel veya zihinsel olabilmektedir. Her ikisi de her zaman ilişkilidir ve çalışan belirli bir işi yaparken bütünüyle ayrılmamaktadırlar (Lean, 2012).

Bir kişinin fiziksel veya zihinsel çalışma algısının sübjektif bir tanımı, genellikle görevin doğası ve karakteri ile fiziksel ve bilişsel kaynaklara olan ihtiyacı ile ilgilidir (Annett, 2002). Teknolojinin sürekli uygulanmasıyla, insanlardan genellikle bilişsel görevlere ek olarak fiziksel olarak zorlu görevleri yerine getirmeleri beklenmektedir. Karmaşık bir görevin yerine getirilmesi sırasında kişi için belirlenen ihtiyaç ve

beklentilere göre, fiziksel ve zihinsel aktivitenin etkisi ve etkileşimi, işin kritik yük düzeyini belirlemektedir (DiDomenico ve Nussbaum, 2008 ; Jame ve diğ., 2022).

3.2.1 Bilişsel iş yükü

20. yüzyılın ortalarından itibaren sanayileşmiş dünya ülkelerinde fiziksel çalışma yerine bilişsel çalışma yapma eğilimi artmıştır. Çoğumuz tarafından bu tür işler araba kullanmak, bilgisayar kullanmak olarak bilinmektedir. Ayrıca, yüksek riskli olarak adlandırılan işlerin çoğu, fiziksel taleplerden çok bilişsel taleplerle karakterize edilmektedir. Bu tür işlere örnek olarak pilotlar, tren makinistleri, sağlık personeli ve süreç kontrol operatörleri verilebilir (Megaw, 2007). Bilişsel (veya zihinsel) iş yükünün genel kabul görmüş bir tanımı yoktur ve genellikle fiziksel iş yüküne benzer olarak kabul edilmektedir. Ancak bilişsel iş yükünün yargılama, karar verme, iletişim, tanıma, arama gibi tüm bilişsel faaliyetleri ifade ettiği söylenebilir ve bir görevi yapmak için gerekli olan bilişsel kaynaklar ile bireyin bunları kullanma becerisi arasındaki ilişki olarak tanımlanmaktadır. Bilişsel iş yükü, doğrudan ölçülemeyen veya mutlak bir değer olarak alınamayan öznel bir kavramdır. Bununla birlikte, insan zihni bilgileri sınırlı bir hızda işleyebildiğinden, bilişsel iş yükü herhangi bir anda kullanılan kapasitenin yüzdesidir (Galy ve diğ., 2018 ; Gopher ve Donchin, 1986). Bilişsel iş yükünün doğrudan tepki, kurallar, uyarılar ve bilgi işleme arasında aracılık eden kontrol sistemlerinin bir özelliği olduğu belirtilmektedir. Araştırmacılar, bilişsel iş yükünün kişisel çalışma döngüsünün tipik bir örneği olduğunu vurgulamışlardır (Yazgan ve diğ., 2021).

Bilişsel iş yükü ergonomi ve insan faktörlerinde en yaygın kullanılan kavramlardan biridir ve önemi giderek artan bir konudur. Bilişsel iş yükünün performans üzerindeki etkisini anlamak, modern teknolojinin birçok çalışma ortamında kullanıcılara her zamankinden daha fazla bilişsel talepler yüklemesi ve fiziksel talepleri azaltması nedeniyle bilişsel iş yükü giderek daha önemli hale gelmektedir (Young ve diğ., 2015). Bilişsel iş yükü, görev talepleri ile insan yetenekleri veya kaynakları arasındaki etkileşim olarak tanımlanmaktadır (Hancock ve Chignell, 1986; Welford, 1986). Bu etkileşimde iş yükü, görev zorluğunun katılımcı üzerindeki nesnel etkisini ve katılımcının performansını sürdürmek için gösterdiği zihinsel çabayı içermektedir. Başka bir deyişle, iş yükü, görev zorluğunun bazı nesnel kriterlerine (örneğin, bir hava trafik kontrolörü 6'ya karşı 12 uçağı kontrol eder) veya katılımcının atanan görevi tamamlama becerisine göre tanımlanabilmektedir. Bilişsel iş yüküne ilişkin bir başka

bakış açısı, bilişsel, algısal ve nörofizyolojik süreçler üzerindeki taleplerin birleşimidir (Baldwin ve Coyne, 2003). Bu tür talepler, daha sonra ölçülebilen bu nörofizyolojik yolların aktivasyonunu uyarmaktadır. Görev zorluğu ve talepkarlık için nesnel kriterler ayrıca belirli bir görevi tamamlamak için gereken performansın güvenilir bir şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Algılanan performans gerçek bilişsel iş yükünü yansıtmayabileceğinden, bilişsel iş yükünü veya nöral rezervi ölçmek objektif değerlendirmenin anahtarıdır (MacNeil, 2022).

Bilişsel iş yükü kavramı, insan zihni ve sınırlamaları arasındaki ilişkiyi ele alan bilişsel yük teorisinden gelmektedir (Wickens, 2008). Bu teoriye göre, bir kişinin aşırı yüklenmesi veya az yüklenmesi, yeni şeyler öğrenme ve görevleri yerine getirme üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Longo, 2018; Zanabazar ve Jigjiddorj, 2022).

Bilişsel iş yükü; Kişinin belirli bir zaman diliminde yapmak zorunda olduğu bilişsel çalışma oranıdır (Emeç ve Akkaya, 2018). Zihinsel stresin çok boyutlu olması sebebiyle zihinsel stresi evrensel olarak tanımlamak zordur. Bireyin görev talepleri ile içinde bulunulan koşullar, bireyin becerileri, duyguları ve beklentilerinin etkileşimi sonucu ortaya çıkmasından dolayı mental yük doğrudan gözlenemez (Yavuz ve diğ., 2020 ; Kurtgün, 2022).

Aslında bilişsel iş yükü, sistem çerçevesi, kaynaklar ve çalışan sınırlamaları ve yetenekleri arasındaki bir etkileşimdir (Kramar, 1991). Charlton ve O'Brien (2002) bilişsel iş yükünün "belirli bir zamanda harcanan bilişsel veya dikkat kaynaklarının miktarı" olduğunu söylemiştir. Başka bir deyişle, bilişsel iş yükü, kullanıcının uyanıklık, konsantrasyon, karar verme süreçleri, hafıza süreçleri veya dikkat gibi belirli bilişsel işlevleri kullanmasını gerektirmektedir (Sluiter, 2006 ; Basahel, 2012).

Bilişsel iş yükü genellikle bilgi işleme görevleriyle ilişkilendirilir, ancak tüm insan faaliyetleri zihinsel işlemeyi ve dolayısıyla bilişsel iş yükünü içermektedir (Nachreiner, 1995). Örneğin, araba kullanmak, sürücü üzerinde belirli bir zihinsel strese neden olur. Sürücü yolda hareket etmeli, aracın kontrolünü sağlamalı, gaza veya frene basmalı ve çevredeki araçlara dikkat etmelidir. Tüm bu görevler zihinsel işlem gerektirir ve sürücünün zihinsel yükünü artırır (Mitchell, 2000).

Bilişsel iş yükü değerlendirmesi sorunu nispeten yeni ve önemlidir; Kökenleri Sanayi Devrimi'nin çağdaşı olan fiziksel yükün değerlendirilmesine yönelik eşlik eden tekniklerle karşılaştırıldığında yenidir ve artan oranda işin operatörlerin fiziksel kapasitelerinden ziyade bilgi işleme yeteneklerini vergilendirmesi bakımından önemlidir (Meshkati ve diğ., 1995).

Bilişsel iş yükünün ölçülmesi doğası gereği çok disiplinli ve karmaşık bir alandır. Bu kavrama ilişkin olarak 1980'li yıllarda iş yükü ölçümüne ağırlık verilmiştir. 1990'lı yıllarda birçok teorik çalışma ve modelleme çalışmasının yoğunlaştığı gözlenmiştir. Ancak 1990'lı yıllarda ergonomi araştırma ve uygulamalarında tartışılan bilişsel iş yükü ölçülmüştür. Öncelikle otomasyona büyük ölçüde güvenilen fizyolojik önlemler yoluyla. 21. yüzyılın ilk on yılı boyunca bilişsel iş yükü uygulamalarının giderek daha fazla örneği ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla bu konudaki araştırmaların genel gelişimi, bu kavramı ölçme ve tanımlama çabalarına dayalı olarak günümüzde gerçek dünya uygulamalarına doğru ilerlemiştir (Young ve diğ., 2015 ; Yavuz ve diğ., 2020).

3.2.1.1 Subjektif değerlendirme yöntemleri

Zihinsel iş hacmi arttıkça iş kapasitesi azalmakta, bireysel hatalar artmakta, işin bitiş süresi uzamakta, yaşamın geri kalanında baskı, stres ve rahatsızlık yaşanıp ve buna bağlı olarak yaşam kalitesi düşmektedir (Karaca, 2019). Bu nedenle bilişsel yükün ölçülmesinde bilişsel yükün doğru belirlenmesi çok önemlidir. Çalışanın iş yükünü belirlemek için tek boyutlu ve çok boyutlu ölçekler uygulamakta olan subjektif tekniklerin kullanımı kolaydır (Hancock ve Caird, 1993). Bu nedenlerle bu tekniklerin uygulanması sıklıkla tercih edilmektedir (Aksakal ve diğ. 2013). Subjektif yöntemler uygulanması kolay yöntemlerdir. Zor ve zorunlu olmaması, maliyetinin düşük olması gibi nedenlerle iş yükünün bu yöntemlerle ölçülmesi diğer yöntemlere göre daha iyidir (Çalınfıdan, 2015).

Subjektif değerlendirme yöntemleri sıklıkla kişiye tek bir soru sorularak ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır (İşinize ne kadar zihinsel çaba harcadığınızı değerlendirin). Alınan yanıtlar çok yüksekten çok düşüğe olacak şekilde geniş bir ölçekte ele alınmıştır (Karaca, 2019). Hesaplama, seçim , başkalarıyla etkileşim, işi hatırlama, gerçeğe ulaşmak ve çalışanı etkilemek gibi zihinsel/algısal faaliyetlerden kaynaklanan bir iş yükü türüdür. (Dağdeviren ve diğ., 2005; Kayak, 2023).

Subjektif değerlendirme, belirli bir durumda algılanan bilişsel iş yükünün değerlendirilmesinde katılımcılara uygulanan anket aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Katılımcının durumunu doğrudan öğrenmede subjektif derecelendirmelerin iyi yapılandırılması katkı sağlamaktadır. Çok sayıda subjektif iş yükü değerlendirme yöntemi vardır. Daha çok kullanılanlar aşağıda belirtilmiştir: Bedford ölçekleri, Genel İş Yükü, NASA TLX, SWAT, W/ İndeks (Akça,2022)

SWAT

SWAT Reid ve Nygren (1988) zaman yükünün, zihinsel efor yükünün üç boyutunun her biri için düşük derece(1), orta derece(2) ve yüksek derece (3) olmak üzere üç seviye kullanan öznel bir derecelendirme tekniğidir (Rubio ve diğ., 2004)

Bilişsel iş yükü değerlendirmesinin nihai amacı, sistem taleplerindeki değişiklikler nedeniyle insan performansındaki değişiklikleri üzerine tahminde bulunmak ve anlamaktır (Diego,1990).

SWAT yöntemini ilk kez Ohio ABD'deki Armstrong Laboratuvarı'ndaki İnsan Mühendisliği Bölümünden Gary Reid geliştirmiştir ve bu yöntem fiziksel,zihinsel olarak farklılık gösteren işlemleri yapmak zorundaki bir kişinin karşılaştığı iş yükünü analiz etmek için kullanılmıştır. Gerçek ortamda (gerçek dünya ortamı) kullanılabilecek öznel ölçümlere olan ihtiyacın artması nedeniyle ortaya çıkmıştır. SWAT, çalışanlarca gerçekleştirilmesi gereken işlerin iş yükünü ölçmek için basit ve kolay bir öznel ölçeklendirme sağlayamaktadır.

Zaman baskısı, bir çalışanın çalışırken diğer görevleri yönetme düzeyini belirleyen bir faktördür (Can ve diğ., 2015). Zaman baskısı puan skalası Çizelge 3.1'dedir.

Çizelge 3.1 : Zaman baskısı puan skalası.

Puan	Açıklama
1	Sık sık boş vaktim bulunmaktadır.
2	Boş vaktim bulunmaktadır.
3	Hiç boş vaktim bulunmamaktadır.

Çaba baskısı faktörünün değerlendirilmesi, bireyin görevlerini yerine getirmek için bilişsel yeteneklerini ne kadar kapsamlı kullandığına odaklanır. Çaba baskısı puan skalası Çizelge 3.2'dedir.

Çizelge 3.2 : Çaba baskısı puan skalası.

Puan	Açıklama
1	Çok az seviyede dikkat ve zihinsel çaba gerekli
2	Orta seviyede dikkat ve zihinsel çaba gerekli
3	Çok fazla seviyede dikkat, zihinsel çaba gerekli

İş sırasında stres baskısı faktörü, başarısızlık korkusunun yanı sıra kaygı ve risk gibi kaygıları da değerlendirir (Can ve diğ., 2015). Stres baskısı puan skalası Çizelge 3.3'dedir.

Çizelge 3.3 : Stres baskısı puan skalası.

Puan	Açıklama
1	İş kaygı ve sinire neden olmaz, az risklidir.
2	İş kaygı ve sinire neden olur, risklidir.
3	İşin riski çoktur. Kaygı ve siniri tetikler.

SWAT, değişik faaliyetleri (hem fiziksel hem de bilişsel iş yükleri) yürütmek zorunda olan birinin karşılaştığı iş yükünü analiz etmek için kullanılmaktadır. SWAT ayrıca çalışma sistemini, Zaman Yüğü (T), Zihinsel Çaba (E), Psikolojik Baskı Yüğü (S) olarak üç faktörden oluşan iş yükünün çok boyutlu bir modeli olarak tanımlamaktadır (Widyanti ve diğ., 2010; Rahmah ve Suryadi, 2022).

NASATLX

İş yüğü, çalışan için görev gereksinimlerini yerine getirmenin maliyetini temsil eden bir terimdir. İnsanlar kendilerinden beklenen her şeyi mevcut kaynakları kullanarak hızlı, doğru ve güvenilir bir şekilde başarabilseydi, kavramın pratik önemi çok az olurdu. Performansı sürdürmenin insani maliyeti (örn. yorgunluk, stres, hastalık ve kazalar) genellikle kabul edilemeyecek kadar yüksek olduğundan, nihai olarak sistem performansı ile ilgilenen tasarımcılar, üreticiler, yöneticiler ve çalışanlar, çalışan iş yüğü hakkında yanıtla ihtiyacı duymaktadır. "Uzmanlar" arasındaki kafa karışıklığı göz önüne alındığında, derecelendirme yapımları istenen kişilerin benzer bir görüş yelpazesine sahip olması ve deneyimlerinin çok farklı yönlerine aynı etiketi (iş yükünü) uygulaması eşit derecede olası görünmektedir (Hart, 2006).

NASA-TLX yöntemi, NASA-Ames Araştırma Merkezi'nden Sandra G. Hart ve San Jose Eyalet Üniversitesi'nden Lowell E. Staveland tarafından 1998 yılında geliştirilmiştir. Anket şeklinde olan bu yöntem, iş yüğü ölçümlerinden daha kolay ancak daha hassas olan sübjektif ölçümlere olan ihtiyacın ortaya çıkmasından yola çıkarak geliştirilmiştir (Surtiningtyas ve diğ., 2022).

İnsanın bilişsel iş yüğü performansını derinden etkileyebilir ve bu nedenle birçok sistemin tasarımında ve işletilmesinde önemli bir husustur (Bolton ve diğ., 2023).

NASA-TLX yöntemi, işlerinde çeşitli faaliyetlerde bulunmak zorunda olan çalışanların karşılaştıkları bilişsel iş yükünü analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir (Ramadhana ve diğ., 2021).

Sübjektif bilişsel iş yüğü ölçen NASA-TLX'in çok boyutlu ölçüm, hızlı ve düşük araştırma maliyetleriyle veri sunma süreci gibi faydaları vardır. Ayrıca NASA-TLX

yöntemi SWAT yöntemi ve RSME (Rating Scale Mental Effort Method) (Bilişsel Çaba Değerlendirme) ile karşılaştırıldığında en iyisidir ve NASA-TLX bir üretim veya hizmet şirketinde bilişsel iş yükünü ölçmek için kullanılabilir (Pasaribu ve diğ., 2022).

NASA-TLX, altı alt ölçekteki derecelendirmelerin ağırlıklı ortalamasından faydalanarak genel bir iş yükü puanı elde edilen çok boyutlu derecelendirme işlemidir. Ölçeğin erken bir versiyonu olan NASA-Bipolar, ağırlık ve ortalama alt ölçekler için deneklerin a priori iş yükü tanımlarını kullanarak denekler arası değişkenliği azaltmak için tasarlanmıştır. NASA-Bipolar, denekler arası değişkenliği azaltmada çok başarılıydı ve alt ölçek derecelendirmelerinden farklı yük kaynaklarının büyüklüğünü tespit etmede teşhis ediciydi (NASA Task Load Index: Paper and Pencil Version, 1986). Ancak, deneysel manipülasyonlara duyarlılığı beklendiği kadar yüksek değildi. Ayrıca dokuz alt ölçeğin çok fazla olduğu belirlenmiş ve ölçeği operasyonel veya simülasyon ortamında kullanılamaz hale getirmiştir. Bu nedenlerle NASA-TLX geliştirilmiştir (Gandy, 1991).

NASA-TLX yöntemi ile bilişsel iş yükünü ölçmenin adımları:

1. Derecelendirme Verme: Ölçümde, derecelendirme, bir değer aralığı (0-100) ile 6 boyutlu bilişsel iş yükü ölçeklerinden oluşan bir ankette hesaplanır. NASA görev yükü indeksi derecelendirme ölçeği tanımları çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 : NASA görev yükü indeksi derecelendirme ölçeği tanımları.

İş Yükü Boyutu	Değerlendirme Ölçeği	Açıklama
Zihinsel Talep	Düşük/Yüksek	Ne kadar zihinsel ve bilişsel aktivite gerekli olduğu
Fiziksel Talep	Düşük/Yüksek	Ne kadar fiziksel aktivite gerekli
Zamansal Talep	Düşük/Yüksek	Bir görevi yaparken hissedilen zaman baskısının oranıdır
Performans	İyi/Kötü	Verilen görevi yaparken başarınızın ne seviyede olduğu düşüncesindesiniz
Çaba	Düşük/Yüksek	Görevi yaparken ne kadar zorlanıyorsunuz?
Başarısızlık Hissi	Düşük/Yüksek	İşi yaparken ne kadar sinirlenmiş, gergin, cesaretsiz veya sıkılmış hissediyorsunuz?

- Zihinsel talep, işte ihtiyaç duyulan zihinsel ve algısal faaliyetlerin talepleri olarak tanımlanmaktadır. (örnek: düşünme, karar verme, hesaplama, hatırlama, görme, arama).

- Fiziksel talep, işte ihtiyaç duyulan fiziksel aktivitedir. (örnek: itme, çekme, döndürme, kontrol etme, koşma ve diğerleri.
- Zamansal talep, iş veya işin unsuru sırasında hissedilen zaman baskısıdır.
- Performans, iş hedeflerine ulaşmada başarıdır.
- Çaba, iş performansı düzeyine ulaşmak için gerekli olan zihinsel ve fiziksel olarak harcanan çabadır.
- Güvenlik, tatmin, zindelik, rahatlık ve kendini tatmin duygusu ile sahada hüsrana düzeyi, güvensizlik, umutsuzluk, gücenme, stresli ve dikkati dağılmış çalışırken hissedilir (Surtiningtyas ve diğ., 2022).

2. Ağırlık: Anketin ağırlık ölçümünde 15 çiftten oluşan karşılaştırma şeklinde verilmektedir (Pasaribu ve diğ., 2022). Elde edilen ağırlıklar, konular arası değişkenliğin iki olası kaynağını açıklar: bir görevdeki değerlendiriciler arasındaki iş yükü tanımındaki farklılıklar ve görevler arasındaki iş yükü kaynaklarındaki farklılıklardır. Son olarak, ağırlıkların kendileri, görevin dayattığı iş yükünün türü hakkında teşhis bilgisi sağlayabilir (Hart ve Staveland, 1988).

3. Ortalama Ağırlık İş Yükünün Hesaplanması: NASA-TLX anketinin MWW'yi (Average Weight Workload) (Ortalama Ağırlık İş Yükü) bulmak her bir boyutun ağırlığını ve derecelendirmesini çarparak ve ardından toplayarak, ardından toplam iş yükünün 15'e bölünmesiyle yapılmaktadır. Zihinsel iş yükü skor kategorisi düzeyi Çizelge 3.5 'de görülmektedir (Pasaribu ve diğ., 2022).

Çizelge 3.5 : Zihinsel iş yükü skor kategorisi.

No	Oran	Zihinsel İş Yükü Skor Kategorisi
1	0-9	Çok düşük seviye
2	10-29	Düşük seviye
3	30-49	Orta seviye
4	50-79	Yüksek seviye
5	80-100	Çok yüksek seviye

3.2.1.2 Fizyolojik değerlendirme yöntemleri

İşin fizyolojik olarak değerlendirilmesi katılımcının vücudunun verdiği tepkilerin sensörler yardımıyla fiziksel bir ölçümüdür. Bu fiziki tepkiler kardiyovasküler

fonksiyon, cilt iletkenliği, solunum tepkileri, beyin fonksiyonu veya gözbebeği büyüklüğüne izlenebilmekte ve bunların her biri o mod için özel olarak tasarlanmış özel ekipmanlarla ölçülmektedir (Wilson ve O'Donnell, 1988). İş yükünün en yaygın kullanılan ölçüsü HR (Heart Rate) (Kalp Atış Hızı) ve HRV (Heart Rate Variability) (Kalp Atış Hızı Değişkenliği)'dir. Çünkü kalp atış hızının ölçülmesi nispeten basittir (Wilson ve O'Donnell, 1988 ; Akça, 2022).

Fizyolojik yük ölçümlerinin temel avantajı müdahaleci olmamasıdır. Operatörlerin ikincil görevleri yerine getirmesini veya kendi iş yükünü sözlü olarak tahmin etmesini gerektiren iş yükü ölçüm yöntemlerinden farklı olarak, fizyolojik ölçümler, operatörün çalışırken yaşadığı biyolojik değişiklikleri dolaylı olarak ölçmektedir. Fizyolojik iş yükü ölçümlerinin temel dezavantajı çok az teoriye dayanmasıdır. Operatörün çalışması sırasında kalp, solunum ve merkezi sinir sistemlerinde meydana gelen değişiklikleri gözlemlemiş ve bu değişikliklerin neden meydana gelebileceğine dair makul hipotezler sunabilse de benzer fizyolojik değişikliklerin meydana gelmesini sağlayacak net bir mekanizma yoktur (Casner ve Gore, 2010).

Bilişsel yük hakkında bilgi edinmek için fizyolojik ölçümler zaman içinde doğrudan ölçümler sağlamakta ve bu ölçümleri potansiyel olarak performans ve öznel ölçümlerden daha gerçekçi ve objektif hale getirmektedir (Rozado ve Dunser, 2015). Bilişsel yük veya daha spesifik olarak yüksek bilişsel yük ile fizyolojik ölçümler arasındaki önceki ilişki, artan bilişsel işlem, artan uyarılma ve artan enerji talebi miktarı gibi yönlerle açıklanmıştır (Hogervorst ve diğ., 2014)

Fizyolojik önlemlerin dezavantajları da vardır. Bu ölçümlere yönelik kayıt yöntemleri, performans ve subjektif ölçümlere göre çok daha pahalıdır ve sinyal-gürültü farklılıkları, performans ve subjektif ölçümlere kıyasla bu ölçümler için daha büyük bir sorundur (Diego,1990). Ancak fizyolojik önlemlerin güçlü yanları, zayıf yanlarından çok daha ağır basabilir. Güçlü yönleri arasında, davranış olmadığında metrikleri kaydetme ve iş yükü değişikliklerine hızla yanıt veren metrikler sağlama yeteneği yer alır. Üstelik bu ölçümler nispeten ayrık ve çok boyutludur (Diego,1990). Fizyolojik ölçümlerin kullanılması bilişsel yükün daha objektif bir şekilde ölçülmesine olanak sağlamaktadır (Endsley ve Garland, 2000). Ek olarak, fizyolojik ölçümler kullanılarak sistemler, bilişsel yükün anında ve otomatik olarak değerlendirilmesi ihtiyacını karşılayabilmekte; görev performansında gözle görülür bir değişiklik olmadığında bile iş yükünü tahmin etme yeteneğini içermektedir (Haapalainen, 2010). Başka bir deyişle, bu tür ölçümler genellikle bir değerlendirme yöntemi olarak daha

çekicidir. Çünkü müdahale olmadan öznel veya performans tepkisini değiştirerek elde edilebilirler (Marquart ve diğ., 2015 ; Coral, 2016).

3.2.1.3 Performansa dayalı ölçüm yöntemleri

Performansa dayalı ölçümler, iş yükünü değerlendirmek için bireylerin görevleri veya sistem işlevlerini yerine getirme becerilerini kullanmaktadır (Damos, 1991). Performans ölçmenin temeli aynı zamanda kişinin birincil ve ikincil görevleri yerine getirme becerisine dayanan zihinsel yükün hesaplanmasıdır. Meshkati (1988) 'nin çalışmasında bilişsel iş yükünün etkilerinin doğrudan veya dolaylı olarak gözlemlenebildiği, çeşitli yöntemlerle ölçülebildiğini ve davranışa yansıdığı belirtilmiştir. Performansa dayalı ölçümler, görev zorluğunda yaşanan bir artışın talepte bir artışa yol açtığı, bu durumun da performansta bir düşüşe yol açtığı (hata oranı, tepki süresi, yanıt doğruluğu) varsayımına dayanmaktadır (Öztürk, 2019). Görevin gerçekleşme hızı, kontrol hareketleri, hata doğruluk oranı ve haberleşme-yanıt süresi gibi temel işlevler birincil görev ölçümlerinin temelidir (Rusnock ve diğ., 2015) . Birincil görevin gerçekleştirilmesi sırasında oluşan bilişsel iş yükü sistem ve operatör açısından önem arz etmektedir (Moon, 2013).

Görev performans hızı, kontrol hareketleri, hata doğruluk oranı ve iletişim tepki süresi gibi temel görevlere dayanan ölçümler birincil görevlere ilişkin ölçümlerdir (Rusnock ve diğ., 2015). Ana görev sırasında oluşturulan bilişsel iş yükü, sistem ve operatör açısından önemlidir. Bu bilişsel iş yükü, ikincil görev bilişsel iş yüküne göre daha büyüktür (Moon, 2013). İkincil görevlerin ölçümünde; Zihinsel matematik, reaksiyon süresi doğruluğu, tempo tutma, takip ve hafıza ve benzeri faaliyetler esas alınmaktadır (Rusnock ve diğ., 2015; Seidelman ve diğ., 2012). İki görevi eş zamanlı gerçekleştirirken, birincil görevin bilişsel iş yükünün artmasının, ikincil görevin performansını düşüreceği düşünülmektedir. Ölçüm, birincil görevin yerine getirilmesinde kullanılan zihinsel kapasiteden kalan ek zihinsel kapasiteyi değerlendirmektedir. İkincil görev seçilirken , birincil görevin performansına etki etmeyecek şekilde seçilmesine dikkat edilmelidir. Söz konusu yöntem, birincil görev ölçümlerinden daha belirleyicidir (Butmee ve diğ., 2019 ; Kartoğlu, 2022).

4. KARAR VERME VE KARAR VERME TEKNİKLERİ

4.1 Karar Verme

Karar verme, karar vericinin kendi tercihlerine göre alternatifleri belirlemesi ve seçmesini içermektedir. Karar vermek alternatif olasılıkları değerlendirmek anlamına gelmektedir. Bu tür durumlarda, yalnızca bu alternatiflerden mümkün olduğunca fazlasını belirlemekle kalmayıp, aynı zamanda hedeflere, isteklere, değerlere vb. en uygun olanı seçmek istenmektedir (Harris, 1980).

Baker ve arkadaşlarına (2001) göre karar verme, karar verici(ler)in ve karardaki paydaş(lar)ın belirlenmesiyle başlamalı, problemin tanımlanması, ihtiyaçlar, amaçlar ve kriterler hakkındaki anlaşmazlık ihtimallerini azaltmalıdır (Fülöp, 2005).

Kavramsal olarak karar verme, teoride ve modern pratik yönetim süreçlerinde yönetim biliminin en etkileyici unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir (Tozlu, 2016).

İşletmecilikte yönetim süreçlerini doğru bir şekilde yürütmek, etkili karar vermeyle mümkündür. Etkili kararlar alabilmek için öncelikle karar verme kavramının tanımlanması gerekmektedir (Çoşkun,2020). İnsanlar günlük yaşamda birçok konu hakkında farklı kararlar verirler. Alınan kararlar içerik ve anlam bakımından farklılık gösterse de ortak bir noktaya sahiptir. Ortak payda, karar vericilerin her durumda karar alternatifleri arasında karar vermesi ve hedefe ulaşmak için hangi seçeneğin en uygun yol olduğuna karar vermesidir. Bu karar, birçok alternatif arasından yapılan bir tercihin genel ifadesidir. Karşılaşılan bir durumun birden fazla kriteri ve tek alternatifi varsa kararlar sorunludur. Karar kelimesi, olasılıklardan birini seçmek ve bu seçimin sonuçları anlamına gelir. Karar verme, “belirlenmiş bir veya daha fazla hedefe ulaşmak için farklı seçenekler arasında seçim yapan bir karar verme biriminin eylemidir.” (Türk Dil Kurumu, 2005). Karar verme pek çok alternatifi değerlendirilmesi ve bunlar arasından en iyi tercihin yapılması süreci olarak kolaylıkla tanımlanabilir.Yani karar terimi sonuç anlamına gelmektedir. Karar verme terimi belirtilen sonuca ulaşma sürecini tanımlamaktadır (Güngör ve Özcan, 2022).

Karar verme eylemi insan hayatıyla yakından ilgilidir, dolayısıyla bir sorun ya da durumla ilgili karar verilse bile kararın verildiğinin farkında bile olunmayabilir. Yani bazen aldığımız kararlar basit ve sıradan olurken zaman zaman da karmaşık ve risk düzeyi beklenenden çok daha fazla olabilmektedir. Bu durumda karar verici farklı methodlardan faydalanarak bir veya daha fazla alternatifi seçmek zorunda kalabilmektedir. Kararların karmaşıklığı ve önemi arttıkça karar vericilerin üzerindeki baskı ve önem de artmaktadır. Bir kararın önemi hayatımıza getireceği değişikliklerle orantılıdır. Alınan kararın telafisi mümkün değilse karar daha da önem kazanmaktadır (Tekin ve Ehtiyar, 2010). Çok önemli kavram olan karar verme süreci için birçok tanım verilmiştir. Eren (2008) en genel anlamıyla karar vermeyi, örgütsel hedeflere göre yollar, seçenekler ve araçlar arasında seçmek olan bilişsel, fiziksel ve duygusal aşamaların birleşimi diye tanımlamaktadır. Karar verme sürecine başlamak amacıyla bir problemin belirlenmesi ve ona çözüm aranması gerekmektedir. Karar verme süreci öncelikle sorunun tanımlanmasını ve mevcut bilgilere dayanarak alternatif çözüm önerilerinin önerilmesini gerektirmektedir (Bakan ve Büyükbeşe, 2008; Uluğ, 1996). Bu alternatiflerin değerlendirilmesi ve uygulamak için birinin seçilmesi gerektirmektedir. Bakan ve Büyükbeşe (2008), bir kararı uygulamanın karar vermedeki süreci sonlandırmadığını ancak uygulama aşamalarının izlenmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesinin gerekli olduğunu belirtmektedir (Çelikte, 2019).

Karar verme sürecine başvurmadan hiçbir karar verilemez. Karar verme, karmaşık bir zihinsel süreç olarak, çeşitli yönleri dikkate alarak istenen sonucu belirlemeyi amaçlayan bir problem çözme programıdır. Bu süreçler rasyonel veya irrasyonel, fizyolojik, biyolojik, kültürel ve sosyal olması yanında birçok faktörden etkilenen örtülü veya açık varsayımları da kullanabilmektedir. Tüm bu faktörlerin yanı sıra otorite ve risk düzeyi de beraber etkilenebilir. Karmaşık karar verme problemleri artık matematiksel formüller, çeşitli istatistikler, matematik, ekonomik teori ve karar verme problemlerinin çözümlerini otomatik olarak hesaplamaya ve tahmin etmeye yardımcı olan bilgi işlem cihazları kullanılarak çözülebilmektedir (Taherdoost ve Madanchian, 2023). Farklı türde karar problemleri vardır. Kriterlere göre; Karar problemleri tek bir karar vericiyi ilgilendiren problemler ve birden fazla karar vericiyi ilgilendiren problemler olarak sınıflandırılır. Bu kategoriler "bireysel karar verme" ve "çoklu karar verme" şeklinde belirtilmektedir. Bir fayda fonksiyonunun başka bir kritere göre basit

optimizasyonu, kısıtlamaya dayalı optimizasyonu veya çok amaçlı optimizasyonu içeren karar problemlerine bölünür. Ayrıca karar tek adımda veya birkaç adımda yinelenerek verilebilir.

İnsanın temel özelliklerinden biri de karar vermektir. Günlük yaşamda uygun seçeneklerle karşılaşılabilen veya bazı durumlarda hangi seçeneğin en uygun olduğuna karar vermek zorunda kalınmaktadır. Karar verirken, kararın nasıl daha iyi ya da daha başarılı bir şekilde alınabileceğine bakılmaktadır. Genellikle alternatiflerden birini seçmek karar verme olarak tanımlanmaktadır. Karar verme sürecinden; Kişisel hareket, yeni ürün geliştirme, yatırım, uygun kaynak seçimi gibi birçok alanda faydalanılmaktadır. Çoğu durumda karar verme, güç sistemlerinin işletme ve planlama aşamasında da gerçekleşir. Optimizasyon yöntemlerinin uygulanması, kararın amaç ve kısıtlara göre en uygun olmasını sağlamaktadır (Özdemir,2011)

4.1.1 Bulanık karar verme ve bulanık mantık kavramları

Belirsizlik durumunda karar vermek bulanık karar vermedeki önemli bir araştırma alanıdır. Çünkü kriterlere, seçeneklere ve sonuçlara yönelik sayısal değerler yerine belirsizlik yaratan sözel ifadeler vardır. Alternatifleri üretirken karar verici, bulanık kümelerle temsil edilebilecek, kişisel görüşlere dayalı belirsizlik içeren sözel değerleri de kullanmaktadır (Karakaşoğlu, 2008).

1970 yılında Bellman ve Zadeh klasik karar modelini incelemişlerdir ve bulanık ortamda bir karar mekanizması modeli geliştirmişlerdir. Bulanık bir ortamda amaç fonksiyonu gibi kısıtlar da bulanıktır ve bulanık amaç fonksiyonlarıyla birlikte kısıtlar da bulanık üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilmektedir. Eğer amaç fonksiyonu ve kısıtlar eş zamanlı olarak optimize edilirse bulanık bir karar; bulanık olmayan bir karar gibi amaç fonksiyonunu ve kısıtlamaları aynı anda karşılayan alternatiflerin tercihi ve seçimi olarak tanımlanmaktadır. Kısıtlamaların birbirleriyle etkileşimi yoksa, bulanık ortamda verilen kararın, bulanık amaç fonksiyonu ile bulanık kısıtlamaların kesişimi olduğu kabul edilmektedir (Güler,2019).

Bulanık kümelerin karar verme alanındaki uygulamaları, klasik karar teorilerinin bulanık tanımlanmasını içermektedir. Riskli koşullarda karar verme olasılıksal karar teorileri ve oyun teorileri ile modelleniyorsa bulanık karar teorileri ile; tercihlerin,

sınırlamaların ve hedeflerin tanımlanmasında insan doğasında var olan belirsizlik ve belirsizlikle baş etmeye çalışmaktadır. Genellikle bir dizi doğal alternatif durum ve karar vericinin kullanabileceği seçenekler dizisiyle ilgilenen klasik karar verme, aynı zamanda her seçimden beklenen durumu veya sonucu, istenilene göre sıralayan bir fayda veya amaç fonksiyonunu da içermektedir (Özdemir,2011).

4.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

ÇKKV aşamalarını şeffaf ve tutarlı olarak yapılandırmaya ve resmileştirmeye yönelik yöntemlerden oluşan çok adımlı bir süreçtir (Langemeyer ve diğ., 2016). Yıllar geçtikçe ÇKKV, tanımlanan sorunların çözümüne yönelik birçok yöntem ve yazılım geliştirmiştir. Yöntemleri kullanmak için sorunu, alternatifleri ve farklı maliyet türleri olabilecek kriterleri, çevresel etki göstergelerini, sosyal göstergeleri, enerji verimliliğini, kaliteyi ve sorunla ilgili diğer spesifik kriterleri tanımlamak önemlidir.

Bir sorun için çok sayıda alternatif olduğunda, en uygun maliyet kriterine sahip, çevreye en az etki eden ve enerji verimliliği yüksek olan alternatifin bulunması önemlidir. Bu, ÇKKV yönteminin alternatifleri karşılaştırma aracı olarak kullanılmasıyla sağlanabilir. Sorunların çözümünde kullanılabilecek birçok yöntem vardır ve bunlar farklı parametrelere göre düzenlenebilir. Her ÇKKV yönteminin, alternatiflerin sıralandığı farklı hesaplama aşamaları bulunmaktadır ve belirli yöntemlerle aynı girdi verilerini kullanarak uygulama yapılması sonucunda aynı veriler elde edileceğini iddia etmek mümkün değildir. Yöntemler sonuca göre seçilebilir (Ishizaka ve Nemery, 2013). Değerlerin karşılaştırılmasında sonuç isteniyorsa AHP, MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) (Oran Analizi Temeline Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemi), MAUT (Multi Attribute Utility Theory) (Çok Nitelikli Fayda Teorisi), Ağırlıklandırılmış Toplam Yöntemi, Ağırlıklandırılmış Çarpım Yöntemi ve diğer yöntemler kullanılabilir. Tanımlı olan hedefe erişmek ve sunulan seçenekler arasından en iyi alternatifi belirlemek amacıyla AHP, TOPSIS ve VIKOR, COPRAS ve diğer yöntemlerden faydalanılabilir. PROMETHEE ve ELECTRE yöntemleri ikili karşılaştırmaya ve istenilen amaca yönelik uygunluk değerlendirmesine dayanmaktadır.

Farklı yöntemler kullanılarak aynı sonuçları elde etme olasılığı vardır: TOPSIS ve VIKOR Yazdani ve diğ. (2015) VIKOR ve PROMETHEE Debbarma ve diğ. (2017) yöntemleri oldukça benzer sonuçlara yol açmaktadır, TOPSIS ve COPRAS sonuçları iki alternatif (Chen ve diğ., 2020), MULTIMOORA, dışında hemen hemen aynıdır. TOPSIS ve VIKOR Obayiuwana ve Falowo (2015), VIKOR, COPRAS ve PROMETHEE Sennaroglu ve Varlik Celebi (2018) , COPRAS ve VIKOR Garg ve Jain (2017) yöntemleri aynı sonuçlara yol açmaktadır. Ancak VIKOR, COPRAS ve TOPSIS sonuçları Fakhrehosseini(2020) ve MULTIMOORA ve PROMETHEE Batur ve Çalışkan (2019) sıralama sonuçları gibi eşleşmeyen sonuçlar da olabilir. Birçok ÇKKV yöntemi vardır ve her yöntemin kendi en iyi alternatif tanımı vardır ve belirlenmemiştir. Aynı girdi verilerinin farklı ÇKKV yöntemlerinde kullanılması aynı sonuçları verecektir (Zlaugotne ve diğ., 2020).

ÇKKV yöntemleri belirli bir matematiksel aygıtla karakterize edilir, çünkü aynı problem üzerinde farklı yöntemlerin uygulanması sıklıkla farklı çözümlerle sonuçlanır. Sonuç olarak, alternatif seçimi yalnızca alternatifleri değerlendirmek için kullandığımız kriterlere değil aynı zamanda kullandığımız ÇKKV yöntemine de bağlıdır. Yöntemlerin sayısal tekniklerindeki farklılık nedeniyle, farklı sıralama sonuçları, yani farklı alternatif seçenekler beklenebilir (Pamuçar ve diğ., 2017). Bu yöntemler, en iyi karar alternatiflerini seçmek, alternatifleri çelişen somut ve soyut kriterlere veya özelliklere göre sıralamak veya sınıflandırmak için kullanılmaktadır – (Guitouni ve Martel, 1998). Çoğu karar probleminde birden fazla kriter ve alternatif bulunmaktadır. Örnek verilecek olursa konum, yedek parça, kalite, prestij ve performans gibi bazı kriterlerin ele alınması günümüzde telefon ya da konut seçimini etkilemektedir. Hiçkimse bir konut ve ya telefon satın alırken sadece fiyat kriterini göz önünde bulundurmamaktadır. İnsanlar alternatifler içerisinde yapacağı her seçim için kriterlere farklı değerler (ağırlıklar) vermektedir (Brans ve diğ., 1986). Birçok alternatif içerisinde en uygun alternatifin seçilmesine yönelik problemler çözülmesi zor olan ve kriter sayısı çok olan problemler içerisinde (Arslan, 2018). Karar verme, mümkün olan tüm alternatifler arasından üstün bir alternatifi seçmek için en iyi prosedürdür. Hemen hemen tüm diğer konularda, genel alternatiflere karar verme nedeniyle genel kriter sayısı yaygındır. Bu tür kriterler normalde birbiriyle çelişir; tüm kriterleri aynı anda karşılamamanın bir yolu olmayabilir. Bu tür problemlerle başa

ıkabilmek için karar vericiler ÇKKV problemini zömek istemektedirler. ÇKKV problemlerini zömek için farklı yöntemler vardır (Zulqarnain ve diğ., 2020).

ÇKKV günlük hayatımızda her zaman karşılaştığımız sorunlardır. Örneğın: iş seçimi maaş, itibar, çalışılacak yer, kariyer, çalışma şartları gibi birçok faktörü erir . Bir araç alırken; fiyat, yakıt tüketimi, güvenlik, konfor ve stil gibi kriterler göz önünde bulundurulur. Kazanç, yatırım önceliğı, borsa fiyatı, toplumsal sorumluluklar, şirket prestiji vb. birçok kriter göz önüne alınarak bir şirket yöneticisi tarafından şirket stratejileri belirlenebilir (Öztel, 2016).

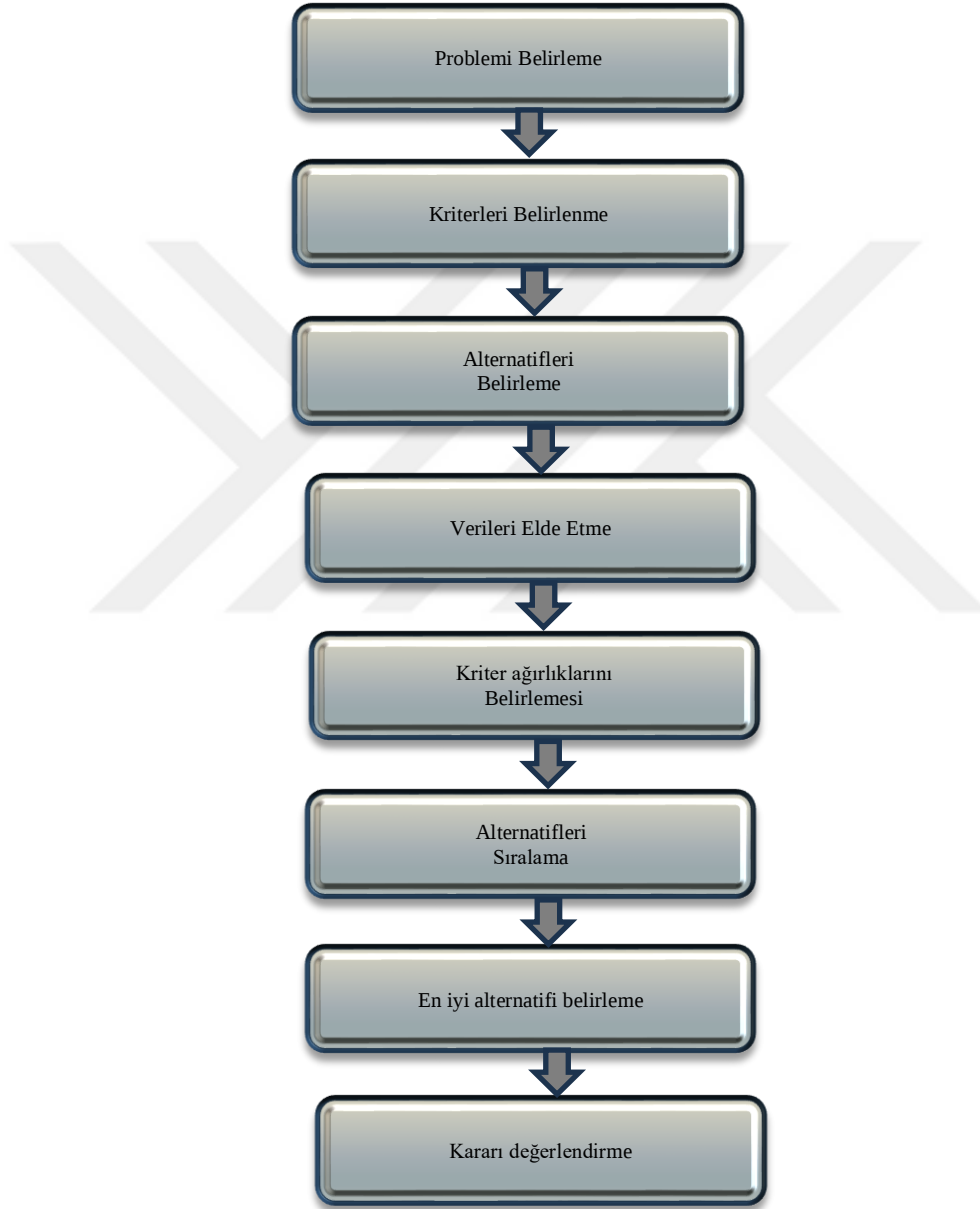
ÇKKV bir kararda çeşitli potansiyel adaylar arasından en iyi alternatifin seçimini içeren kararlarla ilgilenmektedir. Her karar, birden fazla faktörün, yani kriterlerin dengelenmesini gerektirir ve bu bazen açıkça, bazen de bilinçli olarak dikkate alınmadan yapılmaktadır. Karar, iki veya daha fazla iyi tanımlanmış alternatif arasında basit bir seçim olabilir; ancak genellikle karar problemleri, farklı bakış açılarını yansıtan karmaşık ve çelişkili nitelikteki bilgileri kapsayan oldukça karmaşık problemlerdir (Triantaphyllou , 2000).

KV bir den fazla, genellikle birbirleriyle çelişen kriterlerin varlığında karar vermeyi ifade etmektedir. KV sorunları günlük yaşamda yaygındır. Kişisel bağlamda, birinin satın aldığı bir ev veya araba fiyat, boyut, stil, güvenlik, konfor vb. açısından karakterize edilebilir.

Her ne kadar ÇKKV sorunları her zaman yaygın olsa da, bir disiplin olarak ÇKKV'nin yaklaşık otuz yıllık nispeten kısa bir geçmişı vardır. ÇKKV disiplininin gelişmesi bilişim teknolojisinin ilerlemesiyle doğrudan ilgilidir. Bir taraftan bilgisayar teknolojisinin son zamanlardaki hızlı gelişimi, karmaşık ÇKKV problemlerinin sistematik analizinin yapılmasını mümkün kılmıştır. Öte taraftan, bilgi teknolojisi ve bilgisayarların yoğun kullanımı, çok büyük oranda bilgi yaratmıştır ve bu da ÇKKV'yi iş kararlarının desteklenmesinde giderek daha önemli ve yararlı kılmaktadır (Xu ve Yang 2001). Karar problemlerinin çoğı çok kriterli niteliktedir. Eğer tek bir hareket tarzı varsa, o zaman yapılacak gerçek bir seçim yoktur. Eğer birkaç olası hareket tarzı var ama eylemlerin değeriendirileceğı tek bir kriter varsa, o zaman sorun sadece o kriterde en iyi performans göstereni seçmek olacaktır. Tipik olarak günlük yaşamda tatile nereye gideceğimize karar vermek, nerede çalışacağımıza karar vermek, nerede

yaşayacağımıza karar vermek veya yeni bir araba satın almak gibi çok kriterli karar problemleriyle karşı karşıya kalınmaktadır (Fazil ve diğ., 2008)

Şekil 4.1’ de görüldüğü gibi karar verme tekniklerinin uygulama adımları problem belirleme, kriterleri belirlenme, alternatifleri belirleme, verileri elde etme, kriter ağırlıklarını belirleme, alternatifleri sıralama, en iyi alternatifi belirleme ve kararı değerlendirme olarak sıralanmaktadır.



Şekil 4.1: Karar verme teknikleri uygulama adımları.

4.2.1 TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemi

TOPSIS sınırlı sayıda alternatif arasından çözüm belirleyebilmektedir (Büyüközkan ve Çifçi 2012). Hwang ve Yoonand (1981) ‘ a göre bulanık TOPSIS ve mantığı, bir pozitif ideal çözümü ve bir negatif ideal çözümü tanımlamalıdır. Pozitif ideal çözüm, faydayı maksimuma çıkaran ve maliyeti minimuma indiren bir çözümdür; maliyet ölçülerini maksimuma çıkaran ve faydaları minimuma indiren çözüm ise negatif ideal çözümdür. Pozitif ideal çözümle arasındaki mesafe en kısa olan, negatif ideal çözümle arasındaki mesafe en uzun olan alternatif en iyi alternatiftir. Ancak karar vericinin, gözlenen özellikler açısından alternatifin doğru bir performans değerlendirmesini sunması çoğu zaman zordur. O halde bulanık TOPSIS yöntemlerinin kullanılmasının avantajı, bulanık sayıları kullanarak farklı metriklerin değerlerini tanımlamaktır.

TOPSIS, pozitif uygun çözüme benzerlik ve negatif uygun çözüme uzaklık adı verilen bir indeksi tanımlamaktadır. Bu karar verme methodu daha sonra pozitif ideal uygun çözüme mümkün olduğunca yakın bir alternatif seçmektedir (Uz ve Zaman, 2012).

Çoğu zaman insan karar verilerinden kaynaklanan belirsizlikle başa çıkmak için bulanık küme teorisi, TOPSIS de dahil olmak üzere birçok ÇKKV yöntemine dahil edilmiştir. Bulanık TOPSIS fonksiyonunda tüm puanlar ve ağırlıklar dil değişkenleri tarafından tanımlanmaktadır. Son yıllarda pek çok bulanık TOPSIS yöntemi ve uygulaması geliştirilmiştir (Ashrafzadeh ve diğ., 2012).

ÇKKV yöntemlerinden biri de Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS ‘dir (Chen, 2000). TOPSIS yönteminde uygun sonucun gerektirdiği yakınlık aranırken negatif ideal çözüme olan mesafe ve pozitif ideal çözüme olan mesafenin ikisi beraber değerlendirilmektedir. Ortaya çıkan tercih sırası mesafelerin karşılaştırılmasıyla elde edilmektedir (Janko ve Bernroider, 2005).

Farklı niceliksel ve niteliksel kriterlerin bir arada değerlendirilip ağırlıklarına göre sınıflandırılabilmesi amacıyla çok kriterli bulanık karar verme methodu gerekmektedir (Chen,2001). Neg’in (1989) teziyle TOPSIS yöntemi kullanılarak üçgensel bulanık sayılar üzerine yapılan araştırmalar başlamıştır (Eleren ve Ersoy, 2007).

Bu teknik, karar vericilerin sorunları yapılandırması, alternatifleri analiz etmesi ve sıralaması için kullanışlıdır (Jiang ve diğ., 2011). İnsan kararlarında tutarsızlık, öznellik ve belirsizlik sıklıkla mevcuttur. Bulanık mantığın ilk etapta doğmasının

nedeni budur. Bu tahminleri yapabilmek için dilsel terimlere bulanık sayılar eklenmiştir. Bulanık TOPSIS yönteminde, minimum ve maksimum işlemler dışında yöntemdeki adımların büyük kısmı bulanıklığa genellenmiştir (Wang ve Lee, 2007). Bulanık TOPSIS yaklaşımı karar vermedeki kriterlerinin farklı ağırlıklara sahip olmasını sağlamaktadır. Karar kriterleri ve alternatiflerin önem ağırlıkları karar vericiler tarafından dilsel değişkenler olarak tanımlanmaktadır (Soba ve diğ.,2014).

Mesafeler çift yönlü olduğundan sadece maksimum değil, minimuma indirilmiş durumlar da dikkate alınarak en ideal seçim gerçekleştirilir (Ecer,2009). Gerçek hayatta sayısal değerler birçok durumda yargıya varmak için yetersiz kalabilmektedir. Çünkü insanların düşünce ve yargıları, özellikle de tercihleri çoğu zaman belirsizlik içermektedir. Bundan dolayı yöntem bulanık verileri kullanmak üzere oluşturulmuştur (Jahanshahloo ve diğ., 2006). Bulanık TOPSIS belirsizlik altında alternatiflerin seçilmiş bir kriter veya kriterler bazında değerlendirilip sınıflandırıp en ideal seçime katkı sağlayan yöntemlerdendir (Çınar, 2010).

Bulanık TOPSIS yöntemi, grup karar vermeyi gerektiren dilsel belirsizlik problemlerini çözmek için karar verme sürecinde insanın karar vermesinden dolayı oluşan belirgin olmayan durumları elimine etmek amacıyla geliştirilmiştir (Chen, 2000). Başka bir deyişle, bulanık küme teorisini kullanarak TOPSIS yöntemini genişleten ve karar verme sürecinde insanın kararındaki belirsizlik durumunu yok etmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bulanık TOPSIS'in en karakteristik özelliği karar kriterleri için farklı önem ağırlıklarına izin vermesidir. Karar kriterlerinin karar vericilerin her biri için farklı ağırlıklarda olabileceği dikkate alındığında daha doğru ve gerçekçi değerlendirmeler yapılabilir. Dolayısıyla daha doğru ve etkili kararlar alınabilir (Ecer, 2006). Yöntem kullanılırken öncelikle normalize ve ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulur. Sonraki aşamada bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin değerleri belirlenir ve ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisi kullanılarak bulanık ideal çözümlerin mesafeleri hesaplanır. Alternatiflerin her birisi için bulunan yakınlık faktörü ile alternatifler arasında bir tercih sıralaması yapılır. Elde edilen yakınlık katsayıları 0 ila 1 arasında değişmektedir. Yakınlık katsayısının 1'e yaklaşması adayın tercih edilme ihtimalini artırmaktadır (Ecer, 2006).

Adım 1: Karar vericiler tarafından oluşturulan karar matrisi denklem 4.1 de verilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Adım 2: Normalize karar matrisi oluşturulur. Bunu yaparken denklem 4.2 kullanılarak her bir x_{ij} değerinin karesi alınır ve sütun toplamı oluşturulur. Her bir x_{ij} değer bu sütun toplamına bölünüp denklem 4.3 ile normalize karar matrisi oluşturulur.

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} x_{ij} / \max x_{ij} & & \\ r_{11} & r_{12} \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

Adım 3: Normalize karar matrisinin her bir değeri w_{ij} gibi kriter ağırlıklarıyla çarpılıp ağırlıklandırılmış normalize matrisi denklem 4.4'deki gibi elde edilmektedir. w_{ij} değerlerinin toplamı bir olmalıdır.

$$V_{ij} = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} \dots & v_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ v_{m1} & v_{m2} \dots & v_{mn} \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

Adım 4: İdeal çözümlerin bulunması Maksimizasyon amaçlanıyorsa her bir sütundaki en büyük değerler alınarak pozitif ideal çözüm değerleri her bir sütuna ait minimum değerler alınıp negatif ideal çözüm değerleri denklem 4.5 gibi saptanır. Eğer minimizasyon amaçlanıyorsa tam tersi işlem yapılarak değerler denklem 4.6 yardımıyla bulunur.

$$A^+ = \max v_{ij} \quad (4.5)$$

$$A^- = \min v_{ij} \quad (4.6)$$

Adım 5: Pozitif ve negatif ideal noktalara uzaklıklar denklem 4.7 ve denklem 4.8 'deki formül ile belirlenir.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^+)^2} \quad i=1,2,3 \dots m \quad (4.7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^-)^2} \quad i=1,2,3 \dots m \quad (4.8)$$

Adım 6: Daha sonra her alternatif için pozitif ideal çözüme uzaklıklar toplanıp d_i^* ve negatif ideal çözüme uzaklıklar toplanıp d_i^- değerleri saptanır. İdeal çözüme yakınlık denklem 4.9 yardımıyla hesaplanır. İdeal çözüme yakınlık C_i^* ile simgelenmiştir (Arslan,2010).

$$C_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (4.9)$$

4.2.2 COPRAS ve bulanık COPRAS yöntemi

COPRAS (COMplexPROportionalAssessment) (Karmaşık Orantılı Değerlendirme) yöntemi ilk kez Zavadskas ve Kaklauskas (1996) tarafından ortaya atılmıştır. COPRAS yöntemi, en iyi çözüme oranı olan bir çözüm belirlemektedir. Bu yöntem, araştırılan versiyonların önem ve fayda derecesinin, alternatifleri yeterince tanımlayan bir kriter sistemine ve kriterlerin değerlerine ve ağırlıklarına doğrudan ve orantılı olarak bağlı olduğunu varsaymaktadır. Bulanık COPRAS yöntemi ilk olarak Zavadskas ve Antucheviciene (2007) tarafından ortaya atılmıştır. COPRAS'ta kriterler ağırlıkları ve alternatifler derecelendirmeleri kesin sayısal veriler yardımıyla ifade

edilmektedir. Ancak net verilerin gerçek hayattaki karar problemleri çözme konusunda yetersiz kaldığı birçok durum olmakta ve diğer yandan mükemmel bilgi kolayca elde edilememektedir. Bunlar kararın belirsiz ve yanlış olmasına neden olur. Sonuç olarak, COPRAS, kriter ağırlıklarının ve alternatif derecelendirmelerin bulanık sayılar kullanılarak adreslenen dilsel terimlerle verildiği yerde önerilmiştir (Yazdani ve diğ., 2011).

Literatür incelendiğinde COPRAS yönteminin farklı alanlardaki alternatifleri değerlendirdiği görülmektedir (Özdağoğlu, 2013).

COPRAS yöntemi, endeks değerlerinin maksimize edilmesi ve minimize edilmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca sonuçların değerlendirilmesinde karakteristik indekslerin maksimize edilmesi ve minimize edilmesinin etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Bu yöntem risk analizi, proje ve malzeme seçimi gibi çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. COPRAS yöntemi telafi edici bir yöntemdir, nitelikler bağımsızdır, niceliksel özellikler, COPRAS yöntemi kullanılarak niteliksel özelliklerin dönüştürülmesiyle elde edilmekte, maksimizasyon ve minimizasyon endekslerinin değeri değerlendirilerek alternatiflerin tam ve nihai sıralaması yapılmaktadır. Dolayısıyla bu teknik, yöntemin aşamalarına ve telafi özelliklerine bağlı olarak farklı alanlarda kullanılmaktadır. COPRAS son zamanlarda bulutlu ve gri ortamlarda diğer yöntemlerle birlikte kullanılmaya başlanmıştır (Özkan, 2021).

COPRAS yönteminin avantajlı yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- PROMETHEE ve ELECTRE gibi bazı ÇKKV yöntemleri, birden fazla alternatifin olduğu durumlarda ikili karşılaştırmalar nedeniyle daha uzun işlem süresi gerektirmektedir (Özdağoğlu, 2013).
- COPRAS yönteminde hem maksimize hem de minimize kriterleri için hesaplamalar yapılabilme ve değerlendirme sürecinde her iki kriter ayrı ayrı dikkate alınmakta ve değerlendirilmektedir.
- COPRAS yöntemi alternatiflerin avantajlarını göstermektedir.
- Alternatiflerin karşılaştırılması, alternatiflerin birbirine göre yüzde cinsinden ne derece iyi veya kötü olduklarını ortaya çıkarır ve alternatiflerin sıralanmasına yardımcı olmaktadır.

- Yöntem hem niteliksel hem de niceliksel kriterlerin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

COPRAS yönteminin dezavantajlı yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yöntem, kriter ağırlıklarını hesaplamada yetersiz olduğundan, kriter ağırlıklarının hesaplanmasında farklı bir ÇKKV yöntemi kullanılır veya ağırlıklar karar vericiye göre belirlenir (Sarıçalı, 2018).

Adım 1: Karar vericiler tarafından oluşturulan karar matrisi denklem 4.10'da verilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

Adım 2: w_j ile ifade edilen kriter ağırlıkları belirlenir.

Adım 3: Kriter ağırlıkları ve karar matrisindeki sayıların çarpılması sonucu ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi denklem 4.11 ile elde edilir.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (4.11)$$

Adım 4: Denklem 4.12 yardımıyla kriter ağırlıkları ve alternatif değerleri için durulaştırılmış karar matrisi hesaplanır. Denklemde bulunan değerlerden l bulanık sayılarla oluşturulan karar matrisindeki ilk değeri, m ikinci değeri, u ise üçüncü değeri ifade etmektedir.

$$\text{Durulaştırılmış sayılar} = \frac{(u-1)+(m-1)}{3} + 1 \quad (4.12)$$

Adım 5: Durulaştırılmış karar matrisinden denklem 4.13 ile normalize karar matrisi oluşturulur.

$$\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad (4.13)$$

Adım 6: Alternatifler bazındaki bütün fayda kriterlerinin değerleri denklem 4.14 ‘deki gibi toplanarak S_i^+ değeri, alternatifler bazındaki bütün maliyet kriterlerinin değerleri denklem 4.15’deki gibi toplanarak S_i^- değeri bulunur.

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad i=1,2,\dots,n \quad (4.14)$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^m x_{ij} \quad j=1,2,\dots,m \quad (4.15)$$

Adım 7: Her alternatif için denklem 4.16 kullanılarak görece önem düzeyleri denklem 4.17 kullanılarak performans indeks değerleri belirlenir. Alternatifler arasında en görece önem değeri en yüksek olan alternatif en iyi olarak belirlenir (Çakır, 2016).

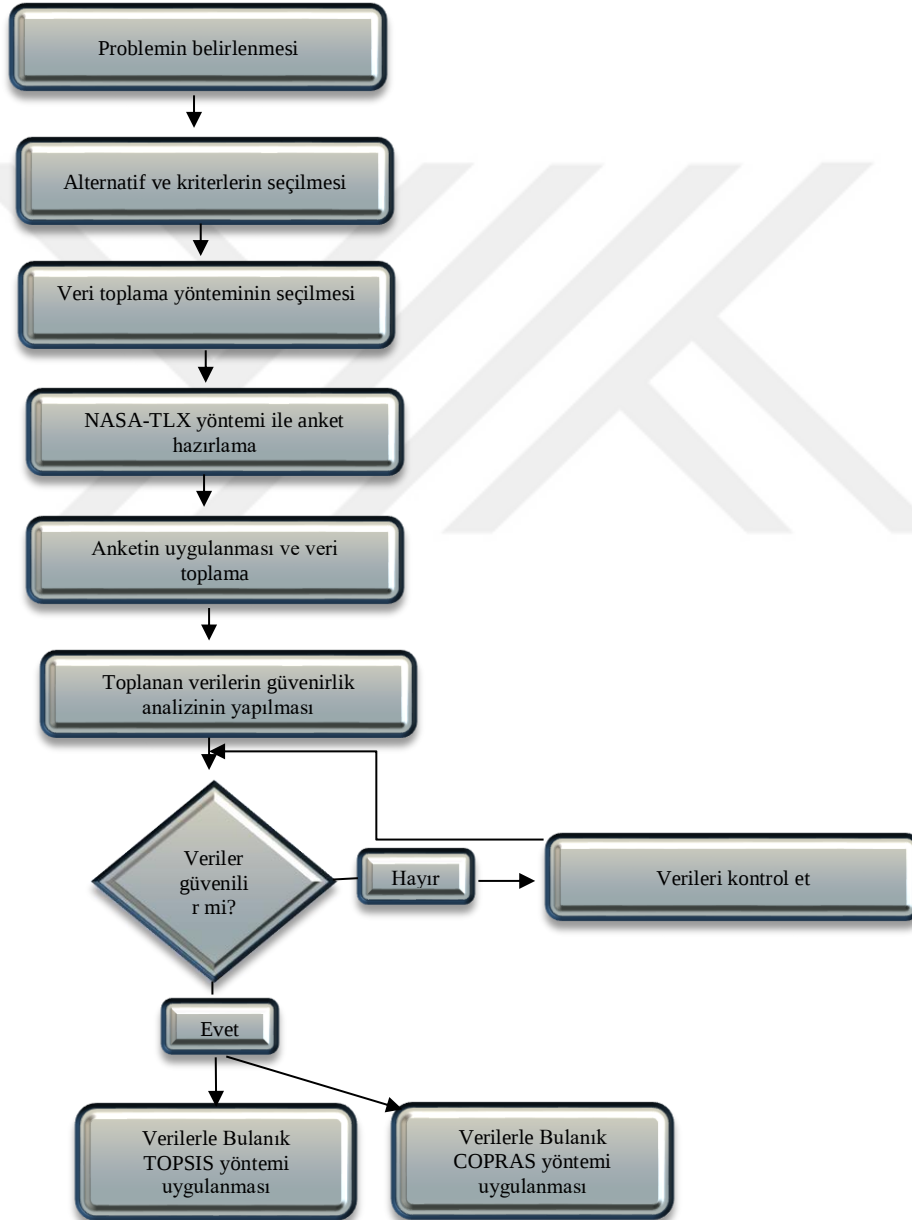
$$Q_i = \frac{S_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^n S_i^-}{n}}{\sum_{i=1}^n \frac{S_i^+}{S_i^-}} \quad i=1,2,\dots,n \quad (4.16)$$

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{imax}} * 100 \quad i=1,2,\dots,n \quad (4.17)$$

5. MATERYAL VE METOD

5.1 Akış Şeması

Bu çalışmada kullanılan akış şeması şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 : Akış şeması.

5.2 NASA Görev Yüğü İndeksi

Çalışmamızda önceki bölümlerde ele alınan ölçüm yöntemlerinden biri olan NASA-TLX yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Kullanım kolaylığı, düşük maliyeti ve iş yükü ölçüm sonuçlarının hassasiyeti sayesinde subjektif yöntemler araştırmamıza uygundur. Çalışmamızda diğer yöntemlere göre daha doğru sonuçlar vermesi ve yaygın kabul görmesi nedeniyle subjektif ölçüm yönteminden biri olan NASA-TLX yöntemi seçilmiştir.

NASA-TLX, altı farklı ölçüm cihazı kullanarak zihinsel iş yükünü ölçen çok boyutlu bir yöntemdir. Zihinsel, fiziksel, zamansal, performans, efor ve konfor düzeyi olmak üzere altı kriter bulunmaktadır.

Altı alt kriter üç gruba ayrılmıştır. Görev Nitelikleri: Zihinsel, Fiziksel ve Zaman Gereksinimi Davranış Nitelikleri: Verimlilik ve Çaba Bireysel Nitelik: Rahatsızlık (Gülkaç, 2013).

5.3 Bulanık TOPSIS

Niteliksel ve niceliksel kriterler açısından Bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirme yapmak mümkündür. Bulanık TOPSIS fazlasıyla esnek yapıdır. Karar vericilerin farklı kararlar verdiği durumlarda, grup kararı gerektiren problemlerin çözümü için Bulanık TOPSIS yöntemi oldukça uygundur. Değişik kriterler açısından alternatiflerin kriter önemini ve kriter değerini belirlemek amacıyla karar verici dilsel değişkenleri kullanmaktadır. Alternatiflerin en iyisinin seçim kararını ve değişik dil değerlendirmelerini sağlamak amacıyla çok kriterli bulanık karar yöntemi gereklidir. Bulanık sayılardan, bulanık modellerde belirtilen dilsel değişkenleri tanımlamak amacıyla faydalanılmaktadır (Beki, 2022).

5.4 Bulanık COPRAS

Karar problemleriyle ilişkili doğal belirsizlik, etkili karar vermeyi engellemektedir. Literatürde karar verme sürecinde belirsizliği ortadan kaldırmak için bulanık kümeler, şekiller ve sistemlerin değişik ÇKKV yöntemleriyle birlikte kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. COPRAS yöntemi, belirsizlikten dolayı etkili karar verememeyi ortadan kaldırmak için bulanık mantığın entegre edilmesiyle tasarlanan

Bulanık COPRAS yöntemi şeklinde de kullanılabilir. Bulanık COPRAS yöntemi bulanık sayılardan oluşan performans değerlerini kullanır. Karar verme probleminin subjektif yargılar içerdiği durumlarda etkili karar vermeyi mümkün kılan Bulanık COPRAS yönteminde dil ölçekleri kullanılmaktadır. Örneğin personel seçim kararında adayları (alternatifleri) kesin rakamlarla görünüş kriterlerine göre değerlendirmek yerine, “iyi”, “kötü”, “çok iyi”, “çok kötü” vb. değerlendirmek için dil bilimin kullanılması kararın daha etkili olmasını sağlar. Bulanık COPRAS yönteminde bulanık sayılar üzerinde COPRAS yönteminin adımları esas alınarak işlemler gerçekleştirilir (Yıldırım, 2016).



6. UYGULAMA

6.1 Veri Toplama

Bu çalışmada demiryolu taşımacılığında faaliyet gösteren bir işletmedeki makinist personelin iş yükünün zihinsel boyutları ele alınmıştır. Çalışma sonucunda personelin iş adımlarının hangi aşamasında daha çok çaba sarf ettiği ve zihinsel açıdan zorlandığını belirlenerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, NASA TLX yöntemi kriterlerinde faydalanarak anket çalışması oluşturularak kişisel etkileri kaldırmak için online oluşturulan form üzerinden çalışanlara uygulanmıştır. Oluşturulan anketin giriş kısmında anketin yapılış amacı açıklanmıştır. Ayrıca soruların rahat algılanması için örnekler vererek soru bazında da açıklamalar yapılarak katılımcıların soruları daha rahat cevaplamasına katkı sağlanmıştır. Katılımcıların verdiği cevaplardan elde edilen sonuçlar Bulanık TOPSIS ve Bulanık COPRAS yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, ülkemizde faaliyet gösteren demiryolu tren işletmesinde makinist olarak çalışan personellerin deneyimlerine, çalıştıkları iş birimine göre zihinsel iş yükü düzeylerinin görevlerinin hangi aşamalarında farklılaştığı üzerine bir inceleme yapılmıştır. Çalışmanın amacı demiryolu sektöründe kritik personel olan makinistin zihinsel iş yükünü önceliklendirmek ve grup karar vermedeki farklılıkları anlamak ve yorumlamaktır. Araştırmanın uygulama bölümünde; NASA-TLX ölçeğindeki zihinsel iş yükü kriterlerinden faydalanılmış, makinist personelin yaptıkları kriter değerlendirmelerinin ortalaması alınıp kriter ağırlıkları saptanmış ve ÇKKV yöntemlerinden olan Bulanık TOPSIS ve Bulanık COPRAS yöntemi kullanılarak alternatif işlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma online anket yoluyla, işletmedeki 221 makinist personele yapılmıştır. Elde edilen anket çalışmaları incelendiğinde 11 tanesinin işlevsiz durumda olması sebebiyle 210 anketle uygulama yapılmıştır.

Kullanılmış olan anket formu EK-A'da sunulmuştur. Anket toplam 13 sorudan oluşmaktadır. İlk olarak ankete katılanlara demografikler özelliklere yönelik

hazırlanmış olan toplam altı adet soru (çalışma süresi, yaş, eğitim, çalışma statüsü, İş birimi,medeni hal) yöneltmiştir. 7.sorudan itibaren ise anket katılımcılarının rutin işlerini kriterler bazında değerlendirmeleri istenmiştir.

Sonrasında makinistlerden NASA-TLX yöntemindeki kriterleri ağırlandırılması beklendiğinden 13.soru yöneltmiştir. Bu soru ilk olarak çalışma aşamaları ne olursa olsun genel olarak çalışma yaşamlarında zihinsel iş yükü kriterlerinden ne ölçüde etkilendiklerini öğrenmek amacıyla karar vericiler tarafından çalışmanın bu bölümünde yanıtlanmıştır. Bu şekilde kriterlere verilen ağırlıklar belirlenerek bu değerlerden uygulama yapılırken ağırlıklandırma hesaplamasında faydalanılmıştır.

Değerlendirme yapılırken ankette dilsel değişkenler (çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek) kullanılmıştır. Çalışanlar 7.sorudan itibaren soruları çok düşükten çok yükseğe olmak üzere 5 li ölçek doğrultusunda cevaplandırmışlardır. Literatür araştırması aşamasında iş yükü değerlendirme kriterleri ve ÇKKV yöntemleri incelenmiş ve uygun olan kriterler, karar verme yöntemleri seçilmiştir. Anketteki 6-13. sorular, belirlenen kriterlere göre hazırlanmıştır. Bulanık ortamda ÇKKV yöntemleriyle alternatif işler kriterler bazında değerlendirilmiştir.

6.2 Demografik Özelliklere İlişkin Bulgular

Uygulanan anket sonucu incelediğinde ankete 221 kişi katılmış olup 210 tanesi değerlendirmeye alınmıştır. 210 kişinin %45'ünün çalışma süresinin 5 yılın altında olduğu, %11'inin bulunduğu pozisyonda deneyiminin 6-10 yıl arası olduğu bilinmektedir. Bu çalışmaya katılan çalışanların çoğunun deneyiminin 5 yıl altında olduğu görülmektedir. Ayrıca katılım sağlayan kişilerin %22'si 21 yıl üzeri gibi çalışma süresiyle uzun deneyim süresine sahiptir.

Anket verilerine ilişkin yaş analizi yapıldığında çalışanların %55' inin 35 yaş altında olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum deneyime ilişkin analizde katılımcıların %56' sının çalışma süresinin 10 yıl altında olması ile ilişkilendirilebilir.

Bu çalışmaya katılan 210 çalışanın %63' ünün evli olduğu ve %37'sinin bekar olduğu bilinmektedir. Katılımcılara ait demografik bulgulara ilişkin veriler çizelge 6.1' de bulunmaktadır.

Çizelge 6.1 : Demografik bulgulara ilişkin veriler.

Demografik Değişken	Kategori	Sıklık	Yüzde
Çalışma süresi	0-5 yıl	95	45
	6-10 yıl	23	11
	11-15 yıl	20	10
	16-20 yıl	25	12
	21 yıl ve üzeri	47	22
Yaş	18-25	35	15
	26-35	85	40
	36-45	38	18
	46-55	29	14
	56 -64	27	13
	İlköğretim	-	-
Eğitim düzeyi	Lise	7	0,35
	Meslek Lisesi	8	0,4
	Önlisans	135	64
	Lisans	55	26
	Yüksek Lisans	5	0,25
Çalışma statüsü	Doktora	-	-
	İşçi makinist	128	61
	Memur makinist	82	39
	Yük Makinisti	81	39
	Marmaray Makinisti	70	33
İş birimi	Yolcu Makinisti	20	10
	YHT Makinisti	1	-
	Metro Makinisti	38	18

Çizelge 6.1(devam) : Demografik bulgulara ilişkin veriler.

Demografik Değişken	Kategori	Sıklık	Yüzde
Medeni Hal	Evli	133	63
	Bekar	77	37

6.3 Verilerin Analizi

Çalışanlardan değerlendirmesi istenilen işler aşağıda liste halinde verilmiş olup verilen cevapların bulanık karşılıklarının karar vericiler bazında ortalaması alınarak işlerin kriterler bazında oluşturduğu iş yükü saptanmıştır. Belirlenen kriterlere göre değerlendirilmek için kullanılan alternatif işlerin listesi aşağıda verilmiştir.

İş1: İş alma işlemlerini yürütmek (astlarına eğitim vermek, günlük çalışma çizelgesini hazırlamak vb.)

İş2: Cer aracını ve treni servise hazırlamak(cer aracı kontrolleri, cer aracı çalıştırmak ,trene enerji vermek vb.)

İş3: Tren seyir hizmetlerini yürütmek (Dizi ve cer aracını kontrolünü, yol işaretlerini kontrolünü yapmak vb.)

İş4: Tren seyri esnasında meydana gelen arıza ve acil durumlarla ilgili işleri yürütmek (basit arızaları gidermek vb.)

İş5: Tren seyrinden sonra cer aracının teslim edilmesini yürütmek (tamir defterini doldurmak, cer aracını depoya / görevliye teslim etmek)

İş6: Depo ve manevra işlemlerini yürütmek (yedek makinistlik nöbeti tutmak, depo manevrası yapmak vb.)

Anket verileri analiz edilmeden önce SPSS programında veriler için güvenilirlik analizi yapılmıştır. Literatürde Likert ölçeğinin iç tutarlılığının değerlendirilmesinde Cronbach alfa güvenilirlik kriterinden faydalanılmasının gerekli olduğu savunulmaktadır. Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı ölçeklerin iç tutarlılığını ve homojenliğini ölçmektedir. Bir ölçeğin Cronbach alfa katsayısı ne kadar yüksekse, bu ölçeğin maddelerinin birbiriyle uyumlu olduğu ifade edilmektedir (Özgüven, 1999).

Cronbach alfa değerinin 0,70 ve üzerindeyse araştırmada ölçme aracı kullanılabilir (Özguven, 1999 ; Erefe, 2002; Tavşancıl, 2002; Erbil ve Bakır, 2009).

$0,00 \leq \alpha < 0,40$ ise ölçek güvenilir değildir,

$0,40 \leq \alpha < 0,50$ ise ölçek güvenilirliği çok düşüktür,

$0,50 \leq \alpha < 0,60$ ise ölçek güvenilirliği düşüktür,

$0,60 \leq \alpha < 0,70$ ise ölçek güven düzeyi yeterlidir,

$0,70 \leq \alpha < 0,90$ ise ölçek yüksek güvenilirliğe sahiptir,

$0,90 \leq \alpha < 1, 0$ ise ölçeğin güvenilirliği çok yüksektir (Karakılıç, 2019).

Güvenilirlik hatadan arınma düzeyini ifade eder. Ölçek güvenilirliği tutarlı, dengeli ve tekrarlanabilir sonuçlarla belirlenir. Bu çalışmada ölçeklerin güvenilirliğini belirlemek için Cronbach alfa değeri kullanılmış ve uygulamamızda Cronbach alfa katsayısı 0,96 gibi yüksek bir değerde bulunmuş olup bu durum veri grubunun güvenilirlik değerinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Güven analizi istatistik sonuçları Ek-B de verilmiştir (Erbil ve Bakır, 2019).

Uygulama aşamasında sözel değişkenleri sayısal ifadelere çevirebilmek için kullanılan üçgensel sayılar çizelge 6.2’de gösterilmiştir (Wang ve diğ., 2006).

Çizelge 6.2 : Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan sözel değişkenler.

Dilsel Değişkenler		Bulanık Sayılar	
Çok Düşük	0	0	0,25
Düşük	0	0,25	0,50
Orta	0,25	0,50	0,75
Yüksek	0,50	0,75	1,00
Çok Yüksek	0,75	1,00	1,00

6.3.1 Bulanık TOPSIS ile veri analizi

Karar vericilerden oluşın küme ve değerlendirmede kullanılacak kriterler belirlenir. Daha sonra alternatif ve kriter belirlenmesinde kullanılacak sözel değişkenler belirlenir. Karar vericiler sözel değişkenleri kullanarak alternatifleri değerlendirir.

Karar vericilerin yapmış olduğu değerlendirmeler bulanık sayılarla düzenlenir. Değerlendirmeleri tek bir değer olarak ifade etmek için denklem 6.1 kullanılır.

$$x_{ij} = \frac{1}{K}[X_{ij}^1 + X_{ij}^2 + \dots X_{ij}^K] \quad (6.1)$$

Her karar vericinin kriterler için vermiş oldukları ağırlık denklem 6.2 kullanılarak tek bir değere indirgenir.

$$w_j = \frac{1}{K}[w_{ij}^1 + w_{ij}^2 + \dots w_{ij}^K] \quad (6.2)$$

Bütün alternatifler ve kriter için tek bir değer elde edildiğinde karar matrisi oluşturulur. Söz konusu değerlerden yola çıkarak oluşturulan değerler çizelge 6.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3: Değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılarla gösterilmesi.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
İş 1	0,2548	0,1845	0,1917	0,2464	0,4881	0,2143
	0,4619	0,3714	0,3726	0,4548	0,7333	0,4012
	0,6798	0,5988	0,5976	0,6762	0,9060	0,6214
İş2	0,2702	0,1964	0,2262	0,3012	0,5167	0,2143
	0,4726	0,3762	0,4226	0,5226	0,7655	0,4012
	0,6917	0,5964	0,6452	0,7298	0,9179	0,6179
İş3	0,2821	0,2159	0,2464	0,3167	0,5226	0,2369
	0,4964	0,3988	0,4452	0,5345	0,7679	0,4226
	0,7083	0,6146	0,6524	0,7417	0,9179	0,6345
İş4	0,3361	0,2786	0,3095	0,3750	0,5048	0,2976
	0,5574	0,4821	0,5238	0,6024	0,7500	0,5024
	0,7512	0,6917	0,7262	0,7940	0,9083	0,6976
İş5	0,1607	0,1262	0,1655	0,1952	0,4881	0,1762
	0,3476	0,2929	0,3512	0,4012	0,7310	0,3500
	0,5821	0,5321	0,5833	0,6298	0,8976	0,5762
İş6	0,2333	0,1881	0,2583	0,2845	0,5202	0,2095
	0,4405	0,3750	0,4679	0,5071	0,7667	0,3917
	0,6655	0,5976	0,6845	0,7214	0,9167	0,6095

Zihinsel ve fiziksel talep, çaba, performans, zamansal talep , başarısızlık hissi olmak üzere altı kriter bazında değerlendirmeler yapılmış olup karar vericilerin bu kriterleri değerlendirmelerinin bulanık sayı karşılıkları alınmıştır. Bu bulanık sayıların da ortalaması alınarak oluşturulan kriter ağırlıkları tablosu çizelge 6.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4: Kriter ağırlıkları.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
Tüm katılımcılar	0,3333	0,3071	0,3583	0,3548	0,3952	0,4024
	0,5464	0,5238	0,5845	0,5821	0,6214	0,6250
	0,7405	0,7274	0,7798	0,7726	0,8060	0,7917

Her kriterin farklı önem ağırlığına sahip olması göz önünde bulundurularak karar vericilerin işlere verdiği değerler ağırlıklarla çarpılarak denklem 6.3 ile oluşturulan ağırlıklı karar matrisi çizelge 6.5’deki gibidir.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (6.3)$$

Çizelge 6.3 bulunan değerler denklem 6.4 yardımıyla normalize edilerek elde edilen normalize karar matrisindeki değerler kriter ağırlıklarıyla çarpılarak çizelge 6.5’deki ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir.

$$x_{ij} / \max x_{ij} \quad (6.4)$$

Çizelge 6.5: Ağırlıklı normalize karar matrisi.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
İş 1	0,1130	0,0819	0,0946	0,1101	0,2102	0,1236
	0,3360	0,2813	0,2999	0,3334	0,4965	0,3594
	0,6701	0,6297	0,6417	0,6579	0,7955	0,7052
İş2	0,1199	0,0872	0,1116	0,1346	0,2225	0,1236
	0,3438	0,2849	0,3402	0,3831	0,5183	0,3594
	0,6818	0,6272	0,6928	0,7101	0,8060	0,7012
	0,1252	0,0959	0,1216	0,1415	0,2250	0,1366
İş3	0,3611	0,3020	0,3584	0,3919	0,5199	0,3786
	0,6982	0,6464	0,7005	0,7217	0,8060	0,7201
	0,1492	0,1237	0,1527	0,1675	0,2174	0,1717
İş4	0,4055	0,3651	0,4216	0,4416	0,5078	0,4501
	0,7405	0,7274	0,7798	0,7726	0,7976	0,7917
	0,0713	0,0560	0,0817	0,0872	0,2102	0,1016
İş5	0,2529	0,2218	0,2827	0,2941	0,4949	0,3136
	0,5738	0,5596	0,6264	0,6128	0,7882	0,6539
	0,1035	0,0835	0,1275	0,1271	0,2240	0,1209
İş6	0,3204	0,2840	0,3766	0,3718	0,5191	0,3509
	0,6560	0,6285	0,7350	0,7020	0,8049	0,6917

Ağırlıklı normalize karar matrisi elde edildikten sonra bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümler tanımlanır.

$$A^* = ((0.07, 0.07, 0.07), (0.06, 0.06, 0.06), (0.08, 0.08, 0.08), (0.77, 0.77, 0.77), (0.21, 0.21, 0.21), (0.10, 0.10, 0.10))$$

$$A^- = ((0.74, 0.74, 0.74), (0.73, 0.73, 0.73), (0.78, 0.78, 0.78), (0.09, 0.09, 0.09), (0.81, 0.81, 0.81), (0.79, 0.79, 0.79))$$

Daha sonra her bir iş için hesaplanan değerlerin bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümlere olan uzaklıkları bulunur. Pozitif ideal çözüme olan uzaklıklar çizelge 6.6’da negatif ideal çözümlere olan uzaklıklar çizelge 6.7’de verilmiştir.

Çizelge 6.6: Her kritere göre iş(i:1,2...,6) ve A^* arasındaki uzaklık.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
İş 1	0,3787	0,3562	0,3471	0,4637	0,3762	0,3791
İş2	0,3870	0,3557	0,3835	0,4331	0,3873	0,3770
İş3	0,4000	0,3699	0,3921	0,4266	0,3878	0,3918
İş4	0,4342	0,4285	0,4502	0,3982	0,3802	0,4481
İş5	0,3085	0,3061	0,3352	0,4913	0,3720	0,3415
İş6	0,3674	0,3561	0,4147	0,4406	0,3870	0,3700

Çizelge 6.7: Her kritere göre iş(i:1,2...,6) ve A^- arasındaki uzaklık.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
İş 1	0,4329	0,4565	0,4895	0,3591	0,3877	0,4621
İş2	0,4266	0,4530	0,4645	0,3991	0,3756	0,4624
İş3	0,4180	0,4421	0,4535	0,4075	0,3739	0,4490
İş4	0,3924	0,4065	0,4169	0,4479	0,3810	0,4087
İş5	0,4876	0,4948	0,5027	0,3261	0,3882	0,4912
İş6	0,4432	0,4549	0,4435	0,3918	0,3746	0,4670

Her bir alternatif için bulanık pozitif ideal çözüme ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplanmaktadır. Daha sonra her alternatif için d_i^* ve d_i^- değerleri saptanır. Hesaplanan bu değerler çizelge 6.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8: Tüm katılımcılar bazında her alternatif için d_i^* ve d_i^- değerleri.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	2,3010	2,3236	2,3681	2,5394	2,1547	2,3358
d_i^-	2,5877	2,5811	2,5440	2,4533	2,6905	2,5750
$d_i^* + d_i^-$	4,8887	4,9047	4,9121	4,9927	4,8451	4,9108
CC_i	0,5293	0,5262	0,5179	0,4914	0,5553	0,5244

Alternatifler için denklem 6.5'deki formül kullanılarak görece uzaklık değerleri hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i:1,2 \quad (6.5)$$

$$CC_1 = \frac{1,9597}{3,7206} = 0,5293 \quad CC_2 = \frac{1,9552}{3,7329} = 0,5262 \quad CC_3 = \frac{1,9291}{3,7381} = 0,5179$$
$$CC_4 = \frac{1,8691}{3,7963} = 0,4914 \quad CC_5 = \frac{2,0314}{3,6881} = 0,5553 \quad CC_6 = \frac{1,9504}{3,7370} = 0,5244$$

Alternatif işlerin görece uzaklık değerleri incelendiğinde İş5 için hesaplanan değerinin en yüksek olduğu ve bu işin en iyi alternatif olduğu görülmektedir. Başka bir ifadeyle İş5'in ankete katılan tüm çalışanlar üzerinde oluşturduğu iş yükü etkisi diğer iş adımlarına göre daha azdır. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş6>İş2>İş1>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca İş1, İş2 ve İş6'nın oluşturduğu etkinin benzer olduğu görülmektedir.

Ankete katılan çalışanlar deneyimine göre analiz edildiğinde 0-5 yıl arası deneyime sahip olanların verdiği cevaplara göre İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir.

İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş6>İş3>İş1>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca İş3, İş4 ve İş6'nın oluşturduğu etkinin benzer olduğu yine İş1'in ve İş2'nin işlerinde oluşturdukları etkinin yakın sonuçlarda olduğu görülmektedir. 0-5 yıl arası deneyime sahip çalışanların cevaplarının analizi çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.9: 0-5 yıl arası deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	1,7377	1,7369	1,7884	1,8378	1,6405	1,7954
d_i^-	1,8897	1,8983	1,8577	1,8437	1,9461	1,8612
$d_i^* + d_i^-$	3,6274	3,6353	3,6461	3,6815	3,5865	3,6567
CC_i	0,5209	0,5222	0,5095	0,5008	0,5426	0,5090

6-10 yıl arası deneyime sahip olan çalışanların verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde sahip olanların verdiği cevaplara göre İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş2>İş1>İş6>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. İş2 ve İş3'ün oluşturduğu etki arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. 6-10 yıl arası deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi çizelge 6.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.10: 6-10 yıl arası deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	2,1548	2,2713	2,2830	2,4742	1,8872	2,1071
d_i^-	2,3367	2,2594	2,2491	2,1140	2,5473	2,3973
$d_i^* + d_i^-$	4,4915	4,5307	4,5321	4,5882	4,4344	4,5045
CC_i	0,5203	0,4987	0,4963	0,4607	0,5744	0,5322

11-16 yıl arası deneyime sahip olan çalışanların verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş1>İş6>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. İş3 ve İş1'in ve İş2 ve İş6'nın sonuçlarının yakın olduğu görülmektedir. 11-16 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi çizelge 6.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11: 11-16 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	1,8088	1,7796	1,8425	1,9756	1,6713	1,7705
d_i^-	1,9533	1,9809	1,9310	1,8335	2,0589	1,9674
$d_i^* + d_i^-$	3,7621	3,7606	3,7735	3,8091	3,7302	3,7379
CC_i	0,5192	0,5268	0,5117	0,4814	0,5520	0,5263

16-20 yıl arası deneyime sahip olan çalışanların verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş1>İş6>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. İş3 ve İş1'in ve İş2 ve İş6'nın sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir. 16-20 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi çizelge 6.12'de göstermiştir.

Çizelge 6.12: 16-20 deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	1,9608	1,9095	1,9907	2,2789	1,8709	1,9385
d_i^-	2,2906	2,3314	2,2883	2,1069	2,3883	2,3265
$d_i^* + d_i^-$	4,2514	4,2410	4,2790	4,3858	4,2593	4,2650
CC_i	0,5388	0,5497	0,5348	0,4804	0,5607	0,5455

21 yıl üstü deneyime sahip olan çalışanların verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş2>İş6>İş3>İş1>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca İş1, İş3 İş6'nın analiz sonuçlarının benzer olduğu görülmüştür. 21 yıl üstü deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi çizelge 6.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.13: 21 yıl üstü deneyime sahip olan çalışanların cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	1,5372	1,5891	1,5583	1,6999	1,4846	1,5726

Çizelge 6.13(devam): 21 yıl üstü deneyimlilerin cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^-	1,7902	1,7609	1,7726	1,7123	1,8202	1,7744
$d_i^* + d_i^-$	3,3274	3,3500	3,3309	3,4122	3,3048	3,3469
CC_i	0,5380	0,5256	0,5322	0,5018	0,5508	0,5302

İş birimi olarak katılımcılar gruplandığında yük makinistlerinin verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş2>İş3>İş1>İş6>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Yük makinistlerinin cevaplarının analizi çizelge 6.14'de verilmiştir.

Çizelge 6.14: Yük makinistlerinin cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	2,0852	2,1717	2,1471	2,2951	1,8942	2,0013
d_i^-	2,2000	2,1497	2,1613	2,0567	2,3586	2,2675
$d_i^* + d_i^-$	4,2852	4,3214	4,3084	4,3518	4,2528	4,2688
CC_i	0,5134	0,4974	0,5017	0,4726	0,5546	0,5312

İş birimi olarak katılımcılar gruplandığında marmaray makinistlerinin verdiği cevaplar analiz edildiğinde İş5 en iyi alternatif olmaktadır. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş6>İş3>İş1>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Marmaray makinistlerinin cevaplarının analizi çizelge 6.15'de verilmiştir.

Çizelge 6.15: Marmaray makinistlerinin cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	1,6005	1,5946	1,6332	1,7985	1,5202	1,7201
d_i^-	1,8913	1,9012	1,8680	1,8026	1,9399	1,8356

Çizelge 6.15(devam): Marmaray makinistlerinin cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
$d_i^* + d_i^-$	3,4918	3,4957	3,5012	3,6011	3,4601	3,5558
CC_i	0,5416	0,5439	0,5335	0,5006	0,5607	0,5162

İş birimi olarak katılımcılar gruplandığında kalan birimlerde çalışanların verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5 en iyi alternatif olmaktadır. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş6>İş1>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. En çok etki hissedilen işin İş5 olduğu analiz sonuçlarına göre görülse de İş2 ve İş5 arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Metro,yolcu,yht biriminde çalışanların verdiği cevaplardan yola çıkılarak hazırlanan diğer makinistlerin cevaplarının analizi çizelge 6.16'da verilmiştir.

Çizelge 6.16: Diğer makinistlerin cevaplarının analizi.

	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
d_i^*	1,5695	1,5447	1,6207	1,6415	1,5279	1,5905
d_i^-	1,7674	1,7929	1,7381	1,7346	1,7796	1,7553
$d_i^* + d_i^-$	3,3368	3,3375	3,3587	3,3761	3,3076	3,3458
CC_i	0,5297	0,5372	0,5175	0,5138	0,5381	0,5246

6.3.2 Bulanık COPRAS ile veri analizi

Tüm katılımcıların verdiği cevaplar COPRAS yöntemi ile analiz edilebilmesi için bütün kriter ve alternatiflerin tek bir değere indirgenmesiyle oluşturulan karar matrisi çizelge 6.3'de , çalışmada kullanılan kriter ağırlıkları tablosu çizelge 6.4'de verilmiştir. Bulanık karar matrisi ve ve her kriter için ağırlıklar denklem 6.6 kullanılarak durulaştırılır ve durulaştırılmış karar matrisi çizelge 6.17 'de gösterilmiştir.

$$\text{Durulaştırılmış sayılar} = \frac{(u-1)+(m-1)}{3} + 1 \quad (6.6)$$

Çizelge 6.17: Durulaştırılmış karar matrisi.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
İş 1	0,4655	0,3849	0,3873	0,4591	0,7091	0,4123
İş2	0,4782	0,3897	0,4313	0,5179	0,7333	0,4111
İş3	0,4956	0,4098	0,4480	0,5310	0,7361	0,4313
İş4	0,5482	0,4841	0,5198	0,5905	0,7210	0,4992
İş5	0,3635	0,3171	0,3667	0,4087	0,7056	0,3675
İş6	0,4464	0,3869	0,4702	0,5044	0,7345	0,4036

Kriter ağırlıkları ve alternatif değerleri denklem 6.7 kullanılarak çarpılır .

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (6.7)$$

Çarpım sonucunda çizelge 6.18’de verilen ağırlıklandırılmış karar matrisi oluşturulur.

Çizelge 6.18: Ağırlıklandırılmış karar matrisi.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
İş 1	0,2514	0,1999	0,2224	0,2616	0,4308	0,2500
İş2	0,2583	0,2024	0,2477	0,2951	0,4455	0,2493
İş3	0,2677	0,2128	0,2573	0,3026	0,4472	0,2615
İş4	0,2961	0,2515	0,2985	0,3365	0,4381	0,3027
İş5	0,1963	0,1647	0,2105	0,2329	0,4287	0,2228
İş6	0,2411	0,2010	0,2700	0,2874	0,4463	0,2447

Normalize karar matrisi denklem 6.8 yardımıyla oluşturulur. Oluşturulan normalize karar matrisi çizelge 6.19’da verilmiştir.

$$\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad (6.8)$$

Çizelge 6.19: Normalize karar matrisi.

	Zihinsel Talep	Fiziksel Talep	Çaba	Performans	Zamansal Talep	Başarısızlık Hissi
İş 1	0,1664	0,1622	0,1476	0,1634	0,1633	0,1525
İş2	0,1709	0,1643	0,1644	0,1690	0,1628	0,1720
İş3	0,1772	0,1727	0,1708	0,1696	0,1708	0,1763
İş4	0,1960	0,2041	0,1982	0,1661	0,1977	0,1961
İş5	0,1299	0,1336	0,1398	0,1626	0,1455	0,1357
İş6	0,1596	0,1631	0,1792	0,1693	0,1598	0,1675

Fayda bazlı kriterler denklem 6.9 yardımıyla her bir alternatif için toplanarak S_i^+ maliyet bazlı kriterler denklem 6.10 yardımıyla toplanarak her bir alternatif için S_i^- değerleri hesaplanır ve S_i^+ ve S_i^- değerleri çizelge 6.20’de verilmiştir.

$$S_i^+ = \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.9)$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^m x_{ij} \quad j=1,2,\dots,m \quad (6.10)$$

Çizelge 6.20: S_i^+ ve S_i^- değerleri.

	S_i^+	S_i^-
İş 1	0,1525	0,7920
İş2	0,1720	0,8344
İş3	0,1763	0,8678
İş4	0,1961	0,9920
İş5	0,1357	0,6846
İş6	0,1675	0,8292

Her bir alternatif için denklem 6.11 kullanılarak görece önem düzeyleri hesaplanır. Denklem 6.12’den faydalanılarak her alternatifin fayda derecesi hesaplanır. Hesaplanan tüm katılımcılar için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri çizelge

6.21’de verilmiştir. Fayda derecesi en yüksek alternatif en iyi alternatiftir (Türkmen ve Demirel, 2022).

$$Q_i = S_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{S_i^-}{S_i^-}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i^-}} \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.11)$$

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{imax}} * 100 \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.12)$$

Çizelge 6.21: Tüm katılımcılar için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	1,0187	89,5260
İş2	0,9942	87,3745
İş3	0,9669	84,9738
İş4	0,8877	78,0138
İş5	1,1378	100
İş6	0,9948	87,4305

Ankete katılan tüm çalışanların vermiş olduğu cevaplar Bulanık COPRAS yöntemi ile analiz edildiğinde İş5’in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4’ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş6>İş2>İş1>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca İş2 ve İş6’nın oluşturduğu etkinin benzer olduğu görülmektedir. Ankete katılan çalışanlar deneyimine göre analiz edildiğinde 0-5 yıl arası deneyime sahip olanların verdiği cevaplara göre İş5’in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4’ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş6>İş3>İş1>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. İş3 ve İş6’nın iş yükü etkilerinin ayrıca benzer olduğu da analiz edilmiştir. Çizelge 6.22’de hesaplanan 0-5 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri verilmiştir.

Çizelge 6.22: 0-5 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	1,0130	92,8272
İş2	1,0131	92,8425
İş3	0,9710	88,9860
İş4	0,9444	86,5491
İş5	1,0912	100
İş6	0,9672	88,6337

Ankete katılan çalışanlar, 6-10 yıl arası deneyime sahip olanların verdiği cevaplara göre İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş2>İş1>İş6>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Hesaplanan 6-10 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri çizelge 6.23'de verilmiştir.

Çizelge 6.23: 6-10 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	1,0039	83,8328
İş2	0,9503	79,3495
İş3	0,9407	78,5478
İş4	0,8699	72,6369
İş5	1,1976	100,0000
İş6	1,0377	86,6520

Ankete katılan çalışanlar, 11-15 yıl arası deneyime sahip olanların verdiği cevaplara göre İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş1>İş2>İş6>İş5 olduğu görülmektedir. 11-15 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri çizelge 6.24'de verilmiştir.

Çizelge 6.24: 11-15 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	0,9978	90,0403
İş2	1,0103	91,1725
İş3	0,9700	87,5336
İş4	0,8970	80,9467
İş5	1,1082	100
İş6	1,0166	91,7415

Ankete katılan çalışanlar deneyimine göre analiz edildiğinde 16-20 yıl arası deneyime sahip olanların verdiği cevaplara göre İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş1>İş6>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca İş2, İş6'nın oluşturduğu iş yükü etkisinin sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir. Hesaplanan 16-20 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri çizelge 6.25'de verilmiştir.

Çizelge 6.25: 16-20 yıl deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	0,9979	91,5255
İş2	1,0306	94,5321
İş3	0,9897	90,7769
İş4	0,8621	79,0721
İş5	1,0903	100
İş6	1,0295	94,4255

Ankete katılan çalışanlar deneyimine göre analiz edildiğinde 21 yıl üstü deneyime sahip olanların verdiği cevaplara göre İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş2>İş3>İş6>İş1>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca İş1, İş6'nın oluşturduğu iş yükü etkisinin sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir. 21 yıl üstü deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri çizelge 6.26'de bulunmaktadır.

Çizelge 6.26: 21 yıl üstü deneyimlilerin görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	1,0151	93,7771
İş2	0,9814	90,6623
İş3	1,0036	92,7102
İş4	0,9086	83,9364
İş5	1,0825	100,0000
İş6	1,0089	93,2005

İş birimi olarak katılımcılar gruplandığında yük makinistlerinin verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş2>İş3>İş1>İş6>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Çizelge 6.27'de yük makinistleri için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri sunulmuştur.

Çizelge 6.27: Yük makinistleri için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	0,9952	88,6495
İş2	0,9586	85,3848
İş3	0,9683	86,2546
İş4	0,9057	80,6776
İş5	1,1226	100
İş6	1,0496	93,4953

İş birimi olarak katılımcılar gruplandığında marmaray makinistlerinin verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş6>İş3>İş1>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca İş1, İş2'nin oluşturduğu iş yükü etkisinin sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir. Marmaray makinistleri için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri çizelge 6.28'de verilmiştir.

Çizelge 6.28: Marmaray makinistleri için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	1,0308	92,1989
İş2	1,0375	92,7996
İş3	0,9884	88,4141
İş4	0,8920	79,7869
İş5	1,1180	100,0000
İş6	0,9334	83,4879

İş birimi olarak katılımcılar gruplandığında diğer makinistlerin verdiği cevaplar incelenip analiz edildiğinde İş5'in en iyi alternatif olduğu görülmektedir. İş4'ün oluşturduğu zihinsel iş yükü diğer işlere göre daha fazladır. Zihinsel iş yüküne göre işler analiz edildiğinde sıralamanın İş4>İş3>İş6>İş1>İş2>İş5 şeklinde olduğu görülmektedir. Diğer makinistler için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri çizelge 6.29'dadır.

Çizelge 6.29: Diğer makinistler için görece önem düzeyleri ve fayda dereceleri.

	Q_i	P_i
İş 1	1,0101	96,4497
İş2	1,0406	99,3605
İş3	0,9649	92,1279
İş4	0,9496	90,6704
İş5	1,0473	100
İş6	0,9875	94,2927

Veriler gruplandırılarak analiz edilmiş ve değerlendirme yapabilmek için her kategoriye ait Bulanık TOPSIS yöntemiyle C_i ve Bulanık COPRAS yöntemiyle P_i değerleri hesaplanmıştır. Uygulama sonucuna ait C_i ve P_i değerleri çizelge 6.30'da verilmiştir.

Çizelge 6.30: Uygulama sonucuna ait C_i ve P_i değerleri.

Sınıflandırma Kategorisi	Yöntem	İş1	İş2	İş3	İş4	İş5	İş6
Tüm katılımcılar	(C_i)	0,5293	0,5262	0,5179	0,4914	0,5553	0,5244
	(P_i)	89,526	87,3745	84,9738	78,0138	100	87,4305
0-5 yıl deneyim	(C_i)	0,5209	0,5222	0,5095	0,5008	0,5426	0,5090
	(P_i)	92,8272	92,8425	88,986	86,5491	100	88,6337
6-10 yıl deneyim	(C_i)	0,5203	0,4987	0,4963	0,4607	0,5744	0,5322
	(P_i)	83,8328	79,3495	78,5478	72,6369	100	86,652
11-16 yıl deneyim	(C_i)	0,5192	0,5268	0,5117	0,4814	0,5520	0,5263
	(P_i)	90,0403	91,1725	87,5336	80,9467	100	91,7415
16-20 yıl deneyim	(C_i)	0,5388	0,5497	0,5348	0,4804	0,5607	0,5455
	(P_i)	91,5255	94,5321	90,7769	79,0721	100	94,4255
21 yıl üstü deneyim	(C_i)	0,5380	0,5256	0,5322	0,5018	0,5508	0,5302
	(P_i)	93,7771	90,6623	92,7102	83,9364	100	93,2005
Yük makinisti	(C_i)	0,5134	0,4974	0,5017	0,4726	0,5546	0,5312
	(P_i)	88,6495	85,3848	86,2546	80,6776	100	93,4953
Marmaray makinisti	(C_i)	0,5416	0,5439	0,5335	0,5006	0,5607	0,5162
	(P_i)	92,1989	92,7996	88,4141	79,7869	100	83,4879
Diğer makinistler	(C_i)	0,5297	0,5372	0,5175	0,5138	0,5381	0,5246
	(P_i)	96,4497	99,3605	92,1279	90,6704	100	94,2927

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde karmaşık ortamlarda karar vermek oldukça zor bir süreçtir. Karar verme sırasında karar vericiler deneyimlerden ve subjektif gözlemlerden kaynaklanan belirsizliklerle karşı karşıya kalmaktadır. Bulanık yaklaşımla veri değerlendirmesinin belirsizliğinin etkili bir şekilde temsil edebilmesi ve daha etkili kararlar verebilmesi açısından bu tip karar ortamlarının çoğunda bulanık karar teorisinden yararlanılabilir. Alternatif analiz sürecinde kriterlerin değerlerini sayısal verilerle ifade etmek zor olduğundan bu değerleri ifade etmek için sözel değişkenlerin kullanılması doğru olacaktır. Bu tip problemler kesinlik taşımayan ve belirli olmayan bilgilere dayandığından bu gibi durumlarda bulanık küme yaklaşımını kullanmak doğrudur. Yani alternatiflerin kriterlere ve önem ağırlıklarına göre değerlendirilmesinde sayısal değerler yerine sözel değişkenler kullanılabilir.

Tüm katılımcıların dikkate alınması sonucu yapılan uygulama sonuçları incelenip grup karar vermelerde önerilen iki yöntem çözümlerine bakıldığında en fazla iş yükü hissedilen alternatifin İş4 olduğu görülmüştür. Sadece 0-5 yıl arası deneyime sahip katılımcılar dikkate alındığında İş4'in yine ilk sırada olduğu görülmüştür. 6-10 yıl, 11-16, 16-20 ve 21 yıl üstü deneyime sahip çalışanlar için oluşturulan gruplara ayrı ayrı bakıldığında her iki karar verme yöntemi sonuçlarına göre yine en çok iş yükü hissedilen işin İş4 olduğu anlaşılmıştır. Yük, Marmaray ve diğer iş birimindeki gruplar ayrı ayrı ele alındığında, zihinsel iş yüküne sebep olan alternatifler alanlarına bakıldığında İş4'ün yine üç grup için de ilk sırada olduğu görülmüştür. Bu nedenle arıza ve acil durumlarda uygulanması gerekli adımlara yönelik kurumiçi eğitimler artırılabilir, personelle yüz yüze görüşülerek iş yükünün bu aşamada oluşmasının alt nedenleri araştırılıp düzeltici faaliyetler ele alınabilir.

Anketler bir ya da iki yerine gruplar halinde doldularak subjektifliğin önüne geçmeye çalışılmıştır. Grupta kriterler ve alternatif ağırlıklar belirlense de insan kaynaklı belirsizlik bir ölçüde engellenebilmektedir. Bu nedenle bulanık mantık teorisinin karar verme sürecine dahil edilmesi gerekmiştir. Örnek popülasyon, kullanılan kriterler ve alternatifler yönlendirmek amacıyla oluşturulmuştur. Sonuçların güvenilirliği ve

değişkenliği, farklı yöntem ve yöntemlerin karşılaştırılması yoluyla gözlemlenebilir. Alınacak kararların veya halihazırda alınmış olan kararların grupları ne ölçüde etkileyebileceği ve düzeltici faaliyetler belirlenebilir. Ramak kala olaylar, olası geri bildirim veya olay yoğunlukları, bu yoğunlukların hangi alternatif altında meydana geldiği ve bu durumun en çok hangi grubu etkilediği göz önünde bulundurularak düzeltici ve önleyici faaliyetler yapılabilir. Bu nedenle iş yükünü minimum düzeyde ve dengede tutacak yöntem ve yöntemlerin geliştirilmesi, güvenilir sürüşün yanı sıra makinistlerin çalışma yeteneği ve motivasyonunun artırılması açısından da oldukça önemlidir. Yapılan çalışmada demiryolu çalışanlarından makinist personelle dijital ortamda anket uygulaması yapılmış ve sonuçlar analiz edilerek en çok iş yükü oluşturan faktörler saptanmaya çalışılmıştır.

Yapılan çalışmada ilk aşamada NASATLX yönteminde faydalanarak oluşturulan anket çalışması çalışanlara uygulanmıştır. Sonrasında ise ÇKKV yöntemi olan Bulanık TOPSİS ve Bulanık COPRAS yöntemleriyle veriler analiz edilmiş çalışanlarda en çok zihinsel yük hissettiren iş alanı saptanmıştır. Her çalışma grubu için iş yükü hissedilen işin aynı olması hangi aşamalarda iyileştirme ve değişiklik yapılacağı konusunda yol gösterici olacaktır. Her ne kadar çalışanların deneyim ve iş birimlerine göre gruplandırılarak verdikleri cevapların analizde en çok zihinsel etki hissedilen işin aynı olduğu görülse de etki görülen ikinci, üçüncü işlerde gruplar arası farklılaşmalar da olduğu da görülmektedir. Bu farklılaşmalarda anket katılımcılarının iş birimlerinin değişmesi, her iş birimi için iş alanının yani sürüş hattının farklı olması dolayısıyla çalışma koşullarının değişmesi etkili olabilmektedir. Ayrıca çalışma sürelerinin farklı olabilmesi, görev başlangıç ve bitiş saatlerinin önceden belli olmaması veya çalışma çizelgelerinin zaman zaman değişkenlik göstermesi, vardiyalı çalışma olması gibi durumlar da iş yükünü değiştiren veya farklılaştıran etkenler arasındadır. Çalışmada kullanılmış olan kriterler analiz edildiğinde ise çalışanların verdiği cevaplardan yola çıkılarak zaman faktörü ve başarısızlık hissi faktörleri üzerinde daha çok durdukları ve bu kriterlerin çalışma süresinde daha çok etki oluşturduğu anlaşılmıştır.

Yapılan çalışmanın demiryolu sektöründe zihinsel iş yükü analizinde ÇKKV tekniği olan Bulanık TOPSİS ve Bulanık COPRAS yaklaşımının birlikte kullanılması yönünden literatüre katkıda bulunulacağı düşünülmektedir. Önerilen yöntem karar vericilerin belirsizlik ortamında karar vermelerine yardımcı olmakla birlikte birçok farklı alanda uygulanabilmektedir. Bulanık PROMETHEE , VIKOR gibi diğer ÇKKV

yöntemleri, demiryolu çalışanlarının zihinsel iş yükü analizi için gelecekteki araştırmalarda kullanılabilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular mevcut demiryolu ulaşım sistemi üzerinde iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesinin yanı sıra, güvenliği artıracak ve uygunsuz iş yükü ve uyanıklık düzeylerine atfedilen potansiyel kaza riskini azaltacak çalışma ortamlarının tasarlanması için temel olarak kullanılabilir.



KAYNAKLAR

- Ağzitemiz, R., & Bardakçı, S.** (2021). Demiryolu tren işletmelerinde görev yapan makinistlerin iş yükü algılarının incelenmesi. *Sosyal Bilimlerde Nicel Araştırmalar Dergisi*, 1(2), 3-29.
- Akça, H. K.**(2022). *Bilgi teknolojilerinde proje yönetim metodolojilerinin bilişsel ergonomik açıdan değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Akoğlu Kozak, M.** (2001). Konaklama İşletmelerinde İş Analizi, *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, Eskişehir, 3-118.
- Aksakal, E., Dağdeviren, M., & Eraslan, E.,** (2013). An integrated mental workload assesment method by using AHP. *12nd International Symposium on the AHP*, (pp.87).
- Alper, D., & Başdar, C.** (2017). A comparison of TOPSIS and ELECTRE methods: an application on the factoring industry. *Business and Economics Research Journal*, 8(3), 627.
- Annett, J.** (2002). Subjective rating scales: science or art?, *Ergonomics*, 45(14-15), 966–987.
- Araslar, A.** (2021). *İş yükü ile iş-yaşam dengesinin işten ayrılma niyeti üzerine etkisi*. (Doktora tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Arslan, M.** (2010). *Bulanık TOPSIS metodu ile Türk Şeker Fabrikalarının performansının değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Arslan, R.** (2018). *Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bütünleştirilmesi: OECD verileri üzerine bir uygulama*. (Doktora tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Ashrafzadeh, M., Rafiei, F. M., Isfahani, N. M. & Zare, Z.** (2012). Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of Warehouse Location: A Case Study. *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*, 3(9), 655-671.
- Atik, E.** (2018). *Otel işletmelerinde iş yükü algısı ve iş yükünün insan kaynakları yönetiminde kullanımı*. (Doktora tezi). Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Bakan, İ., & Büyükbese, T.** (2008). Katılımcı karar verme: Kararlara katılım konusunda çalışanların düşüncelerine yönelik bir alan çalışması.

- Baldwin, C. L., & Coyne, M. T.** (2003). Mental workload as a function of traffic density: comparison of physiological, behavioral, and subjective indices, *Driver Assessment Conference*, Park City, Utah, Iowa City, IA; July 21-24.
- Basahel, A.** (2012). *Effect of physical and mental workload interactions on human attentional resources and performance*. (Doctoral thesis), Brunel University, School of Engineering and Design, London.
- Batur Sir G. D., & Çalışkan E.** (2019). Assessment of development regions for financial support allocation with fuzzy decision making: A case of Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 66, 161–169.
- Baú, L.M., Farias, J.P., Buso, S.A., & Passero, C.R.** (2012). Organizational ergonomics of occupational health methods and processes in a Brazilian oil refinery. *Work*, 41 Suppl 1, 2817-21 .
- Behar, R.** (2007). *Endüstri işletmelerinde çalışma koşullarının, işgörenler üzerindeki yabancılaşma etkisi ve bir uygulama*. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Beki, B.** (2022). *Otomotiv sektöründe TOPSIS, ORESTE, bulanık TOPSIS ve Bulanık ORESTE yöntemleri ile proje seçimi*. (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Bolton M. L., Biltekoff E., & Humphrey L.,** (2023). The mathematical meaninglessness of the NASA task load index: a level of measurement analysis, *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 53(3), 590-599.
- Bos, J. T., Donders, N. C., van der Velden, K., & van der Gulden, J. W.** (2013). Perceptions of mental workload in Dutch university employees of different ages: a focus group study. *BMC research notes*, 6, 1-12.
- Brans, J.P., Vincke, P., & Mareschal, B.** (1986). How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method, *European Journal of Operational Research*, 24, 228-238.
- Butmee, T., Lansdown, T. C., & Walker, G. H.** (2019). Mental workload and performance measurements in driving task: a review literature. *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association*, 20, 286–294
- Büyüközkan, G., & Çifçi, G.** (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green supplier. *Expert Systems with Applications*, 39, 3000–3011.
- Can, G. F., Atalay, K. D., Eraslan, E. & Özçakmak, B. C.** (2015). Bir devlet hastanesinde yaşanan istifa sayılarındaki artışın nedenlerinin araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 583-590.

- Casner, S. M. & Gore, B. F.** (2010). Measuring and evaluating workload: A primer. *NASA Technical Memorandum*, Moffett Field California, July.
- Charlton, S. G. & O'Brien, T.G.,** (2000). Measurements Of Cognitive States In Test And Evaluation. In Charlton, S. G and O'Brien, T.G. (Eds.). *Handbook of Human Factors Testing and Evaluation*, (Vol. 1, pp.97-125). Retrieved from <https://ftp.idu.ac.id/wpcontent/uploads/ebook/ip/BUKU%20ERGONOMI/BUKU%20INGGRIS/HANDBOOK%20OF%20HUMAN%20FACTORS%20%20TESTING%20AND%20EVALUATION.pdf>
- Chen Y., Ran Y., Wang Z., Li X., Yang X. & Zhang G.** (2020). An extended MULTIMOORA method based on OWGA operator and Choquet integral for risk prioritization identification of failure modes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 91, 103-605.
- Chen, C. T.** (2001). A Fuzzy approach to select the location of the distribution center, *Fuzzy Sets and Systems*, 118, 65-73.
- Chen, C.T.** (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Coral, M.P.** (2016). *Analyzing cognitive workload through eye-related measurements: a meta-analysis*. (Master's thesis), Wright State University , Industrial and Human Factors Engineering, Dayton.
- Çakır, E.** (2016). *Bulanık copras yöntemi ile elektronik belge yönetim sistemi (ebys) yazılımı seçimi: bir belediye örneği*. [PowerPoint slaytları]. Retrieved from <https://akademiksunum.com/index.jsp?modul=document&folder=b75d8f4ad0b4d84e7bccdb68544439aec8efff>
- Coşkun, Ü.** (2020). Karar ve karar verme süreci. *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(53), 1181-1191.
- Çalınfidan, E.** (2015). Döner kanat pilotları için gece uçuş emniyetini artırmaya yönelik bir çalışma. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Kazaların Çevresel Ve Teknik Araştırılması, Ankara.
- Çelikten, M.** (2005). Neden iş analizi yapılmalıdır?. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(18), 127-135.
- Çelikten, M., Giliç, F., Çelikten, Y. & Yıldırım A.** (2019). Örgüt yönetiminde karar verme süreci: bitmeyen bir tartışma. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(2), 581-592.
- Çınar, N. T.** (2010). Kuruluş yeri seçiminde bulanık TOPSIS yöntemi ve bankacılık sektöründe bir uygulama. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2010(1), 37-45.
- Dağdeviren, M., Eraslan, E., & Kurt, M.** (2005). Çalışanların toplam iş yükü seviyelerinin belirlenmesine yönelik bir model ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(4), 517-525.
- Dalkılıç, T.** (2021). *Fiziksel ergonomik risk faktörlerinin işyükü algısı ile ilişkisi: tekstil sektörüne yönelik bir uygulama*. (Yüksek lisans tezi). İzmir Ekonomi Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İzmir.

- Damos, D.** (1991). Multiple task performance. Retrieved from <https://books.google.com.tr/books>(Original work published 1991)
- Debbarma B., Chakraborti P., Bose P. K., Deb M. & Banerjee R.** (2017). Exploration of PROMETHEE II and VIKOR methodology in a MCDM approach for ascertaining the optimal performance-emission trade-off vantage in a hydrogen-biohol dual fuel endeavour. *Fuel*, 210, 922–935.
- DiDomenico, A., & Nussbaum, M. A.** (2008). Interactive effects of physical and mental workload on subjective workload assessment, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11-12), 977-983
- Diego, S.** (1990). Physiological metrics of mental workload: a review of recent progress. (Report No: NPRDC-TN-90-23). San Diego: Navy Personnel Research and Development Center.
- Dobson, K.** (2015). Human Factors and Ergonomics in Transportation Control Systems. *Procedia Manufacturing*, 3, 2913-2920.
- Ecer, F.** (2006). Bulanık ortamlarda grup kararı vermeye yardımcı bir yöntem: fuzzy TOPSIS ve bir uygulama, *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(2), 77-96.
- Ecer, F., Vurur, N.S. & Özdemir L.** (2009). bulanık bir modelle firmaları değerlendirme ve optimal portföy oluşturma : çimento sektöründe bir uygulama, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(11), 478-502.
- Eleren, A. & Ersoy, M.** (2007). Mermer blok kesim yöntemlerinin bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi. *Madencilik*, 46(3), 9-22.
- Emeç, Ş. & Akkaya, G.** (2018). Sağlık sektöründe zihinsel iş yükü değerlendirmesi ve bir uygulama. *Ergonomi*, 1(3), 156-162.
- Endsley, M. R., & Garland, D. J.** (2000). Situation awareness: analysis and measurement. Retrieved from <https://scholar.google.com.tr/scholar>
- Erbil, N., & Bakır, A.** (2009). Meslekte profesyonel tutum envanterinin geliştirilmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 6(1), 290-302.
- Erefe İ.** (2002). Hemşirelikte araştırma, ilke, süreç ve yöntemleri. Veri toplama araçlarının niteliği. *HEMAR-GE*, 1, 169-188.
- Eren, E.** (2008). *Yönetim ve Organizasyon*. İstanbul, Beta Basım Yayın.
- Fakhrehosseini, S. F.** (2020). Selecting the optimal industrial investment by Multi-Criteria Decision-Making Methods with emphasis on TOPSIS, VIKOR and COPRAS (Case Study of Guilan Province). *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 8(4), 312–324.
- Fazil, A., Rajic, A., Sanchez, J. & McEwen, S.** (2008). Choices, choices: the application of multi-criteria decision analysis to a food safety decision-making problem. *Journal of Food Protection*, 71(11), 2323-2333.
- Fülöp, J.** (2005). Introduction to decision making methods. In *BDEI-3 Workshop*, 1-15.

- Galy, E., Paxion, J., Berthelon, C.,** (2018). Measuring mental workload with the NASA-TLX needs to examine each dimension rather than relying on the global score: An example with driving. *Ergonomics*, 61(4), 517-27.
- Gandy, R.A.** (1991). *A comparison of the Subjective Workload Assessment Technique (SWAT) and the NASA-Task Load Index (TLX) under immediate and delayed rating conditions.* (Master's thesis). Robyn Anne University of Dayton, The Graduate School of Arts and Sciences, Dayton.
- Garg, R. & Jain, D.** (2017). Fuzzy multi-attribute decision making evaluation of e-learning websites using FAHP, COPRAS, VIKOR, WDBA. *Decision Science Letters*, 6(4), 351–364.
- Genç, A.** (2019). *Çalışma hayatında organizasyonel ergonominin verimliliğe etkisi: Arık Bey Tekstil Fabrikasında uygulama.* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Gopher, D., & Donchin, E.** (1986). Workload: An examination of the concept. Handbook of perception and human performance. *Cognitive Processes And Performance*, 2, 41-44. New York: Wiley.
- Grabarek I.** (2002). Ergonomic diagnosis of the driver's workplace in an electric locomotive. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 8(2), 225-42.
- Greenberg, E., S., Sikora P., Patricia, G., L. & Moore, S.** (2012). Work Teams and Organizational Commitment Working Paper, University of Puget Sound
- Guitouni, A. & Martel, J. M.** (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate mcda method, *European Journal Of Operational Research*, 109(2), 501-521.
- Güler, E.** (2019). *Kalıp imalatı yapan bir işletmede ar-ge projelerinin seçim süreci için bulanık karar modeli.* (Yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Gülkaç, H.** (2013). *Pilotların zihinsel iş yüklerinin NASA-TLX yöntemiyle ölçülmesi.* (Yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Kocaeli
- Güngör, S., & Özcan, U.** (2022). Karar kuramı ve karar verme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 119- 125.
- Haapalainen, E., Kim, S., Forlizzi, J. F., & Dey, A. K.** (2010). Psycho-physiological measures for assessing cognitive load. *Proceedings Of The 12th ACM International Conference: Ubiquitous Computing*, 301-310.
- Hancock P.A., & Caird J.K.** (1993). Experimental evaluation of a model of mental workload. *Human Factors*, 35, 413–429.
- Hancock, P.A., & Chignell, M.H.** (1986). Toward a theory of mental workload: Stress and adaptability in human-machine systems. *Proceedings of the International IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 378-383

- Harputlu, Ş.** (2014). Job satisfaction and its relation with perceived workload: an application in a research institution (Master's thesis). Middle East Technical University, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences, İstanbul
- Hart, S.G.** (2006). Nasa-task load index (nasa-tlx); 20 years later. *Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904 - 908.
- Hart, S.G., & Staveland, L.E.** (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in Psychology*, 52, 139- 183.
- Hogervorst, M., Brouwer, A., & van Erp, J.** (2014). Combining and comparing EEG, peripheral physiology and eye-related measures for the assessment of mental workload. *Frontiers In Neuroscience*, 8.
- Hwang, C. L., & Yoon, K.** (1981). Multiple attributes decision making methods and applications, Springer. 186, 58-191.
- Ishizaka, A., & Nemery, P.** (2013). Multi-Criteria Decision Analysis: Methods And Software. John Wiley & Sons.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh, L.F. & Izadikhah, M.** (2006). Extension of the topsis method for decision making problems with fuzzy data, *Applied Mathematics and Computation*, 181(2), 1544-1551.
- Jame Chenarboo F, Hekmatshoar R, Fallahi M.** (2022). The influence of physical and mental workload on the safe behavior of employees in the automobile industry, *Heliyon*, 8(10)
- Janko, W., & Bernroider, E.** (2005). Multi-criteria decision making: An Application study of ELECTRE and TOPSIS, *Bernroid Lehre Seminare*.
- Jiang, J., Chen, Y. W., Chen, Y. W. & Yang, K. W.** (2011). TOPSIS with fuzzy belief structure for group belief multiple criteria decision making. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9400-9406.
- Karaca, B. R.** (2019). *Zihinsel iş yükü ile tükenmişlik arasındaki ilişkinin incelenmesi: Samsun ilinde bir dal hastanesi uygulaması*. (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Samsun
- Karakaşoğlu, N.** (2008). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama*. (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Karakılıç, N. Y.** (2019). Cameron ve Quinn örgüt kültürü ölçeğinin güvenilirlik ve geçerliğinin test edilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 19-30.
- Kartoğlu, C.** (2022). *Yüksek hızlı teknelerde zihinsel iş yükü, durumsal farkındalık ve emniyet kültürü ilişkilerinin köprüüstü seyir operasyonu açısından incelenmesi*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul

- Kayak, M.** (2023). *NASA-TLX yönteminde ağırlıkların belirlenmesinde konjoint analizinin kullanımı*. (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Balıkesir.
- Koirala, R., & Nepal, A.** (2022). Literature review on ergonomics, ergonomics practices, and employee performance, *Quest Journal of Management and Social Sciences*, 4. 273-288. 10.3126/qjmss.v4i2.50322.
- Korkmaz, Z.** (2012). *Yenidoğan hemşirelerinde iş analizi ve iş yükü*. (Doktora tezi). Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kurtgün, M.** (2022). *Bulanik VIKOR yöntemi ile zihinsel iş yükünün belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir
- Langemeyer J., Gomez-Baggethun E., Haase D., Scheuer S., & Elmqvist T.** (2016). Bridging the gap between ecosystem service assessments and land-use planning through Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). *Environmental Science & Policy*, 62, 45–56.
- Launis, M., Lehtelä, J., & Enäjärvi, J.** (2011). *Ergonomia*. Helsinki, Työterveyslaitos.
- Lean, Y., & Shan, F.** (2012). Brief review on physiological and biochemical evaluations of human mental workload, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 22(3), 177-187.
- Longo, L.** (2018). Experienced mental workload, perception of usability, *Their Interaction And Impact On Task Performance*, 13(8).
- MacNeil, E. K.** (2022). Investigating the performance of sensor-driven biometrics for the assessment of cognitive workload. (Master's thesis). Drexel University, Master of Science in Biomedical Engineering, Philadelphia.
- Marquart, G., Cabrall, C., & de Winter, J.** (2015). Review of eye-related measures of drivers' mental workload. *Procedia Manufacturing*, 3(6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015, 3(2015), 2854-2861.
- Megaw, T.** (2005). The definition and measurement of mental workload, *Evaluation of Human Work*, 18-525 , 1048.
- Meshkati, N.** (1988). Heart rate variability and mental workload assessment. *In Advances In Psychology*, 52, 101-115
- Meshkati, N., Hancock, P. A., Rahimi, M., & Dawes, S. M.** (1995). Techniques in Mental Workload Assessment. In J. R. Wilson & E. N. Corlett (Eds.), *Evaluation Of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology* (2nd ed., pp. 749–782). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/PeterHancock2/publication/232471724_Techniques_in_mental_workload_assessment/links/0c960532a1f2b630b0000000/Techniques-in-mental-workload-assessment.pdf
- Miller, S.** (2001). *Literature Review Workload Measures*. Iowa City, National Advanced Driving Simulator.

- Mitchell, D.K.** (2000). Mental workload and ARL workload modeling tools. Adelphi, US Army Research Laboratory: Aberdeen Proving Ground.
- Mokdad, M., & Abdel-Moniem, T.** (2017). New Paradigms In Ergonomics: The Positive Ergonomics. Occupational Health. Rejika: InTech, 1-22.
- Moon, J., Betts, S. & Anderson, J. R.** (2013). Individual differences and workload effects on strategy adoption in a dynamic task. *Acta Psychologica*, 144(1), 154–165.
- Moray, N.** (1988). Mental workload since 1979. *International Review of Ergonomics*, 2, 123-150.
- Nachreiner, F.** (1995). Standards for ergonomic principles relating to the design of work systems and to mental workload. *Applied Ergonomics*, 26(4), 259-263.
- NASA Task Load Index (TLX): Paper and Pencil Version.** (1986). *Aerospace Human Factors Research Division*. Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center.
- Negi, D.S.** (1989). *Fuzzy analysis and optimization*. (Doctoral thesis), Kansas State University, Department of Industrial Engineering, Manhattan.
- Nurul Izzah, A. R.** (2013). Train drivers mental workload and alertness under simulated conditions based on electroencephalogram signals. (Doctoral dissertation), University of Malaya, Faculty of Engineering.
- Obayiuwana, E. & Falowo, O.** (2015). A multimoora approach to access network selection process in heterogeneous wireless networks. *IEEE AFRICON Conf.*, 1-5
- Ofluoğlu, G. & Bircan, H.** (2007). Sağlık hizmetlerinde iş analizinin etkileri ve Zonguldak Atatürk Devlet Hastanesi Uygulaması. *Kamu-İş*, 9, 75-118.
- Olla, John.** (2012). Ergonomics: An Important Tool for Organisational Success.
- Öğrüç Ildız, G.** (2009). *İnşaat firmalarında proje müdürlerinin iş yükü, iş stresi, iş tatmini ve motivasyon ilişkisi*. (Doktora tezi). İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdağolu, A.** (2013). İmalat işletmeleri için eksantrik pres alternatiflerinin COPRAS yöntemi ile karşılaştırılması. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(8).
- Özdemir, G.** (2011). *Enterkonnekte elektrik güç sistemlerinde kapalı çevrim güç akışlarını önlemeye düzenlemeye yönelik bulanık karar verme temelli bir yöntem*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul
- Özgüven, İ.E.** (1999). *Psikolojik testler*. Ankara, PDREM Yayınları.
- Özkan, E.** (2021). *R&D Project selection by data envelopment analysis based on dematel-copras evaluation*. (Master thesis). Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Adana.

- Öztel, A.** (2016). *Çok kriterli karar verme yöntemi seçiminde yeni bir yaklaşım.* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Öztürk, D. G.** (2019). *Zihinsel iş yükü ve örgüt sağlığı ilişkisi üzerine nitel bir çalışma: araştırma üniversiteleri örneği.* (Doktora tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Samsun
- Pamučar, D. S., Božanić, D., & Randelović, A.** (2017). Multi-criteria decision making: An example of sensitivity analysis. *Serbian Journal Of Management*, 12(1), 1-27.
- Pasaribu, I. A., Yeni Vera, Sulaiman, & Sari, R. A.** (2022). NASA-TLX and SOFI methods as a tool for measuring students mental load and failure during online learning basic neurology physiotherapy courses, *Science Midwifery*, 10(4), 3112-3121.
- Pun, K.** (2011). Current Situation of Occupational Safety and Health in Nepal. Nepal Genel Federasyonu Sendikalar, 80, (1),1-86
- Rahmah, N., & Suryadi, A.** (2022). Analysis of employees of outsourcing companies using SWAT (subjective workload assessment technique) and CVL (cardiovascular load) methods. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, 5(3).
- Ramadhana H., Nasution H., & Absah Y.,** (2021). Mental workload analysis using NASA-TLX method at bank xyz - medan balaikota consumer loan unit, *International Journal of Research and Review*, 8(12), 2454-2237.
- Reid, G.B., & Nygren, T.E.** (1988). The subjective workload assessment technique: a scaling procedure for measuring mental workload. *Advances in Psychology*, 52, 185-218
- Restuputri, D. P., Elvera, A. R., Nugraha, A. & Masudin, I.** (2021). Ergonomic Approach on Rail Industry Workers Using Rail Ergonomics Questionnaire. *IEOM Society International*, 14(16), 3797-3812
- Rozado, D., & Dunser, A.** (2015). Combining EEG with pupillometry to improve cognitive workload detection. *Computer*, 48(10), 18-25.
- Rubio, S., Díaz, E., Martín, J., & Puente, J. M.** (2004). Evaluation of subjective mental workload: A comparison of SWAT, NASA-TLX, and workload profile methods. *Applied Psychology*, 53(1), 61-86.
- Rusnock, C. F., Borghetti, B. J. & McQuaid, I.** (2015). Objective-analytical measures of workload - the third pillar of workload triangulation. *Conference Paper*, 9183 ,124-135
- Sarıçalı, G.** (2018). *Çok kriterli karar verme yöntemlerinden KEMIRA-M VE COPRAS yöntemlerinin mermer işletmesinde makine seçim sürecine uygulanması.* (Master's thesis), Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- Seidelman, W., Carswell, C. M., Grant, R. C., Sublette, M., Lio, C. H. & Seales, B.** (2012). Interval production as a secondary task workload measure: consideration of primary task demands for interval selection.

Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 56(1), 1664–1668.

- Sennaroglu B. & Varlik Celebi G.** (2018). A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 160–173.
- Setälä, M.** (2018). *Educating students of samk pori campus in classroom ergonomics*. Satakunta University , Satakunta University of Applied Sciences, Pori.
- Sluiter, J.K.,** 2006. High-demand jobs: Age-related diversity in work ability?. *Applied Ergonomics*, 4, 429-440.
- Soba, M., Şimşek, A. & Bayhan, M.** (2014). Bulanık TOPSIS yöntemi ile alışveriş merkezi kuruluş yeri seçimi: Uşak ilinde bir uygulama. *Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 103-132.
- Spector, P. E.** (1997). *Job Satisfaction: Application, Assessment, Causes, and Consequences*. Florida Sage Publications, Inc
SSRN Electronic Journal. 10.2139/ssrn.2140808.
- Surtiningtyas S., Purwaningtyas D., & Putriekapuja R.,** (2022). Systematic literature review of workload calculation using NASA-TLX. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 34(2), 178-190
- Taherdoost, H., & Madanchian, M.** (2023). Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77-87.
- Tavşancıl, E.** Tutumların Ölçülmesi ve SPSS İle Veri Analizi. Nobel Yayın Dağıtım Ltd.Şti. Ankara, 2002.
- Tekin, Ö. A. & Ehtiyar, R.** (2010). Yönetimde karar verme: Batı Antalya bölgesindeki beş yıldızlı otellerde çalışan departman yöneticilerinin karar verme stilleri üzerine bir çalışma. *Journal of Yaşar University E-Dergisi*, 20(5), 3394-3414.
- Thomas, C. D., Eno, G. U., & Usoro, M. U.** (2022). Ergonomics and organizational sustainability: a study of peacock paint limited, ikot ekan, etinan lga akwa ibom state, *International Journal of Business and Management Review*, 10(4), 75-94.
- Tozlu, A.** (2016). Karar verme yaklaşımları üzerinde Herbert Simon Hegemonyası. *Sayıştay Dergisi*, 102, 27-45.
- Triantaphyllou, E.** (2000). *Multi-Criteria DecisionMaking Methods:A Comparative Study*, Baton Rouge, Springer US.
- Türk Dil Kurumu.** (2005). *Büyük Türkçe Sözlük*. Ankara: TDK Yayınları.
- Türkmen, M. & Demirel, A.** (2022). SWARA ağırlıklı bulanık COPRAS yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Alanya Akademik Bakış*, 6(1), 1739-1756.
- Uluğ, F.** (1996). Yönetimde karar verme. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 4, 1-22.

- Uz, A. ve Zaman, K.** (2012). *A fuzzy TOPSIS based multi criteria performance measurement model for lean supply chain* (Doktora tezi). Queensland University of Technology, Science & Engineering Faculty, Brisbane.
- Wang, Y.-J. & Lee, H.S.** (2007). Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple criteria group decision-making, *Computers and Mathematics with Applications*, 53(11), 1762-1772.
- Welford, A.** (1986). Forty years of experimental psychology in relation to age: retrospect and prospect. *Experimental Gerontology*, 21(4-5), 469-481.
- Wickens, C. D. & Kramer, A. F.** (1985). Engineering psychology. *Annual Review of Psychology*, 36. 307-348.
- Wickens, C. D.** (2008). Multiple resources and mental workload. *Human factors*, 50(3), 449-455.
- Widyanti, A., Johnson A., & Ward D.,** (2010). Mengukur stres mental dalam pencarian tugas menggunakan Rating Scale Mental Effort Method (RSME). *Teknik Industri*, 5 (1), 1-6.
- Wierwille, W. W., Rahimi, M. & Casali, J.G.** (1985). Evaluation of 16 measures of mental workload using a simulated flight task emphasizing mediational activity, *Human Factors*, 27(5), 489- 502.
- Wilson, J.R.** (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice, *Applied Ergonomics*, 31 6, 557-67.
- Xu, L., & Yang, J. B.** (2001). Introduction to multi-criteria decision making and the evidential reasoning approach (Vol. 106). Manchester: Manchester School of Management.
- Yavuz, M., Akca, M. & Tepe Küçükoğlu, M.** (2020). Zihinsel iş yükünün ölçümü: CarMen-Q ölçeğinin Türkçe'ye uyarlaması. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 15(60), 675-691.
- Yazdani, M., & Payam, A. F.** (2015). A comparative study on material selection of microelectromechanical systems electrostatic actuators using Ashby, VIKOR and TOPSIS. *Materials & Design*, 65, 328-334.
- Yazdani, M., Alidoosti, A. & Zavadskas, E. K.** (2011). Risk analysis of critical infrastructures using fuzzy COPRAS. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 24(4), 27-40.
- Yazgan, E., Erdi, S. E. R. T., & Şimşek, D.** (2021). Overview of studies on the cognitive workload of the air traffic controller, *International Journal of Aviation Science and Technology*, 2(01), 28-36.
- Yıldırım, B. H.** (2016). *Fuzzy ve Grey COPRAS yöntemleri ile çok kriterli karar verme uygulaması*. (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Young, M. S., Brookhuis, K. A., Wickens, C. D., & Hancock, P. A.** (2015). State of science: mental workload in ergonomics, *Ergonomics*, 58(1), 1-17.
- Yüksel, İ.** (2004). Çalışma yaşamı kalitesinin tipik ve atipik istihdam açısından incelenmesi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 5(1), 47 - 58.

Zanabazar, A., & Jigjiddorj, S. (2022). Relationships between mental workload, job burnout, and organizational commitment. *In SHS Web of Conferences*, (Vol. 132, p. 01003). EDP Sciences.

Zlaugotne, B., Zihare, L., Balode, L., Kalnbalkite, A., Khabdullin, A., & Blumberga, D. (2020). Multi-criteria decision analysis methods comparison. *Environmental and Climate Technologies*, 24(1), 454-471.

Zulqarnain, R. M., Saeed, M., Ahmad, N., Dayan, F. & Ahmad, B. (2020). Application of TOPSIS method for decision making. *International Journal of Scientific Research in Mathematical and Statistical Sciences*, 7, 76-81

Url-1<<https://www.linkedin.com/pulse/importance-ergonomics-vaibhavbhalla/?trk=pulse-article>>, date retrieved 02.11.2023.

Url-2<<https://www.usabilitybok.org/physical-ergonomics>>, date retrieved 08.11.2023.

Url-3<<https://www.ergonomicconsultants.com/blog/ergonomics/what-are-three-major-areas-of-ergonomics>>, date retrieved 10.10.2023.

Url-4 < <https://iea.cc/>>, date retrieved,

Url-5< <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:27500:ed-1:v1:en>>, date retrieved 10.10.2023.

Url-6< <https://www.interaction-design.org/literature/topics/cognitive-ergonomics>>, date retrieved 01.09.2023.

Url-7<<https://doubleblackimaging.com/2021/12/22/physical-cognitive-organizational-ergonomics/>>, date retrieved 10.09.2023.

Url-8<<https://static.tcdd.gov.tr/webfiles/userfiles/files/mevzuat/meslekstandarti/umstr-enmakinisti.pdf>>, date retrieved 10.10.2023.

EKLER

EK A: Anket Soruları

EK B: Güvenilirlik Test Sonuçları

EK C: Etik Kurul İzni

EK D: Kurum Anket İzni



EK A: Anket Soruları

1-Kurumda makinist olarak çalışma süreniz ne kadardır?

A-0-5 yıl

B- 6-10 yıl

C-11-15 yıl

D-16-20 yıl

E-21 yıl ve üzeri

2-Yaşınız kaç?

A-18-25

B-26-35

C-36-45

D-46-55

E-56 -64

3-Eğitim düzeyiniz nedir?

A-İlköğretim

B-Lise

C-Meslek Lisesi

D-Önlisans

E-Lisans

F-Yüksek Lisans

E-Doktora

4-Çalışma statünüz nedir?

A-İşçi makinist

B-Memur makinist

5-İş biriminiz nedir?

A -Yük Makinisti

B -Marmaray Makinisti

C-Yolcu Makinisti

D-YHT Makinisti

E-Metro Makinisti

6-Medeni Hal

A-Evli

B-Bekar

Bir işi yaparken zamanda konusunda sıkıntı yaşanması, işin size verilen sürede zor yetişmesi **ZAMAN BASKISI** olarak tanımlanabilir. Örneğin işi verilen sürede kolay yetiştirip yapabiliyorsanız hissedilen zaman baskısını çok düşük veya düşük olarak değerlendirilebilirsiniz.

7-Aşağıdaki belirtilen görevleri yerine getirirken ne kadar **zaman baskısı** hissediyorsunuz?

	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
İş alma işlemlerini yürütmek					
Cer aracını ve treni servise hazırlamak					
Tren seyir hizmetlerini yürütmek					
Tren seyri esnasında meydana gelen arıza ve acil durumlarla ilgili işleri yürütmek					
Servis sonrası cer aracı teslimat işlemlerini yürütmek					
Depo ve manevra işlemlerini yürütmek					

İş yaparken çok düşünüp öyle karar alınması işin sizi beyin olarak zorlaması işin **ZİHİNSEL AÇIDAN** zorlayıcı olduğunu göstermektedir.

8-Aşağıdaki görev aşamaları **zihinsel açıdan** (düşünme,karar verme,hatırlama vb) ne kadar zor?

	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
İş alma işlemlerini yürütmek					
Cer aracını ve treni servise hazırlamak					
Tren seyir hizmetlerini yürütmek					
Tren seyri esnasında meydana gelen arıza ve acil durumlarla ilgili işleri yürütmek					
Servis sonrası cer aracı teslimat işlemlerini yürütmek					
Depo ve manevra işlemlerini yürütmek					

İş yaparken bedensel güç gerektirmesi işin sizi bedensel olarak zorlaması **fiziksel yük(bedensel yük)**olarak tanımlanabilir.

9-Aşağıdaki görevleri yaparken iş ne kadar bedensel yük gerektiriyor? .(İş yaparken itme,çekme,indirme vb bedensel eylemler ne derece var)

	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
İş alma işlemlerini yürütmek					
Cer aracını ve treni servise hazırlamak					
Tren seyir hizmetlerini yürütmek					
Tren seyri esnasında meydana gelen arıza ve acil durumlarla ilgili işleri yürütmek					
Servis sonrası cer aracı teslimat işlemlerini yürütmek					
Depo ve manevra işlemlerini yürütmek					

Efor zihinsel ve bedensel işin bir arada olduğu yoğun,zor çalışmadır.

10-Aşağıdaki görev aşamaları yaparken ne kadar efor harcadığınızı düşünüyorsunuz?

	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
İş alma işlemlerini yürütmek					
Cer aracını ve treni servise hazırlamak					
Tren seyir hizmetlerini yürütmek					
Tren seyri esnasında meydana gelen arıza ve acil durumlarla ilgili işleri yürütmek					
Servis sonrası cer aracı teslimat işlemlerini yürütmek					
Depo ve manevra işlemlerini yürütmek					

Size verilen görevi yerine getirirken ne kadar **başarılı olduğunuz**, ne kadar tatmin olduğunuz **performans** olarak değerlendirilebilir.

11-Aşağıdaki görev aşamaları yaparken ne kadar performans sergilediğinizi ve başarılı olduğunuzu düşünüyorsunuz?

	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
İş alma işlemlerini yürütmek					
Cer aracını ve treni servise hazırlamak					
Tren seyir hizmetlerini yürütmek					
Tren seyri esnasında meydana gelen arıza ve acil durumlarla ilgili işleri yürütmek					
Servis sonrası cer aracı teslimat işlemlerini yürütmek					
Depo ve manevra işlemlerini yürütmek					

Görevi yaparken endişe duymak,sinirli veya gergin hissetmek **rahatsızlık** olarak tanımlanır.

12-Aşağıdaki görev aşamaları yaparken ne derecede rahatsızlık hissediyorsunuz ?

	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
İş alma işlemlerini yürütmek					
Cer aracını ve treni servise hazırlamak					
Tren seyir hizmetlerini yürütmek					
Tren seyri esnasında meydana gelen arıza ve acil durumlarla ilgili işleri yürütmek					
Servis sonrası cer aracı teslimat işlemlerini yürütmek					
Depo ve manevra işlemlerini yürütmek					

13-Çalışma saatlerinde bir görevi yerine getirirken aşağıdaki faktörler sizde ne kadar iş yükü hissettiriyor?(Gün içinde yapılan iş aşamaları düşünülerek cevaplanılmalı.)					
	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Zihinsel eylemler sizde ne derece iş yükü hissettirir?(düşünme,karar verme,arama,dikkat)					
Bedensel eylemler size ne derece iş yükü hissettirir?(itme,çekme,indirme,kaldırma vb bedensel yüklü işler)					
Efor harcamak size ne derece iş yükü hissettirir?(zihinsel ve bedensel eylemlerin bir arada olduğu ağır çalışmalar)					
Performansınız iş yükü hissetmenizi ne derece etkiler?(Görevdeki başarınızdan memnun olmanız hissedilen iş yükünü ne derece etkiler?)					
Zaman baskısı size ne derece iş yükü hissettirir?(görevi tamamlamak için hızlı olma gereksinimi)					
Rahatsızlık seviyesinin artması size ne derece iş yükü hissettirir?(güvensiz,gergin,sinirli,endişeli)					

EK B: Güvenilirlik Test Sonuçları

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,962	,960	42

Item Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Soru1	2,85	1,224	210
Soru2	2,89	1,284	210
Soru3	2,99	1,258	210
Soru4	3,23	1,290	210
Soru5	2,39	1,149	210
Soru6	2,76	1,190	210
Soru7	2,49	1,215	210
Soru8	2,50	1,306	210
Soru9	2,63	1,343	210
Soru10	2,93	1,320	210
Soru11	2,17	1,093	210
Soru12	2,50	1,261	210
Soru13	2,49	1,257	210
Soru14	2,69	1,258	210
Soru15	2,78	1,359	210
Soru16	3,10	1,320	210
Soru17	2,40	1,175	210
Soru18	2,87	1,263	210
Soru19	2,82	1,204	210
Soru20	3,09	1,228	210
Soru21	3,14	1,262	210
Soru22	3,41	1,227	210
Soru23	2,60	1,129	210
Soru24	3,03	1,194	210
Soru25	3,93	,931	210
Soru26	4,06	,918	210
Soru27	4,07	,943	210
Soru28	4,00	,953	210

Soru29	3,92	1,009	210
Soru30	4,07	,931	210
Soru31	2,60	1,313	210
Soru32	2,60	1,324	210
Soru33	2,69	1,388	210
Soru34	3,01	1,407	210
Soru35	2,40	1,276	210
Soru36	2,57	1,351	210
Soru37	3,19	1,355	210
Soru38	3,10	1,287	210
Soru39	3,34	1,258	210
Soru40	3,33	1,257	210
Soru41	3,49	1,265	210
Soru42	3,50	1,360	210

EK C: Etik Kurul İzni

Kurum İçi Gelen Belge Tarih ve Sayı: 10.05.2024-E.152262



T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Fen, Mühendislik ve Sosyal Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu



Sayı : E-69707128-050.04-152262
Konu : Etik Kurul Başvurusu Kararı

10.05.2024

Sayın Doç. Dr. Ömer Faruk EFE
Öğretim Üyesi

İlgi : 03.05.2024 tarihli ve 151628 sayılı başvurunuz.

Başvurmuş olduğunuz projeler değerlendirilerek raportör ve etik kurul görüşleri doğrultusunda etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.
Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Oğuzhan SARIKAYA
Fen, Mühendislik ve Sosyal Bilimleri
Araştırmaları Etik Kurulu Başkanı

Ek:Karar (1 sayfa)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : *BSF4JTP07P* Pin Kodu : 59862

Belge Takip : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=3813&eD=BSF4JTP07P&eS=152262>



**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ARAŞTIRMA ETİK KURULU**



Toplantı Tarihi :07-05-2024
Toplantı No :2024-12
Karar No :4

Doç. Dr. Ömer Faruk EFE ve Meryem KOÇER'in "Demiryollarında Çalışan Makinistlerin İş Yüklerinin Bilişsel Ergonomi Açısından İncelenmesi" adlı araştırma yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup etik ve bilimsel açıdan sakınca bulunmadığına oy birliği ile karar verilmiştir.

ASLI GİBİDİR

Prof. Dr. Oğuzhan SARIKAYA
Raportör

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK D: Kurum Anket İzni



T.C.
DEVLET DEMİRYOLLARI TAŞIMACILIK A.Ş. GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Basın ve Halkla İlişkiler Müşavirliği

Sayı : E-46133274-900[622.99]-481626

01.09.2023

Konu : Anket Talebi

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : Yük Dairesi Başkanlığı (Personel ve İdari İşler Şube Müdürlüğü)'nın 30.08.2023 tarihli ve E-56913804-900[900]-479983 sayılı yazısı.

İstanbul Bölge Müdürlüğü personeli aynı zamanda Bursa Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrencisi 50998/01006860 sicil numaralı Mühendis Meryem KOÇER'in hazırlayacağı "Demiryollarında Çalışan Makinistlerin İş Yüklerinin Bilişsel Ergonomi Açısından İncelenmesi" tez çalışmasında kullanmak üzere makinist personel ile anket çalışması yapmak için ilgi yazı ekinde bulunan dilekçesi Müşavirliğimizce değerlendirilmiştir.

Söz konusu talep yetkili personelin talimatlarına uymak, iş güvenliği kurallarına riayet etmek, Şirketimizin prestijini olumsuz etkileyecek bir röportaj gerçekleştirmemek ve röportaj sonuçlarının bir nüshasının Şirketimize gönderilmesi koşuluyla uygun bulunmuştur.

Bilgi ve gereğini arz ederim.

Ahmet DUMAN
Basın Müşaviri

Ek: Röportaj Dilekçe

Dağıtım:

Gereği:

İstanbul Bölge Müdürlüğüne

Bilgi:

Yük Dairesi Başkanlığına

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: 5D6D8EC9-BCFC-4AB9-88EC-08C12DAAAD6B

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/>

ÖZGEÇMİŞ

TARANMIŞ
VESİKALIK
FOTOĞRAF

Ad-Soyadı : Meryem KOÇER

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER: