

ERGONOMİ ERGONOMICS

e-ISSN 2651-4877 Yıl / Year : 2021 Cilt / Volume: 4 Sayı / Number: 1



ERGONOMİ

e-ISSN: 2651 - 4877

ERGONOMİ

ERGONOMICS

YIL/YEAR : 2021

CİLT/VOLUME : 4

SAYI/NO : 1

BAŞ EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

Prof. Dr. Serpil AYTAÇ
Fenerbahçe Üniversitesi İ.İ.S.B.F. Psikoloji Bölümü
sevinc.aytac@fbu.edu.tr

EDİTÖR / EDITOR

Dr. Öğr. Üyesi Özlem KAYA
Hitit Üniversitesi Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü
ozlemkaya@hitit.edu.tr

YABANCI DİL EDİTÖRÜ / FOREIGN LANGUAGE EDITOR

Dr. Öğr. Üyesi Özlem KAYA
Hitit Üniversitesi Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi
ozlemkaya@hitit.edu.tr

ALAN EDİTÖRLERİ / AREA EDITORS

Prof. Dr. Serpil AYTAÇ	Fenerbahçe Üniversitesi İ.İ.S.B.F. Psikoloji Bölümü-İSTANBUL	sevinc.aytac@fbu.edu.tr
Prof. Dr. Emin KAHYA	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü-ESKİŞEHİR	ekahya@ogu.edu.tr
Prof. Dr. Velittin KALINKARA	Pamukkale Üniversitesi Denizli Meslek Yüksekokulu-DENİZLİ	vkalinkara@pau.edu.tr
Doç. Dr. Burcu ÖNGEN BİLİR	Bursa Teknik Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, İşletme Bölümü (İstatistik) - BURSA	burcu.bilir@btu.edu.tr
Dr. Öğr. Üyesi M. Osman ENGÜR	İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü - İSTANBUL	engur@istanbul.edu.tr

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. A. Fahri ÖZOK	Türk Ergonomi Derneği Başkanı Okan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü-İSTANBUL	fahri.ozok@okan.edu.tr
Prof. Dr. Serpil AYTAÇ	Fenerbahçe Üniversitesi İ.İ.S.B.F. Psikoloji Bölümü-İSTANBUL	sevinc.aytac@fbu.edu.tr
Prof. Dr. Emin KAHYA	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi	ekahya@ogu.edu.tr

	Endüstri Mühendisliği Bölümü- ESKİŞEHİR	
Prof. Dr. Velittin KALINKARA	Pamukkale Üniversitesi Denizli Meslek Yüksekokulu-DENİZLİ	vkalinkara@pau.edu.tr
Izr. Prof. Nataša VUJICA HERZOG	Fakulteta za Strojništvo, Faculty of Mechanical Engineering-SLOVENYA	natasa.vujica@um.si
Prof. Dr. Tülin GÜNDÜZ	Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü- BURSA	tg@uludag.edu.tr
Assoc. Prof. Dr. Laura Sinziana CUCIUC ROMANESCU	Ovidius University, Fine Arts Department - ROMANIA	sinzianaromanescu@icloud.com
Dr. Öğr. Üyesi Özlem KAYA	Hitit Üniversitesi Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü-ÇORUM	ozlemkaya@hitit.edu.tr

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU / SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Ahmet PEKER	Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü- KONYA	apeker@selcuk.edu.tr
Prof. Dr. Akın MARŞAP	İstanbul Aydın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret Bölümü-İSTANBUL	akinmarsap@aydin.edu.tr
Prof. Dr. Ali ORAL	Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü-BALIKESİR	alioral@balikesir.edu.tr
Prof. Dr. Behice DURGUN	Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı-ADANA	bdurgun@cu.edu.tr
Prof. Dr. Burak BİRGÖREN	Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü- KIRIKKALE	birgoren@kku.edu.tr
Prof. Dr. Doğan EROL	KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü- KONYA	dogan.erol@karatay.edu.tr
Prof. Dr. Fazilet N. ALAYUNT	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü-İZMİR	fazilet.alayunt@ege.edu.tr
Prof. Dr. H. Hulusi ACAR	İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü-İSTANBUL	hafizhulusi.acar@yeniyuzyil.edu.tr
Prof. José Orlando GOMES	Graduate Program in Informatics-IM & NCE & School of Engineering/ Federal University of Rio de Janeiro-BRAZIL	joseorlando@nce.ufrj.br
Prof. Dr. Mustafa KURT	Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü- ANKARA	mkurt@gazi.edu.tr
Prof. Pedro FERREIRA	Oxford University, Presidente of Portuguese Ergonomics Society – APERGO Treasurer of Federation of European Ergonomics Societies – FEES-PORTUGAL- ENGLAND	ferreira.pnp@gmail.com

ERGONOMİ

e-ISSN: 2651 - 4877

Assoc. Prof. Katya VANGELOVA	National Center of Public Health and Analyses, WHO Collaborating Center for Occupational Health-BULGARIA	k.vangelova@ncpha.government.bg katia.vangelova@gmail.com
Prof. Dr. Klaus BENGLER	Lehrstuhl für Ergonomie Technische Universität München-GERMANY	bengler@tum.de
Izr. Prof. Nataša VUJICA HERZOG	Fakulteta za Strojništvo Faculty of Mechanical Engineering-SLOVAKIA	natasa.vujica@um.si
Prof. Dr. R. Nesrin DEMİRTAŞ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı-ESKİŞEHİR	ndemirtas@ogu.edu.tr
PhD. Sara ALBOLINO	IEA General Secreter-ITALY	sara.albolino@gmail.com
Prof. Dr. Serap ULUSAM SEÇKİNER	Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü-GAZİANTEP	seckiner@gantep.edu.tr
Prof. Takashi TORIIZUKA	College of Industrial Technology, Nihon University-JAPAN	toriiduka.takashi@nihon-u.ac.jp
Prof. Dr. Velittin KALINKARA	Pamukkale Üniversitesi Denizli Meslek Yüksekokulu-DENİZLİ	ykalinkara@pau.edu.tr
Doç. Dr. Kadir ÖZKAYA	Pamukkale Üniversitesi Teknik Bilimler MYO. Tasarım Bölümü-DENİZLİ	kadirozkaya@pamukkale.edu.tr

Ergonomi Dergisi, yıllardır Ergonomiye destek veren bilim insanları ile, değerli araştırmacılar ve uygulayıcıların akademik çalışmalarını bir araya getirmek amacıyla yayın hayatına 2018 yılında başlamıştır. Dergide Ergonomi odaklı konular (Antropometri, Bilişsel Ergonomi, Çalışma Hayatının Kalitesi ve Ergonomi vb.) ve yakın ilişkili bilimlerde ve alanlardaki kuramsal ve uygulamalı eserler yer almaktadır. Kapsamı bu konular olmak üzere, makalenin başlığında ve/veya özetinde ve/veya anahtar kelimelerde "Ergonomi" kelimesi olan makaleler kabul edilmektedir.

Dergi (e-ISSN: 2651-4877) bilimsel, uluslararası hakemli ve açık erişimli bir dergidir. Ergonomide yayınlanmak üzere gönderilen tüm yazılar daha önce başka bir dergiye gönderilmemiş veya yayımlanmamış olmalıdır. Ergonomi, dergide yayımlanan tüm makalelerin yayın haklarına sahiptir.

Dergi yılda 3 sayı (Nisan, Ağustos ve Aralık) olarak yayımlanmaktadır. Bu sayılara ek olarak, Yayın Kurulu kararıyla, Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulan bildiriler "Özel Sayı" olarak yayımlanabilmektedir.

Türkçe veya İngilizce dilinde yazılmış makaleler kabul edilmektedir.

Ergonomi Dergisi'ne gönderimler online DergiPark® ve hakem değerlendirme sistemi aracılığıyla yapılır. Makale, tüm dosyaları ile birlikte, Dergipark sistemindeki web sayfasında (<http://dergipark.gov.tr/ergonomi>) "Makale Gönder" linki ile yüklenir. Makaleler, çift kör hakem sürecinden geçtikten sonra yayımlanmaktadır. Makalelerin tüm sorumluluğu ilgili yazarlara aittir. Dergide yayımlanması kabul edilen makalelerin telif hakları dergimize devredilmiş sayılır. Makale için yazarlardan herhangi bir ücret alınmaz, ödenmez. Dergi, halen, TR Dizin, Index Copernicus, Root Indexing, ESJI (Eurasian Scientific Journal Index), ERIH PLUS, SIS (Scientific Indexing Service), ResearchBib, ASOS Index ve Google Scholar indeksler tarafından taranmaktadır. Derginin sürekliliğinin sağlanması esastır. Ergonomi alanında çalışan yüzlerce akademisyen, 1971 yılından beri her yıl düzenlenen Ulusal Ergonomi Kongrelerine bildiri sunarak katılmaktadır. Kongrede sunulan çalışmaların geliştirilerek Ergonomi dergisine makale olarak gönderilmesi beklenmektedir. Böylece, dergi, kongre sayesinde sürekliliğini sağlayacaktır.

Ergonomics Journal, has started its publication life in 2018 with the aim of bringing together the academic studies of scientists and practitioners who have been providing scientific support to Ergonomics for years. In the journal, Ergonomics oriented topics (Anthropometry, Cognitive Ergonomics, Quality of Work Life and Ergonomics, etc.) and closely related to the theoretical and practical work in science and fields are located. Articles with the word "Ergonomics" in the title and / or summary of the article and / or keywords of these subjects may be accepted. The journal (e-ISSN : 2651-4877) is a scientific, peer reviewed and open access journal All the papers sent to be published in the Ergonomics shouldn't be sent or published in any other journal before. Ergonomics has all the publishing rights of any paper that has been published in the journal. The journal is published as 3 issues per year (April, August, and October). In addition to the regular issues, proceedings presented in National Ergonomics Congress are published as special issues. Manuscripts written in Turkish and English language are accepted. Submissions to the Journal of Ergonomics is made through DergiPark® online submission and peer review system. The article, along with all the files, is uploaded to web page (<http://dergipark.gov.tr/ergonomi>) in the DergiPark® system. Articles are published after passing through a double blind referee process. The responsibility of the manuscript belongs to the respective authors. The copyright of the articles accepted to be published in the journal are transferred to the journal. There are no manuscript submission fees or manuscript processing fees for the journal. The journal is currently indexed in TR Index, Index Copernicus , Root Indexing, ESJI (Eurasian Scientific Journal Index), ERIH PLUS, SIS (Scientific Indexing Service), ResearchBib, ASOS Index and Google Scholar the continuity of the journal is essential. Hundreds of academicians working in the field of ergonomics have participated in the National Ergonomics Congress which held every year since 1971. It is expected that the studies presented at the congress will be developed and submitted to Ergonomics as an article. Thus, the journal will ensure its continuity through congress.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makaleleri / Research Articles

	Sayfa/Page
Ergonomic Design of The Workplace For Final Quality Control	
Son Kalite Kontrolü İçin İşyerinin Ergonomik Tasarımı	1-9
Matic BREZNIK, Natasa Vujica HERZOG	
Endüstriyel Giyilebilir Teknolojilerin ÇKKV Yöntemleri İle Değerlendirilmesi ve Seçimi	
Evaluation and Selection of Industrial Wearable Technologies with MCDM Methods	10-21
Ayşegül DERİNGÖZ, Tuğba DANIŞAN, Tamer EREN	
Ormanda Yüksekte Çalışma: "Tırmanıcı/Budayıcı" Orman Çalışanlarının Güvenlik Performansının Geliştirilmesine Yönelik Önlemler	
Working at Height in Forest: Measures to Improve Safety Performance of Forestry Workers "Tree Climbers"	22-34
Muvaffak Osman ENGÜR	
Exploration of Urban Interactive Kiosks Centered on Interface Ergonomy and User Experience	
Şehirlerdeki Etkileşimli Kioskların Arayüz Ergonomisi İle Kullanıcı Deneyimi Ekseninde İncelenmeleri	35-46
Mehmet Sinan YUM	
Sosyal Ağ Tabanlı Verilerden Faydalanarak Korona Virüs Konulu Duygu Analizi Çalışması	
Emotion Analysis Study on Corona Virus Using Social Network Based Data	47-54
Ebru KARAAHMETOĞLU, Süleyman ERSÖZ, Osman KARAAHMETOĞLU	

ERGONOMIC DESIGN OF THE WORKPLACE FOR FINAL QUALITY CONTROL

Matic BREZNIK¹, Natasa Vujica HERZOG^{2*}

¹ BSH Nazarje, Slovenia, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-8519-434X>

² University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, 2000 Maribor, Slovenia
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-9242-2977>

Keywords	Abstract
Workplace design Ergonomic analysis OWAS Method Computer simulation Final control workplace	<p>The incidence of work-related musculoskeletal disorders remains high, and, as these injuries have a high cost for companies and society, it is important to prevent them through ergonomic analysis and workplace design. The paper presents a case study research of the final control workplace in terms of strain and stress. The final quality control workplace is the last link between production and transportation to the customer. The worker must inspect approximately 2,000 starter ring gears per shift and ensures that the final products are in the condition expected by the customer. The workflow is extremely monotonous and since the work positions are repetitive, ergonomic analyses were conducted aiming to determine the strain and stress in the workplace.</p> <p>The aim of our research was to minimise occupational risk in the workplace through the scientific design of workstations based on a methodical approach. The manual and computerised OWAS method was used to determine and estimate body postures during the workday. It was found that certain postures lead to significant overuse, which means that certain remedial actions are necessary during the work process to prevent possible damage to the body. Computer aided workplace design represents a new and faster approach in ergonomic workplace design. This approach is especially useful in the design of new workplaces. We can easily eliminate possible stress on the worker and potential injuries in less time before they occur.</p>

SON KALİTE KONTROLÜ İÇİN İŞYERİNİN ERGONOMİK TASARIMI

Anahtar Kelimeler	Öz
İşyeri tasarımı Ergonomik analiz OWAS Yöntemi Bilgisayar simülasyonu İşyeri son kontrolü	<p>İş ile ilgili kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının görülme sıklığı yüksek olmaya devam etmektedir ve bu yaralanmalar işletmeler ve toplum için yüksek bir maliyete sahip olduğundan, bunların ergonomik analiz ve işyeri tasarımı yoluyla önlenmesi önemlidir. Makale, işyerinin son kontrolünde zorlanma ve stres açısından bir vaka çalışması araştırmasını sunmaktadır. Son kalite kontrol çalışma yeri, üretim ve müşteriye nakliye arasındaki bağlantıdır. İşçi, vardiya başına yaklaşık 2.000 marş halkası dişlisini incelemeli ve nihai ürünlerin müşterinin beklediği durumda olmasını sağlamalıdır. İş akışı son derece monotondur ve çalışma pozisyonları tekrarlayıcı olduğu için işyerindeki zorlanma ve stresi belirlemeye yönelik ergonomik analizler yapılmıştır.</p> <p>Araştırmanın amacı, iş istasyonlarının metodik bir yaklaşıma dayalı bilimsel tasarımı ile işyerinde mesleki riski en aza indirmektir. İş günü boyunca vücut duruşlarını belirlemek ve tahmin etmek için manuel ve bilgisayarlı OWAS yöntemi kullanılmıştır. Belirli duruşların önemli ölçüde aşırı kullanıma yol açtığı bulunmuş, bu da vücutta olası hasarı önlemek için çalışma sürecinde belirli iyileştirici eylemlerin gerekli olduğu anlamına gelmektedir. Bilgisayar destekli çalışma alanı tasarımı, ergonomik çalışma alanı tasarımında yeni ve daha hızlı bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu yaklaşım özellikle yeni iş yerlerinin tasarımında kullanışlıdır. İşçi üzerindeki olası stresi ve olası yaralanmaları meydana gelmeden daha kısa sürede kolayca ortadan kaldırmamızdır.</p>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 01.03.2021	Submission Date : 01.03.2021
Kabul Tarihi : 19.04.2021	Accepted Date : 19.04.2021

* Corresponding author e-mail: natasa.vujica@um.s

1. Introduction

The goal of Ergonomics is to create safe, comfortable, and productive workplaces that take into account people's abilities and limitations at work, and adjust workloads to take into account individual heights, strength, abilities, speed, and other characteristics (Bhattacharya and McGlothlin, 2017). By ergonomic design of the workplace it is possible to adapt the work to the physical and mental characteristics of the person, and reduce or prevent negative effects on health (Polajnar et al., 2003, 2007, 2010; Andrejiova et al., 2012). Proper workplace design also includes human habits, to ensure that people work as productively, effectively and safely as possible. The social benefits of ergonomic workplace design are, therefore, numerous, ranging from improved worker health, reduced physical and mental workload, less pain and discomfort, fewer injuries, to improved motivation and greater job satisfaction.

There are also many economic benefits when manufacturing workplaces are designed according to ergonomic rules (Bhattacharya and McGlothlin, 2017). Typical manufacturing environments where ergonomic approaches can provide tangible and measurable results are workstations that are connected in lines, such as assembly lines (Slack et al., 2010). In assembly lines or other manufacturing lines that are focused on product, workers spend a lot of time performing the same repetitive tasks, and any error or delay can cause further problems. With proper ergonomic workplace design, we can achieve shorter cycle times, higher productivity, lower production costs, higher return on investment, higher product quality and flexibility, fewer human and system errors, less waiting during work hours, and lower injury costs (Vujica Herzog and Harih, 2019). The most important factors that should be considered in ergonomic workplace design are as follows:

1. The work environment with working conditions such as noise, heat, humidity, lighting, air velocity (Vujica Herzog et al., 2014, Polajnar, 2010),
2. Postures; especially awkward postures that can cause health problems. The OWAS observation method can be used for posture analysis,
3. The design of the manufacturing process, taking into account all the tasks performed by the worker, especially repetitive tasks. The weight of the manufacturing parts is also an important factor.

There are many ergonomic methods for evaluating postures (Vujica Herzog and Buchmeister, 2015), and they differ in the area of the body they evaluate (Roman-Liu, 2014; Spyropoulos, 2013). Some methods assess the strain of selected body parts

independently, and other methods provide an overall assessment. Some methods focus on different work tasks, such as repetitive and non-repetitive tasks, and there are methods that assess static loads, such as loads where the same posture is held for an extended period of time. Manual handling is another type of task that should be given special consideration.

Because manual assessment tools are time-consuming, new approaches to ergonomic job design are needed using computer-based tools that reduce assessment time and typically provide multiple methods for assessing worker' posture evaluation (e.g. Jack, Process Simulate, Ergomas). Computerised tools are very useful, not only in the assessment of existing workplaces, but especially in the design of new workplaces. With this approach, we can easily eliminate possible worker strain and potential injuries in less time before they occur.

2. Research Problem

Most modern businesses divide tasks according to Smith's principle of division of labour, first mentioned and published as early as 1776. Division of labour, also known as specialisation of labour, means that the way a product or service is produced is divided into a series of tasks performed by different workers, rather than all tasks being done by the same person (Slack et al., 2010). This principle is, therefore, also used in most manufacturing companies, and also in the enclosure production presented in our study.

For the final quality control workplace presented, short time movements are typical, and the products have different weights from 0.6 to 7.0 kg (internal information provided by company). The work is repetitive, and requires the full attention of the worker. Since there have been some complaints of back and neck pain and absences from work caused by health problems, we decided to observe all workers activities during the working day. Data from 10 workers who worked at the final quality control workstation were collected by number and product type, with corresponding weights and manipulation times of the product. The postures of the workers were analysed using the OWAS method.

In order to minimise the risk at work, the scientific design of workplaces based on a methodological approach is very important (Vujica Herzog et al., 2014).

3. Methodology

The following steps were taken for the problem analysis presented:

- Workplace analysis and assessment; Analysis of the existent workstation dimensions in terms of work postures and perceptions of workers for individual and repetitive tasks;
- Workplace analysis considering the work environment; accurate measurements of noise, lighting, heat, humidity and air velocity were taken,
- The extended OWAS method (Karhu et al., 1977 and 1981) was used to evaluate the exposure to the different postures of the operators at the final control workstation. The observation was conducted 6 hours, four times per hour.
- The workplace under study was designed and analysed using the Jack software package from Technomatics,
- Several simulations were carried out using the OWAS analysis (manual and computer) to design a suitable final inspection workstation.

4. Workplace for Final Quality Control

The final quality control workstation is the last link between production and transportation to the customer. Therefore, the workplace requires a high level of concentration. The worker inspects and ensures that the final products are in the condition that the customer expects. Consequently, we have to improve the working conditions and remove all disturbing elements around the workplace that could have a negative impact on the worker.

The worker has to inspect about 2,000 pieces of starter ring gears per shift. The work schedule is extremely monotonous. During the shift, the worker has three repetitive tasks to complete:

(a) Micro – first, a piece is taken from the left pallet and held in a position in front of the worker. The arms are relaxed at the shoulders and bent at the elbows so that the worker can get a good look at the piece being inspected. Then the piece is turned over three times to make sure that all sides have been inspected and that the piece has no defects. If the piece passes inspection, it is then stacked into the correct pallet. If a defect is found, the worker removes the piece and places it on the pallet designated for scrap. Throughout the micro task, the worker tilts his head slightly forward.

It takes 9 seconds to inspect each piece. Thus, the total time of the micro-task of the shift is 300 minutes.

A great need for improvement has already been identified and improvements were implemented. The worker now spends about equal time in sitting and standing position. The worker decides when the

change of position is required.

b) Macro - the pallet must be prepared by placing a protective paper and film on the bottom to prevent damage during transportation. Then the worker picks up about 11 pieces at a time and stacks them in the prepared pallet. The pieces are stacked in 7 different columns. During stacking, the worker puts a sheet of intermediate paper, which absorbs moisture and has an anti-corrosion effect.

The bending of the lower back of the worker while stacking the parts is adjusted to the height of the column in the pallet. Therefore, there is a big difference in the bending of the lower back.

Stacking the parts on the pallet takes about 300 seconds per pallet. So, the total time of the macro task of the shift is 20 minutes.

(c) Replacing the pallet - after stacking is complete, the empty pallet must be dragged to a collection point 10 metres away. It takes about one minute to replace a pallet. The total time for replacing the pallets is about 4 minutes per shift.

The remaining time of the shift is very important as it is necessary to stretch, walk and relax the muscles as often as possible.

At the final quality control workstation, 10 workers perform the process. The data of each worker were collected. They consisted of the number of parts moved and the type of each part inspected by a particular worker. The mass of each type was then multiplied by the number of parts inspected. The result was multiplied by two, since each part must be moved twice. The result shows the weight that the worker moved during the selected working time.

The efficiency of the worker was also calculated in addition. This was achieved by comparing the effective and normative time that the worker performed. It must be taken into account that the inspection of different parts is of different complexity. Therefore, direct calculation of the worker's efficiency is not the best indicator of actual efficiency. The collected data are divided into two time frames, 6 and 27 working days (Tables 1 and 2).

Table 1. One Week Period (6 working days).

Worker	Inspected pieces	Moved weight [kg]	Normative time [h]	Effective time [h]	Worker's efficiency [%]
020	6841	11830,02	37,15	32,00	116,09
130	8436	14912,68	49,78	38,50	129,30
148	8140	26081,32	39,30	33,00	119,09
237	5040	20646,87	23,78	36,50	65,15
299	5521	11248,13	32,41	23,75	136,46
488	8915	14711,30	47,39	42,50	111,51

503	7998	19664,61	45,49	38,00	119,71
564	9830	12003,20	57,38	38,67	148,38
581	5720	6451,72	33,77	37,01	91,25
583	12968	18206,36	73,38	44,66	164,31
616	11833	14600,07	70,60	43,92	160,75

Table 2. One Month Period (27 working days).

Worker	Inspected pieces	Moved weight [kg]	Normative time [h]	Effective time [h]	Worker's efficiency [%]
020	33218	72501,34	192,79	157,50	122,41
130	40849	72029,76	247,69	180,00	137,60
148	24706	51555,36	143,96	124,50	115,60
237	17591	56202,42	88,53	118,50	74,70
299	28981	55958,12	168,24	136,75	123,00
488	35756	62113,52	151,72	135,50	112,00
503	39105	69695,78	225,17	169,50	132,80
564	43830	59905,7	276,62	181,60	152,30
581	34051	53070,62	206,14	184,01	112,00
583	58883	88633,44	329,39	191,50	172,00
616	46990	62269,08	292,28	190,40	153,50

5. OWAS Method

The Ovaco Working Analysing System (OWAS) method is a posture monitoring method (Karhu et al., 1977 and 1981; Landekić et al., 2019; Helling et al., 2018 and 2020). This method originated in the Finnish steel industry, where workers' postures were analyzed. As the method was initially successful, it was developed and modified further. It is considered a viable method for identifying and evaluating work postures. The OWAS method consists of two parts: An observation technique for classifying postures, and a set of criteria for redesigning work methods and workplaces. Postures are classified into 28 positions, including those of the back (four positions), upper limbs (four), hands (three), lower limbs (nine), head and neck (five), and load or force handled (three).

For each of these positions, there are predefined high and low risk postures that are coded by the observer. After calculating the time the worker takes these postures, the final step is to assign a four-level action code for improving the task (changes are not required, changes are required immediately, changes are required in the near future, and intensive observation is required).

Manual and computerised OWAS analyses were performed for the presented problem. We observed workers' movements for two selected operations, called "micro" and "macro".

Manual OWAS Procedure

A video was created of an inspection cycle. The video was later paused every second, and all postures were entered into the OWAS spreadsheet. The results were the percentages of the different postures used by the worker to complete the cycle of an inspection.

Human Simulation Jack

A 3D model of the workplace was created in Human simulation Jack and several ergonomic analyses were performed.

6. Workplace Analysis And Results

Tables 3 and 4 show the results of the OWAS observation method with the calculated percentage of each position (Equation 1) and the time of duration (Equation 2), where $\sum F_p$ represents the sum of each body position and ($\sum F_s$) is the sum of all body positions within each group of work positions.

$$p = \frac{\sum F_p \cdot 100}{\sum F_s} [\%] \quad (1)$$

$$t_p = \frac{450 \cdot p}{100} [min] \quad (2)$$

The obtained results were compared with the recommended measurements, and the results are presented with signs in Tables 3 and 4.

In the micro task, no position is taken often enough to require immediate intervention and ergonomic improvement of the workstation. However, the warning levels are reached, where action must be taken in the foreseeable future. These are in postures 2.2, 4.2, 5.2 and 6.1.

In the macro task, posture 1.2 is taken so frequently that immediate intervention and ergonomic improvement is required of the workplace. It would be impossible to work in these conditions, but the macro part takes up a smaller part of the working time and this makes it bearable. Changes to the workplace are also needed in the foreseeable future. Evidence that action is needed in the foreseeable future is also found in postures 2.2, 4.2 and 6.2.

The task of pallet exchange is not discussed, due to the short time and no critical movement.

After reviewing the whole work process, it was evaluated that it meets the required conditions of the Ergonomics standard. Nevertheless, some changes are required in the foreseeable future to avoid injuries due to the monotony of the work process.

These changes would eliminate the problems studied by the method used.

Table 3. OWAS – Calculated Results with Recommended Measures For ‘Micro’ Tasks

Body Parts	Thoraxlumb. spine	Upper limb			Hands			Lower limb	Head	
	1.1	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.2	5.1	5.2
Nr. of m.	14	2	10	2	8	0	5	14	8	6
p_i [%]	100,0	14,3	71,4	14,3	61,5	0,0	38,5	100,0	57,1	42,9
t_{pi} [min]	450,0	64,3	321,4	64,3	276,9	0,0	173,1	450,0	257,1	192,9
Measure	□	□	▲	●	□	□	□	●	□	●

Table 4. OWAS – Calculated Results with Recommended Measures For ‘Macro’ Tasks

Body Parts	Thoraxlumb. spine		Upper limb				Hands		Lower limb	Head	
	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.3	4.2	5.1	5.2
Nr. of m..	7	15	5	13	2	1	15	5	21	20	1
p_i [%]	31,8	68,2	23,8	61,9	9,5	4,8	75,0	25,0	100,0	95,2	4,8
t_{pi} [min]	143,2	306,8	107,1	278,6	42,9	21,4	337,5	112,5	450,0	428,6	21,4
Measure	□	●	□	●	□	□	□	□	●	□	□

Legend: □ - changes are not required ▲ changes are required immediately ● - changes are required in near future ★ - intensive observation is required

The computer- aided simulation using the Jack OWAS analysis produced similar results to the manually performed OWAS analysis. Although for the computer-aided simulation, the accurate construction of the body movements is time-consuming, this approach allows us to analyse the worker's movements later, much more easily with different analyses. Additional analysis was also conducted to increase the credibility of the research conducted.

The entire micro-task is rated code 4111. This means that the workstation is not in a critical condition, but action must be taken in the foreseeable future (Figure 1).

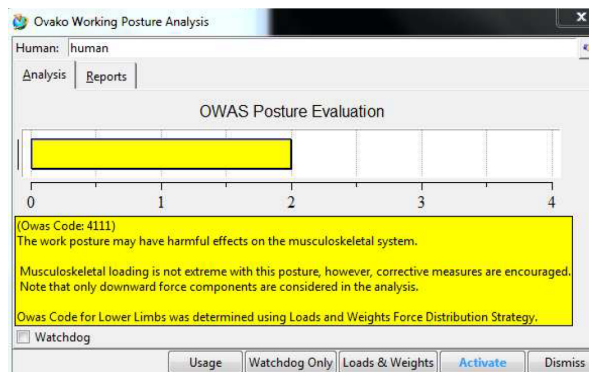


Figure 1. Results of OWAS Analysis for Micro Task

During the picking process the worker is bending, and the results of the OWAS analysis show that the posture could be harmful to the worker, and corrective action must be taken as soon as possible (Figure 2).

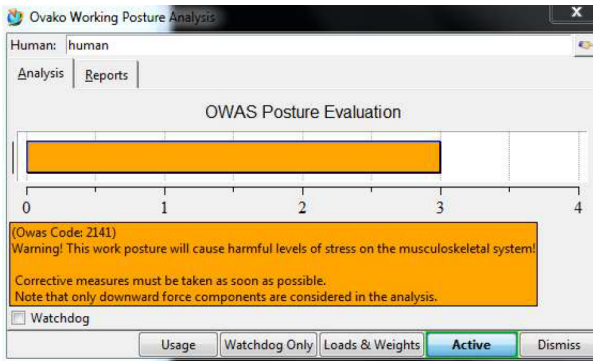


Figure 2. Results of OWAS Analysis for Macro Task

An analysis of the maximum allowable load was performed in addition to the OWAS method for the macro part. The lower limit at which 10% of the female population would consider the load too heavy to carry is 13 kg (Figure 3).

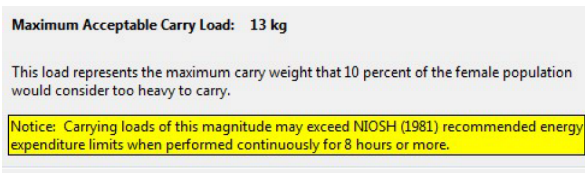


Figure 3. Macro Task - Maximum Acceptable Load

Figure 4 shows the additional results of lower back analysis performed using Jack. The results show low risk of low back injury for most healthy workers.



Figure 4. Results of Lower Back Analysis

6. Suggestions for New Workplace Design

Based on the results of the various ergonomic analyses, the following improvements were proposed:

(a) Appropriate equipment for workers.

The comfort of the worker in a workplace where concentration is required is necessary. Therefore,

high quality equipment for the workers is imperative:

- High quality gloves that do not tear.
- An ergonomically designed seat that forces workers into the correct posture, and
- Enabling regular visual inspection and funding for corrective eyewear.

b) Lifting table

The most difficult movement for a worker to perform is the deep bow in the macro task. The simplest solution would be to use a U-section lift table that allows easy access of the hand lift truck. This also eliminates the risk of knocking over a column of stacked parts.

c) Rotation of workers

Due to the monotony of the micro task, it may not be possible to eliminate all risks. Then rotation of workers at different workstations is required. This method also met with great approval from the workers, as difficult tasks are distributed and they get rid of monotony, which leads to loss of concentration in an eight-hour working day.

Another positive aspect is that the usefulness of the workers is increased as they are trained to work on more than one workstation. This allows for easier reorganisation of staff when someone is absent or needs to be replaced.

d) Construction of quality control facilities

Since final inspection work is a very important part of production, it is important to find a quality solution to the problem of workplace disturbances. The best conditions would be provided by building a new area completely isolated from production.

e) Automation of the macro tasks

A "control line" was designed in order to achieve ergonomic and optimisation improvements. The macro task is unnecessary, and adds no value to the final product. Therefore, it should be completely automated. For easier visualisation of the new control line, a 3D model was created in Solidworks 2016 (Figure 5).

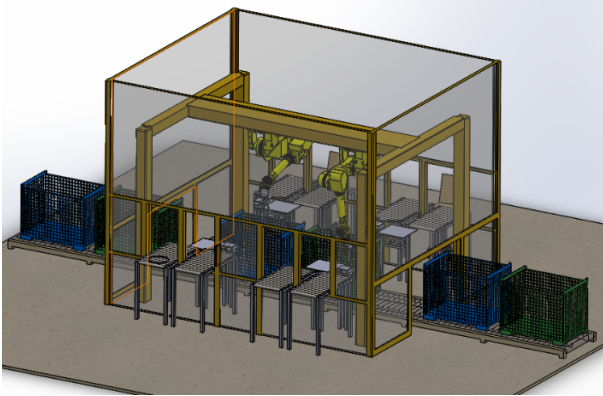


Figure 5. 3D Model of The New Control Line

The worker has the next new tasks to do:

- Prepare the bin at the beginning of the main conveyor belt before checking all the parts in the current process,
- Inspect the pieces delivered by the robot and the secondary conveyors,
- Remove the containers at the end of the main conveyor before all the pieces in the current process are inspected, and
- Inspect the work station, and respond properly to any malfunctions in the control line.

The new workstation design was also reviewed using the Jack software package, and the results of the posture analyses show that the positions of workers in all three phases (picking, product inspection and disposal) are now normal and neutral (Figures 6 and 7). As shown by the results of the OWAS analysis, the new control line eliminates all the irregularities that we found in the first analysis, and provides a safe and healthy workplace.

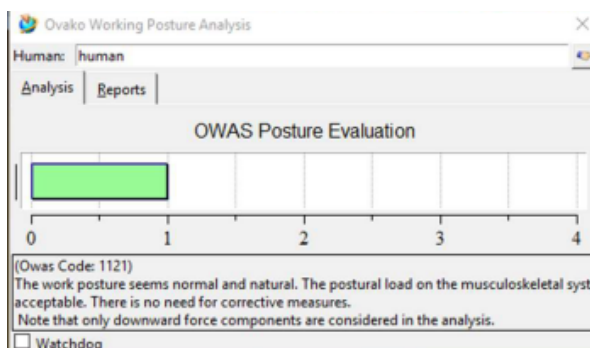


Figure 6. OWAS Results Using Jack

6. Conclusions

Since a poorly designed workplace can have long-term negative effects on the health of employees (musculoskeletal disorders - MSD), it is very important how a workplace is designed and organised (Edtmayr et al., 2011; Fritzsche et al., 2014; Kaljun, & Dolšak, 2012; Ojsteršek et al., 2020; Panush, 2017; Vujica Herzog & Harih, 2019; Wells et al., 2007). Short time movements are typical for the presented job of final quality control. The work is repetitive, and requires the full attention of the worker. The manual and computerised OWAS method was used to determine and assess postures during the workday. It was found that certain postures lead to significant overuse. Results for Micro and Macro part confirmed workers complaints of back and neck pain (posture could be harmful to the worker, and corrective action must be taken as soon as possible). Based on the results of the ergonomic analyses, several improvements were proposed aimed at avoiding overexertion of workers and ensuring a safe and healthy working environment: appropriate equipment for workers, lifting tables, rotation of workers, construction of quality control facilities and automation of macro tasks. The new workplace design was confirmed by computerised OWAS analysis, which shows that the workers' positions are normal and neutral. The new control line eliminates all the irregularities that we found in the first analysis, and provides a safe and healthy workplace.

As the main contribution of the presented case study research, the new and faster approach to ergonomic workplace design can be pointed out using computer-based tools, which reduce the evaluation time and provide multiple methods for evaluating workers postures compared to manually performed ergonomic analyses. In addition to the advantages of the detailed case study presented, this approach also has some limitations. The solutions presented were obtained for this particular environment and cannot be directly transferred to another environment. However, the ideas presented can be generalised and used in other workplaces with some adjustments.

Acknowledgement

This work was supported financially by the Slovenian Research Agency in the framework of Grant P2-0190.

Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.



Figure 7. Worker's positions during work

References

- Andrejiova, M., Kralikova, R., Wessely, E., Sokolova, H. (2012). *Assesment of the Microclimate in the Work Environment*, Chapter 42 in DAAAM International Scientific Book 2012, pp. 509-516, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-901509-86-5, ISSN 1726-9687, Vienna, Austria.
- Bhattacharya, A., McGlothlin, J., D., (2017). *Occupational Ergonomics, Theory and Application*, 2nd ed. CRCPress, Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA.
- Edtmayr, T., Kuhlang, P., Sihm, W. (2011). Methodical approach to designing workplaces and increasing productivity based on Value Stream Mapping and Methods – Time measurement, *Transactions of FAMENA*, 35 (1), 91-99.
- Fritzsche, L., Wegge, J., Schmauder, M. (2014). Good ergonomics and team diversity reduce absenteeism and errors in car manufacturing, *Ergonomics*, 57 (2), 148-161.
- Helling, T., Mertens, A., Brandl. (2018). The interaction effect of working postures on muscle activity and subjective discomfort during static working postures and its correlation with OWAS, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 68, 25-33.
- Helling, T., Johnen, L., Mertens, A., Nitsch, V., Brandl, C. (2020). Prediction model of the effect of postural interactions on muscular activity and perceived exertion, *Ergonomics*, 63 (5), 593-606.
- Kaljun, J., Dolšak, B. (2012). Improving Products' Ergonomic Value Using Intelligent Decision Support System, *Journal of Mechanical Engineering*, 58 (4), 271-280.
- Karhu, U., Kansi, P., Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8 (4), 199-201, ISSN: 0003-6870.
- Karhu, O., Harkoen, R., Sorvali, P., Vespalainen, P. (1981). Observing working postures in industry: examples of OWAS application. *Applied Ergonomics*, 12 (1), 13-17, ISSN: 0003-6870.
- Landekić, M., Katuša, S., Mijoč, D., Šporčić, M. (2019). Assessment and Comparison of Machine

- Operators' Working Posture in Forest Thinning, South-East European Forestry, 10(1), 29-37.
- Ojsteršek, R., Ačko, B., Buchmeister, B. (2020) Simulation study of a flexible manufacturing system regarding sustainability. *International journal of simulation modelling*, 19 (1), 65-76.
- Panush, R. S. (2017). Occupational and recreational musculoskeletal disorders *Kelley and Firestein's Textbook of Rheumatology (Tenth Edition)*, 520-532, Elsevier.
- Polajnar, A., Verhovnik, V., Sabadin, A., Hrašovec, B. (2003). *Ergonomics*, Faculty of Mechanical Engineering, ISBN 86-435-0550-1, Maribor.
- Polajnar, A., Verhovnik, V. (2007). *Design of Work and Workplaces in Practice, 2nd Edition*, Faculty of Mechanical Engineering, ISBN 86-435-0305-3, Maribor.
- Polajnar, A., Leber, M., Vujica Herzog, N. (2010). Muscular-skeletal diseases require scientifically designed sewing workstations, *Strojniski vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 56 (1), 31-40.
- Roman-Liu, D. (2014). Comparison of concepts in easy-to use methods for MSD risk assessment, *Applied Ergonomics*, 45, 420-427.
- Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. (2010). *Operations management*, 6th ed. Pearson Education, England.
- Spyropoulos, E., Chroni, E., Katsakiori, P., Athanassiou, G. (2013). A quantitative approach to assess upper limb fatigue in the work field, *Occupational Ergonomics*, 11, 45-57.
- Vujica Herzog, N., Buchmeister, B. (2015). *The review of ergonomics analysis for body postures assessment*, Chapter 14 in DAAAM International Scientific Book 2015, pp. 153-164, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-90150998-8, ISSN 1726-9687, Vienna, Austria.
- Vujica Herzog, N., Harih, G. (2019), Decision support system for designing and assigning ergonomic workplaces to workers with disabilities. *Ergonomics*, [Print ed.], 62 (12), 1-13.
- Vujica Herzog, N., Vujica Beharić, R., Beharić, A., Buchmeister, B. (2014) Ergonomic analysis of ophthalmic nurse workplace using 3D simulation. *International journal of simulation modelling*, 13 (4), 409-418.
- Wells, R., Mathiassen, S. E., Medbo, L., Winkel, J. (2007). Time – a key issue for musculoskeletal health and manufacturing, *Applied Ergonomics*, 38, 733-844.

ENDÜSTRİYEL GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLERİN ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE SEÇİMİ

Ayşegül DERİNGÖZ¹, Tuğba DANIŞAN², Tamer EREN^{3*}

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-9999-0531>

² Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-1998-6810>

³ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

Anahtar Kelimeler Öz

Akıllı gözlük Endüstri 4.0 döneminin başlamasıyla beraber fabrikalar akıllı üretim sistemine geçiş yapmaya başlamıştır. Bu geçiş giyilebilir teknolojilerin, insan-makine etkileşimi için oldukça faydalı olduğunu göstermiştir. Endüstriyel giyilebilir cihazlar oldukça fazla olmakla birlikte, akıllı gözlükler bu sektörde önemli bir yer kaplamaktadır. Akıllı gözlüklerin artırılmış gerçeklik (AR) uygulamaları için uygun bir taban olması akıllı gözlüklerin kullanımını arttıran bir diğer faktördür. Sektörün önde gelen firmalarının da akıllı gözlükleri üretim, bakım ve lojistik, kalite kontrol, tasarım ve işçi eğitimi gibi alanlarda kullanmaya başlamasıyla, firmalar arası rekabet artmıştır. Şirketlerin yapacağı akıllı gözlük seçimi, şirket bünyesine büyük değerler katabileceği için seçilen akıllı gözlüğün şirketin tüm ihtiyaçlarını karşılayabilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada endüstriyel alanda kullanılabilecek en uygun akıllı gözlük seçimi problemi ele alınmıştır. Problem doğrultusunda sektörün öncüsü olan 7 farklı akıllı gözlük ele alınmıştır. Bu alternatiflerin değerlendirilmesi için ürünün maliyeti, pil ömrü, ergonomik olması, dahili bellek kapasitesi ve görüş alanı özellikleri kriterler olarak belirlenmiştir. Bu kriterler doğrultusunda alternatifler, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen bu ağırlıklar Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) ve The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) yöntem çözümlerinde kullanılmıştır. Yapılan çözüm sonucunda PROMETHEE yönteminde en iyi alternatif Magic Leap One olurken, TOPSIS yönteminde en iyi alternatif Google Glass Enterprise Edition 2 ürünü olmuştur.

EVALUATION AND SELECTION OF INDUSTRIAL WEARABLE TECHNOLOGIES WITH MCDM METHODS

Keywords	Abstract
Smart glasses Industrial wearable technology AHP TOPSIS PROMETHEE	With the start of the Industry 4.0 era, factories switched to the smart production stage. This transition has benefited from the human-machine journey of improvable technologies. Smart glasses can be used in an important place in this industry. The fact that smart glasses are a suitable base for augmented reality (AR) applications is another factor that increases smart glasses. Competition between companies has increased as the leading companies of the sector have started to work such as smart glasses production, maintenance and logistics, quality control, design and working class. The selection of smart glasses to be made by the companies can be the spokesperson of the promotional smart glasses for great value to the company. The problem of choosing the most suitable smart glasses that can be used in this market has been addressed. 7 different smart glasses, which are the pioneers of the problem supply sector, were discussed. Submit these alternatives as criteria for product cost, battery life, ergonomics, internal memory capacity and field of view features for the product. These criteria are evaluated with alternatives, multi-criteria decision making (MCDM) methods. Carrying criterion weights with Analytical Hierarchy Process (AHP) method. These weights were used in Order Preference Based on Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) and Preference Order Organization Enrichment Assessment Method (PROMETHEE) method solutions. With the solution, the best alternative in the PROMETHEE method was Magic Leap One, while the best alternative Google Glass Enterprise Edition 2 was made in the TOPSIS method.

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 17.02.2021

Submission Date : 17.02.2021

Kabul Tarihi : 28.03.2021

Accepted Date : 28.03.2021

* Sorumlu yazar e-posta: tamereren@gmail.com

1. Giriş

Giyilebilir teknoloji, isminden de anlaşıldığı üzere insanların üzerlerine giyebildikleri teknolojiyi içeren ürünlere verilen isimdir. Bu teknolojik cihazlar verileri toplayarak, kullanıcı hareketlerini izleyen ve kullanıcının istekleri doğrultusunda özelleştirilebilir özelliktedir (Thierer, 2015). Örnek vermek gerekirse; akıllı gözlükler, akıllı saatler ve bileklikler, akıllı tekstil ürünleri, akıllı aksesuar ve mücevherler giyilebilir teknolojik ürünlerdir. Kullanım alanı oldukça geniş olan giyilebilir teknolojiler; sağlık, spor, eğlence, eğitim, turizm, askeri, moda ve endüstriyel vb. alanlarda kullanılmaktadır. Endüstri 4.0 dönemiyle beraber giyilebilir teknolojilerin kullanımı endüstriyel sektörlerde de oldukça artmıştır. Endüstri 4.0, canlı cansız fark etmeksizin her nesnenin nesnelerin interneti aracılığı ile iletişime geçebileceği akıllı üretim dönemi olarak adlandırılmaktadır (Aksoy, 2017). Endüstri 4.0 ile birlikte endüstriyel alanda giyilebilir teknoloji pazarı son yıllarda oldukça büyümüştür. Yapılan bir araştırmaya göre 2024 yılında endüstriyel giyilebilir teknoloji pazarının %50,2'lik bir büyüme göstermesi beklenmektedir (URL-1). Endüstriyel giyilebilir teknoloji pazarında en çok tercih edilen ürünlerden biri de akıllı gözlüklerdir. Endüstriyel akıllı gözlükler; imalat, lojistik, inşaat, madencilik, perakende, otomotiv ve havacılık olmak üzere oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Endüstriyel akıllı gözlüklerin bu sektörlerde kullanım nedenleri oldukça fazla olmakla birlikte, gerçek zamanlı veri izleme, video ve fotoğraf kaydetme, anlık sesli ve görüntülü konuşma yapabilme, işçilerin sağlık durumlarını takip edebilme, çevresel koşulları takip etme başlıca nedenler arasında sayılabilmektedir. Endüstriyel akıllı gözlükler iş süreçlerini hızlandırarak ve hata payını neredeyse sıfıra indirerek büyük katkı sağlamaktadır. Akıllı gözlükler verileri otomatik olarak kaydedip ERP sistemlerini güncellediği için ayrıca manuel bir işlem yapmaya gerek yoktur. Bununla birlikte işçilerin iki elleri serbest halde çalışmaları sayesinde işlemleri daha hızlı yaptığı görülmüştür. Mercedes-Benz, Ford, Volvo, Toyota ve Airbus gibi sektörün önde gelen şirketleri de iş yerlerinde akıllı gözlük kullanımını desteklemektedir. Yapılan çalışmada da "Endüstriyel alanda en uygun akıllı gözlük hangisidir?" sorusuna cevap aranmaktadır.

Bu çalışma çerçevesinde problem çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak çözülmüştür. ÇKKV, kriterlere göre analiz etme sürecine dayanmaktadır. ÇKKV yöntemleri en uygun alternatifin seçimi problemlerinde en iyiden en kötüye doğru sıralama gerçekleştirilebilen tüm alanlarda kullanılabilir. Birden fazla ÇKKV yöntemleri bulunmaktadır. Çalışma çerçevesinde

ÇKKV yöntemlerinden; AHP, TOPSIS ve PROMETHEE kullanılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Endüstriyel giyilebilir teknoloji pazarının son yıllarda gösterdiği büyüme firmaların bu teknolojilere olan ilgisini arttırmıştır. Bu çalışmada endüstriyel alanda akıllı gözlüklerin değerlendirilmesi ve seçimi problemi ele alınmıştır. Bu bölümde endüstriyel alanda akıllı gözlükler ve artırılmış gerçeklik (AR) teknolojilerinin değerlendirilmesi ve ÇKKV yöntemleri ile alakalı literatür çalışmaları anlatılmıştır.

Endüstriyel alanlarda akıllı gözlüklerin ve AR değerlendirilmesine yönelik birçok çalışma yapılmış olmakla birlikte Regenbrecht vd. (2005) tasarım, üretim ve hizmet alanlarında AR uygulamalarının sağladığı faydaları ve eksiklikleri; otomotiv, havacılık ve astronotik endüstrilerinde geliştirdikleri AR uygulamalarının prototiplerini inceleyerek anlatmışlardır. Pentenrieder vd. (2007) Metaio ve Volkswagen Group Research'ün otomotiv sektöründe AR uygulamalarının başarılı olduğu alanlardan olan fabrika planlaması ve tasarımı süreçleri için fabrika ihtiyaçlarına göre uyarlanmış prototiplerin geliştirme süreçlerini ve gereksinimlerini somut bir fabrika planlaması örneği ile açıklamıştır. Lukowicz vd. (2007) Avrupa birliği tarafından finanse edilen projelerinde, giyilebilir cihazların endüstriyel uygulamalarının gerçek hayatta yayılımı arttırmak amacıyla; uçak bakımı, araba üretimi, sağlık hizmetleri ve acil müdahale alanlarında olmak üzere 4 farklı pilot uygulama gerçekleştirmiştir. Ong vd. (2008) üretim faaliyetlerinde AR uygulamalarının bir incelemesini yapmıştır. Aynı zamanda AR için tasarlanmış yazılım ve donanım sistemlerini özetlemiştir. Perera vd. (2015) endüstriyel pazardaki nesne tabanlı çözümleri araştırmıştır ve nesnelerin interneti çözümlerinde trendler, zorluklar ve fırsatları incelemiştir. Bu çözümleri uygulama alanlarına göre akıllı giyilebilir, akıllı ev, akıllı şehir, akıllı çevre ve akıllı işletme olarak 5 farklı alanda sınıflandırmıştır. Elder ve Vakaloudis (2015) teknik referans sağlamak için akıllı gözlüklerin sınıflandırmasını ve teknik özelliklerini belirli uygulamalarla ilişkilendirmiştir. Brusie vd. (2015) endüstriyel sektörler için Google Glass ve Vuzix M100 akıllı gözlüklerinin özelliklerini anlatmış ve uygunluğunu değerlendirmiştir. Zheng vd. (2015) endüstriyel akıllı gözlüklerin hangi özelliklerinin makine bakımında kullanıcı performansını etkilediğini araştırmak için bir deney yapmıştır. Deneyde ekran görüntüsü merkezde olmayan akıllı gözlük, ekran görüntüsü merkezde olan akıllı gözlük, tablet ve kâğıt olmak üzere 4 farklı uygulama yapmıştır. Khakurel vd. (2016) iş yerlerinde giyilebilir teknolojilerinin eğilimleri ve

gelecekteki perspektifleri hakkında sistematik bir literatür incelemesi sunmuştur. Fellmann vd. (2017) akıllı fabrika dönüşümünde uygun yardım sistemini seçmek için AR teknolojisi, akıllı gözlük sistemleri ve uzaktan asistan uygulamalarını sınıflandırarak karşılaştırmıştır. Pierdicca vd. (2017) AR gözlük kullanarak iş başında eğitim uygulaması gerçekleştirmiştir. Uygulama sonucunda işçilerin yapmaları gereken operasyonel görevleri AR gözlüklerin kolaylaştırdığı görülmüştür. Rice vd. (2018) eğitimci veya operatör ile işçi arasındaki rehberliği kolaylaştırmak için AR tabanlı uzaktan yardım platformu sunmuştur. Bu konuda operatör ve işçi aynı konumda ve kâğıt üzerinden rehberlik ile operatör ve işçi farklı konumlarda ve dijital rehberlik olarak iki farklı vaka analizi yapmışlardır. Fraga-Lamas vd. (2018) endüstriyel AR teknolojisini tarihini anlatmış ve gemi inşa uygulamaları için AR teknolojilerinin geniş bir analizini yapmıştır. Daha sonra sektördeki AR sistemlerini yazılım ve donanım açısından karşılaştırmıştır. Kong vd. (2019) endüstriyel giyilebilir sistemleri ile ilgili literatürdeki çalışmalarını sistematik bir şekilde analiz etmiş ve endüstriyel giyilebilir teknolojilerin geçmiş, bugünü ve geleceği hakkında bilgilendirmiştir. Llm ve Ro (2018) gelişmiş akıllı fabrikalar için AR gözlükleri tabanlı uzaktan işletme aracılığıyla makine ve ekipmanı onarmak için bir operasyon planı önermiştir. Plakas vd. (2020) üretim ve lojistik alanlarında AR gözlüklerin incelemesini yapmış ve depo lojistiği süreçlerini destekleyen bir AR-akıllı gözlük uygulaması gerçekleştirmiştir. Aromaa vd. (2020) fabrika çalışanlarının AR sistemleri kullanırken çalışanların gerçek dünya farkındalığı deneyimini değerlendirmektedir. Nithyanandam vd. (2020) Hindistan'da iş gereksinimlerini doğru bir şekilde karşılamak amacıyla doğru aday sayısının az olması veya pahalı olması nedeniyle bir şirkette pompa montaj hattında AR sistemleriyle deneysel bir uygulama gerçekleştirmiştir. Uygulama sonucunda işçinin AR sistemi kullanarak montajı %100 doğru bir şekilde yaptığı görülmüştür.

Yapılan bu çalışmada endüstriyel alanda akıllı gözlüklerin değerlendirilmesi ve seçimi problemi için ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Literatürde ÇKKV yöntemleri ile ilgili birden fazla çalışma yapılmış olmakla birlikte Güner (2005) Denizli'de faaliyet gösteren işletmede tedarikçilerinin değerlendirme ve seçimi problemini Bulanık AHP yöntemi ile çözmüştür. Eren vd. (2017) Kırıkkale yüksek hızlı tren istasyon yerinin seçimi problemini AHP yöntemi ile çözmüştür. Taş vd. (2018) kalp ve damar cerrahisi polikliniklerini AHP ve TOPSIS yöntemleri ile karşılaştırarak en uygun hastaneyi seçmiştir. Aksüt vd. (2020) endüstriyel alanda ergonomik riskleri değerlendiren bir literatür incelemesini sunarken, yine Aksüt vd. (2021a) endüstriyel alanda çalışanların ergonomik risklerini

analitik ağ süreci yöntemi ile çözmüştür. Bu çalışmalar dışında giyilebilir teknolojilerin değerlendirilmesinde de ÇKKV yöntemlerini kullanan çalışmalar son yıllarda artmıştır. Büyüközkan vd. (2016) lojistik sektöründe gelişen giyilebilir cihazlar pazarı sayesinde şirketler en iyi akıllı gözlüğü seçmeye ihtiyaç duyduklarından, ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS ile en iyi akıllı gözlük seçimi yapmıştır. Turgut vd. (2020) spor yapanlar için akıllı saatleri AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile değerlendirmiştir. Deringöz vd. (2021) ise Covid-19 hastaların takibinde giyilebilir teknolojilerin seçimini AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile çözmüştür. Akıncı vd. (2021) obezite hastalığının takibinin yapılabilmesi için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile giyilebilir teknolojilerin değerlendirmesini yapmıştır. Literatürde bu alanda ilk kez giyilebilir teknolojileri ÇKKV yöntemleri ile değerlendiren bir çalışma olmuştur.

Bilindiği kadarı ile yapılan bu çalışma literatürdeki diğer çalışmalardan aşağıdaki yönlerden farklılık arz etmektedir:

- Endüstriyel sektörlerin hepsi için geniş ürün yelpazesinde AR/akıllı gözlükler arasında bir seçim yapılmıştır. Çalışmayla birlikte farklı endüstriyel sektörler için en uygun AR/akıllı gözlük seçilmiştir.
- Yedi giyilebilir teknoloji ürünü endüstriyel sektör için önemli kriterler olan ürünün maliyeti, pil ömrü, ergonomik olması, dahili bellek kapasitesi ve görüş alanı kriterleri ile değerlendirilmiştir.
- Endüstriyel alanda giyilebilir teknoloji ürünleri ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile ilk kez değerlendirilmiş ve seçilmiştir.

3. Yöntem

Endüstriyel alanda kullanılması planlanan giyilebilir teknolojik ürünlerin seçim problemi ÇKKV yöntemleri ile çözülmüştür. ÇKKV, belirlenen çok sayıda kriter ve alternatifler aracılığı ile en uygun seçimi yapmak amacıyla geliştirilmiştir. ÇKKV alternatifleri amaca uygunluk sırasına göre sıralamaya yaramaktadır (Sarımehmet vd., 2020). ÇKKV içinde birden fazla yöntem vardır. Bunlardan bazıları; AHP, ANP, TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR ve COPRAS olarak sıralanabilir (Cürebil vd., 2019).

Bu çalışmada belirlenen problemin çözümü için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır.

3.1. AHP Yöntemi

Thomas L Saaty tarafından geliştirilen AHP alternatif ve kriterleri hiyerarşik bir yapıyla göstererek kolay anlaşılır bir görünüm sağlamaktadır. AHP, kriter ve alternatiflerin önem derecelerini belirlemeyi sağlar (Taş vd., 2018). AHP yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır (Saaty, 1990).

1. Adım: Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

AHP için ilk olarak amaç belirlenmelidir (Özcan vd., 2020). Amacın belirlenmesinden sonra alternatif ve kriterler arasında hiyerarşik yapı oluşturulur (Taş vd., 2017).

2. Adım: Önceliklerin Belirlenmesi

AHP yöntemi Saaty skalasını kullanarak karşılaştırma yapmaya imkân tanımaktadır (Eren vd., 2017). Bu adımda Saaty skalsı ile ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için öncelikler belirlenir. Tablo 1'de Saaty skalası gösterilmiştir.

Tablo 1. Saaty Skalası

Dereceler	Tanım
1	Eşit önemli
3	Biraz daha fazla önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Aşırı derecede önemli
2,4,6,8,	Ara değerler

3. Adım: İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması
Bu adımda kriterlerin ve alternatiflerin kendi aralarında karşılaştırılmasıyla birlikte $n \times n$ boyutunda ikili karşılaştırma matrisleri elde edilir. İkili karşılaştırma matrisi Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{n1} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{n2} \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

4. Adım: İkili karşılaştırma matrislerinin normalleştirilmesi ve göreceli önem ağırlıkları

Bu adımda her bir matris sütunun toplamının o sütundaki tüm değerlere bölünmesiyle normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulur. Normalleştirilmiş karar matrisindeki her bir sıra değerlerinin ortalaması alınarak önem ağırlıkları belirlenir.

5. Adım: Tutarlılık oranının hesaplanması

Elde edilen matrislerin doğruluğunun değerlendirilmesi için tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Eğer Tutarlılık oranı 0,10'dan küçük ise yapılan çözüm tutarlıdır denilebilir. Tutarlılık oranı 0,10'dan büyük çıkarsa yapılan işlemler tekrar gözden geçirilmelidir (Özcan vd., 2019).

6. Adım: Nihai sıranın belirlenmesi

Bu adımda alternatiflerin ve kriterlerin önem ağırlıkları çarpılarak her bir alternatife ait öncelik değeri belirlenir. Bulunan öncelik değerlerinin

toplamı 1'e eşit olup, en yüksek öncelik değerini alan alternatif en iyi alternatif olarak sıralama yapılmaktadır.

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında alternatiflerin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe yaklaşımıyla ortaya çıkmıştır. 6 adımdan oluşmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981).

1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisi satırlarda kriterler, sütunlarda alternatifler yer alacak şekilde tasarlanan alternatif ve kriterlere göre önceliklerin belirlenmesiyle oluşturulan bir matristir. Karar matrisi uzman kişiler yardımıyla oluşturulan bir başlangıç matrisidir (Asoğlu ve Eren, 2018).

2. Adım: Standart karar matrisinin oluşturulması

1. Adımda oluşturulan karar matrisinin elemanları kullanılarak Eşitlik 2 yardımıyla standart karar matrisi hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (2)$$

3. Adım: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması

Öncelikle kriterlerin ağırlıkları belirlenir. Daha sonra standart karar matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ile kriterlerin ağırlıkları çarpılır.

4. Adım: İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerinin Oluşturulması

İdeal çözümde standart karar matrisindeki en büyük değer seçilir. Negatif ideal çözümde ise en küçük değer seçilerek oluşturulur.

5. Adım: Ayrım ölçülerinin hesaplanması

Bu adımda Euclidian Uzaklık yönteminden yararlanılmaktadır. Her bir alternatifin ideal çözümden ve negatif ideal çözümden uzaklığı hesaplanır.

6. Adım: İdeal Çözüme Göreceli Yakınlığın Hesaplanması

Sonucu adımda ideal çözüme göreceli yakınlığın hesaplanması için negatif ideal çözümün, ideal ve negatif ideal çözümlerinin toplamına bölünmesi gerekmektedir. Yapılan işlem sonucunda çıkan değer 1'e en yakın olması ideal çözüme en yakın olduğu anlamına gelmektedir.

3.3. PROMETHEE Yöntemi

1982 yılında Brans ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir (Bedir ve Eren, 2015). Promethee 1(kısmi sıralama) ve Promethee 2(tam sıralama) olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır (Brans vd., 1986).

1. Adım: Veri Matrisinin Oluşturulması

Her bir alternatifin ağırlıkları ile alternatif ve kriterlere ilişkin veri matrisi oluşturulur.

2. Adım: Kriterler için tercih fonksiyonların tanımlanması

Her bir kriter için yöntemin uygulanma aşamasında kullanılacak olan tercih fonksiyonları seçilir.

3. Adım: Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi
Alternatifler için ortak tercih fonksiyonları Eşitlik 3 ile belirlenir

$$P(a, b) = \begin{cases} 0 & , f(a) \leq F(b) \\ p[f(a) - f(b)] & , f(a) > f(b) \end{cases} \quad (3)$$

4. Adım: Tercih indekslerinin belirlenmesi

Ortak tercih fonksiyonları belirlendikten sonra her bir alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir. A ve b alternatifleri için tercih indeksi Eşitlik 4'te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * p_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (4)$$

5. Adım: Alternatifler için pozitif ve negatif üstünlükler belirlenmesi

A alternatifi için pozitif üstünlük Eşitlik 5'te gösterildiği gibi, negatif üstünlük iste Eşitlik 6'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (5)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(b, a) \quad (6)$$

6. Adım: PROMETHEE I ile alternatifler için Kısmi önceliklerin belirlenmesi

Alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumları belirlenir. a ve b alternatiflerinin kısmi önceliklerinin belirlenmesi için 3 durum söz konusudur.

1.durum: Eşitlik 7,8 ve 9'da verilen koşullar sağlanıyorsa a alternatifi b'ye tercih edilir.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (7)$$

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (8)$$

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (9)$$

2.durum: Eğer Eşitlik 10 sağlanıyorsa, a alternatifi ile b alternatifi aynıdır.

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (10)$$

3.durum: Eşitlik 11 veya 12'deki koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa a alternatifi ile b alternatifi karşılaştırılamazdır.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) > \phi^-(b) \quad (11)$$

$$\phi^+(a) < \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (12)$$

7. Adım: PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenmesi

Eşitlik 13'te verilen formül ile her alternatif için tam öncelikler hesaplanır. Hesaplanan tam öncelikler aynı düzlemde değerlendirilerek sıralama yapılır (Taş vd., 2017).

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (13)$$

Eşitlik 13'te hesaplanan öncelik değerleri sonucunda şu kararlar alınır:

- $\phi(a) < \phi(b)$ ise a alternatifi b alternatifinden üstündür.
- $\phi(a) = \phi(b)$ ise a alternatifi ile b alternatifi aynıdır.

3.4. Uygulama

Giyilebilir teknolojilerin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Endüstri 4.0 ile giyilebilir teknolojiler endüstriyel alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Endüstriyel alanda en çok kullanılan giyilebilir teknoloji ürünlerinden biri de akıllı gözlüklerdir. Akıllı gözlüklerin AR teknolojinin kullanımı için uygun ortam oluşturması da büyük bir ayrıcalıktır. Endüstriyel sektörlerde kullanılan akıllı gözlükler sayesinde işçilerin iki elleri serbest halde çalışmaları işleri daha hızlı yapmalarına imkân sağlamaktadır. Birbirinden uzak çalışanlar arasında gerçek zamanlı veri iletimi, sesli ve görüntülü konuşma, güncel görev talimatları, montaj ve bakım ünitelerinde teknik destek, sahadaki işçilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi gibi nedenler endüstriyel alanda akıllı gözlüklerin kullanımını arttırmıştır (Fraga-Lamas vd., 2018). Aynı zamanda işçileri eğitime konusunda firmaların ek çalışana ihtiyaç duymadan akıllı gözlüklere yüklenen kişiye özel talimatlarla işçilerin tek başına görevlerini yerine getirmesi ve eğitimi tamamlamasına yardımcı olmaktadır.

Yapılan bu çalışmada endüstriyel alanda kullanılacak akıllı gözlükler içerisinde en uygun ürünün seçilmesi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Problemdaki kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır. Ürünlerin seçimi için ise AHP de bulunan ağırlıklar kullanılarak TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin çözümü yapılmıştır.

3.4.1. Endüstriyel Alanda Kullanılan Akıllı Gözlükler

Endüstriyel alanda giyilebilir teknolojiler denince akla ilk akıllı saatler ve akıllı gözlükler gelmektedir. Akıllı gözlükler, Endüstri 4.0'ın alt dallarından olan AR uygulamaları için uygun ve kullanışlı bir ortam sunmaları nedeniyle endüstriyel alanlarda kullanımı oldukça yaygındır (Bozyer, 2019). AR, gerçek dünyaya ait öğeler ile GPS, ses, video, grafik gibi bilgisayar tarafından üretilen verilerin birleşmesi ile ortaya çıkan bir algı ortamıdır (URL-2). AR, kullanıcıya gerçek zamanlı bir veri etkileşimi sağlamaktadır. Endüstriyel alanda akıllı gözlüklerin kullanılması iş süreçlerinin iyileşmesini sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın etkisiyle birlikte de işletmelerin AR gözlükleri teknolojisine geçişi hızlanmıştır. Büyüyen endüstriyel akıllı gözlük ve AR teknolojisi pazarı, akıllı fabrika dönüşümünü

hızlandırmakla birlikte firmalar arası rekabetin artmasını da sağlamıştır. Bu teknolojilerin iş süreçlerinde verimlilik sağlaması ve zaman kayıplarını minimize etmesi işletmelerin bu teknolojiye hızla geçmesine neden olmaktadır. Çalışma kapsamında 7 alternatif seçilmiş ve bu alternatifler üzerinde seçim yapılmıştır.

Google Glass (A), işletmelerde AR uygulamalarının kullanımı için tasarlanmış bir akıllı gözlüktür. Eller serbest çalışmaya imkân veren, oldukça hafif tasarımıyla tüm gün çalışırken rahatça

Tablo 2. Endüstriyel Alanda Kullanılan Akıllı Gözlükler Ve Özellikleri

	A	B	C	D	E	F	G
Video	*	*	*	*	*	*	*
Kamera	*	*	*	*	*	*	*
GPS		*	*		*		*
Jiroskop	*	*	*	*	*	*	*
İvmeölçer	*	*	*	*	*	*	*
Mikrofon	*	*	*	*	*	*	*
Hoparlör	*	*	*	*	*	*	*
Jeomanyetik sensör			*				
Aydınlatma sensörü			*				
Manyetometre	*			*			*
RAM	3 GB	6 GB	1 GB	8 GB	8 GB		2 GB
Dahili bellek	32 GB	64 GB	8 GB	64 GB	128 GB	16 GB	16 GB
Çalıştırma Sıcaklığı	0 ° C ile + 35 ° C	0 ° C ile + 45 ° C	0 ° C ile + 40 ° C	-	-	5 ° C ile + 35 ° C	-20 ° C ile + 50 ° C
Pil Ömrü	1-2 saat	2- 12 saat	4 saat	2-3 saat	3,5 saat	6 saat	8-10 saat
Batarya(mAh)	800	1000	1240	3000		4000	3400
Çözünürlük (Piksel)	640 × 360	854×48 0	960×540	2048x1080	1280×960	640×480	854×480
Görüş Alanı	83°	28°	23°	52°	50°	22°	20°
Ağırlık(gr)	46	68	290	566	316	251	430
Boyutlar (mm)	182x5 5x29		205 x 136 x 100			179x200, 47x78,63	
Bluetooth	*	*	*	*	*	*	*
Kablosuz LAN	*	*	*	*	*	*	*
USB	*	*	*	*	*	*	*
Barkod Okuyucu		*				*	*
Maliyet (\$)	1.399	3.048	2.999	3.500	2.295	2.444	6.020
Sesli anlık konuşma	*	*	*	*	*	*	*
Görüntülü Konuşma	*	*	*	*	*	*	*
Göz takibi				*	*		
El takibi				*	*		
Remote assistance	*	*	*	*	*	*	*

kullanılabilmektedir. En büyük faydalarından biri de gerçek zamanlı veri iletimi ve iş süreçlerinde talimatları anlık olarak gönderebilmektedir (URL-3, URL-4).

Vuzix M4000(B), baş üstü ekran arttırılmış RAM ve depolamaya sahip, zorlu ortamlara dayanıklı ve güvenli su geçirmez akıllı gözlüktür. Mekanik tasarımı oldukça sağlamlaştırılmıştır. AR kullanımı için uygundur (URL-5, URL-6).

Endüstriyel işletmeler için tasarlanan Moverio Pro BT-2000 (C) doğru kafa takibi için 5 MP kameraya ve sensörlere sahiptir. Aynı zamanda çalışırken

değiştirilebilir pil seçeneği ve ek bellek kart yuvası bulundurmaktadır (URL-7, URL-8, URL-9).

Microsoft HoloLens 2 (D), karma gerçeklik deneyimi sunmaktadır. Uzun kullanım için tasarlanan HoloLens 2 kişisel gözlüklerle birlikte kullanılabilmektedir. Sesli komutlarla çalışabilen HoloLens görüntülü iş ortamlarında bile etkili bir çözüm sunmaktadır (URL-10, URL-11, URL-12).

Magic Leap One (E), oldukça hafiftir ve bir bilgisayar ile eş değer performans sunmaktadır. İçinde bulunan odayı okuyarak, köşe kenar ve yüzeyleri anlamaktadır. Oldukça net görüntü oluşturan Magic

Leap One, göz hareketlerini izleyerek öğeleri uygun bir mesafede işleyebilmektedir (URL-13, URL-14).

GlassUp F4 (F), endüstriyel alanlar için tasarlanmıştır. AR çözümleri sunarak endüstriyel süreçlerdeki zorluğu azaltmak ve iş süreçlerini hızlandırmak için kullanılmaktadır. Güçlü mekanik özellikleri ile iş sağlığı ve güvenliğini desteklemektedir (URL-15, URL-16).

RealWear HMT-1(G), zorlu çalışma koşullarına karşı dayanıklı bir kullanım sağlamaktadır. Bağlı çalışanlar arasında sürekli iletişim ve veri iletimi sunmaktadır. İsteğe bağlı olarak emniyet kasklarına takılabilmektedir. Kişisel gözlüklerle beraber kullanılabilir. Yüksek çözünürlüklü bir mikro ekrana sahiptir (URL-17-19). Çalışmada kullanılacak olan alternatifler ve alternatiflerin özellikleri Tablo 2'de özetlenmiştir.

3.4.2. Kriterlerin Belirlenmesi

Endüstriyel alanda kullanılan akıllı gözlüklerin öncelikli ve en önemli amacı teknik destek sağlamak, sesli ve görüntülü konuşabilmek, fotoğraf ve video kaydı yapabilmektir. Seçilecek olan üründe bu özelliklerin olması gerekmektedir. Bu özellikler dışında yapılan çalışma çerçevesinde belirlenen kriterler ve açıklamaları Tablo 3'te verilmiştir.

Maliyet kriteri firmalar için oldukça önemlidir. Seçilecek olan gözlüğün maliyeti, ürünün firmaya getireceği kardan fazla olmamalıdır. Firmanın seçeceği ürün, firmanın isteklerini karşılayacak olan en düşük düzeyde maliyete sahip ürün olmalıdır. Aynı zamanda kullanılacak ürün günde 8-10 saat aralıksız olarak çalışabilir durumda olmalıdır. Bu sebeplerle ürünün pil dolma süresi ile kullanım süresi işlerin aksamaması için oldukça önemlidir. Estetik görünüm ve kullanım kolaylığı da bu kriter içinde sayılabilir.

Ürünlerle fotoğraf, video çekilmesi, ses kaydı ve tüm multimedya özelliklerinin olması dahili bellek kriterinin önemli olmasını sağlamıştır. Dahili bellek ne kadar fazlaysa ürün o kadar fazla belgeyi kaydedip, elde edilen verileri gönderebilmektedir. Ürünün sahip olduğu görüş alanı işçilerin daha kolay hareket etmesine ve dış dünyayla olan bağlantısını korumaya yardımcı olan bir diğer faktördür.

İşçiler ürünü günde 8-10 saate kadar kullanabilmektedir. Bu sebeple ürünün ağırlığı, boyutu, kişiye özel ayarlanabilir olması belli başlı ergonomik özelliklerdir. Ürünün ergonomik olması insanların iş ve sosyal yaşamlarında sağlıklarını etkileyen bir özelliktir (Kaçmaz vd., 2020). Bundan dolayı seçilecek ürünün ergonomik olması işçiler için önemlidir. İşçilerin çalışma sırasında uygun olmayan

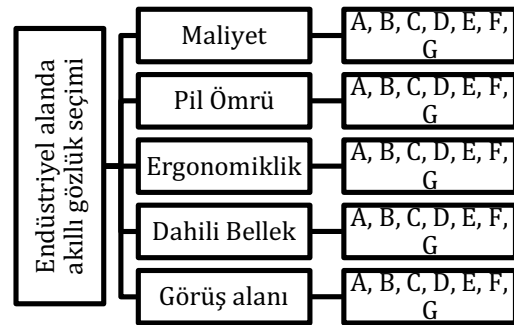
ve tekrarlı hareketler içeren pozisyonlarda çalışması nedeniyle kas iskelet sağlık sistemi bozulmaktadır (Baş ve Yapıcı, 2020; Aksüt vd. 2021b). Çalışmada değerlendirilen ürünler sayesinde işçilerin ürünleri taşıyıp bilgilerini kontrol etmesi yerine gözlüklerle kolayca işlem yapabilmesi ergonomik açıdan önemli bir avantaj sağlanmaktadır. Bu sayede çalışanların motivasyonu da artırılmış ve üretim, zaman, kalite, verimlilik açısından işyerine de katkı sağlanmış olacaktır (Aksüt vd., 2020).

Tablo 3. Çalışmada Kullanılan Kriterler

Kriterler	Açıklama
Maliyet	Ürünün satış maliyetini belirten kriter.
Pil Ömrü	Ürünün pilinin kaç saat gittiğini belirten kriter.
Ergonomiklik	Ürünün ağırlığının kaç gram olduğunu yansıtan kriter.
Dahili Bellek	Ürünün sahip olduğu depolama alanını anlatan kriter.
Görüş Alanı	Ürünün kullanıcıya tanıdığı görüş alan derecesini gösteren kriter.

3.4.3. AHP Yöntemi ile Kriter Önceliklerinin Belirlenmesi

AHP çözümü yapılırken ilk olarak amaç belirlenmelidir. Daha sonra belirlenen amaç doğrultusunda hiyerarşik yapı oluşturulur. Endüstriyel alanda kullanılan akıllı gözlükler için oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Endüstriyel Alanda Akıllı Gözlük Seçimi Hiyerarşisi

Kriter temelinde ikili karşılaştırılma matrisi oluşturulmuş ve her bir kriterine ait öncelik değerleri belirlenmiştir. Tablo 4'te ikili karşılaştırma matrisi ve önem değerleri gösterilmiştir. AHP yöntem sonucunda kriter temelinde oluşturulan matris tutarlılığı 0,063 olarak bulunmuştur. Buradan oluşturulan karşılaştırma matrisi tutarlıdır sonucu çıkarılmaktadır. Elde edilen

Tablo 4. Kriter Temelinde İkili Karşılaştırma Matrisi Ve Öncelik Değerleri

	Maliyet	Pil Ömrü	Ergonomiklik	Dahili Bellek	Görüş Alanı	Önem Değeri
Maliyet	1,00	2,00	4,00	5,00	5,00	0,43
Pil Ömrü	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	0,30
Ergonomiklik	0,25	0,33	1,00	0,50	2,00	0,10
Dahili Bellek	0,20	0,25	2,00	1,00	2,00	0,11
Görüş Alanı	0,20	0,20	0,50	0,50	1,00	0,06

sonuçlara göre birinci öncelikli kriter maliyet kriteridir. Daha sonra sırasıyla pil ömrü, dahili bellek, ergonomiklik ve görüş alanı gelmektedir.

3.4.4. TOPSIS Yöntemi Çözümü

Endüstriyel alanda en uygun akıllı gözlüğü bulmak için problem TOPSIS yöntemi ile çözülmüştür. İlk olarak alternatif ve kriterler temelinde Tablo 5'te bulunan karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 5. Karar Matrisi

	Mali yet	Pil Ömrü	Ergono miklik	Dahili Bellek	Görüş Alanı
A	35	4	33	10	37
B	8	6	24	20	10
C	10	11	13	3	7
D	7	8	4	20	19
E	20	13	9	36	16
F	17	21	13	6	6
G	3	36	5	6	5

Karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir hücrenin, içinde bulunduğu sütundaki tüm hücrelerin karesinin toplamının kareköküne bölünmesiyle standart karar matrisi elde edilir. Standart karar matrisi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Standart Karar Matrisi

	Mali yet	Pil Ömrü	Ergono miklik	Dahili Bellek	Görüş Alanı
A	0,76	0,09	0,72	0,21	0,79
B	0,17	0,13	0,52	0,42	0,21
C	0,22	0,24	0,28	0,06	0,15
D	0,15	0,17	0,09	0,42	0,41
E	0,43	0,28	0,20	0,75	0,34
F	0,37	0,45	0,28	0,13	0,13
G	0,06	0,76	0,11	0,13	0,11

Daha sonra her bir hücre bulunduğu sütundaki kritere ait kriter ağırlığı ve 100 ile çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur. Tablo 7'de oluşturulan ağırlıklı normalize karar matrisi verilmiştir.

Tablo 7. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

	Maliyet	Pil Ömrü	Ergono miklik	Dahili Bellek	Görüş Alanı
A	32,56	2,59	7,16	2,31	4,74
B	7,44	3,88	5,21	4,61	1,28
C	9,30	7,08	2,82	0,69	0,90
D	6,51	5,17	0,87	4,61	2,43
E	18,61	8,35	1,95	8,30	2,05
F	15,82	13,40	2,82	1,38	0,77
G	2,79	22,66	1,08	1,38	0,64

TOPSIS çözümünde bir diğer adım ideal ve negatif ideal çözümlerin oluşturulmasıdır. İdeal çözüm her bir kriter sütundaki değerlerin maksimumunu alınarak bulunur. Negatif ideal çözüm ise minimumları alınarak bulunmaktadır. Tablo 8'de ideal ve negatif ideal çözüm değerleri verilmiştir.

Tablo 8. İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

İdeal Çözüm	32,56	22,66	7,16	8,30	4,74
Negatif İdeal Çözüm	2,79	2,59	0,87	0,69	0,64

Daha sonra her bir alternatifin ideal çözümden ve negatif ideal çözümden uzaklığı hesaplanır. Bunun sonucunda ayırım ölçüleri hesaplanmış olur. Tablo 9'da ayırım ölçüleri verilmiştir.

Tablo 9. Ayırım Ölçüleri

Ayırım Ölçütü	Değer	Ayırım Ölçütü	Değer
S_1^+	20,95	S_1^-	30,75
S_2^+	31,83	S_2^-	7,61
S_3^+	29,58	S_3^-	8,15
S_4^+	32,30	S_4^-	6,25
S_5^+	20,83	S_5^-	18,56
S_6^+	21,18	S_6^-	17,05
S_7^+	31,43	S_7^-	20,08

Sonuncu adımda ideal çözüme görece yakınlığın hesaplanması için negatif ideal çözümün, ideal ve negatif ideal çözümlerinin toplamına bölünmesi gerekmektedir. Yapılan işlem sonucunda ilk sırada yer alan en uygun akıllı gözlük Google Glass Enterprise Edition 2 olarak bulunmuştur. Tablo 10'da ideal çözüme görece yakınlıklar verilmiştir.

Tablo 10. İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Değerleri

Alternatif	Sonuç
Google Glass Enterprise Edition 2	0,59
Vuzix M4000	0,19
Moverio Pro BT-2000	0,22
Microsoft HoloLens 2	0,16
Magic Leap One	0,47
GlassUp F4	0,45
RealWear HMT-1Z1	0,39

3.4.5. PROMETHEE Yöntemi Çözümü

Çalışmanın bu aşamasında endüstriyel alanda en uygun akıllı gözlük seçimi problemi PROMETHEE yöntemi ile çözülmüştür. Çözüm için AHP yönteminde bulunan ağırlıklar kullanılmıştır. Kriter temelinde oluşturulan karar matrisi ve ağırlıklar Visual PROMETHEE (2021) paket programına girilerek çözüm yapılmıştır. Karar matrisinin ve ağırlıkların girildiği Visual PROMETHEE sayfası Şekil 2’de verilmiştir. Maliyet kriteri için maliyeti en düşük olan alternatife karşılaştırma tablosunda en yüksek değer verildiği için çözümde kriterin özelliği “max” olarak seçilmiştir. Aynı durum diğer kriterler içinde geçerlidir. Sayısal değerler içeren kriterler için “V-shape” fonksiyonunun seçilmesi uygun görülmüştür.

Scenario1	Maliyet	Pil Ömrü	Ergonomiklik	Dahili Bellek	Görüş Alanı
Unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group					
Preferences					
Min/Max	max	max	max	max	max
Weight	0,43	0,30	0,10	0,11	0,06
Preference Fn.	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics					
Minimum	3,00	4,00	4,00	3,00	5,00
Maximum	35,00	36,00	33,00	36,00	37,00
Average	14,29	14,14	14,43	14,43	14,29
Standard Dev.	10,05	10,30	9,77	10,82	10,47
Evaluations					
Google Glass Ent...	35,00	4,00	33,00	10,00	37,00
Vuzix M4000	8,00	6,00	24,00	20,00	10,00
Moverio Pro BT-2...	10,00	11,00	13,00	3,00	7,00
Microsoft HoloLe...	7,00	8,00	4,00	20,00	19,00
Magic Leap One	20,00	13,00	9,00	36,00	16,00
GlassUp F4	17,00	21,00	13,00	6,00	6,00
RealWear HMT-1Z1	3,00	36,00	5,00	6,00	5,00

Şekil 2. Visual PROMETHEE Çözüm Ekranı

Visual PROMETHEE paket programı ile çözülen endüstriyel alanda en uygun akıllı gözlük nedir problemi için sonuçlar Şekil 3’te verilmiştir. Çözüm sonucunda en uygun akıllı gözlük Magic Leap One olarak bulunmuştur.

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Magic Leap One	0,4833	0,7417	0,2583
2	Google Glass Enterprise	0,2900	0,6450	0,3550
3	GlassUp F4	0,2650	0,6100	0,3450
4	Moverio Pro BT-2000	-0,1183	0,4300	0,5483
5	Vuzix M4000	-0,2575	0,3442	0,6017
6	RealWear HMT-1Z1	-0,3150	0,3267	0,6417
7	Microsoft HoloLens 2	-0,3475	0,2950	0,6425

Şekil 3. Visual PROMETHEE Çözüm Sonucu

5. Sonuç

Endüstriyel alanda en uygun akıllı gözlük seçimi problemi çözümü için ilk olarak AHP yöntemi ile ağırlıklar belirlenmiştir. AHP yöntemi sonucunda en önemli kriter maliyet olarak bulunurken bu kriteri sırasıyla pil ömrü, dahili bellek, ergonomiklik ve görüş alanı izlemiştir. Bulunan kriter ağırlıkları ile TOPSIS ve PROMETHEE çözümleri yapılmıştır. PROMETHEE yönteminde en uygun seçenek Magic Leap One olurken, TOPSIS yönteminde en uygun seçenek Google Glass Enterprise Edition 2 olmuştur. Aynı zamanda Google Glass Enterprise Edition 2 PROMETHEE yönteminde en iyi ikinci alternatifken, Magic Leap One TOPSIS yönteminde en iyi ikinci alternatiftir. Bu sonuca ulaşılmasının nedeni en önemli kriter olan maliyet kriterinde Google Glass ürünü önde gelirken pil ömrü ve dahili bellek kriterlerinde Magic Leap One ürünün öne çıkmasıdır. Birinci alternatiflerin farklı çıkması aynı zamanda bir yöntemde birinci olan alternatifin diğer yöntemde ikinci en iyi alternatif olması ürünlerin birbirini yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Bu iki yöntemde birinci alternatiflerin farklı çıkması iki ürünün de tercih edilebileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar ile birlikte Microsoft HoloLens 2’in her iki yöntemde de sonuncu alternatif olarak bulunması, seçilmesinin etkin olmayacağını göstermiştir. Yöntemlere göre ürünlerin sıralaması Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Yöntemlere Göre En Uygun Endüstriyel Akıllı Gözlüklerin Sıralaması

Sıralama	PROMETHEE	TOPSIS
1	Magic Leap One	Google Glass Enterprise Edition 2
2	Google Glass Enterprise Edition 2	Magic Leap One
3	GlassUp F4	GlassUp F4
4	Moverio Pro BT-2000	RealWear HMT-1Z1
5	Vuzix M4000	Moverio Pro BT-2000

6	RealWear HMT-1Z1	Vuzix M4000
7	Microsoft HoloLens 2	Microsoft HoloLens 2

6. Tartışma

Endüstriyel giyilebilir teknoloji pazarının büyümesiyle beraber şirketler iş yerlerin bu teknolojileri kullanmaya başlamıştır. Bu alanda en çok tercih edilen teknolojilerden olan akıllı gözlükler ise AR uygulamaları için uygun ortam sunduğu için oldukça fazla tercih etmektedirler. Büyük firmaların endüstriyel akıllı teknolojilere geçmesi büyük bir rekabet ortamı yaratmıştır. Endüstriyel akıllı gözlüklerin gerçek zamanlı veri iletmesi, uzaktan asistan özellikleri, işçilerin anlık takip edilmesi, fotoğraf ve video kaydının olması, sesli ve görüntülü konuşma, işçilerin iki elleri serbest halde iş yapabilmeleri bu teknolojinin en büyük yararları arasındadır. Bu alana olan talep arttıkça bu alanda üretilen akıllı gözlük sayısı da artmıştır. Yapılan çalışmada endüstriyel alanda kullanılacak olan en uygun akıllı gözlüğün seçilmesi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE kullanılmıştır. AHP yöntemi ile PROMETHEE ve TOPSIS yöntemlerinde kullanılacak olan kriter ağırlıkları belirlenmiştir. PROMETHEE yönteminin gerçek değerlerle ifade edilebilir olması ve çok sayıda kriter uygulanabilmesi yöntemin basit ve etkili olmasını sağlamaktadır. TOPSIS yöntemi ise minimum fayda sağlayan alternatiften en uzak alternatifi en iyi alternatif seçerek bir sıralama yapmaktadır. Bu yönüyle oldukça gerçekçi sonuçlar üreten TOPSIS yöntemi en uygun alternatifi seçme problemleri içinde oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Seçilen 7 alternatif ve 5 kriter üzerinden çözülen problemin sonucunda TOPSIS ve PROMETHEE de iki farklı ürün en iyi olarak bulunmuştur. Bunlar; PROMETHEE de Magic Leap One, TOPSIS de Google Glass Enterprise Edition 2 ürünüdür. Buradan bu iki ürünün birbirinin yerine kullanılabileceği sonucu çıkarılmıştır. Akıllı gözlük sektörünün her gün giderek büyümesi, akıllı gözlük üreticilerinin de artmasına neden olmaktadır. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda akıllı gözlüklerin sayısı artırılarak daha geniş kapsamlı çözüm yapılabilir.566

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Akıncı, B.N., Danişan, T., Eren, T. (2021). Obezite Hastaları İçin Giyilebilir Teknolojilerin ÇKKV Yöntemleri ile Seçimi. *Politeknik Dergisi*. Basımda.

Aksoy, S. (2017). Değişen Teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair Bir Giriş. *SAV Katkı*. 4, 34-44.

Aksüt, G., Eren, T., & Tüfekçi, M. (2020). Ergonomik Risk Faktörlerinin Sınıflandırılması: Bir Literatür Taraması. *Ergonomi*. 3(3), 169-192.

Aksüt, G., Eren, T., & Tüfekçi, M. (2021a). Tekstil Sektör Çalışanlarının Maruz Kaldığı Ergonomik Risklerin Analitik Ağ Süreci ile Değerlendirilmesi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*. 13(1), 231-242.

Aksüt, G., Eren, T., & Tüfekçi, M. (2021b). Tekstil Sektöründe Kadın Çalışanların Ergonomik Risklerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*. Basımda.

Aromaa, S., Väätänen, A., Aaltonen, I., Goriachev, V., Helin, K. & Karjalainen, J. (2020). Awareness of the real-world environment when using augmented reality head-mounted display. *Applied Ergonomics*, 88, 103145.

Asoğlu, İ. & Eren, T. (2018). AHP, TOPSIS, PROMETHEE Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Kargo Şirketi Seçimi. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*. 8 (16), 102-122.

Baş, H. & Yapıcı, F. (2020). İş İstasyonlarında Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların Ergonomik Açından İrdelenmesi: Örnek Uygulama. *Ergonomi*, 3(3), 128-137.

Bedir, N. & Eren, T. (2015). AHP-PROMETHEE Yöntemleri Entegrasyonu İle Personel Seçim Problemi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 4(4), 46-58.

Bozyer, Z. (2019). Endüstride Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları ve İnsan-Bilgisayar Etkileşimi Perspektifinden Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.

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(2), 228-238.

Brusie, T., Fijal, T., Keller, A., Lauff, C., Barker, K., Schwinck, J., Calland, J.F. & Guerlain, S. (2015). Usability evaluation of two smart glass systems. *2015 Systems and Information Engineering Design Symposium*, 336-341.

Büyüközkan, G., Güler, M. & Uztürk, D. (2016). Selection Of Wearable Glasses In The Logistics Sector. *International Logistics and Supply Chain Congress*.

Cürebal, A., Eren, T., & Özcan, E.C. (2019). Solutions of Technology Manager Selection Problem with

- ANP And PROMETHEE Methods. *Proceedings Book*, 171.
- Deringöz, A., Danişan, T. & Eren, T. (2021). Covid-19 Takibinde Giyilebilir Sağlık Teknolojilerinin ÇKKV Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*. Basımda.
- Elder, S. & Vakaloudis, A. (2015). A technical evaluation of devices for smart glasses applications. *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*, Wrexham, 98-103.
- Eren, T., Hamurcu, M. & Alağaç, H. M. (2017). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yerinin Seçimi. *In 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 29-30 September.
- Fellmann, M., Robert, S., Büttner, S., Mucha, H. & Röcker, C. (2017). Towards a Framework for Assistance Systems to Support Work Processes in Smart Factories. *Lecture Notes in Computer Science*, 10410. Springer, Cham.
- Fraga-Lamas, P., Fernandez-Carames, T. M., Blanco-Novoa, O. & Vilar-Montesinos, M. A. (2018). A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 shipyard. *IEEE Access*, 6, 13358-13375.
- Güner, H. (2005). Bulanık AHP ile Tedarikçi Seçim Problemi ve Bir Uygulama. *V. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*.
- Hwang C.L., Yoon K., (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag.
- Kaçmaz, S.Ö., Alakaş, H.M., & Eren, T. (2020). Ergonomic Staff Scheduling Problem with Goal Programming In Glass Industry. *Journal of Turkish Operations Management*, 4(1), 369-377.
- Khakurel, J., Pöysä, S. & Porras, J. (2016). The Use of Wearable Devices in the Workplace- A Systematic Literature Review. *In International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good*, Springer, Cham. 284-294.
- Kong, X. T. R., Luo, H., Huang, G. Q. & Yang, X. (2019). Industrial wearable system: the human-centric empowering technology in Industry 4.0. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 30(8), 2853-2869.
- Llm, H.Y. & Ro, K.H. (2018). A Study on a CMS Platform for AR-based Remote Collaboration in a Smart Factory. *Journal of Digital Convergence*, 16(12), 327-334.
- Lukowicz, P., Timm-Giel, A., Lawo, M. & Herzog, O. (2007). WearIT@work: Toward Real-World Industrial Wearable Computing. *IEEE Pervasive Computing*.
- Nithyanandam, G. K., Kothandaraman, P. K., Munguia, J. & Marimuthu, M. (2020, September). Implementing Marked-Based Augmented Reality in Discrete industry-A Case Study. *In 2020 IEEE-HYDICON*, 1-6.
- Ong, S. K., Yuan, M. L. & Nee, A. Y. C. (2008). Augmented reality applications in manufacturing: a survey. *International Journal of Production Research*, 46(10), 2707-2742.
- Özcan, E.C., Danişan, T., Yumuşak, R., & Eren, T. (2020). An artificial neural network model supported with multi criteria decision making approaches for maintenance planning in hydroelectric power plants. *Eksplatacja i Niezawodność-Maintenance and Reliability*, 21(3), 400-418.
- Özcan, E.C., Danişan, T., & Eren, T. (2019). Hidroelektrik Santralların En Kritik Elektriksel Ekipman Gruplarının Bakım Stratejilerinin Optimizasyonu İçin Matematiksel Bir Model Önerisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 498-506.
- Pentenrieder, K., Bade, C., Doil, F. & Meier, P. (2007, November). Augmented Reality-based factory planning-an application tailored to industrial needs. *In 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 31-42.
- Perera, C., Liu, C.H. & Jayawardena, S. (2015). The Emerging Internet of Things Marketplace From an Industrial Perspective: A Survey. *IEEE Transactions On Emerging Topics In Computing*. 3(4), 585-598.
- Pierdicca, R., Frontoni, E., Pollini, R., Trani, M. & Verdini, L. (2017) The Use of Augmented Reality Glasses for the Application in Industry 4.0. *Lecture Notes in Computer Science*, 10324. Springer, Cham.
- Plakas, G., Ponis, S.T., Agalinos, K., Aretoulaki, E. & Gayialis, S.P. (2020). Augmented Reality in Manufacturing and Logistics: Lessons Learnt from a Real-Life Industrial Application. *Procedia Manufacturing*, 51, 1629-1635.
- Regenbrecht, H., Baratoff, G. & Wilke, W. (2005). Augmented reality projects in the automotive and aerospace industries, *In IEEE Computer Graphics and Applications*, 25 (6), 48-56.
- Rice, M., Ma, K., Tay, H.H., Kaliappan, J., Koh, W., Tan, W.P. & Ng, J. (2018). Evaluating an augmented remote assistance platform to support industrial applications. *2018 IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 592-597.

- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal Of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Sarıme Mehmet, B., Hamurcu, M. & Eren, T. (2020). Çok Kriterli Karar Verme: Kırıkkale YHT İstasyonu-Şehir Bağlantısının Sağlanması. *Demiryolu Mühendisliği*, (11), 26-40.
- Taş, C., Bedir, N., Eren, T., Alakaş, H. & Çetin, S. (2018). AHP-TOPSIS Yöntemleri Entegrasyonu ile Poliklinik Değerlendirilmesi: Ankara'da Bir Uygulama. *Sağlık Yönetimi Dergisi*, 2 (1), 1-17.
- Taş, M., Özlemiş, Ş. N., Hamurcu, M. & Eren, T. (2017). Ankara'da AHP ve PROMETHEE yaklaşımıyla monoray hat tipinin belirlenmesi. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 3(1), 65-89.
- Thierer, A. D. (2015). The internet of things and wearable technology: Addressing privacy and security concerns without derailing innovation. *Adam Thierer, The Internet of Things and Wearable Technology: Addressing Privacy and Security Concerns without Derailing Innovation*, 21.
- Turgut, Z.N., Danişan, T. & Eren, T. (2020). Spor Yapanlar İçin En Uygun Akıllı Saatin AHP ve PROMETHEE Yöntemleri ile Seçimi. *Uluslararası Beden Eğitimi Spor ve Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 1-11.
- URL-1 <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-wearable-market-240394537.html> , Erişim Tarihi: 25.12.2020
- URL-2 <https://abmarketotomasyon.com/endustride-ar-arttirilmis-gerceklik-uygulamalari/> , Erişim Tarihi: 25.12.2020
- URL-3 <https://www.businessnewsdaily.com/10313-google-glass-enterprise-business.html> , Erişim Tarihi: 23.12.2020
- URL-4 <https://www.google.com/glass/tech-specs> , Erişim Tarihi: 23.12.2020
- URL-5 <https://vuzix-website.s3.amazonaws.com/files/Content/pdfs/Vuzix-M4000-Smart-Glasses-d01e.pdf> , Erişim Tarihi: 21.12.2020
- URL-6 <https://www.vuzix.com/products/m4000-smart-glasses> , Erişim Tarihi: 21.12.2020
- URL-7 <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/article/12118108/epson-moverio-pro-bt2000-smart-headset> , Erişim Tarihi: 22.12.2020
- URL-8 <https://tech.moverio.epson.com/en/bt-2000/> , Erişim Tarihi: 22.12.2020
- URL-9 <https://www.aniwaa.fr/produit/vr-ar/epson-moverio-pro-bt-2000/> , Erişim Tarihi: 22.12.2020
- URL-10 <https://www.microsoft.com/tr-tr/hololens/hardware> , Erişim Tarihi: 24.12.2020
- URL-11 https://en.wikipedia.org/wiki/HoloLens_2#:~:text=HoloLens%20%20has%20a%20diagonal,of%2047%20pixels%20per%20degree , Erişim Tarihi: 24.12.2020
- URL-12 <https://bitnamic.net/en/in-detail-microsoft-hololens-2-functions-and-improvements/> , Erişim Tarihi: 24.12.2020
- URL-13 <https://www.magicleap.com/en-us/magic-leap-1> , Erişim Tarihi: 23.12.2020
- URL-14 <https://uploadvr.com/magic-leap-how-it-works/> , Erişim Tarihi: 23.12.2020
- URL-15 <https://www.glassup.com/en/f4/> , Erişim Tarihi: 21.12.2020
- URL-16 https://www.glassup.com/wp-content/uploads/2018/10/Datasheet_GlassUp_F4.pdf , Erişim Tarihi: 21.12.2020
- URL-17 <https://realwear.com/knowledge-center/hmt-1/product-overview/> , Erişim Tarihi: 22.12.2020
- URL-18 <https://shop.realwear.com/products/hmt-1z1-intrinsically-safe> , Erişim Tarihi: 22.12.2020
- URL-19 <https://realwear.com/knowledge-center/hmt-1z1/product-overview/specifications/> , Erişim Tarihi: 22.12.2020
- Visual PROMETHEE, (2021). <http://www.promethee-gaia.net/visualpromethee.html?deviceLock=desktop>
- Zheng, X., Foucault, C., Silva, P., Dasari, S., Yang, T. & Goose, S. (2015). Eye-Wearable Technology for Machine Maintenance: Effects of Display Position and Hands-free Operation. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*.

ORMANDA YÜKSEKTE ÇALIŞMA: “TIRMANICI/BUDAYICI” ORMAN ÇALIŞANLARININ GÜVENLİK PERFORMANSININ GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK ÖNLEMLER

Muvaffak Osman ENGÜR^{1*}

¹ İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-1325-9647>

Anahtar Kelimeler	Öz
Ağaca tırmanma Budama İş güvenliği Kişisel koruyucu donanım Ergonomi	<i>Ormancılıkta ağaca tırmanma farklı amaçlar için gerçekleştirilen bir iştir. Dalları budama, bağlantı oluşturma, ağacı iki veya daha çok parçada kesme, tohum ya da odun dışı orman ürünlerini toplama vb. nedenlerle yapılan ağaca tırmanma faaliyeti çok tehlikeli işlerden birisidir. Araştırmada ele alınan kişiler, çocuk yaştan itibaren “alaylı” olarak ifade edilen bir şekilde yetişmiş ve deneyim kazanmış orman işçileridir. Bu çalışanların eğitim, güvenlik ve teknik donanım bakımından kabul edilemez eksiklikleri bulunmaktadır. Çalışmanın amacı, yüksek fiziksel güç gerektiren “tırmanıcı/budayıcı” orman çalışanlarını organizasyon, ergonomik iş donanımı, kişisel koruyucular ve güvenli çalışma teknikleri konusunda geliştirmektir. Arazi çalışmaları ve ofis ortamında görüntüler incelenerek çalışanların da ortak edildiği bir risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Matris yöntemiyle yapılan bu risk değerlendirme çalışmasında motorlu testere zinciriyle temas, gürültü, titreşim, fırlayan ve düşen objeler, yüksekte çalışma, kaygan gövde/dal, basılan dalların kırılması, halatın kesilmesi/ kopması, taşınan testerenin düşmesi, halat bağlantılarının kopması gibi tehlikeler tespit edilmiştir. Yüksekten düşerek ölüm, kırıklar, kesikler, baş travmaları ve ısıtme kaybı gibi birçok yüksek risk düzeyine yol açan tehlikelerin kontrolüne yönelik önlemler belirlenmiştir. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa uygulama ormanında ve Kastamonu-Tosya ormanlarında organizasyonel ve operasyonel anlamda bazı davranış değişiklikleri konusunda da çalışanlar eğitilmiştir. Sonuç olarak düşme, kesilme ve kayma risklerini ortadan kaldıran uygulama pratiği sağlanmış ve bunun yanında günlük çalışma verimi %20 artırılmıştır.</i>

WORKING AT HEIGHT IN FOREST: MEASURES TO IMPROVE SAFETY PERFORMANCE OF FORESTRY WORKERS “TREE CLIMBERS”

Keywords	Abstract
Tree climbing Pruning Occupational safety Personal protection equipment Ergonomics	<i>Tree climbing in forestry is a task performed for diverse purposes. Being one of the riskiest works, it may include various activities from pruning, making contact, cutting down a tree in one or more pieces to collecting seeds or non-wood forest products, etc. Persons subjected to the study were self-trained villagers since their childhood and had enough experience as forest workers. These persons were lack of proper training, safety, and technical equipment. The objective of this study was to train those “tree climbers” in terms of organization, ergonomic work equipment, personal protection equipment, and safe working techniques. A risk assessment study was held along with the tree climbers by watching the visuals in the field and office. In this risk assessment by matrix method, dangers such as contact with the chain of chainsaws, noise, vibration, falling/sprung objects, working at height, slippery stem/branch, breaking of branches workers stand on, cutting/breaking off ropes, falling chainsaw down, breaking off rope connections, etc. were determined. Measures to prevent dangers causing high risks such as death by falling down, fractures in bones, cuts, head trauma, and hearing loss were discussed. Persons dealing with such forest work were also trained at Training and Experimental Forest of Istanbul University- Cerrahpasa and Kastamonu-Tosya Forests concerning organizational and operational behavior change. In conclusion, risks such as fall off, cut, and slipping were eliminated and daily work performance increased by 20%.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article		
Başvuru Tarihi	: 17.02.2021	Submission Date	: 17.02.2021
Kabul Tarihi	: 12.03.2021	Accepted Date	: 12.03.2021

* Sorumlu yazar e-posta: engur@iuc.edu.tr

1. Giriş

Ağaca tırmanma dünyadaki en eski kültürlerden beri devam etmektedir. İnsanlar yiyecek toplamak, saklanmak ya da çevreyi daha iyi görebilmek için ağaçlara tırmanmışlardır. Yıllar geçmiş 70'lerin ortalarından itibaren, ağaç tırmanışı bir spor olarak kabul edilmiştir (Tree climbing coalition, 2021). Modern tırmanma ekipmanları kullanılarak ilk ağaç tırmanışı, 1980'lerin başında ABD'de ortaya çıkmıştır. 1983 yılında, aktif bir arborist ve emekli kaya tırmanıcısı olan Peter Jenkins "Tree Climbers International" (TCI) isimli tırmanma okulunu kurarak ağaca tırmanma ile ilgili yazılı ilk eğitim ve güvenlik kurallarını geliştirmiştir (AF, 2021). Artık dünya çapında ağaca tırmanmayı destekleyen çok sayıda kuruluş var ve dünyada birçok ülkede bu konuda çeşitli güvenlik standartları oluşturulmuştur (USDA, 2015; Lilly, 2005; AFAG, 2009; Worksafe, 2012).

Ormancılıkta ağaca tırmanma farklı amaçlar için gerçekleştirilen bir işidir. Dalları budama, bağlantı oluşturma, ağacı iki veya daha çok parçada kesme, tohum ya da odun dışı orman ürünlerini toplama, ağaca bir şey asma, bir hayvanı kurtarma vb. nedenlerle yapılan ağaca tırmanma çok tehlikeli işlerden birisidir. Ağaca tırmanarak yüksekte çalışma; özellikle ülkemizde dikili iğne yapraklı ağaçlarda (sedir, göknar, fıstıkçami vb.) tohum amaçlı kozalak ya da geniş yapraklı ağaçlarda çeşitli odun dışı orman ürünlerinin (ıhlamur, kestane vb.) toplanması, ağaçların gençleştirilmesi (tensil) ya da kesilecek ağaçların fidanlar üzerindeki zararlarını azaltmak için budanması amacıyla yapılmaktadır. Türkiye'de Orman Bölge Müdürlükleri bünyesinde, çoğunlukla üretim alanlarında damgası yapılmış, kesilecek olan geniş tepeli, yoğun ve kalın dallı ağaçların devrilmesi öncesinde fidanlara ve komşu ağaçlara verilebilecek çevresel zararları azaltmak amacıyla budama işlemi yapılmaktadır. Ağaca tırmanan kişiler çoğunlukla bir motorlu testere ile bazen de bir balta ile ağaç gövdesinin üzerindeki dalları keserek aşağıya düşürmektedir. Bu kişiler ağaçta yaptıkları işler itibarıyla, bir dağcı ile bir orman üretim işçisinin birleşimi olarak yorumlanabilir. Orman üretim işçisi aslında, ağaç kesme - boylama operatörü ile sürütme - yükleme işçisi ulusal meslek standartlarının birleştirilmesi ile oluşturulmuş ulusal yeterlilikte tanımlanmış kişidir (MYK, 2015). Ağaç kesme ve boylama operatörü, ilgili meslek standardında, "iş sağlığı ve güvenliği ve çevre ile ilgili önlemleri alarak, kalite sistemleri çerçevesinde, kesimine karar verilerek işaretlenmiş ağaçları uygun yöntem, teknik, makine ve aletleri kullanarak kökü dibine deviren; dal, ur, şişkinlik ve kabuk gibi kısımları gövdeden ayırarak yuvarlak gövde odununu ortaya çıkararak; standartlara göre işaretlenmiş yerlerden kesip boylayarak endüstriyel ürüne ve yakacak oduna dönüştüren kişi" olarak

tanımlanmaktadır (MYK, 2012). Bunun yanında bizim ülkemizde tam karşılığı olmayan, gelişmiş ülkelerde "arborist" (ağaç bakım uzmanı) olarak isimlendirilen, ağaçların bakımı konusunda uzmanlaşmış, eğitilmiş ve donanımlı görevliler bulunmaktadır. Bunlar "gerekli ekipmanlarla ağaca tırmanan, budama, kesme, tedavi ve temizleme işleri yapan kişiler" olarak tanımlanmaktadır (MIOSHA, 2014; International Society of Arboriculture, 2011). Yani bir tırmanıcı-budayıcı operatör ağaçta motorlu testere kullanacaksa tırmanma araçlarına sahip ve tırmanma yetilerine ilave olarak aynı zamanda bir testere operatörünün iş bilgisine ve donanımlarına da sahip olmalıdır. Bu iş, bir kısım uzmanlar tarafından özel beceri ve uygulamalar ile güç gerektirmesi nedeniyle "akrobasi işi" olarak tanımlanırken, bir kısmı için ise güç, dayanıklılık ve çevikliğin gerçek çalışma koşullarında test edilmesi olarak görülmektedir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Seviye farkı bulunan ve düşme sonucu yaralanma ihtimalinin oluşabileceği her türlü alanda yapılan çalışma, yüksekte çalışma olarak kabul edilir (ÇSGB, 2013). Yüksekte çalışmanın yapıldığı birçok sektör bulunmaktadır. Enerji, inşaat, ulaşım, ormancılık, bina ve endüstriyel temizlik sektörleri yüksekte çalışmanın yoğun olarak yapıldığı sektörlerdir (Acar ve Üçüncü, 2020). Yüksekte çalışmalarda, yetersiz ve eksik sağlık ve güvenlik önlemlerinin bir sonucu olan yüksekten düşmeler, işyeri ölümlerinin ve ağır yaralanmaların en büyük nedenlerinden biridir. Orman işlerinde yüksekten düşmeler hala çok yaygındır ve genellikle ölüm ya da ağır yaralanma ile sonuçlanmaktadır.

Modern tekniklerle ağaca tırmanma ilk olarak 1970'lerin sonunda yarışmalarla başlamış ve 1980'lerin başında ise geliştirilen yeni kural ve tekniklerle kamuoyuna tanıtılmıştır. Özellikle 1990'lı yıllarda Avrupalı yarışmacıların katılımıyla uluslararası bir etkinliğe dönüşmüş ve yeni düzenlemeler getirilmiştir (ISA, 2021). Buna karşın çalışma hayatında ağaca tırmanma ve budama, orman ve peyzaj işleri arasında nispeten yeni, fakat bugün dünya çapında yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Ormanlık alanlarda, park ve bahçelerde tırmanarak yapılan budama işlerinin; orman veya bireysel ağaç bakımı, ağaçta oluşan hastalıklara ve hasarlara çabuk müdahale, çevresel tehlike oluşturan ağaçların estetik ve güvenlik amacıyla küçültülmesi ve iş hızı açısından birçok avantajı bulunmaktadır. Fakat bu çalışma, operatör güvenliği, araçlar ve teknik konularla ilgili farklı sorunları da beraber getirmektedir. Bu işi yapanlar genellikle dağcılık, kaya tırmanışı ve mağaracılık uygulamalarında kullanılan tekniklerden ve ekipmanlardan faydalanırlar. Literatür

incelendiğinde ormancılıkta tırmanma ile ilgili bir başka ifadeyle ormancılıkta yüksekte çalışma ile ilgili yayınlar genellikle son 25 yıl içinde ortaya çıkmıştır.

Jepson (2000) tarafından yazılan, ağaca tırmanma konusunda en iyi referans ve eğitim rehberi olarak kabul edilen kitap bunlardan en çok bilinenidir. Jepson (2000) kitabında, güvenli ve verimli bir şekilde ağaçlara tırmanmak, çalışmak ve inmek için, tırmanış öncesi kontrol, halat montajı, ağaca çıkma ve ağaç üzerinde konumlanma olmak üzere dört adımlı bir metot tavsiye etmiştir. Ağaca tırmanma operasyonları sırasında meydana gelen kazaların çoğunun, tırmanma öncesi iyi bir planlama ve rutin kontrollerin dikkatli, sistematik ve kapsamlı bir biçimde yapılmasıyla önlenilebileceği vurgulanmaktadır.

Lilly (2005) tarafından ağaca tırmanan kişiler için özel olarak hazırlanmış ve sertifikalı ağaç işçisi programında kılavuz olarak kullanılan bir diğer kitapta; güvenlik, gerekli donanımlar, tırmanma ve budama teknikleri detaylı olarak ele alınmaktadır. Ağaç üzerinde gerçekleştirilen işlerde, güvenliğin her zaman öncelikli konu olduğu ve güvenlik eğitimine yapılacak küçük bir yatırımın bile, zaman kayıpları, sigorta, tedavi ve hasar giderlerinde büyük tasarruf sağlayacağı belirtilmektedir.

Ormancılık ve peyzaj çalışmalarının gereği olarak ağaçlara tırmanma ve budama işi, doğası gereği tehlikeli bir iştir. Yüksekte çalışma, ağır yükleri taşıma, testere gibi kesici araçlar kullanma ve yapısal olarak güvenli taşıma yükü tam olarak bilinmeyen dal ve gövde üzerinde tutunma gibi yüksek riskli işlemler içermektedir. Bu iş, tehlikeli bir ortamda çalışmayı güvenli bir şekilde gerçekleştirmek için özel beceri ve ekipman gerektirir (Blair, 1989; Dozier ve Machtmes 2005; Julius vd., 2014).

Kaza veri analizleri, ağaç bakım işçilerinin yıllık ölüm oranının 100.000 ABD'li işçi başına 30,0 olduğunu ve diğer tüm sektörlerin 4,0 olan ölümlü ulusal ortalamasından neredeyse sekiz kat daha yüksek olduğunu göstermiştir. En yaygın ölüm nedeni ise ağaçtan bir başka ifadeyle yüksekte düşmedir (Ball ve Vosberg, 2003; Wiatrowski, 2005; Ball ve Vosberg, 2010). Bir başka çalışmada, ağaçların sağlıklı ve güvenli olması için kontrol, budama, tedavi, kesim vb. işlerde çalışanlarda 100.000 işçi/yıl için ölüm oranının 35,0 ve yaralanma olasılığının 1: 1.200 olduğu belirtilerek bu değerin polis veya itfaiye çalışanlarından 3 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ağaca tırmanan ve budama yapan çalışanların yaşadıkları her 100 kazadan 6,4'ü ölümle sonuçlanmıştır (Eckert, 2012). İngiltere'de ağaç üzerinde çalışanların geçirdiği kazalarının % 16'sı yüksekte düşme ve % 6'sı ise kontrolsüz salınımdan dolayı dallara veya gövdeye çarpma sonucu oluşan travmalar olarak raporlanmıştır (HSE, 2020). İngiliz Sağlık ve Güvenlik İdaresi kayıtlarına

göre, son on yılda 24 çalışan ağaçla ilgili bir iş yaparken ölmüş ve yaklaşık 1.400 kişi de yaralanmıştır. Yapılan vaka analizlerinde, iyi uygulama rehberlerinin takip edilmediği ve kazaların temel nedenleri arasında; motorlu testere, yüksekte düşmeler veya düşen ağaç veya dal parçalarının çarpması gösterilmektedir (HSE, 2021).

Diğer ülkelerden gelen kaza verileri Amerika Birleşik Devletleri'ndekilere benzerdir. İngiltere'de, ağaç işçileri arasındaki kaza oranı 1.000 işçi başına 83'tür ve 2002-2012 arasında 34 ağaç işçisi hayatını kaybetmiştir (Robb ve Cocking, 2014). Bu kazalar arasında, devrilen ağaçların ya da düşen dalların çarpması, ağaçta üzerinde çalışırken motorlu testere ile oluşan kesikler yer almaktadır. İtalya'da 2002-2012 yılları arasında, ağaçlara tırmanma ve budama kazalarının incelendiği bir çalışmada, ağır yaralanma ve ölümlerin %90,5'i yüksekte düşme nedeniyle olduğu tespit edilmiştir (Proto vd., 2016). Avustralya, ağaç yetiştirme ve bakım mesleğinin, 100.000 çalışan başına 42 ölümle ülkenin tüm endüstrileri arasında en yüksek ölüm oranına sahip mesleği olduğunu bildirmiştir. Bu, tüm endüstrilerin ortalama ölüm oranından 28 kat daha yüksektir (Arboriculture Australia, 2018).

Amerikan Ormancılık Servisi tarafından bu konuda hazırlanan kapsamlı bir rehberde, ağaçlara tırmanarak çalışmanın özel ekipman ve beceriler gerektirdiği, ciddi bir yaralanma veya ölümcül düşüş potansiyelinin her zaman mevcut olduğu belirtilerek, çalışanların eğitilmesi ve sertifikalandırılmasının gerekliliğini vurgulamıştır (USDA Forestry Service, 2005). Çalışanların fiziksel ve zihinsel olarak güvenli tırmanmadıkları ve iş sırasında güvensiz davranışlar sergilemeleri halinde, yöneticilere görevden alma ve yetkinlik belgesini iptal etme yetkisi verilmiştir.

Ağaca tırmanma orman işlerinde yüksek riskli işlerden birisi sayılmaktadır. Tırmanma ve ağaçta çalışma özel aletler ve deneyim gerektirmektedir. Ciddi yaralanma ve ölümle sonuçlanabilecek yüksekte düşme riski daima söz konusudur. Bundan dolayı ağaca tırmanma ve faaliyetler öncesinde eğitim ve yetkinlik alınması zorunludur (USDA, 2005; USDA, 2015). Ağaca tırmanma işlerinde güvenlik sorunlarının ortadan kaldırılması veya azaltılması; temel güvenlik uygulamalarından başlayarak, teknikler, donanım, operatör eğitimi ve işveren ile işçi arasında sorumluluk paylaşımına kadar birçok farklı yönü kapsamaktadır. Fakat mükemmel bir bilgi seti için en önemli nokta; bu işi yapan kişilerin, eğitilmiş ve yetkin kişilerce düzenlenen işe özgü teorik ve pratik kurslara katılması ve yetenekli operatörlerle birlikte çalışmasıdır (Longo vd., 2013).

Türkiye Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Sektöründe

2018 yılında 100.000 çalışanda toplam ölüm oranı 23,7 olmuştur. Sektörde aynı yıl gerçekleşen toplam 35 ölümlü iş kazasının %26'sı 02 NACE kodundaki "ormancılık ve tomrukçuluk" faaliyet kolunda gerçekleşmiştir (Sosyal Güvenlik Kurumu İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri, 2018). Ormancılık sektöründe iş kazalarının ekonomik faaliyetlere göre dağılımına bakıldığında ormancılık için destekleyici faaliyetler % 52 ile ilk sırada yer almaktadır. Orman yetiştirme ve diğer ormancılık faaliyetleri %37 ile ikinci sırada, tomrukçuluk %17 ile üçüncü sırada ve ağaç dışındaki yabancı olarak yetişen ürünlerin toplanması %1 oranı ile son sırada yer almıştır. Ölümlü iş kazalarının dağılımına bakıldığında ormancılık için destekleyici faaliyetler (% 44,5) ile orman yetiştirme (silvikültür) ve diğer ormancılık faaliyetleri (% 44,5) aynı oran ile ilk sırada yer almaktadır (AÇSHB, 2019).

Türkiye'de ormancılıkta yüksekte çalışma ya da ağaca tırmanarak budama yapan çalışanlarla ilgili bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu konuda "Odun Dışı Ürün Toplayıcısı (yüksekten)" ulusal yeterliliği (MYK, 2017) içeriğinde yer alan çalışanın taşınması gereken temel bilgi ve beceriler genel olarak sıralanmıştır.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından hazırlanan bir çeviri yayında (Engür ve İmer, 2016), ormancılıkta tırmanma ve budama işleri, yangınla mücadele ve rüzgâr devriği alanında üretim çalışmaları ile birlikte en riskli işler arasında gösterilmektedir. Tırmanma ve budama işlerinde alınacak toplu güvenlik önlemleri ile kişisel koruyucu donanımlar açıklanmaktadır.

3. Yöntem

Ormanlarda ağaca tırmanarak kesim ve budama işleri yapan çalışanlar ve karşılaştıkları tehlikeler, ülkemiz iş sağlığı ve güvenliği literatüründe ilgi görmediği bir gerçektir. Bu çalışmada; Tosya bölgesinde, tırmanıcı budayıcı orman çalışanlarının yaşadığı riskleri anlamak ve buna yol açan tehlikeleri azaltmak için atılacak adımlar sıralanmıştır. Kısaca çalışmanın amacı, yüksek fiziksel güç gerektiren "tırmanıcı/budayıcı" orman çalışanları ile ilgili durum tespiti yaparak, organizasyon, ergonomik iş donanımı, kişisel koruyucular ve güvenli çalışma teknikleri konusunda onları geliştirmektir. Orman işletmelerinde, tırmanıcı budayıcı orman çalışanlarının sayısı her geçen gün azalmaktadır. Çalışmaya konu olan kişiler, kesilip devrildiğinde çevresel zararlar oluşturacak ağaçlara tırmanarak, tepe tacını budamak suretiyle azaltan 7 orman çalışandır. Fakat araştırma da ortaya konulacak güvenlik önlemleri, teknikler ve donanımlar, ağaç üzerinde farklı görevlerin gerçekleştirilmesinde de kullanılabilir özellik taşımaktadır. Çalışanlar, tırmanma aracı olarak bir ağaç tepesine erişmenin

en hızlı ve en basit yolu olarak kabul edilen mahmuzlu ayakçak ve bir halat kullanmaktadır. Budama işi motorlu testere ile yapılmaktadır. İncelenen kişiler, Kastamonu bölgesinde orman işletmelerine birim fiyatla iş yapan orman işçileridir. Ağaca tırmanma ve budamaya yönelik gençleştirme ve boşaltma alanlarında gerçekleştirilen günlük çalışmalar izlenmiş ve görsel (fotoğraf ve video) kayıtlar alınmıştır. Arazi çalışmaları değerlendirilerek ve ofis ortamında görüntüler incelenerek, çalışanların da ortak edildiği bir risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Matris yöntemiyle (L tipi) yapılan risk değerlendirme çalışmasında belirlenen tehlikelerin listelenmesi ve yüksek ve orta düzeyde riskler doğrultusunda, ağaç tırmanıcıların güvenlik performansını geliştirecek kontrol önlemlerinin ana başlıklarının ve içeriğinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu çalışmada yöntemin içeriğinden çok tespit edilen tehlikeler nedeniyle risklere karşı geliştirilecek kontrol önlemlerinin ortaya konulması ve uygulanmasına önem verilmiştir. Bu nedenle matris yönteminin detayları bu çalışmanın odağını oluşturmamaktadır.



Şekil 1. Tırmanıcı- Budayıcı Orman Çalışanlarının Doğru Ekipmanlar İle Eğitilmesi

Önlemlerin geliştirilmesi sırasında ulusal (Peşan, 2011; KAYA, 2005, 2013; Ayan, 2007; Engür, 2014)

ve uluslararası (Jepson, 2000; Lilly, 2005; HSE, 2012,2013,2015; AFAG, 2009; ILO, 1998; USDA 2005, 2015) yayınlar incelenerek tırmanma ve budama işine yönelik doğrudan ve dolaylı veriler bir araya getirilmiştir. Bunun yanında ele alınan ormancılık işine yönelik ulusal bir standardımız olmadığından, ağaç yetiştirme ve bakımında güvenlik gereksinimlerini içeren Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü tarafından hazırlanmış ANSI Z133.1 standardı ve OSHA (Occupational Safety and Health Administration) düzenlemeleri incelenmiştir.

Araştırmada kendi konularında uzman olan kuruluşlardan ve işletmelerden destek sağlanmıştır. Orman ve bahçe makineleri tedarikçisi bir işletmeden testere, kişisel koruyucu donanım (KKD) ve bakım eğitimi desteği ile yüksekte çalışma konusunda eğitim ve ürün satışı hizmeti veren özel bir kuruluştan tırmanıcı budayıcı çalışanlara tırmanma takımları ve koruyucular sağlanmıştır. Ayrıca, dağcılık şubesine sahip bir spor kulübünün, dağcı sporcularından teknik destek ve sunum alınmıştır. Bu çalışma kapsamında, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bahçeköy Kampüsü uygulama ormanında ve Kastamonu-Tosya ormanlarında organizasyonel ve operasyonel anlamda bazı davranış değişiklikleri konusunda çalışanlara eğitim verilmiştir (Şekil 1). Donanım ve eğitim konularında destek ve hibe alınan tüm kuruluşların İstanbul'da olması, bazılarının Tosya'ya gidilmesi konusundaki kısıtları (zaman, lojistik, eleman, maliyet) ve üniversite kampüsündeki eğitim olanakları nedeniyle, orman çalışanları belli zamanlarda İstanbul'a getirilmek suretiyle çalışma sürdürülmüştür.

Bu çalışmada; gücü 1.7 kW (2.3 hp), dakikadaki devir sayısı 9600, levha uzunluğu 35 cm. ve ağırlığı 3 kg. olan top handle (tek elle kullanılan) testere ile işitme ve yüz koruyucu ile kombine edilmiş baret, eldiven, testere korumalı pantolon, yüksek görünürlüğe sahip mont ve güvenlik ayakkabılarından oluşan KKD seti kullanılmıştır. Tek el tipi motorlu testere ağaçlara tırmanarak, bakım amaçlı çalışanlar için geliştirilmiş olup, oldukça hafif, manevra kabiliyeti yüksek ve üst gövdeden saplı bir testeredir. Tel el tipi testereler ile diğer testereler arasındaki en önemli fark, arka tutma kolunun gerektiğinde tek elle çalışmaya izin verecek şekilde motor bloğunun üst kısmına kadar uzanmasıdır. Kemer halkaları ve kayış bağlantı noktaları gibi güvenlik özellikleri bulunmaktadır. Kolay çalıştırılabilirliği ile ağaç üzerinde sık çalıştırma ve durdurmanın söz konusu olduğu dal budama operasyonları için oldukça ideal bir iş ekipmanıdır.

4. Bulgular

Araştırmada ele alınan kişiler, çocuk yaştan itibaren "alaylı" olarak ifade edilen bir şekilde yetişmiş ve

deneyim kazanmış orman işçileridir. Günlük kıyafetleri ile tırmanma demirleri ve halatlar yardımıyla ağaca tırmanarak genellikle yerden 10-40 metre yükseklikler arasında çalışmaktadır.

Araştırma sahasında, tırmanıcı- budayıcı orman çalışanları ile ilgili olarak belirlenen tespitler aşağıda sıralanmıştır:

- Yaşları 34-57 arasında değişmektedir.
- Ormanda "tırmanıcı- budayıcı" olarak deneyimleri 15 yılın üzerindedir.
- Fiziksel olarak yapıları yaptıkları işten dolayı kuvvetli ve iyi durumdadırlar. Orman çalışanlarının vücut kitle indeksi (VİK) ortalaması 24.8 kg/m² olarak belirlenmiştir. Çalışanların tümünün vücut kitle indeksi değerleri, bir kişi (26.4 kg/m²) haricinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından 20 yaş üzeri yetişkinler için verilen normal kilolu grup (18.5-24.9 kg/m²) içinde kalmıştır (WHO, 2021).
- Tırmanma ve budama bilgisini ve eğitimini aile bireylerinden ya da arkadaşlarından almaktadır. Bu eğitim resmi ve düzenli olmaktan ziyade görme, uygulama ve görgü/deneyim aktarma şeklinde "geleneksel" olmaktadır. Hem tırmanma hem de testere kullanımı bakımından yaptıkları işle ilgili resmi bir eğitimden geçmemişlerdir. Mesleki bir belge ya da sertifikaları yoktur.
- İş sağlığı ve güvenliği üzerine genel ya da yaptıkları işe özel herhangi bir eğitim almamışlardır. Güvensiz çalışma yöntemleri uygulamaktadırlar ve tırmanma sırasında temel güvenlik kurallarını dahi ihlal etmektedirler. En dikkati çeken ihlal tek halat kullanmaları nedeniyle ağaç gövdesi üzerinde dal geçerken halatı çözdüklerinde sadece mahmuz destekli ağaca bağlı kalmalarıdır. Bazı çalışanlar ise yaklaşık 100 cm. uzunluğunda bir halatı bellerine geçirmeden yalnızca ağaç gövdesinin çevresinden dolaştırarak iki kollarıyla gövdeye tutunmak için kullanmakta ve reflekslerine güvenmektedir.
- Halatlarında sürtünmeyi azaltıcı ya da kambiyum yaralanmasını önleyici bir yapı bulunmamaktadır.
- Tırmanma- budama işinin yanında tarım ve inşaat gibi farklı yerlerden gelirleri bulunmaktadır. Sadece bu işten çalışarak geçimlerini sağlamaları mümkün değildir.
- Hiçbir kişisel koruyucu donanıma (KKD) sahip olmadıklarından dolayı kullanmamaktadırlar.
- Genel olarak bu işte çalışan tüm tırmanıcılar ülkemizde "kara lastik" olarak bilinen ayakkabı tercih etmektedir.
- Ayakları ile diz altı bölgesi arasına yerleştirilen "ayakçak" veya "ayakman" denilen tırmanma demirleri ve halat yardımıyla tırmanma işlemini,

bel ya da sırtlarına bağlayarak götürdükleri motorlu testere ile budama işlerini gerçekleştirmektedirler.

- Halatlar ve bağlantı ekipmanlarını yerel pazarlardan temin etmektedirler. Halat, karabina, motorlu testere bakımından eksik, standart dışı, bakımsız araçlar kullanmaktadır. Kullandıkları donanım genel olarak yetersizdir.
- Bazı çalışanların halatlarında ve kemerlerinde erime, aşınma, yıpranma, lif kaybı ve hatta küçük yırtıklar görülmüştür.
- Motorlu testerelerin günlük bakımı, kullanılan zincir yağı ve yağ-yakıt karışımı konusunda hatalı uygulamalar yapılmaktadır.
- Kullandıkları motorlu testereler budama işine özel geliştirilmiş olanlar değil, ağırlığı 5-6 kg arasında olan genel hasat amaçlı testerelerdir. Testerelerin bazılarında güvenlik donanımları (zincir freni, zincir yakalayıcı vd.) eksik ya da arızalıdır.
- Tırmanma demirlerinin temini ve bakımı ile ilgili önemli sorunları bulunmaktadır.
- İlk yardım, acil durum ve temel kurtarma eğitimleri bulunmamaktadır.
- İlk yardım çantası ya da setleri alanda mevcut değildir.
- Bölgelerindeki ağaç türleri ve temel odun özellikleri konusunda bilgilidirler. Dikili kuru, kalın, ince kabuk gibi durumlarda kendilerinin tırmanma için geliştirdiği bazı uygulamalar söz konusudur.

Ormanda dikili budama yapmak üzere ağaca tırmanan kişilerin yaşadığı kazalar genellikle ölüm, sakat kalma ve ağır yaralanma ile sonuçlanmaktadır. Genel olarak bu çalışanların eğitim, güvenlik ve teknik donanım bakımından kabul edilemez eksiklikleri bulunmaktadır. Yapılan risk değerlendirme çalışmasında ağaç tırmanıcılar için belirlenen tehlikeler 3 ana grupta toplanmıştır:

A-Çevresel tehlikeler (kuvvetli rüzgâr, güneş ışınları, hava sıcaklığı, sağanak yağmur, yıldırım, elektrik hatları)

B-Ağaç tehlikeleri (kar/buz kaplı dallar, soğuktan gevrekleşen dallar, gevrek dallı ağaç türleri, eğimli dallar, zarar görmüş dallar, kırılmış ya da ölü dallar, yosun/likan kaplı gövdeler, ince dallar ve gövdeler, çürük gövde ya da dallar, anormal gövde şekli, çatal gövdeler, kanserli gövdeler, tepesi kuru ağaçlar, kök problemlili ağaçlar, gevşek kabuklar, dikili kurular, asılı kalmış ağaç ve dallar, ağaçtaki çeşitli canlılar).

C-Araç-gereç ve ekipman tehlikeleri (yanlış halat kullanımı, uygun olmayan karabina kullanımı, havada motorlu testere kullanımı-zincir, gürültü, titreşim-, bakımsız testereler, ıslak halatlar, kırık parçalar, metal yorgunluğu, tırmanma demirlerinde gevşek veya eksik vidalar, askıların ve bacak korumalarının yanlış/hatalı montajı, gevşek ya da

hasarlı kayışlar, gevşek- dönük veya yanlış bilenmiş mahmuzlar, uygun olmayan mahmuz boyu, körelmiş veya deforme olmuş mahmuzlar).

Yapılan çalışma sırasında yukarıda belirlenen tehlikeler tırmanıcı orman işçilerinin aşağıdaki risklerle karşılaşmasına neden olmaktadır:

- Yüksekten düşme
- Kesikler
- İşitme kaybı
- Beyaz parmak hastalığı
- Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları
- Göz ve yüz yaralanmaları
- Elektrik akımına kapılma

Kastamonu – Tosya bölgesinde araştırma konusu orman çalışanlarının eğitim, donanım, organizasyon bakımından çalıştıkları koşullar açısından risk skorları yüksek ve orta düzeyde olmuştur (Tablo1). Bu skorları kabul edilebilir düzeylere getirebilmek için kontrol önlemleri belirlenmiştir. Bunlardan önemli birçoğu da kaynaklar ölçüsünde hayata geçirilmiştir. Ağaç gövdesi boyunca yüksekte çalışan orman işçilerinin güvenliğini geliştirmek için belirlenen önlemler, riskleri kabul edilebilir seviyeye indirmiştir. Önlemler sonrasında orman işletme yetkilileri tarafından da izlenen çalışanlardan yaklaşık üç yıl süreyle herhangi bir kaza bildirimini alınmamıştır.

“Tırmanıcı-budayıcı” orman çalışanları için Tablo 1’de verilen kontrol önlemleri, genel olarak organizasyon, ekipman ve uygulama olmak üzere 3 ana başlıkta toplanmış ve detaylı olarak aşağıda sıralanmıştır:

Organizasyona yönelik kontrol önlemleri:

1-İşe risk değerlendirmesi ile başlanmalıdır. Kullanılacak donanım ve çalışan sayısına karar verilmeli, acil durum müdahale yöntemleri oluşturulmalıdır.

2- İş detaylı olarak planlamalı ve tüm çalışanlar zorluklarını ve risklerin farkında olmalıdır.

3- Ağaca tırmanma ekibi en az iki kişiden oluşmalıdır. Ekipteki kişilerden birisi yer destek elemanı olarak mutlaka zeminde olmalı, tırmanma ve kurtarma teknikleri konusunda eğitilmiş ve deneyimli olmalıdır.

4-Gün boyu yer destek elemanı ile tırmanıcı arasında etkili bir iletişim sağlanmalıdır. Özel çalışma durumlarında örneğin gürültülü ya da dağınık çalışma koşullarında özel önlemler alınabilir, örneğin etkin iletişim için telsiz donanımlı baret vb. sağlanmalıdır.

5-Çalışma alanında uygun noktalara yetkisiz erişimi engellemeye yönelik olarak, tehlikeli alan, uyarı ve yasak işaretleri dikilmelidir. Kamu erişiminin olduğu yerlerde ise yapılan risk değerlendirmesi ile gerekli ek kontroller, örneğin güvenlik şeritleri, bariyerler veya gözcü personel vb. sağlanmalıdır.

Tablo 1. Tırmanıcı Budayıcı Orman Çalışanları İçin Yüksek Ve Orta Düzeyde Riskler Ve Kontrol Önlemleri

İşle ilgili TEHLİKELER	RİSK SEVİYESİ Önlemler öncesi	KONTROL ÖNLEMLERİ Alınması gerekli önlemler
Yanlış ekipman kullanımı	Yüksek	Ağaç tırmanma mahmuzları onaylanmış tedarikçilerden temin edilmeli Tırmanma ekipmanları standartlara uygun olmalı ve kullanım öncesi incelenmeli Ekipmanlar üretici talimatlarına uygun ve amacına yönelik kullanılmalı Ekipmanların bakımı yapılmalı, kullanım ömrü izlenmeli ve durumuna göre gerekirse hizmet dışı bırakılmalı Tırmanma halatları, karabina veya kancalar minimum 22 kN kopma gerilimine sahip olmalı
Düşen objeler	Yüksek	Tırmanma öncesi ağaç değerlendirilmeli (rüzgâr etkileri, çürük dallar, asılı kalmış gövdeler, eğiklik, dal yapısı vb.) Kesim ve budama öncesi düşme bölgesi hesaplanmalı Çalışma alanı sınırlarına güvenlik şeridi çekilmeli, uyarı işaretleri yerleştirilmeli, alternatif rotalar önerilmeli Budama sırasında ağaç gövdesi merkez olmak kaydıyla tepe çatısı izdüşümünün 1,5 katı mesafesinde kimsenin olmaması Devirmede 2 ağaç boyu kuralı uygulanmalı Tırmanıcı ile yer destek personeli işi birlikte planlamalı ve rollerini bilmeli Çalışırken, tırmanırken veya inerken budayıcının altında kimse olmamalı Dalları kesmeden ve / veya düşürmeden önce budayıcı ile yer ekibi arasında güvenlik iletişimi (sesli veya el işaretleri) sağlanmalı Tırmanıcı çalışılacak dalın üzerinde veya yukarısında konumlanmalı Budanacak dalda basınç ve çekme bölgeleri dikkate alınmalı Tırmanıcının ceplerinde gereksiz nesnelere olmamalı İş bitiminde askıda ya da kısmen kesilmiş dal bırakılmamalı Tırmanıcı ve destek personel baret kullanmalı
Motorlu testere zinciri ile temas	Yüksek	İş öncesi testere kontrol edilmeli, mekanik problemleri varsa giderilmeli Doğru kesim teknikleri uygulanmalı Çalışan güvenli kullanım konusunda eğitilmiş ve yetkin olmalı Testerenin düzenli (günlük, aylık) bakımı yapılmalı Testere korumalı KKD kullanımı
Tırmanma takımını kullanırken denge kaybı / kayma	Yüksek	Yapılan işe özgü yüksekte çalışma eğitimi Ekipmanlar üretici talimatlarına göre kullanılmalı Kullanmadan önce ayakçak, halat ve bağlantılar gözden geçirilmeli Hasarlı ve aşınmış takımlar hizmet dışı bırakılmalı İyi saplama için mahmuzlar üretici tavsiyelerine göre bilinmeli Tırmanma ve dal geçişlerinde uygun teknikleri uygulama Testere kullanılan operasyonlarda çelik çekirdekli halatlar kullanılmalı

		Ayakçak ve emniyet kemeri standartlara uygun ve onaylı olmalı Kendinden kilitle karabinalar kullanılmalı, uygun yüklenmeli ve nesnelere temas ederek açılması önlenmeli
Ağaçta dallar ve gövde üzerinde denge kaybı / kayma (budama, yer değiştirme, manevra sırasında)	Yüksek	Ağaç üzerinde emniyet bağlantısı oluşturulmadan motorlu testere çalıştırılmamalı ve kesim yapılmamalı Tek el kontrollü testere kullanılmalı Halatlar, testere kesim izdüşümünden ve kesilen dalların düşüş hattından uzak tutulmalı Testere omuz hizasının üzerinde kullanılmamalı Üzerine basmadan veya tutunmadan önce zayıf, kuru ve ince dalların yük taşıma kapasitesi değerlendirilmeli ve gerektiğinde ek bağlantı kurulmalı Sarkaç etkisine neden olabilecek bağlantı noktalarından kaçınılmalı Takılma riski düşük KKD kullanılmamalı
Tehlikeli ağaçlar	Yüksek	Ağaç bütün yönleriyle tırmanmadan önce görsel olarak incelenmeli
Fırlayan parçalar	Yüksek	Ağaç tepe kısmından aşağıya doğru budanmalı Baret, gözlük veya yüz koruyucu/vizör kullanılmalı
Gürültü ve titreşim	Yüksek	Belirlenen sınırlar içinde maruziyet süresi veya gerekirse rotasyon uygulanmalı Yeterli denetim Sağlık sorunları / belirtiler bildirilmeli Testerenin düzenli (günlük, aylık) bakımı yapılmalı İşitme koruyucu, titreşim emici eldiven vb. KKD kullanılmalı
Testere kullanımı sırasında yangın	Orta	Testerenin kullanım öncesi kontrolü (egzoz, depo kapakları, sızıntı vb.) Testerenin dış yüzeyi talaş, toz ve yağdan temizlenmeli Şamandıra ağızlı onaylı yakıt kapları kullanılmalı
Olumsuz hava koşulları	Orta	Kuvvetli rüzgâr (40 km üstü) veya diğer tehlikeli hava koşullarında (yıldırım, sağanak yağmur vb.) çalışma durdurulmalı Olumsuz hava koşulları sonrasında ağaç hasarları açısından kontrol edilmeli Değişken koşullar için uygun giysi kullanımı Hafif, esnek, ısı birikimi yapmayan ergonomik KKD kullanımı
Enerji veya telekom hatları ile temas	Orta	Çalışmaya başlamadan önce hatların konumu belirlenmeli Yetkili kurumlarla iletişim kurulmalı Enerji hatlarına yakın çalışmada asgari çalışma mesafeleri bilinmeli (şüpheli her durum için minimum 15 m.) Elektrik hattına temas eden ağaçlarda enerji kesilmeden çalışılmamalı Çalışma sırasında ağaç/dal elektrik hattına temas edecek olursa iş durdurulmalı ve derhal ilgili kurumla iletişime geçilmeli Hat/ kablolarla temastan kaçınılmalı
Elle taşıma	Orta	Güvenli kaldırma- taşıma eğitimi Hafif testere kullanılmalı Testere taşınırken ağırlık vücuda eşit dağıtılmalı Testere vücuda yakın tutularak kullanılmalı
Kayma, takılma	Orta	Hava koşulları değerlendirilmeli Ağacın altındaki alan temizlik, düzen ve erişim açısından yönetilmeli Aletler / ekipman ve atıklar için depolama alanı belirlenmeli

6- Enerji nakil hatlarına yakın çalışmalarda kabul gören asgari mesafelere uyulmalıdır. Bu tip alanlarda çalışma, enerji şirketinin rehberlik ve kontrolü altında sürdürülmelidir.

7- Alanda endişe verici noktalar ve belirsizlik arttığında ya da güvenlik sorunu ortaya çıktığında iş durdurulmalıdır.

8- Fiziksel ve zihinsel yorgunluk, sıcak hava ya da fizyolojik stres vb. nedenlerle yanlış karar verme riskini en aza indirmek için düzenli molalar verilmelidir.

9- Kuvvetli rüzgâr, şiddetli yağmur, yoğun tipi ve kar yağışı gibi zorlu iklim şartlarında, buzlanma görülen ağaçlarda veya görüş mesafesinin azaldığı zamanlarda ağaca çıkılmamalı veya çalışma yapılıyorsa iş hemen durdurulmalıdır.

10- Tırmanıcı-budayıcı çalışanlar fiziksel olarak işe uygun olmalıdır. Dâhiliye, nöroloji, ortopedi, kulak-burun- boğaz, psikiyatri ve göz doktoru konsültasyonları sonucu sağlık raporu olmalıdır. Performansı etkileyecek fiziksel sorunlar atlanmamalıdır. Hipertansiyon, kalp problemleri, damar sertliği, epilepsi, şeker, vertigo ve yükseklik korkusu (akrofofi) gibi belirtileri olan kişiler, ormanda yüksekte yapılan işlerde çalışamazlar.

11- Ağaca tırmanma fiziksel olarak zor bir iştir. Tırmanıcılar çalışmaya başlamadan önce ısınma ve esneme hareketleri yapmalıdır. Mümkün olduğunca iş iki veya daha fazla tırmanıcı arasında paylaştırılmalıdır.

12- Ağaca tırmanma ekibinde görev alanlar işe özgü eğitim almalıdır. Bu eğitimler asgari yüksekte çalışma eğitimi düzeyinde olmalıdır.

13- Tırmanıcılar; güvenli tırmanma teknikleri (Şekil 2), bağlantı oluşturma, budama, ağaç tepesini kesme ya da ürün toplama gibi ağaca tırmanarak gerçekleştirilen işler konusunda bilgili ve eğitimli olmalıdır.

14- Tırmanıcılar temel ilk yardım eğitimi almış olmalı ve ormanda kişisel ilk yardım çantaları taşımalıdır.

15- Bütün tırmanıcılar emniyet kemeri, tırmanma halatları ve kayışları, çelik karabinalara sahip olmalıdır. Bu ekipmanlar imalatçının talimatlarına göre kullanılmalı ve bakımı yapılmalıdır.

16- Tırmanıcılar çalıştıkları ağaç türlerinin özellikleri ve odun kusurları konusunda bilgi sahibi olmalı, canlı ve ölü odun arasındaki farkı ve tepkileri değerlendirebilmelidir.

Ekipmanlara (tırmanma donanımı, karabina, motorlu testere vb.) yönelik kontrol önlemleri:

1- Tırmanıcılar, kabul gören standartlarda ve CE işaretli yeterli kopma dayanımına sahip; çift "D" tokalı bir emniyet kemeri ve her ağaç türünde kullanılacak kadar uzun ve sivri mahmuzlu ayakkabıyla donatılmalıdır.



Şekil 2. Ormanda Dikili Gövdeye Güvenli Tırmanma Teknikleri Ve Budama

2- Tırmanma halatları gerekli güvenlik standartlarına sahip olmalıdır. Özellikle tırmanma için uygun halatların çapı minimum 10 mm olmalı, fakat 14 mm den daha kalın olmamalıdır. Halat seçerken kullanılan mekanik araçlar ve sürtünme engelleriyle uyumluluğu dikkatle değerlendirilmelidir. Ağaç üzerinde motorlu testere kullanan tırmanıcılar, metal lif içerikli malzemeden imal edilmiş emniyet kemeri ve çelik tel destekli halatlar kullanılmalıdır. Tırmanma halatlarının takılması ve sökülmesi kolay olmalıdır.

3- Tırmanıcılar tüm donanımlarını günlük kontrolden geçirmelidir.

4- Karabinalar inşaat, ormancılık ve denizcilik gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Ağaç üzerinde yüksekte çalışmalarda kullanılan karabinalar kendinden kilitli ve en az üç farklı hareketle açılabilir

özelliğinde bir kapağına sahip olmalıdır. Karabina üzerine binen yük düz kenar üzerinde olmalı ağız kısmında olmamalıdır. Karabinalar doğru hizada tutulmalı ve kapı mekanizması ile muhtemel temaslar önlenmelidir.

5- Karabinaların kullanım öncesi ve sonrası bakımları yapılmalıdır. Özellikle ormancılık uygulamalarında kapı mekanizması kir birikmesine duyarlı olduğundan kolayca işlevini kaybedebilir.

6-Acil durumlarda tırmanıcıya destek vermek ya da kurtarmak için her zaman yedek tırmanma ekipmanı olmalıdır.

7-Ağaçta yapılan işin türüne göre düşen kişiyi yakalamaya yönelik bir sistem veya çalışma duruşunu ayarlamaya yönelik bir teçhizat gerekebilir.

8-Tırmanıcı halatı, belirli bir dikey düşüşü engellemeye yetecek ölçüde gergin tutamıyorsa, düşme önleyici sistem kullanılmalıdır.

9-Ağaçlarda tepe kesimi ya da dal budama sırasında hafif ve güçlü testere kullanılmalıdır. Bu işler için geliştirilmiş tek el kullanım özellikli testere güvenlik ve verim açısından en iyisidir (Şekil 3). Doğru motorlu testere seçimi yanında, testerenin günlük bakımı (zincir, levha, hava filtresi, yağ-yakıt karışımı vb.) düzenli yapılmalıdır.



Şekil 3. Ormanda Dikili Gövde Üzerinde Tek El Kullanımlı Motorlu Testere İle Budama Çalışmaları

10-Tırmanıcı ve yer destek elemanı; baş koruyucu barete, kavrama gücü yüksek ve burun kısmı korumalı ayakkabıya, vücuda oturan, esnek, hafif ve reflektörlü kıyafetlere sahip olmalıdır. Motorlu testere kullanan kişide; baret (TS EN 397+A1, TS EN 12492), yüz/göz koruyucu (TS EN 1731, TS 5560 EN 166), işitme koruyucu (TS EN 352-1), eldiven, kesilme dirençli ayakkabı (TS EN ISO 17249 ve TS EN ISO 20345), testere korumalı pantolon ya da bacak koruyucu (TS EN ISO 11393-1) zorunlu tutulmalıdır. Özellikle AFAG (2009), ağaç üzerinde yüksekte çalışanlar için bacağın tümünü çevreleyen testere korumalı bacak koruyucuları (C tipi) önermektedir. Fakat yüksek sıcaklık stresinin söz konusu olduğu yerlerde yapılan risk değerlendirmesine bağlı olarak uygulanabilir olmadığında, yalnızca ön kısmı testere korumalı bacak koruyucular da (A tipi) kullanılabilir. 11- Tırmanıcılar katlanabilir ya da koruyucu bir kılıf içinde sabit bir bıçak ve acil durumlar için düdük bulundurmalarıdır.

Uygulamaya yönelik kontrol önlemleri:

1-Tüm ekipmanların işe uygunluğu her gün ve her tırmanma öncesinde aşınma, zarar ve kusurlar açısından mutlaka kontrol edilmelidir.

2-Tırmanma öncesi ağaç kontrol edilmeli ve ağacın etrafında yürünerek potansiyel tehlikeler değerlendirilmelidir. Ağaç türlerinin farklı özelliklerinin çalışmayı nasıl etkileyeceği, çürüme ve hasarlar nedeniyle oluşan zayıf noktalar, ağacın yapısı ve durumu tırmanma açısından değerlendirilmelidir.

3-Tırmanma mahmuzları kabukta güvenli bir kavrama gücü sağlamak için her zaman bakımlı ve keskin olmalıdır.

4-Tırmanma donanımına, çalışma, depolama ve taşıma sırasında zarar verme riski taşıyan faktörlerle (kesici aletler, kimyasal maddeler vb.) teması engellenmelidir.

5-Kusurlu ekipmanlar kullanımdan çekilmelidir.

6-Ağaç üzerinde çalışırken, tırmanıcıların sürekli olarak bir güvenlik halatı veya kemeri ile emniyete alınması gerekir.

7-Yer destek elemanı;

a. Tırmanıcılara verilmeden önce bütün malzemelerin kullanılabilir durumda olmasını sağlamalıdır;

b. Tırmanıcılarla göz teması kurmalı, büyük bir dikkatle onları izlemeli, gereksinimlerini önceden kestirmelidir;

c. Yerdeki tırmanma donanımını düğüm ve dolaşma olmadan, odun, kabuk ve dal parçalarını kirlenmemiş şekilde güvenli bir mesafede tutmalıdır;

d. Çevredekileri ve trafiği çalışma alanının dışında tutmak için gerekli önlemleri almalıdır. 8-Ekipteki tüm kişiler arasında güvenlik iletişimi (göz teması, el işaretleri, sözlü mesaj vb.) kurulmadan ağaç dallarının kesilmesine başlanmamalıdır.

9-Tırmanıcılar, ayakçakla (mahmuzla) tırmanmada bir halat ya da kemerle ağaca bağlantılı olmalıdır.

10- Tırmanıcılar;

a. Tırmanma sırasında dal geçerken her zaman ağaca bağlı kalmalıdır. Ağaçta hareket ederken olabildiğince gergin tutulması gereken tırmanma halatı ile ağaca güvenli bir biçimde bağlanmalıdır.

b. Motorlu testere kullanırken, kesiğin konumu ile bağlantılı olarak, buldukları yeri ve donanımlarını kontrol etmeleri gerekir.

c. Düşme veya denge kaybı yaşanabilecek yerlerde, ek bir bağlantı noktası oluşturmalıdır.

11-Malzeme transferi gerektiğinde, ayrı bir halatla tırmanıcıya aktarılması gerekir. Bu esnada ekipmanlar halata zarar vermeyecek şekilde bağlanmalıdır.

12-Motorlu testere;

a. Yukarı çıkmadan önce çalıştırılarak kontrol edilmiş ve ısıtılmış olmalıdır. Çalışır durumda tırmanılmamalıdır.

b. Ağaçta çalışırken, düşmesini önlemek için her zaman tırmanıcının kemerine ya da sırtına halkalı bir kordonla bağlanmalıdır.

c. Her kesim işleminden sonra kapatılmalı veya zincir kitlenmelidir.

13. Tırmanıcı vücudunu ve tırmanma donanımını, testerenin kesim izdüşümü veya geri tepme bölgesi dışında tutmalıdır.

14-Ekipteki herkes yukarıdan düşebilecek nesnelere karşı çok dikkatli olmalıdır. Canlı ya da cansız varlıklara zarar gelme riski minimize edilmelidir. Tırmanıcı ağaçta çalışırken, diğer kişiler ağaçtan düşen maddelerden zarar görmeyecekleri bir mesafede olmalıdır.

15-Tırmanıcılar herhangi bir nesnenin düşme tehlikesi olduğunda ya da bilerek düşüreceği zaman çevredekileri uymalıdır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, ağaca tırmanarak budama yapan orman çalışanlarının iş koşullarını iyileştirmek ve güvenli uygulamalar konusunda farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. Ülkemizde bu işin çok tehlikeli ve kazancının da alınan risklerle karşılaştırıldığında çok düşük kalması nedeniyle ormanlık bölgelerde sayıları gittikçe azalan "tırmanıcı-budayıcı" çalışanların korunması, bilgi ve deneyimlerini gelecek nesillere aktarmaları çok değerli hale gelmiştir. Bu çalışma sırasında Kastamonu bölgesinde elde edilen bilgiler ve geliştirilen önlemler, orman işletme şefleri aracılığı ile Balıkesir, Kütahya ve Bursa bölgelerinde çalışan orman işçilerine aktarılmaya çalışılmıştır. Fakat

gerekli kişisel koruyucu donanımların temini ve kullanılması, testere seçimi, tırmanma takımları ve güvenli uygulamalar konusunda hala önemli eksiklerin bulunduğu görülmektedir.

Ağaç üzerinde bir başka ifadeyle ormanda yüksekte çalışma sırasında güvenlik performansının geliştirilmesi için 3 unsur mutlaka hayata geçirilmelidir:

- Yüksekte yapılan tüm işler uygun şekilde planlanmalı, organize edilmeli ve denetlenmelidir.
- Kullanılan tüm ekipmanlar görev için uygun olmalı ve her kullanımdan önce kontrolleri yapılmalıdır.
- Ağaç tırmanma operasyonlarında görevli herkes bu konuda uygun eğitim ve deneyime sahip olmalıdır. Yüksekte budama söz konusu olduğunda iş gereği güvenli motorlu testere kullanımı da mutlaka tırmanma operasyonuyla birlikte ele alınmalıdır.

Çalışma kapsamında ağaçta budama gerçekleştiren tırmanıcılar ve yer destek elemanları ile İstanbul ve Kastamonu-Tosya'da çalışma alanlarında güvenli çalışma uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Yüksek standartta tırmanma aparatları (halat, D tokalı emniyet kemeri, karabinalar) ile çalışanların güvenlik riskleri azaltılarak daha verimli çalışmaları sağlanmıştır. Orman işçileri kendi testelerine göre %30 daha hafif ve budama için özel olarak geliştirilmiş, tek elle kullanılabilme özelliğine sahip testeler (top handle) ile ağaçlara tırmanmış ve budama yapmışlardır. Söz konusu testerenin levhası, normal testere levhalarına göre %20 daha hafif ve %25 daha dirençli bir özelliğe sahiptir. Toplam ağırlığı 3 kg olan bu testeler tek elin boşta kalması ve ağaç üzerinde dengenin daha kolay sağlanması nedeniyle, çalışma güvenliğini artırmış ve iş yükünü azaltmıştır. Taşıdıkları testere ağırlığının yaklaşık %50 azalması nedeniyle tırmanıcı budayıcı işçiler ağaçta daha hızlı hareket etmişler ve seri kesimler yapmışlardır. Özellikle ağaç tepesinde yalnızca budama değil, özel durumlarda ağaç gövdesini küçük parçalar halinde keserek devirme işlemlerinde hem devirme oyuğunu hem de devirme kesişini (arka kesiş) tek taraftan kolayca yapabilmek için kısa levhalı bir motorlu testere kullanılması gerekliliği de böylelikle yerine getirilmiştir. Ayrıca kesim işinden kaynaklanan tehlikeleri bertaraf etmek için temin edilen kişisel koruyucu donanımlara tırmanma-budama uygulamalarında çalışanlar olumlu reaksiyon vermişler ve koruma ayakkabısı istisna olmak üzere kolay alışmışlardır. Ayakkabı olarak çalışma verimi açısından yerel ayakkabılarını giymeye devam etmişlerdir. Güvenlik talimatları ve uygulamaları ek süreler getirmesine rağmen, günlük çalışma süresinde budama yapılan ağaç sayısı çalışan başına yaklaşık %20 artmıştır. Bir başka ifadeyle

tırmanıcı- budayıcı çalışanlar tarafından çalışma gününde 3 ya da 4 adet daha fazla ağaç budanmıştır. Bu durum birim metre-küp veya ağaç başına ücret alan çalışanların gelirinin artması, birim maliyetlerin azalması ve çalışanların daha az yorulması anlamına gelmektedir. Ekipmanlara yapılan maliyetler ülkemiz koşullarında yaklaşık 80 işgünü içerisinde geri alınmaktadır. Kullanılan tüm donanımların ortalama kullanım ömürleri düşünüldüğünde, yıllık ortalama maliyetleri dikkate alınarak yapılacak yatırım çok avantajlı görünmektedir. Öte yandan çalışanlar için en paha biçilemez unsur, ağaçtan düşme ya da testere kaynaklı risklerin kabul edilebilir risk seviyesine düşürmek suretiyle güvenlik performansının yükseltilmesidir.

Orman işçilerinde budama ile ilgili günlük verim artışının tek bir faktöre bağlanması doğru değildir. İyileştirilmiş tırmanma aparatları, güvenli uygulamalar, doğru testere seçimi ve iyileştirilmiş bakımın bir kombinasyonu olduğunu söylemek daha doğru olacaktır.

Tırmanıcı budayıcı orman işçilerinin sosyo-ekonomik olarak desteklenmesi çok önemlidir. Son yıllarda, orman işletmelerinden daha az iş aldıklarını belirten bu kişilere düzenli iş verilmesi ve yaptıkları işin riskine karşılık hak ettikleri saygıyı görmeleri, onların yaşam mücadelesine destek olacak ve bazı yatırımları (donanım, KKD) yapmalarına da olanak tanıyacaktır. Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı Orman ve Köy İlişkileri Dairesi Başkanlığınca, orman köylüsünün refahını artırmak ve kalkınmasını desteklemek amacıyla verilen ORKÖY kredi veya hibelerinde, bu kişilerin doğru koşum takımı, testere ve KKD temin etmeleri ya da yenilemelerine olanak sağlayacak düzenlemeler yapılmalıdır. Ormanda çalışırken en yüksek standart, kalite ve ergonomik tasarımda donanımları kullanmak zorunda olmaları, tırmanıcı ve budayıcı işçilerin, diğer orman üretim çalışanlarından daha yüksek birim fiyatı almaları konusunda bir pozitif ayrımcılığı da zorunlu kılmaktadır. Ormanlığı gelişmiş diğer ülkelerde meslektaşları orman işleri içinde en yüksek ücreti alan kişilerdir. Bunun nedeni de yaptıkları işin yüksek risk, fiziksel güç ve deneyim gerektirmesidir.

Ormanda ağaçtan düşmek ağır yaralanma ya da ölüm nedenidir. Bu çalışmada yer alan, yüksekte çalışan "tırmanıcı- budayıcı" orman çalışanları için geliştirilen ana prensipler ormanda yüksekte tohum ya da odun dışı ürün toplayanlara da yaygınlaştırılabilir. Bu konuda başarıya ulaşmak için, orman işletmelerinin üretim sözleşmelerinde iş sağlığı ve güvenliğine yönelik ekipmanları ve uygulamaları şart koşmaları ve bunların takibini gerçekleştirmeleri anahtar faktör olacaktır. İşveren işletmeler, yüklenicilerin güvenli çalışma koşulları, tırmanma- budama yöntemleri, tırmanma donanımları ve bakım konularında gerekli niteliklere, eğitim ve beceriye sahip olmalarını

sağlamalı ve rehberlik etmelidir. Bu konularda harcanacak emek, ormancılıkta verimlilik, güvenlik kültürü ve istihdamın gelişmesi gibi noktalarda önemli iyileştirmeler sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmaya kişisel koruyucu donanım ve ekipman yardımında bulunan, çalışmalara teknik ve lojistik destek sağlayan Husqvarna firmasının Türkiye Distribütörü Çullas A.Ş. Genel Müdürü Mertcan Çullas'a ve tüm personeline teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Acar, H. H. ve Üçüncü, K. (2020). *İş Sağlığı ve Güvenliği*. Nobel Tıp Kitapevleri Tic. Ltd. Şti., ISBN 978-605-335-518-2, İstanbul.

AÇSHB. (2019). Tarım Ormanlık ve Balıkçılık Sektörü İş Kazaları, Erişim adresi: http://www.guvenlitarim.gov.tr/files/Tarim_is_Kazalar%C4%B1.pdf Erişim tarihi: 20 Aralık 2020

AF. (2021). Erişim adresi:

<https://www.americanforests.org/blog/up-close-and-personal-tree-climbing/> Erişim tarihi: 24 Ocak 2021).

AFAG. (2009). *Tree Climbing Operations*. Arboriculture and Forestry Advisory Group 401 (rev1), printed and published by the Health and Safety Executive.

Arboriculture Australia. (2018). Minimum Industry Standards. Erişim adresi:

<http://arboriculture.org.au/Uploads/Editor/Doc/pdf/MIS-brochure.pdf> Erişim tarihi: 18 Ocak 2018.

ANSI Z133 Safety Standard(2017). Erişim adresi:

<https://www.isa-arbor.com/store/product/122/> Erişim tarihi: 17 Ocak 2020.

Ayan, S. (2007). Orman Ağaçlarında Tohum Toplama Teknikleri. *Kastamonu Orman İşçiliği Pilot Projesi Eğitim Notları*, Kastamonu Köy Kalkınma ve Diğer Tarımsal Amaçlı Kooperatifler Birliği Yayın No 4, ISBN 983-975-01687-0-3, Kastamonu.

Ball, J. and Vosberg, S. (2003). Tree Care Industry: How accidents happen and why: Arboricultural safety in the United States. *Tree Care Industry*, 14(8):50-54.

- Ball, J. and Vosberg. S. (2010). A Survey of United States Tree Care Companies: Part I -Safety Training and Fatal Accidents. *Journal of Arboriculture*, 36(5):224-229.
- Blair, D. F. (1989). Safety for the professional and the non-professional. *Journal of Arboriculture*, 15(9):209-214.
- ÇSGB. (2013). Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18928&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> Erişim tarihi: 11 Kasım 2020.
- Dozier, H. and Machtmes, K. (2005). Arborist in Louisiana, U.S.: A baseline assessment of safety and professionalism. *Journal of Arboriculture*, 31(5):228-234.
- Eckert, K. K. (2012). General Arboriculture Safety Standards and Practices. Arbor Global, Arboriculture & Vegetation Management Consulting, USA.
- Engür, M. O. (2014). *Odun Üretiminde Çalışanların Eğitimi - Ağaç Kesme ve Boylama Operatörü*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını ISBN No: 978-605-4610-53-2, s.306- 322, Ankara.
- Engür, M. O. ve İmer, B. (2016). *Orman İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği* (çevri kitap). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Yayın No. 49, ISBN 978-975-455-256-0, Ankara.
- HSE. (2012). Tree-climbing Operations Leaflet AFAG401(rev2), Health and Safety Executive Books 2012 www.hse.gov.uk/pubns/afag401.htm
- HSE. (2013). Aerial Tree Rescue Leaflet AFAG402(rev1), Health and Safety Executive Books 2013 www.hse.gov.uk/pubns/afag402.htm
- HSE. (2015). Health & Safety Executive. Erişim adresi: <http://www.hse.gov.uk/pubns/afag308.pdf> Erişim tarihi: 17 Mayıs 2015.
- HSE. (2020). Health & Safety Executive. Erişim adresi: <https://www.hse.gov.uk/treework/safety-topics/height.htm> Erişim tarihi: 23 Aralık 2020.
- HSE. (2021). Health & Safety Executive. Erişim adresi: <https://www.hse.gov.uk/treework/areyou/tree-surgeon.htm> Erişim tarihi: 29 Ocak 2021.
- ILO. (1998). *Safety and Health in Forestry Work*. International Labour Organization, Geneva.
- International Society of Arboriculture. (2011). Why Hire an Arborist? Champaign, IL 61826-3129, USA.
- Jepson, J. (2000). *The Tree Climber's Companion: A Reference and Training Manual For Professional Tree Climbers*, MN: Beaver Tree Publishing. 2nd Edition, ISBN-13: 978-0615112909, 104 p.
- Julius, A. K., Kane, B., Bulzacchelli, M. T. and Ryan, H D. (2014). Compliance with the ANSI Z133.1 - 2006 safety standard among arborists in New England. *Journal of Safety Research*, 51:65-72.
- KAYA, (2005). *İş sağlığı ve Güvenliğinde Yüksekte Çalışma Temel Yeterlilik ve Teknikleri*, Kaya Grubu Yayınları, ISBN 975-00363, İstanbul.
- KAYA, (2013). *Yüksekte Çalışma İş Güvenliği İçin Yeni Bir Proaktif Eğitim Programı (No Fall Project)*, Kaya Grubu, Zafer Ofset 0-264-2747292, İstanbul.
- Lilly, S. (2005). *Tree Climber's Guide*. International Society of Arboriculture. Hagerstown, IN: Exponent Publishers, 3rd Edition, 143 p.
- Longo, D., Caruso, L., Conti, A., Camillieri, D. and Schillaci, G. (2013). A Survey Of Safety Issues in Tree-Climbing Applications For Forestry Management. *Journal of Agricultural Engineering*, Volume XLIV(s2): e141, Italy.
- MIOSHA. (2015). Erişim adresi: http://www.michigan.gov/documents/dleg/ws_h_tree_trimmer_246872_7.ppt Erişim tarihi: 10 Haziran 2015.
- MYK. (2017). Odun Dışı Ürün Toplayıcısı (Yerden). Mesleki Yeterlilik Kurumu 17UY0284-3, Yayın Tarihi:18.01.2017, Ankara.
- MYK. (2015). Orman Üretim İşçisi. Mesleki Yeterlilik Kurumu 15UY0236-3, Yayın Tarihi:27.10.2015, Ankara.
- MYK. (2012). Ağaç Kesme ve Boylama Operatörü. Mesleki Yeterlilik Kurumu Standardı Onay Tarihi 18.01.2012, sayı 2012/08, Resmi Gazete Yayın/Sayı:21.03.2012, 28240, Ankara.
- Peşan, S. (2011). *Yapı İşlerinde Yüksekten Düşmeyi Önleme Sistemleri*. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Proto, A. R., Mazzocchi, F., Cossio, F., Bortolini, L., Pascuzzi, S., Caruso, L., Diano, M. and Zimbalatti, G. (2016). A Survey on Occupational Injuries in Works on Trees in Italy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 223:435-441.
- Robb, W. and Cocking, J. (2014). Review of European chainsaw fatalities, accidents and trends. *Arboricultural Journal*, 36(2):103-126.

Sosyal Güvenlik Kurumu İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri. (2018); Erişim adresi:

http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari Erişim tarihi: 24 Kasım 2020.

Tree climbing coalition. (2021). Erişim adresi:

<http://www.treeclimbercoalition.org/the-history-of-tree-climbing/> Erişim tarihi: 24 Ocak 2021.

USDA. (2005). *National Tree Climbing Guide, Technology & Development Program*, 6700 Safety & Health 0567-2819-MTDC.

USDA. (2015). *National Tree Climbing Guide, Electronic Edition*, United States Department of Agriculture.

Wiatrowski, W. J. (2005). *Fatalities in The Ornamental Shrub and Tree Services Industry*. Washington, DC: US Department of Labor, Bureau of Labor Statistics.

WorkSafe New Zealand. (2012). *Approved Code of Practice for Safety and Health in Arboriculture*. ISBN: 978-0-478-40134-9(print), ISBN:978-0-478-40133-2 (online), 46 p., Wellington.

World Health Organization- WHO (2021). Erişim Adresi: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> Erişim tarihi: 24 Ocak 2021.

EXPLORATION OF URBAN INTERACTIVE KIOSKS CENTERED ON INTERFACE ERGONOMY AND USER EXPERIENCE

Mehmet Sinan YUM^{1*}

¹ İstanbul Commerce University, Faculty of Architecture and Design, Department of Industrial Design
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-0869-2967>

Keywords

Digital Kiosks
Ergonomics
Interaction
Interface Design
User Experience

Abstract

The study encompasses the exploration of urban interactive kiosks according to the determined criteria based on physical properties, interface features and service types. The main purpose of this approach is to create an infrastructure for the evaluation of the aquarium kiosk presented as a case study project by examining products with different functions, locations and product characteristics. As a result of technological progress, interactive kiosks maintain various services with consistency for public use. In contemporary life, kiosks provide services that speed up daily operations with their informative, explanatory and regulative content. The study based on a qualitative approach covers the evaluation of the interaction types, service goals and content related information of kiosks used for public services in terms of interface ergonomics and aesthetical features forming user experience. Following the explanation of essential literature input that constitutes the study, concepts related to interface ergonomics and virtual ergonomic features of kiosk are elaborated with the inclusion of the project discussed. In the discussion section aligned with the goals of the study, the service kiosk designed with participation of the author for the İstanbul Aquarium is presented, explained and evaluated in order to create a connection and comparison among the examples provided. By achieving an essential foundation for the comparison, the study aims to determine the similarities and differences between the kiosks built for public and private use through the application of a common set of evaluative criteria.

ŞEHİRLERDEKİ ETKİLEŞİMLİ KİOSKLARIN ARAYÜZ ERGONOMİSİ İLE KULLANICI DENEYİMİ EKSENİNDE İNCELENMELERİ

Anahtar Kelimeler

Arayüz Tasarımı
Dijital Kiosk
Ergonomi
Etkileşim
Kullanıcı Deneyimi

Öz

Çalışma, kentsel etkileşimli kioskların fiziksel özellikleri, arayüz özellikleri ve hizmet türlerine göre belirlenen kriterlere göre incelenmesini kapsamaktadır. Bu yaklaşımın temel amacı, farklı işleve, konuma ve ürün özelliklerine sahip kioskların incelenmesiyle vaka çalışması projesi olarak sunulan akvaryum kioskunun değerlendirilmesi için altyapı oluşturulmasıdır. Teknolojik ilerlemenin bir sonucu olarak etkileşimli kiosklar, çeşitli hizmetleri kamu kullanımı için düzenli bir şekilde sürdürmektedir. Çağdaş yaşamda kiosklar bilgilendirici, açıklayıcı ve düzenleyici içerikleriyle günlük operasyonları hızlandıran hizmetler sunmaktadır. Nitel bir araştırma olan çalışma, kamusal hizmetlerde kullanılan kioskların etkileşim türleri, hizmet hedefleri ve içerikle ilgili özelliklerinin kullanıcı deneyimi sağlayan arayüz ergonomisi ve fiziksel ergonomi açısından değerlendirilmesini kapsamaktadır. Çalışmayı oluşturan temel literatürün açıklanmasının ardından, tartışma bölümü projesinin dahil edilmesiyle hizmet kiosklarının arayüz ve sanal ergonomi özellikleri incelenmektedir. Bu bağlamda tartışma bölümünde, İstanbul Akvaryumu için yazarın katılımıyla tasarlanan etkileşimli kiosk ile sunulan kamusal hizmet kioskları incelenerek ürünler arasında karşılaştırma yapılması ve ilişki kurulması hedeflenmektedir. Çalışma, ürünlerin karşılaştırılması amacıyla ortak değerlendirme ölçütlerine dayanan bir altyapı sunmaktadır. Araştırmada kamu ve özel kullanım için üretilen kiosklar arasındaki benzerlik ve farklılıkların belirlenmesiyle ürünlerin hizmet, içerik, ergonomi ve arayüz özellikleri konularında kazanımlar sağlanmasını hedeflemektedir. Bu amaçla kent mobilyası olarak algılanan kioskların şehir estetiğine katkısı, hizmet becerileri, içerik ve etkileşim tipleri ile ergonomik özellikleri incelenmektedir.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 31.01.2021
Kabul Tarihi : 05.03.2021

Research Article

Submission Date : 31.01.2021
Accepted Date : 05.03.2021

* Sorumlu yazar e-posta: msyum@ticaret.edu.tr

1. Introduction

The subject of the research is the exploration of public service kiosks in order to provide an evaluative infrastructure for the case study kiosk. The importance and relevance of the subject is based on the explorative goals on a product designed by the author. Design process regarding the product is centered on content creation and user experience implying to the original qualities of the product developed in a custom project. The research also explores multiple public kiosks on various qualities that render these products adapt for service. The original value and academic contribution of the study is the scope of creating a connection between a custom product developed for user experience goals compared to public kiosks developed for service performance. The main problematic regarding the field of research is the lack of design qualities of public service kiosks based on interface and physical ergonomic as well as aesthetical features. Primary indicators of the problem encompass the physical qualities, primitive interfaces and service qualities of public kiosks. In regard to the problems mentioned, the study analyzes public kiosks based on the evaluation charts presented focusing on the abovementioned qualities of products. During the research stage for the study, it has been observed that many public kiosks do not function properly, some are physically repulsive and users tend to spend too much time trying to figure out the functionality aspects of products. This observation has the capacity to lead to the conclusion that most public kiosks lack significant characteristics regarding user experience.

Primarily public kiosks mostly lack the relation between physical and virtual qualities centered on interaction design. In order to find a solution to the problem, the study proposes a product developed on user experience goals that has the potential to layout a foundation on which public service kiosk can be reconsidered during conceptual design stages. Therefore, it may be possible to theorize that coming up with a design approach that encompasses physical and virtual design of products in an integrated manner based on user experience methods may aid in enhancing the overall quality of products. In this context, the case study kiosk has a potential of proposing a user experience design model for public service kiosks as evaluating a product that has been in service for the last 7 years without serious maintenance problems may provide an insight on the matter.

The main hypothesis of the article is 'Interactive kiosks designed for user experience provide an enhanced service and experience outcomes'. Designing a product based on user experience has multiple benefits as qualities on service are not

sufficient in a time of interaction and smart devices. Most public kiosks do not provide real-time feedback regarding service performance and technical issues. The case study kiosk placed in the aquarium is being monitored 24/7. So, if the system crashes, the software places a warning mechanism for the administrators prompting for maintenance. This idea could also provide a solution regarding the service quality of public kiosk from a designer point of view. Designing a product based on user experience enhances the quality of service enabling the monitoring of feedback, technical issues, usage frequency and related matters.

Interactive kiosks are used in various public structures such as ferry ports, bus stops, concert and universities, located at central points in cities for easy access. Kiosks that provide services to all types of user identities are designed with the aim of presenting service diversity and informative content in the most effective way. These products also increase architectural perception in order to contribute to spatial experience. In some cases, the users are not able to obtain the essential efficiency from the system. This situation results as not being able to reach service goals due to failure in terms of interface ergonomics features of the system creating boredom. In such cases, general lack of functionality is explained as the instability of the system. Quick and trouble-free service for users is important for the quality of service provided by such interactive units. In times of technological implementations, people are in a process where they try to understand the meaning of products for themselves, rather than perceiving them through their physical properties (Narter, 2019). As mentioned by (Stone & Wood, 2000), functional models represent a form independent blueprint of the product as a consistent language is required to ensure the readability of the object. Therefore, it is expected that the experiences provided offer a meaningful outcome in terms of product-user relationship, product language (Stone & Wood, 2000) and readability (Narter, 2019). In accordance with the developing design forms, it is important that designers consider their tasks and goals in detail, evaluating product development processes oriented on user experience. For this purpose, concepts related to the title and keywords are explained in line with the objectives of the study.

2. Literature Review

Sosyal medya üzerinde sosyal ağ analizleri, farklı The section presents terms related to the topic based on the literature review presented. The methodological structure of the study is based on the support of the sections presented in an integrated manner. For this purpose, the functional structure of the study consists of an introduction, development, causality,

research and a results section. The structure described in the visual presented explains the process and stages of the research.

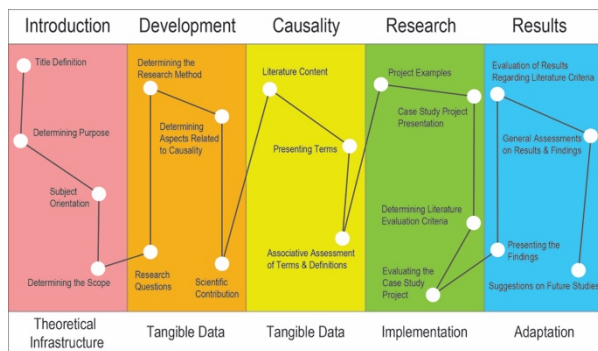


Figure 1. Methodological Structure

The introduction part covers the theoretical background of the research. Within the section, the positioning of the study is explained by determining the title, purpose, orientation and scope. In this context, the study examines and evaluates the features centered on ergonomics of interactive kiosks used in cities that offer different services in urban life. In order to provide and orientation regarding the study, the research includes the evaluation of the case study product designed by the author based on the findings obtained as a result of the presentation and evaluation process' of examples.

The development section is the first section in which theoretical data is presented aimed to determine the research questions, method, causality, original value and scientific contribution in the study. In this context, 'What are the ergonomic and service features of public space kiosks; What are the features of kiosks in centered on design and ergonomics; What are the multidisciplinary features of kiosks? are the questions of which the study aims to respond. The study is a qualitative research based on the identification of service kiosks and the examination and documentation of their service-based functions. The causality value of the research is centered on the detection and evaluation of the differences of a product designed by the author compared to public service kiosks. The original value of the study contributing to the research, is the focus on a product that is a part of a professional project and the academic approach in which both are handled in an integrated manner, aiming to achieve gains on both aspects of the profession.

The causality section of the study consists of tangible data aimed at presenting the basic concepts related to the title and keywords that make up the research. For this purpose, within the framework of the literature created for the study, important concepts

are presented and associated as well as new concepts being explained in relation to one another.

The research section includes the implementation examples described in the study. The visual and functional data collected on public service kiosk examples are presented and explained, creating an infrastructure for the product presentation made by the author. By relating and explaining the literature evaluation criteria with the concepts presented in the section, all products are evaluated according to the compiled criteria.

The conclusion section of the study covers the positioning of the adaptation results in line with the objectives of the study. In the section, findings related to the evaluation process are presented, results are evaluated, general results of the study are explained, and recommendations are made for future studies.

2.1 Ergonomics

The concept of 'ergonomics', which refers to science of labor, originates from the Greek word ergo. The term was used for the first time in 1949 by scientists working on problems related to the harmony between man and daily chores (Laville, 1976). In modern times, measures need to be taken in order to guarantee the safety of employees who are in constant interaction within the working area. It is essential to eliminate the factors that adversely affect the health of individuals working in any line of business. The necessity of organizing this need based on scientific criteria, has led to the concept of ergonomics. The task of organizing the required change falls to ergonomics and it has become obligatory that design and arrangement of workplace organization are managed according by these rules for the preservation of employee health. Since ergonomics is a cross-sectional science in general, it is possible to explain the factors that are examined, associated and evaluated as shown below.

- a) Anatomical factors refer to the measurement of individuals' body shape and proportions in terms of race, age and gender.
- b) Psychological factors express the support of positive influencing elements such as color, order, decoration and music in work environment.
- c) Physiological factors refer to minimizing individual stress levels and ensuring that the working environment is brought to the highest level of efficiency.

The concept of ergonomics has shifted from tangible to abstract as a result of the addition of features related to interface ergonomics on virtual and digital

designs. In the last 20 years, spatial or physical designs and products are developed according to ergonomic constraints in order to provide a higher user experience. In terms of tangible products, it is necessary to provide the operational comfort by adapting to variable situations during the service period. Product design methods create intersections with semantic approaches and combine the symbolic functions of products with design-related areas such as physical, ergonomic and aesthetic functions (Bayrakçı, 2004). This situation reveals the multidisciplinary nature of designing products. Designed according to principles on ergonomics, the product, space or furniture needs to be developed in a way that allows usages depending on individual differences, offer functional competence and a healthy working space.

With the increase in time at work and decreasing quality jobs, some physical and psychological disorders occur in employees. Physical problems are generally caused by the inappropriateness of working conditions regarding physicality and anthropometry. The causes of psychological problems differ, factors such as disturbing colors, loud noise and stuffiness can negatively affect the psychology of the employees. For this reason, it is necessary to consider all relevant factors together in order to ensure satisfying working conditions. It is only appropriate to evaluate and define the concept of ergonomics by considering all its domains together. In this context, ergonomics can be considered as a science focusing on individual and collective psychology, anthropometry, physiology that determines, develops and implements the qualities of all factors necessary for individuals to work efficiently, healthily and comfortably in a work environment.

2.2 Human-Computer Interaction and Information Ergonomics

In this research, as in line with the objectives of the study, the concept of ergonomics is examined in terms of the usages on interactive kiosks used in public spaces. Kiosks presented are evaluated in terms of physical, virtual interface ergonomics and achievements on service. Human-computer interaction (HCI) is a term scientifically used to describe the interaction that takes place through both on physical and virtual interfaces with the users. Concept of HCI expresses how and in what ways users interact with kiosk, computers with mostly touchscreen hardware. It is possible to list the design-related qualities of virtual interfaces, which are basically communicative agents between the user and machine (Reed et al., 1999). These features can be expressed as a design-oriented familiar look and feel, consistency ensuring, usage feedback data

preservation, usability evaluation and adaptation to changing requirements. The positive effect of design and accomplished service features on users can be defined as user experience.

In an attempt to examine daily smart devices, it is possible to claim that interaction is often a virtual process triggered by touch controls and rarely through a physical interface consisting of buttons. The change began in the 80's and computer science, with the emergence of the HCI concept based on cognition. By determining and developing the form and other characteristics of communication between human and computer, the experience provided by user-friendly devices has gained a marketable quality. Fogg (2002), states that technology provides positive feedback by motivating users to change behavior and by guiding them. This statement shows that especially smart devices with artificial intelligence have the ability to manage and manipulate themselves according to their user identities. In order to present a device that serves many, user identities need to be examined in order to design ergonomic user interfaces focused on customizability.

Service-oriented communicative products need to be designed in accordance with societies of different demographic characteristics, also be suitable for individuals with disabilities. Integrated principles on design and sociology enables the production of functional devices for members of society with different inability that ensure the service quality of HCI devices. Accessibility is a term used for describing the delicate development procedure of products for disabled citizens. Products designed in accordance with accessibility rules are products that have the ability to serve all individuals in a society by complying with universal design criteria. With the scope of developing products and contents that have the potential to provide service for everyone including individuals with inabilities, it is essential to maintain a design model based on information ergonomic principles that encompasses a wide range of regulatory guidelines. Information ergonomics is a field related to HCI and consists of variables that can be explained as user type, task properties, system configuration and environment. User type refers to user typology, meanwhile task properties is related to a positive functionality. System configuration refers to the information architecture of any content allowing users to navigate without getting lost and environment is the location in which the device has been placed. User types represent the provision of services within the framework of accessibility rules suitable for each user identity. Task properties define the provision of visual cues to users who make mistakes or show low interest. Interface design characteristics are easy to identify by the visual separation of the elements that make up

the interface, allowing the operations to be carried out quickly.

2.3 Interface and Design

Interfaces are communication mediums of graphic design creating the interaction between computer and user. Almost every smart object, electronic devices and interactive products has an interface by means to assign control to the user. In order to design a utilitarian product, the functionality depends on the informative qualities of the interface as well as the mechanism of the object. Interfaces are usage screens required to control the virtual functions of many devices and should be designed in accordance with the device's form, user identities and service targets.

Ergonomics is the most important factor affecting the quality of user experience on interactive systems. A well-designed software interface that fulfills its purpose presents important advantages such as increasing the quality of the work done, increasing the satisfaction level of the user, increasing the productivity of the workforce and ensuring the security of the system controlled by the software (Liu, 1997). Ease of use of any interface is related to familiarity to the system, prior experience and personal preferences of the user. Engagement is a term used in user experience referring to the balance between the task difficulty and cognitive skills of a person (Csikszentmihalyi, 1998). In time immersion occurs and engagement span increases. Positive individual performance is related to terms such as engagement, motivation and immersion values related to user experience.

Interfaces translate machine language to user language and vice versa. This process results in controlling the device and reaching the informative content. Basic tangible interfaces have evolved into digital graphic interfaces allowing them to occupy less space and offer more content on objects. This quality shows the success of an integrated design approach, uniting product, graphic and digital design. Most important property of digital interfaces compared to analog interfaces is the capacity to provide information on the system as feedbacks. Feedback occurs when interfaces transmit information received from the system to users and provide status reports when the system is working properly or there is a problem. Interfaces can be classified as visual and auditory, visual interfaces create a channel that communicates between the system and the user by sense of sight, through symbols, pictograms, colors and text. Auditory interfaces communicate by sense of hearing. Guidance is provided by cognitively processing information on sound such as intensity, frequency, and direction.

User-product interface is the sum of design decisions that enable users to use the product. While designing the interface, the aim is to achieve high efficiency by providing enhanced user-product communication (Yum, 2015). As a result of developments in information technologies and widespread use of computers, studies on interface design have largely focused on user-software interface design. While interface design previously covered the mental, psychological and physical properties of interfaces, recently the focus shifted to the cognitive aspects related to information technologies. Information architecture design has become a major field for the assessment on different methods of software-based navigation. In the past, users were in direct interaction with the product or system through the use of analog controls. In the last 20 years or so with the intervention of digital software interfaces, interaction became indirect and virtual. Today in most devices users no longer control the system directly, but a representational interface that creates a sub-proxy mechanism on behalf of the user. Apart from the aforementioned interfaces, studies are carried out on kinesthetic, tactile and gustatory interfaces. As a result of the research that has been done, it is possible to claim that the design success of the interfaces highly affects the communicative and service-oriented efficiency of systems.

2.4 Interactive Kiosks

Kiosk is a system that consist of a microprocessor controlled computer and a touch screen. Computers are stored in specially designed cases outdoors or contained areas indoors for ease of use in order to prevent damage from the elements and public harassment. The usage areas of kiosks are increasing daily with many offered opportunities on communication for companies especially in the fields of sales and marketing. Interactive kiosks are also used as systems that respond to users' requests such as buying tickets for any activity, making reservations or even placing orders. Kiosks are preferred for various services to be positioned in public buildings such as shopping malls, supermarkets, theaters and hotels due to their easy transportation, low installation cost and practical dimensions. In addition to being used in any structure, the fact that interactive kiosks are suitable for remote access, collect user information and provide services that do not require manpower, are the main reasons for their prefer ability in public spaces. Kiosks used in public areas have different functions. While functions sometimes determine the form, the design prediction of the designer often determines the form. The aim of kiosks used for service-oriented requirements is to provide the service more efficiently and quickly (Swamy et al., 2016).

3. Method

Interactive kiosks used in cities provide services at high frequencies. In the study, these products are evaluated according to the determined criteria. The laboratory project product is a kiosk used at special frequencies included in an edutainment scenario (Brandejsky & Kilzer, 2006). It is evaluated according to the presented criteria just as previously provided examples. The study is based on the results of 2 different evaluation processes and revealing the common features and distinctive features of kiosks designed for general and specific use centered on user experience.

Organizing daily objects in a way to ease the experience is one of the most important duties of design and the main challenge in such a task, falls under the responsibility of ergonomics. Kavut (2019), evaluated the relationship between ergonomics and technology through the development of kitchens in homes and in his research, emphasizes the importance of organizing storage, cleaning and cooking functions according to the material characteristics, social factors and physical needs of the users. Even though the scale could differ, the relationship between technology and ergonomics exists in kiosks providing public service in contemporary life. Kiosks are in constant interaction with the space, increase the spatial perception and create a user experience by updating traditional approaches and values through the replacement of many services provided by people.

In the discussions section, initially kiosks used in public spaces in Istanbul are presented followed by a kiosk designed for the Istanbul Aquarium 'edutainment' project with the participation of the author. These products are presented and evaluated according to the selected criteria from the presented literature, recorded observations and specifications on subject product. Kiosks that are designed and implemented as Edutainment Design products establish physical and cognitive communication with the visitors. There are various studies belonging to the author based on edutainment design evaluating various projects. The section presents and evaluates the public kiosks in relation to the criteria list and repeats the process for the case study kiosk. Two different approaches on kiosks are preferred in line with the objectives of the study. The kiosks explained as examples are selected from urban regions where users are likely to reach the highest usage frequencies, meanwhile the kiosk presented as case study is a product designed and produced with the contribution of the author. A score system has been implemented on the evaluation data in order to validate the quality of products. The evaluation criteria selected in order to examine the products presented can be listed as shown below.

- a) Dimensions: Information about the dimensions of the kiosk (Stone & Wood,2000; Narter,2019)
- b) Service Quality: Intensity of use. (Jengchung et al, 2015; Berkley & Gupta, 1994)
- c) Technological Aspects: Digital content touch technologies. (Lao et al.2009)
- d) Ergonomics: Ergonomic related value according to equivalent products.
- e) Interface Quality: User experience value. (Blair-Early & Zender,2008).
- f) Operational Details: Providing information on product specific working style.
- g) Design Orientation Features: Industrial design, digital interaction design (Ekşioğlu, 2016)
- h) Spatial orientation: Location information.
- i) Infrastructural features: Providing information on energy infrastructure.
- j) Interaction Types: Quality of interaction (Shedroff, 1994)
- k) Screen interaction styles: Single-touch (Hagen & Sandnes ,2010).

The criteria included in the list are intended to provide information on ergonomics, user experience, infrastructure, technology used and other relevant qualities in order to offer an enhanced service. Presented products are evaluated according to the listed criteria, and a joint evaluation is provided between the products used in public services and the kiosk designed by the author for the aquarium project.

3.1 Evaluation of Public Service Kiosks

The kiosks selected for the study are products that work in public areas in order to provide various services. Some of these services are of traditional nature like ticket sales, meanwhile some of them for example bike rental, are services brought by the possibilities of interaction. Kiosks used for municipal service purposes are located on the junction points of the city such as ferry piers, subway stops and schools. In this context, the performance, ergonomics and aesthetic qualities of 10 interactive kiosks presented are evaluated according to the determined criteria. The purpose of the evaluation regarding the current usage products is to create the infrastructure necessary for the positioning and reference of use, in order to evaluate the laboratory product in accordance with the criteria. Figure 1 presents the urban service kiosks selected by the author for the evaluation process.



Figure 2. Public Service Kiosks (Yum, 2019)

In order to evaluate the kiosk of different design and content, as presented in the visual in terms of ergonomics, interface and user experience, evaluations are presented in the section. The evaluation criteria consist of two groups of content. The first group is based on literature-centered research findings and the second group is based on observation, product usage frequencies and user feedback. For this purpose, the criteria are explained below. Dimensions of kiosks provide a general sense on physical aspects of kiosks and screens. Physically kiosk presented can be considered as adequate products even though size, form and dimension may vary. Jengchung et al. (2015) mentions that interactive kiosks are commonly used in the service industry in order to provide results on efficiency, the chart presents an analysis of product service qualities based on the criteria compiled from the research by (Berkley & Gupta, 1994). User interface features of kiosk generally depend on touch technologies and analog systems as referred to by (Lao et al., 2009; Hagen & Sandnes, 2010). Other relevant technologies such as gesture recognition (Chaudhary et al., 2010) do not apply for these kind of products, as of yet. Ergonomic qualities of products are evaluated based on the input provided by physical and virtual compatibility as a crossover of overall dimensions and digital interface centered quality assessments. Blair-Early & Zender (2008), defines user interface design as the means by which users interact with content to accomplish some goal. Hagen & Sandnes (2010), has conducted studies on intelligent user interfaces in kiosk with the scope of user experience focusing on screen interaction types. Operational details refer to the functionality and service-centered aspects of kiosks. Design orientation refers to design related qualities of products providing evaluation in order to determine the multidisciplinary nature of kiosks (Ekşioğlu, 2016). Location presents the position of the product urbanistically and structurally. Infrastructural information refers to the energy requirements of

products. Shedroff (1994), classifies interaction types as direct, indirect and accidental depending on the procedural reciprocity between the user and system. Interaction type of digital kiosks are based on direct interaction through physical manipulation as interaction takes place on cognitive level matching with psycho-motor skills belonging to the user by choice. The score system is based on the evaluation of selected qualities on decimal bases, implying to the fact that (10) points is the maximum cap for each quality. Evaluations compiled for each kiosk is important in determining the qualities of products in order to reach the essential findings in line with the objectives of the study.

a) Belbim Biletmatik Evaluation: Dimensions: 158cm x 60cm Screen H: 112cm, Service Quality: 9, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 8, Interface Quality: 7, Operational Details: Cash Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Harbour, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

b) Bicycle Rental: Dimensions: 200cm+, 65cm, Service Quality: 5, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 7, Interface Quality: 4, Operational Details: Pos Unit, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Coastal Driveway, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

c) Denizbank ATM: Dimensions: 200cm+, 84cm, Service Quality: 10, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 5, Interface Quality: 5, Operational Details: Cash Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Urban Locations, Infrastructural Features: Municipal-UPS, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

d) Vehicle Charge Point: Dimensions: 200cm+, 64cm, Service Quality: 5, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 7, Interface Quality: 6, Operational Details: Charge Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Süreyya Opera House, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

e) İstanbul Card: Dimensions: 170cmx73m Screen H: 140,30x33cm, Service Quality: 10, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 8, Interface

Quality: 9, Operational Details: Cash Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Harbour, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

f) Numerator: Dimensions: 120cmx43cm, Service Quality: 10, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 10, Interface Quality: 9, Operational Details: Cash Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Istanbul Card Center, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

g) Istanbul Modern Digital Board: Dimensions: 200cmx84cm, Screen H: 83.5cm, Service Quality: 10, Technological Aspects: Screen, Ergonomics: 4, Interface Quality: Visual Content, Operational Details: Cash Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Harbour, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Visual & Cognitive, Screen Interaction Styles: None.

h) MSU RFID Kiosk: Dimensions: 160cmx52cm, Service Quality: 10, Technological Aspects: RFID, Touchscreen, Ergonomics: 7, Interface Quality: 9, Operational Details: Cash Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Food Court, Infrastructural Features: Structural, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

i) Cinebonus Ticketmaster: Dimensions: 200cmx47cm, Service Quality: 10, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 8, Interface Quality: 9, Operational Details: Cash/Ticket Slot, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Theaters, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Structural, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

j) Disabled Vehicle Charge Station: Dimensions: 134cmx51.5cm, Screen H: 106cm, Service Quality: 9, Technological Aspects: Touchscreen, Ergonomics: 8, Interface Quality: 8, Operational Details: Charge Cable Hardware, Design Orientation Features: Industrial, Digital Interaction, Spatial Orientation: Harbour, Infrastructural Features: Municipal, Interaction Types: Direct, Screen Interaction Styles: Single-Touch.

Results and findings of the evaluation process in regard to the case study product are explained in the next section of the study after the evaluation of the case study kiosk.

3.2 Laboratory Project: Istanbul Aquarium

Istanbul Aquarium is the world's largest thematic aquarium. There are 1500 species of marine and terrestrial creatures in the structure and experience is strengthened by high-tech interactive products. Overall edutainment scenario and content has been designed by a company partnered by the author.

Digital content designed has been placed in 39 INF 130 model 17" kiosks providing visual and physical interaction. The system provides an international database of fish found on the planet. Scientific content placed on kiosks is based on user experience with communicative styles befitting edutainment design implying to the game-like entertainment qualities of the implementations. Figure 2 shows the 'Fish Database' application kiosk designed for the Istanbul Aquarium project.



Figure 3. Fish Database (Yum, 2015)

As pre-made hardware found on kiosks does not support the 3D visualization requirements, the equipment has been updated and strengthened at the request of the designer firm. Kiosks that offer an interactive experience have been placed at the strategic points of the building in line with the edutainment scenario. Interactive kiosks provide information about the fish species living in seas and oceans. Products communicate by providing a playful user experience through touch technologies in terms of interface interaction and the system updates the newly added species to local fish database automatically.

3.3 Laboratory Project: Evaluation of the Aquarium Kiosks

In line with the objectives of the study, aquarium interactive fish database kiosks are evaluated upon the criteria used previously in order to make inferences on laboratory work. The study aims to create an objective assessment mechanism with the comparison of a personal project in relation to public service products. Interactive fish database kiosk assessment table is presented below.

Table 1. Aquarium Kiosk Evaluation

Dimensions	47cmx42cmx135cm
Service Quality	10
Technological Aspects	Touchscreen
Ergonomics	8
Interface Quality	10
Operational Details Base	Real time Data
App	
Design Orientation Features	Industrial, Digital
Interaction	
Spatial Orientation	Aquarium (39)
Infrastructural Features	Structural
Interaction Types	Direct
Screen Interaction Styles	Single-touch

The results and findings of the evaluated interactive fish database kiosk are explained in the next section. It is important to keep in mind that content wise, the aquarium kiosk is a tailor-made gaming software with goals on edutainment that refers to the educative and entertainment qualities of the content.

4. Kiosk Evaluation Results

It is possible to layout the findings of the evaluation process on urban public and aquarium kiosks presented. The evaluations show the differences among kiosks and provide feedback on kiosk development process' setting the goals on design. Clearly, any kiosk should be designed based on the service goals and user identities, nevertheless all kiosks should respect ergonomic standards in order to enhance performance and experience. Regardless of the original content and interaction values of kiosks designed for the aquarium, it is possible to draw some conclusions on design qualities of all products are examined. In order to present a wide range of diverse products, kiosks selected for the study consist of various products used in various institutions, schools, municipal service and private sector. During the research stages, observation on site, video recordings and conversations with the users took place in order to collect data and receive feedback on the experience.

- a) It has been observed that service success is related to the strength of interface designed, but the aesthetic success associated with industrial design, has no effect on kiosk performance.

- b) The dimensions show the compatibility of the products with anthropometric and ergonomic standards. Dimensions also have an effect on ensuring the noticeability of kiosks in their locations.
- c) As informed by the Aquarium administrative team, digital feedback logs and data collected during the beta stages, kiosks used in different frequencies and intensities are successful applications in terms of user experience.
- d) The fact that aquarium kiosks offer an interactive content with social values demonstrates the power of the user experience provided.
- e) In the aquarium scenario, the kiosks designed to serve users of all age groups attracts attention due to illuminated digital screen as they are not physically perceived in dark places.
- f) The laboratory product is more unique and experience-oriented than urban kiosks in terms of interaction and user experience. This is because of the fact that urban kiosks are designed with goals on service, not user experience related to edutainment. Therefore, public service kiosk could be reconsidered based on similar approaches regarding user experience.
- g) Products designed specifically for the aquarium project work with the energy reflected from the building. The product, which has achieved high success in terms of ergonomics and ease of use, is positioned multiple times in the entire structure, allowing everyone to obtain information on the content and achieving satisfactory service success.
- h) As the content is heavily detailed, advanced game software was preferred on the fish database kiosk due to the large amount of information that could not be provided by a tour guide.
- i) Major differences among urban kiosks can be observed from the evaluation criteria, but it is possible to claim that all kiosks are adequately functional and Cinebonus kiosks are aesthetically more advanced compared other products presented.
- j) Physical aspects of urban kiosks are highly evident and appropriate with the texture of the city, meanwhile aquarium kiosks are vaguely hidden from sight attracting attention in case of need. Aquarium kiosks are presented as a part of the spatial design

scenario and do not need to be perceived individually. Urban kiosks are aesthetically stronger compared to the aquarium kiosk, this comment is based on the finding that urban kiosks prompt target users receiving service upon invitation.

- k) On aquarium products interaction time experienced varies according to the level of interest and curiosity of the user on the content. As a result of the unique content that invites visitors, a memorable process is experienced. In urban products, there is an invitation to service rather than an invitation to experience that constitutes the foundation of the study.

As a fact, ergonomics covers two different areas, physical ergonomics referring to the form and dimensions of the object and interface ergonomics covering the use of ease of the digital content. For an interface to be sufficiently ergonomic, color, typography, screen resolution and illumination have a role on determining the level of quality. The features of ergonomic virtual systems are examined in line with the objectives of the study and the basic findings are explained. In this context, a system that is familiar to the user, provides efficient and contextual continuity, is compatible with demographic features and user identities as well as conforming to usability criteria. In the study, two different factions of kiosks are presented and evaluated in order to provide an insight on the differences of scale concerning the design and service qualities of the products. The reason for this preference is also to be able to make discoveries on products designed for a project by determining the characteristics of high usage frequency urban products. Since the goal in urban products is to receive service rather than the value of experience, the interaction takes place and ends as soon as the product is recognized spatially. Just as in major scientific approaches, in ergonomics science while examining human and product systems, it is logical to make some acceptances proven by experimental and applied studies. These acceptances provide an infrastructure for scientific studies as reference as well as constituting an anchor point necessary for the progress of research.

5. Discussion

The efficiency of human-product systems is correlated with the efficiency of human performance within the system. If the user cannot perform the functions within the system effectively, the performance of the system will also be negatively affected. Another acceptance is the assumption that a person will be more successful when properly motivated. Designers should be able to create more

appropriate spaces by working on the work environment characteristics that affect the individual. The design of equipment, station, machinery and environmental conditions in order to increase the efficiency of people in work environments, is the most important step in achieving the targeted results. Technological advances in line with scientific approaches such as ergonomics are proof that interactive products keep on developing further.

The study draws attention to an interactive urban furniture that is not always perceived except for in times of need, despite the intensive use in daily life. For the future studies, it is possible to examine the interaction types created by kiosks specific to selected projects based on cognitive skills and functions. Public service kiosks are a result of the modern urbanism understanding and an important interactive product group used by the city dwellers for certain services. These products need to be designed in accordance with the urban texture, service goals and user profiles as much as possible. Although design and ergonomics are two separate disciplines, they function as two parts of a whole, complementary to each other. It is possible to see ergonomics as an approach within sociology and call it 'design for the public', due to its orientation on the design of products, workplaces and systems. In a crowded city life, it is essential to use interactive products in terms of needs that need to be met quickly in the dynamics of life.

The study follows a methodological approach in which the public service kiosks are presented and elaborated on evaluative charts setting an infrastructure for the case study product. Therefore, the main scope of the article is the evaluation of the case study project and presenting results regarding the process. Dimensions of kiosks, screens and slots differ providing a wide range of diverse products with various design languages (Stone & Wood, 2000) and readability (Narter, 2019). Service quality aspects of kiosk varying on multiple elements such as content, location and focus of service. Technological aspects of kiosk encompass mostly touch technologies and seldom analog systems such as ticket and token slots. Kiosk ergonomic evaluation has been made centered on the physical and virtual qualities of products based on observative usage frequencies, on-site analysis of virtual interfaces and compatibility between these aspects. Detection regarding interface qualities of kiosk depend on overall user experience values as expressed by (Blair-Early and Zender, 2008). Design orientation of products refers to the multidisciplinary nature of kiosks as mentioned by (Ekşioğlu, 2016). It is possible to assume that kiosks with tangible structures and virtual interfaces are products centered on a multidisciplinary approach. Spatial

orientation of kiosk imply to the location in which the product has been placed which can be an indoor or an outdoor implementation. This quality has an effect on infrastructural features that determines the essential source of energy. As it can be observed from evaluative charts, outdoor kiosk use municipal infrastructure and indoor kiosks use structural infrastructure as sources of energy. Solar powered kiosks are not used in the city where the research has been conducted. Interaction types refer to the style of interaction taking place. Shedroff (1994), classifies interaction as direct, indirect and accidental. Direct interaction takes place where a physical and voluntary manipulation is required. Indirect interaction is mostly relevant on scenarios related to gesture recognition systems. Accidental interaction occurs in cases when the subject is not aware of the possibility of interactivity such as motion sensors at the shop entrances, implying to the fact that this type of interaction has a coincidental value. Screen interaction styles refers to the touch technology used on the touch screen as mentioned by Hagen and Sandnes (2010). Touch technologies can be implemented as single, double or multi-touch interaction styles. All implementations of kiosks function on single-touch interactions.

The study provides basic concepts on the subject and the relationship between the examples and the case study kiosk evaluated. Presenting kiosks with different locations, functions and services simultaneously is essential for the purpose on determining the scope of the study. Following the examples presented, the inclusion of a product designed by the author constitutes a point of reference in terms of the evaluation process. For future studies it is possible to conduct a research based on tangible data and user experience-oriented edutainment design approach that can be applied to a product through the in-depth examination of public service kiosks.

Appreciation

Thank you to my colleagues and partners for the support and direction provided during the research, development and finalization stages of the study

Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.

References

Bayrakçı, O. (2004). *Çağdaş İletişim Kuramları Açısından Tasarımda İletişimsel Modeller*, Mimar

Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi. İstanbul, Barkod No: 9789759736306.

Berkley, B.J. and Gupta, A. (1994). Improving Service Quality with Information Technology, *International Journal of Information Management*, Volume 14, Issue 2, 109-121, ISSN 0268-4012.

Blair-Early, A. and Zender, M. (2008). User Interface Design Principles for Interaction Design. *Design Issues*. 24. 85-107. 10.1162/desi.2008.24.3.85.

Brandesky, M. and Kilzer, F. (2006). Virtual Reality in Edutainment: A State of The Art Report, MSc project, *Technischen Universität Wien*. Available <http://www.brandesky.com/pdfs/Virtual-Reality-in-Edutainment.pdf>

Chaudhary, A., Raheja, J. L., Das, K., and Raheja, S. (2010). A Survey on Hand Gesture Recognition in Context of Soft Computing, *The British Computer Society*, 46-55.

Csikszentmihalyi, M. (1998). *Finding Flow: The Psychology of Engagement with Everyday Life*. Basic Books, New York.

Eksiöğlü, M. (2016). User Experience Design of a Prototype Kiosk: A Case for the İstanbul Public Transportation System, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 32:10, 802-813, DOI: 10.1080/10447318.2016.1199179.

Fogg, B. J. (2002). Computers as Persuasive Social Actors. *Persuasive Technology*, <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/764008.763957>.

Hagen, S. and Sandnes, F. E. (2010). Toward Accessible Self-Service Kiosks Through Intelligent User Interfaces. *Pers Ubiquit Comput* 14, 715-721. doi.org/10.1007/s00779-010-0286-8

Jengchung V. Chen, David Yen, Kimberly Dunk and Andree E. Widjaja (2015) The Impact of Using Kiosk on Enterprise Systems in Service Industry, *Enterprise Information Systems*, 9:8, 835-860, doi: 10.1080/17517575.2013.867542

Kavut, İ. E. (2019). Günümüz Mutfağı; Bir Sistemin Doğurduğu Mobilyalar. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (1), Retrieved from

<https://dergipark.org.tr/en/pub/dfbd/issue/53475/654723>, 2019, s. 61.

- La Ville, A. (1976). *'l'Ergonomie'*, PUF Paris, France.
- Lao, S., Heng, X. Guohua, Z., Yunxiang, L. and Wang, P. (2009). A Gestural Interaction Design Model for Multi-Touch Displays, *HCI, People and Computers XXIII. Celebrating People and Technology*.
- Liu, Y. (1997). Software-User Interface, *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. Ed: Gavriel Salvendy. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Nam, T. J. and Kim, C. (2011). Design by Tangible Stories, *International Journal of Design*, Vol 5 No 1.
- Narter, Ç. (2019). Elektronik İletişim Araçları Etkileşim Tasarımı Alanında Haptik Arayüz ve Kullanıcı Gruplarında Ürün Okunabilirliği Olgusu. *Online Journal of Art and Design*, Volume 7, issue 2, April.
- Reed, P., Holdaway, K., Isensee, S., Buie, E., Fox, J., Williams, J. and Lund, A. (1999). User Interface Guidelines and Standards: Progress, Issues, and Prospects', *Interacting with Computers*, 12.
- Shedroff, N. (1994). Information Interaction Design, *A Unified Theory Field of Design*. Vivid Publishing, Australia.
- Stone, R. and Wood, K. (2000). Development of a Functional Basis for Design. *Journal of Mechanical Design - J Mech Design*. 122. 10.1115/1.1289637.
- Swamy, J. C. N., Seshachalam, D. and Shariff, S. U. (2016). Smart RFID Based Interactive Kiosk Cart Using Wireless Sensor Node, *International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)*, Bengaluru, India, 2016, pp. 459-464, doi: 10.1109/CSITSS.2016.7779426.
- Yum, M.S. (2015). The Exploration of Interactive Interfaces and Products in Edutainment: The Istanbul Aquarium'. *ITU Department of Industrial Product Design*, Master Thesis, 2015. 104-105.

SOSYAL AĞ TABANLI VERİLERDEN FAYDALANARAK KORONA VİRÜS KONULU DUYGU ANALİZİ ÇALIŞMASI

Ebru KARAAHMETOĞLU^{1*}, Süleyman ERSÖZ², Osman KARAAHMETOĞLU³

¹ T. C. Ticaret Bakanlığı, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-4482-9166>

² Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/https://orcid.org/0000-0002-7534-6837>

³ Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-4482-9166>

Anahtar Kelimeler	Öz
Duygu Analizi Korona Ergonomi Sözlük Temelli Bert	<p>İletişim teknolojilerindeki gelişmeler sosyal medyayı toplum hayatının odak noktası haline getirmiştir. İnsanlar herhangi bir konu, ürün hakkındaki görüş düşünce ve yorumlarını, özgürce sosyal medyada paylaşmaktadırlar. Özellikle pandemi dönemindeki kişiler arası iletişimlere konan mesafe kuralı, sosyal medya üzerinde veri akışını yoğunlaştırmış, iş modellerini sosyal medya ortamına kaydırmış ve ergonomik değişiklikleri de gündeme getirmiştir. Günümüzün en önemli gündemi olan korona virüs salgınının toplum hayatı üzerindeki etkileri, kişilerin salgınla ilgili yoğunlaşan düşüncelerini oluşturmaktadır. Dolayısıyla pandemi sürecinin ergonomik koşullara ve sosyal hayata yansımaları üzerine bir analiz çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada metin madenciliğinin duygu analizi teknikleri kullanılarak toplumun, korona virüs salgını konusundaki nabzı tutulmaya çalışılmıştır. Duygu analizine konu veriler kişilerin görüşleri olduğu için, sosyal medyada kişilerin düşünce ve içinde bulunduğu ruh hallerini özgürce paylaşabildiği tweet verileri çalışma veri kaynağı olarak seçilmiştir. Tweet verileri genellikle kısa uzunlukta olmakla birlikte, metinler dilbilimsel olarak hatalar içerebilmektedir. Buna ek olarak metinlerin ironiler ve emojiler içermesi metin analiz süreçlerini zorlaştırmaktadır. Metin analizlerinin doğru sonuçlar oluşturabilmesi için doğru veriye ihtiyaç duyması, veri analiz süreçlerinin analiz öncesi veriye uygulanmasını gerektirmektedir. Bu özellikleri ile tweet verileri doğal dil işleme teknikleri ile analiz çalışmalarında, önemli bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle çalışmaya konu olarak seçilen korona virüs ile ilgili kişilerin sosyal ağlarda paylaştığı tweet verileri, Phyton ile yazılan uygulama toplanmıştır. Bu veriler öncelikle, Türkçe'ye özgü çeşitli dilbilimsel tekniklerle temizlenmiş, daha sonra sözlük tabanlı, bert ve makine öğrenmesi duygu analizi teknikleri işlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve sonuçların duyarlılık analizleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.</p>

EMOTION ANALYSIS STUDY ON CORONA VIRUS USING SOCIAL NETWORK BASED DATA

Keywords	Abstract
Sentiment Analysis Corona Ergonomic Dictionary Based Bert	<p>Developments in communication technologies have made social media the focal point of social life. People freely share their opinions and comments on any subject, product on social media. Especially, the distance rule for interpersonal communications during the pandemic period has intensified the flow of data on social media, shifted business models to the social media environment and bring up ergonomic conditions. The effects of the corona virus epidemic, which is the most important agenda of today, on public life constitute the people's intensified thoughts about the epidemic. Therefore, an analysis study was conducted on the reflection of the pandemic process on ergonomic conditions and social life. In this study, it was tried to keep the pulse of the society on the corona virus epidemic by using emotion analysis techniques of text mining. Since the data subject to sentiment analysis are the opinions of individuals, tweet data, in which people can freely share their thoughts and moods on social media, was selected as the study data source. While tweet data is usually short in length, texts can contain linguistic errors. In addition, the texts contain irony and emojis, making text analysis processes difficult. The fact that text analysis needs correct data in order to produce correct results requires the application of data analysis processes to the data before analysis. With these features, analysis of tweet data with natural language processing techniques emerges as an important field of study. For this reason, the tweet data shared by people related to the corona virus selected as the subject of the study on social networks were collected with an application written in Phyton. These data were first cleaned with various linguistic techniques specific to Turkish, then were processed by dictionary-based, bert and machine learning emotion analysis techniques. The results obtained and the sensitivity analysis of the results are presented comparatively.</p>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 12.11.2020	Submission Date : 12.11.2020
Kabul Tarihi : 12.03.2021	Accepted Date : 12.03.2021

* Sorumlu yazar e-posta: eroglu@hotmail.com

1. Giriş

İnsanoğlu öğrenme sürecinde sadece kendi deneyimlerinden öğrenmez. Başkalarının deneyimlerini de harmanlayarak, kendi doğrularına üretir ve öğrenme sürecini daha etkin hale getirir. Bu noktada başkalarının herhangi bir konudaki görüş, düşünce ve deneyimleri, kişiler için önem arz etmektedir. Günümüzde, iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, sosyal medyada toplumun görüş ve düşüncelerini paylaşacağı yeni ortamlar ortaya çıkarmıştır. Toplum olarak herhangi bir konu, satın alacağımız bir ürün, yaşanan bir olgu hakkında karar verme süreçlerinde, başkalarının düşüncelerini de hesaba katmak isteriz. Bu süreçte metinleri analiz ederek, duygu çıkarımında bulunan yöntemlerin kullanımı, daha geniş kitlelerin fikirlerine ulaşmamızı ve doğru sonuçlar elde etmemizi sağlayacaktır. Özellikle korona virüs gibi küresel bir salgınla ilgili duygu analiziyle toplumun nabızı tutulmak istenildiğinde, geniş kitlelerin düşüncelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Duygu analizinde, çalışmaya konu cümleler irdelenerek, cümlede ifade edilmek istenen duygu olumlu, olumsuz, tarafsız olarak etiketlenmeye çalışılır. Bu karar verme sürecinde kutuplaştırma, sözlük tabanlı yöntemler, öznelilik hesaplama gibi yöntemler kullanılır. Sözlük tabanlı yöntemlerde, cümlede geçen olumlu, olumsuz kelimelerin sayısına bakılarak cümle olumlu, olumsuz veya tarafsız olarak etiketlenir (Seker, 2016), (Liu, 2010) (Turkmenoglu, 2015).

(Wilson, vd., 2005), metinler üzerinde kutuplaştırma değeri hesaplayarak, duygu analizi çalışması gerçekleştirmiştir. (Agarwal vd., 2011), çalışmasında, twitter verileri üzerinde ağaç kernel ve özellik temelli modeller kullanarak duygu analizi yapmıştır. SemEval-2017 (Rosenthal vd., 2017) çalışmasında da tweet verileri üzerinde yapılan yedi yıllık analizin sonuçlarını paylaşmıştır. Sosyal medyada duygu bildiren tweet verileri normal metinlerden farklı olarak, kısa tek cümlelik metinler olduğu için, bu durumlara yönelik özel işlemler gerekebilmektedir (Kiritchenko vd., 2014).

İnternet teknolojilerinin yaygınlaşması, telefon dâhil kullandığımız küçük cihazların akıllanarak iletişim teknolojilerinde kullanılan cihazlar haline gelmesi, insanlar arasındaki mesafeleri azaltmış ve sosyal medya olgusunu tüm kitlelere yaymıştır. Sosyal medya üzerinde, satın alınan ürün yorumlarından, güncel gündem maddelerine kadar her konuda, görüş ve düşünceler paylaşılmaktadır. Toplumun paylaşmış olduğu bu düşünceler, alanlarına göre, araştırmacı, pazarlamacı vb. birçok uzmanın ilgisini çekmektedir. Bu yorumlar aracılığıyla, pazarlamacılar marka bilinirliği ve ürün kalitesi hakkında çıkarımlar yapabilirlerken, ihtiyaç analizleri yaparak yeni ürün stratejileri üretebilirler.

Politikacılar toplumun beğeni, zevk ve ihtiyaçlarını belirleyerek, plan, program ve demeçlerini bu analizlere göre belirleyebilirler. Araştırmacılar önemli gündem konuları ile ilgili analizler yaparak, toplumun moral seviyesini ölçebilirler. Bu noktada insanların görüş, düşünce ve söylemlerini, dilbilimsel tekniklerle analiz ederek, olumlu, olumsuz ve tarafsız olarak etiketleyen araştırma dalı, duygu analizi olarak adlandırılır (Onan vd., 2016).

Son yıllarda popüler bir çalışma alanı olan duygu analizi konusunda, şarkı sözlerinin duygu analizi (Özdeş, 2017), tweet verilerinin etiketleyecek yapıların oluşturulması (Powar vd., 2018), sözlük tabanlı duygu analizi ve makine öğrenmesi yöntemleriyle Türkçe metinlerin incelenmesi (Turkmenoglu, 2015). konulu çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak, fikir madenciliği ve duygu analizi süreçlerini ayrıntılı olarak inceleyerek, literatürdeki çalışmaları karşılaştırmalı olarak analiz eden çalışmalarda bulunmaktadır (Özyurt vd., 2018).

Türkçe dilinin sondan eklemeli bir dil olması, olumlu olarak nitelenen bir kelimenin metinde birlikte geçtiği bir kelime ile olumsuz anlama dönüşmesi, duygu analizini zor bir süreç haline getirmektedir. Boğaziçi Üniversitesi tarafından Türkçe dilinde duygu analizi konusunda bir çatı oluşturacak çalışma yürütülmektedir (Boğaziçi Üniversitesi).

Duygu analizi konusunda yapılan çalışmalarda, baskınlık (Samuel vd., 2014) ve standartlaştırılmış olumlu ve olumsuz duygu puanlama yöntemleri (He vd., 2015) (Ravi ve Ravi 2015) kullanılmıştır.

Sariman ve Mutaf Covid 19 duygu analizi konulu çalışmasında, pandemiye yönelik önlem ve kısıtlamaları ölçeklendirerek twitter verileri ile duygu analizi yapmıştır (Sariman ve Mutaf, 2020).

Samuel vd. çalışmalarında pandemi süresince korku duygusunun ilerleyişini metin analitiği ve makine öğrenmesi yöntemleriyle analiz etmişlerdir (Samuel vd., 2020).

Chakraborty vd. çalışmalarında Gaussian bulanık kurallarını temel alan tekniklerle tweet verilerinde duygu analizi yapmışlardır. Çalışma salgına yönelik olarak başlangıçta olumlu olan düşüncelerin, bir şok halinde olumsuzla dönmelerini belirlemiş olması açısından değerlidir (Chakraborty, vd., 2020).

Bu çalışmada güncel twitter verileri toplanarak, korona virüs gibi özel bir konuyla ilgili duygu analizi yapılarak, toplumun salgınla ilgili nabızı tutulmaya çalışılmıştır.

2. Sosyal Medya ve Duygu Analizi

Sosyal medya üzerinde sosyal ağ analizleri, farklı konularla ilgili toplumun görüşleri, iletişimi ve

etkileşimlerini konu almaktadır. Günümüzde sosyal medya toplumsal hayatın odak noktasını oluşturmakta olup, toplumsal yaşamın büyük bir zamanı sosyal medyada geçmektedir. İnsanların çoğu düşüncelerini, twitter ve facebook gibi sosyal medya ortamlarında özgürce paylaşabilmektedir. Buna ek olarak, sosyal medya ortamları üzerinden iş modelleri oluşturulmaktadır. Bireyler olarak kişiler, özel sektör kuruluşları ve hatta kamu kurum ve kuruluşları, sosyal medyada kendi marka bilinirliklerini oluşturmak için yer almaktadır. Tam bu noktada, toplumun bir konu hakkındaki nabzını ölçecek çalışmalarda, sosyal medya verileri önem kazanmaktadır.

İstatistikçilere göre, twitter, toplumun birçok dalından kişilerin özgürce görüş ve düşüncelerini paylaştığı, milyonlarca üyesi olan bir sosyal medya ortamı olarak önümüze çıkmaktadır. Duygu analizinde kişilerin bir konu hakkındaki görüş ve düşüncelerinin analiz edilmesi, sosyal medyada düşünce paylaşma ortamlarını çalışma açısından zengin bir veri kaynağı olarak öne çıkarmaktadır.

Sosyal medya kullanıcılarının her geçen gün artması, sosyal medyada yoğun bir veri akışının olmasını sağlamaktadır. Özellikle, pandemi nedeniyle evlere kapanılan dönemlerde, sosyal medya üzerinden iletişim daha büyük bir yoğunluk kazanmaktadır. Sosyal medyada duygu, düşünce ve yorum bildiren sözlerin kısa olması, dilbilimsel olarak metinlerin ironiler, anlam kaymaları, kısaltmalar, emoji içermesi, metin analizi süreçlerinde önemli zorluklar içermekle birlikte, doğal dil işleme teknikleri için bulunmaz bir araştırma sahası oluşturmaktadır.

Literatürdeki pandemiye yönelik çalışmalarda, twitter verileri yaygın olarak kriz yönetimi ve takibinde kullanılmıştır (Ye vd., 2016), (Fung vd., 2014), (Kim vd., 2016), (Kim vd., 2020). Nagar vd. acil servisler için grip ve benzeri hastalıkların analizinde twitter verilerinin gücünü analiz etmiştir (Nagar vd., 2014). Twitter verileri ile salgınları tahmin eden (Szomszor vd., 2010) ve kullanılan ilaçlar ve yan etkilerinin neler olabileceğini gösteren (Bian vd., 2012) modeller oluşturulmuştur. Widener ve Li, sağlıklı ve sağlıksız yiyeceklerle ilgili coğrafi olarak konumlanan tweet verilerinin, coğrafi olarak nasıl dağıldığını analiz eden duygu analizi çalışması gerçekleştirmiştir (Widener ve Li, 2014). De Choudhury vd., yeni doğum yapan annelerin doğum sonrası, davranış değişiklikleri ve durumlarını analiz etmiştir (De Choudhury vd., 2013). Twitter verileri ile yapılan diğer çalışmalarda, sosyal medya ile insanların algısının nasıl değiştiği analiz edilmiş (Nguyen vd., 2012) ve turistik bir bölgeye gelen turistlerin tweetlerinden algı analizi yapılmıştır (Claster vd., 2010). Bu çalışmalara ek olarak, Akgül vd., Türkçe tweetler üzerinde, sözlük yöntemi ve ngram algoritmalarını kullanarak duygu analizi yapmıştır (Akgül vd., 2010).

Bu bilgilerin ışığında pandemiye yönelik duygu analizi çalışmamızda, tweet verilerini kullanarak toplumun moral seviyesini belirlemeye çalıştık.

3. Yöntem

Çalışmada, Phyton dilinde geliştirilen uygulama ile duygu analizi yapılmıştır. Şekil 1. de blok diyagram gösterimi verilen duygu analizi algoritmasının, analiz adımları aşağıda anlatılmıştır:

Veri Toplama: İçeriğinde “korona” kelimesi geçen korona virüsle ilgili twitter verileri geliştirilen uygulama aracılığıyla toplanmıştır.

Veri Temizleme: Metindeki tweet gönderen, Türkçe dili açısından konuya yönelik anlam içermeyen kelimeler, noktalama işaretleri vb. alfa karakterler, çeşitli yöntem ve algoritmalarla temizlenmiştir.

Analiz: Duygu analizi ile metnin kutuplaştırma ve öznellik değerleri hesaplanarak, düşünceler olumlu, olumsuz ve tarafsız olarak etiketlenmiştir. Bu algoritma ile tatmin edici sonuçlara ulaşılamamıştır.

Bu noktada sözlük tabanlı yöntem ile duygu analizi çalıştırılmıştır. Bu yöntemde özel uygulanan analiz süreçleri şöyledir:

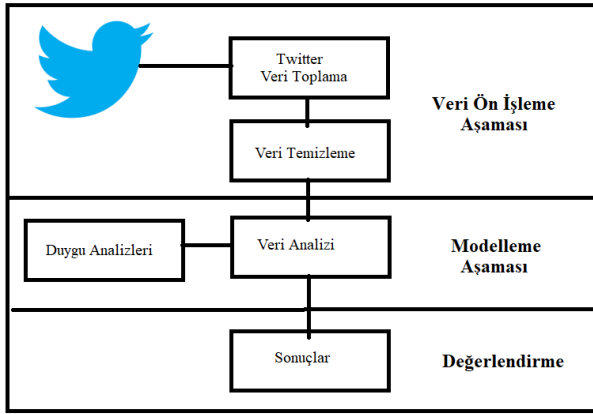
Bölütlere Ayırma: Bölütlere ayırma işleminde, analiz edeceğimiz metni oluşturan kelimeler bulunur.

Frekans Analizi: Frekans analizi aşamasında, bölüm dizisinde hangi kelimenin ne kadar geçtiği bilgisi bulunmaya çalışılır. Bölüm dizisi içerisinde daha fazla geçen kelimelerin, metnin konusu ile ilgili bilgileri içermesi beklenir.

Sözlük Tabanlı Duygu Analizi: Frekans analizi sonucunda elde edilen kelime dizisinde sayıca fazla geçen kelimeler, duygu sözlüğünde araştırılır. Kelimelerin duygu etiketlerine göre, hangi duygu etiketinde kelime sayısı fazla ise tweet metni o etiketle sınıflandırılır.

Sözlük tabanlı duygu analizinde, kelimelerin olumlu, olumsuz puanları içeren bir sözlüğe ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızda SentiTurkNet duygu kelime sözlüğü kullanılmıştır (Dehkharghani vd., 2015). Duygu kelime sözlüğündeki olumlu, olumsuz ve tarafsız kelime değerleri, cümlede geçen kelimeler için ayrı ayrı toplanarak hesaplanır. İşlem sonucunda elde edilen baskın değere göre cümle etiketlenir (Saygın).

$$\begin{aligned} p^+ > p^- & \text{ olumlu} \\ p^+ < p^- & \text{ olumsuz} \\ p^+ = p^- & \text{ tarafsız} \end{aligned}$$



Şekil 1. Duygu Analizi Algoritması

4. Duygu Analizi Çalışması ve Deneysel Sonuçlar

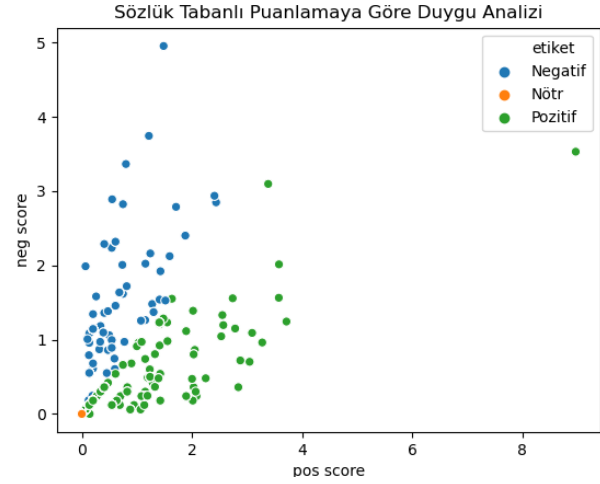
Çalışmada, Python ile yazılan uygulama ile toplanan twitter mesajları üzerinde, duygu analizi ile korona virüs salgınının neden olduğu yaşam koşullarında, toplumun moral seviyesi ölçülmeye çalışılmıştır.

Çalışmada öncelikle, sözlük tabanlı duygu analizi yöntemi kullanılmıştır. Sözlük tabanlı duygu analizinde SentiTurkNet (Dehkharghani vd., 2015) Türkçe kelime sözlüğü kullanılmıştır. SentiTurkNet kelimelerin olumlu, olumsuz ve tarafsız kelime puanlarını içeren bir sözlüktür.

Twitter üzerinden indirilen mesajlar içerisinde geçen kelimeler, bölütlere ayırma süreci ile bir kelime dizisine dönüştürülür. Kelime dizisi üzerinde işlenen veri temizleme süreçleri ile kelimelerin küçük harflere çevrilmesi, Türkçe açısından anlam içermeyen kelimeler ve noktalamaya işaretlerinin elenmesi işlemleri gerçekleştirilir.

Elde edilen kelime dizileri üzerinde sözlük tabanlı duygu analizi çalıştırılarak, tweet mesajları olumlu, olumsuz ve tarafsız olarak etiketlenir. Bu işlemde Türkçe’de geçen kelimelerle ilgili olumlu, olumsuz, tarafsız ağırlık değerlerini içeren bir duygu analizi sözlüğünden faydalanılmıştır. Sözlük temelli duygu analizinde, mesajın kelime dizisinde yer alan tüm sözcüklerin, ağırlık değerleri sözlükten bulunarak, olumlu ve olumsuz olmak üzere iki farklı değişkende, iki farklı duygu toplam değeri hesaplanır. Bu toplam değerlerinden, olumlu değer olumsuz değerden büyükse, mesaj olumlu, küçükse olumsuz, iki değer eşitse tarafsız olarak etiketlenir. Bu etiketleme işlemi ile elde edilen değerler, denetimli öğrenme aşamasında, öğrenme algoritmalarının eğitim ve test verilerinde, çıkış değeri olarak kullanılır. Sözlük temelli öğrenme algoritması ile elde edilen duygu analizi sonuçları, Şekil 2. deki dağılım grafiğinde gösterilmektedir. Toplam 9149 mesajın, 7073 adedi olumlu çıkarken, 1085 adedi olumsuz, 991 adedi tarafsız çıkmıştır. Grafikten de görüldüğü gibi, olumlu duygu sonuçları, olumsuz duygu sonuçlarının

7 katı kadar çıkmıştır. Korona virüs salgınının artış gösterdiği bir dönemde olumlu duygunun yüksek olması, salgın farkındalığının oluşmaması, durumu kanıksama, ileriye yönelik umut verici durumların farkındalığı ve yeni normale alışma olarak yorumlanabilir.



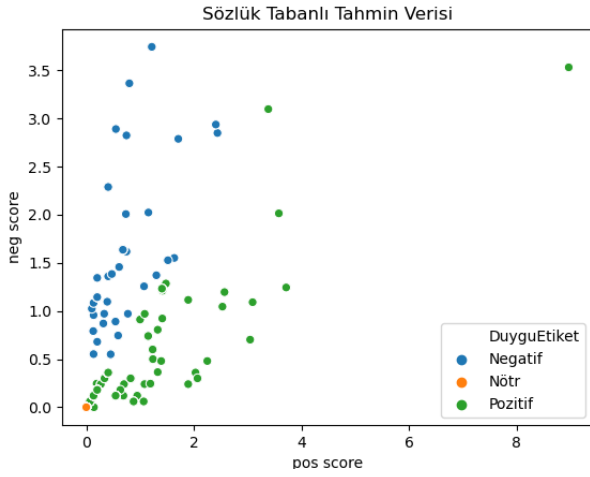
Şekil 2. Sözlük Tabanlı Puanlamaya Göre Duygu Analizi

Tablo 1. Sözlük Tabanlı Makine Öğrenmesi Modeli Değerlendirme Sonuçları

	duyarlılık	hatırlama	f1puan	destek
0	1.00	1.00	1.00	545
1	1.00	1.00	1.00	496
2	1.00	1.00	1.00	3534
doğruluk				4575
makro ortalama	1.00	1.00	1.00	4575
makro ortalama	1.00	1.00	1.00	4575

Analize konu veriler, öğrenme ve test verileri olarak ikiye bölünerek denetimli öğrenme algoritması ile tahminler üretilmiştir. Tahmin sonuçları olarak elde edilen duygu durumları Şekil 3. deki dağılım grafiğinde gösterilmiştir. Toplam 4575 mesajın, 3534 adedi olumlu çıkarken, 529 adedi olumsuz, 496 adedi tarafsız çıkmıştır. Olumlu ve olumsuz duygulu mesajlar arasındaki 7 katlık fark burada da karşımıza çıkmıştır. Bu da modelin tutarlılığını göstermektedir.

Genellikle sözlük tabanlı öğrenme modellerinde yüksek başarımlar sağlanamamasına rağmen, çalışmamızdaki modelde yüksek başarımla karşılaşmamız, test verilerinde y, duygu değerinin sözlük temelli olarak belirlenmesi olarak açıklanabilir. Modelin duyarlılık analizi sonuçları Tablo 1. den de görüldüğü gibi çok yüksek, tam 1 olarak hesaplanmıştır.

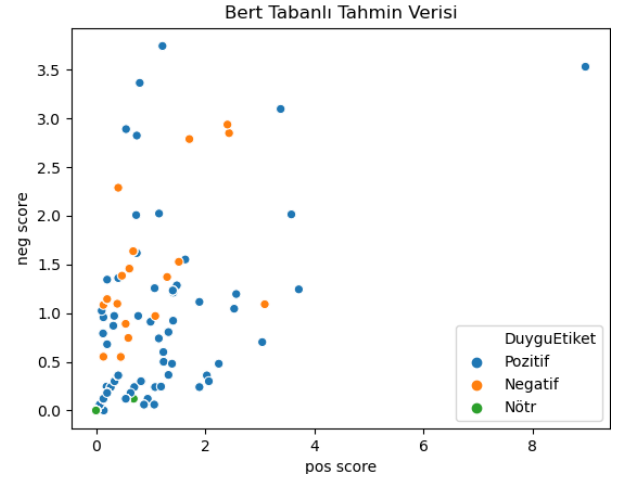


Şekil 3. Sözlük Tabanlı Tahmin Verisi

Sözlük temelli duygu analizi çoğu zaman doğru sonuçları üretmeyebilmektedir. Sözlük temelli duygu analizinin, kelimelerin olumlu, olumsuz puanlarına odaklanarak karar verme süreçlerini işletmesi, cümlede geçebilen ironileri yakalayamamasını neden olmaktadır. Bu nedenle daha tutarlı ve doğru sonuçlar üretebilen Bert bölütlere ayırma algoritması (Devlin vd., 2019) (Koksal, 2020), elde edilen eğitim ve test verilerine uygulanmıştır. Bert algoritmasının önemli özelliği, Türkçe’de kelimelerin bir cümlede hangi kelimelerle birlikte kullanıldığını, gösteren bir vektör dizisinden faydalanmasıdır. Çalışmada, Türkçe diline özel önceden eğitilmiş trmodel (Koksal, 2018) vektör dizisi kullanılmıştır.

Twitter mesajlarına Bert bölütlere ayırma algoritması uygulanarak, mesajlar olumlu, olumsuz olarak nitelendirilerek, Şekil 4. deki dağılım grafiğinde gösterilmiştir.

Grafikteki veriler incelendiğinde, korona virüs ile ilgili duygusal durum düzeyinde olumlu mesajların, olumsuz mesajlardan fazla olduğu görülmektedir. Toplam 4575 test mesajının, 3552 adedi olumlu çıkarken, 115 adedi olumsuz, 494 adedi tarafsız çıkmıştır. Mesajların, yaklaşık olarak %98’inin olumlu duygu içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Sağlık Bakanlığı verilerine göre, vakalarda yükseliş eğiliminin olduğu bir dönemde böyle bir sonuç, toplumun henüz salgının ciddiyetini kavrayamamış olması veya salgın olgusunu kanıksayarak, yeni normalde yaşama alışmaya başladığı olarak yorumlanabilir.



Şekil 4. Bert Tabanlı Tahmin Verisi

Öğrenme modelinin ürettiği sonuçlarla ilgili, doğruluk analizleri sonuçları Tablo 2. de görülmektedir. Modelin ürettiği değerlerin doğruluğunun 0.99 gibi, çok yüksek bir değer olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Bert Tabanlı Makine Öğrenmesi Modeli Değerlendirme Sonuçları

	duyarlılık	hatırlama	f1puan	destek
0	0.99	0.96	0.97	545
1	1.00	0.99	1.00	496
2	0.99	1.00	1.00	3534
doğruluk			0.99	4575
makro ortalama	0.99	0.98	0.99	4575
makro ortalama	0.99	0.99	0.99	4575

Literatürdeki benzer çalışmalarda elde edilen sonuçların doğruluk oranları aşağıda verilmiştir:

Samuel vd. Covid 19 duygu analizi konulu çalışmalarında, uzun tweetlerde %91,43 gibi yüksek bir doğrulukta sınıflandırma başarımı sağlamıştır. Uzun tweetlerde bu oran %57’ye düşmüştür (Samuel vd., 2020).

Sariman ve Mutaf’ın çalışmasında çeşitli ölçeklerde %91 ile %97 doğruluk aralığında sonuçlar elde edilmiştir. Kısıtlamalar dâhilinde başlangıçta olumsuz karşılanan uygulamaların ilerleyen zamanlarda olumlu karşılanmaya başladığı ifade edilmektedir (Sariman ve Mutaf, 2020).

Chakraborty vd. çalışmalarında tweet verilerini yayınladıkları tarihlere göre iki farklı veri kümesinde toplamışlardır. Birinci veri kümesinde olumlu duygu sonuçlarına ulaşırken, ikinci veri kümesinde olumsuz duygu sonuçlarına ulaşmışlardır. Analiz sonuçlarının doğruluk oranları,

veri kümelerine göre en yüksek %81 ve %75 olarak elde edilmiştir (Chakraborty vd.,2020).

Çalışmamızda %99 doğruluk oranı ile daha iyi bir sonuç elde edilmiştir.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışmada, korona virüs ile ilgili "korona" arama metniyle aranan twitter verileri toplanarak, mesajlar üzerinde duygu analizleri çalıştırılmıştır. Sözlük tabanlı, bert algoritması ve makine öğrenmesi yöntemleri ile duygu analizleri çalıştırılmış ve sonuçlar sunulmuştur.

Hem sözlük tabanlı hem bert temelli algoritmalarla geliştirilen duygu analizlerinde, olumlu mesajların sayısı, olumsuz mesajların 7 katı düzeyinde olmuştur. Bu sonuçların ışığında korona virüs konusunda toplumun moral düzeyinin yüksek olduğu sonucuna varılabilir. Son günlerde korona virüs salgınında bir yükseliş eğiliminin olduğu, açıklanan verilerden aşikârdır. Bu durumda moral düzeyinin yüksek olması, salgın farkındalığının oluşmaması, yeni normale uyum sağlama, ileriye yönelik umut verici gelişmelerin olması veya durumu kanıksama olarak açıklanabilir.

Analizden elde edilen sonuçların güvenilirliği çeşitli değerlendirme yöntemleri ile irdelenmiş olup, sözlük tabanlı algoritma için 1, bert için 0,98 olmak üzere, çok yüksek güvenilirlik sonuçlarına ulaşılmıştır. Çalışma verilerinde öğrenme ve test verisi olarak kullanılan tweet verilerinde duygu değerleri (y) sözlük tabanlı duygu analizi algoritması ile belirlenmiştir. Bu nedenle, sözlük tabanlı algoritmanın güvenilirlik değerleri yüksek çıkmıştır. Bu duygu değerlerinin başka bir şekilde hesaplanması daha güvenilir sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Yapılan çalışmada güncel tweet verileri incelenmiştir. Analize konu tweet verilerinin artırılması, örnek uzayını veri çeşitliliği ve kapsanan süre açısından zenginleştirecektir. Çeşitlilik açısından yüksek veri kümesi ile daha iyi sonuçlar elde edilebilecektir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Agarwal, A., Xie, B., Vovsha, I., Rambow, O., and Passonneau, R. (2011). Sentiment Analysis of Twitter Data. In Proceedings of the workshop on

Languages in Social Media, pp. 30-38. Association for Computational Linguistics.

Akgül E.S., Ertano C., Diri B. (2016). Twitter Verileri İle Duygu Analizi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, pp. 106-110, Volume 2, Issue 22.

Boğaziçi Üniversitesi, Türkçe için Kapsamlı Bir Duygu Analizi Çatısı Oluşturulması, <https://arastirma.boun.edu.tr/tr/proje/turkce-icin-kapsamli-bir-duygu-analizi-catisi-olusturulmasi>.

Bian J, Topaloglu U, Yu F. (2012). Towards Large-Scale Twitter Mining For Drug-Related Adverse Events. International Workshop on Smart Health and Wellbeing (SHB'12), Maui, Hawaii, USA.

Chakraborty K., Bhatia S., Bhattacharyya S., Platos J., and Bag R. (2020). Sentiment Analysis of COVID-19 Tweets by Deep Learning Classifiers - A Study to Show How Popularity is Affecting Accuracy in Social Media, Appl. Soft Comput. J., vol. 97, p. 106754, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106754.

Cluster WB, Dinh H, Cooper M. (2010). Naive Bayes and Unsupervised Artificial Neural Nets For Cancun Tourism Social Media Data Analysis. 2nd World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC). Kitakyushu, Fukuoka, Japan, 15-17.

Dehkharghani R., Saygin Y., Yanikoglu B., Oflazer K. (2015). SentiTurkNet: A Turkish Polarity Lexicon For Sentiment Analysis. Language Resources and Evaluation; 50 (3): 667-685. doi: 10.1007/s10579-015-9307-6

Devlin, J., Chang M.W., Lee, K., Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, arXiv:1810.04805v2.

De Choudhury, M., Counts, S. Horvitz, E. (2013). Predicting Postpartum Changes in Emotion and Behavior via Social Media. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Paris, France, 27 April–2 May 2013; pp. 3267–3276.

Fung, I. C.H. Yin, J. Pressley, K. D. Duke, C.H. Mo, C. Liang, H. Fu, K. W. Tse, Z. T. H. Hou, S. I. (2014).

- Pedagogical Demonstration of Twitter Data Analysis: A Case Study of World AIDS Day.
- He, W. Wu, H. Yan, G. Akula, V. Shen, J. (2015). A Novel Social Media Competitive Analytics Framework With Sentiment Benchmarks. *Inf. Manag.*, 52, 801–812.
- Kim, E. H. J. Jeong, Y. K. Kim, Y. Kang, K. Y. Song, M. (2016). Topic-based Content and Sentiment Analysis of Ebola Virus on Twitter and in The News. *J. Inf. Sci.*, 42, 763–781.
- Kiritchenko, S., Zhu, X., and Mohammad, S. M. (2014). Sentiment Analysis of Short Informal Texts. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 50, 723-762.
- Koksal, A. (2018). Eğitilmiş Türkçe Word2Vec Modeli, <https://libraries.io/github/akoksal/Turkish-Word2Vec##TO-DO##>.
- Koksal, A. (2020). Bert Türkçe Duygu Analizi, <https://github.com/akoksal/BERT-Sentiment-Analysis-Turkish>.
- Liu, B. (2010). Sentiment Analysis and Subjectivity, *Handbook of Natural Language Processing*, 2, 627–666.
- Nguyen LE, Wu P, Chan W, Peng W, Zhang Y. (2012). Predicting Collective Sentiment Dynamics From Time-Series Social Media. *Workshop on Issues of Sentiment Discovery and Opinion Mining (WISDOM '12)*, Beijing, China, 12.
- Onan, A. and Korukoğlu, S. (2016). A Review of Literature on The Use of Machine Learning Methods For Opinion Mining, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 22(2), 111–122.
- Özdeş, M. (2017). Büyük Veri Araçlarını Kullanarak Duygu Analizi Gerçekleştirimi. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özyurt, B. ve Akçayol. M. A. (2018). Fikir Madenciliği Ve Duygu Analizi, Yaklaşımlar, Yöntemler Üzerine Bir Araştırma. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*.6-4. 668-693.
- Powar, S., Kadam, U. and Salvi, T. (2018). Twitter Sentiment Analysis for Classifying Hate Tweets and Normal Tweets Using Logistic Regression and Naive Bayes Algorithm. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*.5-10. 371-373.
- Ravi, K.; Ravi, V. (2015). A Survey on Opinion Mining and Sentiment Analysis: Tasks, Approaches and Applications. *Knowl. Based Syst.*, 89, 14–46.
- Rosenthal, S., Farra, N., and Nakov, P. (2017). SemEval-2017 Task 4: Sentiment Analysis in Twitter. In *Proceedings of the 11th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval-2017)*, pp. 502-518.
- Samuel, J. Ali, G. G. M. N. Rahman, M. M. Esawi, E. Samuel, Y. (2020). COVID-19 Public Sentiment Insights and Machine Learning for Tweets Classification. *Information*, 11, 314. <https://doi.org/10.3390/info11060314>.
- Samuel, J. Holowczak, R. Benbunan-Fich, R. Levine, I. (2014). Automating Discovery of Dominance in Synchronous Computer-Mediated Communication. In *Proceedings of the 2014 47th IEEE Hawaii International Conference on System Sciences*, Waikoloa, HI, USA, 6–9; pp. 1804–1812.
- Sariman, G. ve Mutaf, E. (2020). Covid-19 Sürecinde Twitter Mesajlarının Duygu Analizi Sentiment Analysis Of Twitter Messages In Covis-19 Process. *Euroasia Journal of Mathematics Engineering Natural and Medical Sciences*. 7. 137-148.
- Saygın Y., *Metin Madenciliği: Temel Yöntemler ve Duygu Analizi Sabancı Üniversitesi*, http://akademikkamp.org/3_BAK/images/sunular/SIRINCE-YUCEL-SAYGIN.pdf.
- Seker, S. E (2016). Duygu Analizi (Sentimental Analysis), YBS Ansiklopedi www.YBSAnsiklopedi.com Cilt 3 Sayı 3, Eylül 2016, http://ybsansiklopedi.com/wp-content/uploads/2016/09/duygu_analizi.pdf.
- Szomszor M. N., Kostkova P., de Quincey, E. (2010). #Swineflu: Twitter predicts swine flu outbreak in 2009. *3rd International ICST Conference on Electronic Healthcare for the 21st Century (eHEALTH2010)*, Casablanca, Morocco, 13-15.

Türkmenoğlu, C. (2015). Türkçe Metinlerde Duygu Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ye, X. Li, S. Yang, X. Qin, C. (2016). Use of Social Media For The Detection and Analysis of Affective Diseases in China. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 5, 156.

Widener, M.J. Li, W. (2014). Using Geolocated Twitter Data To Monitor The Prevalence of Healthy and Unhealthy Food References Across The US. Appl. Geogr., 54, 189-197.

Wilson, T., Wiebe, J. Hoffmann, Pmesa. (2005). Recognizing Contextual Polarity in Phrase-Level Sentiment Analysis. In Proceedings of The Conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Processing, pp. 347-354. Association for Computational Linguistics.