

2023
iechci



Proceedings and Full Text Book

IECHCI2023 Conference was held in Hybrid mode 23-25 November 2023,
Erzurum, TURKIYE



Sabancı
Üniversitesi



Organizing Committee

Conference Chairman:

- Prof. Dr. Ömer Çomaklı, Rector, Atatürk University, Erzurum, Türkiye

Organizing Committee:

- Prof. Dr. Yüksel Göktaş, Software Engineering Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Kürşat Çağıltay, Faculty at the Department of Computer Science and Engineering, Sabancı University, İstanbul, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Ömer Koçak, Information and Document Management Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Sevda Küçük, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Ömer Arpacık, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Dr. Serkan Alkan, Design Factory, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye
- Lect. İsmail Kara, Big Data Management Office, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Lect. Emirhan Gülen, Distance Education Center, Bingöl University, Bingöl, Türkiye
- Shamil Humbatov, Azerbaijan State University of Economics, Digital Technologies and Applied Informatics Department, HCI.AZ Project Manager, Baku, Azerbaijan

Scientific Committee

- Prof. Dr. Kürşat Çağiltay, Faculty at the Department of Computer Science and Engineering, Sabancı University, İstanbul, Türkiye
- Prof. Dr. Yüksel Göktaş, Head of Department of Software Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Shamil Humbatov, Azerbaijan State University of Economics, Digital Technologies and Applied Informatics Department, HCI.AZ Project Manager, Baku, Azerbaijan
- Prof. Abzetdin Adamov, IEEE Azerbaijan Joint Chapter, ADA University, Azerbaijan
- Prof. Dr. Ahmet Burak Can, Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Arzu Çöltekin, Institute of Interactive Technologies, University of Applied Sciences and Arts, Northwestern Switzerland
- Prof. Dr. Bahar Baran, Computer Education and Instructional Technology Department, Dokuz Eylül University, İzmir, Türkiye
- Prof. Dr. Bekir Gür, Department of Educational Sciences, Hacettepe University, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Engin Kurşun, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Erman Yükseltürk, Computer Education and Instructional Technology, Kırıkkale University, Kırıkkale, Türkiye
- Prof. Dr. Hacer Karacan, Computer Engineering Department, Gazi University, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Hakan Tüzün, Computer Education and Instructional Technology Department, Hacettepe University, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Hatice Sancar Tokmak, Computer Education and Instructional Technology Department, Mersin University, Mersin, Türkiye
- Prof. Dr. Kerem Rızvanoğlu, Radio Television and Cinema Department, Galatasaray University, İstanbul, Türkiye
- Prof. Maxim Mozgovoy, Department of Computer Science and Engineering, The University of Aizu, Aizu-Wakamatsu, Japan
- Prof. Dr. Nergiz Çağiltay, Software Engineering Department, Atılım University, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Özgen Korkmaz, Department of Computer Engineering, Amasya University, Amasya, Türkiye
- Prof. Dr. Selim Balcısoy, Computer Science, Sabancı University, İstanbul, Türkiye

Scientific Committee

- Prof. Dr. Sevinç Gülseçen, Informatics Department, İstanbul University, İstanbul, Türkiye
- Prof. Dr. Tarlan Abdullayev, Vice-Rector, Odlar Yurdu University, Baku, Azerbaijan
- Assoc. Prof. Dr. Abdullatif Kaban, Department of Information Systems and Technologies, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Aida Mustafayeva, Chair, IT Department, Mingachevir State University, Mingachevir Azerbaijan
- Assoc. Prof. Dr. Aydın Kaya, Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Barış Özyer, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Bülent Gürsel Emiroğlu, Department of Computer Engineering, Kırıkkale University, Kırıkkale, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Cengiz Acartürk, Jagiellonian University, Poland
- Assoc. Prof. Çağlar Yıldırım, Khoury College of Computer Sciences at Northeastern University, US
- Assoc. Prof. Dr. Deniz Bedir, Faculty of Sport Sciences, Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Durmuş Özdemir, Department of Computer Engineering, Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Elena Susnea, "Carol I" National Defense University, Romania
- Assoc. Prof. Dr. Emine Şendurur, Computer Education and Instructional Technology Department, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Erol Özçelik, Department of Psychology Computer Engineering Department, Çankaya University, Ankara, Türkiye
- Assoc. Prof. Evrim Baran, Educational Technology & Human Computer Interaction, School of Education, Iowa State University, US
- Assoc. Prof. Fırat Soylu, Educational Studies, Program Coordinator, Educational Neuroscience BS Director, ELDEN Lab, The University of Alabama, US
- Assoc. Prof. Dr. Göknur Kaplan, Computer Education and Instructional Technology Department, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Gulshat Muhametjanova, Department of Applied Mathematics and Informatics, Kyrgyz-Turkish Manas University, Kyrgyzstan

Scientific Committee

- Assoc. Prof. Huseyin Dogan, Department of Computing and Informatics, Bournemouth University, Bournemouth, London
- Assoc. Prof. Dr. İdris Göksu , Educational Sciences, Mardin Artuklu University, Mardin, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. İlknur Reisoğlu, Computer Education and Instructional Technology Department, Recep Tayyip Erdoğan University, Rize, Türkiye
- Assoc. Prof. Kamala Oghuz, Process Automation Engineering Department, Baku High Oil School, Baku, Azerbaijan
- Assoc. Prof. Leon Abdillah, Department of Information Systems Coordinator of Research Center of ICT, Monash University, Australia
- Assoc. Prof. Dr. Levent Durdu, Computer Education and Instructional Technology, Kocaeli University, Kocaeli, Türkiye
- Assoc. Prof. Leyla Muradkhanli, Chair of Computer Science Department, Khazar University, Baku, Azerbaijan
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Baygın, Department of Computer Engineering, Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Hacıbeyoğlu, Department of Computer Engineering, Necmettin Erbakan University, Konya, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Kokoç, Computer Education and Instructional Technology, Trabzon University, Trabzon, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Üçgül, Computer Education and Instructional Technology, Kırıkkale University, Kırıkkale, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Nilgün Özdamar, Human Computer Interaction in Applied Education Joint Application and Research Center (ES-İBE) Eskişehir Technical University, Eskişehir, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Nuray Gedik, Computer Technologies, Eskişehir Technical University, Eskişehir, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Nuri Kara, Department of Digital Game Design, Istanbul Bilgi University, İstanbul, Türkiye
- Assoc. Prof. Otilia Clipa, Faculty of Science of Education, Ştefan cel Mare University of Suceava, Romania
- Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk İslim, Computer Education and Instructional Technology Department, Mersin University, Mersin, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Ömer Koçak, Information and Document Management Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye

Scientific Committee

- Assoc. Prof. Dr. Özcan Özyurt, Software Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Özlem Baydaş Önlü, Computer Education and Instructional Technology Department, Giresun University, Giresun, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Pınar Onay Durdu, Computer Engineering Department, Kocaeli University, Kocaeli, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Rabia Meryem Yılmaz, Department of Software Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Rahib Imamguluyev, Information Technology and Engineering Department, Odlar Yurdu University, Azerbaijan
- Assoc. Prof. Dr. Ramazan Yılmaz, Computer Technology and Information Systems, Bartın University, Bartın
- Assoc. Prof. Dr. Serdar Aydın, Management Information Systems, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Sevda Küçük, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Tarana Aliyeva, Department of Digital Technologies and Applied Informatics, Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
- Assoc. Prof. Dr. Türkan Karakuş Yılmaz, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Yavuz Inal, Department of Design, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway
- Assoc. Prof. Dr. Yasemin Gültepe, Department of Software Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Assoc. Prof. Yeliz Yesilada, Computer Engineering Department, Middle East Technical University, Northern Cyprus
- Assoc. Prof. Dr. Yusuf Yalçın İleri, Health Informatics, Necmettin Erbakan University, Konya, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Zeynep Turan, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Abdullah Ammar Karcıoğlu, Department of Software Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Ali Babapour Golezani, Department of Computer Technologies, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

Scientific Committee

- Asst. Prof. Dr. Bilal Usanmaz, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Alp Eren Yüce, Department of Computer Technologies, Dokuz Eylül University, İzmir, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Cengiz Gündüzalp, Department of Computer Technologies, Kafkas University, Kars, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Deniz Dal, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Erkan Er, Computer Education and Instructional Technology Department, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Esra Odabaş Yıldırım, Department of Software Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Faruk Baturalp Günay, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Filomena Faiella, Department of Humanities at the University of Salerno, Italy
- Asst. Prof. Dr. Gül Tokdemir, Computer Engineering Department, Çankaya University, Ankara, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Hamza Polat, Information Systems and Technologies, , Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Işıl Karabey Aksakallı, Department of Computer Engineering, Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Mete Yağanoğlu, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Meva Bayrak Karsli, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Murat Çoban, Computer Education and Instructional Technology Department, Ağrı İbrahim Çeçen University, Ağrı, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Nurullah Taş , Department of Information Systems and Technologies, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Olgun Sadık, Computer Education and Instructional Technology Department, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye
- Asst. Prof. Onuralp Armağan, Assistant Professor of Accounting, Sabancı University, İstanbul, Türkiye

Scientific Committee

- Asst. Prof. Dr. Ömer Arpacık, Computer Education and Instructional Technology Department, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Önder Yıldırım, Computer Technologies, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Sezin Eşfer Öndünç, Computer Education and Instructional Technology Department, Bahcesehir University, Istanbul, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Şeyma Yücel Altay, Department of Software Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Tayfun Yörük, Department of Management Information Systems, Akdeniz University, Antalya, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Tolga Aydın, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Yaşar Daşdemir, Computer Engineering, Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye
- Asst. Prof. Dr. Yusuf İslam Bolat, Digital Game Design, Kahramanmaraş İstiklal University, Kahramanmaraş, Türkiye
- Asst. Prof. Zeynep Sağır, Computer Sciences and Engineering / Software Engineering (CSE/SE), International University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
- Dr. Abdulkerim Aydın, Computer Education and Instructional Technology, Atatürk University, Erzurum, Türkiye
- Dr. Asif Pashayev, Dean, Azerbaijan University, Baku, Azerbaijan
- Dr. Ayşe Gül Kara Aydemir, Educational Sciences, Akdeniz University, Türkiye
- Dr. Berkan Çelik, Computer Education and Instructional Technology, Van Yuzuncu Yil University, Türkiye
- Dr. Berrin Doğusoy, Computer Education and Instructional Technology Department, Mersin University, Mersin, Türkiye
- Dr. Hasan Tınmaz, AI & Big Data Department, Woosong University, South Korea
- Dr. Serkan Alkan, Design Factory, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye
- Dr. Mehmet Dönmez, Computer Education and Instructional Technology Department, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye
- Dr. Memnüne Kokoç, Central Research Laboratory Application and Research Center, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye
- Dr. Wan Nooraishya Wan Ahmad, Faculty of Computing and Informatics, University Malaysia Sabah, F. T. Labuan, Malaysia
- Dr. Zafer Duraklı, Department of Computer Technologies, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

Table of contents

#	Paper Title	Page No
1	A Study of Supervised Clustering Methods for Optical Mouse Trajectory Data from Tap Strap 2	1
2	Analysis of the interaction of social networks and modern society: in case of Azerbaijan	8
3	Çok Sınıflı Cilt Lezyonlarının Sınıflandırılması için InceptionV3 ve EfficientNetB0 Modellerini Birleştiren Sınıflandırma Yöntemi	14
4	Kullanılabilirlik ve Erişilebilirlik Bağlamında Akademide Ableizm Üzerine Bir İnceleme	20
5	Typing in the Matrix: An Augmented Reality vs. Physical Keyboard Showdown	26
6	The Efficacy of Utilizing Kinect Studio for Academic Purposes in Human Anatomy Research	32
7	Enhancing Augmented Reality Precision with Leap Motion Technology	38
8	Enhancing Immersive 3D Experiences: The Role of Eye Tracking in Achieving Intuitiveness and Seamless Interaction	44
9	Enhancing Education Through Virtual Reality: A Focus on User Experience	50
10	Derin Öğrenme Yöntemi ile Görüntü Temelli Elektrik Teli Tespit ve Uyarı Sistemi	56
11	Öğrencilerin Canlı Çevrimiçi Derslerdeki Dikkat ve Duygu Değişimlerinin Görüntü İşleme Teknolojisiyle İncelenmesi	62
12	A Framework to Measure User Experience of Geoportals	79
13	A Feature Engineering Approach Based on the Data Gathered from a VR Environment Using Haptic Interface to Increase the Applicability of ML Methods	85
14	Modeling of the system for diagnosing asymmetry of the electromyographic signals using the correlation analysis method in the LabVIEW environment	90
15	Histopatolojik Görüntülerin Sınıflandırılması için ESA Tabanlı Yeni Bir Hibrit Ağ Mimarisi	95
16	A New Mobile-based Beauty Appointment Management Application System	100
17	A Preliminary Study on Student and Faculty Perspectives on Climate Crisis and AI in Higher Education	104
18	A Psychophysiological Investigation of How Visual Perceptual Skills and Interaction Experiences of Visual Communication Design Students Change: Which Eye Tracking and Electrodermal Activity Metrics to Use?	108
19	A Temporomandibular Joint Course with Metaverse Experience	112
20	Analysis and Modeling Automated Product Quality Control for Machine-building Industries	116
21	Kullanıcı Deneyiminin Yeşil Yazılım Mühendisliğine Etkisinin Araştırılması Üzerine Deneysel Bir Çalışma	120
22	Examining the Impact of a Mobile Augmented Reality-based Robotic Learning Application on K12 Students' Academic Achievement	124
23	Fen Bilimleri Eğitiminde Göz İzleme Tekniğinin Kullanıldığı Çalışmaların İncelenmesi	128

24	Hareket Temelli İşlemler Konusunda Yayınlanan Makalelerin Bibliyometrik Analizi	132
25	İnsan-kompüter Qarşılıqlı Əlaqəsinin Psixoloji Xüsusiyyətləri	135
26	User Experience Evaluation in Metaverse for People with Visual Impairment: Data Gathering	138
27	Etkili Arayüz Tasarımında Zamannın İzinde: 1986'dan Günümüze Kullanılabilirlik Testleri	141
28	Review of Social Collaborative Tool used in The Open Society University Network	144
29	Yeni Nesil Sorulara Yönelik Etkileşimli 3D Fen Modelleme Materyalin Kullanılabilirliği	146
30	CoSpaces ile Programlama Öğretiminde Kodlama Becerilerini Yordayan Değişkenlerin İncelenmesi	148
31	Development of Novel Energy Production System in Sports	150
32	EEG Tabanlı Duygu Tanıma için DREAMER Veri Kümesinin Analizi	152
33	Examining Patterns in Puzzle and Trivia Type of Hyper-Casual Games: An Eye Tracking Study	154
34	MagniVR: Design & Analysis of Low Vision Accessibility Tool For Virtual Reality	156
35	Mentor or Boss: The AI Effect on Decision-Making	158
36	Prediction of University Students' Difficulty Level for Learning Management System (LMS) Using Machine Learning Techniques	160
37	Unlocking the Potential of Virtual Reality in Education: Insights from Teachers and Recommendations for Integration	162
38	User Interface Design For Fire Emergency Response	164
39	Exploring the Ethics of Emotion Computing in K-12 Education: Understanding Adolescents' Interaction with Generative AI	166
40	Exploring Educational Technologists' Usability Heuristics on a Mobile Assistive Technology Hub	168
41	Müze Sanal Turu Sürecinde Görev Tipinin Bilişsel Yük ve Hatırlama Üzerindeki Etkisi	169
42	Yapay Zekannın Turizmi Kolaylaştırılması: Kültür Turizmi	170



iechci.info



A Study of Supervised Clustering Methods for Optical Mouse Trajectory Data from Tap Strap 2

Tauheed Khan Mohd

School of Information Security and Applied Computing
Eastern Michigan University
Ypsilanti, Michigan, USA
tkhamoh@emich.edu

Motti Kelbessa *Computer*

Science Department Augustana
College
Rock Island, Illinois, USA
mottikelbessa21@augustana.edu

Luke Heinrichs *Computer*

Science Department Augustana
College
Rock Island, Illinois, USA
lukeheinrichs21@augustana.edu

Ryan Freas

Computer Science Department
Augustana College
Rock Island, Illinois, USA
ryanfreas19@augustana.edu

Abstract—Abstract: This paper presents a study on the use of the Tap Strap 2 input device for creative applications. The Tap Strap 2 is a wearable device that allows users to input commands through a combination of finger taps. While the device has been marketed as a versatile input solution for a wide range of devices, we argue that it is not well-suited for everyday use, and that its main target audience is hobbyists and creatives. Our paper has two main goals: (1) to devise unique functionality for the Tap Strap 2 beyond that which is advertised by the manufacturer, and (2) to perform an analysis of the learning curve associated with learning the tap combinations of the Tap Strap 2. To achieve the first goal, we train a trajectory clustering machine learning (ML) model that can recognize gestures that resemble dial rotation, using trajectory data from the optical mouse sensor of the Tap Strap 2. Overall, the paper aims to demonstrate how the Tap Strap 2 can be used to expand the creative/artistic repertoire of hobbyists and creatives without the need for expensive specialized devices.

Index Terms—trajectory analysis, Tap Strap 2, SVM, CNN

I. INTRODUCTION

Computer Science is a very diverse field of study with many areas to explore. One of the fastest growing areas of this industry is human-computer interaction, or HCI. This area of computer science essentially focuses on the design of computer technology and how we can interact with these devices. Examples of this technology include the QWERTY keyboard, the smartwatch, and Virtual Reality machines [1]. The focus of our paper will be aimed at a family of devices that combine the functions of a computer mouse, a device that controls a cursor in a GUI, as well as a keyboard, an input device used to enter characters into a computer system. These devices are colloquially known as ‘all in one devices.’ Some examples, among many, of such devices are the Twiddler, the TapXR Bracelet, the Aula Excalibur One-Handed Mechanical Gaming Keyboard and Razer Tartarus v2 Gaming Keypad. One of these devices in particular, the Tap Strap, will be the focus of this paper.

Before we had the privilege of combining both the mouse and the keyboard into one device, they existed separately during their conception in the early 1960s. These devices stayed relatively the same through their different iterations up until the early 1990s when the company HandyKey Corporation quietly released the first version of an all-in-one mouse and keyboard combination. Their device, called the Twiddler, was marketed as a next generation input device that allowed someone to type with a single hand. The next huge innovation came in the mid-2000’s during the dawn of Bluetooth technology. In 2003, apple released both the first wireless keyboard and wireless mouse. This represented a huge milestone in the tech industry, as this level of convenience was an extremely valuable commodity that every company wanted to obtain [2].

Subsequently, in 2019, a startup company called Tap Systems Inc. attempted to address the vast market opportunity of gadgets for virtual reality and smart wearables. Tap Strap 1 is a device that allows users to type characters by registering finger tap combinations by incorporating five different accelerometers and a gyroscope on a string of Thermoplastic Polyurethane (TPU) rings. The finger tap combinations are then processed by a computer chip located in the thumb ring of the Tap Strap, which then outputs the resulting letter or text as output. In addition, the thumb finger of the Tap Strap also features a 500 DPI (dots per inch) sensor, allowing the device to also be used as a mouse. The combination of these two functionalities allows for a wide range of use cases, including language independence, ambidextrous use, key mapping customization, and multi-platform interaction [3].

Despite its capabilities and the praise it received as an interaction solution that empowers people with visual impairment or limited mobility, Tap Strap 1 received significant feedback from customers and stakeholders that the device needed significant refinement before it could be considered a competitor to the ubiquitous keyboard and mouse. Then came,

Tap Strap 2; unlike its predecessor, it included Air Gestures for swipes and gesture based media controls, an optical sensor with higher sensitivity (1000 DPI), improved battery life (2 hour advertised improvement), more ergonomic redesign of the thumb rest, and improved software and responsiveness. In essence, this successor addressed all the technical concerns that the customer had with their previous generation device. However, despite these improvements, Tap Strap 2 was not a commercial success either. At initial launch in 2019, the Tap Strap 2 was priced at \$200, \$20 more than its predecessor [4]. The retail price even reached a high of \$ 249 in the first 3 quarters of 2022 [5]. This launching price made the Tap Strap 2 a very expensive computer interaction device which was priced higher than many premium keyboards and mice. Even with the technical improvements, Tap Strap 2 inherited its predecessor’s steep learning curve, making it difficult for users to learn and use the tap combinations. The gestures, i.e. tap combinations, were forced onto the user, the tap reads weren’t as accurate as the ubiquitous keyboard and mouse, and, most of all, it was uncomfortable to wear and remove.

Just as Matt Jancer outlines in his article, *Review: Tap Strap 2 Input Device*, there is an argument to be made that the Tap Strap 2 is a wearable not meant for the day-to-day work life, but is rather ideal for situations when you are interacting with devices that don’t have traditional peripherals such as gaming consoles, VR headsets, streaming devices and such. Yet, just like Jacer, we prefer using the default input system provided by the respective device. The Tap Strap 2 is just too cumbersome. As impressive a piece of technology as it is, for the non-hobbyist user, the Tap Strap 2 is “an answer in search of a question” [6]. And that is the audience that we’d like to specifically focus the efforts of our work on, the hobbyist and the prospective creative.

Our paper has two goals: (1) devise a unique functionality for the Tap Strap 2 beyond that which is advertised by Tap Inc., (2) perform an analysis of the learning curve associated with learning the tap combinations of Tap Strap 2 (§II-A3). With regard to our first goal, we are attempted to train a prototype for a trajectory mapping machine Learning (ML) model trained to recognize gestures that resemble dial rotation using data from the optical mouse sensor of the Tap Strap 2. The idea behind training such a model is to add additional functionality that the Tap Strap 2 could provide for creative tools or software such as Ableton Live, Adobe Premier, Adobe Photoshop, Blender, and/or Davinci Resolve. Specialized devices that already provide dial functionality to the aforementioned software are the Blackmagic Mini Panel, the Blackmagic Design Editor Keyboard, or the Tangent Ripple. If this prototype succeeds, our goal is to both to use predictions of our ML algorithm to use the Tap Strap as an alternative for the previously mentioned devices and demonstrate this via a simple GUI intended to mimic certain functionality within the aforementioned software. By doing this, we hope to provide a functionality for Tap Strap 2 that allows a prospective creative to expand their creative/artistic repertoire without necessarily having to buy expensive creative devices from the onset.

The paper is organized as follows. We start by describing prior work done in replacement/augmentative computer interaction technology and related work on trajectory analysis (§II). We then describe the data collected using Tap’s Python SDK package¹, our methodology for choosing specific data points, and the preprocessing techniques we used (§IV). This is then followed by our experimental approach, in which we train prospective classification models and detail the development of a simple GUI we use to demonstrate the gesture functionality (§V). We then present the results of our approach along with a discussion about alternative computer interaction devices (§VI). Lastly, we make the limitations of our work clear and explore future improvements that can be done to improve our results (§VII).

II. RELATED WORK TECHNOLOGY

A. Wearables and All-in-ones

While Tap created a unique product with the Tap Strap 2, many other companies continue to expand in the HCI industry with a priority in efficiency and ergonomics. The use of a standard mouse and QWERTY keyboard continue to dominate computer and human interaction; however, some companies believe that the use of a different form factor may allow for a more comfortable and convenient working experience without a loss in work efficiency. In order to understand the potential of these devices, it is important to acknowledge the designs and features of some other wearable and all-in one devices.

1) *Tap XR*: Following the release of the Tap Strap 2, Tap has been developing its newest take on wearable technology called the Tap XR. Unlike its predecessor, this device is worn on the wrist, rather than around each finger to accomplish a design that is more comfortable to wear. Using a retractable sensor, it tracks the movements of each finger, allowing for similar functionality as the Tap Strap 2. However, due to its new design, the device only functions as a keyboard and controller. Mouse movements are now replaced with controller-based options, meaning the device will be incompatible with some applications. The Tap XR has a planned release in quarter one 2023 alongside open-source development kits available for additional implementation.

2) *Twiddler 3*: Released in 2014, Tek Gear’s device, called Twiddler 3, was created to bring the functionality of a full keyboard into a compact form factor. The keyboard is designed to be used with one hand and features alphabetic keys on the side, similar to a phone keypad, and function keys to switch letters. The mouse is controlled using an eight-directional joystick on the top of the device. The Twiddler 3 offers both Bluetooth 2.0 and USB connectivity options, and with practice, users can achieve a typing speed of 30-60 wpm, with the potential to reach up to 260 wpm using macros. The device’s documentation has been continuously updated.

3) *Azeron Cyro*: In April 2023, Azeron, a company that specializes in gaming peripherals, will release the Azeron Cyro, an all-in-one mouse and keypad designed specifically for

¹<https://github.com/TapWithUs/tap-python-sdk>

gaming. The device prioritizes comfort and ease of use, with a design that places the hand in a natural grip and an adjustable strap that holds the hand securely in place. The Cyro also features a joystick on the top of the device, which allows for omnidirectional movement, as well as a 5-way switch that can be easily accessed with the thumb. Along the side, there are 16 blank keys, which are available to all other fingers. This allows for a wide range of customization options, enabling users to assign different commands and macros to the keys, thereby allowing both keyboard and mouse functionality at the same time. However, due to the lack of buttons, the Cyro is not intended for typing. Instead, it is designed for gaming. With this in mind, the device will connect to a computer USB for a faster connection.

While all these aim to replace a mouse and keyboard, their differences in design allow for different and specialized use cases. However, due to the complexity and customizable focus within these products, users are required to learn a new method of typing, decreasing initial efficiency. In a study conducted by Aalto University and the University of Cambridge, the average words per minute among normal users when typing was 52. However, those professionally trained averaged between 70 and 90 with a maximum of 120 [7]. When comparing the estimated typing speed given by Tap and Tek Gear, both the Tap Strap 2 and Twiddler fall under the average words per minute of experienced typists at between 30 and 60. However, with their Bluetooth connectivity and small size, these devices also advertise their use on mobile devices such as tablets and phones. According to a similar study, users typing on a mobile screen achieved an average of 36.17 words per minute, with a high of over 80 [8]. When comparing these average words per minute to the advertised speeds from Tap and Tek Gear, both devices claim that users will be able to type within this average as seen in our graph in Fig. 1. With this, we believe the Tap Strap 2 may successfully replace a keyboard and mouse for some users; however, using its other sensors, it is capable of more.

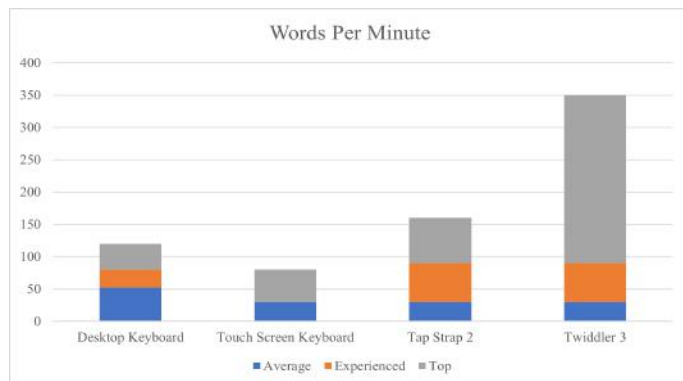


Fig. 1. Words per minute across devices

B. Related Work on Trajectory Mapping/Analysis

Before quoting research that looks at trajectory classification, a brief introduction on trajectory mapping/analysis might be necessary. Trajectory analysis is a method used to study the behavior of a system or an object over time. This can include analyzing the movement of a physical object, such as a vehicle or animal, or the progression of a system or process, such as the spread of a disease or the behavior of a stock market. The goal of trajectory analysis is to understand the underlying patterns and trends in the data and to use this knowledge to make predictions or identify areas of concern. Machine learning techniques, such as time series analysis and predictive modeling, are often used to analyze trajectories and make predictions. Trajectory analysis is commonly used in fields such as robotics, transportation, and finance.

As noted by Teatini [9], examining a limited trajectory to identify a familiar pattern is similar in a sense to a character recognition problem. The field of image classification and computer vision for character recognition has a wealth of research and publications. Many of these studies are centered around the MNIST database of handwritten digits created by LeCun et al. This database contains 70,000 images of handwritten digits (0-9) drawn in black on a white background, making it the most frequently used dataset for training machine learning and deep learning models for character recognition tasks. Based on this database, Simard et al. [10] provide guidelines for using convolutional neural networks (CNNs) in visual document analysis. They stress the importance of having a large dataset and demonstrate the superiority of CNNs over fully connected architectures for this task. Cireşan et al. [11] explore the use of deep, large, and simple neural networks for handwritten digit recognition. The authors test various neural network architectures on the MNIST database of handwritten digits and show that deep, big, simple neural networks can achieve high accuracy rates. In addition, they achieved one of the highest classification accuracy rates on the MNIST database, reaching 99.65%. They believe that a simple multi-layer perceptron with backpropagation, many hidden layers, a high number of neurons, and ample computational power is sufficient to obtain remarkable results.

III. AVAILABLE DEVELOPMENT TOOLS

In order for the Tap Strap 2 to discern different taps and combinations, each finger is assigned an increasing integer value doubling for each finger starting at 1; the thumb is assigned 1, the index is assigned 2, the middle is assigned 4, the ring is assigned 8, and the pinky is assigned 16. Using these values, the Tap Strap is able to assign each combination of finger presses to a unique integer. However, each finger and combination allow for double and triple taps by comparing the current tap data with the previous within a small window of time. However, the maximum time in between each tap in which the device can register is 65535 milliseconds and cannot be adjusted beyond that [12]. These integer values and combinations can then be translated into letters as seen in the out of box Tap Strap, but using code, these integers can be

reassigned for multiple uses. The device also utilizes an optical sensor on the thumb in order to track mouse movements. The sensor works on a two-dimensional coordinate plane, in which it reports the change in its x and y position relative to its previous position. Tap has released three official Software Development Kits (SDKs) for developers programming for Windows, IOS, and Android; a unity plugin is also available. However, because these SDKs are open source, a python SDK is also available for developers to use. Using this, the Tap Strap 2 can be used in four different modes: text mode (which allows for normal keyboard and mouse operation), controller mode (where all input is sent directly to the SDK), text and controller mode (where the Tap Strap 2 functions as a mouse and keyboard while also sending data to the SDK), and raw data mode (which sends raw sensor data to the SDK) (§1).

IV. SENSOR DATA COLLECTION

As mentioned prior, we are using Tap’s Python SDK to extract raw sensor data intended for the training and evaluation of our trajectory mapping model. As mentioned in the previous section, this SDK allows us to send and receive data and events by establishing a Bluetooth Low-Energy (BLE) connection with the Tap Strap 2. This allows us to get raw data from the sensors embedded within the Tap Strap 2. As noted by Mrazek et al. in their work on the input accuracy of Tap Strap 2, Tap’s Python SDK doesn’t allow us to obtain sensor data and interpreted input simultaneously [13]. However, this isn’t much of an issue to our work, since the circular gestures we are intending to get data for are novel to Tap Strap 2’s internal firmware. This makes the firmware-based interpretation of our gestures unimportant in labeling the optical mouse sensor data. Therefore, we labelled all the data points manually.

We collected data in the following manner. First, we wrote a Python script, using the Tap’s Python SDK with the input mode set to “controller and text” (where the Tap Strap 2 functions as a mouse and keyboard while also sending data to the SDK) to dump mouse movement data, i.e. relative (x, y) coordinates into a CSV file. Since the gestures we would like to train our trajectory analysis/mapping model to recognize mimic the rotation of a dial, we recorded circular relative (x, y) coordinates by tracing curved geometric shapes that resemble a circle such as an ellipse, a cardioid, circles, ovals, and ellipses. To record such data points, with the script running in VS Code (version 1.72.2) and the Tap Strap 2 worn on the right hand, we traced the aforementioned circular paths of different sizes in a Word document: picture show in Fig.2. We traced these circular paths both in clockwise and counter-clockwise direction because this resulted in a significant difference in the shape of the traced path, although paths drawn in either direction belonged to the same trajectory class-class circle. This was repeated 100 times in each direction. Although these trajectories were traced, the circular shapes produced were in no way a perfect trace of the path in the Word document.

In addition, considering that random mouse movements such as side to side, up and down, or zig zag movements could result in false positives, we recorded 100 data points for

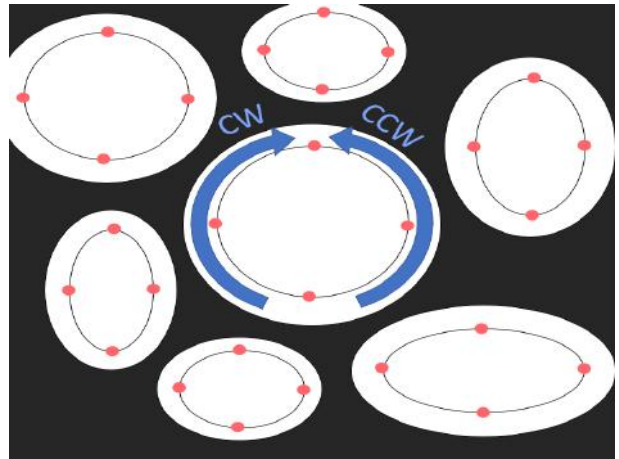


Fig. 2. Tracing paths used to record data mouse movement data

random movements in both clockwise and counter-clockwise direction. In total, we recorded 300 pairs (meaning an x and y for each) of relative coordinates separated into three CSV files: one for circular paths traced in a clockwise direction, one for circular paths traced in a counter-clockwise direction, and one for random movements. Since these data points were acquired from an optical sensor, each sample contains the (x, y) coordinates of the moving object at every instant relative to the origin. This makes it difficult to handle for classification tasks and necessitates some pre-processing.

Mainly, pre-processing our data encompassed two main aspects: changing the trajectory coordinates from relative to non-relative, and then transforming the feature space or normalizing the (x, y) trajectory coordinates. The first of these involved setting (0, 0) as a starting point for each pair of trajectory data and adding each subsequent record of the relative coordinate pair (both x and y) to the one before it. The next aspect of our pre-processing techniques involved centering the both x and y coordinates around zero, which was done using this equation for Z-score:

$$z = \frac{(\mathbf{x} - \mu)}{\sigma} \quad (1)$$

where \mathbf{x} is a 2D-array (2 columns) of x and y coordinates from our sample, μ is the mean of the sample, and σ is the standard deviation of the sample. Z-score normalization was implemented using the *StandardScaler* from the Scikit Learn library [14].

Additionally, since our task involved the classification of trajectories into predefined classes, a visual representation of these trajectory paths would make the task of classification a visual pattern recognition problem which is very easy to approach. Based on this idea, we plotted the normalized coordinates for the trajectory paths and resized the plots into a 150x150 3-dimensional ndarray using the *resize* function from the *transform* module of the Scikit-image library [15]. These new images then became our new dataset. 80% of the dataset was used to create the training set, while the remaining 20% was used to create the test set.

V. APPROACH

This subsection will provide a more detailed explanation of how the methods were used, as well as the associated steps and choices. Our experimental setup is composed of 2 distinct parts: (1) training a binary SVM classification model to discern between relevant and irrelevant gestures, (2) a simple software intended to demonstrate the functionality we introduced in the introduction section (§I).

A. Gesture Classification

1) *Support Vector Machine (SVM Classification)*: The method that we chose for our implementation is a widely used machine learning algorithm, which is the Support Vector Machine (SVM). SVMs find the best boundary (or "hyperplane") that separates the different classes in a dataset by choosing a boundary that maximizes the margin between classes [16]. In our case, SVMs are particularly useful where the data is not linearly separable, meaning that a straight line cannot be used to separate the classes. In these cases, SVMs use a technique called the kernel trick to transform the data into a higher-dimensional space, where it may become linearly separable [17] [18].

We implemented the binary class classification task using Scikit Learns SVM algorithms [14]. We chose an SVM with RBF kernel function for the binary class classification task, and its main parameters, the regularization parameter C and the free parameter of the kernel function γ (gamma), were tuned using Grid search.

B. Implementing the Tap SDK

For our use case, we will be using controller mode, as it disables the normal text output of the device and sends all its information to the SDK. With the Tap Strap sending all of its data to the SDK, we are able to take the integer values assigned to each finger and associate them with functions and objects we have created. Each finger contains a name, an assigned function, and the tap code sent from the Tap Strap. Using this, users are able to assign a use case to each individual finger and label it with a corresponding name. When a finger is pressed down, our prototype will identify which finger to activate and give a vibration as feedback that the input has been registered. It will then send the corresponding function to a designated destination. While Tap has developed its own mapping tool in which users can remap their Tap Strap 2, creating our own allows for easier cooperation of data between both the tapping and optical sensor we will be using. To activate the device, the user must tap the index, middle, ring, and pinky finger at the same time; doing so will allow the functionality activation to be toggled on and off quickly as to avoid accidental presses while using a mouse and keyboard. When a finger is tapped, it will activate a feature and allow the optical sensor to send input, meaning the sensor will not interfere with one's work until it is specifically needed. Once activated, the user will be able to increase and decrease the values of the selected function's tool using gestures that resemble the rotation of a dial. When a user completes a full motion of a circle using

the optical sensor, the prototype will increase or decrease the value of the currently selected setting. The interval value is adjustable, allowing the user to quickly manage values at a higher or lower rate of change. When the user is done, they can simply deactivate the device using the same four-finger combination above. With these implementations, we believe the Tap Strap 2 may serve as a suitable device for increasing productivity while working alongside a traditional mouse and keyboard.

C. Tap Strap GUI

To showcase the new features we created for the device, we created a functional GUI using the python framework named tkinter². This is the only framework that is built into the standard Python library. Although this framework may lack the modern sheen of alternative GUI packages, it prioritizes functionality and having a modest learning curve. We first worked on linking our Tap Strap device to our GUI to display inputs fed into it from the device. From there, we created four different text fields to display the Tap Strap inputs corresponding to the text fields present in common photo editing apps such as Adobe Photoshop: altering the hue saturation curve, applying color correction, adjusting shadows, and adjusting exposure. Each of these fields had its corresponding label on top of it. We also include an additional text field to keep track of and modify the "Offset Value" by which the values in the text fields are updated. We also included a widget at the top of our GUI to display whether the Bluetooth connection between the Tap Strap 2 and the SDK was correctly established or not.

VI. RESULTS AND DISCUSSION

A test sample was assigned to each of the binary classes during the classification process. The optimal grid search parameters were found to be $C = 0.1$ and $\gamma = 0.0001$, yielding a validation accuracy of 100%. A classification metrics report table for the binary classification SVM is shown in Table I.

TABLE I
CLASSIFICATION METRICS FOR BINARY CLASSIFICATION SVM.

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	40
1	1.00	1.00	1.00	20
accuracy			1.00	60
macro avg	1.00	1.00	1.00	60
weighted avg	1.00	1.00	1.00	60

In Table I precision, recall, F-measure, and support for each class. For precision, which is the classifier's ability to not label a negative sample as positive, our model scored a 1.0 for both labels. For recall, which is the ability of the classifier to find all positive samples in the data, had a score of 1.0 for both labels. The harmonic mean of precision and recall, F-beta score, was also 1 for our model.

²<https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>

VII. LIMITATIONS AND FUTURE WORK

The limitation of our work could be classified into two parts: data dependence and fatigue caused by repetitive circular gestures.

A. Data Dependence

In general, trajectory analysis/classification can be approached from two different viewpoints. On one hand, there is a data-driven approach that aims to classify trajectories by grouping similar ones and identifying outliers, which is the focus of our project. On the other hand, the second viewpoint aims to categorize trajectories into predefined categories or classes [9]. Each of these has its own limitations, but in our case, the data dependence of the viewpoint we chose might be the biggest limitation. It may not generalize to other datasets, and a trend discovered in our data may not be what is desired for someone else. Furthermore, it is difficult to determine whether the clusters discovered in our work are meaningful or merely an artifact of the data we collected [19]. Therefore, although our results work well for our use case, there is no guarantee that our trajectory clustering model identifies the desired trends or patterns in any other data set or use case.

To improve the results of our study, we aspire to incorporate the following aspects in our future work, among many others: Use a large and diverse dataset [20], use advanced machine learning techniques such as Convolutional Neural Networks (CNN) or even an SVM cascade, incorporate domain knowledge to improve the interpretability of our results, handling missing and noisy data [21], incorporating temporal information, incorporating spatial information, evaluating the results with better metrics, and using ensemble methods.

B. Physical Fatigue

Although the gesture we trained our trajectory classification model on mimics that of a dial, its resulting output the gesture we trained for doesn't mimic the output behavior of a normal dial. On most electronic devices such as a lamp or a speaker, a dial is made of a variable resistor such as a potentiometer on which a full rotation of the shaft corresponds to a full range of resistance, going from minimum to maximum resistance. And even more specifically, for example, a potentiometer with a range of 0-100k ohms, when turned by 90 degrees or by a quarter of a circle, will change the resistance by $90/360 \cdot 100k = 25k$ ohms. Compared to our implementation of a gesture-based dial, this seems much more efficient and would cause less fatigue.

Therefore, for future iterations of our work, we would like to evaluate the prospect of training a trajectory clustering model that recognizes paths that resemble the arc of a circle instead of a fully circular path. This might reduce the physical fatigue caused by making multiple circular movements, while also providing finer control to the user.

REFERENCES

- [1] N. Roussel, "Looking back: a very brief history of hci," *Unpublished working draft*, pp. 1–2, 2014.
- [2] P. Suresh, J. V. Daniel, V. Parthasarathy, and R. Aswathy, "A state of the art review on the internet of things (iot) history, technology and fields of deployment," in *2014 International conference on science engineering and management research (ICSEMR)*, pp. 1–8, IEEE, 2014.
- [3] "Tap strap 1 keyboard wearable," Jan 2023.
- [4] B. Levin, "The tap strap 2 turns your hand into a keyboard and mouse | cnn underscored," Dec 2019.
- [5] K. Keepa, "Amazon price tracker," 2021.
- [6] M. Jancer, "Review: Tap strap 2 input device," May 2020.
- [7] V. Dhakal, A. M. Feit, P. O. Kristensson, and A. Oulasvirta, "Observations on typing from 136 million keystrokes," in *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, (New York, NY, USA), p. 1–12, Association for Computing Machinery, 2018.
- [8] K. Palin, A. M. Feit, S. Kim, P. O. Kristensson, and A. Oulasvirta, "How do people type on mobile devices? observations from a study with 37,000 volunteers," in *Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '19, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2019.
- [9] A. Teatini, "Movement trajectory classification using supervised machine learning," 2019.
- [10] P. Y. Simard, D. Steinkraus, J. C. Platt, *et al.*, "Best practices for convolutional neural networks applied to visual document analysis.," in *Icdar*, vol. 3, Edinburgh, 2003.
- [11] D. C. Cireşan, U. Meier, L. M. Gambardella, and J. Schmidhuber, "Deep, big, simple neural nets for handwritten digit recognition," *Neural computation*, vol. 22, no. 12, pp. 3207–3220, 2010.
- [12] T. S. Incorporated, "Tap ble api documentation," 2019.
- [13] K. Mrazek and T. Khan Mohd, *Using LSTM Models on Accelerometer Data to Improve Accuracy of Tap Strap 2 Wearable Keyboard*, pp. 27–38. 01 2022.
- [14] F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot, and E. Duchesnay, "Scikit-learn: Machine learning in Python," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.
- [15] S. Van der Walt, J. L. Schönberger, J. Nunez-Iglesias, F. Boulogne, J. D. Warner, N. Yager, E. Gouillart, and T. Yu, "scikit-image: image processing in python," *PeerJ*, vol. 2, p. e453, 2014.
- [16] S. Yue, P. Li, and P. Hao, "Svm classification:its contents and challenges," *Applied Mathematics*, vol. 18, pp. 332–342, 09 2003.
- [17] D. Wilimitis, "The kernel trick," Feb 2019.
- [18] M. Hofmann, "Support vector machines-kernels and the kernel trick," *Notes*, vol. 26, no. 3, pp. 1–16, 2006.
- [19] J. Bian, D. Tian, Y. Tang, and D. Tao, "A survey on tra-

- jectory clustering analysis,” *CoRR*, vol. abs/1802.06971, 2018.
- [20] Z. Feng and Y. Zhu, “A survey on trajectory data mining: Techniques and applications,” *IEEE Access*, vol. 4, pp. 2056–2067, 2016.
- [21] A. Zonta, “Handling noise and missing values in sensory data,” Jun 2019.

Analysis of the interaction of social networks and modern society: in case of Azerbaijan

Tarana Aliyeva
Digital Technologies and Applied
Informatics
Azerbaijan State University of
Economics (UNEC)

Kursat Cagiltay
Faculty of Engineering and Natural
Sciences
Sabancı University
Istanbul, Turkey

Nergiz Ercil Cagiltay Faculty of
Software Engineering
Cankaya University
Ankara, Turkey
[necagiltay\[at\]cankaya.edu.tr](mailto:necagiltay[at]cankaya.edu.tr)

The Digital Economy Research Center
Azerbaijan State University of
Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
tarana.aliyeva@unec.edu.az

The Digital Economy Research Center
Azerbaijan State University of
Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
kursat.cagiltay@sabanciuniv.edu

Abstract — Recently, social networks are increasingly becoming a part of most people's lives. It is difficult to imagine society as a whole without communication, virtual space, social networks and the Internet. Such penetration, loading and addiction to the virtual space does not affect a person's life from many aspects, such as physical and psychological health, interpersonal relationships, self-esteem and self-awareness. In this regard, the popularity of social networks and the Internet phenomenon always brings their study to the fore as an object of research. The article examines the development process of social networks as one of the most convenient ways of remote interaction between users and modern communication. Based on data obtained from global sources, important statistical indicators on the behavior of Azerbaijani users in popular social networks and the results of a survey on the use of the Internet as an important source of information by a selected group of users are analyzed.

Keywords — analysis, social networks, statistical indicators, Internet

I. INTRODUCTION

Social networks (SN) are a unique phenomenon of the 21st century, which has firmly entered people's lives and began to take shape with the development and popularization of the Internet as a whole. The relevance of the topic of this study is due, first of all, to the fact that it is impossible to imagine modern communication without social networks. Today it is difficult to find a person who does not have an account in one of the popular SN. Almost everyone logs into their favorite SN every day, scrolls through the news feed, chats with friends, watches videos, listens to music. But few people think that SN is not just a site for communication, but an online platform with an expanded set of functions and capabilities.

The theoretical concept of their creation was outlined by mathematicians in the 1950-1960s. The term "social network" was formulated and introduced in 1954. However, despite the appearance of the first computers in the world, for a long time they existed only in theory. The networking concept is a very common process in new media. The SN enables interaction between the parties using it. Network communication is characterized by features such as globality, virtuality, interactivity, creativity, anonymity and chaos. This process includes many things: from any charity event to brand advertising.

The process of spreading SN, which have become an integral part of our modern life, over a wide area began in the 90s of the twentieth century. The first, more or less similar to SN, named classmates.com, appeared in 1995, visited by

students and students of various educational institutions in the United States. 2 years later, the website sixdegrees.com appeared on the Internet, which had a design and functions more familiar to modern users. Registration was available on it, it was possible to create a profile, add friends and communicate with them. Networks in the form in which we are accustomed to seeing them began to appear starting in 2000, such as Linked In (2002), Facebook (2004), Twitter (2006), as well as other popular SN. After that, the number of SN constantly increased, due to the development of technology, their functionality expanded, and the interface became more convenient for participants, entertainment and business..

SN were visible in the first period in Azerbaijan in the form of local "chat" sites. Later, with the advent of international social trends such as Facebook and Instagram, which operate in a broader format than these sites, chat sites were gradually suppressed. It was after this that initiatives to create national SN called Friendpy, Freestack and Equby appeared in Azerbaijan, but none of them were successful. According to local experts, the factors that lead to this failure are, first of all, the small number of users of local social networks, the importance of choosing the language used on the network, the lack of interest of investors in investing in this area, the inability to offer more diverse and attractive services, as well as low expected income in the social networking industry. Advertising expenses also require a large amount of funding. Currently, Windy.com, the first national SN, exists in Azerbaijan, and its mobile version is active (<https://wibty.com>).

The purpose of this work is to study the general features, trends and ethical problems of SN, to analyze statistical indicators and their impact on the life of modern society using the example of Azerbaijan. To achieve this goal, the process of development of this phenomenon is considered, the influential factors of SN on the life of a modern person are identified, the statistics of users of social networks in Azerbaijan are analyzed, and trends in monitoring activity towards accessing the global network of users are explored based on a survey among 85 respondents.

II. LITERATURE REVIEW

Networking can open doors and create opportunities for jobs and partnerships. It creates connections between people and access to information that is not normally accessible. SN are not only a different form of communication, but also a very good tool for exploring the interests of researchers.

More and more studies from various aspects are devoted to the analysis of SN and determination of the quality of work interactions. Let us list some of the works of scientists related to the assessment of the formation and development of SN.

SN are described as a vast digital landscape consisting of various mediated spaces that serve to provide user experiences centered around those spaces that promote social interaction [1]. The work in [2] examines four different classes of user interfaces based on public descriptions that participants provided for six popular SN platforms (e.g., Instagram, Facebook, Snap chat, YouTube, Twitter and Ticktock). The results inform qualitative differences between different classes of user interfaces that enable users to interact with social media, with implications for the conceptualization and operationalization associated with social media use. Stuart Russell, one of the leading figures in the field of modern artificial intelligence (AI), evaluates SN's work in [3] and explains how content selection algorithms manipulate users' thoughts to make them more predictable.

Algorithms influence most of our daily actions, decisions and determine our behavior. It was argued in [4] that algorithms even have a direct impact on democratic societies. Human-computer interaction research needs to develop analytical tools to describe interactions with and experiences of algorithms. Based on user workshops that scrutinized Facebook's news feed, a social network influenced by algorithms, the authors of [4] proposed the concept of algorithmic experience (AX) as an analytical frame for making interaction with algorithms and the experience of algorithms explicit..

SNs are important to organizational communication processes because they enable behaviors that were difficult or impossible to achieve in combination before these new technologies entered the workplace and identified four relatively consistent capabilities provided by these new technologies: visibility, persistence, edit ability and association [5].

Advances in personalization algorithms and other machine learning applications have greatly improved the ease and convenience of our media and communications, but they have also raised serious concerns about privacy, the transparency of technology, and human control over its operations. Theory and research should be aimed at a deeper understanding of the human experience of algorithms in general and the psychology of human-AI interaction in particular [6].

The use of social media has become a way of life for young people, especially students in developing countries who are more devoted to it. In paper [7] researchers examined the impact of social networking sites on the social values of students studying at the university. Researchers conceptualized the uses of social networking sites and examined the relative impact on group interaction and communication, respect for human dignity, individuality, equality, and democracy.

The risk of information leakage has increased significantly as a result of the widespread use of SN sites in modern digital culture. Using the principles of the Central Intelligence Agency triad of confidentiality, integrity and availability, this paper analyzes the problems associated with

information leakage through SN sites and proposes solutions to them [8].

In the presented work, SN are assessed as a unique means of comprehensive communication between users, based on a survey conducted on the network, their inclinations and interests in using the Internet, as well as the process of interaction with SN are explored.

III. ETHICAL ISSUES AND TRENDS IN SOCIAL MEDIA

The development of the global computer network Internet affects a wide variety of areas of human life and activity. As the virtual space expands, so does the number of SN available on the Internet. In SN, all types of mediated communication are present: individual - individual, individual - group and group - group, as well as all aspects: communicative, interactive and perceptual. In the process of communication between a user in SN and other users, not only information or ideas are exchanged, but also numerous actions are performed that are a reaction to communication between users or a user and a group.

SN have become an integral part of people's work and personal lives. In modern times, it is important to study the influence of the Internet on intercultural communication among young people, the elimination of language restrictions, which are one of the main obstacles to intercultural communication, and the specific influence on the cultural development and formation of the worldview of young people. It is impossible to form an unambiguous opinion about the influence of SN on the personality of modern youth. As a great technological advancement that promises a lot of possibilities, it is more useful to adopt only the best of social networks and hit the exit button in time.

With the development of technology, people's views on life also change. SN allows everyone to develop comprehensively. In society, the use of SN has become a habit, and in many cases a compulsion. From this point of view, it is necessary to know both the advantages and disadvantages of SN. The main advantage is the ability of users to create convenient connections with different people and continue related activities regardless of where they are in the world. The period of the COVID-19 pandemic is a clear confirmation of this; the use of SN during the period of restrictions has expanded even more. On the other hand, as mentioned above, SN are a unique means of communicating with new people and demonstrating your creativity in a short period of time.

In addition to the positive aspects of using SN, there are also negative consequences for users. Especially today, thanks to them that many people use, although they think they are socializing, they are actually prone to being antisocial without even realizing it.

SN creates a free platform for self-expression that automatically turns everything into a game. They are associated with the playing field, where the player's physicality, his social status, age, gender, financial well-being disappears, due to which the average person feels like a player equal to others on this field. In this case, you can lie slightly, presenting yourself as someone else, limit and not fully indicate information about yourself, and embellish reality.

Excessive use of SN leads to addiction after a certain period of time, leading to “hyper texting” (writing a minimum of 120 messages per day) and “hyper networking” (using social media for more than three hours per day), which are harmful to health. Another negative point is a decrease in attention span, which negatively affects the capabilities of human thinking. According to research, such dependence on SN can lead to an increase in psychological problems - fatigue, sleep disturbances, depression, learning disabilities, laziness, aggression and even suicide.

In addition, SN has also given rise to new types of criminal activity. A well-thought-out type of fraud has been progressing on the global network for quite some time now, the purpose of which is to take over a user’s account and manage the account to submit information on his behalf. Another type of crime most frequently committed online is defamation, which refers to offensive or offensive phrases, caustic or ironic jokes of a personal nature, and the use of confidential information, the disclosure of which could cause harm.

Many countries are already taking steps to regulate social media to overcome the security issues that come with the daily increase in SN users. To protect SN users from all kinds of negative consequences, it is very important to carry out educational activities to promote the correct use of social networks.

SN are an invisible structure in organizations: they record the real ways information flows and work gets done. When analyzing them, ethical problems such as violation of confidentiality, psychological harm and harm to individual status often arise [9]. A breach of confidentiality may result in unexpected and possibly unjustified disciplinary action and damage the individual's reputation. Psychological harm can occur when information is used in a way that manipulates people's behavior. Harm to an individual's position is seen as an indication of individual incompetence, but may in fact be a need for training or staff to disseminate information more effectively. To address such concerns, one must be attentive to the ethical issues surrounding social media management, but this does not mean that social media relationships should be left to chance. The broader issue is that social networks exist and that the social capital they provide is an important and powerful means of getting work done.

Social media trends change almost every year. These trends for 2023 have a very wide range. Networking can open doors and create opportunities for jobs and partnerships. Every second, a new member joins Linked In, and about half of the members are outside the United States. These online sites have created new networking opportunities and are allowing people to move beyond the conventional world of industry, school and business. Many of these internet sites have become tools for businesses. For example, Linked In targets working professionals and provides them with the ability to maintain lists of business connections and use those connections to meet people who share common contacts. Unlike other social networks, Linked In is used almost entirely by professionals.

Brands use various social media platforms to sell their physical or digital products. Over the past two years, Ticktock has launched many tools such as business profiles, ads, and more to focus on business. Because the social media

algorithm is so complex, it’s difficult for companies to reach their audience organically. They have to place paid advertisements on various social media platforms targeting their potential customers. Today it is impossible to watch a video on YouTube without first watching the advertisement. Most social networks such as Linked In, Ticktock, Instagram, Facebook and Printerest are investing in creating more tools for creators and marketplaces. Creators use these tools to better connect with their audience. Brands turn to them to promote their products. Social media platforms are now in the e-commerce space, so it makes sense for businesses to invest heavily in paid promotion. Augmented reality (AR) is becoming the preferred technology for shoppers who want to try on products from different brands. Seeing this trend, brands are adopting AR technology to allow their customers to try on their products before purchasing. Brands using AR increased their sales by 33%. Snap chat is the most popular social media platform for brands to promote their products using AR technology. Short-form video content has gained popularity thanks to Ticktock and Instagram. The number of viewers for this type of content is increasing rapidly and this is one of the main reasons for the rapid growth of influences. Brands can easily access short videos compared to long videos. They carry out paid promotion in this format, which is much cheaper. If you want to grow on Instagram or Ticktock, you need to implement a short-form video content strategy into your video marketing strategy. Brands use various strategies to retain customers, but their main goal will always be to reach new audiences.

IV. ANALYSIS OF STATISTICAL INDICATORS OF SOCIAL NETWORKS IN THE WORLD AND IN AZERBAIJAN

In the modern world, communication through the Internet has long become a way of everyday life. Research shows that as of 2023, there are approximately 8 billion people on the planet, and 4.9 billion of them use social media. The global penetration rate of SN is 59.4%. A daily increase in this indicator also increases the level of social media activity.

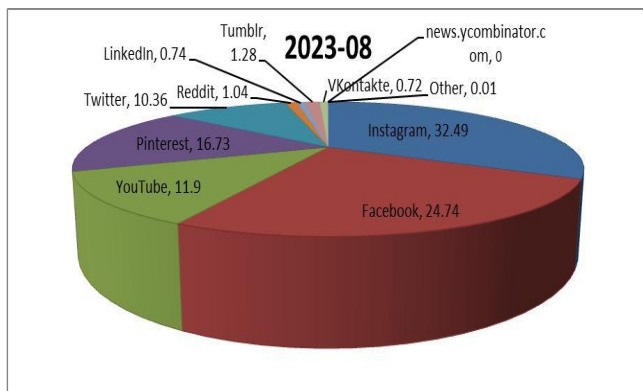
Facebook is the largest social network in terms of user base, with 2.99 billion users. Whats app has 2.7 billion and YouTube has 2.68 billion monthly active users. A typical SN user interacts with 6.6 social media platforms. As of 2023, East Asia has the highest number of social media users (26%). SN is used by 85% of the world's 5.27 billion mobile phone users. China, with 1021.96 million users, is the country with the largest number of SN users. India ranks second with 755.47 million users, while the US ranks third with 302.25 million users. At the beginning of 2023, social networks have 4.76 billion users, which is just under 60% of the total world population. However, in recent months, the growth rate of SN's audience has slowed down - the increase in new users over the year amounted to 137 million, that is, only 3%. By the end of 2023, almost 2/3 of the world's population will be connected to the Internet. According to Datareportal's April 2023 global survey, we see SN growth continuing to increase. 150 million new users came online in the last 12 months. The average daily time spent using SN is 2 hours 35 minutes.

With the development of ICT in our time, as in all countries, interest in SN as a flexible means of communication is significantly increasing every day in

Azerbaijan, with young people predominating as the main active participants. Facebook, Instagram, Whats App, Fb Messenger, We Chat, Ticktock, Linked In, Viber, Skype, Odnoklassniki and other SN are widely used.

According to the “Digital 2023: Global Overview Report”, today there are 5.16 billion Internet users in the world, of which 8.93 million are in Azerbaijan. The number of SN users in Azerbaijan is 4.15 million, representing 40 percent of the country's population. 3.9 million SN users are over 18 years old, 46.5 percent of them are registered in at least one social network. The number of male users is the majority (62.7%). In this report, in Azerbaijan with a population of more than 10.39 million people by February 2023, the number of Instagram users is 9.1%, the number of Facebook and Fb Messenger users is 14.4%, the number of Linked In users is 8.9%, and the number of users Twitter - 3.7%.

According to the Global Stats statistical center, in February 2023, the activity of users of the social network Facebook in Azerbaijan decreased compared to January and in August amounted to 24.74% (Social Media Stats Azerbaijan | Stat counter Global Stats). As a result, the number of users of SN Instagram, which ranked 1st in popularity, increased and reached 32.49%; 3rd place was taken by the social network Pinterest (16.73%), 4th place by YouTube (11.9%) and 5th place by the media platform Twitter (10.36%) (Diag.1).



Source Dates: Global Stats
Diag.1. Social Media Stats in Azerbaijan - August 2023

Today, Facebook and Instagram are in a kind of competition between users. 97% of Azerbaijani users are very interested in YouTube. Currently, compared to previous years, Facebook activity in Azerbaijan has decreased; now the Linked In social network is more active due to those wishing to demonstrate their level of professionalism; only 8.9% of users prefer the Linked In social network for searching and establishing business connections. Twitter has never attracted much attention in Azerbaijan.

In short, Azerbaijani users use SN more for advertising, business and personal life. Interest in SN, where certain thoughts and research are shared, as well as business connections are established, has recently been increasingly declining. As in all areas of the country in the modern era, the digitization of education is expressed in the mutual integration of educational technologies with the Internet. The need to integrate the Internet in education has once again become evident, especially during the COVID-19

pandemic. Failure to implement this integration in the correct form can cause serious negative consequences in the education of young and middle-aged children. Thanks to the implementation of security mechanisms and online filtering functions of the Azerbaijan Educational Network in the republic, users have the opportunity to use the network completely safely and transparently.

Online SN are constantly present in the lives of a large part of the population and directly affect their offline activities, posing a serious threat to privacy and security.

V. RESEARCH METHODOLOGY

The activity of the global information system Internet is assessed as a stage of transition to virtual reality systems, the popularity of which is increasing in our time. Let's look at the results of our survey to confirm the importance, usefulness and accessibility of this source of information, which is also in great demand among users today.

A survey was conducted through Google among 85 respondents to monitor activity trends towards users turning to computer-based sources of information over traditional ones. The survey was carried out on the following questions (Fig. 1):

No.	Name
1	<input type="checkbox"/> Gender
2	<input type="checkbox"/> Age
3	<input type="checkbox"/> Education
4	<input type="checkbox"/> When did you start using the Internet during your career?
5	<input type="checkbox"/> What frequency do you try to get information from the Internet?
6	<input type="checkbox"/> How much information can you get from the Internet?
7	<input type="checkbox"/> What amount of information you could have received from the Internet before?
8	<input type="checkbox"/> For what purpose do you use the Internet the most?
9	<input type="checkbox"/> Who or where do you go for information?
10	<input type="checkbox"/> Can you give up the Internet today?

Fig. 1. Survey questions

Among the respondents, 61 people are women, 24 people are men, 47 people have higher education, 13 have incomplete higher education, 25 have secondary education, in the age category up to 17 years - 2 people, from 18 - 25 years - 16 people, 26 - 40 - 48 people, over 40 - 19 people. 60% (51 people) of 85 respondents have been using a virtual computer environment for more than 10 years (Fig. 2); 97.6% (83 people) turn to it for various information daily.

Name: Education		Type: Nominal	
Missing: 0 (0%)		Distinct: 3	
		Unique: 0 (0%)	
No.	Label	Count	Weight
1	higher	47	47
2	incomplete higher	13	13
3	middle	25	25

Fig.2. Number of respondents using the Internet

37 people (43.5%) of the surveyed respondents confirmed that the amount of necessary information consumed by them is 50%-80% (Fig. 3).

Selected attribute			
Name: How much information can you get from the Internet?			Type: Nominal
Missing: 0 (0%)			Distinct: 4
			Unique: 0 (0%)
No.	Label	Count	Weight
1	between 50% and 80%	30	30
2	between 80% and 100%	15	15
3	between 30% and 50%	21	21
4	between 10% and 30%	19	19

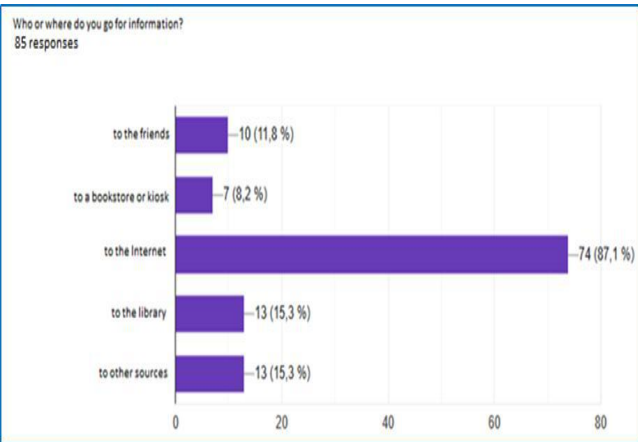
Fig.3. The amount of necessary information obtained from the Internet

To the question: “How much information could you get from the Internet before?” the answer of the majority of respondents was from 30% to 50% (Fig. 4).

Selected attribute			
Name: What amount of information you could have received from the Internet before?			Type: Nominal
Missing: 0 (0%)			Distinct: 4
			Unique: 0 (0%)
No.	Label	Count	Weight
1	30% - 50%	44	44
2	50% - 70%	18	18
3	above 80%	7	7
4	20%	16	16

Fig.4. The amount of necessary information obtained from the Internet before

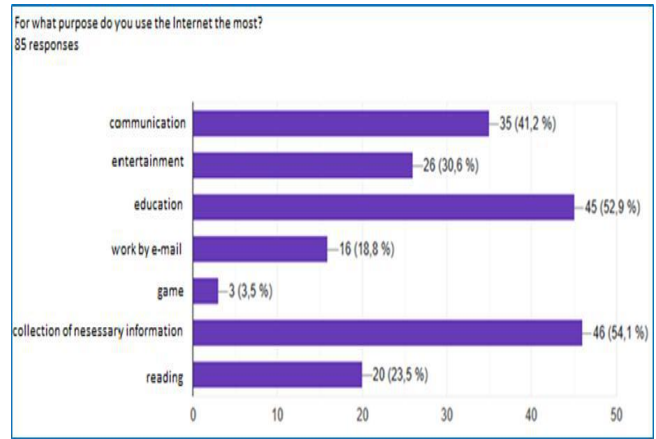
Responses from 87.1% of respondents indicate a high degree of user interaction with the Internet (Diag. 2):



Diag. 2. The amount of information about user interaction with the Internet

52.9% of respondents said that they use the Internet for educational purposes, 54.1% - to obtain the necessary information, and the rest for the purposes of communication, entertainment and e-mail (Diag. 3).

Summarizing the results of the experiment, we will use the following mathematical apparatus to identify general patterns in them. In practice, it is not always possible to have data on the entire phenomenon being analyzed; it is simply impossible to collect it. Therefore, the sample variance value is calculated, and then the conclusion is extended to the entire population.



Diag. 3. Shares of distribution according to user goals

To determine the quality of the experiment, we calculate the sample variance value. To calculate, we take the results of surveys according to Figures 3. and 4. and, narrowing them for convenience, we calculate the average value of each of them using the formula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

where \bar{x} is the sample average, n is the number of respondents in our sample, x_i is the particular values of the indicators of each respondent.

Let us recall the formula for calculating the sample variance:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2)$$

According to Fig. 3. x_i private values in the following form:

$$x_{1-30} = 65; x_{31-45} = 90; x_{46-66} = 40; x_{67-85} = 20$$

We obtain accordingly from formula (1):

$$\bar{x}_1 = 53.8095; \sigma_1^2 = 0.34470.$$

According to Fig. 4. x_i private values in the following form:

$$x_{1-44} = 40; x_{45-62} = 60; x_{63-69} = 80; x_{70-85} = 20.$$

Having calculated, we get:

$$\bar{x}_2 = 44.2857; \sigma_2^2 = 0.25364.$$

Note that the results obtained for sample variances are taken for convenience, divided into 100.

It is known that the greater the variance, the greater the deviation or scatter of the data. Comparing the values of the sampling variances in both samples, taking into account their mean squared deviation of the sample, respectively, 0.5871 and 0.5036, it is possible to conclude that the data dispersion in the answers of the tested samples of both samples is insignificant. It should be noted that the coefficient of variation in both samples is smaller 33%, and this once again allows us to confirm the fact that the data in each population is homogeneous, i.e. they cluster closely around their mean.



Diag. 4. Number of users who prefer to use the Internet

Diag.4 shows that 47 respondents consider it impossible to give up the Internet, and 32 people do not even want to think about it.

CONCLUSION

Based on all of the above, certain conclusions can be drawn. Imagine modern life without SN. For some people, SN are an important part of daily life, while for others they are a waste of time. If just a few years ago SN was considered a place of entertainment and pastime for young people, then recently this attitude has completely changed. SN is a revolution in the speed of innovation. The network organization of education is not only one of the promising modern approaches to building a system of cultural enrichment, the network organization of education can also be called a direction and a special type of innovative processes, another paradigm for management, education, motivation of young cultural workers, an adequate subject for the field of education. Through the Internet, young people enter into intercultural information communication, a new type of communication taking place in “virtual reality”. This allows each individual to rely not only on their own experience in the course of intercultural communication, but also on everything that makes up the phenomenon of virtual reality. The important role of social networks in shaping the worldview of young people and increasing their activity is recognized throughout the world.

In general, SN are created according to the culture and values of the country. We must also create our national resources in accordance with our culture, values and traditions. It is necessary to increase the number of national social networks, since national social networks have the ability to hinder the development of the domestic Internet advertising market and the outflow of large financial income abroad. Each country has its own national Rhesus. It is known that the more Internet users in a country, the cheaper the Internet price. This will benefit the civic budget, and both citizens and our state will benefit from national resources. We believe that we should create national brands and develop our specialists in this direction. By creating a

national social network, we will transfer potential customers to local companies.

It cannot be categorically stated that SN bring only benefit or only harm. There are both narrowly focused SN, which can be useful for work purposes, and multi-user ones, with huge functionality that ensures both business and entertainment purposes. They can help pass the time, but they can also become addictive in people with too much time. Consequently, the influence of SN on society is very diverse and ambiguous, and the impact on a particular individual depends on his subjective qualities. In view of all of the above, we can say that you should approach the use of social networks wisely in order to be able to extract the maximum benefit and minimum negative consequences.

REFERENCES

- [1] M.C. Carter, D.P. Cingel, J. Ruiz, E. Wartella. Social media use in the context of the Personal Social Media Ecosystem Framework. *Journal of Communication*, 73(1), 2023, pp. 25–37. <https://doi.org/10.1093/joc/jqac038>
- [2] M.C. Carter, D.P. Cingel, Samantha L Vigil, Jeanette B Ruiz. Replication and extension of the Personal Social Media Ecosystem Framework *Journal of Computer-Mediated Communication*, Volume 28, Issue 6, November 2023, zmad036, <https://doi.org/10.1093/jcmc/zmad036>
- [3] С. Рассел. Искусственный интеллект: современный подход, 4-е издание. Том 1. Решение проблем: знания и рассуждения (2021). Изд.-во Диалектика, 706 стр.
- [4] Oscar Alvarado, Annika Waern. Towards Algorithmic Experience: Initial Efforts for Social Media Contexts. *CHI '18: Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* April 2018 Paper No.: 286 pp. 1–12 <https://doi.org/10.1145/3173574.3173860>
- [5] Jeffrey W. Treem & Paul M. Leonardi Social Media Use in Organizations: Exploring the Affordances of Visibility, Editability, Persistence, and Association. Pages 143-189 | Published online: 18 May 2016 <https://doi.org/10.1080/23808985.2013.11679130>
- [6] S Shyam Sundar. Rise of Machine Agency: A Framework for Studying the Psychology of Human–AI Interaction (HAI). *Journal of Computer-Mediated Communication*, Volume 25, Issue 1, January 2020, Pages 74–88, <https://doi.org/10.1093/jcmc/zmz026> , Published: 14 January 2020
- [7] Siddharth Lohani, Ramesh Chandra Singh, Pargai Shankar. Impact of Social networking sites on social values: A case of University Students. *Research and Reflections on Education* ISSN 0974 - 648 X(P) Vol. 21 No. 2 April-June 2023. (PDF) [IMPACT OF SOCIAL NETWORKING SITES ON SOCIAL VALUES: A CASE OF UNIVERSITY STUDENTS \(researchgate.net\)](https://doi.org/10.1093/jcmc/zmz026)
- [8] Adam Fadhli Bin Azeem Fazwan, Aisya AzharAisya Azhar, Nur Sofiah Binti Hanif. Data Leakage on Social Networking Sites ., unpublished . <http://dx.doi.org/10.36227/techrxiv.23507040.v1>
- [9] Borgatti, S. P., & Molina, J.-L. (2003). Ethical and strategic issues in organizational network analysis. *Journal of Applied Behavioral Science*, 39(3), 337–349 <http://dx.doi.org/10.1177/0021886303258111>

Çok Sınıflı Cilt Lezyonlarının Sınıflandırılması için InceptionV3 ve EfficientNetB0 Modellerini Birleştiren Sınıflandırma Yöntemi

Hüseyin FIRAT
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Dicle Üniversitesi
Diyarbakır, Türkiye
huseyin.firat@dicle.edu.tr

Özet— Cilt kanseri, dünyada en yaygın kanser türü olarak kabul edilmektedir. İlk aşamada tespit edilmezse ölümcül olabilmekte, bu da erken teşhisi çok önemli hale getirmektedir. Çıplak gözle tespit etmek mümkündür, ancak yüksek sınıflar arası benzerlik ve sınıf içi varyasyonlar tespit edilmesini çok zorlaştırmaktadır. Bu hastalığın dünya çapında yaygınlığı nedeniyle, şimdiye kadar cilt lezyonlarının erken tespitinde dermatologlara yardımcı olmak için derin öğrenmeye dayalı birçok otomatik sistem geliştirilmiştir. Bu çalışmada, sekiz tip cilt lezyonunu sınıflandırmak için önceden eğitilmiş InceptionV3 ve EfficientNetB0 modellerinin birleşiminden oluşan yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin sınıflandırma performansının değerlendirilmesi için ISIC 2019 veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti ile her iki model ayrı ayrı eğitildiklerinde sırasıyla %76.50 ve %66.09 doğruluk değeri elde etmişlerdir. Her iki model birleştirildiğinde ise %78.25 doğruluk değeri elde edilmiştir. Modellerin birleştirilmesi sınıflandırma doğruluk değerini arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında önerilen yöntem ile başarılı sonuçların elde edildiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler—Cilt lezyonu, sınıflandırma, derin öğrenme, inceptionV3, efficientnetb0

Abstract— Skin cancer is recognized as the most common type of cancer in the world. If not detected in its early stages, it can be fatal, making early diagnosis crucial. It can be detected with the naked eye, but the high inter-class similarity and intra-class variations make detection very challenging. Due to the global prevalence of this disease, many deep learning-based automated systems have been developed to assist dermatologists in the early detection of skin lesions. In this study, a combination of pre-trained InceptionV3 and EfficientNetB0 models is proposed for the classification of eight types of skin lesions. To evaluate the classification performance of the proposed method, the ISIC 2019 dataset was utilized. When each of these models was trained separately with this dataset, they achieved accuracy values of 76.50% and 66.09%, respectively. However, when both models were combined, an accuracy value of 78.25% was attained. It was observed that the fusion of models improved the classification accuracy. Furthermore, the proposed method demonstrated successful results when compared to recent studies in the field.

Keywords—Skin lesion, classification, deep learning, inceptionV3, efficientnetb0

I. GİRİŞ

Cilt kanseri, tüm kanserler arasında yaygın ve en ölümcül kanserlerden biri olarak tanımlanmaktadır. Her yıl diğer tüm kanserlerin toplamından daha fazla kişiye bu hastalık teşhisi konulmaktadır. Çeşitli cilt kanseri türleri arasında, kötü huylu melanom, zamanla çevre dokulara yavaşça yayılma eğilimi ve yüksek ölüm oranı nedeniyle

ölümcül olarak kabul edilmektedir [1]. Ultraviyole radyasyon, ilaç tedavisi, gen, yaş ve cinsiyet gibi melanom oluşumuna yol açan birçok risk faktörü vardır. Melanom, iyi bilinen bir cilt kanseri türüdür ve diğer cilt lezyonları türlerine kıyasla genellikle en kötü huylu lezyondur [2]. Melanom, en hızlı yayılan cilt kanserlerinden biridir ve son araştırmalar cilt kanseri hastalarının sayısının yıldan yıla arttığını göstermektedir [3]. Melanom erken bir aşamada teşhis edilirse, küçük bir operasyon iyileşme şansını arttırabilmekte ve kanserin ölüm oranını azaltabilmektedir. Ancak erken teşhis ve tedavi edilmezse vücudun diğer bölgelerine yayılabilmektedir [4]. Erken ve doğru teşhis, hastalar için en iyi prognozu sağlamanın anahtarıdır [5]. Cilt kanseri normalde dermatologlar tarafından zaman alan, hataya açık ve daha sübjektif olan görsel inceleme yoluyla taranmaktadır. Dermoskopi, lekelerin netliğini arttırmak için cilt lezyonlarının aydınlatılmış ve büyütülmüş görüntülerini yakalayabilen, derinin yüzey yansımalarını ortadan kaldıran bir görüntüleme tekniğidir. Bu teknik, birincil aşamada cilt kanseri teşhisine yardımcı olmakta ve bu da daha az ölümlü sonuçlanmaktadır. Ancak manuel teşhis, insan öznelliğinden büyük ölçüde etkilenmekte ve bu, tamamen doktorların görüş ve deneyimlerine dayandığından belirli koşullar altında hatalı sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda dermoskopinin kullanımı zaman alıcıdır [6][7]. Cilt kanseri tespitinin verimliliğini ve etkinliğini arttırmak için, karar verme sürecini geliştirmek amacıyla dermatologlara yardımcı olacak otomatik bir teşhis sistemi gereklidir. Otomatik teşhis araçları geliştirmek için, melanom ve melanom olmayan görüntüleri sınıflandırmak için geleneksel makine öğrenimi algoritmaları kullanılmaktadır. Ancak geleneksel makine öğrenimi algoritmaları manuel özellikler gerektirdiğinden ve ayrıca dermoskopik görüntüler yüksek sınıf içi ve düşük sınıflar arası varyasyonlara sahip olduğundan yüksek teşhis performansı elde etmek zordur [8].

Son yıllarda, derin öğrenme tıbbi görüntüleme alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle, Evrişimsel sinir ağı (ESA), görüntü verilerinden kullanışlı özelliklerin otomatik olarak çıkarılması için güçlü bir tekniktir. Bundan dolayı, birçok araştırmacı, tahmin doğruluğunda önemli bir gelişme sağladığı için ESA tabanlı yöntemlere odaklanmaktadır. Son araştırmalar, ESA'ya dayalı sınıflandırma yönteminin melanom tespiti için en iyi seçenek haline geldiğini göstermektedir. Cilt kanseri görüntü sınıflandırması için ESA tabanlı sınıflandırıcının yüksek doğruluğu, deneyimli bir dermatoloğa eşdeğerdir [9]. Literatürde ESA tabanlı yapılan çalışmalardan bazıları

şu şekildedir. Yan vd. [10] cilt lezyonlarının sınıflandırılması için VGG16 füzzyon residual yapısına dayalı bir yöntem geliştirdiler. Bu yöntemde, VGG16, bir ön işleme katmanı-olarak CBRM (Convolution, Batch Normalization, Relu, Maxpooling) ve cilt lezyonu görüntülerini sınıflandırmak için residual yapı birleştirilmiştir. Rahman vd. [7] yedi tip cilt lezyonunu sınıflandırmak için ağırlıklı ortalama topluluk öğrenme tabanlı bir model önerdiler. Topluluğun temeli olarak ResNeXt, SeResNeXt, ResNet, Xception ve DenseNet olmak üzere beş derin sinir ağı modelini kullandılar. Sae-Lim vd. [11], MobileNet mimarisini değiştirerek deri lezyonu tanımlama için bir model geliştirmiştir. MobileNet'in son beş katmanı, softmax aktivasyonlu bir bırakma ve tam bağlı katman ile değiştirilmiştir. Bu, parametre sayısını azaltmış ve hızı artırmıştır. Kassem vd. [12] cilt lezyonlarının sınıflandırılması için transfer öğrenimi ve önceden eğitilmiş derin sinir ağı GoogleNet kullanılarak bir yöntem geliştirdiler. Cauvery vd. [13] tarafından önerilen çalışma transfer öğrenme tabanlı evrişimsel sinir ağlarını kullanarak çok sınıflı bir sınıflandırma sistemi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda dört adet (Xception, DenseNet201, InceptionV3 ve InceptionResNetV2) son teknoloji önceden eğitilmiş model kullanılmıştır. Bu modeller tarafından yapılan tahminleri verimli bir şekilde birleştirmek için harmanlama olarak adlandırılan bir topluluk yaklaşımını (ensemble approach) kullandılar. Hoang vd. [14] çalışmalarında, cilt lezyonu sınıflandırması için yeni bir segmentasyon yaklaşımı ve geniş ShuffleNet kullanan yeni bir yöntem önerdiler. İlk olarak, cilt görüntüsünün entropi tabanlı ağırlıklandırmasını ve birinci dereceden kümülatif momentini hesapladılar. Bu değerler lezyonu arka plandan ayırmak için kullanıldı. Ardından, segmentasyon sonucunu yeni bir derin öğrenme yapısı olan geniş ShuffleNet kullanarak cilt lezyon tipini belirlediler. Gessert vd. [15] cilt lezyon sınıflandırması için iyi dengeli doğruluk sağlayan en iyi model alt kümesini seçmek için topluluk (ensemble) stratejisini kullandı.

Literatür araştırmasından, cilt kanserinin erken ve doğru teşhisinin ölüm oranını önemli ölçüde azaltabileceği, çünkü cilt hastalıklarının çoğu yeni ortaya çıkan aşamalarında tedavi edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, dermatologların tanısal analizlerinin son derece öznel olabileceği, çünkü sınıflar arası yüksek benzerlik ve sınıf içi varyasyonların yanı sıra cilt lezyonlarının düşük kontrastının dermatologların cilt lezyonlarını kesin olarak tanımlamasını zorlaştırdığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda, cilt lezyonlarının sınıflandırılmasında, insan öznelliğinden etkilenmeden teşhis doğruluğunu arttırmak için son yıllarda, derin öğrenme, özellikle ESA tabanlı yöntemlerin kullanıldığı açıkça görülmektedir. Bu araştırma çalışmasında, transfer öğrenme tekniklerine dayalı farklı derin sinir ağları kullanılarak cilt kanseri için otomatik bir sınıflandırma yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem, sınıflandırma doğruluk sonucunu iyileştirmek için InceptionV3 ve EfficientNetB0 modellerinin birleşiminden oluşan ESA tabanlı bir yöntemdir. Önerilen yöntemin sınıflandırma doğruluk sonucunu test etmek için kaggle platformunda halka açık bir veri seti olan ISIC 2019 üzerinde kapsamlı deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

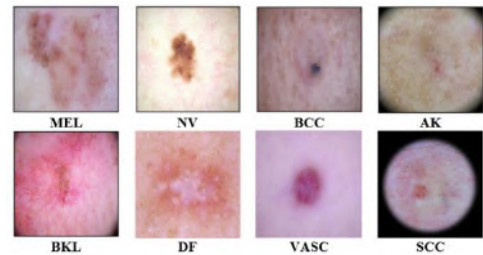
Önerilen yöntem ile birlikte transfer öğrenme tekniklerine dayalı önceden eğitilmiş farklı modellerin (InceptionV3, EfficientNet B0-B7) performansı doğrulanmış ve kapsamlı bir şekilde karşılaştırılmıştır. En iyi sınıflandırma doğruluk sonucunun %78.25 ile önerilen yöntemde elde edildiği görülmektedir. Benzer şekilde literatürden aynı veri setini kullanan farklı çalışmalar ile yapılan karşılaştırmalar sonucunda transfer öğrenimine dayalı birleştirilmiş InceptionV3 ve EfficientNetB0 modelinin daha etkin olduğu görülmüştür.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, önerilen yöntem ve önerilen yöntemin teorik arka planının yer aldığı Materyal ve Metot bölümü Bölüm 2'de ele alınmıştır. Deneysel çalışmalar ve bu çalışmaların sonuçları Bölüm 3'te tartışılmıştır. Son olarak Bölüm 4'te çalışmanın genel bir özetine yer verilmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

A. Veri Seti

Bu çalışmada, önerilen yöntemin sınıflandırma performansını değerlendirmek için kaggle platformunda halka açık olan ISIC 2019 (International Skin Imaging Collaboration- Uluslararası Cilt Görüntüleme İşbirliği) cilt lezyonu görüntüleri veri seti üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir [16]. ISIC 2019 veri seti, Melanoma (MEL), Melanositik Nevus (Melanocytic nevus-NV), Bazal Hücreli Karsinom (Basal Cell Carcinoma-BCC), Aktinik Keratoz (Actinic Keratosis-AK), Benign Keratoz (Benign Keratosis-BKL), Dermatofibroma (Dermatofibroma-DF), Vasküler Lezyon (Vascular Lesion-VASC) ve Skuamöz Hücreli Karsinom (Squamous Cell Carcinoma-SCC) olmak üzere 8 sınıftan oluşmaktadır. Bu veri seti, 4522 MEL, 12875 NV, 3323 BCC, 867 AK, 2624 BKL, 239 DF, 253 VASC ve 628 SCC olmak üzere toplam 25331 görüntüden oluşmaktadır. Şekil 1, farklı cilt kanseri türleri için örnek görüntüleri göstermektedir. Bu veri seti, çeşitli görüntüleri her sınıfta dengesiz sayıda görüntü bulunan sekiz sınıfa sınıflandırmak için en zorlu görevlerden biridir.



Şekil 1. ISIC 2019 farklı cilt lezyonları görüntü örnekleri

B. Transfer Öğrenimi

Transfer öğrenimi, bir görevde öğrenilen bilginin kullanılması ve ilgili hedef görevin problemini çözmek için uygulanması yaklaşımını izleyen popüler bir derin öğrenme yöntemidir. Böylece, sıfırdan bir sinir ağı oluşturmak yerine, temelde ağır ağırlıkları olan öğrenilen özellikler aktarılmaktadır. Transfer öğreniminin uygulaması için önceden eğitilmiş modellerden yararlanılmaktadır. Önceden eğitilmiş modeller, çok büyük veri setleri üzerinde eğitilen, geliştirilen ve benzer türdeki

sorunları çözmek için makine öğrenimi topluluğuna katkıda bulunmak isteyen diğer geliştiriciler tarafından kullanıma sunulan derin öğrenme modelleridir. Eğitildiği veri setinin özelliklerini temsil eden sinir ağının bias değerini ve ağırlıklarını içermektedir. Bu çalışma kapsamında ImageNet veri seti kullanılarak önceden eğitilmiş InceptionV3 [17] ve EfficientNetB0 [18] modellerinin birleşiminden oluşan bir yöntem önerilmiştir.

C. InceptionV3

InceptionV3, Inceptionv1 ağının 24 milyon parametre ile optimize edilmiş bir versiyonudur [17]. InceptionV3'ün ana fikri, inception modülünün simetrik ve asimetric yapı taşlarında yapılan ince ayarlarla güncellenmesidir. Hesaplama karmaşıklığını optimize etmek ve değişken inception blokları için çarpma sayısını azaltmak için iki faktörleştirme tekniği sunar. İlk teknik, önerilen parametrelerin sayısını ve filtrelerin boyutunu 5x5 ve 7x7'den 3x3'e azaltmak için büyük filtrelerle ilişkili evrişimlerin çarpanlara ayrılmasıdır. İkinci teknik ise asimetric konvolüsyonlarda uzamsal faktörizasyondur. Model, hesaplama maliyetini azaltmak için klasik evrişimleri (NxN) asimetric konvolüsyonlarla (Nx1 ve 1xN) değiştirmeyi önermektedir. Örneğin; InceptionV3 modelinde her 5x5 evrişimin yerini iki adet 3x3 evrişim alır. Her 3x3 evrişim, hesaplamayı daha da hızlandırabilecek iki tek boyutlu evrişim birleşimine (1x3 ve 3x1) ayrıştırılır. Modeli bu şekilde çok katmanlı bir yapıya bölmek hesaplamalardan tasarruf sağlayabilmektedir. Aynı zamanda, bölme yöntemiyle parametre sayısı azaltılabilmekte ve bu sayede, mekansal özelliğin daha etkili bir şekilde çıkarılması sırasında ağ eğitim hızı hızlandırılabilir. InceptionV3 modeli ve InceptionV3 modelinde kullanılan Inception blokları Şekil 2'de gösterilmektedir.

D. EfficientNet

EfficientNet, Tan ve Le tarafından tanıtılmıştır [18]. Diğer ESA'lara kıyasla parametre boyutunu azaltarak doğruluk ve verimliliği optimize etmesi ile karakterize edilir. EfficientNet'in temel fikri, derin sinir ağı yöntemlerinin farklı boyutlarını (genişlik, derinlik ve görüntü çözünürlüğü) sabit bileşik ölçekleme katsayıları kullanarak yapılandırılmış bir şekilde ölçeklendirmektir. EfficientNet ailesi, 224 x 224 girdi boyutuna sahip temel sürüm B0 olmak üzere sekiz farklı model içerir. B7'ye kadar olan diğer versiyonlar, çözünürlük giriş görüntüsünü, her katman için bir özellik haritası sayısını (genişlik) ve katman sayısını (derinlik) artırarak EfficientNetB0'dan türetilmiştir. EfficientNetB0'dan B7'ye kadar geliştirilen modellerde eğitilebilir parametre sayısı artmaktadır. Bu sekiz EfficientNet modelleri arasında en az parametreye sahip model EfficientNetB0 modelidir. Bu yüzden bu çalışma kapsamında EfficientNetB0 modeli kullanılmıştır. İlk olarak EfficientNetB0 modeli, giriş görüntüsü üzerinde 3x3 evrişim işlemi gerçekleştirir ve ardından sonraki 16 mobil ters darboğaz evrişim modülü (mobile inverted bottleneck convolution module (MBCConv)), görüntü özelliklerini daha fazla çıkarmak için kullanılır. Son olarak 1x1 evrişim ve global ortalama havuzlama (Global average pooling-GAP) işlemleri sonrasında tam bağlantılı (Fully connected-FC) katmanda sınıflandırma sonuçları elde

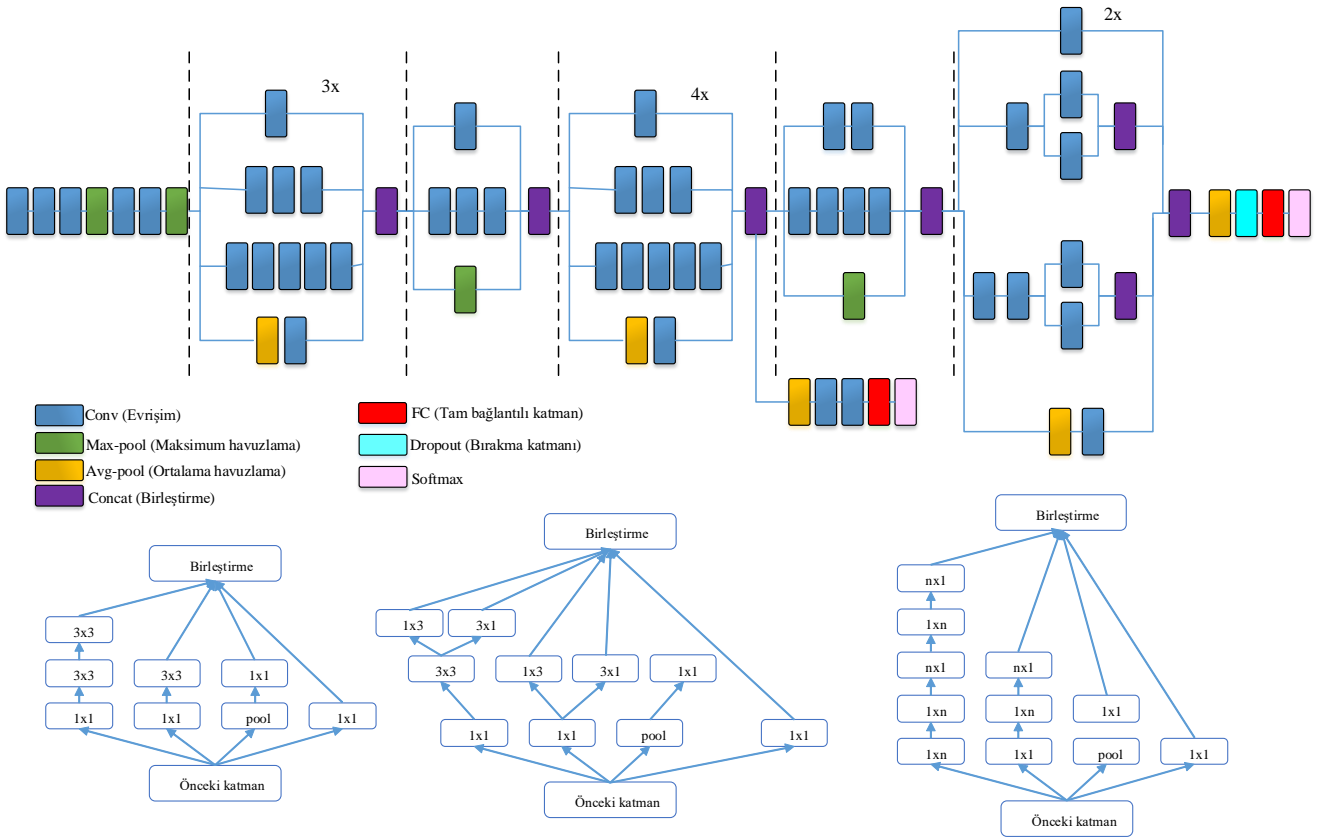
edilebilmektedir. Ağdaki her evrişim işleminden sonra toplu normalizasyon (Batch normalization-BN) gerçekleştirilir. Bu ağda kullanılan aktivasyon fonksiyonu Swish'tir. EfficientNetB0'ın genel mimarisi Şekil 3'te gösterilmektedir. Ağın temel bileşeni mobil ters darboğaz evrişim modülüdür (MBCConv). Şekil 3(a) bu modülün çerçevesini göstermektedir. Bu modülün tasarımı ters çevrilmiş residual yapıdan ilham almıştır. 3x3 veya 5x5 derinlemesine evrişimi (DE) gerçekleştirmeden önce, daha fazla özellik bilgisi çıkarmak için görüntülerin boyutu 1x1 evrişim yoluyla artırılır. Performansı daha da arttırmak için 3x3 veya 5x5 evrişim işleminden sonra Sıkıştırma ve Uyarma (SU) modeli eklenir. Son olarak boyutu küçültmek için 1x1 evrişim işlemi kullanılır ve residual bağlantı eklenir. Sıkıştırma ve Uyarma (SU) bloğu özellik haritasını sıkıştırır, kanal boyutu yönünde global bir ortalama havuzlama işlemi gerçekleştirir ve her kanaldaki ilişkiyi öğrenmek için global özellik üzerinde bir uyarma işlemi gerçekleştirir. Ardından sigmoid aktivasyon fonksiyonu aracılığıyla farklı kanalların ağırlıklarını elde eder. Son olarak, nihai özelliği elde etmek için ağırlıklar orijinal özellik haritasıyla çarpılır. Bu blok, modelin en fazla bilgiye sahip olan kanal özelliklerine daha fazla dikkat etmesini sağlarken, önemli olmayanları bastırır. Şekil 3(b)'de Sıkıştırma ve Uyarma bloğunun yapısı gösterilmektedir.

E. Önerilen Yöntem

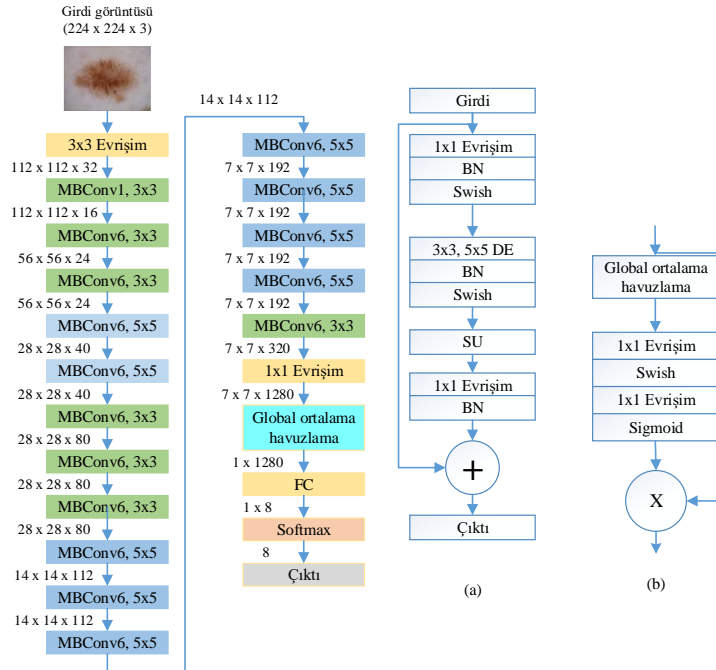
Bu çalışmada önceden eğitilmiş InceptionV3 ve EfficientNetB0 modellerinin birleşiminden oluşan bir model önerilmiştir. Önerilen yöntemin yapısı Şekil 4'te gösterilmektedir. Önerilen yöntemde, girdi görüntüsü öncelikle bir ön işlem adımından geçirilmektedir. Bu ön işlem adımında, veri seti önceden eğitilmiş modellerde kullanılmak üzere 224x224x3 boyutuna dönüştürülmektedir. Bir sonraki adım, özellik çıkarımını içermektedir. Transfer öğrenimi yoluyla özellikleri çıkarmak için önceden eğitilmiş InceptionV3 ve EfficientNetB0 modelleri kullanılmıştır. Önerilen modelde InceptionV3 ve EfficientNetB0 ağ modelleri bağımsız olarak eğitilmektedir. Şekil 4'de sunulan modelde InceptionV3 ve EfficientNetB0 modelleri yapı taşları farklı olduğu için her model kendi içinde güçlü bir özellik çıkarma ve sınıflandırma yaklaşımı sunmaktadır. Daha sonra bu iki modelin güçlü yanlarını birleştirerek (concatenate) başarımın artırılması amaçlanmaktadır. Bundan dolayı, önerilen birleştirilmiş model, ayrıca eğitim işlemine tabi tutulmakta ve sınıflandırma doğruluk değeri elde edilmektedir. Bu sayede modellerin birbirine daha uyumlu çalışması ve yüksek başarı elde etmesi sağlanmaktadır.

III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI

ISIC 2019 veri seti üzerindeki deneysel çalışmalar, kaggle ortamında bir donanım hızlandırıcı olan TPU VM v3-8 ile gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemi eğitmek için batch size değeri olarak 128, 224x224x3'lük bir görüntü boyutu ve %80-%10-%10'lük bir eğitim (train) – test – doğrulama (validation) ayrımı kullanılmaktadır. 25331 cilt lezyon görüntüsünden 20264 görüntü eğitim, 2534 görüntü doğrulama ve 2533 görüntü test için kullanılmıştır.



Şekil 2. InceptionV3 modeli ve InceptionV3 modelinde kullanılan Inception blok yapıları



Şekil 3. EfficientNetB0 model yapısı ve (a) MBCConv, (b) SU bloğu

Ek olarak, model 100 epoch için eğitilmektedir. Kayıp fonksiyonunu en aza indirmek ve modeli optimize etmek için Adam optimizyer kullanılmaktadır. Hiperparametrelere ek olarak, eğitim sürecini optimize etmek için iki özel geri arama (callbacks) kullanılmaktadır. İlk geri arama, doğrulama kaybı iyileşmeyi durdurduğunda öğrenme oranını azaltmak için kullanılan ReduceLROnPlateau geri aramasıdır. Bu, eğitim sürecini stabilize etmeye ve aşırı

öğrenmeden kaçınmaya yardımcı olur. Bu geri aramada, öğrenme oranının (`min_learning_rate`) alt sınırı olarak 0.000001 alınır. Ayrıca öğrenme oranını azaltacak faktör değeri de 0.3'tür. İkinci geri arama, eğitim sırasında belirli aralıklarla model ağırlıklarının kaydetmek için kullanılan ModelCheckpoint geri aramasıdır. Bu, doğrulama doğruluğuna dayalı olarak en iyi modeli kaydetmemize ve ileride kullanmak üzere yüklememize olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada, önerilen yöntemin sınıflandırma performansını değerlendirmek için kesinlik (precision), duyarlılık (recall), F1-skor (F1-score) ve doğruluk (accuracy) değerlendirme ölçütleri kullanılmıştır. Modelin doğruluğu, doğru tahminlerin toplam tahminlere oranı olan Denklem (1) kullanılarak hesaplanmaktadır. Modelin kesinliği, modelin doğruluğunu, pozitif olarak tahmin edilen örnek sayısı açısından özetler ve Denklem (2)'deki gibi hesaplanmaktadır. Modelin duyarlılığı, pozitif sınıfın ne kadar iyi tahmin edildiğini gösteren Denklem (3) kullanılarak hesaplanmaktadır. F1-skoru, modelin kesinlik ve duyarlılığının harmonik ortalamasının hesaplanmasıdır ve Denklem (4)'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (1)$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$\text{F1 skor} = 2 * \frac{\text{Kesinlik} \times \text{Duyarlılık}}{\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık}} \quad (4)$$

Denklem (1), (2), (3) ve (4)'teki gerçek negatifler (True Negative-TN), yanlış negatifler (False Negative-FN), yanlış pozitifler (False Positive-FP) ve gerçek pozitifler (True Positive-TP) değerleri karışıklık matrisinden elde edilmektedir. Bu değerler şu şekildedir: TP, her sınıf için doğru sınıflandırılmış girdi görüntülerinin sayısını tanımlar. FP, sınıftaki yanlış sınıflandırılmış görüntülerin sayısını gösterir. TN, sınıfa ait olmadığı için doğru sınıflandırılan görüntülerin sayısını temsil eden gerçek negatiftir. FN yanlış negatiftir ve sınıftan yanlış sınıflandırılan görüntüleri temsil eder.

Önerilen yöntemde sekiz farklı sınıf için sınıf bazlı doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1 skor değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde önerilen yöntem ile en iyi doğruluk değeri %99.64 ile VASC sınıfında elde edilmiştir. Önerilen yöntemin genel doğruluk sonucu %78.25'tir. Ancak tüm değerlendirme ölçütlerinde makro değerlere bakıldığında önerilen yöntem ile %94.56 doğruluk, %71.37 kesinlik, %62.99 duyarlılık ve %66.47 F1 skorun elde edildiği görülmektedir. Önerilen yöntem ile en iyi kesinlik değeri %86.96 ile VASC, en iyi duyarlılık değeri %91.59 ile NV ve en iyi F1 skor değeri %87.35 ile NV sınıfında elde edilmiştir. En kötü doğruluk sonucuna sahip sınıf %86.18 ile NV iken, en kötü kesinlik, duyarlılık ve F1 skoruna sahip sınıf ise SCC'dir.

Önerilen yöntem, öncelikle önceden eğitilmiş InceptionV3, farklı EfficientNet modelleri (B0-B7) ve her iki modelin birleşiminden oluşan modeller ile karşılaştırılmış ve sınıflandırma sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde önerilen EfficientNetB0+InceptionV3 modeli ile %78.25 doğruluk değeri ile en iyi sonucun elde edildiği görülmektedir. Önerilen yöntemle en yakın doğruluk değeri %78.21 ile EfficientNetB1+InceptionV3 modelinde elde edilmiştir. EfficientNetB0-B7 modelleri ayrı ayrı incelendiğinde sınıflandırma doğruluk değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Ancak InceptionV3 modeli ile

EfficientNetB0-B7 birleştirildiğinde sonuçların arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca InceptionV3 ile EfficientNet modellerinin birleşimi sonucunda elde edilen parametre sayıları dikkate alındığında yaklaşık 26 milyon parametre ile önerilen yöntemin daha az parametreye sahip olduğu görülmektedir.

Önerilen yöntem ile elde edilen sınıflandırma doğruluk sonucu literatürden aynı veri setini kullanan farklı çalışmalar ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir. Önerilen yöntem ile %78.25 doğruluk değeri elde edilmiştir. Önerilen yöntemle en yakın doğruluk değeri %75.73 ile Hoang vd. [14] tarafından geliştirilen geniş ShuffleNet yönteminde bulunmuştur. Bunun yanı sıra yine Hoang vd. [14] tarafından geliştirilen ShuffleNet ile %74.23 ve Gessert vd. [15] tarafından geliştirilen topluluk öğrenimi ile %63.6 ve %63.4 değerleri elde edilmiştir. Stepan vd. [20] tarafından geliştirilen topluluk öğrenimi ile de %63.4 doğruluk değeri bulunmuştur. Tüm yöntemler göz önüne alındığında önerilen yöntemin diğer yöntemlerden başarılı doğruluk değeri elde ettiği açıkça görülmektedir.

Tablo 1. Sınıf bazlı sınıflandırma sonuçları (%)

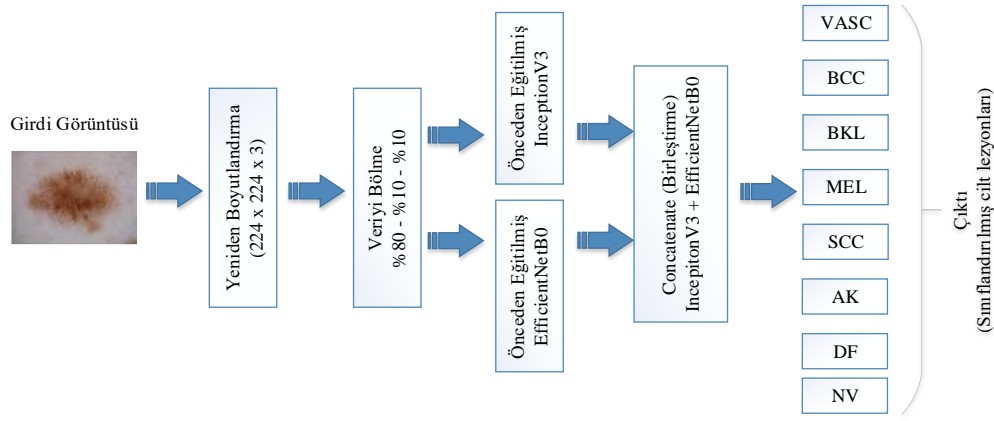
	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor
AK	97.63	59.65	47.89	53.13
BCC	94.32	75.51	81.19	78.25
BKL	93.53	69.08	58.85	63.56
DF	99.33	75.00	55.56	63.83
MEL	88.27	71.29	60.73	65.59
NV	86.18	83.49	91.59	87.35
SCC	97.59	50.00	31.15	38.39
VASC	99.64	86.96	76.92	81.63
Makro	94.56	71.37	62.99	66.47

Tablo 2. Önerilen yöntem ile farklı modellerin karşılaştırılması

Model	Doğruluk (%)	Parametre sayısı
EfficientNetB0	66.09	4.020.356
EfficientNetB1	67.23	6.525.992
EfficientNetB2	67.90	7.715.082
EfficientNetB3	66.96	10.711.600
EfficientNetB4	67.35	17.566.544
EfficientNetB5	67.67	28.361.272
EfficientNetB6	66.40	40.758.752
EfficientNetB7	59.93	63.812.568
InceptionV3	76.50	21.788.840
EfficientNetB0 + InceptionV3	78.25	25.809.188
EfficientNetB1 + InceptionV3	78.21	28.314.824
EfficientNetB2 + InceptionV3	76.79	29.503.914
EfficientNetB3 + InceptionV3	77.18	32.500.432
EfficientNetB4 + InceptionV3	77.81	39.355.376
EfficientNetB5 + InceptionV3	76.48	50.150.104
EfficientNetB6 + InceptionV3	76.24	62.547.584
EfficientNetB7 + InceptionV3	77.51	85.601.400

Tablo 3. Önerilen yöntemin literatürdeki farklı yöntemler ile karşılaştırılması

Literatürdeki Çalışma	Yöntem	Doğruluk (%)
[14]	Orijinal görüntü + ShuffleNet	74.23
	Orijinal görüntü + geniş-ShuffleNet	75.73
[15]	Görev 1 (Topluluk öğrenme)	63.6
	Görev 2 (Topluluk öğrenme)	63.4
[19]	Topluluk öğrenme (EfficientNetB5 + SE-ResNeXt-101 + EfficientNet-B4 + Inception-ResNet-v2)	63.4
Önerilen yöntem	(InceptionV3 + EfficientNetB0)	78.25



Şekil 4. Önerilen birleştirilmiş InceptionV3 ve EfficientNetB0 modeli

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sekiz tip cilt lezyonu sınıflandırması için otomatik bir sistem önerilmiştir. Sistemi tasarlamak için önceden eğitilmiş InceptionV3 ve EfficientNetB0 derin öğrenme modellerinden ve ISIC 2019 veri setinden yararlanılmıştır. Her iki model ayrı ayrı eğitilip test edildiğinde sırasıyla InceptionV3 modeli ile %76.50 doğruluk değeri elde edilirken, EfficientNetB0 modeli ile %66.09 doğruluk değeri elde edilmiştir. Daha sonra sınıflandırma doğruluk sonucunu arttırmak için InceptionV3 ve EfficientNetB0 modellerinin birleşiminden oluşan bir model önerilmiştir. Önerilen bu birleştirilmiş model ile %78.25 doğruluk değeri elde edilmiştir. Önerilen modelin yanı sıra InceptionV3 ile EfficientNetB1-B7 modelleri de birleştirilmiş ve doğruluk sonuçları bulunmuştur. Birleştirilen modeller ile elde edilen doğruluk değerleri sırasıyla şu şekildedir: %78.21, %76.79, %77.18, %77.81, %76.48, %76.24 ve %77.51. Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında birleştirilmiş önerilen modelin kullanımını sınıflandırma performansını iyileştirdiği görülmektedir. Ayrıca literatürde aynı veri setini kullanan son yıllarda yapılan çalışmalar ile önerilen yöntem karşılaştırıldığında, önerilen yöntemin başarılı sonuçlar elde ettiği açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Skin Cancer Foundation, "Skin cancer facts and statistics," 2017. [Online]. Available: <https://www.skincancer.org/skin-cancer-information/skin-cancer-facts/>.
- [2] S. M. Swetter *et al.*, "Guidelines of care for the management of primary cutaneous melanoma," *J. Am. Acad. Dermatol.*, vol. 80, no. 1, pp. 208–250, 2019.
- [3] Z. Apalla, D. Nashed, R. B. Weller, and X. Castellsagué, "Skin Cancer: Epidemiology, Disease Burden, Pathophysiology, Diagnosis, and Therapeutic Approaches," *Dermatol. Ther. (Heidelb.)*, vol. 7, pp. 5–19, 2017.
- [4] A. Naeem, M. S. Farooq, A. Khelifi, and A. Abid, "Malignant Melanoma Classification Using Deep Learning: Datasets, Performance Measurements, Challenges and Opportunities," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 110575–110597, 2020.
- [5] R. Marconcini *et al.*, "Current status and perspectives in immunotherapy for metastatic melanoma," *Oncotarget*, vol. 9, no. 15, pp. 12452–12470, 2017.
- [6] Z. Li *et al.*, "A classification method for multi-class skin damage images combining quantum computing and Inception-ResNet-V1," *Front. Phys.*, vol. 10, no. November, pp. 1–11, 2022.
- [7] Z. Rahman, M. S. Hossain, M. R. Islam, M. M. Hasan, and R. A. Hridhee, "An approach for multiclass skin lesion classification based on ensemble learning," *Informatics Med. Unlocked*, vol. 25, p. 100659, 2021.
- [8] J. S. M. M. P. C. Aravindan, and R. Appavu, "Classification of skin cancer from dermoscopic images using deep neural network architectures," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 82, no. 10, pp. 15763–15778, 2023.
- [9] J. Wouters *et al.*, "Robust gene expression programs underlie recurrent cell states and phenotype switching in melanoma," *Nat. Cell Biol.*, vol. 22, no. 8, pp. 986–998, 2020.
- [10] P. Yan, G. Wang, J. Chen, Q. Tang, and H. Xu, "Skin lesion classification based on the VGG-16 fusion residual structure," *Int. J. Imaging Syst. Technol.*, vol. 33, no. 1, pp. 53–68, 2023.
- [11] W. Sae-Lim, W. Wettayaprasit, and P. Aiyarak, "Convolutional Neural Networks Using MobileNet for Skin Lesion Classification," *JCSSE 2019 - 16th Int. Jt. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng. Knowl. Evol. Toward. Singul. Man-Machine Intell.*, pp. 242–247, 2019.
- [12] M. A. Kassem, K. M. Hosny, and M. M. Fouad, "Skin Lesions Classification into Eight Classes for ISIC 2019 Using Deep Convolutional Neural Network and Transfer Learning," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 114822–114832, 2020.
- [13] K. Cauvery, P. C. Siddalingaswamy, S. Pathan, and N. D'Souza, "A Multiclass Skin Lesion classification approach using Transfer learning based convolutional Neural Network," *Proc. 2021 IEEE 7th Int. Conf. Bio Signals, Images Instrumentation, ICBSII 2021*, pp. 1–6, 2021.
- [14] L. Hoang, S. H. Lee, E. J. Lee, and K. R. Kwon, "Multiclass Skin Lesion Classification Using a Novel Lightweight Deep Learning Framework for Smart Healthcare," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 5, 2022.
- [15] N. Gessert, M. Nielsen, M. Shaikh, R. Werner, and A. Schlaefer, "Skin lesion classification using ensembles of multi-resolution EfficientNets with meta data," *MethodsX*, vol. 7, p. 100864, 2020.
- [16] Prasad Maharana, "ISIC 2019 Skin Lesion images for classification," 2019. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/salviohexia/isic-2019-skin-lesion-images-for-classification>.
- [17] C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens, and Z. Wojna, "Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 2016-Decem, pp. 2818–2826, 2016.
- [18] M. Tan and Q. V. Le, "EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks," *36th Int. Conf. Mach. Learn. ICML 2019*, vol. 2019-June, pp. 10691–10700, 2019.
- [19] J. Steppan and S. Hanke, "Analysis of skin lesion images with deep learning," pp. 1–8, 2021.

Kullanılabilirlik ve Erişilebilirlik Bağlamında Akademide Ableizm Üzerine Bir İnceleme

Levent Kutlutürk
Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
<https://orcid.org/0000-0002-4007-1191>

Özet— Bu çalışmanın amacı engelli bireylerin akademide karşılaştığı veya karşılarına çıkabilecek erişilebilirlik ve kullanılabilirlik problemlerinin tanımlanması ve olası çözümlerine odaklanarak genel bir bilgi vermektir. Akademik kurumların ve ilgili diğer kaynakların web siteleri, sadece mevcut akademisyenler için değil, akademisyen adayları ve hatta öğrenci adayları için de büyük önem taşımaktadır. Daha öğrencilik hayatında erişilebilirlik sorunları yaşayan bir engelli bireyin geleceğini kurgularken akademisyen adayı olarak kendi gelişimine en çok etki eden alanların, elektronik ortam olduğu görülmektedir. Üniversitelerin web sayfaları, öğrenci bilgi sistemleri, kütüphane web sayfaları, akademik veritabanları ve elektronik ortamda sunulan diğer kaynakların erişilebilirlik standartların uyması bu anlamda büyük öneme sahiptir.

Dış dünyada kendilerine sağlanan olanakların çok kısıtlı olduğu engelli bireyler için önemli bir nokta da iş hayatına girmek istediklerinde veya başladıklarında; engelli bireylere olumsuz özellikler atfeden, sağlıklı bireyleri diğer bireylerden üstün görme nedeniyle kurumsal ve sosyal hayatta kimilerine rehberlik eden bir inanç olarak tanımlanan “ableizm” ile karşılaşmaktadırlar. Bu tanıma göre “sağlıklı olmayan” ve kimi engelleri olan bir bireyin, ele alınan konu özelinde de akademide yer alması büyük oranda mümkün görünmemektedir. Elbette engellilik denilince sadece fiziksel değil ruhsal engellilik de benzer sorunlarla karşılaşılmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca okuma güçlüğü çeken, kimi motor hareketleri yapmak konusunda zorluk yaşayan bireyler de bu tutuma maruz kalmaktadır.

Yurt dışına bakıldığında “akademide ableizm” konusu üzerine yazılmış birçok kitap ve bilimsel makalenin yanı sıra konferanslar, çalıştaylar ve seminerler düzenlendiği görülmektedir. Bu alanda çalışan araştırmacılar arasında yine engelli bireylerin olduğu görülmektedir ve hem akademide hem de sosyal çevrede bir farkındalık yaratmak üzerine çalışmalara devam edildiği görülmektedir.

Türkiye’de ise bu konuda henüz yeterince çalışma yapılmadığı gözlemlenmektedir. Kimi ülkelerde kaç engelli akademisyenin görev yaptığı bilgisine ulaşılabilirken, ülkemizde bu sayı belirsizdir. Kişilerin sağlık bilgilerinin gizliliği sağlansa bile, kendini gizleme ihtiyacı duymak zorunda bırakılan kimi engelli bireylerin olduğu görülmektedir. Bu noktada kendilerini daha güvende hissetmelerini sağlayacak koşulların sağlanmasında erişilebilirlik ve kullanılabilirlik unsurlarının, günümüzün bilgi eşiği olan İnternet erişim noktaları olan web unsurlarında sağlanmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Bahsi geçen nedenlere bağlı olarak, akademide engelli bireylerin ne kadar yer aldığını bilmek mümkün bile değilken bu konuda çalışmaların yapılması da güçleşmektedir.

Bu bağlamda alan yazınında yer alan çalışmalar doküman inceleme yöntemiyle değerlendirilerek, engelli bireylerin gerek öğrenci gerek akademisyen rolleriyle bireysel gelişimlerine destek olunması ve fırsat eşitliği sunulmasına yönelik unsurlar tartışılarak ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler—ableizm, engelliler, akademi

I. GİRİŞ

Alan yazınına bakıldığında kullanılabilirlik ve erişilebilirlik çalışmalarının ayrı unsurlar olarak ele alındığı görülmektedir. Türkiye için bakıldığında TÜBİTAK [1] bu konuda hazırladığı rehberler ile her iki unsurun da devlet web sitelerinin tasarımında ele alınması adına çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu rehberlerin amacı; en geniş yetenek yelpazesindeki kullanıcılara mümkün olan en yüksek düzeyde fırsat eşitliği verilmesidir. Sadece kamu alanında veya web siteleriyle sınırlı olmayan bu unsurların aynı zamanda öğrencilerin veya akademisyenlerin kullandığı bilgi sistemleri, kütüphane web sayfaları, elektronik kaynaklar, mobil arayüzler ve diğer uygulamalar için de geçerli olması durumunda daha adil bir kullanım sağlayacağı ortadadır. Buna karşın görülmektedir ki, yüksek öğretimde öğrenci veya araştırmacı/akademisyen olmak için engelli bireylere yeterli eşit şartlar sunulmamaktadır. Ableizm yani engelli bireylere karşı geliştirilen olumsuz tutumların akademide de karşılaşılan bir husus olup olmadığı, engelli bireylerin akademide ne kadar yer alabildikleriyle de ortaya konulabilmektedir. Her ne kadar ableizm amacı güdülmüyor olsa da erişilebilirlik ve kullanılabilirliğin bir arada geliştiriciler tarafından yeterince ele alınmıyor olması, aynı sonuçla karşılaşılan etkili olduğu düşünülebilir.

Akademik hayatın en büyük etkilerinden biri de toplumsal yaşama katkı ve toplumun ilerlemesine olumlu etkilerinin sağlanmasıdır. Toplumun tamamını ele alan birçok bilim dalının ilerlemesi de ancak yine toplumun her kesiminin bu alanlarda kendi yerlerini bulmasıyla daha geniş bir çerçevede gelişim gösterebilmektedir. Dezavantajlı bireylerin de yine benzer koşullarda hayatlarını sürdüren diğer bireylerin hayatları üzerinde daha farklı bir bakış açısı sunabilecekleri gibi, sağlıklı bireylerin de bu gruplara yönelik çalışmalar yapmaları konusunda itici bir güç oldukları görülmektedir.

Şehirlerin ve binaların engelli bireyler için erişilebilir hale getirilmesiyle sosyal hayata katılıma destek verilmesinin önemi ortadadır. Benzer şekilde web siteleri veya bilgi sistemlerinin de tasarlanmasıyla elektronik ortamda yolunu bulabilen, bilgiye erişebilen, yaptıkları çalışmalarını paylaşabilen engelli bireylerin de fırsat eşitliği bağlamında katkılarının olması büyük önem taşımaktadır. Bu konuda en iyi ve görünür olanakların akademik hayatta olması nedeniyle de tasarımcıların ve gerektiğinde üst yönetimlerin öncelik vermesi gereken alanlardan birinin erişilebilirlik olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Her ne kadar şehir planlamalarının ve binaların tasarımında erişilebilirliğin sağlanması ve sürdürülmesi engelli bireyler için özel bir çalışma alanı gibi görülse de aslında bu tasarımlar sağlıklı bireylerin, yaşlıların, hastaların, kimi bedensel güçlük yaşayan kişilerin de hayatına olumlu etkiler sağlamaktadır. Örnek vermek gerekirse kullanılabilirlik açısından topuz

şeklinde olan bir kapı kolu oldukça işlevsel ve genelde herkes tarafından kolaylıkla kullanılabilir bir yapıya sahiptir. Öte yandan elini kullanmak konusunda zorluk yaşayan, sağlıklı olsun olmasın, bir kişi için oldukça zorluk yaşatabilecek bir tasarım olarak görülebilir. Diğer yanda ise üzerinde basınç uygulanabilecek veya tutulabilecek şekilde tasarlanan bir kapı kolu aynı işlevi görmesine rağmen daha fazla kişi tarafından kolaylıkla kullanılabilir. Web siteleri ve bilgi sistemlerinin tasarımında da benzer bir yaklaşımın ele alınması hem kullanımı arttıracak hem de daha kullanışlı hale getirecektir.

II. ABLEİZM, KULLANILABİLİRLİK VE ERİŞİLEBİLİRLİK KAVRAMLARI

A. Ableizm

Engelli bireylere yönelik web hizmetlerinin ele alındığı birçok çalışma bulunmaktadır. Engellilik en geniş tanımıyla Dünya Sağlık Örgütü [2, s. 10] tarafından “sağlık durumu olan bireyler (örneğin serebral palsi, down sendromu veya depresyon) ile kişisel ve çevresel faktörler (örneğin olumsuz tutumlar, erişilemeyen ulaşım ve kamu binaları ve sınırlı sosyal destekler) arasındaki etkileşimin sonucu” olarak tanımlanmıştır. Engellilik çok boyutlu bir unsurdur; sağlık ve sosyal bakış açısı bir aradadır. Tıbbi yaklaşımın ötesine geçilmesiyle beraber, günümüzde bireylerin bedenlerinden ziyade, toplumsal bakış da engellilik için bir unsur haline gelmektedir [3, s. 4].

Web hizmetleri bağlamında ise görme güçlüğü veya kaybı yaşayan, işitme güçlüğü ya da kaybı olan, ellerini aktif kullanamayan bireyler gibi kullanıcıların olması, bu hizmetlerin doğru yapılandırılması gerekliliğini gündeme getirmektedir. Engeli veya kullanım güçlüğü yaşayan kişilerin ise sıkça ikinci planda tutulduğunu veya hiç görünür olmadıklarını söylemek yanlış olmayacaktır. Ableizm; “engelli bireylere olumsuz değerler atfeden, sağlıklı ve akli başında bireyleri normal, dolayısıyla engelli emsallerinden üstün kabul eden kültürel ve kurumsal uygulamalara rehberlik eden bir dizi inanç” olarak tanımlanmaktadır [4, s. 1279]. Ableizmin neredeyse her alanda karşılaşılan bir unsur olduğu düşünüldüğünde yüksek öğretim için de engelli bireylerin yaşadığı sorunların varlığı yadsınmaz.

B. Kullanılabilirlik

Kullanılabilirlik ISO [5, s. 2] tarafından “bir sistemin, ürünün veya hizmetin belirli kullanıcılar tarafından belirli amaçlara ulaşmak için belirli bir kullanım bağlamında etkinlik, verimlilik ve memnuniyetle kullanılabilme derecesi” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre “belirli” kullanıcılar, hedefler ve kullanım bağlamının, kullanılabilirliğin dikkate alındığı belirli kullanıcı, hedef ve kullanım bağlamı kombinasyonunu ifade ettiği belirtilmektedir. Bu da geniş bir bakış açısıyla değerlendirildiğinde, aslında her kullanıcının ele alınmadığını veya alınmaya gerek olmadığını ifade eden bir tanım olarak yer almaktadır. Elbette kimi sistemleri, ürünleri veya hizmetleri hedef bir grup için tasarlamak gerekliliği bulunmaktadır. Burada eksikliği hissedilen husus, belirli kullanıcılar ibaresi ile herkesin sağlıklı olduğu varsayımı ile aslında bu sistemin herkes için olmayabileceği ve kullanıcı tanımının tam olarak ele alınmamış olmasıdır. İlk akla gelen,

belirli görevleri yapan, belirli yetkileri olan, sınırlı kullanımı sağlamak adına kullanıcı rollerinin belirlenmesi gibi bir gruplama olabileceğidir. Sağlık sorunları veya engelliliği olan bireyler için de ayrı bir madde bu standartta yer alan tanımlar kabul edildiğinden ikinci planda kalan engelliler için ayrı çalışmalar yapılması zorunlu hale gelmiştir.

Kullanılabilirliğin ele alındığı insan-makine etkileşiminin üç ana unsuru bulunmaktadır; kullanıcı, araç, görev ve bağlam [6, s. 31]. Kullanıcı bu noktada en önemli bileşendir. İnsanın dışlandığı herhangi bir sistemin olması mümkün olmadığı gibi, insanlar arasında ayrımcılığa sebebiyet verecek bir yaklaşımın olması da kabul edilemezdir.

C. Erişilebilirlik

Erişilebilirlik ile kullanılabilirlik temelde etkinlik, verimlilik ve memnuniyeti ele alan iki kavram olarak sunulmaktadır ve aralarında güçlü bir bağ bulunmaktadır [7, s. 376]. Erişilebilirlik kavramı bu noktada birçok unsuru barındırarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece fiziksel dünyada değil elektronik ortamda da ihtiyaç duyulan erişilebilirlik kavramı ISO [8, s. 2] tarafından “bir ürün, hizmet, çevresel etkiler veya tesislerin en geniş yetenek yelpazesine sahip bireyler için kullanılabilir olması” şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanıma ek olarak aynı standartta kullanılabilirlik odaklı erişilebilirlik kavramı; kullanıcı popülasyonundaki tüm yeteneklere özellikle dikkat ederken, belirtilen kullanım bağlamı göz önüne alındığında mümkün olduğu kadar yüksek etkinlik, verimlilik ve memnuniyet düzeylerine ulaşmayı amaçlamaktadır.

Bununla beraber bir web sayfası erişilebilirliği sağlamak adına gerekli kodlara sahip olabilir ve ekran okuyucu gibi araçlarla engelli bireylerin yararlanabileceği bir altyapıya sahip olabilir, buna karşın ciddi derecede kullanılabilirlik problemleri içerebilir [7, s. 377]. Bu noktada ise erişilebilirlik araçlarının kodlar ve kimi yazılımlar ile sağlanabilmesi ve kontrol edilebilmesi gibi somut adımlardan bahsedilirken, kullanılabilirliğin sağlanmasının kullanıcı testleri, uzman değerlendirmeleri gibi görece soyut bir bağlamda ele alınması dikkat çekicidir. Dolayısıyla erişilebilirliğin web sayfaları veya elektronik ortamdaki sistemler için sağlanabilmesi ve denetlenebilmesi World Wide Web Consortium (W3C) tarafından geliştirilen Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 standardına göre sunulan araçlar ile yapılabilmekteyken [9], kullanılabilirliğin en iyi hale getirilmesi için daha çok zaman, ayrıntılı testler ve kaynak gerekmektedir [6].

W3C erişilebilirlik konusunda dünyada artık otorite konumuna gelmiş ve birçok rehber, standart ve araç sağlayarak engelli bireylerin web kaynaklarını erişimini sağlamayı amaç edinerek uzun yıllardır faaliyet göstermektedir. WCAG 2.1 erişilebilirlik rehberi artık ISO 40500 standardı olarak kabul edilmiş ve uluslararası kullanıma sunulmuştur [10]. Bununla beraber W3C bünyesinde Web Accessibility Initiative (WAI) önemli çalışmalara imza atmakta ve sempozyumlar, çalıştaylar ve benzeri etkinlikler düzenleyerek alana katkıda bulunmaya devam etmektedir [11]. WAI çalışmalarından biri olan Accessible Rich Internet Applications Suite (ARIA), Web

içeriğini ve Web uygulamalarını engelli kişiler için daha erişilebilir hale getirmenin bir yolunu tanımlar.

Erişilebilirliğin test edilmesi mekanik bir şekilde yapılabilmektedir. Sonraki bölümlerde de bahsi geçen kimi akademik çalışmalar kimi web tarayıcısı eklentileri veya diğer yazılımlarla tespit edilen erişilebilirlik problemlerini ortaya koymaktadırlar [12]–[16]. Web erişilebilirliği değerlendirme araçları, web içeriğinin erişilebilirlik kurallarına uyup uymadığını belirlemeye yardımcı olan yazılım programları veya çevrim içi hizmetler olarak W3C tarafından sağlanmaktadır [9], [17].

Elbette ülkemizde de bu konuda değerli çalışmalar yapılmıştır. Bütün kurumların uyması gerektiği belirtilen Kullanılabilirlik ve Erişilebilirlik Rehberi TÜBİTAK tarafından uluslararası standart ve rehberlere uygun bir şekilde hazırlanmış ve kullanıma sunulmuştur [18]–[20].

III. ALAN YAZINI İNCELEMESİ

Yüksek öğretim ve erişilebilirliğin bir arada ele alındığı çalışmalara bakıldığında ableizmin neden olmasa bile sonuç olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Yücel ve Acartürk [21] erişilebilirliğin sağlanmasının aynı zamanda engeli olmayan bireyler üzerinde olumlu etkiler sağlayacağını ve bu konuda atılabilecek birçok adım olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda birçok ülkede yasal olarak erişilebilirliğin sağlanmasının zorunlu olmasının örnek alınması gerektiğini de ortaya koymuşlardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 1998 yılında uygulanmaya başlayan Federal Rehabilitasyon Yasası'nın 508 numaralı bölümünde açık bir şekilde her çalışan veya halktan sıradan bireyler arasında olan engellilerin de aynı şekilde bilgi erişim ve çalışma hakkı olduğu belirtilmiş ve geniş bir çerçevede bu konu ele alınmıştır [22]. Bu şekilde, ulusal devlet politikalarına dahil edilen engellilere yönelik hizmetlerin denetlenmesinin ve kontrolünün daha sağlıklı ilerlemesi söz konusu olabilecektir.

Ertürk ve diğerleri [23] yaptıkları çalışma ile engelli bireylerin adalete erişimde ve ilgili web sayfalarının kullanımı konusunda standartlara uygun olmayan web sitelerinin ele alınması gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Bu sayede engelli veya dezavantajlı bireylerin bilgiye erişiminin sağlanmasının önemi de ortaya çıkmış olmaktadır. Şerefioğlu ve Henkoğlu [14] Türkiye'deki üniversitelerin web sayfalarının, görme ve işitme engeli olan kullanıcılar bağlamında erişilebilirlik ilkelerine uygun olmadığını ve aksine engellerle dolu tasarımlarla karşılaştığını belirtmişlerdir. Üniversitelerin web sayfalarının yalnızca duyuru ve kurum hakkındaki bilgileri içermemesi, öğrenciler için büyük öneme sahip olan bilgi sistemleri ve elektronik bilgi kaynaklarına ulaşmak için de ayrıca bir platform olması üzerinde de durulmuştur. Bu bağlamda sadece üniversite web sitelerinin değil, bağlantılı bilgi kaynaklarının da erişilebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bütünleşik tasarımların iyi bir örneği olan üniversite web siteleri bu bağlamda akademik dünyanın da bir yansıması olarak algılanabilir. Kurumun bütün mensuplarının kullanmak zorunda olduğu bu sistemlerin ve bilgi kaynaklarının yapılandırılma aşamasında daha kapsamlı ele alınması her yönden büyük fayda sağlayacaktır.

Henkoğlu [13] üniversite kütüphane web sayfalarını erişilebilirlik standartlarına göre incelemiş ve birçok sorun

olduğunu göstermiştir. Boş bağlantılar, grafik öğelerin metin açıklamalarının olmaması ve bu nedenle ekran okuyucular ile okunamaz olması, yönlendirici etiketlerin eksikliği, kontrast hatalarının çokça olması, mobil uygulamaların yetersiz veya erişimlerinin web tarayıcılar tarafından düzgün gösterilememesi, değiştirilebilir yazı boyutlarının kullanıcılara bir alternatif olarak sunulmaması gibi önemli erişilebilirlik hatalarının olduğu tespit edilmiştir. Bu hatalara bakıldığında sağlıklı bireylerin dahi bu sitelerden kolayca bilgiye ulaşabilmeleri her zaman mümkün olmayacağı anlaşılmaktadır. Görme güçlüğü yaşayan ama bir engeli olmayan kişiler de üniversitelerin kütüphane sayfalarından yararlanmakta büyük güçlükler çekebilmekte ve erişilebilir bir tasarımın bu kişiler için de yardımcı olacağı açıktır. Çelik [24] yaptığı çalışmada İzmir'deki devlet üniversitelerinin web sayfalarının erişilebilirlik açısından tam anlamıyla erişilebilir olmadığını belirtmektedir. Bu çalışmada yaşlı ve görme engeli olan bireylerin, kullanıcılar arasında en dezavantajlı durumda olanlar olduğu belirtilerek, hemen hemen hiçbir sitenin web erişilebilirliğinin olmadığı ortaya konulmaktadır. Bununla birlikte web sitelerinin tasarlanma sürecinde yalnızca kodlama yapan programcıların değil, sosyal bilimler alanında çalışan akademisyenlerin de yer alması gerektiği önerilmiştir. Sosyal bilimler alanı genellikle bu tür tasarım süreçlerinden ayrı tutulmakta fakat bu çalışmaya bakıldığında çok büyük bir kesişim olduğu görülmektedir.

Ataç ve diğerleri [25] Türkiye'de faaliyet gösteren üniversitelerden URAP dünya sıralamasında yer alan kurumların web sayfalarını incelemiş ve Türkçe sayfaların İngilizce sayfalara göre iki kat daha fazla erişilebilirlik problemi içerdiğini belirtmişlerdir. Bu noktada hata sayısına değil hataların çeşitliliğine bakılması gerekliliğine vurgu yapılarak asıl önemli noktalardan birinin bu husus olduğu vurgusu yapılmıştır.

Kutlutürk [15] yaptığı çalışma ile Türkiye'de akademisyen adayları ve mevcut akademisyenlerin atama ve yükseltme kriterlerini karşılamak amacıyla en çok kullandığı web sayfalarını değerlendirdiği çalışmasında kimi sayfaların erişilebilirlik konusunda yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Akademik hayatın gerekliliklerinden biri olan bilimsel yayınlara erişmek ve yararlanmak için birçok veritabanı olduğu bilinmektedir. Bu veritabanları ve diğer bilgi edinme araçlarının bir de akademik performans ölçütü haline gelen Web of Science, Scopus, Dergi Park gibi web sistemlerinden engelli bireylerin tam anlamıyla yararlanamayacak olmaları ise daha öğrencilikten bağlayarak akademik kariyer hedeflerine ulaşamayacakları anlamına gelebilmektedir. Engelli öğrencilerin bu nedenle sosyal bilimler alanında varlık göstermek zorunda kalabilecekleri göz ardı edilmemelidir; çünkü bilgi kaynaklarının da engelli olan öğrencilere yönelik hazırlanması ve sunulması hususlarında da eksiklikler olduğu söylenebilir.

Altuntaş ve Durdu [26] ise yaptıkları çalışma sonucunda ele aldıkları üç devlet üniversitesine ait web sitelerinde engelli bireyler için önemli bariyerlerin varlığına dikkat çekmişlerdir. Bu bariyerlere yönelik çözümlerin görsel içeriğin metin alternatiflerinin verilmesi, renklerin doğru kullanımı, tekrar eden içeriğin düzenlenmesi, kontrast

sorunlarının giderilmesi, bölüm başlıklarının etkin kullanımı gibi oldukça basit adımlar ile sağlanabileceği belirtilmiştir.

IV. AKADEMİDE ABLEİZM

Uluslararası düzeyde akademi ve ableizm, ülkemize nazaran çok daha farklı ve geniş bir çerçevede ele alınmaktadır. Bu konuda birçok çalışma olduğu görülebilir. Akademideki ableizmin boyutlarını ele alan çok önemli bir çalışma ile akademide görev alan veya öğrenci olarak yer almaya çalışan engelli bireylerin yaşadığı zorluklar ele alınmış ve öneriler ortaya konulmuştur [27]. Akademik hayatta zorlukla karşılaşan engelli bireylerin de yer verildiği bu çalışmayla beraber ableizmin boyutları ele alınmıştır. Kimi durumda görünmez olarak hayatlarına devam ederken bu bireylerin fırsat eşitliğine sahip olmak adına çok fazla çaba göstermek zorunda kalmaları da ele alınmıştır. Çalışan nüfusun %16'sı engellilerden oluşsa da ancak %4 oranına bile varmayan bir engelli çalışmanı olan akademinin iyileştirilmesi konusuna değinilmiştir. Yüksek öğretim kurumlarında engelli bireylerle ilgili endişelerin kimi noktalarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunlar, personele sunulan desteklerin kısıtlı olması; konferans ve diğer bilimsel etkinliklere katılım konusunda seyahatlerin, otellerin ve konferans binalarının uygun olmaması; akademide kariyer yapmak için gerekli olan atama-yükseltme kriterlerinin zorlayıcı olması ve son olarak da yapılan yayınların engelli bireylere daha uygun hale getirilmemesi olarak çalışmanın özeti olarak verilmiştir. Çözüm olarak sunulan bir strateji ve politika geliştirilmesi, fırsat eşitliğini savunulması, finansal destek sağlanması ve örnek olabilecek kişilerin önderlik etmesi gibi kimi önerilerde bulunmaktadır.

Brown ve Leigh [28] engelli akademisyenlerin marjinalleştirildiğini ve ötekileştirildiğini ifade eden bir çalışma yapmışlardır. Görünmez bireyler olarak ihtiyaçlarının gözden kaçırıldığı; çünkü akademinin genel anlamda evrensel sağlıklı varsayımına dayanarak tasarlandığı ifade edilmektedir. Bunun bir sonucu olarak da daha az başarılı, üretken ve akademisyen rollerinin tam olarak karşılığını veremeyen bireyler olarak görülmesi sonucunda bir değersizleşmenin söz konusu olmaktadır. Bununla beraber akademisyenlerin sahip oldukları engellilik durumlarını saklama ihtiyacı duymaları konusunu ele almışlardır ele alınmaktadır. Bilimsel etkinliklerin COVID-19 öncesinde genelde yüz yüze olmaktadır ancak yeni yeni uzaktan sunum veya katılım olanaklarının sunulması da ayrıca gündeme gelmektedir. Bu, sadece örgütsel bir mesele değil, aynı zamanda ahlaki ve politik bir mesele olarak görülmektedir.

Long ve Stabler [29] yaptıkları çalışma ile akademideki ableizme kolektif bir şekilde neler yapılabileceğinden bahsetmişlerdir. Engelli öğrencilerin ayrımcılığa ve sözlü sataşmalara maruz kaldığı Amerikan yüksek öğretim kurumlarına değinen yazarlar engelli öğrencilerin başarılarının engeli olmayan sağlıklı öğrencilere oldukça yakın olduğunu da belirtmektedirler. Bunun önemli bir nedeni olarak bu öğrencilerin kurum içindeki olanakların belirli bir standardı karşılamasından olabileceği düşünülmektedir. Elbette bu her yer için geçerli olmamakta

ve yetersiz kalan kampüslerin varlığının da göz ardı edilmemesi gerektiği ortaya konulmaktadır.

Dolmage [30] ise akademik ableizm üzerine kaleme aldığı kitabında engelli bireylere yönelik tasarımların neler olması gerektiği ve nasıl yapılabileceği üzerine çeşitli yaklaşımları ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımlar arasında bir kampüs nasıl olmalıdır sorusunun yanıtları olduğu gibi mimari açıdan ele alınması gereken unsurlara da örneklere yer verilmiştir. Üniversitelerin web siteleri incelendiğinde uzun zaman boyunca tasarımların aynı veya benzer şekilde korunmasının olumsuz olması ve aslında hem öğrencilerin hem de akademisyenlerin kurumla belki ilk ve en çok iletişimde kaldığı yerlerin bu mecra olması nedeniyle daha kapsayıcı olması üzerine değerlendirmelere de yer verilmiştir.

Görülmektedir ki engelli bireylerin yaşadığı sorunlar hemen hemen her yerde aynı şekilde karşılık bulmaktadır. Ulusal ve uluslararası akademik çalışmalarda sağlıklı olmayan bireylerin yok sayılması ve bunun karşılığında bu bireylerin kendisini geri çekmesi, başarı düzeylerinde düşüş ve fiziksel engellerin yanı sıra bir de psikolojik olumsuzluklar gibi sorunlar ele alınmış ve kimi noktalarda çözüm önerileri de getirilmiştir. Yalnızca binalar değil web siteleri ve bilgi sistemleri de engelli bireylerin hayatında farklı bir yer tutmakta, bu sitelerin tasarımında ise bu bireyler yok sayılmaktadır.

V. AKADEMİK ABLEİZM VE FARKINDALIK ÇALIŞMALARI

Elbette akademik ableizm sadece akademik makale veya kitaplarla kısıtlı kalmamaktadır. Kimi üniversitelerde akademideki herkesin "sağlıklı birey" olduğu varsayımının karşısında konferanslar ve toplantılar da düzenlenmektedir. Bu toplantılar, konferanslar, çalıştaylar ve benzeri etkinliklerin odak noktası akademik dünyada engelli olmanın zorluklarını ortaya koymak, ableizmin kökeninde yatan tavır, tutum ve düşünceleri ortaya koyarak bu hususta olumlu değişimleri sağlamanın yollarını ortak bir akılla bulmaya çalışmaktır denilebilir.

Yapılan çalışmalardan en önemlilerinden biri olarak "Akademi'de Ableizm" konferansı Mart 2018'de UCL Eğitim Enstitüsü'nde düzenlenmiştir [27, s. xv]. Bu konferansta ele alınan konular aşağıda yer alan beş temel soruyu yanıtlamaya yönelik bir çalıştay ile iki bölüm halinde gerçekleştirilmiştir:

- Engelliliğiniz/dezavantajınız sizi işyerinde nasıl etkiliyor ve bunun, görevinizi yerine getirme beceriniz üzerinde ne gibi pratik etkileri var?
- İşvereniniz size yardımcı olmak için ne yapıyor ve daha ne yapabilirler?
- Kurumunuzda engellilikle ilgili konuların tartışılacağı hangi forum(lar) var?
- Yükseköğretimde bu konuları ele almak için hangi forumlar var?
- Akademisyenlerin kaygılarını/engellerini açıklamalarını teşvik etmek için neler yapılabilir/yapılmalıdır?

Görülebileceği üzere bu hususta kapsamlı ve anlamlı tartışmaların olduğu ve sorun yaşayan kişilerin ilk elden anlattıkları deneyimlerinin yazılı hale getirilmesiyle ableizm akademide geniş çapta ses getirmeye başlamıştır. İş yerinde yaşanan sorunların bir kısmı binalarla ilgili olsa da geri kalan

her şey tutum ve davranışlarla ancak açıklanabilmektedir. Binaların değiştirilmesi belki de bu tutumların değiştirilmesinden nispeten daha kolay olabilir diye düşünmek yanlış olmayacaktır. Ön yargı, insanların her durumda algılarını ve davranışlarını değiştirebilecek güce sahip bir inanç sistemi olarak, bu konuda da farklı yaklaşımların olmasını beklemek için önemli bir unsurdur.

Michigan Üniversitesi Engelliler Topluluğu, sanal bir etkinlik dizisi olan “Ableizm Karşıtı Akademiye Doğru”, konferansını düzenleyerek engellilik kültürünü ve deneyimlerini benimsemeye yönelik aktif olarak çalışan samimi bir Üniversite ortamı yaratma konusunda daha fazla bilgi edindirmeyi amaçlamıştır [31].

Bu sanal etkinlikler öğrenciler, personel, öğretim üyeleri ve engellilik uzmanlarıyla açık diyalogu ve tartışmayı teşvik ederek engelli topluluğunun Michigan Üniversitesi'ndeki kampüs yaşamına tam olarak katılmasını sağlayan en iyi uygulamalar hakkında bilgi edinme fırsatları sunmakta ve her yıl düzenlenmektedir.

Bu çalışmalara ek olarak akademik konferanslarda engelli bireylerin de yer almasının en iyi yollarından birinin çevrim içi katılımlar olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Bu bağlamda Times Higher Education (THE) web sitesinde yer alan bilgilere göre akademik etkinliklere çevrim içi katılım seçeneğinin sunulmamasının da ableizmin bir türü olarak nitelendirilmektedir [32]. Halbuki pandemi döneminde kimi etkinliklerin gerçekleşmesinin tek yolu olan çevrim içi olanaklardan yararlanılması, katılım konusunda sorun yaşayan herkes için olumlu etki yaratmıştır. Bu nedenle hibrit olarak akademik çalışmaların, konferansların, seminerler ve sempozyumların düzenlenmesinde büyük fayda bulunmaktadır. Bu sayede hem katılımda artış olacak hem de farkındalık düzeyinin artması sağlanabilecektir.

VI. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Akademide ableizmin boyutlarından biri de elektronik ortamda yer verilmeyen unsurlar ve yaklaşımlardır denilebilir. Özellikle engelli bireylerin daha öğrencilikleri başlamadan potansiyellerini gerçekleştirme imkânı bulamamaları çok yetenekli ve zeki kimi bireyler de dahil olmak üzere büyük oranda yüksek öğretimin olanaklarından uzaklaştığı görülmektedir. Örneğin; YÖK verilerine göre yaklaşık 7 milyon öğrenciden 56 bin kadarı engelli bireyler olup Türkiye’de üniversite okuyan öğrencilerin yaklaşık %90’ı açık öğretim fakültelerinde öğrenim görmektedir. Bu durum etkileşimli ve deneyime dayalı eğitim olanaklarından yararlanan engelli öğrenci sayısının 5000 olduğu anlamına gelmektedir [33]. Sadece öğrencilerin sayılarını ulaşılabilen yüksek öğretim kurumlarında görev yapan akademisyen sayısına ise ulaşmak mümkün değildir. Bunun bir nedeni KVKK kapsamında sağlık verilerinin gizliliğinin sağlanması olsa dahi, sayı olarak bir bilgiye ulaşmak bile, bu alanda farkındalık sağlamak ve gerekli çalışmaların yapılması için bir gerekçe olarak yararlı olacaktır. Elbette kimi engelli akademisyenlerin kendilerini saklamak için de haklı sebepleri olduğu dünyanın hemen her yerinde gözlemlenmektedir. Farklılıklarından dolayı fırsat eşitliğinin sağlanamayabileceği korkusu, kurumda farklı bakış ve tutumlara sebebiyet vermek istememe gibi sebeplerle birçok

kişi kendi özel durumlarının bilinmesin hususunda rahat hissetmemektedirler.

Birleşik Krallık örneğine bakıldığında ise daha farklı bir manzara ile karşılaşmaktadır. Higher Education Statistics Agency (HESA) 2019 verilerine göre toplamda akademik personel sayısı 233.930 iken engelli akademisyen sayısı 14.040 olarak belirlenmiştir. Yaklaşık sayısı 2.5 milyon olan öğrenci içindeki engelli bireylerin sayısı 331.170 olarak verilmektedir [34].

Her iki ülkeyi ele aldığımızda muazzam bir farklılık olduğu görülmektedir. İngiltere’de akademide varlık gösteren engelli bireylerin oranları ele alındığında, bu kişilerin örgün öğretime büyük oranda katılabildiklerini ve gereken şartların en azından bu oranı elde edecek kadar karşıladıkları düşünülebilir. Ülkemizde ise öğrenci sayısı Birleşik Krallık’daki öğrencilerin yaklaşık üç katı olmasına karşın, engelli öğrencilerin oranı yaklaşık 7’de 1 oranında kalmaktadır. Elbette 56 bin engelli öğrencinin sadece %10 kadarının örgün öğretim sistemi içinde olduğunu unutmamak gerekmektedir.

Yüksek öğretimle ilişkili web sayfaları ve bilgi sistemlerinde erişilebilirliğin sağlanması görece daha elle tutulur ve somut bir biçimde gerçekleştirildiğinde kullanılabilirlik çalışmalarının da gerçekleştirilmesiyle beraber akademideki ableizm algısının daha olumlu bir yöne çevrilmesi ve fırsat eşitliği sağlanması hususunda büyük bir adım atılacağı değerlendirilmektedir. Erişilebilirlik belirli araçlarla test edilip kolayca kodlar ile düzenlenebilirken, kullanılabilirlik daha soyut ve daha farklı çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir. Kaldı ki engelli bireylere yönelik kullanılabilirlik çalışmalarının yok denecek az olduğu gözlemlenmektedir. Özellikle göz izleme teknolojisine dayalı hiçbir test, görme güçlüğü çeken bireyler için belki işe yarayabilir ama tam anlamıyla görme engelli bireyler için anlam ifade etmeyebilir.

Son olarak, üniversite web sitelerinin erişilebilirliğinin sağlanması noktasında sosyal bilimciler ile beraber çalışılması ve artık disiplinler arası bir alan olarak günümüzde değeri ortada olan erişilebilirlik ve kullanılabilirlik çalışmalarının artırılmasında büyük fayda bulunmaktadır. En başta erişilebilirliğin sağlanmasıyla beraber kullanılabilirlik çalışmalarına daha az zaman ve enerji harcanacağı düşünülmektedir. Zira aslında kullanılabilirlikle ilgili olan kimi unsurlar sadece WCAG ve ARIA rehberlerine uygunluk sağlanarak bertaraf edilebilecektir. Sonrasında kullanılabilirlik unsurları üzerine çalışmalar yapılarak sürdürülebilir bir yapı sağlanmış olabilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] TÜBİTAK BİLGEM, “Yayınlarımız”, <https://bilgem.tubitak.gov.tr/ye-yayinlar/>. Erişim: 05 Eylül 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://bilgem.tubitak.gov.tr/ye-yayinlar/>
- [2] World Health Organization, “Who Policy on Disability”, 2021. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1344492/retrieve>
- [3] WHO, *World Report on Disability*. 2011. doi: 10.1111/j.1741-1130.2011.00320.x.
- [4] S. A. Annamma, A. L. Boelé, B. A. Moore, ve J. Klingner, “Challenging the ideology of normal in schools”, *International*

- Journal of Inclusive Education*, c. 17, sy 12, ss. 1278-1294, Ara. 2013, doi: 10.1080/13603116.2013.802379.
- [5] “TS EN ISO 9241-11:2018”. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 2019.
- [6] K. Çağiltay, *İnsan-Bilgisayar Etkileşimi ve Kullanılabilirlik Mühendisliği: Teoriden Pratiğe*, 2. Basım. Ankara: Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., 2018.
- [7] D. Rømen ve D. Svanæs, “Validating WCAG versions 1.0 and 2.0 through usability testing with disabled users”, *Univers Access Inf Soc*, c. 11, sy 4, ss. 375-385, 2012, doi: 10.1007/s10209-011-0259-3.
- [8] ISO, “ISO 9241-171:2008 Ergonomics of human-system interaction - Part 171: Guidance on software accessibility”, 2008.
- [9] W3C, “Web Accessibility Evaluation Tools List”. Erişim: 10 Kasım 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>
- [10] International Organization for Standardization - ISO, “ISO/IEC 40500:2012 Information Technology - W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0”. Erişim: 03 Nisan 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.iso.org/standard/58625.html>
- [11] W3C, “WAI Press Releases and Document Release Notices”. Erişim: 12 Şubat 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.w3.org/WAI/about/releases>
- [12] T. Calle-Jimenez, S. Sanchez-Gordon, ve S. Luján-Mora, “Web accessibility evaluation of massive open online courses on Geographical Information Systems”, *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, sy April, ss. 680-686, 2014, doi: 10.1109/EDUCON.2014.6826167.
- [13] H. Şerefoğlu Henkoğlu, “Türkiye’deki Üniversite Kütüphane Web Sitelerinin Web İçeriği Erişilebilirlik Kılavuzu Kapsamında Değerlendirilmesi”, *Bilgi Dünyası*, c. 22, sy 2, ss. 251-288, 2021, doi: 10.15612/BD.2021.619.
- [14] H. Şerefoğlu ve T. Henkoğlu, “Türkiye’deki Üniversite Web Sitelerinin Görme ve İşitme Engelli Kullanıcılar Açısından Erişilebilirliklerinin Değerlendirilmesi”, *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, c. 9, sy 1, ss. 111-122, 2019, doi: 10.5961/jhes.2019.314.
- [15] L. Kutlutürk, “Engelli Akademisyenler Bağlamında Akademik Atama/Yükseltme Kriterleri için Kullanılan Web Sitelerinin Erişilebilirliğinin Değerlendirilmesi”, *TOBIDER - International Journal of Social Sciences*, c. 6, sy 2, ss. 1-18, Eyl. 2022, doi: 10.30830/tobider.sayi.11.1.
- [16] WebAIM, “WAVE Web Accessibility Evaluation Tool”. Erişim: 03 Mayıs 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://wave.webaim.org/>
- [17] W3C, “Selecting Web Accessibility Evaluation Tools”.
- [18] TÜBİTAK-BİLGEM-YTE, “Erişilebilirlik İlkeleri Rehberi”, Ankara, 2020. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://dijitalakademi.bilgem.tubitak.gov.tr/kamis/erisilebilirlik-ilkeleri>
- [19] TÜBİTAK-BİLGEM-YTE, “Kullanılabilirlik İlkeleri Rehberi”, 2019, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://kamis.gov.tr/>
- [20] TÜBİTAK-BİLGEM-YTE, “Kamu İnternet Siteleri Rehberi (KAMİS)”.
- [21] C. Yıldırım Yücel ve C. Acartürk, “Görme Engelliler için Web Sayfalarında Erişilebilirliğin Sağlanması”, içinde *Akademik Bilgi Konferansı*, Denizli: Pamukkale Üniversitesi, 2006.
- [22] [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://bidb.metu.edu.tr/system/files/u58/ab2006-metuge.pdf>
- U.S. Access Board, “Section 508 of the Rehabilitation Act of 1973”. Erişim: 08 Mart 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.section508.gov/manage/laws-and-policies/>
- [23] K. L. Ertürk, A. A. Şimşek, ve D. Gülseren, “Türkiye’de Engelli Farkındalığı ve Engelli Bireylerin Adalete Web Erişilebilirlikleri Üzerine Bir Değerlendirme”, c. 15, sy 2, ss. 375-395, 2014.
- [24] T. Çelik, “İzmir’deki Devlet Üniversitelerinin Web Sitelerinin Erişilebilirlik Açısından Değerlendirilmesi”, *The Journal of Academic Social Science Studies*, c. 13, sy 80, ss. 469-480, 2020, doi: 10.29228/JASSS.43589.
- [25] S. Ataç, G. Beyazgül, ve Ç. Cengiz, “URAP Dünya Sıralamasında Yer Alan Türkiye Üniversitelerinin Kurumsal Web Sitelerinin Erişilebilirlik Açısından İncelenmesi”, *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, c. 2, sy 2, ss. 121-132, 2020.
- [26] Z. ALTUNTAŞ ve P. ONAY DURDU, “Websitesi Erişilebilirlik Değerlendirmesi: Bir Bariyer Gezinti Çalışması”, *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, c. 1, ss. 119-144, 2020, doi: 10.21560/spcd.vi.818272.
- [27] N. Brown ve J. Leigh, Ed., *Ableism in Academia*. London: UCL Press, 2020.
- [28] N. Brown ve J. Leigh, “Ableism in academia: where are the disabled and ill academics?”, *Disabil Soc*, c. 33, sy 6, ss. 985-989, 2018, doi: 10.1080/09687599.2018.1455627.
- [29] R.-E. Long ve A. Stabler, “‘This is NOT okay:’ Building a creative collective against academic ableism”, *Journal of Curriculum and Pedagogy*. Informa UK Limited, ss. 1-27, 09 Haziran 2021.
- [30] J. T. Dolmage, *Academic Ableism: Disability and Higher Education*. University of Michigan Press, 2017.
- [31] University of Michigan, “Toward an Anti-Ableist Academy Conference”. Erişim: 12 Mayıs 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://diversity.umich.edu/toward-an-anti-ableist-academy-conference/>
- [32] W. E. Donald, “Rejecting hybrid conferences as the new norm reeks of ableism”. Erişim: 03 Aralık 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.timeshighereducation.com/campus/rejecting-hybrid-conferences-new-norm-reeks-ableism>
- [33] YÖK, “Yükseköğretim Kurulundan ‘Engelsiz Üniversite’lere ‘Bayrak ve Nişan’ Ödülü”. Erişim: 15 Eylül 2023. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.yok.gov.tr/Sayfalar/Haberler/2023/yuksekogretim-kurulu-ndan-universitelere-bayrak-ve-nisan-odulu.aspx#:~:text=5%20Haziran%202023%20%2F%20Ankara&text=Y%C3%BCksek%C3%B6%C4%9Fretimde%20%C3%B6%C4%9Frenci%20say%C4%B1s%C4%B1n%C4%B1n%207%20milyona,56%20bin%20civar%C4%B1nda%20oldu%C4%9Funu%20kaydetti>
- [34] HESA, “Who’s working in HE?: Personal characteristics.” Erişim: 11 Mayıs 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.hesa.ac.uk/data-and-analysis/staff/working-in-he/characteristics>

Typing in the Matrix: An Augmented Reality vs. Physical Keyboard Showdown

Bilgehan Çağiltay

*Computer Science and Engineering
Department, Faculty of Engineering
and Natural Sciences
Sabancı University*

Orhanlı - Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey
Email: bcagiltay@sabanciuniv.edu
ORCID: 0009-0004-7612-0516

Berfin Sürücü

*Computer Science and Engineering
Department, Faculty of Engineering
and Natural Sciences
Sabancı University*

Orhanlı - Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey
Email: surucu@sabanciuniv.edu

Kaan Atmaca

*Computer Science and Engineering
Department, Faculty of Engineering
and Natural Sciences
Sabancı University*

Orhanlı - Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey
Email: kaanatmaca@sabanciuniv.edu

Nida Kayaduman

*Computer Science and Engineering
Department, Faculty of Engineering
and Natural Sciences
Sabancı University*

Orhanlı - Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey
Email: kayaduman@sabanciuniv.edu

Kürşat Çağiltay

*Computer Science and Engineering
Department, Faculty of Engineering
and Natural Sciences
Sabancı University*

Orhanlı - Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey
Email: kursat.cagiltay@sabanciuniv.edu
ORCID: 0000-0003-1973-7056

Abstract—Nowadays with augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies entering daily life, the need to use AR keyboards has been increasing. While there has been important work in this field based on the usability of these technologies, there are limited experimental studies conducted to understand the user experience with the current technologies.

One of the keyboards to be used belongs to the HoloLens 2, a head-mounted display with integrated motion functions, to facilitate the virtual keyboard. In this study, HoloLens 2 AR keyboard and typical laptop keyboard were aimed to be compared to understand their usability differences. Convenience sampling method was followed to select five voluntary, two female and three male, participants, all of which were undergraduate engineering students. Seven texts with equal length and complexity were selected and randomly assigned to each participant.

For each task, each participant was asked to type the given text on the keyboard assigned to them. Each participant completed the task for AR and physical keyboard typing once, where each task used different texts. During the typing process, the eye movements of the participants were recorded. If the participant was using the HoloLens, the built-in eye tracker was used; but if the participant was using the laptop keyboard, the Tobii eye-tracker glasses were used.

Both the participants' typing speed and accuracy were evaluated. Additionally, at the end of their sessions, user satisfaction evaluations were collected through a questionnaire. The results show that on the physical keyboard, our participants glanced at the screen more and at the keys less; whereas, on the AR keyboard, they looked at the keys more and at the screen less. Additionally, the AR keyboard is marginally less accurate and causes users to have slower typing speeds than physical keyboards. Overall, the usability of the AR keyboard is envisaged to be comparable to that of physical keyboards, indicating that AR keyboards have the potential to be a viable input method in a variety of contexts. It is expected that the participants may look at the keys more when typing on the physical keyboard. However with the results, it could be concluded that the participants were more accustomed to the physical keyboard.

As a conclusion, the results of this study show that virtual keyboards face many usability challenges such as limited interaction reliability while typing, and limited haptic feedback. Due to these limitations, the participants highly prefer to use physical keyboards over virtual ones. Hence, virtual keyboards require more work to achieve a higher fidelity level.

Keywords—Augmented Reality, Human Computer Interaction, Usability, Typing

I. BACKGROUND OF THE STUDY

In the literature, there are studies that have evaluated physical and virtual keyboards. For instance, in the research "Physical keyboards in virtual reality: Analysis typing performance and effects of avatar hands" by Knierim, Schwind, Feit, Nieuwenhuizen, and Henze [1], an experiment was carried out to investigate the performance of physical keyboards in virtual reality. The study's objective was to assess how well participants typed and how they interacted with virtual reality's physical keyboards. According to the study's findings, typing speed was often lower in a VR environment than it was in a non-VR one when using a physical keyboard. Nevertheless, it was found that the existence of avatar hands had no appreciable impact on either the user experience or typing velocity [1].

The researchers of "Text input approaches for immersive virtual environments: An empirical comparison" by Bowman, Rhoton, and Pinho [2] carried out an experiment to contrast various text input techniques for immersive virtual environments (IVEs). The study's main objective was to identify the text entry methods in IVEs that were most useful, with a focus on keyboards [2]. The study's findings demonstrated that the physical keyboard, which was followed by the virtual keyboard and the speech recognition system, was the most effective and precise input method for text entry in IVEs. The investigators came to the conclusion that physical keyboards are a good alternative for text input in IVEs [2].

These two studies are significant to our study since they investigate text input methods' usability in virtual and

physical contexts, as well as text input methods. These studies have aided posterior research in this area by analyzing techniques of text entering virtual environments and emphasizing some critical concerns and challenges. Both studies add to our understanding of the usability of text input techniques in virtual environments by identifying learnability, eye tracking, user errors and more aspects to consider when comparing the performance and user preferences of AR keyboards to physical keyboards. Knierim et al. [1] observed that users prefer the physical keyboard for its tactile feedback and stability, and Bowman et al. [2] discovered that users prefer the physical keyboard for the familiarity and ability to see their hands while typing. Both research revealed that when comparing the performance and usefulness of AR keyboards to physical keyboards, user preference could be a key factor to consider. These research shaped the methodology of our study by underlining the necessity of taking text input speed and user preferences into account when comparing AR keyboards and physical keyboards in virtual environments. Altogether, these studies assisted our research by providing a foundation for future research in this field as well as a guideline for our research. These studies can be considered the basis for our research, and our research can be regarded as an updated version of these investigations.

The study's objective is to compare the usability of Augmented Reality (AR) keyboards to physical keyboards in virtual environments. The ability to type text rapidly and effectively is critical as the use of virtual environments for various tasks grows. Text entry in virtual environments has become a fundamental task in recent years as the use of virtual environments has grown in popularity. The purpose of this study was to evaluate the typing speed and accuracy of participants when utilizing AR keyboards with physical keyboards in virtual environments. The study asks, "To what extent do AR keyboards and physical keyboards affect users' typing performance?"

The significance of this study stems from its capacity to shed new light on the usability of AR keyboards in virtual worlds. As virtual environments become more widely used for a range of jobs, the ability to type text rapidly and effectively becomes increasingly vital. This study is significant because it directly compares the typing speeds of individuals in virtual environments using AR keyboards with physical keyboards. The study's findings can assist in shaping the design of future text input techniques in virtual environments, as well as improve AR technologies by offering feedback on the usability of virtual AR keyboards. Furthermore, the study serves as a baseline for future research on the usability of AR keyboards in virtual settings. As participants are asked to provide feedback on their experience with both keyboard types, including their overall satisfaction and difficulties encountered, it provides a more holistic understanding of the usability of AR keyboards in virtual environments and can inform the design of future text input methods in virtual environments.

TABLE I. PARTICIPANT PROFILE

ID	Gender	Age
p1	Male	19
p2	Female	20
p3	Male	20
p4	Male	21
p5	Female	20

II. METHADODOLOGY

In this experimental study on AR and physical keyboards, the participants were selected with regards to their characteristics detailed in the persona in Appendix 1. Participants were selected so as to keep the gender ratio as close to one as possible. All selected participants were students from Sabanci University Faculty of Engineering and Natural Sciences. Thus, the keyboard usage and proficiency of all participants in their daily lives can be assumed to be same due to the technical work required in the daily lives of each participant. The participants did not have any disabilities that prevented or hindered their writing performance. None of the participants wore glasses. None of the participants were left handed. The ages of the participants were close, as they are Sabanci University undergraduate students. Furthermore, Engineering faculty students between the ages of 19 and 21 were recruited, which is specified in the persona in the "Evaluation and Analysis" part of this study. The participants voluntarily contributed to our research. As Nielsen suggested [4] that five participants were enough, we recruited five participants in total; two women and three men (see Table 1).

During the study, the participants were presented the prepared experiment texts (see Appendix 3) and asked to write this text on both AR keyboards and physical keyboards. This activity was conducted in a quiet, empty room with a flat white wall as the background to achieve minimal distractions. Then, at the end of the session, they were asked to fill a questionnaire about their experiences (Appendix 2). These questionnaire items were focused on the usability comparison of AR and physical keyboards.

Before the participants were asked to write the randomly chosen text on the physical keyboard, they were donned a Tobii eye-tracker and instructed to complete the calibration process. After the completion of the physical writing section, they were donned the Microsoft HoloLens 2 and instructed to complete the eye-tracker calibration process. This process serves two purposes; to familiarize the user with how the HoloLens operates, and to calibrate the eye-tracker according to the user. Next, the user is given another randomly chosen but different text to write in an AR environment.

The texts used in this study were all quotes from classical Turkish literature and chosen to be varied in word structures as well as similar in length (see Appendix 3). A generic physical keyboard and the mixed reality keyboard of the Microsoft HoloLens 2 headset were used for benchmarking. In addition, the durations of the participants' typing time were tracked manually.

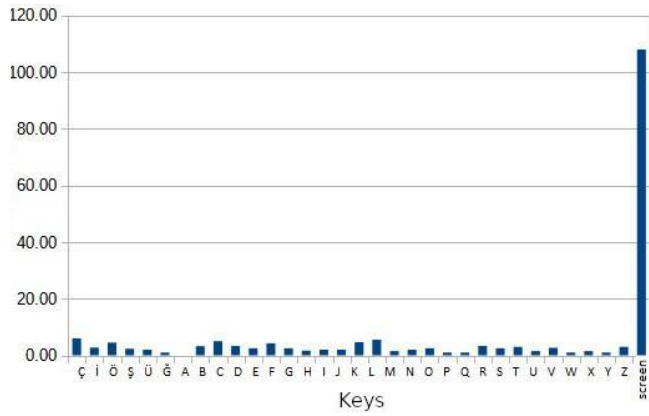


Fig. 1. Average fixation count while using physical keyboards

The physical keyboard was selected so as to keep it as close to a layout as possible for the participants' daily used keyboard. This keyboard is a Turkish variant of the QWERTY layout (see Appendix 4.a). For the AR section a keyboard with a similar layout was used through the ready made MRTK 2 keyboard, which utilized a QWERTY layout (see Appendix 4.b). Due to the similarity of the keyboards, the impact on the writing speed of the participants was minimized. Additionally, the sample texts were adapted so that they were possible to be written using a QWERTY keyboard.

III. RESULTS

In order to conduct an analysis of physical keyboard performances of the participants, Tobii Pro Lab application's automated benchmarking feature was used. From this, the fixation times of the participants on every individual key on the keyboard as well as the screen was acquired.

To analyze the fixation counts on the AR keyboard, the eye-tracking data from the HoloLens 2 was exported and loaded into a python code which automatically categorized

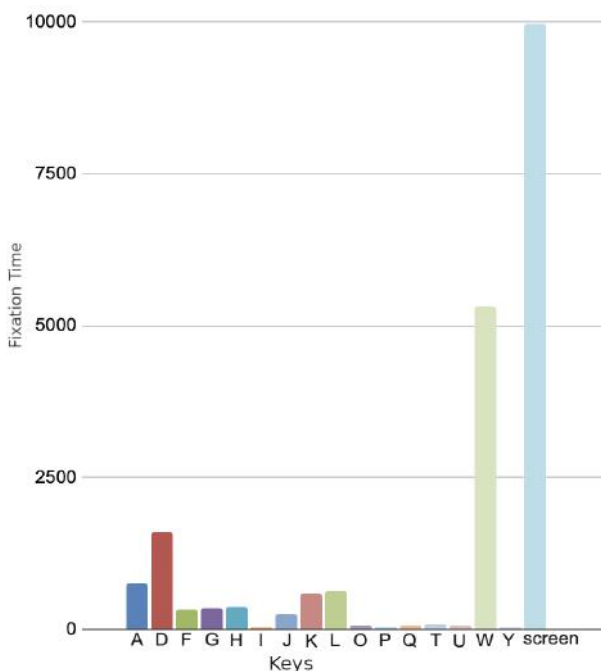


Fig. 2. Average fixation count while using AR keyboards

the fixations. The code took the x, y, and z coordinates of the fixation positions, referenced them with the positions of individual keys on the keyboard, and categorized them according to which key the fixation position belongs to. In the end, a dataset that reported on the fixation counts of each key, as well as the screen was acquired.

By evaluating the average physical performance of the participants (Figure 1), it can be seen that the outcome fits into the current literature on the keyboard performance of experienced users. There is little fixation on the individual keys, while the user focuses heavily on the screen to monitor their progress. This shows that the participants are actually as experienced as expected. A picture of the keyboard used during this process can be found in Appendix 4.a.

Compared to the physical keyboard performance, however, the AR performance of the participants (Figure 2) shows more fixation directed at the individual keys. The fixation directed at the screen is similarly high, showing that the user is more focused on the outcome of their typing, but there is more time used looking at the keyboard. Figure 2 contains the keys with any amount of data; so if a key was reported to have no fixation, it is not displayed in the graph.

This is further corroborated by Figure 3, where the participants spend very little time paying attention to the keyboard and focusing on what is being typed during the physical section (Figure 3.a), while they pay more attention to what keys they are pressing during the AR typing section (Figure 3.b).

As seen in Table 2, the participants' satisfaction with this experimental study was high (7.4/10 on average), except for p3. However, while the participants were satisfied with the overall study, they stated that they would prefer to use a physical keyboard over an AR keyboard (2.8/7 on average, low value indicates preference for physical keyboard, while high indicates preference for AR keyboard). Finally, the participants were highly dissatisfied with the AR keyboard, and stated that they would prefer using a physical keyboard for their daily lives (2.2/5 on average, low value indicates dissatisfaction with AR keyboards for use in daily life).

TABLE II. PARTICIPANT QUESTIONNAIRE RESPONSES

ID	On a scale of 1 to 10, how satisfied are you with your session experience today?	Do you prefer to type on your physical keyboard or AR keyboard?	On a scale of 1 to 5, how satisfied are you with this session to prefer AR keyboard instead of physical keyboard on your daily life ?
p1	6	2	2
p2	10	3	2
p3	3	1	1
p4	10	4	3
p5	8	4	3
Avg	7.4	2.8	2.2

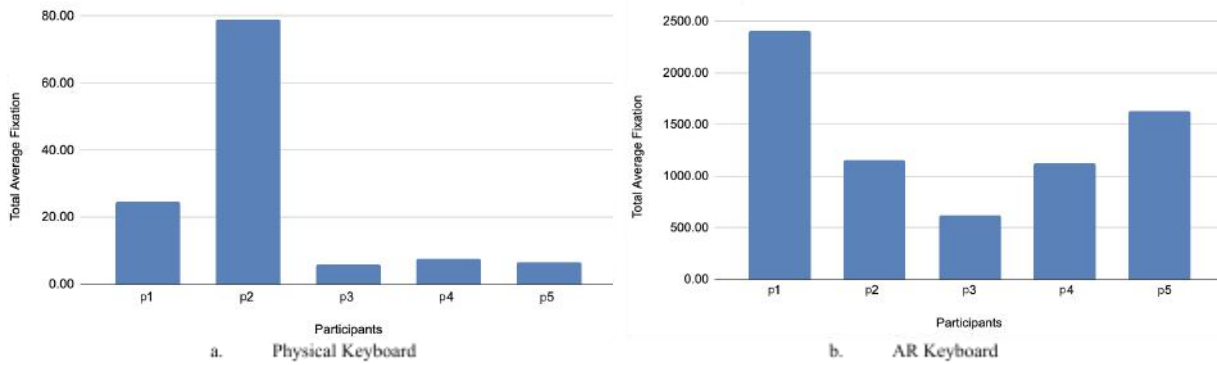


Fig. 3. Total fixation count vs. Participants

The presence of a physical keyboard enabled the participants to utilize the 10-finger typing method, which allowed them to increase their typing speed. However, the AR keyboard presented certain limitations primarily stemming from the limited capacity for detection of key activation. This often necessitated pressing only one or two keys at a time, thereby reducing the typing speed of users.

IV. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

For instance, the results indicate that the participants look at their screen more in physical keyboards, and less in AR keyboards. This could be due to the participants trusting their typed key less in AR. The participants commented that a lack of haptic feedback as well as a confusing user interface hindered their typing speed. When the users get used to the AR keyboard more through further interactions, their typing speed may increase, which would likely increase their satisfaction levels for this keyboard as well.

The participants still looked at the screen to monitor their situation more than monitoring each key-press, meaning the participants are familiar and comfortable with the AR keyboard layout. Even though the participants are familiar with the AR keyboard, they still did not trust their key presses, as they still fixate on certain keys on the AR keyboard, which is not a behaviour present in the physical keyboard section. This indicates that the main problem likely does not lie with the participants' familiarity with the layout of the keyboard but other factors. With participants that attempted to use the 10-finger typing method, it was reported that the keyboard either did not register the inputs, or the keyboard registered faulty inputs. This issue is likely why all participants significantly reduced their typing speeds so as to mitigate the amount of errors they experienced due to their interactions with the AR keyboard. This issue is also likely the cause of the participants reporting that they would prefer physical keyboards over AR keyboards for their daily usages. If this experiment was conducted with participants who are not as familiar with the keyboard layout, the amount of fixation placed on the screen will likely decrease.

As a conclusion, the results show that there are many usability challenges for virtual keyboards that must be addressed. Participants report dissatisfaction with their typing ability due to the lack of haptic feedback, a method to help users experience the feedback of the haptic feature of keyboards can be beneficial for widespread adoption.

Experienced users attempt to interact with keyboards through the 10-finger typing method, but AR platforms are unable to track and allow interaction with all ten fingers reliably, causing faulty inputs. To mitigate this, the reliability of hand tracking and button/key presses should be increased. Developments in these areas will eliminate the need for users to have to interact with keyboards solely through their index fingers and allow them to type faster.

V. LIMITATIONS AND FUTURE WORK OF THE STUDY

This study was conducted with a limited number of participants, however their behaviors were evaluated deeply. As a result, the findings are not aimed to be generalizable to a large population. Additional studies with more participants will be required to corroborate these findings.

Another limitation of this study is that since the participants were selected from a limited profile, the findings cannot be applied to different categories of individuals. The study mainly included young adults who had qualified from engineering school and were technologically adept by career. It will be important to see if the findings extend to older adults, children, or young adults who are not as adept at typing on a keyboard.

Furthermore, this study was unable to account for the AR keyboard's learning curve. Participants did not have adequate time to learn and practice using the AR keyboard through follow-up sessions. As a consequence, they did not have the opportunity to improve their performance on the AR keyboard over a long period of time.

Additionally, the AR keyboard used in this study was provided by MRTK 2, which is not the native keyboard of HoloLens 2. It was not possible to use the native keyboard due to MRTK2's inability to control and fix the keyboard to a specific location at the time of this study. This has since been remedied in MRTK 3. The advantage of the native keyboard over MRTK's own keyboard is that it has a significantly improved UI, a better user feedback mechanism, and a less error-prone typing experience thanks to reduced button conflicts with different selection features.

To summarize, the study gives preliminary information about the usefulness of AR keyboards versus physical keyboards, although further investigation is necessary to fully comprehend the significance of these findings. When analyzing our findings, it is critical to keep these limitations in mind.

Suggestion for the future study is to ensure that the findings are generalizable to a wider population, further research involving a greater variety of participants should be sought. There are difficulties and deficiencies in the present version of the AR keyboard. The limitation is such that just two fingers may be used on the AR keyboard, which needs to be updated for future study. As a suggestion for future research, the current version of the AR keyboard should be upgraded, and studies on AR keyboards should be conducted using the upgraded version to gain more data. There have also been situations where the AR keyboard did not function as planned, resulting in mistakes that were not caused by the participants.

REFERENCES

- [1] P. Knierim, V. Schwind, A. M. Feit, F. Nieuwenhuizen, and N. Henze, "Physical keyboards in virtual reality," *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2018. doi:10.1145/3173574.3173919
- [2] D. A. Bowman, C. J. Rhoton, and M. S. Pinho, "Text input techniques for Immersive Virtual Environments: An empirical comparison," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 46, no. 26, pp. 2154–2158, 2002. doi:10.1177/154193120204602611
- [3] J. Nielsen, *Usability Engineering*. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2009.

APPENDICES

Appendix 1 - Persona

Name: Mert

Age: 21

Occupation: Full-time university engineering student

Technology proficiency: Mert is comfortable using technology and has experience using physical keyboards. He appreciates the tactile feedback and accuracy of physical keyboards. He prefers to use a physical keyboard when completing school work or typing long documents.

Goals: Mert is looking for a keyboard that is both convenient and accurate, and is considering switching from a physical keyboard to an AR keyboard. He wants a keyboard that can adapt to different environments and that can be used in a variety of settings.

Challenges: Mert is unsure if AR keyboards are ready for mainstream use and is concerned about their accuracy and reliability. He is also worried about the battery life of an AR keyboard and wants to make sure it can last through a full day of use.

Use case: Mert is considering switching from a physical keyboard to an AR keyboard and is looking for one that meets his needs and expectations. He is interested in comparing the usability and functionality of both types of keyboards and is willing to pay a premium for an AR keyboard if it offers additional features and functionality that make it worth the investment. He plans to use the keyboard for school work such as typing long papers and completing school work and is willing to pay more for a keyboard that has features like backlighting or a numeric keypad, since he is an engineering student.

Appendix 2 - Post-Session Survey Questionnaire

Satisfaction Survey

Form description

Name Surname

Short answer

Short answer text

On a scale of 1 to 10, how satisfied are you with your session experience today? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Very dissatisfied Very satisfied

Do you prefer to type on your physical keyboard or AR keyboard? *

1 2 3 4 5 6 7

completely prefer physical completely prefer AR

on a scale of 1 to 5, how satisfied are you with this session to prefer AR keyboard instead of physical keyboard on your daily life *

1 2 3 4 5

Very dissatisfied Very satisfied

Other comments

Short answer text

Appendix 3 - Experiment Texts

1. Hayatta en önemli şey nedir? Kendini yalnız ve çaresiz hisseden birine soracak olursak cevap mutlaka "diğer insanlarla beraber olmak" olacaktır. Ama bu ihtiyaçlar giderildikten sonra, bütün insanların ihtiyacı olan bir şey var mıdır hala? Filozoflar buna evet diye cevap verirler. Onlara göre insan sadece ekmekle yaşayamazlar. Ama bütün insanların ihtiyacı olan bir şey daha vardır: Kim olduğumuzu ve neden yaşadığımızı bilmek - sofie'nin dünyası
2. Gözleri olanlara dünyada görecek hiç bir şey olmadığını söylemek zordur. Ne var ki gerçek bu inanın bana. Dünyayı tanımak için dinlemek yeter, yolculuklarda görünenler bir aldatmacadır yalnızca. Gölgelelerin peşinde başka gölgeler - Amin Maalouf, Yüzüncü Ad Baldassare'nin Yolculuğu
3. Aşk denen şey bazen yürür, bazen uçar bazen koşar biriyle birlikte; bir başkasıyla ölümcül yürüyüşe çıkar; üçüncüyü buzdan heykele çevirir, dördüncüyü atar alevlerin içine. Birini yaralar, öldürür ötekini. - Zülfü Livaneli - Kardeşimin Hikayesi
4. İlimizde bir ülke vardır, bir ruh coğrafyası; yaşadığımız sürece bunun sınırlarını arar dururuz. Şanslı olup da bu ülkeyi bulabilenler, taşların üstünden akan su gibi rahatça kayarak iniş çıkışlara yayılır, yuvalarını bulmuş olurlar. Kimileri doğdukları yerde bulurlar bu ülkeyi - Josephine Hart, Ölesiye

5. Rüzgârlar durmadan estiği halde, dağlar nasıl bana mısın demiyorlarsa, ben de öyleyim. Lütfen söyley misiniz efendim, hiç aşk ateşi böyle birdenbire insanın içini kavurabilir mi? Eğer biraz daha kibar ve ılımlı olmazsanız, yanınıza yaklaşacak kimse bulamazsınız. Gelgeç erkekler kendilerini dünyanın merkezi sanırlar. - Shakespeare, hırçın kız
6. Sevilmeden sevmekten daha korkunç bir şey yoktur. Yalnızca aptallar veya çok akıllılar başıboş dolaşırlar. Zaman bazen bir kuş gibi uçar, bazen de bir tırtıl yavaşlığıyla geçer. İnsan zamanın hızlı mı, yavaş mı geçtiğini fark etmiyorsa mutludur. Toplumu düzeltin, hastalık da kalmaz - babalar ve oğulları
7. Dünyayı tanıdıkça hoşnutsuzluğum daha da artıyor; her geçen gün insan karakterinin tutarsızlığına ve akıllı, duygulu görülenlere bile güvenilmeyeceğine olan inancım güçleniyor. Pek azımızda cesaret verilmeden gerçekten aşık olacak yürek vardır. Bir insanın bugünkü duygularını bilmeden geçmişteki hatalarını ortaya dökmek adaletsizlik görünebilirdi- Jane Austen, Gurur ve Önyargı

Appendix 4.a - Physical Keyboard Layout



Appendix 4.b - AR Keyboard Layout



The Efficacy of Utilizing Kinect Studio for Academic Purposes in Human Anatomy Research

Elnatan Tesfa

Dept of Math and Computer Science
Augustana College
Rock Island, Illinois
elnatanmesfintesa20@augustana.edu

Matthew Hawkins

Dept of Math and Computer Science
Augustana College
Rock Island, Illinois
matthawkins21@augustana.edu

Abdelilah Chaib

Dept of Math and Computer Science
Augustana College
Rock Island, IL, USA
abdelilahchaib19@augustana.edu

Aymanesghier

Dept of Math and Computer Science
Augustana College
Rock Island, IL, USA
aymanesghier22@augustana.edu

Tauheed Khan Mohd

School of Information Security and Applied Computing
Eastern Michigan University
Ypsilanti, MI, USA
tkhanmoh@emich.edu

Abstract—This paper examines the capabilities of Kinect as interactive technology and discusses how it can facilitate and enhance teaching and learning and how effective it is. Kinect has been seen to be utilized in different parts of education but because of its abilities for gesture identification and skeleton detection, its application was studied for its used in education kids human anatomy. With its multimedia and multi-sensory capabilities, Kinect can be used as a learning tool to provide fun, stimulating interactions, increase student motivation, and foster learning. Kinect sensor uses Kinect studio when connecting to a computer. It allows for data gathering in real time and fairly simple to use and easy to learn. However, the Kinect Studio has been seen to have limited accuracy in different measurements and limited range. Compared to Azure Kinect SDK, which is a recent version of Kinect Studio, the Kinect offers less accuracy of the 3D representation of the surrounding. The effectiveness of using depth data and body mass index observed from the Kinect Studio was explored by comparing its values with the actual distance calculated using a measure tape and the distance calculated by the LiDAR Camera using standard iPhone. The Kinect Studio was found to be more effective in measuring depth data than body mass index. In addition, the data given by depth data was more accurate as the objects or bodies behind the sensor got closer and closer. The depth data can be utilized to create virtual simulations of human anatomy, to teach kids anatomy.

Index Terms—Kinect, Kinect studio, anatomy, depth, body index, 3D map, distance

I. INTRODUCTION

The Kinect for Windows is a full-body motion-sensing device that has many different possible uses. The Kinect is a very old discovery first found in 2010. The devices typically include RGB cameras, infrared projectors, and detectors by mapping the depth and doing different structured light calculations. These components can be used for gesture identification and other body skeleton detection. They also have microphones that can be used for speech recognition. The hearing and visual cues operate as instructions for interacting with digital content displayed in games or applications. Kinect was initially used for Xbox gaming consoles. It is able to understand

voice, gestures, and body movements. By combining numerous technologies based on the usage of RGB cameras, depth-sensing, and careful user interaction design, Microsoft's Kinect for the Xbox 360 enables superior gaming and entertainment experiences. [1] The Kinect was widely used because it was considered superior to its counterparts such as Nintendo's Wii Remote because it did not require physical controllers. The playing of games on the Kinect a few years after it was released began to decrease in terms of popularity. Although, there was a decrease in its popularity many researchers found it very interesting what all it could do. This led to people finding more uses for it than just playing games.

Debates in education commonly center around the use of technology in classroom settings. With the recent advances made in motion sensing and computer vision technologies, it is possible to integrate these technologies into curriculum such as math, science, or even language arts. The advent of the Kinect sensor has bridged this gap between animation and reality while providing new ways to engage students. The Kinect has had many promising uses and it serves as a very useful tool in education. Although, there have been many talks about using technology in education to enhance learning, there has been little attention given to utilizing the Kinect in different parts of education by making learning more productive, enjoyable, and also making it easier for some minority groups. As a teaching tool, the Kinect has the potential to improve classroom interactions, boost engagement, and let teachers present and handle multimedia and multimodal content, and foster chances for debate and interaction due to the variety of interaction types it supports. [2]

The Kinect can be used by configuring the teacher's preferences using its body movement sensors and speech recognition software to manipulate and use it to teach a specific topic to students. For example, learning using Kinect can offer a new experience in education, allowing better understanding of mathematical concepts, graphs and formulas and allow

the student to take action in the learning process. [3] Or, it can be used as game-based language learning, through which students complete important assignments based on actual situations to improve their communication abilities. In contrast to traditional education, the proponents of computer game-based learning say that computer games have the potential to alter the way in which students learn and encourage a new generation of learners. [4]. Learners can test how the game's outcome changes based on their decisions and actions. Learners are encouraged to get in touch with other team members and discuss and negotiate next steps, which helps to improve, among other things, their social skills. Learners are encouraged to combine knowledge from different areas to choose a solution or to make a decision at a certain point. Therefore, this paper would like to take a more thorough look into how accurate the Kinect can be in terms of its calculations of the person interact with it. Also, how these calculation's accuracy aids in the education of anatomical topics by increasing efficiency and its the ability to change the learning environment into an engaging, interactive and fun experience for students.

II. RELATED WORK

There were some research done on the usage of Kinect in education. One study talks about using Kinect for children with Autism. After reading the literature on computer games in education and topics pertaining to kids with autism, the researchers came to the conclusion that these games are an essential part of kids with autism's learning and socializing processes. [5]. People with specific needs can make excellent use of the Kinect. The Dutch special needs school "De Ruimte" serves as an illustration. The "De Ruimte" school uses the Kinect to improve the motor abilities of its special needs children. The researchers expanded on this project. For this case, the researchers focused on kids with moderate autism.

In their research, ten students with moderate autism, both male and female, were enrolled in their project's primary school setting. Their goal was to improve the kids memory and encourage them to be more sociable. They utilized the Kinect game "Kinect Adventures" to accomplish this. This game, which can be played alone or with others, is made specifically to assist players in honing their matching abilities, achieving their objectives, and comprehending numerous characteristics [5]. Five sports and adventure mini-games may be found in the video game collection "Kinect Adventures." Full body motion is used in "Kinect Adventures" to enable the player to participate in a number of mini-games, all of which support jump-in, jump-out multiplayer play. About three minutes pass between each mini-game. Because they didn't want the autistic kids to become tired or bored playing the game, this brief duration was ideal for their target audience. The fact that the activities can be described as infantile, humorous, or even occasionally foolish lets youngsters be themselves, have fun, and not be afraid to make mistakes [5]. Playing a new member on the Adventure Team—a squad of thrill-seekers committed to engaging in activities like white-water rafting and blowing

bubbles in space—is the idea behind the game. The ability for kids to collaborate in groups is one of the benefits of Kinect games. The researchers found that this makes it easier for kids to cooperate with one another and eventually improve their speech expression to the point where they can now provide simple instructions to one another while playing a game [5]. After finishing the game, the students will gradually get more familiar with the learning materials and concepts, as well as the learning aids, and their feelings of self-worth, self-understanding, autonomy, and independence will grow. Children with autism will also acquire familiar with a variety of items and concepts through the game, which they will gradually incorporate into their daily life. [5]

The Kinect was basically the first of its kind in terms of a full-body motion-sensing device. There were other similar devices that researchers used for the same activities that Kinect can accomplish. Although it was the first of its kind, soon after the Kinect's falloff came the Astra made by Orbbec. The Astra has many functions such as face and gesture recognition, human body tracking, 3D measurement, environment perception, and 3D map reconstruction. The Astra was made with the intention of making learning much easier with the help of 3D tech. Orbbec as a company is very big on using their 3D technology to aid in the education of children. Specifically with the use of 3D cameras and other multi-dimensional hardware and software, students can learn faster, with better engagement and retention. 3D tech also can foster the interactions and shared experiences that are so critical to early child development. With the help of the things like the Astra and other 3D tech many students will be able to get a much more enjoyable and effective learning experience.

In a study about Learning Anatomy Structure with the help of an Interactive System, they found that the use of AR technology can be used to improve a student's understanding of anatomy. The researchers made a platform that used augmented reality to improve student's understanding of the anatomical structure of the body and then quizzed the students to test their understanding of the human body. The researchers then had the students fill out a survey that measured their satisfaction and interest in the platform they engaged in using. The studies main purpose was to see whether or not the use of body tracking technology in the build of 3D human motion makes it easier for students to learn the structure of the human body [6]. Another point of using the 3D body tracking technology was to make the studying of the structure of the human body more interesting and interactive. For those who may not find anatomy of the human body that interesting this could be a vital point of their learning experience. From the study done by the researchers, all results of this experiment came back in the favor of using augmented reality technology. Students found it both more interactive and effective in their enrichment of the study of anatomy [6].

In the recent years there has been a decrease in the amount time spent in terms of class hours on anatomy curriculum. To adapt to these changes in anatomy education various methods have been attempted and changed [7]. In this experiment

involving 30 medical students from the Kaohsiung Medical University, researchers created a 3D augmented reality skull for the students to study. The 3D model had clear labeling of the skull's different type bone and different parts, so that when the skull is rotated the proper labels pop up accordingly. Through their findings in the experiment researchers speculated that working with 3D augmented reality objects can help students learn anatomy structures better and faster than older more traditional methods [7]. The main reason these researchers believe this is because students can get a more detailed look at the anatomical structure of the skull and it will be more engaging since the student will be rotating and moving the object how they want it. This can lead to a deeper and more clear understanding of the parts of the skull that the students are looking at.

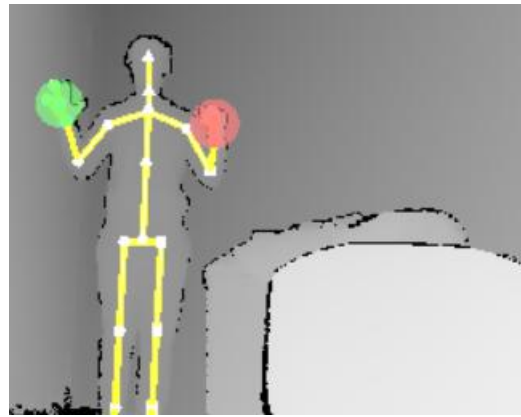


Fig. 1. An image displayed by the Kinect Sensor used to calculate the depth data and body index

III. RESEARCH AND FINDINGS

Since the Kinect was made in 2014, it is hard to find a large amount of uses as well as apps and programs that are compatible with it. This has led to a decline in the Kinect's use during the last 5 or more years. Although there has been a decline in the use of the Kinect over the past years, it seems as though there are still some relevant things that users can do with the Kinect. Kinect studio also has some features that could be used to teach anatomy. It gives measurements such as body index, distance the user is standing from the Kinect, and joint recognition. The main things that will be talked about are the accuracy of the distance from the Kinect and the accuracy of the body index measurements. The accuracy of the Kinect can be quite questionable at times. With these things in mind the question arises of whether or not the Kinect has any valid modern-day use. Through some testing of the body mass index and depth measurements it should be fairly clear whether or not the Kinect gives accurate enough data to be useful in some type of school or professional work setting.

Three IR projectors, an IR camera, and an RGB camera make up the Microsoft Kinect v2 camera. The ToF principle is being used by the sensor to estimate depth. Both cameras output frames at 30 Hz, with the RGB camera having a resolution of 1920 x 1080 pixels and the IR camera having a resolution of 512 x 424 pixels. The Kinect for Windows SDK 2.0, which supports tracking up to 6 users simultaneously with 25 joints each, can be used to access data from the sensor. Both the orientation as a quaternion and the three-dimensional position for each joint are given. The origin of the 3D coordinate system, in which the skeletons are also monitored, is represented by the center of the IR camera lens. [8]

A. Measurements

In our experiment, the depth data and body index data were measured using Microsoft Kinect v2 in Kinect studio. To calculate the depth data, we measured the actual distance between the Kinect sensor and any object in the scene using measuring tape. Then we recorded the scene and stopped it. Then we

retrieved the depth data where we compared the depth data of the exact point of the object to the actual distance. In order to avoid any mistakes we used non-moving objects because if we used moving objects then the depth data would be different at different time stamps. We made several measurement of different objects from varying distances including more than 150 inches from the sensor, more than 80 inches from the sensor, and more than 30 inches from the sensor. We made 200 measurements in total. There was some things we had to keep in mind when performing the measurements such as the angle of the sensor to the object, the shape of the object, and making sure that the measuring tape was at a correct distance. The table in figure 1 shows the summary data of the number of measurements in each of the experiments and the average distance difference between the actual distance and the distance observed by the Kinect sensor for the given distance.

No. of exp	over 150in.	over 80in.	over 30in.
40	5.4in	2.6in	0.6in
40	5.5in	2.6in	0.5in
40	5.9in	2.3in	0.2in
40	6in	2.4in	0.5in
40	5.9in	2.9in	0.4in

We measured the body index data and found that the Kinect sensor was able to recognize the number of bodies captured by the sensor. However, it only displayed the number of bodies when moving the cursor to one body of its choice, displayed none for the other body. This is a small error which reveals that Kinect studio might not be the best tool for calculating the body index. We also measured the distance calculated by LiDAR camera from i phone to compare its accuracy. We setup a desired distance on a table and measured it using a measuring tape. Then we noted the actual distance. After that, we measured the distance using the LiDAR camera. We made same measurements as the Kinect and found that the distance of the LiDAR was very accurate compared to the distance given by the Kinect sensor.

The Kinect sensor creates a 3D representation of the sur-

roundings using a mix of visible light and infrared cameras to measure depth. The sensor uses an infrared light pattern to emit an image, which is then captured by an infrared camera to measure the distance to nearby objects. A visible light camera is also used by the Kinect sensor to take a 2D image of the surroundings. The Kinect sensor can produce a 3D map of the environment that includes the location and depth of objects in the area of view by integrating the information from the visible light and infrared cameras. The Kinect sensor employs a combination of depth information and body tracking to calculate body mass index (BMI). The sensor builds a 3D map of the subject's body using the depth data, enabling it to calculate the subject's height and body type. In order to identify the person's joints and monitor their movements, the sensor also uses body tracking. The sensor can calculate the subject's body mass index by integrating the depth data with the body tracking data (BMI). It's important to keep in mind that a number of variables, including lighting, the size of the objects being measured, and the presence of reflective surfaces, affect how accurately the sensor measures depth and body mass index (BMI). Additionally, using the Kinect sensor to measure body mass index (BMI) is not advised because it is not thought to be as accurate as using more conventional methods like weighing scales and body calipers.

B. Advantages of Kinect studio in measuring depth and body mass:

1. Data gathering in real-time: The Kinect sensor is able to gather depth and body tracking information in real-time, enabling interactive and responsive applications.
2. Low-cost alternative: Compared to other depth sensing technologies, the Kinect sensor and associated technology are comparatively inexpensive, making them usable for a variety of applications. [9]
3. Versatility: The Kinect sensor can be used for a variety of applications, including interactive gaming, virtual reality, physical therapy, and more, to measure depth and body tracking data.
4. Simple to use: The Kinect Studio offers an intuitive user interface for developers and educators to record, replay, and debug sensor data, making it usable even for persons with little background in programming [10].

C. Disadvantages of Kinect studio in measuring depth and body mass:

1. Limited accuracy: The Kinect sensor's employment in applications requiring great precision may be restricted because it is less precise than other depth detecting technologies.
2. Limited range: The sensor's ability to detect objects at a great distance may be hindered by its limited range.
3. Limited compatibility: The Kinect Studio can be less useful in some situations because it only works with specific Windows versions and hardware.
4. Hardware price: Some educational institutions or projects may not be able to afford the Kinect sensor or other required hardware. [10]

D. Azure Kinect SDK vs Kinect Studio

For testing the accuracy of calculating depth data and other things, the Kinect studio is a powerful resource. The Kinect sensor has been demonstrated to be able to precisely measure the separation between each pixel of an object and the camera plane. [11]. We used the Kinect Studio to do our measurement but there is also another SDK that performs more accurate measurements. The Azure Kinect SDK is a more recent innovation that was introduced in 2019 and is made for the Azure Kinect sensor, a more developed version of the original Kinect sensor. The Azure Kinect sensor creates a more precise 3D representation of the surroundings using a combination of infrared and visible light cameras, as well as a time-of-flight sensor, which enables it to measure depth data more precisely. The Azure Kinect sensor is also more precise than the original Kinect sensor since it has a better resolution, which enables it to detect smaller objects and details. The Azure Kinect DK includes a 12-megapixel color camera (4096 × 3072 px) and a 1-megapixel ToF depth sensor (1024 × 1024 px). [12] It is a bundle of four devices: a 4K RGB camera, a wide-angle depth sensor, an inertial measurement unit, and a microphone array. This enables accurate body tracking and depth perception, as well as the ability to compute 3D rays from the source camera's focal point through the supplied pixel location using calibration methods. [8] The Kinect depth camera offers a 50cm to 5m field of view range, 640 * 480 horizontal resolution, 45 degree vertical FOV, and 58 degree horizontal FOV. Accordingly, the resolution at 50 cm is roughly 0.75 mm per pixel, while at 2 m, it is roughly 3 mm per pixel. Microsoft provides a Body Tracking SDK for skeleton tracking, which is compatible with Windows, Linux, and the C and C++ programming languages. With 32 joints apiece, this SDK can track numerous users. The latest definition includes additional joints in the face, such as the ears and eyes, in comparison to the skeletal definition of the previous Kinect generation.

E. How effective is using depth data to teach children about anatomy?

Using Depth data to teach children about anatomy can be advantageous in a variety of ways. It can, for example give children a more engaging and immersive learning experience. They can operate and study the human body in several dimensions, this will allow them to have a better grasp of the interactions between different bodily parts and systems. Moreover, employing depth data might assist children in visualizing complicated concepts and structures that may be difficult to grasp using typical teaching approaches. Depth data can be utilized to generate virtual simulations of human anatomy, providing students with a hands-on approach to learning. [13]

In a secured and controlled setting they can perform virtual dissections and analyze various body systems such as the skeletal, muscular and neurological systems. There are many other customized software that can be used along with the kinect to teach kids anatomy. Kinect can get the depth data

and use Iposoft mocap software to extract 3d skeleton model from Kinect. Then the model can be manipulated to teach the kids anatomy. [14] Because they are actively engaging with the subject, children can learn and remember knowledge more effectively. The most popular depth camera was used in the development of the Kinect SDK, which has a fairly straightforward user interface and substantial online documentation. Therefore, it is not unexpected that it is the most often utilized technique for skeletal tracking evaluation. [15] Moreover, depth data may be utilized to construct interactive quizzes and games that allow children to assess their comprehension of the topic. This can assist to make learning more enjoyable and engaging, thus it will increase their drive to learn and remember information. To summarize, utilizing depth data to teach children about anatomy can be a useful addition to established teaching techniques. It may provide them with a more participatory and immersive learning experience while also assisting them in visualizing difficult concepts and structures. More study is needed to assess the efficacy of employing depth data in increasing children's anatomy learning and recall. Another consideration is the expense of utilizing depth data to teach children about anatomy. Creating and maintaining digital materials may be costly and not all schools and or educational institutions have the financial means to invest in this sort of technology. [13] To use depth data successfully to teach children, instructors and educators may require additional training and assistance which can add to the expense. As a result, not all schools or instructors may have the resources or support necessary to properly apply this technique, limiting its overall efficacy.

IV. RESULTS

Through the measurements taken in the experiment it is fairly easy to understand the accuracy of the Kinect. As exhibited in the table in figure one in the research, the further away an user is from the camera the less accurate the measurements are. The Kinect was most accurate at 30 in. away which ended up being an average difference of the reading of the Kinect and the actual distance. The difference between the actual distance and the depth data from 30 in. away was on average .4 in. This is not extremely bad but in terms of the distance from the actual Kinect camera this can be considered pretty accurate. The highest measurement tested was that of 150 in. away from the camera. This was the most inaccurate and was a difference of 5.7 in on average. between the actual distance and the depth data from the Kinect. The most common length away from the Kinect camera would most likely be the 80 in. measurement. This is because the distance of 80 in. away from the Kinect is right around the perfect distance for someone's whole body to be seen within the Kinect camera. The difference between the depth data and actual measurement at this distance was 2.6 in on average. While this is not an extremely big difference it can hinder the learning. The distance calculated the LiDAR was very accurate for the range that it covers. LiDAR's measurement

accuracy was as low as a few millimeters while the Kinect V2's accuracy is on the order of a few centimeters.

When measuring the body index, the Kinect was able to detect the number of bodies observed by the sensor, however, it displayed the score in a very counter intuitive way. Whenever the user moved the cursor on the bodies, the body index was only shown in some of the bodies and was shown as 0 for the rest. Although the total number of bodies shown on the index score was correct, the user may find it confusing when comparing the actual number of bodies to the number of bodies displayed by the Kinect. Also, there was an anomaly for what it assumes as a body captured by the sensor such as non-living objects vs human bodies, how big or how small the object is in the frame, and how far away it is from the sensor. Therefore, it is recommended to not perform body index calculation using Kinect because it is probably not the most efficient way of measuring the body index.

V. CONCLUSION

Using the Kinect in education has been found to have a significant impact in learning by increasing the performance of the student by making teaching more interactive and engaging. It can be used to teach kids with autism by allowing for more social and interpersonal activities, and ultimately making it a go-to device for disadvantaged individuals. The Kinect has many advantages such as its simplicity and data gathering in real-time and many disadvantages such as limited compatibility. The Kinect sensor uses the Kinect Studio to connect to the computer. Then the Kinect Studio uses infrared and visible light to create a 3D representation of the surrounding. The Kinect studio can be further implemented to use its values detected by the sensor for other usage. In our research, the calculation involving the depth and body index displayed by the Kinect Studio were studied to understand the effectiveness of using it in education. By enabling children to interact with and explore virtual models of the human body, the depth measurement capability of the Kinect Studio can be used to teach children about anatomy. A teacher might, for instance, utilize the Kinect Studio to project a 3D model of the human skeleton onto a screen, allowing pupils to move and rotate the image to better comprehend the connections between various bones. In order to show kids how their own skeletal systems relate to the virtual model, the depth measurement feature might also be utilized to track their movements. The movement, muscles, and joints of the body can all be learned from this. Students can use the human body in several dimensions to have a better understanding of bodily parts. Lastly, they can get virtual simulations and perform virtual dissections. For further study, researchers can investigate how the use of the Kinect affects students' understanding of the human anatomy and their retention of the information and/or examine the possibility of using the Kinect in remote teaching and learning situations, such as during pandemics or in rural locations where access to physical models may be difficult.

REFERENCES

- [1] T. Leyvand, C. Meekhof, Y.-C. Wei, J. Sun, and B. Guo, "Kinect identity: Technology and experience," *Computer*, vol. 44, no. 4, pp. 94–96, 2011.
- [2] H.-m. J. Hsu, "The potential of kinect in education," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 1, no. 5, p. 365, 2011.
- [3] N. A. R. Ayala, E. G. Mendivil, P. Salinas, and H. Rios, "Kinesthetic learning applied to mathematics using kinect," *Procedia Computer Science*, vol. 25, pp. 131–135, 2013.
- [4] N. Whitton, "Motivation and computer game based learning," *Proceedings of the Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, Singapore*, vol. 1063, p. 1067, 2007.
- [5] E. Boutsika, "Kinect in education: A proposal for children with autism," *Procedia Computer Science*, vol. 27, pp. 123–129, 2014.
- [6] E. D. Fajrianti, S. Sukaridhoto, M. Rasyid, B. E. Suwito, R. P. N. Budiarti, I. A. A. Hafidz, N. A. Satrio, and A. L. Haz, "Application of augmented intelligence technology with human body tracking for human anatomy education," *IJJET: International Journal of Information and Education Technology*, vol. 12, no. 6, pp. 476–484, 2022.
- [7] C.-H. Chien, C.-H. Chen, and T.-S. Jeng, "An interactive augmented reality system for learning anatomy structure," in *proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists*, vol. 1, pp. 17–19, International Association of Engineers Hong Kong, China, 2010.
- [8] J. A. Albert, V. Owolabi, A. Gebel, C. M. Brahms, U. Granacher, and B. Arnrich, "Evaluation of the pose tracking performance of the azure kinect and kinect v2 for gait analysis in comparison with a gold standard: A pilot study," *Sensors*, vol. 20, no. 18, p. 5104, 2020.
- [9] R. A. El-laithy, J. Huang, and M. Yeh, "Study on the use of microsoft kinect for robotics applications," in *Proceedings of the 2012 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium*, pp. 1280–1288, IEEE, 2012.
- [10] M. Rahman, *Beginning Microsoft Kinect for Windows SDK 2.0: Motion and Depth Sensing for Natural User Interfaces*. Apress, 2017.
- [11] A. S. Sabale and Y. M. Vaidya, "Accuracy measurement of depth using kinect sensor," in *2016 Conference on Advances in Signal Processing (CASP)*, pp. 155–159, IEEE, 2016.
- [12] G. Kurillo, E. Hemingway, M.-L. Cheng, and L. Cheng, "Evaluating the accuracy of the azure kinect and kinect v2," *Sensors*, vol. 22, no. 7, p. 2469, 2022.
- [13] M. H. Mohd Hazwan B Sahabuzan, "Learning anatomy for pre schools via kinect technology," 2012.
- [14] K. Arai and R. A. Asmara, "3d skeleton model derived from kinect depth sensor camera and its application to walking style quality evaluations," *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 7, pp. 24–28, 2013.
- [15] R. A. Clark, B. F. Mentiplay, E. Hough, and Y. H. Pua, "Three-dimensional cameras and skeleton pose tracking for physical function assessment: A review of uses, validity, current developments and kinect alternatives," *Gait & posture*, vol. 68, pp. 193–200, 2019.

Enhancing Augmented Reality Precision with Leap Motion Technology

Johnny Breeden

Math and Computer Science

Augustana College

Rock Island, United States

johnnybreeden21@augustana.edu

Jack Kiefer

Math and Computer Science

Augustana College

Rock Island, United States

jackkiefer21@augustana.edu

Joon Lee

Math and Computer Science

Augustana College

Rock Island, United States

joonsoolee18@augustana.edu

Anubhav Rayamajhi

Math and Computer Science

Augustana College

Rock Island, United States

anubhavrayamajhi22@augustana.edu

Tauheed Khan Mohd

School of Information Security and Applied Computing

Eastern Michigan University

Ypsilanti, Michigan

tkhanmoh@emich.edu

Abstract—This document covers the efficiency of Leap motion when interacting with the user regarding hand gestures, particularly picking up objects and throwing objects in Unity Engine. This extends to its motion capture technology as its ease of use. Furthermore, this document covers the prior usages of Leap Motion and prior research, accomplishments, and accuracy done with the technology. For this research, Leap motion was used to capture hand gestures and this gesture was used in creating a simple game of "Cup pong" in Unity Engine. In this game, a sphere object is to be grabbed and thrown into cups using Leap motion desktop hand tracking. The device's accuracy is tested based on the number of complete cycles a player is able to achieve in the game. Here, one cycle is the process of catching the sphere, throwing the sphere, and making it reach a reasonable horizontal and vertical distance.

Index Terms—Leap Motion, Augmented Reality, Cup Pong, Human-Computer Interaction (HCI), Unity

I. INTRODUCTION

The Leap Motion Controller (LMC) [1] is a Human Interface Device [2] that works via a USB connection with the computer which captures images and identifies the key objects in those images. It obtains "grayscale images for data using the infrared light spectrum representing mainly the objects illuminated by the LMC IR LEDs" [3] through the Leap Motion Controller. It has a sensing space that can detect objects up to 60cm in distance. The Leap Motion controller was released to the public in July 2013 but the technology's development began in 2008. The Leap Motion controller is a haptic device that works on the basis of gestures without any form of touch on the actual device. This device can be used in making applications with the API that leap motion provides. This API is popularly used for sensing human input and allows the user to interact with a virtual environment. The main difference between the Leap Motion and other popular interfaces is that the device "Leap is able to track particular small objects (hands and pen- like things) in a smaller volume, but with much higher accuracy" [3].

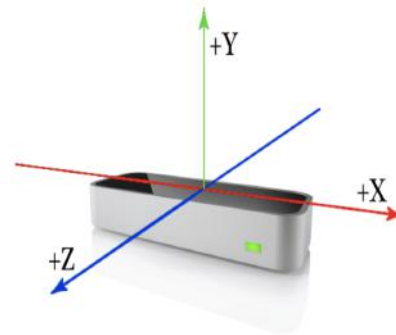


Fig. 1. Horizontal and vertical coordinates for leap motion controller [4]

Augmented reality is defined as "the process of overlaying computer-generated information on reality, whether that reality is a geographic place or an object" [5]. Although the Leap Motion device translates human input into a virtual environment, the device itself still lies more on the side of AR. In essence, Leap Motion does not directly place a virtual environment over reality, it does so by taking real input and placing it in a virtual environment. Therefore, it lies more on the AR spectrum of technology.

The goal of this research is to analyze the efficiency of Leap Motion as well as its prior uses in AR. In order to do this, a simple game was created using the Unity Engine, which uses the Leap Motion controller to allow the player to play "cup pong." Cup pong is a game in which the player aims to throw a ping pong ball (a sphere object) into a group of 10 cups without missing twice in a row. Here, completing the process of grabbing, throwing, and moving the sphere to a reasonable distance in both the horizontal and vertical axis is considered a cycle. We will repeat this cycle multiple times to collect the accuracy of using leap motion specifically for grabbing and

throwing gestures.

II. PREVIOUS USES

Through our initial use of the Leap Motion product and based on our research, it has become apparent how advanced the hand-tracking technology is, and has shown the value of the half-decade it spent in development. We have found numerous applications for this technology, some of which are far more advanced and productive to society than a simple cup-pong game. These applications include using data provided by the Leap Motion device to further research on Parkinson's disease, Arabic sign language, and uses in virtual chemistry labs.

A. Use Cases of LMC to Improve Individuals with Disabilities

Studies were conducted on how effective Leap Motion Controller is for individuals with neurological conditions such as Parkinson's disease (PD). Parkinson's disease is a, "dopamine deficiency within the basal ganglia leads to a movement disorder characterised by classical parkinsonian motor symptoms" [6]. Virtual Reality seemed promising for rehabilitation for PD. According to the article, several studies have shown the positive effects of VR systems as complementary therapy to neurological rehabilitation. In this research, 24 participants with PD were divided into two groups: an experimental group and a controlled group. The experimental group attended this neurological therapy by doing tasks on a serious game using LMC. "Serious games are games designed for a primary purpose other than just pure entertainment" [7]. Meanwhile the controlled group was rehabilitated by traditional physical therapy. As a result of this research, the experimental group showed that they have had a huge improvement in their upper limb performance compared to the other group. In conclusion, the LMC system and serious games designed for this study show that the LMC rehabilitation tool benefits certain PD patients for the improvement of coordination, speed of movements and fine dexterity in UL intervention [7]. Furthermore, LMC system shows huge benefits for these patients due to its portability, ease of use, commercial availability, low cost, and non-invasive nature [7].

B. Recognition of Arabic Sign Language with LMC system

Sign Language is an essential way to communicate with those people who have disabilities in hearing with the rest of the society. However, not everyone knows sign language which makes it harder for the rest of the society to be able to understand. Therefore, it is necessary to have a system where sign language is translated into sentences or words. The research was conducted to develop a system that recognizes Arabic sign language through Leap Motion Controller. In this project, 12 most relevant features of Arabic sign Language were taken in consideration to the purpose. With those features, this study compared the performance of two classifiers, Nave Bayes Classifier (NBC) and Multi-layer Perceptron (MLP). NBC classification approach is based on quantifying the trade-offs between various classification decisions using probability and

the costs that accompany such decisions [8]. MLP classifier is based on Artificial Neural Network (ANN) which consists of many interconnected identical simple processing called neurons and was trained by the back-propagation algorithm [8]. In conclusion, the overall accuracy of recognition of Arabic sign language was 98.3 percent while accuracy of using MLP was 99.1 percent [8]. There were some misclassifications of sign language due to LMC's field of view resulting some of the fingers to be occluded by hand palms or other fingers [8]. However, LMC has shown a quite high accuracy in its performance of recognizing Arabic sign language, overall. To solve the problems and errors in misclassification, the study has come up with a new direction which is using two LMC in recognizing Arabic sign language.

While this specific example depicts the use of the Leap Motion Controller in regards to Arabic sign language, other studies have seen success in motion recognition with similar tasks. In said studies, this technology has been noted to have been applied to not only Arabic Sign Language, but also Australian Sign Language, British Sign Language, Danish Sign Language, French Sign Language, Indian Sign Language, Taiwan Sign Language, and American Sign Language [9].

C. Leap Motion in building a Chemistry Lab

Among the multitude usages of Leap Motion, one of the more impactful use was seen in the research done to build virtual chemistry lab using LMC. As building a chemistry lab is really expensive and using the virtual lab can eliminate a major amount of cost which proves it be cost-effective. In this research, there was the use of a unity engine and leap motion to implement hand gestures. Then, they use gesture mapping and calibration to produce " 30 experiments classified in eleven different categories. The categories are Chemical compound, Chemical reaction which produces sediment, Chemical reaction which generates gas, Electrolyte & battery, Chemical reaction of food, Crystal, Metals, Acid & alkaline indicator, Alkaline & acid salt, Chemical for daily life, and Chemical games." [10] The lab was able to perform multitude of chemical experiments and also have quizzes. The use case for virtual chemical labs can be in the education sector. Mainly the cost-effectiveness of the lab can be used to provide education in schools that have low funding. They would be able to replace physical labs which they might not have been able to previously build . This would allow education access to large number students learn . Eventually allowing them to learn chemistry to much greater detail. The concept of building labs can also be exercise in other forms of education like physics and maths and if these labs are made properly, it has the potential to impact a large number of under privilege students. The result from the experiment showed that the usability of leap motion in the chemistry lab was 71.7. It is an acceptable score in the usability test for interaction modality which means that it can definitely be used in education sector with some improvement. [10].

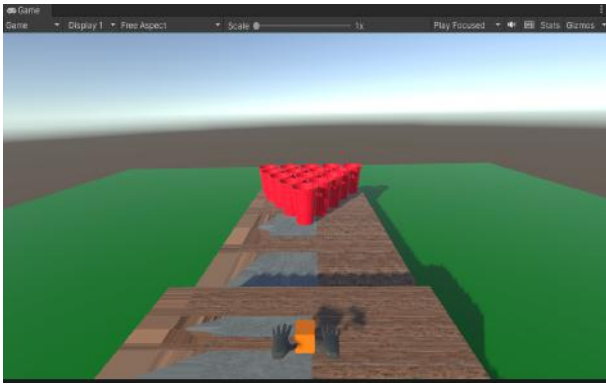


Fig. 2. shows an early version of College Simulator from the players point of view

III. EXPERIMENTAL SETUP

As previously discussed, the Leap Motion Controller is a device that excels in tracking hand movements and gestures. The controller is capable of tracking hands "Depth of up to 60cm (24") preferred, up to 80cm (31") maximum; 140x120° typical field of view. Tracking works in a range of environmental conditions" [4]. It is capable of doing this by using the three infrared emitters as well as using the two CCD cameras.

In order to test the Leap Motion device, the software Unity was used to create an Augmented Reality game which uses the Leap Motion controller to allow the player to input hand motions. The game is called "College simulator" in which the goal is for the player to pick up a virtual cube and throw it into cups in order to score points. In order for the player to pick up the ball, the Leap Motion controller is used to sense the player's input and translate it into the virtual environment. Each time that the player is able to throw the cube into a cup, the cup disappears to indicate a successful throw. The player is able to reset the cube after each throw by pressing 's' on a keyboard. By using this game we are able to test how accurate the input from the Leap Motion controller is.

A. Game Mechanics

The game College Simulator was created using the Unity [11] game engine, with imports from Leap Motion and a downloaded 3 dimensional cup model. The light within the game was generated by using the light asset within the Unity software. After the light is in the desired color was selected to create semi-realistic graphics. A 2D plane was inserted horizontally to create the "ground", and was given physical properties to make it a solid foundation. The table is a simple 3D box object that has a texture placed on the object which was from Unity Assets and was also given physical assets to make it an impermeable object. Each "cup" object was a downloaded object from "CGTrader.com" [12]. One of the main features of the Unity game engine is that "game resources and objects can be imported or exported in the form of a

package, which can easily make different game projects share development works." [13]. After downloading the model, the cups were coded to have a 'disappearing' effect if the pong cube were to come in contact with the top portion of the cup (in order to simulate the player making the cube in the cup). Along with the disappearing effect, the cups were given a red color by using the color wheel within the software. Our application's tracking capabilities were created using a set of pre-made tools, provided by UltraLeap, which had been "made available to download through the engine so that developers can test the hardware and use them to build games and applications." [14]. The camera that provides the player's First Person Point of View was angled on the table to simulate a "normal" height for a person. This makes the game as a whole a little easier for the player to learn how it works as it related closer to reality.

B. Test Setup

In order to test the accuracy of the Leap Motion's hand tracking ability, College simulator was used along with other measurements in order to determine its efficiency. The test was conducted on 5 different subjects. The test considered the following aspects of the project: 1. Catch test (whether the subject was able to grab the pong cube), 2. Throw test (whether the subject was able to throw the pong cube), 3. Position of the hand (vertical distance of a hand from LMC), 4. Distance the cube was thrown (x, z) coordinates of the cube after being thrown from the original point). For the fourth component that was considered in our test used Pythagorean Theorem to calculate the distance. Since the y-coordinate is the height of the cube, x and z coordinates were only taken in consideration. by calculating the difference of x, z coordinates from the original x, z coordinates and using the Pythagorean Theorem, we were able to find out the distance of the cube after being thrown. The pong cube's fields in this test were: Mass: 0.01, Scale: (0.1, 0.1, 0.1), Angular Drag: 0.05, Original Position (x, z): (2.10, -0.49). We used the measure app [15] for calculating 25% of the vertical distance for part 3.

C. Subject 1 results

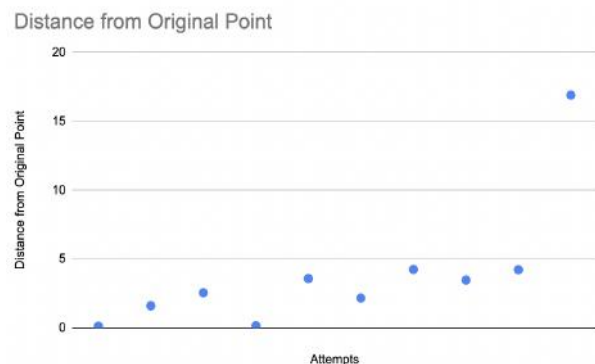


Fig. 3. Subject 1's scatter plot of the distance of pong from origin

Subject 1 had total of 17 attempts. Subject 1's rate of success in catch test was 82.4 percent where he successfully picked up the pong cube 14 times out of 17 attempts. Subject 1's rate of success in throw test was 57.1 percent where he successfully threw the pong cube 8 times out of 14 successful grab attempts. When the subject was able to throw the pong cube, it is seen from the scatter plot that the distance from the original point varies from 0.13 to 16.9 cm.

D. Subject 2 results

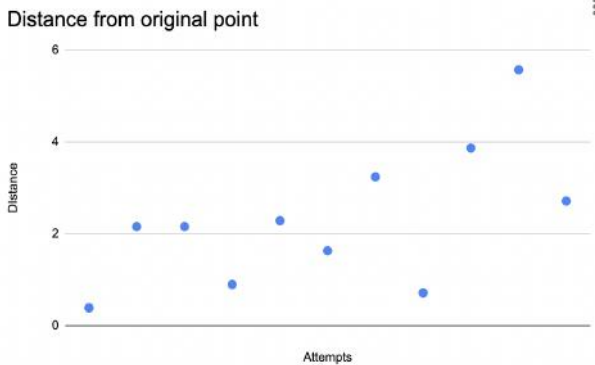


Fig. 4. Subject 2's Scatter plot of the distance of pong from origin

Subject 2 attempted 17 times where he successfully grab the pong cube 16 times resulting 94.1 percent of accuracy on catch test. Furthermore, out of those 16 successful grabs, subject 2 was able to throw the pong cube 11 times resulting 68.8 percent. Subject 2's pong cube distance from the original point varied from 0.39 to 5.57 cm. Subject 2's result were in the range of subject 1's result where it indicates that subject 1 could throw further than subject 2.

E. Subject 3 results

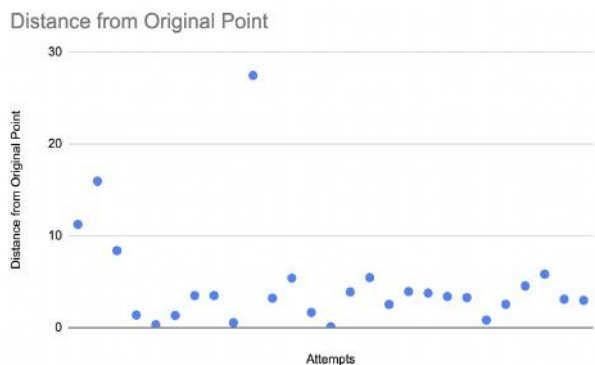


Fig. 5. Subject 3's Scatter plot of the distance of pong from origin

Out of 30 attempts that subject 3 attempted, he managed to successfully pass the grab test 29 times resulting 96.7 percent of accuracy. Out of those successful 29 catches, subject

3 managed to successfully throw the pong cube 26 times resulting 89.7 percent accuracy. Subject 3 showed the highest accuracy among all the other subjects. From subject 3, we could conclude that it may vary from a person to another. Furthermore, subject 3's pong cube distance from the original point varied from 0.33 to 27.5 cm. After the halfway point in the test the subject started to become more constant which can show a correlation between time spent playing the game and skill level.

F. Subject 4 results

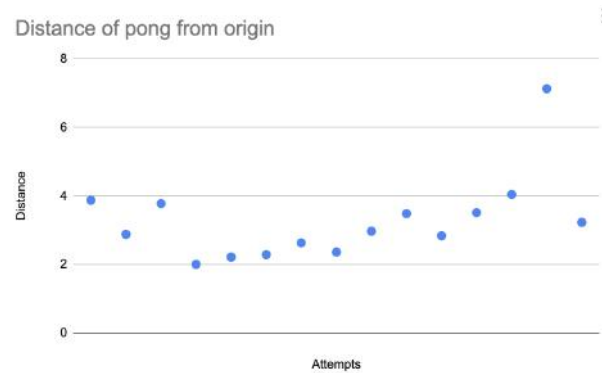


Fig. 6. Subject 4's Scatter plot of the distance of pong from origin

The above data reflects the information on the fourth subject. For subject 4, the subject made a total of 25 attempts where the subject threw the pong. Among those 25 trials, Subject 4 was able to have a success rate of 92.0 percent for catching the ball. This Reads to 23 out of 25 attempts that were successful while catching the ball. Furthermore, the rate of success in throwing the ball was only 65.2 percent. This reads to 15 out of 25 attempts where the subject was able to successfully throw the ball. From the chart above, we can observe that the maximum amount of throws lied between 2-4cm in distance. Overall, the accuracy of catching the ball was high however, while throwing the ball, the leap motion was not the best tool. *f*

G. Subject 5 results

Subject 5 had a total of 14 attempts, and out of those 14 tries, he managed to successfully grab the virtual pong cube 10 times resulting 71.4 percent in accuracy. In those 10 successful catches, he successfully threw the pong cube 7 times. This resulted his rate of success in throw test at 70.0 percent accuracy. Subject 5 had the least amount of attempts and the lowest percentage on grab test out of all the subjects which lead us to conclude that it may require some experience to enhance the performance over time. When the subject 5 was able to throw the pong cube successfully, it is seen from the

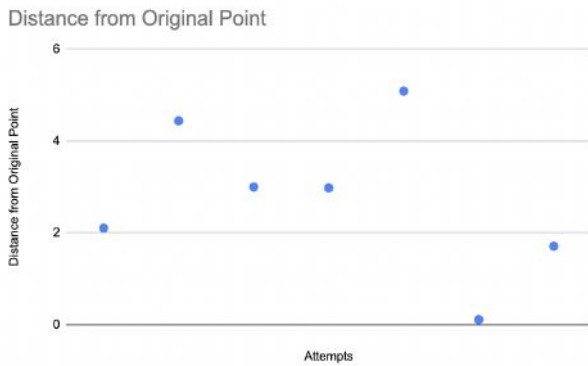


Fig. 7. Fig. 8 Subject 5's Scatter plot of the distance of pong from origin

scatter plot that the distance from the original point varied from 0.11 to 5.09 cm.

IV. TEST RESULTS AND CONCLUSIONS

After analyzing the data gathered from the various test, the Leap Motion test is very good at tracking the users hands when doing slower movements. These type of movements include, picking up objects, flipping hands around, and individual finger movements such as various gestures. From the data that have been collected from five different subjects, it can be concluded that the LMC is quite accurate in terms of grabbing the object. However, the throwing part of the test had different results. The Leap Motion seems to struggle a little more when it comes to tracking quick movements. The quick movement which was tested in College Simulator is the ability to throw virtual objects. During the test, the height of which the hand was in comparison with the Leap Motion Controller was recorded and charted in a data table. The vertical position of the hand was measured by Apple Measure app to conduct this research.



Fig. 8. Measuring the hand position via Apple Measure App

Range(cm)	Successful	Failed	Rate of Success
1 - 10	2	4	33%
11 - 15	14	2	87.5%
16 - 20	34	4	89.5%
21 - 25	27	1	96.4%
26 - 30	6	0	100%
31 - 35	6	0	100%
35+	1	0	100%
Total	90	11	81.1%

Fig. 9. Rate of Success in Grab Test According to the vertical hand position from LMC

The table shows how successful the grab test was according to the vertical position of a hand from LMC. As it is shown in the table, it seems like that 11cm to 25cm vertically from LMC is the most comfortable position of the hand due to the high amounts of attempts that have been conducted. As previously stated, the preferred height of use for the Leap Motion device is 60 cm, so our data is consistent with the data from the Leap Motion controller specs. The amount of data is not quite sufficient to show its accuracy; however, it seems like the success rate is very high where the hand was positioned greater than 25cm. In addition, it is easily observable that the range between 11 to 25 cm also had quite a high percentage of success considering the number of attempts that were done. On the other hand, it is easy to observe that range between 1 to 10cm has not only a very low success rate but is also not comfortable due to the amounts of attempts. In conclusion, it is the most ideal to have a hand positioned above 15cm considering both comfort and accuracy.

During the throwing portion of the test, hand height was not recorded because the hand is moving and it is not possible to get an accurate measurement of the hand height. However, we did keep track of the distance that the user was able to "throw" the cube while using the LMC. After analyzing each test as a whole, the rate of a successful throw was 73% where out of 90 successful grab test subjects were only able to throw 66 out of 90 attempts. This matches with our original statement that the LMC is better for tracking slower movements.

Furthermore, focusing on the subjective results of the actual experience of using leap motion. The subjects had varied experiences to share. The first idea was the ease of use of leap motion. approx. 75% of the subjects found that the use of leap motion was generally fun and intuitive. In comparing leap motion usage for the specific game of pong, the subjects reported that they would rather use leap motion than another output device like a mouse. The second idea was about the experience regarding tracking the hands themselves, users reported that it was not the best experience because the leap motion did not properly detect the throw. Thus, it ended up being tiring and repeated when it was supposed to work. One user also reported that after repeated use of leap motion, the hands started to get tired. Over subjective results shows that

leap motion would be proper in areas of gaming, however, it might not necessarily be useful when you need really high level of precision. In conclusion, the leap motion device could potentially be a ubiquitous device if the accuracy of the device is increased because of its size, portability, and ease of use.

REFERENCES

- [1] Ultraleap, "Tracking: Leap motion controller," in *Ultraleap Developer*, p. 1, Ultraleap, Jan 20, 2023.
- [2] M. Sato, Y. Hirata, and H. Kawarada, "Space interface device for artificial reality—spidar," *Systems and Computers in Japan*, vol. 23, no. 12, pp. 44–54, 1992.
- [3] I.-B. Păvăloiu, "Leap motion technology in learning," 2017.
- [4] Ultraleap, "Api overview," in *Leap Motion Controller*, p. 1, Ultraleap, 2023.
- [5] D. R. Berryman, "Augmented reality: a review," *Medical reference services quarterly*, vol. 31, no. 2, pp. 212–218, 2012.
- [6] L. V. Kalia and A. E. Lang, "Parkinson's disease," *The Lancet*, vol. 386, no. 9996, pp. 896–912, 2015.
- [7] P. Fernández-González, M. Carratalá-Tejada, E. Monge-Pereira, S. Collado-Vázquez, P. Sánchez-Herrera Baeza, A. Cuesta-Gómez, E. D. Oña-Simbaña, A. Jardón-Huete, F. Molina-Rueda, C. Balaguer-Bernaldo de Quirós, *et al.*, "Leap motion controlled video game-based therapy for upper limb rehabilitation in patients with parkinson's disease: a feasibility study," *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 16, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [8] M. Mohandes, S. Aliyu, and M. Deriche, "Arabic sign language recognition using the leap motion controller," in *2014 IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, pp. 960–965, IEEE, 2014.
- [9] D. Naglot and M. Kulkarni, "Real time sign language recognition using the leap motion controller," in *2016 international conference on inventive computation technologies (ICICT)*, vol. 3, pp. 1–5, IEEE, 2016.
- [10] H. S. Al-Khalifa, "Chemotion: A gesture based chemistry virtual laboratory with leap motion," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 25, no. 6, pp. 961–976, 2017.
- [11] U. Engine, "U. technologies," in *Unity Home Page*, p. 1, Unity Engine, 2023.
- [12] Ultraleap, "Free 3d models,"
- [13] J. Xie, "Research on key technologies base unity3d game engine," in *2012 7th international conference on computer science & education (ICCSE)*, pp. 695–699, IEEE, 2012.
- [14] M. Foxman, "United we stand: Platforms, tools and innovation with the unity game engine," *Social Media+ Society*, vol. 5, no. 4, p. 2056305119880177, 2019.
- [15] A. Inc., "Measure app," in *Use the Measure app on your iPhone, iPad, or iPod touch*, p. 1, Apple Inc., 2023.

Enhancing Immersive 3D Experiences: The Role of Eye Tracking in Achieving Intuitiveness and Seamless Interaction

Shamil Humbatov

Digital Technologies and Applied Informatics dept.

Azerbaijan State University of Economics (UNEC)

Baku, Azerbaijan

shamil.humbatov@unec.edu.az

ORCID: 0000-0001-6487-6034

Abstract: Immersive 3D environments, facilitated by technologies like virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR), have transformed the way we interact with digital content. However, making these experiences intuitive and seamless remains a formidable challenge. In this context, eye-tracking technology is a promising solution to enhance user interactions within immersive environments.

This paper delves into the convergence of immersive technology and eye tracking, exploring how the latter can revolutionize how users engage with 3D digital spaces. It is rooted in recognizing that genuinely immersive experiences should be as intuitive as the natural world and that eye tracking can significantly contribute to achieving this goal.

The literature review provides essential context by discussing the challenges inherent in achieving intuitiveness within immersive 3D environments. It highlights issues such as complex control schemes, cognitive load, and the need for precise interactions in 3D spaces. These challenges underscore the importance of seeking alternative, more intuitive interaction methods (1).

The core of this paper centres on the role of eye-tracking technology in addressing these challenges. Eye tracking, which captures users' eye movements and gaze, offers multiple advantages. It reduces cognitive load by enabling natural eye movements to navigate and interact within immersive spaces. Moreover, it enhances interaction precision, allowing for accurate targeting and selection of objects, ultimately improving the overall user experience. Additionally, eye-based interactions create a sense of immersion, making the technology more accessible and enjoyable.

Drawing from prior research review studies that have explored the application of eye tracking in immersive environments. These studies demonstrate how eye tracking can reduce cognitive load, improve task performance, and enhance user satisfaction. They underscore the potential of eye tracking as a critical enabler of intuitive and seamless interactions in 3D spaces (2).

Looking ahead outlines several future directions and research gaps. It suggests the need for investigations into the long-term effects of eye tracking on user comfort and satisfaction during extended immersive experiences. Furthermore, it emphasizes the potential of combining eye tracking with other input modalities, such as hand gestures, to create versatile and seamless interactions. Lastly, the paper underscores the importance of exploring the usability and accessibility implications of eye-tracking technology across diverse user populations.

In conclusion, this paper contributes to the discourse on intuitive interactions within immersive 3D environments. It highlights the transformative potential of eye-tracking technology, shedding light on its capacity to reduce cognitive load, enhance precision, and create engaging and intuitive user

experiences. Through a synthesis of existing research and a roadmap for future inquiries, this paper advances the understanding of how eye tracking can play a pivotal role in shaping the future of immersive technology and human-computer interaction (3).

Keywords— *eye tracking, intuitive interactions, immersive 3D environments*

I. INTRODUCTION

In the ever-evolving landscape of technology, the quest for immersive experiences has become a relentless pursuit. The world of immersive 3D environments, encompassing virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR), beckons us to explore uncharted realms and amplify our engagement with digital content. However, the seamless fusion of human-computer interaction and intuitive engagement within these immersive worlds remains an ongoing challenge. In this dynamic context, the role of eye-tracking technology emerges as a transformative force.

The significance of the topic is multifaceted and extends to several key dimensions:

A. User-Centric Design

At its core, this research delves into the fundamental principle of designing for the user. In an era where technology often strives to adapt humans to its interfaces, eye tracking flips the paradigm, allowing technology to conform to the innate behaviours and intentions of the user. This shift toward user-centric design is at the heart of enhancing the overall user experience within immersive 3D environments.

B. Natural Interaction

By tracking the movement of the human eye, technology gains a new understanding of users' intentions and interests. This information opens the door to more natural and intuitive interaction methods. Users can effortlessly navigate virtual spaces, select objects, and interact with digital content simply by directing their gaze—a profound departure from traditional input devices and controls.

C. Seamless Integration

The paper explores how eye tracking seamlessly integrates into an immersive 3D experience. When executed effectively, the technology at work may guide users effortlessly through these digital realms without making them aware. This level of integration reduces the cognitive load on users and fosters a more profound sense of immersion.

D. Enhanced Realism

Immersion thrives on realism, and eye tracking contributes significantly to immersion within 3D environments. Users can engage more authentically with digital characters and objects as their gaze behaviour informs the reactions and interactions of the virtual world.

E. Applications Across Industries

The versatility of eye tracking extends far beyond gaming and entertainment. Its potential spans various industries, including education, healthcare, automotive design, and more. Educators can gauge student engagement, healthcare providers can diagnose cognitive disorders, and automotive designers can create safer and more intuitive user interfaces.

F. Market Growth

As immersive technologies become increasingly integrated into daily life, understanding the pivotal role of eye tracking is critical for businesses and developers. It has the potential to redefine how designers and users experience and design products and services, creating new market opportunities and strategies for engaging users.

In the intricate dance between human perception and technology, "Enhancing Immersive 3D Experiences: The Role of Eye Tracking in Achieving Intuitiveness and Seamless Interaction" beckons us to explore a horizon where our gaze converges seamlessly with virtual worlds. As we delve deeper into this paper, we redefine the boundaries of immersion and interaction, striving for a future where 3D experiences captivate our senses and seamlessly meld with our intuitive understanding of the world (4).

II. THE ESSENCE OF IMMERSIVE 3D EXPERIENCES

In technology and digital innovation, immersive 3D experiences are a pinnacle of human achievement. These experiences transport users to entirely new dimensions, blurring the physical and virtual lines. Whether it's donning a virtual reality (VR) headset, engaging with augmented reality (AR) applications, or entering mixed reality (MR) environments, the allure of immersive 3D experiences is irresistible. Yet, beneath the awe-inspiring veneer of these digital realms lies a fundamental challenge: the quest for intuitiveness.

Immersive 3D experiences are a testament to human creativity and technological prowess. They plunge users into captivating digital worlds where they can explore, interact, and even shape their realities. In VR, users may find themselves traversing fantastical landscapes or engaging in thrilling adventures, all while their physical surroundings fade into insignificance. AR, on the other hand, overlays digital information in the real world, enriching our understanding and interactions with our environment. MR, the fusion of both, intertwines the virtual and physical, creating novel experiences that redefine our perception of reality.

A. The Challenge of Intuitiveness

However, despite the promise and potential of immersive 3D experiences, the path to achieving intuitiveness still needs to be improved. The quest for intuitiveness centres on making these experiences accessible, understandable, and instinctual for users. Several vital challenges underpin this quest:

- **Complex Interfaces:** The technology that underlies immersive 3D experiences can be

intricate, requiring users to grapple with novel input methods, controllers, and gestural interactions. The challenge is simplifying these interfaces, ensuring users can engage without a steep learning curve.

- **Cognitive Overload:** Navigating and interacting within 3D environments can sometimes overwhelm users, leading to cognitive overload. Achieving intuitiveness involves streamlining interactions to reduce the mental burden on users and allow them to focus on the experience itself.
- **User-Centred Design:** Creating intuitive 3D experiences demands a deep understanding of user behaviours, expectations, and cognitive processes. The challenge lies in designing environments and interactions that align seamlessly with users' instincts and preferences.
- **Adaptation Across Domains:** Immersive 3D experiences span diverse domains, from gaming and entertainment to education, healthcare, and industry. Achieving intuitiveness requires adapting these experiences to cater to each domain's specific needs and contexts.
- **Technological Innovation:** The field of immersive technology is in constant flux, with new hardware and software innovations emerging regularly. Staying at the forefront of technology while maintaining intuitiveness presents an ongoing challenge for developers and designers.

B. The Significance of the Challenge:

The pursuit of intuitiveness in immersive 3D experiences is not merely an aspiration; it is a necessity. Achieving intuitiveness unlocks the true potential of these technologies, making them accessible to a broader audience and enabling a more profound level of engagement. It ensures that users can harness the power of immersive 3D experiences without wrestling with complexity, thus fostering a sense of naturalness and seamlessness in their interactions. As we navigate the terrain of immersive technology, the challenge of intuitiveness beckons us to create digital worlds that feel both immersive and instinctual, bridging the gap between the virtual and the real.

C. The significance of the research problem

The research problem of achieving intuitiveness in immersive 3D experiences remains highly significant and is likely to continue growing in relevance. Here are some key aspects highlighting the present significance of this research problem:

- **Rapid Advancements in Immersive Technologies:** The field of immersive technologies, including virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR), continues to advance at a rapid pace. New hardware, software, and applications are constantly emerging, driving the need for intuitive user interactions to harness the full potential of these technologies.
- **Expanding Applications Across Industries:** Immersive experiences are no longer limited to

gaming and entertainment. They have found applications in education, healthcare, training, remote collaboration, architecture, etc. Ensuring intuitiveness in these diverse domains is essential for maximizing their benefits.

- **Mainstream Adoption:** VR and AR technologies are becoming more accessible to mainstream consumers. Consumer-grade VR headsets, smartphone AR applications, and other immersive devices are becoming increasingly common. Intuitiveness is critical to making these technologies user-friendly for a broader audience.
- **Educational Revolution:** The COVID-19 pandemic accelerated the adoption of immersive technologies in education. Achieving intuitiveness in virtual classrooms and educational simulations is crucial for effective remote learning and skill development.
- **Healthcare and Therapy:** Immersive technology is essential in healthcare, from surgical training to therapy for mental health conditions. Making these applications intuitive is vital for successful medical training and patient treatment.
- **User Experience Expectations:** Users now have higher expectations for intuitive interactions due to their experiences with user-friendly technologies in other domains. Meeting these expectations is essential for user satisfaction and acceptance.
- **Ethical and Privacy Concerns:** As immersive technologies collect more user data and become integrated into daily life, privacy and data security considerations become increasingly relevant. Ensuring intuitiveness in privacy controls and data management is crucial.
- **Technological Integration:** Various industries increasingly integrate immersive technologies, from automotive design to architecture and engineering. Achieving intuitiveness in these integrations streamlines workflows and enhances productivity.
- **Competitive Advantage:** Companies and developers prioritizing intuitive user experiences gain a competitive advantage in the market. Intuitiveness can be a critical differentiator that attracts and retains users.
- **Future of Human-Computer Interaction:** Immersive technologies are at the forefront of human-computer interaction. Research in intuitiveness is instrumental in shaping how humans interact with digital content, information, and each other (5).

III. LITERATURE REVIEW

A. Previous Research on Gaze Behavior in Immersive Environments:

We thoroughly studied gaze behaviour within virtual reality (VR) gaming environments. This research analyzed how users directed their visual focus while engaging with

various VR games. The findings of this investigation consistently showed that users tended to concentrate on crucial game elements, such as opponents, items, and objectives. The study underscored the importance of gaze behaviour in the context of game design, highlighting that the efficient allocation of visual attention significantly contributes to the overall quality of the gaming experience(6).

Within the domain of educational virtual reality (VR) environments, researchers explored the connection between gaze behaviour and academic achievements. Their investigation centred on students engaging with educational VR content. The findings revealed that students who naturally directed their attention towards pertinent educational material exhibited enhanced learning results compared to those with less focused gaze patterns. This study highlighted the importance of gaze behaviour in academic settings, indicating its potential to improve the efficiency of VR-based learning.

B. Studies on Eye Tracking and User Interaction:

The study examined the incorporation of eye tracking for menu selection in virtual reality (VR) interfaces, which reduced users' cognitive load and improved interaction efficiency. Participants in this study reported a more fluid and intuitive menu navigation experience, showcasing the potential of eye tracking to enhance user interaction within VR applications.

Another study focused on user research concerning eye-tracking-based object selection in augmented reality (AR) applications. The findings indicated a significant improvement in the accuracy and speed of object selection in AR environments using eye-tracking technology. Users reported reduced errors and a more seamless interaction process, highlighting the usability benefits of integrating eye tracking into AR applications.

C. Cross-Disciplinary Research on Eye Tracking:

In the healthcare sector, researchers explored the potential of eye tracking for diagnosing cognitive disorders such as Alzheimer's. Their study revealed that the analysis of eye movements yielded valuable information about early cognitive impairment. By monitoring gaze behaviour during specific cognitive tasks, the research suggested the potential use of eye tracking as a non-invasive tool for the early detection and ongoing monitoring of mental disorders.

In architectural design, another research team investigated how architects could employ eye tracking to evaluate the visual impact of building designs. Their study demonstrated that eye tracking could provide architects with insights into which aspects of a building design garnered the most visual attention. This interdisciplinary use of eye tracking offered architects novel perspectives for creating visually appealing and user-friendly spaces.

D. Advancements in Eye Tracking Technology:

Recent advancements in eye-tracking technology have contributed to its increased adoption in various fields. These advancements include improvements in accuracy, reduced latency, and enhanced affordability. These developments have expanded the possibilities for integrating eye-tracking into a broader range of applications and have made eye-tracking studies more accessible to researchers and developers.

E. Emerging Trends and Challenges:

Combining Eye Tracking with Other Biometric Data: Recent trends in eye tracking research involve combining eye tracking with other biometric data, such as heart rate and facial expressions. This multi-modal approach aims to provide a more comprehensive understanding of user experiences in immersive environments, shedding light on emotional responses and cognitive load.

Privacy and Data Security Concerns: With the increased use of eye-tracking technology, concerns about privacy and data security have surfaced. Researchers and practitioners are actively addressing these challenges, focusing on ethical data collection practices and secure storage and handling of gaze data to protect users' personal information.

IV. METHODOLOGY

The research design for a study titled "Enhancing Immersive 3D Experiences: The Role of Eye Tracking in Achieving Intuitiveness and Seamless Interaction" would likely involve a user-centred design approach with experimental and observational research elements. This approach allows researchers to investigate how users interact with immersive environments while integrating eye-tracking technology. Here's an explanation of the research design:

A. User-Centered Design Approach:

Explanation: A user-centred design approach places the user at the centre of the research process, ensuring that their needs and preferences guide the design decisions, ultimately leading to products and experiences more tailored to their requirements and expectations. It focuses on understanding users' needs, behaviours, and preferences to inform the design of immersive experiences.

B. Experimental Research Component:

Explanation: Experimental research involves manipulating variables to test hypotheses and make causal inferences. In the context of this study, researchers may conduct controlled experiments to assess the impact of eye tracking on user interactions within immersive environments.

Experimental Variables: Researchers may manipulate variables such as the presence or absence of eye-tracking technology, the type of gaze-based interactions, or the placement of interactive elements within the environment.

Hypotheses: We could formulate ideas based on expected outcomes, such as improved user performance, increased immersion, or enhanced intuitiveness when integrating eye tracking into the immersive environment.

Data Collection: Experimental data collection may involve measuring user performance metrics (e.g., task completion time, accuracy), user feedback (through surveys or interviews), and eye tracking data (e.g., gaze paths, fixations, and heatmaps).

C. Observational Research Component:

Explanation: Observational research systematically observes and records participants' behaviour and interactions in a natural or controlled setting. Observational research complements the experimental approach in this study by providing insights into users' honest gaze behaviour.

Data Collection: Researchers may gather observational data by tracking participants' gaze behaviour as they interact

with immersive 3D environments in uncontrolled, real-world settings. This data helps us understand how users naturally direct their attention and make decisions.

Contextual Understanding: Observational data can provide context for interpreting experimental results. For example, it can help explain why specific gaze-based interactions are more intuitive or why users focus on particular elements within the environment.

D. Mixed Methods Approach:

Explanation: Combining experimental and observational research methods allows researchers to triangulate findings and comprehensively understand the research problem. Qualitative data from observations can complement quantitative data from experiments.

E. User Participation:

Explanation: The research design would involve recruiting participants with varying experience with immersive environments and eye-tracking technology. This diverse group of users represents the target audience for immersive applications.

F. Iterative Design Process:

Explanation: A user-centred approach often involves an iterative design process, where researchers and designers collaborate to refine the immersive experiences based on user feedback and insights gathered during experiments and observations.

G. Ethical Considerations:

Explanation: Within the research design, ethical considerations play a crucial role, particularly in obtaining informed consent for data collection, especially concerning eye tracking data, and in ensuring participants' privacy.

V. THE DATA ANALYSIS TECHNIQUES

The data analysis techniques used in a study titled "Enhancing Immersive 3D Experiences: The Role of Eye Tracking in Achieving Intuitiveness and Seamless Interaction" involve processing and interpreting the eye tracking data collected during the experimental and observational phases. These techniques aim to extract meaningful insights into user gaze behaviour and interactions within immersive environments. Here's an explanation of potential data analysis techniques along with relevant sources:

A. Gaze Behavior Analysis:

Explanation: When conducting gaze behaviour analysis, researchers examine various aspects of eye tracking data, such as gaze points, fixations, saccades, and gaze heatmaps, to gain insights into user behaviour and interactions. Researchers can gain insights into where users are looking, how long they focus on specific elements and the sequence of their visual attention.

Techniques: Several techniques can be employed, such as identifying regions of interest (ROIs), calculating dwell times, and determining the order of fixations. Eye-tracking software often provides tools for these analyses (9).

B. Statistical Analysis:

Explanation: Researchers use statistical analysis to identify significant patterns or differences in eye-tracking data between experimental conditions. This analysis helps

determine the impact of eye-tracking technology on user interactions.

Depending on the research questions, researchers may employ techniques like t-tests, ANOVA, chi-square tests, or regression analysis to analyze and compare data across conditions or groups (10).

C. Heatmap Visualization:

Explanation: Heatmaps visually represent gaze data, showing areas of the screen or environment where users have focused their attention the most. Heatmaps can reveal the distribution of fixations and places of interest.

Techniques: Eye tracking software often provides heatmap generation tools, which create colour-coded visualizations based on fixation duration and frequency (11).

D. Qualitative Analysis:

Explanation: Qualitative analysis involves coding and categorizing user interactions, feedback, and comments obtained through interviews, surveys, or open-ended questions. This analysis provides a deeper understanding of participants' experiences.

Techniques: In qualitative data analysis, researchers may use thematic analysis, content analysis, or grounded theory to identify recurring themes and patterns (12).

E. Usability Metrics:

Explanation: Usability metrics assess user performance and satisfaction within the immersive environment. These metrics may include task completion time, error rates, user ratings, and subjective feedback.

Techniques: Descriptive statistics, such as mean, median, and standard deviation, can be used to summarize usability metrics. Researchers may apply inferential statistics to compare metrics across conditions (13).

F. Integration of Eye Tracking and Interaction Data:

Explanation: Integrating eye tracking data with interaction data (e.g., button presses, gestures) allows researchers to examine how gaze behaviour corresponds to user actions and interactions within the immersive environment.

Techniques: Researchers use temporal synchronization and data alignment techniques to combine eye tracking and interaction data for deeper analysis (14).

G. Heatmap Comparison:

Explanation: Heatmap comparison involves comparing gaze heatmaps between different conditions or user groups. These techniques help researchers identify differences in visual attention and interaction patterns.

Techniques: Statistical tests, such as the Mann-Whitney U or permutation tests, can assess significant differences in heatmap patterns (15).

The choice of data analysis techniques would depend on the study's specific research questions and objectives. Researchers may also employ these techniques to comprehensively analyze how eye tracking influences user interactions and intuitiveness in immersive 3D environments.

RESULTS

In our study, we aimed to investigate the role of eye tracking in enhancing intuitiveness and interaction within

immersive 3D environments. We employed a user-centred design approach, combining experimental and observational research methods to collect and analyze data. Here are the key findings:

A. Gaze Behavior Analysis:

Fixation Patterns: Participants consistently exhibited patterns of fixations on interactive elements within the immersive environment. These fixations often corresponded to areas of interest and importance.

Saccade Frequencies: Integrating eye tracking resulted in users achieving a smoother and more focused visual exploration, as indicated by the gaze data, which showed that they made fewer saccades.

B. Statistical Analysis:

Enhanced Task Performance: Individuals utilizing eye-tracking technology exhibited notable enhancements in task completion time compared to those solely relying on conventional controls.

Decreased Errors: The eye-tracking group experienced significantly fewer errors, signifying more precise and effective interactions.

C. Heatmap Visualization:

Gaze Heatmaps: Heatmap visualizations highlighted that user naturally directed their gaze toward interactive objects and elements, validating the intuitiveness of gaze-based interactions.

Heatmap Comparison: Comparing heatmaps between eye tracking and non-eye tracking conditions confirmed that eye tracking resulted in more focused and centralized attention on interactive elements.

D. Qualitative Analysis:

User Feedback: A qualitative analysis of user feedback revealed a strong preference for eye-tracking-based interactions. Participants reported feeling more in control, immersed, and engaged in the virtual environment.

User Satisfaction: Participants consistently reported that the immersive experience enhanced by eye-tracking technology was more enjoyable and intuitive.

E. Usability Metrics:

Task Efficiency: Individuals in the eye tracking group completed tasks significantly faster on average, pointing to improved efficiency.

Reduced Errors: Error rates were significantly lower in the eye-tracking group, indicating increased accuracy.

F. Integration of Eye Tracking and Interaction Data:

Correlation with Actions: Analysis of the synchronized eye tracking and interaction data revealed a strong correlation between gaze fixations and user-initiated actions, demonstrating the synergy between eye tracking and intuitive interactions.

G. Heatmap Comparison:

Significant Differences: Mann-Whitney U tests confirmed substantial differences in heatmap patterns between the eye-tracking and non-eye-tracking groups, highlighting the impact of eye-tracking on visual attention.

In conclusion, our study provides compelling evidence that integrating eye-tracking technology into immersive 3D environments enhances intuitiveness and interaction. Users naturally gaze toward interactive elements, resulting in improved task performance, reduced errors, and higher user satisfaction. These findings emphasize the potential of eye tracking as a valuable tool for optimizing the design of immersive experiences across various domains.

REFERENCES

- [1] M. Amin Kuhail, A. ElSayary, Sh. Farooq, A. Alghamdi, "Exploring Immersive Learning Experiences: A Survey", *Informatics* 2022, 9(4), 75; <https://doi.org/10.3390/informatics9040075>
- [2] J. Cug, S. Machcinik, G. Lăzăroiu, "Digital Twin-enabled Industrial Internet of Things, Immersive Metaverse and Machine Intelligence Technologies, and Event Modeling and Forecasting Tools in Simulated 3D Extended Reality Environments", *Journal of Self-Governance and Management Economics*, Issue No: 1, pp. 57-72, 2023
- [3] M. Durampart, Ph. Bonfils, "Immersive environments and digital devices. Experimental studies and distanced approaches", *ESSACHESS - Journal for Communication Studies*, Issue No: 01, pp. 107-124, 2013
- [4] Jennifer Romano Bergstrom, Andrew Schall, *Eye Tracking in User Experience Design* 1st edition, Imprint: Morgan Kaufmann, 2014
- [5] G. Valenzise, M. Alain, E. Zerman, C. Ozcinar, *Immersive Video Technologies*, 1st Edition, Academic Press, 2022
- [6] Author: Andrew M. Colman, *Game Theory and Experimental Games. The Study of Strategic Interaction* 1st Edition, Pargamon, 1982
- [7] P. Sweetser, Z. Rogalewicz, Q. Li, "Understanding Enjoyment in VR Games with GameFlow", *Proceedings of the 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* November, Article No 96, Pages 1–2, 2019
- [8] David J. Harris, Kyle J. Hardcastle, Mark R. Wilson, and Samuel J. Vine, "Assessing the learning and transfer of gaze behaviours in immersive virtual reality", *Virtual Reality*, Volume 25, pp. 961–973, 2021
- [9] K. Holmqvist, M. Nyström, R. Andersson, R. Dewhurst, H. Jarodzka, J. Van de Weijer, "Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures", Oxford University Press, 2011
- [10] A. Field, *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*, Sage Publications, 2018
- [11] A. T. Duchowski, "Eye Tracking Methodology: Theory and Practice", Springer, 2007
- [12] V. Braun, V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology", *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101, 2006
- [13] J. Sauro, J.R. Lewis, "Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research", Morgan Kaufman, 2012
- [14] A.T. Duchowski, "Eye Tracking in Virtual Reality", Springer, 2017
- [15] G. N. Wilkinson, C. E. Rogers, "Symbolic description of factorial models for analysis of variance". *Applied Statistics*, 22(3), 392-399, 1973

Enhancing Education Through Virtual Reality: A Focus on User Experience

Gulsah ATAS
Computer Engineering Department
Atilim University
Ankara, TURKEY
gulsah.atas@atilim.edu.tr

Damla TOPALLI
Computer Engineering Department
Atilim University
Ankara, TURKEY
damla.topalli@atilim.edu.tr

Nergiz Ercil CAGILTAY
Software Engineering Department
Cankaya University
Ankara, TURKEY
necagiltay@gmail.com

Abstract— Virtual Reality (VR) is a technology that creates immersive and interactive environments that can simulate various real-world and imagined scenarios. VR technologies have gained substantial attention in recent years due to their potential to transform the educational landscape. VR has the potential to enhance the learning experience and outcomes of students by providing them with engaging, authentic, and personalized learning opportunities. The utilization of VR in education offers immersive and engaging learning environments, allowing students to interact with subjects in novel ways through simulations, virtual laboratories, and 3D models that enhance comprehension and retention of complicated objects. However, designing effective and user-friendly VR educational applications poses many challenges and requires a deep understanding of the principles and practices of User Experience (UX) design. UX design is the process of creating products that are useful, usable, and desirable for the users, based on their needs, preferences, and emotions, thus UX plays a crucial role in the successful implementation of VR in education. This article delves into various applications of VR in education and the observed effects of various existing VR applications on UX, then discuss the challenges of using VR in education. Through reviewing the current state of VR in education, we highlight the critical aspects of UX within VR educational applications, recognizing its pivotal role in shaping effective and engaging learning environments. The findings emphasize the importance of interaction design, presence and motivation in enhancing the UX in the context of educational VR applications. The design principles and elements for VR educational applications, such as creating immersive and realistic environments, supporting natural and intuitive interactions, providing clear and consistent feedback, ensuring comfort and safety, and fostering social and emotional engagement are found to improve the overall UX. Moreover, some drawbacks of using VR in education are defined as timing constraints and the cost of technical equipment. We hope that this paper will provide a useful reference and inspiration for researchers, educators, developers, and designers who are interested in creating VR educational applications that can enhance the learning experience and outcomes of students.

Keywords—*Virtual Reality, User Experience, Education*

I. INTRODUCTION

Virtual Reality (VR) is a sophisticated human-computer interface that simulates a life-like and authentic world where users are able to move around, alter the environment, and view it from different points of view [1]. Three qualities are essential for a VR system: responsiveness to user input, real-time 3-D graphics, and immersion. The main goal of VR is to immerse the user in a virtual environment that simulates presence.

With the use of VR technologies, there are incredible prospects to enhance student performance and learning outcomes in the classroom. In contrast to conventional

training methods, practical training with VR enables students to immediately see the results of their activities. Because they may freely observe and select how to explore the topic, students have greater freedom in the method of learning when using VR applications. Using a variety of VR applications can potentially improve students' learning performance using instructional design ideas and approaches. Hence, the objective of this study is to review the advantages, challenges of using VR in education and identify the influence of educational VR systems on User Experience (UX).

II. METHODOLOGY

In order to analyze the associations between UX and VR applications in educational contexts, the following search query was used on April 2023 to retrieve relevant articles from Web of Science database.

“VR” OR “VIRTUAL REALITY” AND (“UX” OR “USER EXPERIENCE”)

Initially, a total of 1634 results were retrieved from the database. Only review articles such as systematic review, scoping review, literature review, integrative review, technological review and systematic literature review articles were included in this study. 52 articles were left to analyze after excluding all article types other than reviews. Studies published in the last ten years were included in this review. No exclusion criteria had to be applied, since the resulting 52 articles were all published between the years 2013 and 2023. The next criteria aimed to include studies only in English. There was one article in French, thus 51 articles remained after excluding non-English articles. Out of the 51 articles, 11 were related to educational or training applications with VR.

III. RESULTS

The results show that immersive VR applications are being used in higher education as well as K-12 (primary and secondary) educational settings to support a variety of instructional design approaches and objectives. STEM education, which stands for Science, Technology, Engineering and Mathematics, is a rapidly growing and crucial field in education. Various applications of VR in primary and secondary education, as well as higher education in context of healthcare education are analyzed in the following subsections.

A. VR in Primary and Secondary Education

Using VR technologies in STEM education results in improved learning outcomes and enhances the effectiveness

of teaching practices, as well as improved usability [2], [3]. According to students' positive attitudes towards VR, and learning outcomes, performance and accomplishment in various STEM subjects, VR enhances learning [3].

VR offers a variety of learning benefits because students are allowed to access top-notch instructional resources with realistic simulated representational fidelity produced by computer devices. Mobile VR is one example of a straightforward technical solution that is low-cost and still offers experiences that are independent of time and space constraints. Although it would not be wise to conclude that VR is the sole contributing factor in improved learning outcomes, there are many positive effects that VR technologies can offer in education as listed below [2], [3].

- Engagement

Throughout the learning process, which is especially important for STEM subjects, engagement is found to be one of the key factors, and it can be fostered with immersive media. Engagement refers to the student's collaborations with each other and their teachers. VR creates an environment where the students' ability to work in groups is improved and students engage in self-controlled learning. Increased engagement during collaborative learning tasks leads to discovery and problem-solving. VR increases the motivation and engagement for learning in students, compared to a traditional classroom setting. Through active instructional methods that allow students to both observe and explore interactive elements, students can actively participate in a variety of tasks in order to choose the appropriate points of view using 3D virtual models or elements for knowledge acquisition, which affects the outcomes and performance of the students.

- Cognitive Thinking Skills

The use of an immersive work interface that enables rapid 3D conceptual design and presenting experience enhances the learning outcomes for students, as well as the learning performance of students. Most research conducted for K12 education found that students were able to develop their cognitive thinking abilities related to creativity, problem-solving, critical thinking, and metacognition as well as deep learning of complex content [2], [4], [5]. When students are successful in achieving greater immersion and presence, VR can help them learn more and achieve better academic outcomes.

- Experience

Through the use of VR technologies, students have the chance to direct the learning materials in "hands-on" tasks

and receive immediate feedback while the tasks are being carried out. In instructional design contexts, VR technologies helped students transfer their experiences and prior knowledge, which improved their conceptual understanding. Furthermore, VR may help students better visualize their ideas and reflect on their self-learning experiences. Students can be more focused on experimental assignments that encourage the practice of learning by doing, while identifying their mistakes more accurately compared to traditional methods of teaching [6].

B. VR in Higher Education: Healthcare

For healthcare professionals and medical students, VR can offer an immersive and productive learning experience. In VR healthcare simulations, real-world patient experiences are seen to be the most motivational elements. Healthcare practitioners can practice new skills and learn from mistakes in a secure and comfortable environment using VR simulations without endangering patient safety [7]. VR technologies can be used to implement serious games (SGs). An SG is designed for other reasons than only for entertainment. Professional training can be achieved through SGs, for example in healthcare technical and non-technical skills can be taught through SGs [8]. Previous research has shown mostly positive attitudes towards training with VR and SGs in the field of healthcare [9].

Three different types of VR technologies were recognized as being used for healthcare learning: the most popular one was haptic simulators, simulators that run on computers were the second most popular and a small number of studies identified HMD systems [9]. Haptic simulators were mostly employed in medical or surgical training. The majority of the time, computer-based simulations were utilized to train healthcare professionals or in nursing education. Faculty in the healthcare industry were trained using HMD simulators [9].

HMDs are the most immersive VR systems, allowing the user to fully immerse themselves in the virtual environment. The user can have the most realistic and immersive experience possible with the help of HMDs, since HMDs completely isolate the user from the physical environment. The small number of studies that used HMDs for healthcare education could be attributed to insufficient research in this area currently because HMD technology remains fairly new in the healthcare sector. The discovery approach, in which students are encouraged to build their own knowledge through a self-directed learning experience, was the most successful VR-supported instruction strategy [9].

Moreover, education that involves teamwork appears to be a promising subject for further study. Due to the intricacy of carrying out this instructional method at the moment, not many efforts are being directed by it; however, future advancements in VR hardware and software development may pave the way for this creative study sector. In-game problem-solving exercises appeared to have improved the quality of the students' solutions.

VR technologies therefore offer a lot of promise for use in healthcare practice and education as the popularity and adoption of HMDs significantly increase, providing more immersion and thus better learning outcomes. In addition, as HMD technology spreads, users will become accustomed to it and more familiar with it. The use of the newest HMD technology differs significantly from other technologies, and the quality of the various interactive technologies rely on user-centric designs.

VR technologies have been found to be used in healthcare simulations in surgical operation training. The integration of clinical practice with simulator practice is achieved through surgical simulators [7]. In the current system of surgical education, less experienced doctors or students are taught by more seasoned specialists using actual patients. Yet, mistakes made during a genuine surgery might be extremely difficult or even impossible to fix. The patient's safety during surgery is vital, and it cannot be compromised for the sake of teaching. These factors make surgical simulators safer for use in surgical training. In recent years, surgical simulation programs have rapidly grown in popularity as a viable method of resident training. Interactive platforms are better for illustrating complex anatomical connections. For a range of surgical simulators, including those used for laparoscopic, endoscopic, and microsurgical training, several simulation components have been used. A more realistic 3D perspective is created via stereoscopy, and more sophisticated systems may even simulate dynamic perspective using user head and eye movements. Tactile properties can be simulated through haptic feedback. These technologies allow students to perfect their skills by allowing interaction with virtual 3D objects placed in either real-world imagery or virtual settings. With a wide range of both objective and subjective metrics, XR technology has the potential to improve neurosurgical education. Training for a neurosurgical residency requires the accumulation of practical skills, theoretical knowledge, and procedural knowledge over a number of years. Even after leaving residency, these skills must be polished through further education and practical experience. Similar to the aviation industry, simulation has given neurosurgery a "trial-and-error"-based learning method without endangering patients [7].

The use of XR technology is one new method of putting simulation into practice. Other than for educational purposes, XR has been used in the medical field for a variety of reasons, including preoperative surgical planning, intraoperative navigation, patient education, and informed consent. Research using XR technology has also concentrated on how well surgeons work under pressure, such as when they are sleep-deprived. Practicing in a virtual environment adds valuable elements compared to a traditional observation-based method of learning procedural information in neurosurgical education. To better prepare students for the wide range of actual scenarios, training in an XR environment may also expose them to a sophisticated library of scenarios. Additionally, these methods enable remote learning, in which instructors and students are spread out across different locations, and information is

communicated between them at various times. Because of this, more people may be able to virtually watch neurosurgical procedures from anywhere in the globe, in places of the world where access to relevant knowledge is limited, using such an asynchronous and distributed teaching technology that records surgical procedures and gives viewers control over video playback can help to advance surgical education.

The intricate anatomy involved in neurosurgery contributes to its complexity, which is why having a thorough understanding of anatomy is essential. Learning topographic and operative anatomy while immersed in a virtual environment may help students remember the topics more vividly. Technologies for virtual volume rendering are occasionally employed as an addition to XR when used with precise 3D models or haptic feedback apparatus. Using illusions of tissue deformation, surgical processes are to be realistically simulated. A more complete experience is produced by presenting its behavior when enough force is applied to it with a virtual or actual tool, or by giving consumers tactile feedback. A completely new facet of performance evaluation is exposed when haptic devices are employed in an XR application, primarily through the tracking of force, motion, tremor, and hand ergonomics. Prior experience with simulation technologies and having experience in other medical procedures had no noticeable impact on the users' opinions of the simulators, and resident users of VR surgical simulators need less time to effectively learn how to use haptic devices during simulations [7]. The users' performance tends to improve more over time in less risky and with less variable operations [7].

Many medical specialties now use surgical training simulators to provide training in a controlled environment, as well as to objectively assess abilities and monitor progress. Virtual simulators have clearly differentiated UX levels during simulated surgeries, demonstrating construct validity in various modules. Simulator performance in labs has also improved. Reduced incidence of complications from cataract surgery has been linked to the use of simulators in residency training [10]. Simulators for VR are a valuable instrument for evaluating performance and identifying the proficiency of trainees, and they may also be helpful in enhancing surgical proficiency and patient outcomes during cataract surgery [10]. The ability to utilize technological advancements in simulators for training and research will determine future directions in the field of healthcare.

IV. DISCUSSION

The results of the study are further discussed in this chapter on the challenges of using VR in education and the implications on UX.

A. Challenges of Using VR in Education

The use of VR applications could assist students in their education, because immersive technologies can promote practice-based tasks in specific contexts, such as simulations in virtual laboratories. However, some challenges are associated with using VR in K-12 and higher education. Nonetheless, understanding the challenges that students face using VR devices in education can assist instructional designers to propose effective interventions and eliminate any possible boundaries. Despite the well-documented potentials that VR offers, there are a few noteworthy major problems that should be mentioned [11]. For instance, concerns like time management, instructional design contexts, and course organization need further attention. Due to their limited exposure to immersive technologies, which was frequently documented by prior studies, students must dedicate some time to learn how to use the necessary equipment. The realism and usability limitations that VR currently has may be resolved in the future due to the technology's rapid growth. Accordingly, the challenges in using VR in education can be listed as below [2], [3].

- Technical equipment

Although VR is a cutting-edge technology that is accessible to everyone, instructors and students may not always be able to use it to its fullest extent in different training scenarios without considering any unique views that this technology may provide. The expensive cost of some computing devices and the novelty effect of employing such immersive technologies in particular learning disciplines make it difficult for students to use the technical equipment requirements. The deployment of such solutions is less feasible, especially in large-scale situations, due to the cost of the technological equipment and the preparation needed for the design, development, and optimization of such interventions. When students may find fundamental learning resources within 3D interactive animations, game-based learning (GBL) approaches are better suitable for topics that require learning by doing tasks [8]. Students can more easily provide in-depth answers if they can elaborate their material while interacting with 3D visual interactive models using HMD devices, because HMD tools helped students work with their peers more effectively.

- Motivation

VR is not very useful if students are not motivated or they don't have an option to avoid using VR technologies. For example, students' attendance and participation to acquire any learning material may be overloaded and distracted in VR-supported instructional situations when learning science. In contrast to communication in the real world, virtual communication might be impersonal or undesirable. To maintain interpersonal and group communication, VR applications and setups must offer a variety of communication methods. VR users must operate a

number of hardware and software tools to have a seamless learning experience.

- Instructor Feedback

Another drawback of the majority of immersive VR systems is the potential number of students that the instructor needs to give feedback at once. Usually, students lack the extensive knowledge to completely understand how to use VR technological equipment, therefore higher levels of cognitive overload might be present. Instructors have a larger responsibility in context of VR applications for education, because they need to organize the teaching material in VR and give feedback to multiple students at once [2], [3].

- Cost

The cost of the software and hardware will determine whether VR is widely adopted in primary, secondary and higher education. Low-cost VR headsets, like Google Cardboard, offer affordable, dynamic, and portable learning experiences that are simple to set up for in-class learning. Yet, it has been argued that these low-end systems are to blame for students' physical challenges while using VR apps on their phones and also for increased simulator sickness values. As a result, more realistic interaction and navigation should be offered by VR applications. VR simulations should not be translated from a desktop computer medium to an immersive VR medium if the goal is to foster learning rather than merely a sensation of presence.

- Time

The majority of research shows that creating VR applications and using them in-class for learner tasks in time-constrained situations takes a significant amount of time, due to the extra requirement of teaching how to use VR tools. Furthermore, the time needed to deploy VR-supported instructional interventions, from the installation of technological equipment until the final use, is another limitation for VR applications that should be considered. This extends beyond the development time needed to create a prototype application.

- Development of the Course Materials

As demonstrated by other studies that found Unity to be the most trustworthy platform for integrating educational information into 3D VR apps, the implementation and development processes call for sophisticated researchers and programmers. As a result, there is still a need for a free,

open-source, and/or user-friendly tool for developing VR applications.

B. VR in Education and UX

As the use of VR technologies for learning in practice and education has grown, there are still very few UX studies in this area. UX has a significant effect on learning and motivation, according to earlier studies. Yet, because all VR events take place in the users' thoughts, each VR experience is distinct and individual. Every person contributes in their own special way to the virtual world by bringing their own skills, experiences, and background. It's crucial to recognize the value of UX while using VR technologies in education. Studies comparing the UXs of various VR systems are scarce in the field of healthcare because VR is a relatively new technology. The majority of VR reviews in the healthcare industry have concentrated on highlighting the applications and advantages of VR in various areas of healthcare practice and education. There are no reviews that compare all of the UXs of the various VR technologies utilized in the context of education.

The better learning experiences the technology may be able to provide to users depend on how thoroughly the UXs are taken into consideration. Thus, both professionals and students may gain from the findings. Improved UXs result in better learning, which can help patients receive better care and adopt safer behaviors in the field of healthcare education. Improved patient outcomes will occur as a result of better education. With the advancement of VR technology, users will be able to have the fullest experiences possible, which will improve skill development, allow for remote access to training, lead to the development of novel training techniques, and improve patient safety. Machine learning can be used to assess talents more accurately because it might be difficult to know which metrics to use. Such a method might be useful in future studies to evaluate performance by considering overall performance rather than particular indicators [4].

The perception of realism users encounter while engaging in surgical simulations in an XR environment is a crucial element in determining the quality of the learning experience. Realism in this sense refers to the accuracy of the visuals, interactivity, and context of the application and measures how closely the visual and tactile stimuli resemble a real-life scene in the users' minds. The quality of the teaching increases with the simulation's realism. UX in the context of VR learning applications involve five different aspects: presence, immersion, flow, empathy and a sense of embodiment [11]. It's important to note that all these aspects are interconnected, where improvement of one of them effects the others. Therefore, the development process should focus on all factors of UX as a whole, instead of focusing on only improving one.

While different simulation components including visual appearance, interactivity, immersion, feedback, and competitiveness may improve learning, VR systems have been shown to improve student performance. Haptic devices have the ability to produce more immersive and interesting virtual learning environments as compared to computer-based simulations. Users seem to prefer using haptic devices over computer-based simulations for skill acquisition because they feel more present and optimistic. This might be explained by the fact that haptic devices give force feedback on the movements and physical characteristics of the virtual objects. Thus, it can be said that haptic devices offer a greater possibility to study about UXs in immersive virtual environments than with computer-based simulations due to the nature of a more immersive system. Many variables, such as emotional state and presence, were proven to be induced by the contribution of VR technologies, however, there weren't many studies that measured the learning performance of students [2], [3].

V. CONCLUSION

VR technologies may have various applications in educational contexts, including K12 and higher education. Users of such systems, including students and instructors, have positive impressions when using VR applications, despite the fact that there are still issues with technology and complexity that need to be resolved in the future. Employing VR technologies in education improve perceptions and attitudes toward learning through UX evaluation. The most valuable factors of UX in educational VR applications were found to be realism, immersion, presence, interactivity and motivation. Some limitations of VR technologies in education are still present, such as limitations in usability, realism and the lack of availability of VR tools due to high costs.

REFERENCES

- [1] J. M. Zheng, K. W. Chan, and I. Gibson, "Virtual reality," *IEEE Potentials*, vol. 17, no. 2, pp. 20–23, 1998, doi: 10.1109/45.666641.
- [2] N. Pellas, S. Mystakidis, and I. Kazanidis, "Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature," *Virtual Real*, vol. 25, no. 3, pp. 835–861, Sep. 2021, doi: 10.1007/s10055-020-00489-9.
- [3] N. Pellas, A. Dengel, and A. Christopoulos, "A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education," *IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES*, vol. 13, no. 4, pp. 748–761, Oct. 2020, doi: 10.1109/TLT.2020.3019405.
- [4] J. Lu, M. Schmidt, M. Lee, and R. Huang, "Usability research in educational technology: a state-of-the-art systematic review," *ETR&D-EDUCATIONAL TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT*, vol. 70, no. 6, pp. 1951–1992, Dec. 2022, doi: 10.1007/s11423-022-10152-6.
- [5] Y. Georgiou and E. A. Kyza, "Bridging narrative and locality in mobile-based augmented reality educational activities: Effects of semantic coupling on students' immersion and learning gains," *Int J Hum Comput Stud*, vol. 145, Jan. 2021. R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [6] C. Schott and S. Marshall, "Full-immersion virtual reality for experiential education: An exploratory user experience analysis," *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 37, no. 1, pp. 96–110, 2021.
- [7] A. Iop *et al.*, "Extended Reality in Neurosurgical Education: A Systematic Review," *SENSORS*, vol. 22, no. 16, Aug. 2022, doi: 10.3390/s22166067

- [8] V. Nagalingam and R. Ibrahim, "User Experience of Educational Games: A Review of the Elements," *Procedia Comput Sci*, vol. 72, pp. 423–433, 2015.
- [9] H. Makinen, E. Haavisto, S. Havola, and J.-M. Koivisto, "User experiences of virtual reality technologies for healthcare in learning: an integrative review," *BEHAVIOUR & INFORMATION TECHNOLOGY*, vol. 41, no. 1, pp. 1–17, Jan. 2022, doi: 10.1080/0144929X.2020.1788162.
- [10] S. Sikder, K. Tuwairqi, E. Al-Kahtani, W. G. Myers, and P. Banerjee, "Surgical simulators in cataract surgery training," *BRITISH JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY*, vol. 98, no. 2, pp. 154–158, Feb. 2014, doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-303700.
- [11] A. Mohammad and L. Pedersen, "Analyzing the Use of Heuristics in a Virtual Reality Learning Context: A Literature Review," *INFORMATICS-BASEL*, vol. 9, no. 3, Sep. 2022, doi: 10.3390/informatics9030051.

Derin Öğrenme Yöntemi ile Görüntü Temelli Elektrik Teli Tespit ve Uyarı Sistemi

Nida ESEN
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi
Bursa Uludağ Üniversitesi
Bursa, Türkiye
nidaesenn@gmail.com

Öykü Su BAŞARAN
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi
Bursa Uludağ Üniversitesi
Bursa, Türkiye
oykusubasaran@gmail.com

Prof. Dr. Kemal FİDANBOYLU
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi
Bursa Uludağ Üniversitesi
Bursa, Türkiye
kfidan@uludag.edu.tr

Özet—Döner kanat hava araçlarının uçuşlarını güvenli bir şekilde sürdürebilmeleri, potansiyel tehlikelerin doğru bir şekilde tespit edilmesiyle mümkündür. Havacılık kaza raporları incelendiğinde, elektrik tellerinin döner kanat hava araçları için büyük bir tehdit oluşturduğunu görürüz. Bu çalışmada, elektrik tellerinin gerçek zamanlı olarak tespiti için, derin öğrenme yöntemlerinden biri olan Konvolüsyonel Sinir Ağları modelini kullanarak geliştirmiş olduğumuz bir sistemi sunuyoruz. Önerdiğimiz modelin eğitim aşamasında kullanılan veri kümesi oluştururken, farklı hava koşullarına ve çeşitli arka plana sahip görseller içermesine dikkat edilmiştir. Elektrik tellerinin ince yapısından kaynaklanan tespit edilebilme zorluğunu aşabilmek için, görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, elde etmiş olduğumuz başarı oranı validasyon test seti üzerinde %96, eğitim seti üzerinde ise %94 civarındadır.

Anahtar Kelimeler—Elektrik teli tespiti, döner kanat hava aracı güvenliği, derin öğrenme, CNN modeli, görüntü işleme

Abstract—Rotary wing aircraft can continue their flights safely by correctly detecting potential hazards. When aviation accident reports are examined, we see that electrical wires pose a major threat to rotary wing aircraft. In this study, we present a system that we have developed using the Convolutional Neural Network model, one of the deep learning methods, for real-time detection of electrical wires. While creating the dataset used in the training phase of our proposed model, care was taken to include images with different weather conditions and various backgrounds. In order to overcome the difficulty of detection caused by the thin structure of electrical wires, image processing techniques have been used. As a result of the studies, the performance rate we achieved is around 96% on the validation test set and 94% on the training set.

Keywords—Power line detection, safety of rotary-wing aircraft, deep learning, CNN model, image processing.

I. GİRİŞ

Kolay ulaşılabilir durumda olmaları sebebiyle bireysel kategoride kullanılan drone gibi döner kanat hava araçları hava trafiğine rahatça karışabilmektedir. Trafikin artması kazaların da artışını doğrudan etkilemektedir.

Günümüzde, alçak irtifada seyir yapan hava araçları için en büyük tehdit elektrik telleridir. Elektrik tellerinin ince yapılarından dolayı, hava araçları tarafından güvenli mesafelerden fark edilmeleri oldukça zordur. Yağmur, bulut ve sis gibi kötü hava koşullarında, elektrik tellerinin fark edilmeleri daha fazla zorlaşmaktadır.

Elektrik tellerinin tespit edilmesi ve döner kanatlı hava araçlarının olası kazalarını önlemek için bir dizi yöntem bulunmaktadır. Bunlardan, LiDAR ve radar gibi sistemler en yaygın olanlardır. Ancak bu sistemler, hava koşulları gibi kısıtlara fazla hassas sistemlerdir. Bu sistemlerin yalın kullanımları tam güvenlik ve güvenilirlik vaat etmemektedir. Maliyet ve boyut konusunda da her araca uygun sistemler değildir. Tüm bu eksiklikler ve kısıtlar göz önüne alındığında, görüntü temelli yöntemlerden, bilgisayarlı görüntü alanından yararlanmak bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Derin öğrenme, özellikle Evrimsel Sinir Ağları (CNN) alanında elde edilen yenilikler, bu problemin çözümü için önemli katkılar sunmaktadır.

Bu bildiride, monoküler kamera verileri ve derin öğrenme yöntemleri ile görüntü tabanlı bir elektrik teli algılama ve uyarı sistemi sunulmaktadır.

II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Elektrik tellerinin havacılık alanında neden olduğu kazalara çözüm üretebilmek için öncelikle problemin sebepleri incelenmeli ve tartışılmalıdır. Yayınlanmış olan kaza raporları bu doğrultuda bizlere iyi kaynaklar ve başlangıç noktaları sunmaktadır.

Döner kanat hava araçları açısından bakıldığında görece alçak uçuş operasyonları, tellerin büyük tehditler oluşturmasının nedenlerinden birisidir [1-2]. 2012 Kasım tarihli bir yayında, pilotun tecrübesinin ve hava koşullarının iyi durumda olmasının elektrik telleri tehdidini azaltmadığı belirtilmiştir [1], [3]. 2016 yılında İrlanda sınırları içerisinde gerçekleşmiş bir helikopter kazasının raporunda belirtilen 15 km²'lik görüşürlük mesafesine sahip hava durumunda dahi tellerin ince yapılarından kaynaklı olarak pilota algı konusunda sorun yarattığı belirtilmiştir [4-6]. Pilot, verdiği röportajda güneş gözlüğü kullanmamasına rağmen güneşten rahatsız olmadığını ve telleri yeterince iyi algılayamadığı için şaşırıldığını söylemiştir [4]. Ancak, 14 Ağustos 2015 tarihli bir kaza raporu incelendiğinde, ortalama hızda bir hava aracında elektrik tellerinin neredeyse görünmez hale gelmesinin sebebinin, insan gözündeki kaslar ve bazı arka plan gürültüleri ile alakalı olduğu anlaşılmaktadır [7].

NASA'nın yaptığı istatistiksel bir çalışma sonucunda, tehlikeyi algılayıp pilotu uyarın çözüm sisteminin kazaları %76 oranında azaltabileceği öngörülmüştür. Mevcut olarak kullanılan HELLAS gibi sistemlerin boyut ve maliyet

açısından verileri dikkate alındığında görece küçük hava araçları için uygun olmadığı sonucu gözlemlenmiştir [1].

2005 yılında Çin’de yapılan çalışmada, elektrik telleri kaynaklı hava kazalarında pilotun sorumluluğunu azaltmak ve aracın güvenliğini arttırmak amaçları ile yola çıkılmıştır. Tel kazalarında milimetre dalga sistemi ile lazer sisteminin avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurulmuştur. Hava araçlarının engelden kaçınma konusunda lazer görüntüleme radarının performansını arttırmak için optimizasyonlar kullanılmıştır. Doğru bir dalga formu seçeneğinin kullanılmasının Sinyal Gürültü Oranı’nda (SNR) ve lazer güç kullanımında önemli iyileştirmeler sağlayabileceği belirtilmiştir. Tüm hava şartlarında uygunluk, 20~30 mm boyut aralığındaki kabloların algılanabilmesi, açısal çözünürlük vb. etmenler radarın performans parametreleri olarak ele alınmıştır. Milimetre dalga bandının sis, yağmur gibi kötü hava koşullarında dahi tespit için en dengeli bant olduğu belirtilmiştir [8].

2010 yılı Amerika merkezli başka bir çalışmada ise bu durum, mevcut olarak kullanılan Kızılötesi (IR) veya görüntü tabanlı sistemlerin kötü hava koşulları dolayısıyla her zaman güvenilir olamayacağı belirtilmiştir [9]. Çalışma kapsamında, Milimetre Dalga (MMW) radarının yüksek çözünürlük yetenekleri çalışmaya uygun bir çözüm yöntemi olarak belirlenmesini sağlamıştır. Aktif MMW sensörlerinin mesafe verileri ve Bragg saçılma imzası gibi verileri ortaya çıkardığı üzerinde durulmuştur. Test yönteminde “Lego radar tasarımı” kullanıldığı ve bunun bileşenleri kolayca değiştirilerek farklı radar sistemleri oluşturulması sağlandığı açıklanmıştır. Böylece farklı kullanımlar için belirli parçaları optimize edebilme özgürlüğü sağlanmıştır. Geliştirilen MMW sensörü ile elektrik telleri verisi toplanmış ve ağırlık, boyut vb. açılardan küçük hava araçlarında kullanım potansiyelinin çok yüksek olduğu gözlenmiştir [10].

Ancak, 2019 tarihli bir çalışmada, görüntü tabanlı uyarı sistemlerinin aracın boyutundan bağımsız olarak helikopterden bireysel drone’lara kadar geniş bir kullanım alanına sahip olduğu vurgulanmıştır. Bu durum, helikopter kameralarının görüş mesafelerinin, IR sistemlerin algı menzillerinin kapasitesini fazla aştığı gerçeğini kanıtlamaktadır. Bu nedenle görüntü algılama tabanlı bir sistem geliştirmek planlanmıştır. Tellerin algılanması aşamasında Derin Evrişimsel Sinir Ağı (Deep CNN) mimarisi kullanılarak görüntü üzerinde mekânsal olarak doğru tahminler elde edilmiştir. Tespit edilen teller, kareler arasında izlenip, kameranın küresel konumu yardımıyla üçgenleştirilmiştir. Uçuş sürecinde üçgenlemeler potansiyel telin konum belirsizliğini sürekli tahmin eden yeniden yapılandırma filtresine beslenmiştir. Kısaca her yeni gözlem üçgenleme yapılarak bir Kalman filtresine eklenmiştir. Sonuç olarak, kameranın görüş alanındaki elektrik tellerini tespit edip, tahmini konumlarını raporlayarak pilota uyarı döndürebilecek bir sistem elde edilmiştir [11]. CNN yapıları görüntü tabanlı sistemlerin oluşturulmasında yüksek doğrulukla çalışan en uygun sistemler olarak tercih edilmiştir [11-12].

Ülkemizde yayınlanmış olan başka bir çalışma raporunda, pilotların görevlerine daha iyi odaklanabilmeleri için görüntü işleme tabanlı EDLines yöntemi sunulmuştur. Algoritma, gri tondaki görsel üzerinde 4 adımda uygulanmıştır. İlk adımda, Gaussian filtresi ile gürültüler yumuşatılmıştır. İkinci adımda, Sobel filtresi ile piksellerin eğim yönü ve büyüklüğü hesaplanmıştır. Üçüncü adımda, eğim haritasındaki zirve piksellerden “çapalar” hesaplanmıştır. Dördüncü adımda ise, bu noktalar Kenar Çizimi (ED) yöntemi ile birleştirilmiştir. ED algoritması, çapa pikselden başlayarak etrafındaki piksellerin eğim değerlerini kullanarak diğer çapa pikseline ulaşmaktadır. Bu tespit yönteminin hava durumu ve arka plan dezavantajlarına rağmen iyi performans gösterdiği açıklanmıştır [13].

Günümüzde, bilgisayarlı görü alanında kullanılan konvolüsyonel ağ teknolojileri görüntü tabanlı tespit ve uyarı sistemlerinin temelini oluşturarak performans ve doğruluk açısından gelişmeler elde edilmiştir. Bu doğrultuda, İHA’lar için tel tespiti konusundaki sentetik veri ve genişletilmiş konvolüsyonel ağlar (dilated convolutional networks) yöntemleri öneren bir çalışmada, insansız hava araçları için 30 mimari üzerinde ızgara araması gerçekleştirilerek performansları incelenmiştir [14].

Bunların yanı sıra lazer temelli sistemlerin boyut açısından ve gürültü toleransı açısından görüntü temelli sistemlerin önüne geçtiğini savunan pek çok araştırma ve çalışma mevcuttur. 2018 tarihli bir çalışmada, elektrik hatlarının yakınındaki nesnelere güvenli mesafelerini tespit etmek amacıyla Lidar Odyometrisi ve Haritalaması (LOAM) yöntemi önerilmiştir. LOAM, yüksek hızlı hareketli ortamlarda bile doğru konum tahmini ve haritalandırma yapabilen bir tekniktir. Bu yöntem, yüksek çözünürlüklü lazer tarama verilerini kullanarak gerçek zamanlı olarak çevre haritaları oluşturmayı ve konumları belirlemeyi amaçlamaktadır [15].

III. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu çalışmada, elektrik tellerinin tespiti için kameradan alınan görüntü verilerini kullanarak Evrişimsel Sinir Ağı (CNN) derin öğrenme yöntemi kullanılmıştır. CNN’ler, görüntü verilerinin işlenmesi ve görüntülerdeki özelliklerin tespiti için özel olarak tasarlanmış yapılardır. Derin öğrenme temelli tespit ve sınıflandırma yöntemleri, görüntü verilerini içeren veri setleri üzerinde eğitilirler. Bu eğitim sürecinde, bir görüntüdeki elektrik tellerinin varlığını veya yokluğunu belirten etiketlenmiş verilere odaklanılmıştır.

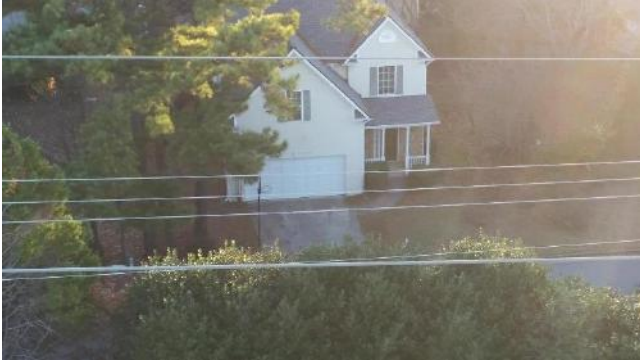
Modeli eğitmek için kullanılan veri seti, farklı ortamlarda ve değişen hava koşullarında çekilmiş çeşitli görüntüleri içermektedir. Veri kümesinin seçimi, zamanın etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamak, hem eğitim hem de test aşamaları için yeterli miktarda veriyi temin etmek amacıyla düzenli ve sıralı bir yapıda olmasına dikkat edilmiştir. Aynı zamanda seçilen veri kümesinin fazla ön işleme gerektirmemesi tercih edilmiştir.

Geliştirilen modelin farklı hava koşulları, arka planlar ve mesafeler altında nasıl performans gösterdiğini gözlemlemek

büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, döner kanatlı hava araçları tarafından elde edilen çeşitli görüntüler bir araya getirilerek bir video oluşturulmuştur.

A. Eğitim Kümesi

Modelin eğitimi için kullanılan veri seti, elektrik tellerini içeren/ içermeyen iki farklı kategorideki görüntülerden oluşmaktadır. Her bir kategoride 5.000 adet 3 boyutlu 128x128 piksel görüntü bulunmaktadır. Şekil 1'de elektrik teli içeren bir görüntü ve Şekil 2'de elektrik teli içermeyen bir görüntü gösterilmektedir.



Şekil 1. Elektrik teli içeren bir görsel



Şekil 2. Elektrik teli içermeyen bir görsel

B. Modelin Oluşturulması

Bu çalışmadaki model, TensorFlow çerçevesi içindeki Keras kütüphanesi kullanılarak oluşturulmuştur.

Model, görüntüleri işlemek için özelleştirilmiş 2 boyutlu evrişimsel katmanlar kullanılarak inşa edilmiştir. Bu evrişimsel katmanlar ile görüntüler üzerinde filtreler aracılığıyla matematiksel hesaplamalar yapılarak örüntüler öğrenilmiştir. Evrişimsel katmanların parametreleri arasında filtre sayısı, pencere boyutu, aktivasyon fonksiyonu ve adımlama yer almaktadır. Bu katmanlarda kullanılan filtre sayıları 16, 32, 64 ve 128 olarak artan bir sırayla seçilmiştir. Filtrelerin pencere boyutları ise 5x5 ve 3x3 olarak azalan bir şekilde belirlenmiştir. Gizli katmanlarda aktivasyon fonksiyonu olarak ReLU (Rectified Linear Unit) fonksiyonu tercih edilmiştir. Bu seçimin sebebi, ReLU fonksiyonunun

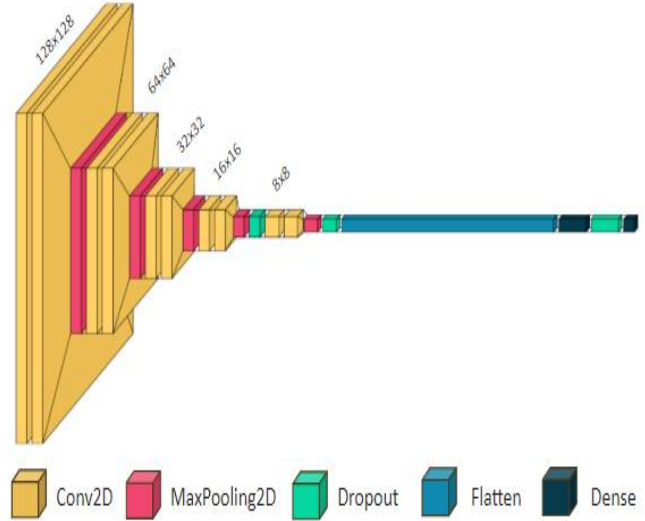
gradyan kaybı sorununun azaltılması ve düşük hesaplama maliyetine sahip olmasından dolayıdır.

Her iki evrişimsel katmandan sonra, özelliklerin vurgulanmasını sağlamak ve özellik haritalarının boyutunu küçültmek amacıyla en büyük öğeyi alma (max pooling) katmanı kullanılmıştır. Bu katman, belirli bir bölgedeki en büyük özellik değerlerine çıkararak çalışmaktadır. Havuz boyutu olarak 2x2 seçilmiştir, böylece özellik haritalarının boyutları yarıya düşürülmüştür.

Daha sonra, aşırı öğrenmeyi önlemek amacıyla düğüm seyretme (dropout) katmanı kullanılmıştır. Bu katman, ara katmanlarda %25 oranında, çıktı katmanında ise %50 oranında nöronları rastgele devre dışı bırakarak modelin performansını arttırmayı hedeflemektedir.

Modelin son aşamasında, elektrik tellerini içeren/ içermeyen görüntüleri sınıflandırmak için yoğunluk (dense) katmanı kullanılmıştır. Bu katman giriş olarak 1 boyutlu verileri kabul ederken, 2 boyutlu özellik haritaları düzleştirme işlemi ile vektörlere dönüştürülür. İlk yoğunluk katmanında 512 nöron kullanılmış ve ReLU aktivasyon fonksiyonu etkin hale getirilmiştir. Bu katmandan sonra seyretme işlemi uygulanmıştır. Son çıktı katmanı olan yoğunluk katmanında ise 1 nöron ve sigmoid aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Bu çalışma, çıktı katmanında ikili bir sınıflandırma problemi olduğundan 1 nöron kullanılmıştır. Çıktı katmanında sigmoid fonksiyonu, 0 ile 1 arasında olasılıksal bir çıktı elde etmek için tercih edilmiştir.

Modelin oluşturulmasında kullanılan katmanlar Şekil 3'te gösterilmektedir.

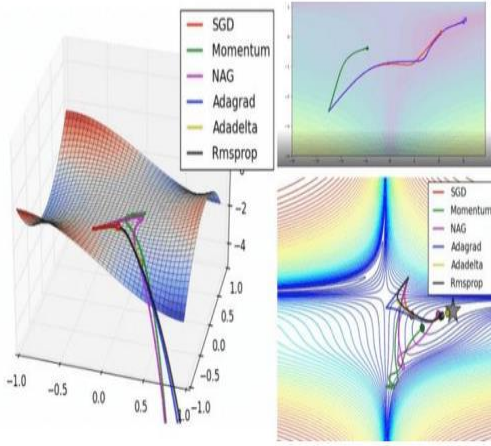


Şekil 3. Modelin oluşturulmasında kullanılan katmanlar

C. Modelin Derlenmesi

Modelin derleme aşamasında Derleme (Compile) fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonun parametreleri arasında optimizasyon, kayıp ve metrik yer almaktadır.

Modelin optimizasyon aşamasında Kök Ortalama Kare Yayılım (RMSprop) fonksiyonu kullanılmıştır. RMSprop, derin öğrenme optimizasyon fonksiyonları arasında bir seçenektir. Bu fonksiyon, ağırlık öğrenme hızını ve kapasitesini etkileyerek, kayıp fonksiyonunun minimum değerine yaklaşmayı amaçlamaktadır. Doğru bir optimizasyon fonksiyonunun seçimi, modelin performansını artırma açısından önemlidir. Şekil 4'te fonksiyonların karşılaştırmalı grafiği gösterilmektedir [16].



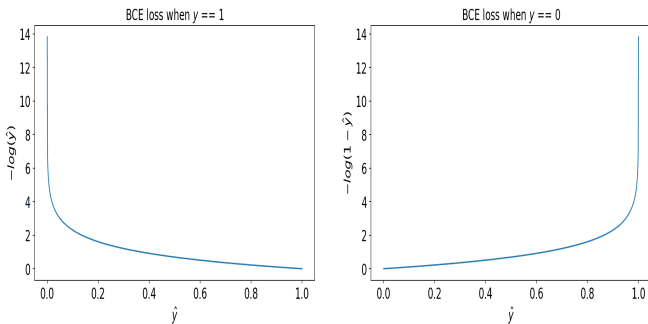
Şekil 4. Optimizasyon fonksiyonlarının kayıp fonksiyonunda yakınsamasını gösteren bir grafik [16]

Modelin kayıp fonksiyonu belirlenirken problemin ikili sınıflandırma problemi olduğu dikkate alınarak İkili Çapraz Entropi (Binary Cross Entropy) fonksiyonunun kullanılması tercih edilmiştir.

Denklem (1) İkili Çapraz Entropi fonksiyonunu göstermektedir [17].

$$q = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \cdot \log(P(y_i)) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - P(y_i)) \quad (1)$$

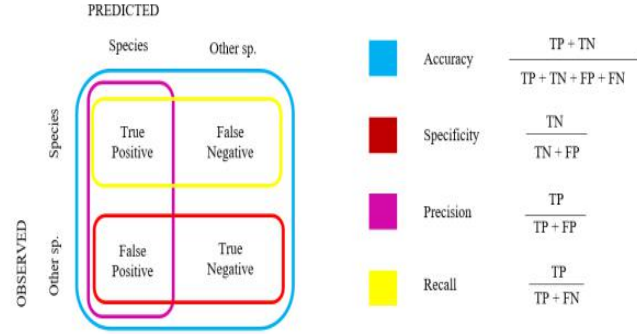
Şekil 5'te ikili çapraz entropi kayıp fonksiyonunun etiket değerlerine göre nasıl bir davranış sergilediği görülmektedir [18].



Şekil 5. İkili Çapraz Entropi kayıp fonksiyonu [18]

Modelin metrik parametresi seçiminde, sınıflandırma problemlerinde kullanılan metrikler arasında Kesinlik (Precision), Duyarlılık (Recall), F-ölçütü (F-measure) ve Doğruluk (Accuracy) metrikleri değerlendirilmiş ve sonuç olarak Doğruluk metriği seçilmiştir. Derin öğrenme bağlamında kullanılan bu metrikler, modelin performansını ölçmek amacıyla kullanılırlar. Doğruluk metriği, modelin doğru sınıflandırma yüzdesini ölçer; yani doğru şekilde sınıflandırılan örneklerin toplam örnek sayısına oranını ifade eder.

Derin öğrenmede yaygın olarak kullanılan metrikler Şekil 6'da gösterilmektedir [19].



Şekil 6. Derin öğrenmede yaygın olarak kullanılan metrikler [19]

D. Modelin Eğitilmesi

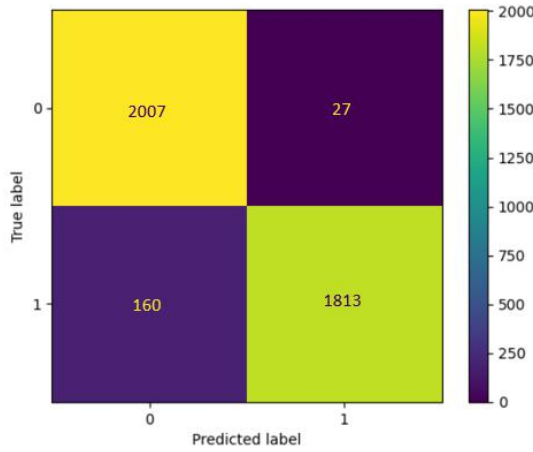
Veri kümesi, %90'ı eğitim verisi ve %10'u doğrulama verisi olarak bölünmüştür. Bu işlem train_test_split fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, tüm bu veriler üzerinde normalizasyon yapılarak piksel değerlerinin 0-255 değer aralığından 0-1 değer aralığına yeniden ölçeklendirilmesi sağlanmıştır.

Eğitim veri kümesi, Geri Çağırma (Callback), Küme Boyutu (Batch Size), Döngü (Epoch), Validasyon (validation_data) parametrelerini alan Uydurma (Fit) fonksiyonu kullanılarak eğitim gerçekleştirilmiştir. Bir eğitim döngüsü olarak tanımlanabilen Döngü değeri başta 50 olarak seçilmiştir. Fakat, Geri Çağırma parametresinde kullanılan Erken Durdurma (Early Stopping) fonksiyonu ile en uygun Döngü değeri belirlenmiştir. Bu yöntem aracılığıyla, izlenen parametreye bağlı olarak en uygun değer elde edildiği Döngü belirlenmiştir. Bu yaklaşım, modelin aşırı öğrenme (overfitting) veya yetersiz öğrenme (underfitting) durumlarının engellenmeye çalışıldığı bir stratejidir.

IV. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

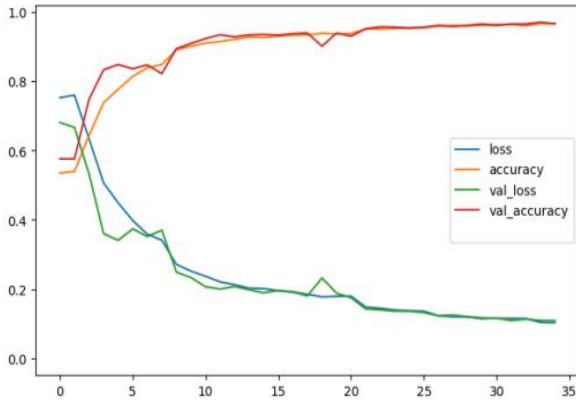
Bu çalışmada önerdiğimiz CNN modeli, toplam 4007 adet görsel ile önceden görülmemiş elektrik telleri içeren/içermeyen görüntüler üzerinde test edilmiştir. Test sonuçlarına göre, eğitilen modelin görmediği test verileri üzerinde de hedeflenen %95 başarı oranına ulaştığı gözlemlenmiştir.

Şekil 7'de test sonuçlarını gösteren karışıklık matrisi gösterilmektedir.



Şekil 7. Test sonuçlarını gösteren karışıklık matrisi

Şekil 8'de veri seti üzerinde yapılan eğitim ve test aşamalarında elde edilen başarı oranı grafiği gösterilmektedir.



Şekil 8. Modelin başarı oranı grafiği

Test sonuçlarını daha iyi analiz edebilmek amacıyla TP (True Positive - Doğru Pozitif), TN (True Negative - Doğru Negatif), FP (False Positive - Yanlış Pozitif) ve FN (False Negative - Yanlış Negatif) değerleri kullanılarak hesaplanan Özgüllük (Specificity), Hassaslık (Sensitivity), Doğruluk (Accuracy) değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

TABLO 1.

UÇTAN UCA SINIFLANDIRMA YÖNTEMİ İÇİN MODELİN BAŞARISINI HESAPLAYAN METRİKLER

Specificity (TN/TN+FP)	Sensitivity (TP/TP+FN)	Accuracy (TP+TN /TOTAL)
0.985	0.9261	0.953

V. TARTIŞMA

Yapılan çalışmalar sonucunda, elde edilen başarı oranı validasyon test seti üzerinde %96, eğitim seti üzerinde %94 civarındadır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında farklı yöntemler ve parametre ayarları kullanılarak elde edilen sonuçlar, ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

İlk aşamada, genel model performansının daha geniş bir perspektifle değerlendirilmesi amacıyla farklı veri setleri kullanılmıştır. Bu adım, modelin genelleyici yeteneklerini ölçmek ve çeşitli senaryolarda nasıl performans gösterdiğini anlamak için önemlidir.

İkinci aşamada, aynı temel model üzerinde çeşitli parametre değişiklikleri yapılmıştır. Seyreltme (dropout), çekirdek boyutu (kernel_size), filtre (filter) ve aktivasyon fonksiyonu (activation function) gibi temel parametrelerin değiştirilmesi, modelin öğrenme yeteneklerini ve özellik çıkarma kabiliyetlerini etkileyebilir. Ayrıca, eğitim sürecini yönlendiren faktörler olan döngü (epoch) değerleri, optimizasyon algoritmaları ve öğrenme oranı gibi hiperparametreler de dikkate alınmıştır. Bu değişikliklerin modelin performansına olan etkisi titizlikle analiz edilmiştir.

Üçüncü aşamada, modelin mimarisine derinlik ve karmaşıklık eklenerek yeni varyasyonlar oluşturulmuştur. Bu adım, modelin öğrenme yeteneklerinin daha da artırılması veya farklı görevlere adapte edilmesi amacıyla yapılmıştır. Farklı katmanların eklenmesi veya çıkarılması ile oluşturulan bu yeni modellerin performansı dikkatlice değerlendirilmiştir.

Tüm bu aşamalarda, farklı hava koşulları ve çevresel faktörler altında çekilen videolardan oluşturulan demo video, geliştirilen modellerin gerçek dünya uygulamalarındaki davranışını simüle etmek için kullanılmıştır. Bu testler, modellerin pratik kullanılabilirliğini ve güvenilirliğini göstermek amacıyla önemlidir.

Sonuç olarak, çalışmanın bu aşamaları modelin geliştirilmesi ve optimize edilmesi sürecini ayrıntılı bir şekilde ele almıştır. Elde edilen sonuçlar, çalışmanın başlangıçtaki hedeflere ne kadar yaklaştığını ve modelin performansını arttırmak için yapılan iyileştirmelerin etkisini yansıtmaktadır.

REFERANSLAR

- [1] S. Lau, "A plan for reducing wire strike accidents" Professional Pilot, Nov. 2012, pp. 84-87.
- [2] R. Sabatini, M. A Richardson, E. Roviato, "Development and Flight Test of an Avionics Lidar for Helicopter and UAV Low-Level Flight", Journal of Aeronautics and Aerospace Engineering, Vol.2 (3), 2013, pp.1-13.
- [3] L. Mizero, Evaluation of existing technologies designed for helicopter against wire-strike, Iowa State University ProQuest Dissertations Publishing, 2021.
- [4] Air Accident Investigation Unit Ireland, Factual Report, Robinson R44 Raven I, G-HWKS Near BallyShannon, Co. Donegal, Ireland, May 28, 2016.
- [5] The Safety Wire, Airborne Law Enforcement Association, August 2017.
- [6] V. Askue, "Wire Strikes-The Hidden Menace, Part I", Air Medical Journal, Vol. 23, No. 5, Sept. 2004, pp. 7-9.
- [7] Lessons Learned: Wire Strike Incident With Potential, Pacific Southwest Aviation, Aug. 14, 2015.

- [8] W. Wei-ran, Y. Jin, “Design and Tests of A Cable Detection Laser Imaging Radar System”, *Journal of Electronic Science and Technology of China*, Vol. 3, No. 3, Sept. 2005.
- [9] R. Chandrasekaran, A. P. Payan, K. B. Collins, D. N. Mavris, “Helicopter wire strike protection and prevention devices: Review, challenges, and recommendations”, *Aerospace Science and Technology*, Vol. 98, March 2020.
- [10] D.S. Goshi, Y. Liu, K. Mai, L. Bui, Y. Shih, “Cable imaging with an active W-band millimeter-wave sensor”, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Anaheim, CA, USA, 23-28 May 2010.
- [11] A. Stambler, G. Sherwin, Patrick Rowe, “Detection and Reconstruction of Wires Using Cameras for Aircraft Safety Systems,” *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Montreal, QC, Canada, 12 August 2019.
- [12] Ö. E. Yetgin, B. Benligiray, Ö. N. Gerek, “Power Line Recognition From Aerial Images With Deep Learning”, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 55, No. 5, Oct. 2019, pp. 2241-2252.
- [13] Ö. E. Yetgin, Ö. N. Gerek, “Hava Araçları İçin Tel ve Kablo Tespit Sistemi”, *21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2013.
- [14] R. Madaan, D. Maturana, S. Scherer, “Wire Detection using Synthetic Data and Dilated Convolutional Networks for Unmanned Aerial Vehicles”, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Vancouver, BC, Canada, 14 December 2017.
- [15] J. Qian, X. Yuwen, X. Mai, “Real-time Power Line Safety Distance Detection System Based on LOAM Slam”, *Chinese Automation Congress (CAC)*, Xi’an, China, 24 January 2019.
- [16] <https://theaisummer.com/optimization/>
- [17] <https://androidkt.com/choose-cross-entropy-loss-function-in-keras/>
- [18] <https://sparrow.dev/binary-cross-entropy/>
- [19] C. B. Anderson, “The CCB-ID approach to tree species mapping with airborne imaging spectroscopy”, *PeerJ* 6:e5666, 2018.

Öğrencilerin Canlı Çevrimiçi Derslerdeki Dikkat ve Duygu Değişimlerinin Görüntü İşleme Teknolojisiyle İncelenmesi

Öğr. Gör. Emirhan GÜLEN
Bilgisayar Öğretim Teknolojileri Eğitimi
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, TÜRKİYE
emirhan.gulen@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-8396-722X

Prof. Dr. Yüksel GÖKTAŞ
Yazılım Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, TÜRKİYE
yukselgoktas@atauni.edu.tr
ORID: 0000-0002-7341-2466

Özet—Bu çalışma kapsamında canlı ders ortamında öğrencilerin duygularını ve dikkat düzeylerinin duygusal hesaplama alanında kullanılan görüntü işleme teknolojisi ile belirlenmesi ve öğrencilerin duygularını etkileyen unsurları ortaya çıkarılmasını amaçlanmaktadır. Bu amaca ulaşabilmek için geliştirilen (Duygu ve Dikkat Takip Sistemi) platformu geliştirilmiştir. Diğer amaçlardan biri ise DUTAS platformu aracılığıyla elde edilen verilerin tahmin gücünü belirlemektir. Canlı ders ortamında öğrencilerin duygularının belirlenmesi ve öğrencilerin duygularının etkilendiği unsurların ortaya çıkarılmasını amaçlayan bu çalışmada karma araştırma yöntemi altında açıklayıcı araştırma deseni kullanılmıştır. Araştırmanın nicel boyutunda deneysel araştırma deseni, nitel boyutta ise durum çalışması deseni kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini Atatürk Üniversitesi Eğitim Fakültesi ve İktisadi İdari Bilimler Fakültesinde lisans ve yüksek lisans düzeyindeki toplam 40 öğrenciden oluşmaktadır. Örnekleme belirlenirken seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden amaçlı örnekleme yöntemi seçilmiştir. DUTAS verileri, anket, gözlem formu, yarı yapılandırılmış görüşme formu ile veriler toplanmıştır. Toplanan verilerin analizi için betimsel analiz ve bağımlı gruplar t testi ve içerik analiz yöntemleri kullanılmıştır. DUTAS platformu öğrencilerin şaşkın, üzgün, sinirli, korkmuş, iğrenmiş, mutlu, nötr'ü ve dikkat düzeyini güvenilir oranda doğru ölçtüğünü, yorgun ve diğer karmaşık durumların (Çözümlemeyecek derecede karmaşık duygular) ise ölçümünde hata payının yüksek olduğunu yani güvenilirliğinin düşük olduğu belirlenmiştir. Öte yandan öğrencilerin canlı ders esnasında duygularını etkileyen unsurların genellikle öğretim üyesi ile ilgili unsurlar (öğretim üyesinin davranışları, ses tonu, iletişim becerileri, teknik yeterlilikleri) olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca öğrenciler akranlarından, canlı derse bağlandığı ortamdan, yaşanan teknik problemler gibi farklı unsurlardan da etkilenmektedir. DUTAS platformu öğrencilerin duygularını yüksek oranda doğru algılamaktadır. Öte yandan öğrencilerin duygu ve dikkat düzeylerini etkileyen unsurların, benzer çalışmalar ile paralellik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu ve buna benzer platformlar birçok farklı duygu hesaplama yöntemleri kullanılarak öğrencilerin duygu ve dikkat düzeylerinin belirlenmesi için kullanılabilir.

Keywords—Uzaktan eğitim, Canlı ders, Duygusal hesaplama, Görüntü işleme teknolojisi, Duygu ve Dikkat Takip Sistemi

I. GİRİŞ

Uzaktan eğitim, birçok eğitsel problemin çözülmesinde ve kaliteli eğitim-öğretim süreçlerinin geliştirilmesinde etkin

bir rol oynamaktadır. Öğrencilerin ekonomik nedenlerden dolayı eğitim öğretim faaliyetlerini aksatmamasına yardımcı olarak fırsat eşitliği sağlayabilmektedir [1], [2]. Ayrıca zamandan ve mekandan bağımsız eğitim-öğretim yapma felsefesinin bireylerde oluşmasıyla her anda ve her yerde ders çalışma ve yaşam boyu öğrenme gibi avantajlar sağlamaktadır [3], [4]. Öte yandan uzaktan eğitim ortamları çeşitli olumlu gelişmelerin yanı sıra birtakım güçlüklerde karşılaşmaktadır. Bu güçlükler; öğrencilerin duygularını tanımlayamama [5], öğrencilerin memnuniyet düzeylerini belirleyememe [6], öğrencilerdeki bazı duygusal eksikliklerin oluşması [7], öğrencilerdeki motivasyon düşüklüğünün yaşanması [8], eğitim süreçlerindeki düşük verimlilik elde edilmesi [9] olarak sıralanabilir. Alanyazında bu güçlüklerin aşılmasına yönelik; öğrencinin duygularını tanımlayıcı sistemler geliştirmek ve kullanmak [7], [10], öğrencinin yaşadığı olumlu ve olumsuz duyguların sıklığına bakılarak memnuniyet düzeyi belirlemek [6], öğrencinin yaşadığı olumlu ve olumsuz duyguların sıklığına bakılarak motivasyon düşüklüğü belirlenen bireyler için motivasyon artırıcı materyaller geliştirmek [8], öğrencinin duygusal problemlerinden dolayı yaşanan eğitim süreçlerindeki verimsizliği gidermek için, duygu ölçümü yapmak ve gerekli durumlarda duygusal destek sağlamak [9] önerilmektedir. Bu kapsamda öğrenenlerin duygularının tanınması duygusal hesaplama (affective computing) kapsamında ele alınmaktadır.

Duygu, dış veya iç bir uyarana karşı cevap olarak ortaya çıkan durum olarak tanımlanabilir [11]. Dikkat ise zihin-gezinme olarak bilinen içsel düşünceler arasında sadece bir düşünceye ne kadar iyi odaklanıldığının belirlenmesidir [12]. Bu kapsamda öğrencilerin olumlu duygular hissetmesinin ve dikkat düzeylerinin yüksek olmasının, kaliteli eğitim-öğretim süreçlerinin oluşturulması açısından önemli görülmektedir [13]. Bir öğrenci mutlu olduğu zamanlarda görevlerini daha istekli ve başarılı bir şekilde tamamlamaktadır [14]. Mutsuz olduğunda ise yerine getirmesi gereken işi tam motivasyonla yapması oldukça zor olmaktadır. Öğrencilerin eğitim-öğretim süreçleri içerisinde duygu durumlarının belirlenmesinde duygusal hesaplama teknolojisi kullanılmaktadır.

Bir insanın etkilendiği durumları, duygularını, ruh halini, duygusallığını tanımlamanın ve ölçmenin birtakım zorlukları bulunmaktadır. Yapılan ölçümler neticesinde insanlara hangi duyguyu hissettiğini söylemenin güç olacağı düşünülebilir.

Fakat insanlar bir duyguyu yaşadığında o duygunun bazı göstergeleri olmaktadır. Bireyin hissettiği bir duygu, yüz ifadelerine doğrudan yansır. Bireydeki bu duygunun değiştirmesi için çoğu zaman bir sebep yoktur [15]. Ayrıca alanyazında bazı yüz ifadelerinin hangi duygu ile ilişkili olduğuna yönelik güvenilir ipuçları bulunmaktadır [15]. Mutlu olan bir kişinin dudak uçlarının yukarı doğru kıvrılarak gülümsemesi ve gözlerinin biraz daha kısılması buna örnek olarak gösterilebilir [16]. İşte bu belirtiler bilgisayar diline dökülebilir ve programlanabilirse duyguları ölçmek mümkün olabilir. Nitekim bireyden alınan verilerin işlenerek duygulara yönelik bilgiler elde etmeye yarayan bilim dalına duygusal hesaplama denilmektedir [17]. Fakat yüz ifadeleri duyguları anlamaya yönelik ipuçları sunsa da yeterli olamayabilir [18]. Alanyazında bu belirsizliği gidermek için bütünsel (holistic) analiz yapılması gerektiği ifade edilmiştir [19]. Bu nedenle duygusal hesaplama ile ilgili çalışmalarda veri kaynaklarının çeşitlendirilerek daha güvenilir sonuçların elde edilmesi önerilmektedir [20].

50 yıl önceki çalışmalarda duygular; psikolojik aktiviteler [21] ve yüz, el, vücut hareketleri [22] temel alınarak gözlemler yoluyla ölçülmekteydi. Fakat günümüzde teknolojinin gelişmesi ve duygusal hesaplama alanında artan bilgi birikimi neticesinde şu üç kaynaktan veri toplanarak duyguların ölçülmesinin geçerli ve güvenilir olabileceği söylenmektedir [18]:

1. Algı temelli ölçümler (yüz ifadeleri, ses ve vücut hareketlerinin analizi)

2. Fizyolojik veri (kalp atış hızı, kan basıncı, beyin aktiviteleri, terleme)

3. Öznel veri (anket, ölçek, gözlem, görüşme)

Üç öncül incelendiğinde öznel (self report) ve gerçek verilerin (reel data) birlikte toplanmasının önerildiği görülmektedir. Alanyazında bu üç kaynağı kullanarak birçok yöntem ile duygu ölçümü yapılmaktadır. Alanyazın incelendiğinde bu yöntemlerin en popülerinin bir kamera kullanarak bireyin yüz ifadelerini görüntü işleme teknolojisi yardımıyla ölçmek olduğu göze çarpmaktadır [5], [23]–[25]. Görüntü işleme teknolojisi ile yapılan çalışmalarda bireylerin göz kapağı açıklığı, dudak genişliği, dudak açıklığı, kaş yüksekliği ve yüzün buruşukluğu gibi farklı değişkenler üzerinden hesaplanmaktadır. Nitekim bireyler bir duyguyu hissettiği andan itibaren yüz ifadelerine yansıtıcı değişiklikler oluşmaktadır [25]. Bu değişimler sayesinde duygular ve yüz ifadeleriyle belirginlik göstermekte ve tespiti kolaylaşmaktadır. Algısal boyutta öne çıkan diğer ölçüm yöntemi ise bireylerin konuşması üzerinden duygusal hesaplama yapılmasıdır [25]–[28]. Bu hesaplama sürecinde ses tonu, sesin enerjisi, konuşma esnasında kullanılan ifadeler gibi konuşmanın çeşitli değişkenleri belirlenerek analiz yapılmaktadır. Duygu ölçümünde bireylerin fikirlerinde oldukça önemli bir kaynaktır. Bireyler kendi duygularını ifade ederek hangi duyguları hissettiğini ortaya çıkartabilir fakat bu yöntemi kullanan alanyazında oldukça sınırlı çalışma vardır. Fizyolojik veri kaynağı üzerinden ise bireyin birçok farklı özelliklerinin analiz edilmesiyle duygusal hesaplamalar yapılabilmektedir [27], [29]–[31]. Bireyin kalp atış hızı, beyindeki elektronik dalgalanmalar, ciltteki iletkenlik düzeyi, kandaki oksijen miktarı, solunum cihazları gibi birçok veriyi analiz ederek duygu hesaplaması yapılmaktadır. Öte yandan alanyazında fizyolojik verilerin ölçümünde kullanılan cihazların kaba ve bireyi rahatsız edici olabileceği de düşünülmektedir [32].

Algı temelli, fizyolojik ve öznel veri kaynaklarının bir takım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu verilerin birlikte toplanması dezavantajların elimine edilerek avantajlara yoğunlaşmasını sağlamaktadır. Örneğin, öznel veriler direkt bireyden alındığı için yanıltıcı olabileceğinden algı temelli ve fizyolojik verilerle desteklenmesi daha anlamlı sonuçlar doğurabilir [33]. Öte yandan gerçek verilerle toplanan bilgiler genelde teknoloji tabanlı cihazlarla elde edilmektedir. Bu cihazların ölçümlerinde hata payı olabileceği düşünüldüğünde öğrencilerden farklı veri toplama yöntemleri kullanmak (örneğin gözlem, görüşme ve anketlerle çeşitli verilerin toplanması) güvenilirliği arttırabilmektedir [34].

Sonuç olarak, duygusal hesaplama alanının yaptığı öneriler dikkate alındığında duyguların ölçülebileceği ve raporlanabileceği söylenebilir [35]. Bu sayede öğrencilerin duygu durumlarının takip edilmesi ve bu çalışmada da belirtilen uzaktan eğitim süreçlerindeki var olan güçlüklerin aşılmasında yeni önerilerin sunulmasına öncelik edilebilir. Nitekim alanyazında öğrencilerin duygu durumlarını eşzamanlı olarak izleyebilecekleri görsel sistemlerin tasarlanması gerektiği ifade edilmektedir [36].

Bu araştırma Duygu ve Dikkat Takip Sisteminin (DUTAS) geliştirilmesini, bu sistem ile öğrencilerin duygularını ne kadar doğru ölçtüğünü belirlenmesini ve canlı ders ortamında öğrencilerin duygu ve dikkat düzeylerini etkileyen unsurları ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

- Öğretim üyelerinin ve öğrencilerin canlı derslerini yapabilecekleri web tabanlı bir platform (DUTAS) geliştirilmesi

- DUTAS sayesinde bir ders boyunca öğrencilerin yüz ifadelerine dayalı duygu ve dikkat verilerinin toplanması

- Toplanan duygu ve dikkat verilerinin öğrencinin gerçek duygu ve dikkat düzeyi ile ne kadarı doğru eşleştiğinin belirlenmesi

- Uzmanlar tarafından bireylerin ders sürecindeki genel duygularının belirlenmeye çalışılması

- Öğrencilerin duygularını etkileyen unsurların kategoriler halinde sunulması

Bu çalışma kapsamında ele alınacak araştırma soruları şu şekildedir:

1. Gözlem verileri ile DUTAS ölçümleri arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

2. Öğrencilerin canlı derslerde duygu ve dikkat düzeylerindeki değişimlerin sebepleri nelerdir?

II. YÖNTEM

Araştırma kapsamında karma araştırma yöntemi kullanılmıştır. Karma araştırmalar; hem nicel hem de nitel desenin birlikte kullanılmasına imkân sağlamaktadır [37]. Karma desenler sayesinde araştırma sorularına cevap aranırken araştırmacıyı kısıtlamaz aksine çoklu yaklaşımlar kullanmaya yönlendirir [38]. Karma araştırma deseni kullanılan çalışmalarda bir veya birçok araştırma sorusu tamamen cevaplanabilmektedir [39]. Bu kapsamda karma araştırma deseni tek bir çalışmada nicel ve nitel yöntemleri birleştirmenin daha bütüncül bakış açısı ortaya koyarak,

araştırılan olayı çeşitli yönlerini açıklamasında daha kolay bir yöntem olduğu söylenebilir [40].

A. Katılımcılar

First, Araştırmanın örneklemini Atatürk Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesinde ve Eğitim Fakültesinde lisans ve yüksek lisans statüsündeki 40 öğrenciden oluşturmaktadır. Öğrenciler 4 farklı uzaktan yapılan dersleri (Matematik, İstatistik, İnsan Bilgisayar Etkileşimi, Yabancı Dil Eğitimi) alan öğrencilerden oluşmaktadır. Ders esnasında öğrenciler laptop, telefon, tablet gibi aygıtlardan derse bağlanmıştır. Kamerasını açan öğrencilerin gönüllü olarak çalışmaya gönüllü katıldığı varsayılmıştır. Ayrıca bu kişilerle gönüllü katılım onam formu aracılığıyla da katılımları resmileştirilmiştir. Pandemi döneminin de getirmiş olduğu kısıtlamalarda göz önüne alınarak amaçlı örnekleme yöntemi tercih edilmiştir.

Amaçlı örnekleme, araştırma kapsamında veri bakımından zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen örneklem kitlelerini derinlemesine çalışılmasına imkân sağlar [41], [42]. Öte yandan araştırmaya zaman, maliyet ve ulaşılabilirlik gibi bazı sınırlılıkların olduğu çalışmalarda hedef kitleye yüksek oranda genelleyebilme imkânını da sunmaktadır [43] [44]. Bu sayede herhangi bir teknik sorunda müdahale edilebilecek ve paydaşlarla daha hızlı bir şekilde irtibata geçilebileceği düşünülmüştür. Ayrıca veri toplama süreci boyunca ifade edilen seçim kriterlerinin sağlanmasına ve gönüllü katılım esasına dikkat edilmiştir.

1) Katılımcılarla İlgili Demografik Bilgiler

Katılımcıların demografik verileri veri toplama sürecinde kullanılan anket sayesinde elde edilmiştir. Nicel araştırma sürecine katılan öğrencilerin demografik verileri dağılımları Tablo 1’de frekanslarıyla birlikte sunulmuştur.

Tablo 1. Nicel Araştırma Sürecine Katılım Sağlayan Öğrencilerin Cinsiyet ve Yaşlarına Göre Dağılımları

Cinsiyet / Yaş	19 - 21	21 - 23	23 - 25	25 - 27	Toplam
Kız	4	7	10	1	22
Erkek	3	4	7	4	18
Toplam					40

Nitel araştırma sürecindeki katılımcılar ise nicel araştırma sürecine katılan 40 öğrenci arasından seçilmiştir. Nitel araştırma sürecinde katılım gösteren öğrencilerin dağılımı Tablo 2’de frekanslarıyla birlikte sunulmuştur.

Tablo 2. Nitel Araştırma Sürecine Katılım Sağlayan Öğrencilerin Cinsiyet ve Yaşlarına Göre Dağılımları

Cinsiyet / Yaş	19 - 21	21 - 23	23 - 25	25 - 27	Toplam
Kız	-	3	1	-	4
Erkek	2	4	4	2	12
Toplam					16

















B. Veri Toplama Araçları

Görüntü işleme teknoloji kullanarak duygu ve dikkat ölçüm aracı

Bu çalışmada Ekman’ın [45] temel duygu kuramında yer alan duygularına (üzgün, mutlu, şaşkın, iğrenmiş, sinirli,

korkmuş duygularına) ek olarak yorgun, nötr ve “diğer karmaşık duygular” olarak nitelendirdiğimiz duygu durumlarına odaklanılmıştır. Çalışma kapsamında canlı dersin yapılacağı DUTAS platformunda görüntü işleme teknolojisi kullanarak kamera açan öğrencilerin duygu ve dikkat durumlarını anlık olarak ölçümü yapılacaktır. Öğrencilerin hangi yüz ifadelerinde hangi duyguya karşılık geldiği, dikkat düzeyinin nasıl ölçüldüğünün açıklanması Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3. DUTAS Platformundaki Duyguların ve Dikkat Düzeyinin Eşdeğer Görselleri

Duygular	DUTAS platformundaki eşdeğer görseli	Örnek yüz ifadesi
Mutlu		
Üzgün		
Şaşkın		
İğrenmiş		
Nötr		
Sinirli		
Korkmuş		
Yorgun		
Diğer Karmaşık Duygular	Diğer yüz ifadeleri	Öğrencinin yukarıdakiler dışındaki yüz ifadeleri
Dikkat Düzeyi	0  100	Öğrenci yüzünün dijital ekrana duruş açısı ile belirlenir.

1) Öğrenci duygu durumu değerlendirme anketi

Öğrenciler, bir dersteki görüntü işleme yöntemiyle toplanan verileri ders sonunda, kendi verileri kullanılarak oluşturulan bir anket aracılığıyla duygularını

değerlendirmektedirler. Yapılan anketlerde, farklı duygulara ait frekans sayıları ayrı ayrı ölçülmüş, bu frekanslar ders içindeki toplam duygu frekansına bölünerek öğrencilerin duygu durumlarına ilişkin yüzdelik oranlar belirlenmiş ve sunulmuştur (Örneğin; Nötr: %85; Mutlu: %3; Sinirli:%8, Şaşkın:%6...). Ayrıca öğrencilerin dikkat düzeyleri yüz ifadesinin ders boyunca ortalaması alınarak hesaplanmış ve ankette sunulmuştur. Ders sürecinde her öğrenci farklı duygular ve dikkat düzeyleri farklı olduğu için her öğrencinin ankette karşılaştığı veride farklı olacaktır. Örneğin dersin içerisinde toplam 5 dakikasında x öğrencisi mutluyken y öğrencisi nötr bir duygusu var ise ders sonundaki ankette iki öğrencinin yüzdelikleri farklı oranlar olacaktır. Sonuç olarak her öğrencinin kendi duygularıyla oluşan veriler, likert tipi bir anket yardımıyla öğrenciye sunulacak ve ne kadar doğru ölçtüğü kişisel olarak değerlendirilmeleri sağlanacaktır. Anketin bir örneği Şekil 1'de sunulmuştur. Anketin detaylı görünümü Ek 4'te sunulmaktadır.

Şekil 1. Anket

2) Gözlem

Görüntü işlem yöntemiyle yapılan ölçümlerin, doğruluğunun onaylanması için bağımsız gözlemciler tarafından gözlemlenerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Psikolojik danışmanlar öğrenciyi ders esnasındaki durumunu video kayıtları sayesinde gözlemleyecek ve bu gözlem esnasında fark ettiği duyguları bir ölçme aracı yardımıyla nicel verilere dönüştürebilecektir. Bu araç Şekil 2'de de bir örneği sunulmuş ve bu ölçüm aracında bir dersin tüm sürecini dakikalara ve saniyelere bölünmüştür. Nitekim her dakika içerisinde öğrencide gözlenen duygu işaretlenmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu sayede nicel bir frekans verisi oluşturulacaktır. Belirlenen üç gözlemci bu süreçte toplam 40 öğrencinin ders kayıtlarını izleyerek duygusal süreçlerini gözlemledi.

Şekil 1. Nicel Gözlem Duygu Ölçme Aracı

Dikkat Düzeyi: %

Dk.	Sn.	Mutlu	Üzgün	Sinir	Şaşkın	İğrenme	Nötr	Korku	Diğer Karmaşık Duygular
10									
20									
30									
40									
50									
60									
...									
10									
20									
30									
40									
50									
60									

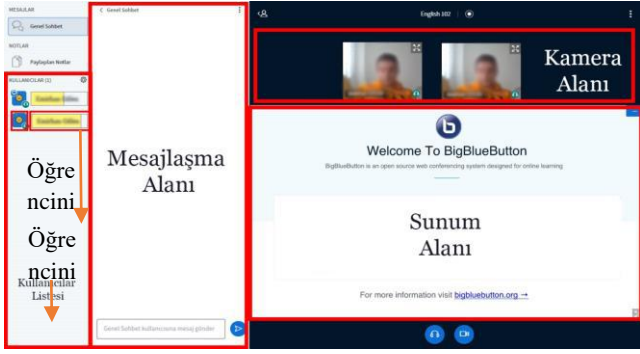
3) Yarı yapılandırılmış görüşme formu

Öğrenciler ile ders süreçleri hakkında duygu ve dikkat düzeylerindeki değişimlere neden olan durum ve olayları belirlemek amacıyla yarı yapılandırılmış görüşme yapılacaktır. Yapılan görüşmelerde öğrencilerin fikirleri ele alınarak nitel veri toplama süreci gerçekleştirilecektir. Yarı yapılandırılmış görüşme formu sorulan açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Bu sayede katılımcılardan elde edilmesi beklenen verilerin sınırlandırılmasını ya da gerektiğinde derinleşmesine imkan tanımaktadır (Büyükoztürk vd., 2017). Form geliştirilirken açık ve anlaşılır bir dil kullanılarak araştırmanın sorularını cevap bulacak nitelikte olmasına önem gösterilmiştir. Görüşme formu, öğrencilerin duygu ve dikkat düzeylerini etkileyebilecek unsurların ortaya çıkarmasını hedefleyen nitelikteki sorulardan oluşmaktadır. Yapılacak görüşme sürecinde öğrencilere sorulacak sorular Ek 1'de sunulmaktadır.

C. DUTAS (Duygu ve Dikkat Takip Sistemi) Prototipi

Çalışma kapsamına uygun olarak lisans ve yüksek lisans öğrencilerine yönelik canlı dersler yapabilecekleri web tabanlı bir platform (DUTAS) geliştirilmiştir. DUTAS platformu geliştirilmesindeki temel hedef öğrencilerin canlı ders esnasında yaşamış olduğu farklı duyguları ve derse karşı gösterdiği dikkat düzeylerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda alanyazından da yararlanılarak bazı ölçülebilir duygular belirlenmiştir. Duyguların görüntü işlem teknolojisi kullanarak belirlenmesinde yazılımsal olarak bazı hazır kütüphanelerde kullanılmıştır. Bu sayede var olan hazır kütüphaneleri geliştirme ve daha iyi bir ürün ortaya koyma potansiyelini de yakalanmış olacaktır. Şekil 3'de geliştirilen web tabanlı DUTAS platformunun tanıtımı sunulmuştur.

Şekil 2. DUTAS Platformu tanıtımı



Şekil 3 incelendiğinde günümüzde popüler olarak kullanılan BigBlueButton canlı sınıf sistemi kullanılmış ve geliştirilmiştir. Geliştirilen platformda yer alan kullanıcılar alanında görüldüğü üzere tüm kullanıcıların yüz ifadesine eş değer emoji kullanılması planlanmıştır. Bu sayede öğretim üyesi tüm öğrencilerin anlık olarak duygularını takip etme fırsatı yakalamış olacaktır. Öte yandan kullanıcılar alanında öğrencilerin adı yazan kutucukların dikkat yüzdesine oranla renk alanı değişebilecektir. Bu sayede öğretim üyesi öğrencilerinin hangisinin derse karşı dikkatinin yüksek olduğunu veya hangisinin düşük olduğunu belirleyebilecektir. Ayrıca duygu ve dikkat verilerini sadece öğretim üyesi tarafından görülebilecektir.

DUTAS platformu geliştirilirken yazılım geliştirme süreçlerinde kullanılan “Yazılım Geliştirme Yaşam Döngüsü” göz önünde bulundurularak geliştirilmiş ve geliştirme süreci Şekil 4’de özetlenmiştir.

Şekil 3. DUTAS Platformu Geliştirme Aşamaları



a) Analiz

Yazılım geliştirme sürecinin ilk aşaması olan analiz, çalışmanın amacına uygun temel amaç ve hedefler belirlenmiştir. Amaç ve hedeflere uygun olarak hedef kitle analizi, temel sistem analizi, yazılımdaki ihtiyaç duyulan performans analizleri gibi bazı analizler yapılmıştır. Bu analizler sayesinde temel gereksinimler oluşturulmuş ve sonraki aşamalarda bu gereksinimleri giderici süreçler takip etmiştir.

b) Tasarım

Temel gereksinimlere uygun olurluk çalışmasının yapıldığı, planlamalar ve tasarımların oluşturulduğu süreçtir. Bu aşamada sistem için öykü yapıları ve taslak çizimleri hazırlanmıştır. Bu sayede ürünün temel görünüm hatları ortaya çıkmış ve sonraki aşamalara rehber olacak bir kılavuz oluşturulmuştur.

c) Kodlama

Görüntü işleme teknolojisi ile geliştirilen yüz tanıma ve yüz ifadesi tanımlamada açık kaynak kodlu hazır bir veri seti kullanılmıştır. Veri seti opencv programının javascript kütüphanesiyle geliştirilmiştir. Bu veri setinin üzerinde bazı düzenlemeler ve geliştirmeler yapılarak farklı duyguların tespitini yapabilen ve katılımcıların dikkat düzeylerini ölçebilen bir sistem haline getirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda veri setine aşağıdaki listede var olan yetenekler ve yeni eklenen yetenekler sunulmaktadır.

Veri setinde mevcut olan yetenekler;

- Mutluluk duygusu ölçümü,
- Sinirlilik duygusu ölçümü,
- Şaşkınlık duygusu ölçümü,
- Üzüntü duygusu ölçümü,
- İğrenme duygusu ölçümü,
- Korkma duygusu ölçümü,
- Nötr duygusu ölçümü,

Yeni eklenen yetenekler;

- Yorgunluk duygusu ölçümü,
- Sistemin tanımlayamadığı farklı yüz ifadelerinin diğer karmaşık duygular olarak ölçümü,
- Dikkat düzeyi ölçümü.

Eklenen yeni özellikler sürekli test edilerek daha istikrarlı çalışan bir sistem haline dönüştürülmesi sağlanmıştır. Öte yandan canlı dersler için yine açık kaynak kodlu olan BigBlueButton uygulaması tercih edilmiştir. BigBlueButton canlı ders platformu piyasadaki güncel ürünlerde olan birçok özellik bulunmaktadır. İçerisinde chat alanı, sunum alanı, katılımcıların listesi gibi bölümler bulunmaktadır. BigBlueButton sisteminin kurulumu için minimum gereksinimlere sahip bir sunucu kiralanmış ve yine bir alan adı (dtakips.com) satın alınmıştır. BigblueButton’ın istikrarlı çalışması için donanımsal ve yazılımsal gerekli minimum gereksinimler için tercih edilen özellikler Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. BigBlueButton Platformu İçin Gerekli Minimum Özellikler

Minimum Özellikler	DUTAS Platformu Özellikleri
Linux çekirdeği 4.x çalıştırılan Ubuntu 16.04 64-bit işletim sistemi	Ubuntu 16.04 64-bit işletim sistemi kurulumu yapıldı
Takas etkinleştirilmiş 16 GB bellek	24 GB
Yüksek tek iş parçacıklı performansla sahip 8 CPU çekirdeği	12 CPU
Kayıtlar için 500 GB (veya daha fazla) boş disk alanı veya sunucuda oturum kaydı devre dışı bırakılmışsa 50 GB.	150 GB Disk Alanı
80 ve 443 numaralı TCP bağlantı noktalarına erişilebilir	80 ve 443 numaralı TCP bağlantı noktaları erişime açıldı.
UDP bağlantı noktaları 16384 - 32768 erişilebilir	UDP bağlantı noktaları 16384 - 32768 erişime açıldı.

250 Mbit/sn bant genişliği (simetrik) veya daha fazla	1GB/sn bant genişliği hizmeti verebilen firma tercih edildi
80 ve 443 numaralı TCP bağlantı noktası başka bir web uygulaması veya ters proxy tarafından kullanılmıyor	80 ve 443 numaralı TCP bağlantı noktaları başka bir web uygulaması tarafından kullanılmadığı kontrol edildi.
SSL sertifikası kurulumu için bir ana bilgisayar adı (bbb.example.com gibi)	dtakips.com adlı alan adına sunucu üzerinden ssl sertifika kurulumu sağlandı.
IPV4 ve IPV6 adresi	Sunucunun bir adet IPV4 ve IPV6 adresinin bulunduğu kontrol edildi.
Özel (çıplak metal) donanım	Özel donanım kullanan firma tercih edildi.
Tahmini katılımcı sayısı: 40	Tahmini katılımcı sayısı: 60

d) Test

Test sürecinde temelde iki başlık altında sistemin test süreçleri yürütülmüştür. Bu testler aşağıdaki gibi listelenmiştir.

- Canlı ders ortamına minimum katılımcı sayısını belirleme
- Canlı ders ortamında kamera açan öğrencilerin yüz ifadelerini algılayan yazılımın tüm cihaz türlerinde çalışıp çalışmadığını tespit etme.

Canlı ders ortamına bağlanabilecek katılımcı sayısını belirlemek için 10 cihaz ayarlanmıştır. Her bilgisayar bir kamera kaynağı kullanarak birden fazla katılımcı oluşturabilmektedir. Bu kapsamda her cihazdan birden fazla kullanıcı oluşturularak ortama bağlanma testi edilmiştir. Ayrıca kamerası olan her cihazın yüz ifadesini yakalayan yazılımın sorunsuz çalışması içinse yapılan testlerde cihazların simülatörleri kullanılarak testler yapılmıştır.

e) Yayınlama

Geliştirilen sistem için belirlenen sunucu kiralama firmasından hizmet satın alınmıştır. Geliştirilmiş DUTAS platformu ilgili sunucu firmasıyla herkesin ulaşabileceği bir şekilde dtakips.com adlı domain ile yayınlaması yapılmıştır.

f) Gözden Geçirme

Geliştirilen ürünün performansı, hataları vb. durumlar gözden geçirilmiş ve ortaya çıkan yeni durumlar belirlenmiştir. Bu aşamada ayrıca uzmanlara danışılarak platformun kullanımı ile alakalı dönütlerde alınmıştır. Tespit edilen durumlar için ilgili süreçler tekrardan uygulanmıştır. Tüm geliştirme süreci sonucunda sistemin istikrarlı çalıştığına dair tüm gerekli pilot uygulamalar yapılmış ve uzman onayı alınmıştır.

D. Uygulama Süreci

Ele alınan çalışma, karma araştırma kapsamında toplam üç adımdan oluşmakta ve 5 haftalık (5 saat) uygulama süreci içermektedir. Uygulama sürecinde ilk hafta pilot uygulama olarak planlanmıştır ve toplanan veriler araştırmaya dâhil edilmemiştir. Uygulama süreci bir dersin öncesini, ders esnasında ve dersin sonrasını kapsamaktadır. Planlanan uygulama süreci Şekil 5'deki gibi özetlenmiştir.

Şekil 4. Uygulama Süreci



Şekil 5'deki uygulama süreci toplamda 5 haftada 5 ders için sürekli tekrarlanacaktır. Tüm sürecin sonunda dokuzuncu adımda görüşmelerden elde edilen verilerle öğrencilerin etkilendiği nedenler ve durumlar açığa çıkarılacak ve kategorilendirme yapılarak sunulacaktır.

Ders öncesinde ilgili dersin öğretim üyesi öğrenme yönetim sistemi üzerinden öğrencilere canlı derse nasıl erişeceği hakkında bilgilendirilmeler yapmıştır. Canlı derslere katılım sağlayan gönüllü öğrencilerin gerekli olan minimum teknik gereksinimler hakkında bilgi verilmiştir. Minimum gereksinimler şu şekilde listelenebilir; güncel bir tarayıcı, mikrofon, kulaklık. İlk hafta gerçekleştirilen pilot uygulamada

- Öğrencilerin platforma sorunsuz erişim sağlayıp sağlayamadığı kontrol edildi,
- Öğrencilere çalışmanın amacından bahsedildi,
- Kamerasını açan öğrencilerin görüntü işleme teknolojisinin çalışıp çalışmadığı kontrol edildi,
- Öğretim üyesinin dersi anlatırken çıkabilecek sorunlar tespit edilerek giderilmeye çalışıldı,
- Ders sonunda öğrencilerin anket verilerini sorunsuz gönderip gönderilemediği kontrol edildi.

E. Verilerin Analizi

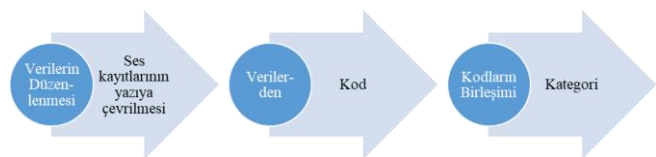
Araştırma kapsamında toplanan veriler veri türüne uygun analizlere tabi tutulmuştur. Çalışma kapsamında kullanılacak veri toplama araçlarının hangi araştırma sorusu kapsamında olduğu ve hangi analiz yöntemi kullanılacağı Tablo 5’deki gibi özetlenmiştir.

Tablo 5. Veri Toplama Araçları Analiz Yöntemleri

Araştırma Sorusu	Veri Toplama Aracı	Analiz Yöntemi
1	DUTAS Anket	Betimsel Analiz
1	Gözlem	Betimsel Analiz
	Gözlem – DUTAS	Bağımlı Gruplar t-testi
2	Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu	İçerik Analizi

Tablo 5’de görüldüğü gibi ilk araştırma sorusunun cevaplanması için betimsel analiz ve bağımlı gruplar t-testlerinden faydalanılmıştır. Bağımlı gruplar t-testinin kullanılmasının nedeni, elde edilen iki farklı ölçüm verisinin birbiriyle ne kadar benzer veya ne kadar farklı olduğunun belirlenmesini imkân tanımaktadır [46]. İkinci araştırma sorusunun cevaplanması için ise içerik analizinden faydalanılmıştır. İçerik analizi veri toplama sürecinden elde edilen verilerin temalar kullanarak, anlamsal ilişkilendirmeler yaparak amaç doğrultusunda bir araya getirilmesidir [44]. Şekil 6’da içerik analizinde kullanılan kod ve kategori oluşturma süreci ifade edilmiştir.

Şekil 5. İçerik analiz süreci



İçeriklerin analiz sürecinin ilk aşamasında görüşmelere ait ses kayıtları daha hızlı analiz edilmesi amacıyla yazıya

çevrilmiştir. Yazıya çevrilen metinlerin toplam boyutu 58 sayfadan oluşmaktadır. Daha sonra öğrencilerin ifadeleri kodlara bölünerek kategorilendirme yapılmıştır.

III. BULGULAR

Bu bölümde çalışmada toplanan verilerle ilgili bulgular yer almaktadır. Bulgular araştırma sorularına uygun listelenmiştir. İlk araştırma sorusu için DUTAS, anket, gözlem frekans tablosundan toplanan veriler “Duygu Ölçümünde İki Farklı Yöntemin Arasında Anlamlı Bir Farkın Var Olup Olmadığı Bağlamında Elde Edilen Bulgular” adlı başlıkta sunulmaktadır. İkinci araştırma sorusu için yapılan görüşme verileri ise “Öğrencilerin Canlı Derslerde Duygu ve Dikkatlerini Etkileyen Unsurlara İlişkin Görüşleri” adlı başlıkta sunulmaktadır.

A. Ölçüm Yöntemlerinin Arasında Anlamlı Bir Farkın Var Olup Olmadığı Bağlamında Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde farklı yöntemlerle elde edilen verilerin analizinde duygu ve dikkat bazı anlamlılık düzeyleri sunulmaktadır. İlgili araştırma sorusunun yanıtlanması için katılımcı anketi analizi yapılmıştır. Her duygunun ve dikkat düzeyinin ortalamalarına ve standart sapmalarına bakılmıştır. Ortalamaların yorumlanması için aralık belirlenmiştir. Aralık $(5-1)/5$ formülü kullanılarak 0.8 aralıkların da aşağıdaki gibi oluşturulmuştur;

- 1.8 – 1.0 arasındaki anket maddeleri DUTAS ile ölçülen verilerin çok az doğru ölçtüğünü,
- 2.6 – 1.8 arasındaki anket maddeleri DUTAS ile ölçülen verilerin az doğru ölçtüğünü,
- 2.6 -3.4 arasındaki anket maddeleri DUTAS ile ölçülen verilerin kısmen doğru ölçtüğünü,
- 3.4 –4.2 arasındaki anket maddeleri DUTAS ile ölçülen verilerin fazla doğru ölçtüğünü,
- 4.2 – 5.0 arasındaki anket maddeleri ise DUTAS ile ölçülen verilerin çok fazla doğru ölçtüğünü ifade etmektedir.

40 Katılımcıya dört hafta boyunca her hafta bir adet anket uygulanmış ve toplamada 160 anket verisine ulaşılmıştır. Elde edilen verilerin dikkat düzeyine ve duygu türlerine ilişkin analizi Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Anket Analiz Sonuçları

Anket Maddeleri	n	Arahk	\bar{X}	SS
Mutlu	160	Fazla	3.48	3.46
Korkmuş	160	Kısmen	3.33	0.80
Nötr	160	Fazla	4.19	6.36
Sinirli	160	Fazla	3.55	0.92
Şaşkın	160	Fazla	3.49	1.04
Yorgun	160	Fazla	3.41	5.36
İğrenmiş	160	Kısmen	3.09	0.75
Üzgün	160	Fazla	3.47	0.44
Diğer Karmaşık Duygular	160	Fazla	3.71	0.94
Dikkat Düzeyi	160	Fazla	3.90	8.96

DUTAS ve gözlem yöntemiyle toplanan veriler arasındaki anlamlılık farkını tespit etmek amacıyla dikkat düzeyi ve her duygu için ayrı ayrı bağımlı gruplar t-testi kullanılmıştır. Dikkat düzeyi ve duygulara yönelik elde edilen bulgular Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. İki Farklı Yöntemle Ölçülen Dikkat Düzeyi ve Duygu Verilerinin Bağımlı Gruplar T-Testi Sonuçları

Veri Grupları	N	\bar{X}	SD	SE	T	SD (df)	P
DUTAS Mutluluk	40	3.56	4.75	0.75	-1.857	39	0.071
Gözlem Mutluluk	40	4.57	5.2	0.83			
DUTAS Korku	40	0.23	0.75	0.12	1.41	39	0.166
Gözlem Korku	40	0.05	0.25	0.44			
DUTAS Nötr	40	89.56	5.05	0.79	-1.979	39	.055
Gözlem Nötr	40	91.55	5.89	0.93			
DUTAS Sınırlılık	40	0.12	0.34	0.05	-1.554	39	0.128
Gözlem Sınırlılık	40	0.35	0.92	0.14			
DUTAS Şaşkınlık	40	0.20	1.02	0.16	-0.047	39	0.963
Gözlem Şaşkınlık	40	0.21	0.43	0.06			
DUTAS Yorgunluk	40	4.53	3.05	0.48	2.150	39	0.038
Gözlem Yorgunluk	40	2.71	4.85	0.76			
DUTAS İğrenme	40	0.38	0.57	0.09	1.872	39	0.069
Gözlem İğrenme	40	0.16	0.48	0.07			
DUTAS Üzüntü	40	0.09	0.27	0.04	-0.147	39	0.884
Gözlem Üzüntü	40	0.11	0.32	0.05			
DUTAS Diğer Karmaşık Duygular	40	1.22	1.11	0.17	6.509	39	0.000
Gözlem Diğer Karmaşık Duygular	40	0.25	0.58	0.09			

Tablo 9’da tüm duyguların ve dikkat düzeyinin 2 farklı yöntem ile ölçümüne ilişkin verilerin birbiriyle uyumluluğunu ve katılımcıların DUTAS platformunun öğlettüğü duyguların doğruluğuna dair görüşlerini özetleyen bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 9. DUTAS, Gözlem Yöntemi ve Anket Verilerinin Karşılaştırılması

Duygular ve Dikkat düzeyi	DUTAS & GÖZLEM (p değeri)	Anket	Anket Değerinin Sözel Karşılığı
Şaşkın	0.963	3.49	Fazla
Üzgün	0.884	3.47	Fazla
Dikkat Düzeyi	0.142	3.90	Fazla
Sınırlı	0.128	3.55	Fazla
Korkmuş	0.166	3.33	Kısmen
Mutlu	0.071	3.48	Fazla
İğrenmiş	0.069	3.09	Kısmen
Nötr	0.055	4.19	Fazla
Yorgun	0.038	3.41	Fazla
Diğer karmaşık duygular	0.000	3.71	Fazla

Tablo 9’da belirtilen duyguların ölçüm performansını olumsuz olarak etkileyen durumlarda süreç sırasında tespit edilmiştir. Öğrencilerin ders esnasında el ya da kolları ile yüzlerini kapatması yüz ifadesi algılamamasına ve bu durumun sonucunda da ölçüm değerinin yanılmasına neden olmaktadır. Ayrıca öğrencilerin karanlık bir ortamdan



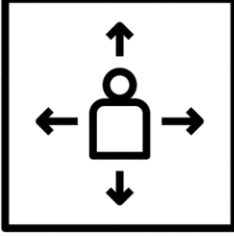



bağlanmaları da yüz ifadesinin algılamasında problem yaşanmasına neden olmaktadır. Öte yandan bazı öğrenciler kameraya yüzünün tümünü göstermemektedir. İlgili durumlarla alakalı örnekler Ek 5’te sunulmaktadır.

B. Öğrencilerin Canlı Derslerde Duygu ve Dikkatlerini Etkileyen Unsurlara İlişkin Elde Edilen Bulgular

Katılımcıların canlı derslerdeki duygu ve dikkat düzeylerini etkileyen durumlara ilişkin olarak 16 öğrenciyle yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Bu öğrenciler belirlenirken her hafta 40 öğrenciden anket verisi toplanmıştır. Anket verisi sonuçlarına göre her hafta düşük, orta ve yüksek düzeyde değerlendirme yapan bir veya iki öğrenci seçilmiştir. Bu yöntemin tercih edilmesinin asıl amacı örneklem çeşitliliğinin artırılmasıdır.

Öğrenciler ile yapılan görüşmeler sonucunda canlı derslerde, öğrencilerin duygularını ve dikkat düzeylerini etkileyen durumlarla ilgili görüşler analiz edilerek kategori ve kodlar oluşturulmuştur. Bu analizin sonucunda öğrenci görüşlerinin özeti, frekanslarıyla birlikte Şekil 7’de sunulmuştur.

Şekil 6. Öğrencileri Canlı Derslerde Duygu ve Dikkatlerini Etkileyen Unsurlarla İlgili Görüşler

	ÖĞRETİM ÜYESİ	TEKNİK PROBLEMLER	FİZİKSEL ŞARTLAR	MATERYAL	ÖĞRENCİ	AKRAN
KATEGORİLER						
KODLAR	<ul style="list-style-type: none"> + Ses tonunu değiştirmesi f(10) + Soru-cevap tekniğinden yararlanamaması f(7) -- Teknik bilgideki yetersizliği f(4) + Dersi işlerken kullandığı yöntemler f(4) + Samimi davranışları f(4) + Kamera ile bağlanması f(3) 	<ul style="list-style-type: none"> -- Öğrencinin internet bağlantısının kopması f(12) -- Öğretim üyesinin internet bağlantısının kopması f(4) 	<ul style="list-style-type: none"> -- Öğrencinin canlı derse bağlandığı ortamdaki unsurlar f(9) 	<ul style="list-style-type: none"> + Ders sunumlarında görsel öğelere yer verilmesi f(6) 	<ul style="list-style-type: none"> + Öğrencinin hazır bulunuşluluğunu artırıcı durumlar f(5) 	<ul style="list-style-type: none"> + Akranların olumlu katkılar sunacak şekilde; derse sesli, mümkünse görüntülü olarak katılımı f(2)
ÖRNEK İFADELER	<p>«Öğretim üyesinin ses tonunu değiştirmesi beni olumlu etkiliyor» (Öğrenci 6, Kız)</p> <p>«Soru soruyor mesela dersin ortasında o bizi daha da dikkatimizi artırıyor. Dersi dinlemenizi sağlıyor» (Öğrenci 11, Erkek)</p>	<p>«İnternet bağlantısı hem hocanın bozulabiliyor. Hem bizim bozulabiliyor» (Öğrenci 6, Kız)</p>	<p>«Bulduğum ortamın sesli olması sakın olması beni çok etkiliyor» (Öğrenci 14, Erkek)</p>	<p>«Çok görsel siz sürekli yazıların olduğu sunuları zaten ben hiçbir şekilde tercih etmiyorum.» (Öğrenci 12, Erkek)</p>	<p>«Derse hazır olmak daha çok mesela hazırladığım konu olunca daha iyi oluyor.» (Öğrenci 13, Kız)</p>	<p>«Arkadaşlarımın derse aktif olarak katılımı benimde bir şekilde motivasyonumu artırıyor» (Öğrenci 12, Erkek)</p>

+ Etki Yönü Olumlu
-- Etki Yönü Olumsuz
f(Sayı) Frekans Sayısı

Şekil 7 de görüldüğü gibi öğrencilerin canlı çevrimiçi ders sürecinde öğretim üyesi, teknik problemler, fiziksel şartlar, materyal, öğrenci ve akrandan etkilendikleri görülmektedir.

Öğrenciler, canlı derslerde öğretim üyelerinin tek bir ses tonu kullanmasının, duygularını ve dikkat düzeylerini olumsuz yönde etkilediğini ifade etmektedir. Öğrencilerin aktif bir rol üstlendikçe, duygularının ve dikkat düzeylerinin olumlu etkilendiği gözlemlenmiştir. Öğretim üyelerinin seçtiği öğretim yöntemleri ve tekniklerinin öğrenciler tarafından benimsenmesi, öğrencilerin dikkat düzeyini etkileyen önemli bir faktördür. Öğrenciler, öğretim üyelerinin teknik sorunları kolayca çözebilme yeteneğini gördükçe güven duygusu oluşturmakta ve derse karşı duygusal ve dikkat bağlarını güçlendirmektedir.

Canlı ders sırasında öğretim üyelerinin samimi tavırlar sergilemesi, öğrencilerde olumlu duyguları artırmakta ve derse olan dikkat düzeyini artırıcı bir etki yapmaktadır. Öğrenciler, öğretim üyelerinin kamera kullanımı, duruşu ve açısının duygu ve dikkat düzeylerini etkilediğini belirtmektedir. Akranların canlı derslere katılımı, öğrencilerin derse aidiyet duygusu oluşturmaya yardımcı olmakta ve öğrencilerin aktif katılımını teşvik etmektedir.

Teknik problemler ve öğretim üyelerinin derste karşılaştığı sorunlar, öğrencilerin duygu ve dikkat düzeylerini etkileyen önemli unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Öğrenciler, ders içeriğinin daha görsel olmasını tercih etmekte ve ön bilgi artırıcı unsurların dikkatlerini olumlu yönde etkilediğini belirtmektedir. Canlı dersler sırasında öğrencinin dikkatini dağıtan dış uyaranlar, derse odaklanmayı zorlaştırmaktadır.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmaya toplam 40 öğrenci katılmış ve çalışma süreci boyunca ilgili araştırma sorularının cevaplanması için veriler toplanmıştır. Toplanan veriler analiz edilmiş bulgular başlığında listelenmiştir. Bu bölümde ise elde edilen bulgular alan yazına dayalı olarak tartışılmıştır. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmalar için önerilere de yer verilmiştir.

A. Canlı Ders Ortamında DUTAS – Gözlemci Formu Arasında Fark Var mı?

Alanyazında duygu ölçümünde kullanılan yöntemlerin geçerliliği ve güvenilirliğinin ölçüldüğü ve bu doğrultuda verilerin toplandığı çalışmalar mevcuttur fakat oldukça sınırlı sayıda çalışma olduğu söylenebilir [47], [48]. Conflitti vd. [48] yaptığı çalışmada ses ile tanıma yapmanın doğruluk payının %30 oranında olduğunu belirtmektedir. Öte yandan Bahreini vd. [26] sesli ifadelerdeki duyguları ortaya çıkarmak için yapılan çalışmada, FILTWAM adındaki sesli duygu tanıma uygulaması ölçtüğü duygular ile ses kayıtlarını değerlendiren uzmanların ulaştığı verilerin uyumluluğu incelenmiştir. Sonuçlara göre her duygunun uyumluluk düzeyi belirlenmiştir. Bu yöntemin FILTWAM uygulamasının ne kadar doğru ölçtüğünü belirlemek için yeterli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada ise katılımcılarında görüşü alınarak DUTAS platformunun duyguları ölçme düzeyindeki durumları belirlenmeye çalışılmıştır. DUTAS platformunun ölçümlerinin güvenilir olduğu durumlar şunlardır: Şaşkın, üzgün, sinirli, korkmuş, iğrenmiş, mutlu, nötr ve dikkat düzeyi. DUTAS platformun hatalı olarak ölçtüğü duygular ise diğer karmaşık duygular ve yorgunluktur. Duygu ölçümü yapan veri setine sonradan eklenen yorgunluk ve karmaşık duygu durumlarının iyi bir ölçüm yapmadığını fakat dikkat düzeyini ölçmedeki performansının iyi olduğu ortaya çıkmıştır. Bahreini vd. [26] yapmış olduğu çalışmada benzer duyguların doğru oranda ölçtüğü belirtilmiştir. Bu durum ilgili çalışmalarda ölçümü kolay duyguların [49] tercih edilmesiyle açıklanabilir.

Öğrencilerin duygularını ölçümü sırasında ölçümün değerlerini olumsuz olarak etkileyen bazı durumlar tespit edilmiştir. Öğrenciler canlı ders anında elleri ya da kolları ile yüzlerini kapatabilmektedir. Ayrıca bazı öğrenciler karanlık bir ortamdan bağlanabilmekte ve bazı öğrenciler ise yüzünün tamamını kameraya göstermemektedirler. Bu durumların sonucunda DUTAS platformu öğrencilerin yüzünü algılayamamaktadır. Öte yandan Kim ve Ketenci [50] yapmış olduğu çalışmada öğrencinin içerisinde bulunduğu duygusal durumu yansıtmak istemedikleri anların olabileceğini vurgulamaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında, canlı derslerde bireyler DUTAS'ın duygularını doğru ölçmediğini belirtmekte ve ayrıca gözlemcilerin verileri ile DUTAS'ın verileri arasında uyumluluğun yitirilmesine de neden olmaktadır. Bu yüzden alanyazında ölçüm yöntemlerinin çeşitlendirerek duygu hesaplama yapılması daha güvenilir sonuçlar sunacağı ifade edilmektedir [18]. Bu düşünceye karşılık alanyazında bazı duygu hesaplama yöntemlerinin kullanılmaması gerektiğini savunan çalışmalar da mevcuttur [51].

B. Katılımcıların Canlı Derslerde Duygu ve Dikkatlerini Etkileyen Unsurlar

1) Öğretim üyesi boyutu:

Öğretim üyesi süreci eğitim sürecini yöneten ve kurgulayan kişidir. Öğrencilerin duygularını ve dikkat düzeyini etkileyen en önemli unsurun öğretim üyesinin yeterlilikleri olduğu ortaya çıkmaktadır. Öğreticinin ders esnasında teknik, pedagojik ve iletişim becerilerinin yeterli düzeyde olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Öğretim üyesi ders esnasında pedagojik yeterliliklerini öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştıracak şekilde planlamalıdır. Bu plan sayesinde öğrencilerin duygu ve dikkat düzeylerinde olumlu bir artış gözlenebilir. Berge [52] yaptığı çalışmada öğretim üyeleri için pedagojik yeterlilikler açısından uyumluluk göstermektedir. Ayrıca öğretim üyelerinin teknik boyutta canlı ders ortamını etkin bir şekilde kullanabiliyor olması gerekmektedir. Varvel [53] öğretim üyeleri için belirlemiş olduğu teknolojik gereksinimler ile uyumludur. Öte yandan öğretim üyesi iletişim becerilerine sahip olmalıdır. Öğretim üyesi jest ve mimiklerini ses tonunu canlı ders anında iyi kullanmalıdır.

2) Akran boyutu:

Akranların canlı ders anında katılım sağlamaları durumlarında daha çok yüz yüze gerçekleşen bir ders

ortamına dönüştüğü dolayısıyla öğrencilerin dikkat ve duygularının olumlu olarak arttırdığı gözlenmiştir. Nitekim alanyazındaki çalışmalar da öğrencilerin, canlı derslerde öğreticilerle ve akranlarıyla kurdukları iletişim, onlara derslerdeki katılımlarını [54] derslerden alacağı doyumunu [55], memnuniyet düzeyini [56], [57] arttırdığını vurgulanmaktadır. Ayrıca bu durum Moore [58]’a göre diyalogun artırılması ile öğrencilerdeki uzaklık algısını azalttığını ve sınıf ortamında bir aidiyet duymasıyla da ilişkilendirilebilir.

3) Teknik problemler boyutu:

Öğrencilerin canlı derslerde yaşamış olduğu bağlantı problemleri öğrencilerin doğrudan dikkat ve duygularını etkilemektedir. Bu etki yapılan görüşmelerde de en çok öne çıkan unsur olarak görülmektedir. Ayrıca öğrenciler bu problemi öğretim üyesinin canlı ders anında bağlantı problemleri yaşamasından da etkilenmektedir. Bayrak ve Karaman [59] yılında yapmış olduğu çalışmasında katılımcıların internet problemleri yaşadıklarında katılım düzeyleri ve beğeniye olumsuz etkilediğini tespit etmiştir. Bu sonuç ayrıca Chou ve Liu [60] de yapmış olduğu çalışmayla da uyumluluk göstermektedir.

4) Materyal Boyutu

Öğrenciler canlı derste kullanılan sunum materyallerinin oldukça yazıdan oluşmasından oldukça etkileniyorlar ve daha çok görsel içeriğinde olduğu ve hatta konuyu özetleyen görsellerin de yer alması gerektiğini vurgulamaktadır. Aydın [61] araştırmasında görsel materyal kullanımının öğrenciler üzerinde olumlu etkilerin oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Aydın [61] araştırmasıyla uyumluluk göstermektedir. Öğrenciler sunumda görsel içeriklere yer verilmeyince duygu ve dikkat düzeylerinde olumsuz etkilere yol açtığını ifade etmektedir.

5) Öğrenci Boyutu:

Öğrenciler canlı dersler anında konular hakkındaki bilgi düzeylerine bağlı olarak duygu ve dikkat durumları etkilenmektedir. Konular hakkında hazır bulunuşlukları var ise olumlu etkisi oluyor eğer bu durumun zıttı ise olumsuz olarak etkileniyorlar. Bu noktada öğrencilerin öğrenme süreçlerinde ilişki kurarak daha kolay öğrendiğinin ve bu yüzden kolay öğrenmenin olumlu duygular ortaya çıkardığını ve de dikkat düzeyinin de arttığı belirtilmelidir. Winter vd. [62] ön bilgi düzeyine göre öğrencilerin aktif katılım düzeyinde farklılık gösterdiğini vurgulamaktadır. Bu durum çalışma ile uyumluluk göstermektedir.

6) Fiziksel Şartlar Boyutu:

Öğrencilerin canlı ders ortamında birçok unsur etkilenmektedir. Bu unsurlardan bazıları ise fiziksel değişkenler oluşturmaktadır [63]. Öğrencileri etkileyen fiziksel değişkenler üzerine yapılan bazı çalışmalar incelendiğinde ses, öğrencileri etkileyen önemli bir değişken olarak görülmektedir [64]. Fiziksel değişkenler öğrencileri farklı boyutlarda etkilemektedir [65]–[68]. Bu çalışma canlı ders ortamında öğrencilerin etkilediği unsurları tespit etmeye çalışmış ve fiziksel şartların öğrencileri canlı derslerde etkilediği görülmüştür. Elcil ve Şahiner’e [61] göre öğrencinin ders süreci boyunca bağlandığı ortamla alakalı gürültü, kalabalık bir ortam vd. durumlar dikkat durumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum ilgili çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, canlı derslerde duygu ölçümünün önemli bir bileşeni olan DUTAS’ın performansını anlamamıza ve bu alanda gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutmamıza yardımcı olmuştur. Bu çalışma, öğrenci deneyimini iyileştirmek ve eğitim süreçlerini daha etkili hale getirmek amacıyla duygu ölçüm teknolojilerinin daha geniş bir perspektiften ele alınması için değerli bir katkı sağlamıştır.

V. KAYNAKÇA

- [1] T. Aksu ve G. Canturk, “Equality of Educational Opportunity: The Role of Using Technology in Education”, *Int. J. Acad. Res. Progress. Educ. Dev.*, c. 4, sayı 4, 2015, doi: 10.6007/ijarped/v4-i4/1933.
- [2] E. Engelbrecht, “Adapting to changing expectations: Post-graduate students’ experience of an e-learning tax program”, *Comput. Educ.*, c. 45, sayı 2, 2005, doi: 10.1016/j.compedu.2004.08.001.
- [3] M. M. S. de Oliveira, A. S. T. Penedo, ve V. S. Pereira, “Distance education: advantages and disadvantages of the point of view of education and society”, *Dialogia*, sayı 29, 2018, doi: 10.5585/dialogia.n29.7661.
- [4] Ş. Kır ve A. Bozkurt, “Analysis of Open and Distance Learning Narratives Within a Lifelong Learning Context”, *J. Qual. Res. Educ.*, c. 8, sayı 4, 2020, doi: 10.14689/issn.2148-2624.8c.4s.10m.
- [5] C. H. Wang ve H. C. Koong Lin, “Emotional design tutoring system based on multimodal affective computing techniques”, *Int. J. Distance Educ. Technol.*, c. 16, sayı 1, 2018, doi: 10.4018/IJDET.2018010106.
- [6] H. C. K. Lin, S. H. Su, C. J. Chao, C. Y. Hsieh, ve S. C. Tsai, “Construction of multi-mode affective learning system: Taking Affective Design as an Example”, *Educ. Technol. Soc.*, c. 19, sayı 2, 2016.
- [7] L. Li, L. Cheng, ve K. Qian, “An e-learning system model based on affective computing”, içinde *2008 international conference on cyberworlds*, IEEE, 2008, ss. 45–50.
- [8] M. Leontidis, C. Halatsis, ve M. Grigoriadou, “E-learning issues under an affective perspective”, içinde *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2008. doi: 10.1007/978-3-540-85033-5_4.
- [9] A. Iulamanova, D. Bogdanova, ve V. Kotelnikov, “Decision Support in the Automated Compilation of Individual Training Module Based on the Emotional State of Students”, *IFAC-PapersOnLine*, c. 54, sayı 13, 2021, doi: 10.1016/j.ifacol.2021.10.424.
- [10] C. H. Wang ve H. C. K. Lin, “Constructing an Affective Tutoring System for Designing Course Learning and Evaluation”, *J. Educ. Comput. Res.*, c. 55, sayı 8, 2018, doi: 10.1177/0735633117699955.
- [11] K. R. Scherer, “Psychological Models of Emotion”, içinde *The Neuropsychology of Emotion*, 2000.
- [12] P. Seligman, R. E. Beaty, J. A. Cheyne, D. Smilek, J. Oakman, ve D. L. Schacter, “How pervasive is mind wandering, really?”, *Conscious. Cogn.*, c. 66, 2018, doi: 10.1016/j.concog.2018.10.002.
- [13] A. D. Rowe, J. Fitness, ve L. N. Wood, “University student and lecturer perceptions of positive emotions in learning”, *Int. J. Qual. Stud. Educ.*, c. 28, sayı 1, 2015, doi: 10.1080/09518398.2013.847506.
- [14] J. Hernik ve E. Jaworska, “THE EFFECT OF ENJOYMENT ON LEARNING”, içinde *INTED2018 Proceedings*, 2018. doi: 10.21125/inted.2018.1087.
- [15] D. Matsumoto, D. Keltner, M. N. Shiota, M. O’Sullivan, ve M. Frank, “Facial expressions of emotion.”, 2008.
- [16] M. Kaitz, O. Meschulach-Sarfaty, J. Auerbach, ve A. Eidelman, “A Reexamination of Newborns’ Ability to Imitate Facial Expressions”, *Dev. Psychol.*, c. 24, sayı 1, 1988, doi: 10.1037/0012-1649.24.1.3.
- [17] R. W. Picard, *Affective Computing*. 2000. doi: 10.7551/mitpress/1140.001.0001.
- [18] D. Cernea ve A. Kerren, “A survey of technologies on the rise for emotion-enhanced interaction”, *J. Vis. Lang. Comput.*, c. 31,

- 2015, doi: 10.1016/j.jvlc.2015.10.001.
- [19] K. R. Scherer, "What are emotions? and how can they be measured?", *Social Science Information*, c. 44, sayı 4, 2005. doi: 10.1177/0539018405058216.
- [20] N. Millard ve L. Hole, "In the Moodie: Using 'affective widgets' to help contact centre advisors fight stress", *Affect Emot. Human-Computer Interact. From Theory to Appl.*, ss. 186–193, 2008.
- [21] P. J. Lang, "The mechanics of desensitization and the laboratory study of human fear", *Behav. Ther. Apprais. status. New York McGraw-Hill*, ss. 160–191, 1969.
- [22] A. Mehrabian, "A semantic space for nonverbal behavior.", *J. Consult. Clin. Psychol.*, c. 35, sayı 2, s. 248, 1970.
- [23] H. C. K. Lin, C. H. Wang, C. J. Chao, ve M. K. Chien, "Employing textual and facial emotion recognition to design an affective tutoring system", *Turkish Online J. Educ. Technol.*, c. 11, sayı 4, 2012.
- [24] S.-H. Su, H.-C. K. Lin, C.-H. Wang, ve Z.-C. Huang, "Multi-Modal Affective Computing Technology Design the Interaction between Computers and Human of Intelligent Tutoring Systems", *Int. J. Online Pedagog. Course Des.*, c. 6, sayı 1, 2016, doi: 10.4018/ijopcd.2016010102.
- [25] F. W. Tung, "Effects of emotional feedback on children, using different modalities", *Interact. Learn. Environ.*, c. 21, sayı 1, 2013, doi: 10.1080/10494820.2010.542758.
- [26] K. Bahreini, R. Nadolski, ve W. Westera, "Towards real-time speech emotion recognition for affective e-learning", *Educ. Inf. Technol.*, c. 21, sayı 5, 2016, doi: 10.1007/s10639-015-9388-2.
- [27] A. McStay, "Emotional AI and EdTech: serving the public good?", *Learn. Media Technol.*, c. 45, sayı 3, 2020, doi: 10.1080/17439884.2020.1686016.
- [28] C. H. Wu, Y. M. Huang, ve J. P. Hwang, "Review of affective computing in education/learning: Trends and challenges", *Br. J. Educ. Technol.*, c. 47, sayı 6, 2016, doi: 10.1111/bjet.12324.
- [29] C. Akbiyik, "Can affective computing lead to more effective use of ICT in education?", *Rev. Educ.*, c. 352, 2010.
- [30] F. J. Maldonado, "Serious games and the use of haptic devices for a multisensory experience", *Asesor. y tutorias para la Investig. científica en la Educ. Puig-Salabarría S.C.*, c. 10, sayı 2, 2018.
- [31] B. Williamson, "Moulding student emotions through computational psychology: affective learning technologies and algorithmic governance", *EMI. Educ. Media Int.*, c. 54, sayı 4, 2017, doi: 10.1080/09523987.2017.1407080.
- [32] H. C. K. Lin, N. S. Chen, R. T. Sun, ve I. H. Tsai, "Usability of affective interfaces for a digital arts tutoring system", *Behav. Inf. Technol.*, c. 33, sayı 2, 2014, doi: 10.1080/0144929X.2012.702356.
- [33] F. C. Murphy, I. Nimmo-Smith, ve A. D. Lawrence, "Functional neuroanatomy of emotions: A meta-analysis", *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.*, c. 3, sayı 3, 2003, doi: 10.3758/CABN.3.3.207.
- [34] R. Pekrun, "The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice", *Educ. Psychol. Rev.*, c. 18, ss. 315–341, 2006.
- [35] K. Boehner, R. DePaula, P. Dourish, ve P. Sengers, "How emotion is made and measured", *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, c. 65, sayı 4, ss. 275–291, 2007.
- [36] M. Ez-zaouia, A. Tabard, ve E. Lavoué, "EMODASH: A dashboard supporting retrospective awareness of emotions in online learning", *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, c. 139, 2020, doi: 10.1016/j.ijhcs.2020.102411.
- [37] J. W. Creswell ve M. Sözbilir, *Karma Yöntem Araştırmalarına Giriş*, 2017. doi: 10.14527/9786053184720.
- [38] H. Özmen ve O. Karamustafaoglu, "Eğitimde araştırma yöntemleri", *Ankara Pegem Akad.*, 2019.
- [39] R. B. Johnson ve A. J. Onwuegbuzie, "Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come", *Educ. Res.*, c. 33, sayı 7, 2004, doi: 10.3102/0013189X033007014.
- [40] P. Davies, "Contributions from qualitative research", içinde *What works?*, 2017. doi: 10.2307/j.ctt1t892t3.20.
- [41] Ş. Büyükoztürk, E. Kılıç Çakmak, Ö. Erkan Akgün, Ş. Karadeniz, ve F. Demirel, *Bilimsel araştırma yöntemleri*, 2017. doi: 10.14527/9789944919289.
- [42] K. F. Punch, *Developing Effective Research Proposals*, 2016.
- [43] J. H. McMillan ve S. Schumacher, "Research in Education: Evidence-Based Inquiry, MyEducationLab Series.", *Pearson*, 2010.
- [44] A. Yıldırım ve H. Simsek, "Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri", 2018.
- [45] P. Ekman, "Are there basic emotions?", 1992.
- [46] E. Cevahir, *SPSS ile nicel veri analizi rehberi*, Kibele, 2020.
- [47] K. Bahreini, R. Nadolski, ve W. Westera, "Towards multimodal emotion recognition in e-learning environments", *Interact. Learn. Environ.*, c. 24, sayı 3, 2016, doi: 10.1080/10494820.2014.908927.
- [48] D. Conflitti, R. Santoboni, C. Giovannella, ve A. Paoloni, "Challenging emotivity: the voice.", *IxD&A*, c. 5, ss. 107–110, 2009.
- [49] S. D'Mello ve R. A. Calvo, "Beyond the Basic Emotions: What Should Affective Computing Compute?", içinde *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2013. doi: 10.1145/2468356.2468751.
- [50] M. K. Kim ve T. Ketenci, "The role of expressed emotions in online discussions", *J. Res. Technol. Educ.*, c. 52, sayı 1, 2020, doi: 10.1080/15391523.2019.1697861.
- [51] H. C. K. Lin, C. H. Wu, ve Y. P. Hsueh, "The influence of using affective tutoring system in accounting remedial instruction on learning performance and usability", *Comput. Human Behav.*, c. 41, 2014, doi: 10.1016/j.chb.2014.09.052.
- [52] Z. L. Berge, "Changing instructor's roles in virtual worlds", *Q. Rev. Distance Educ.*, c. 9, sayı 4, 2008.
- [53] V. E. Varvel, "Master Online Teacher Competencies", *Online J. Distance Learn. Adm.*, c. 10, 2007.
- [54] M. J. Bober ve V. P. Dennen, "Intersubjectivity: Facilitating knowledge construction in online environments", *EMI. Educ. Media Int.*, c. 38, sayı 4, 2001, doi: 10.1080/09523980110105150.
- [55] L. Muilenburg ve Z. L. Berge, "Barriers to distance education: A factor-analytic study", *Int. J. Phytoremediation*, c. 21, sayı 1, 2001, doi: 10.1080/08923640109527081.
- [56] L. P. Bezuidenhout, "Creating a virtual classroom: Evaluating the use of online discussion forums to increase teaching and learning activities", içinde *Proceedings from EDULEARN09 Conference*, 2009.
- [57] Q. Cao, T. E. Griffin, ve X. Bai, "The importance of synchronous interaction for student satisfaction with course web sites", *J. Inf. Syst. Educ.*, c. 20, sayı 3, s. 331, 2009.
- [58] M. G. Moore, "Toward a Theory of Independent Learning and Teaching", *J. Higher Educ.*, c. 44, sayı 9, 1973, doi: 10.1080/00221546.1973.11776906.
- [59] M. B. Karsli ve S. Karaman, "Investigation of distance education students' experiences on content-integrated social interactions", *Educ. Inf. Technol.*, ss. 1–30, 2023.
- [60] S. W. Chou ve C. H. Liu, "Learning effectiveness in a Web-based virtual learning environment: A learner control perspective", *Journal of Computer Assisted Learning*, c. 21, sayı 1, 2005. doi: 10.1111/j.1365-2729.2005.00114.x.
- [61] Ş. Elçil ve D. S. Şahiner, "UZAKTAN EĞİTİMDE İLETİŞİMSEL ENGELLER", *Sos. ve Beşeri Bilim. Derg.*, c. 6, sayı 1, 2014.
- [62] S. Winter, S. Kuyath, R. Mickelson, ve C. Saydam, "The Effects of Instant Messaging on Distance Learning Outcomes", *Int. J. Business, Humanit. Technol.*, c. 3, ss. 13–26, Oca. 2013.
- [63] N. Bayındır, "Çevrimiçi öğrenme ortamlarında teknik ve mekânsal düzenleme", *Akad. Platf. Eğitim ve Değişim Derg.*, c. 5, sayı 1, ss. 21–39, 2022.
- [64] A. Uzelac, N. Gligoric, ve S. Krco, "A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things", *Comput. Human Behav.*, c. 53, 2015, doi: 10.1016/j.chb.2015.07.023.
- [65] J. M. Daisey, W. J. Angell, ve M. G. Apte, "Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: An analysis of existing information", *Indoor Air*, c. 13, sayı 1, 2003. doi: 10.1034/j.1600-0668.2003.00153.x.
- [66] G. I. Earthman, "School Facility Conditions and Student Academic Achievement", *UCLA's Inst. Democr. Educ. Access Univ.*, c. 2002, sayı October, 2002.
- [67] D. P. Wyon, "Studies of children under imposed noise and heat stress", *Ergonomics*, c. 13, sayı 5, 1970, doi: 10.1080/00140137008931185.
- [68] S. Veltri, J. H. Banning, ve T. G. Davies, "The Community College Classroom Environment: Student Perceptions", *Coll. Stud. J.*, c. 40, sayı 3, 2006.

VI. EKLER

A. Ek-1. YARI YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME SORULARI

Duygu ve Dikkatin Etkilendiği Unsurlar

İlgili derste mutlu, sinirli, şaşkın (gibi her bireyde önce çıkan duygu) duygunuzun yüksek | düşük çıkmasının nedeni nedir? İlgili duygunuz nelerden etkilenmektedir?

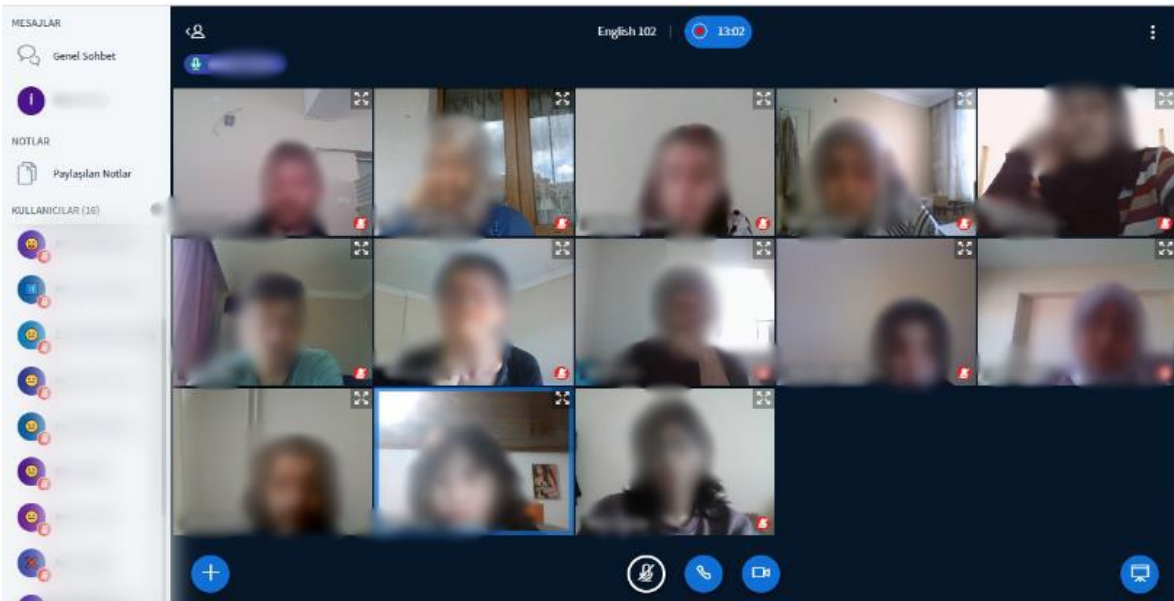
Canlı ders esnasında dikkatinizi ve duygu durumunuzu etkileyen (olumlu-olumsuz) unsurlar neler olmuştur?

- 1.1. Kişisel hayat ve problemleri açısından,
- 1.2. Canlı derslere bağlandığınız fiziksel ortam (sıcaklık, nem, ışık, ses, ortamda bulunan araç/gereç/farklı kişiler/teknolojik aygıtlar) açısından,
- 1.3. Dersin ve konunun yoğunluğu açısından,
- 1.4. Canlı ders için kullanılan platformun arayüzünün iyi ya da kötü olması açısından,
- 1.5. Öğretmenin tutum davranışları açısından,
- 1.6. Ders materyali/içeriği/konusu/süresi
 - 1.6.1. Derse yönelik duygularınız ve dikkatiniz ders konusu ve içeriğine bağlı olarak nasıl bir değişiklik göstermektedir?
 - 1.6.2. Derse yönelik duygularınız ve dikkatiniz derste kullanılan öğrenmeyi kolaylaştırıcı materyallere bağlı olarak nasıl bir değişiklik göstermektedir?
 - 1.6.3. Derse yönelik duygularınız ve dikkatiniz canlı derslerin süresine bağlı olarak nasıl bir değişiklik göstermektedir?
- 1.7. Akranlar ile sohbet, soru-cevap yapılması ve etkileşimin artması açısından,
- 1.8. Teknik aksaklıklar (sizden/öğretmenen/sistemden kaynaklı durumlar, bilgisayar, internet hızı vb. faktörler) açısından

Bu maddelerden hangilerinde duygularınız daha çok etkilenir hangilerinde dikkatiniz daha çok etkilenir?
Bu konuşulanlar haricinde canlı derslere yönelik duygularınızı ve dikkatinizi etkileyen farklı durumlar var mı?

B. Ek-2. CANLI DERS UYGULAMALARINDAN GÖRÜNTÜLER





D. Ek-3. Psikolojik danışmanların gözlem yolu ile ölçmüş olduğu duygu form örneği (Doldurulmuş form)

Öğrenci Ad Soyadı : *Alihan Akın* Değerlendiren : *Muhammed Ali KUSKAPAN*
Dikkay Düzeyi % : *98*

Dk.	Sn.	Mutlu	Korku	Nötr	Sinirli	Şaşırmiş	Yorgun	İğrenme	Üzgün	Diğer Duygular
0 Dk .	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						
	20 - 30 sn.			✓						
	30 - 40 sn.			✓						
	40 - 50 sn.			✓						
	50 - 60 sn.				✓					
1 Dk .	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						
	20 - 30 sn.					✓				
	30 - 40 sn.			✓						
	40 - 50 sn.			✓						
	50 - 60 sn.			✓						
2 Dk .	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						
	20 - 30 sn.			✓						
	30 - 40 sn.			✓						
	40 - 50 sn.			✓						
	50 - 60 sn.			✓						
3 Dk .	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						
	20 - 30 sn.			✓						
	30 - 40 sn.			✓						
	40 - 50 sn.			✓						
	50 - 60 sn.			✓						
4 Dk .	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						
	20 - 30 sn.			✓						
	30 - 40 sn.			✓						
	40 - 50 sn.			✓						
	50 - 60 sn.									✓
5 Dk .	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						
	20 - 30 sn.			✓						
	30 - 40 sn.			✓						
	40 - 50 sn.			✓						
	50 - 60 sn.								✓	
6 Dk .	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						
	20 - 30 sn.			✓						
	30 - 40 sn.			✓						
	40 - 50 sn.			✓						
	50 - 60 sn.			✓						
	0 -10 sn.			✓						
	10 - 20 sn.			✓						

E. Ek-4. Anket Web Sayfası görünümü







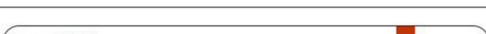

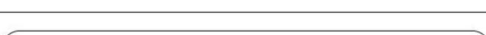


Aşağıdaki dikkat ve duygu tablolarında sol sütun'da bulunan veriler sizin ders boyunca kameranızdan toplanan verileri sunmaktadır. Her satırda bir verinin ders boyunca sıklığına bağlı olarak yüzdeleniş bulunmaktadır. Bu yüzdelenişlerin ne kadar doğru olduğuna bu verilere ne kadar katılıp katılmadığınızı sağ taraftaki sütunda bulunan anket ile fikirlerinizi bize iletebilirsiniz.

Veriler sizce ne kadar doğru?

Toplam Ölçüm Süresi= 0 dk 27 sn

Cinsiyet

Yaş

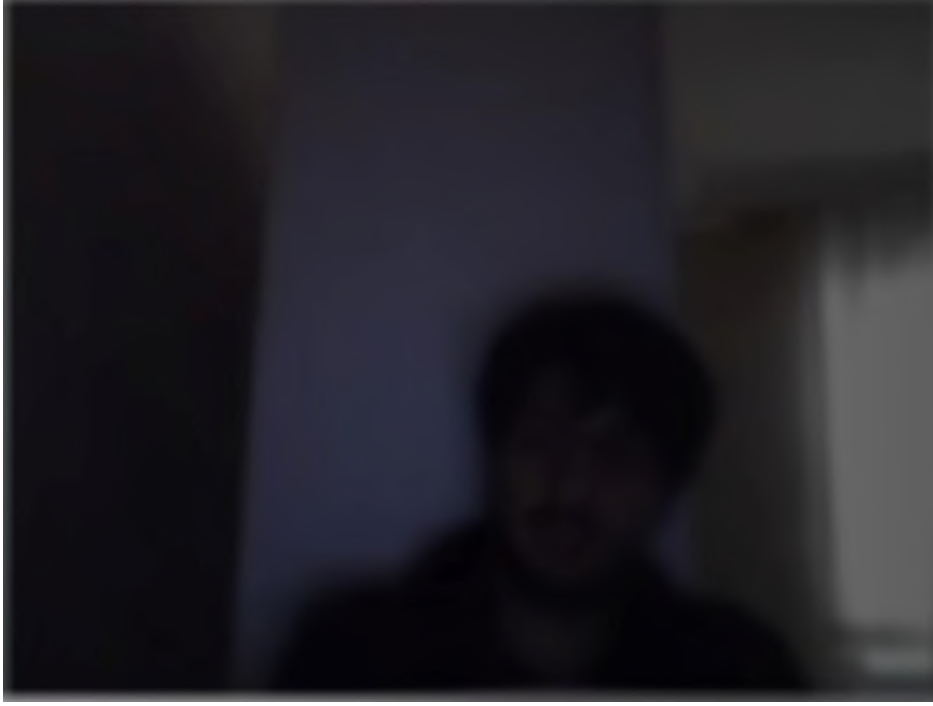
Dersteeki dikkat dağılımı	Anket
Dikkat Ortalaması: %71.000 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Dersteeki duygu dağılımı	Anket
Mutlu: %9.259 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Korku: %0.000 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Nötr: %59.722 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Sinirli: %0.000 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Şaşırmış: %12.037 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Yorgun: %3.704 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
İlgrenme: %0.000 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Üzgün: %0.000 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
Diğer Karmaşık Duygular: %15.278 	<input type="radio"/> Çok Az <input type="radio"/> Az <input type="radio"/> Kismen <input type="radio"/> Fazla <input type="radio"/> Çok fazla
	Gönder

F. Ek-5. Duygu Ölçümünü Engelleyen Bazı Durumlar

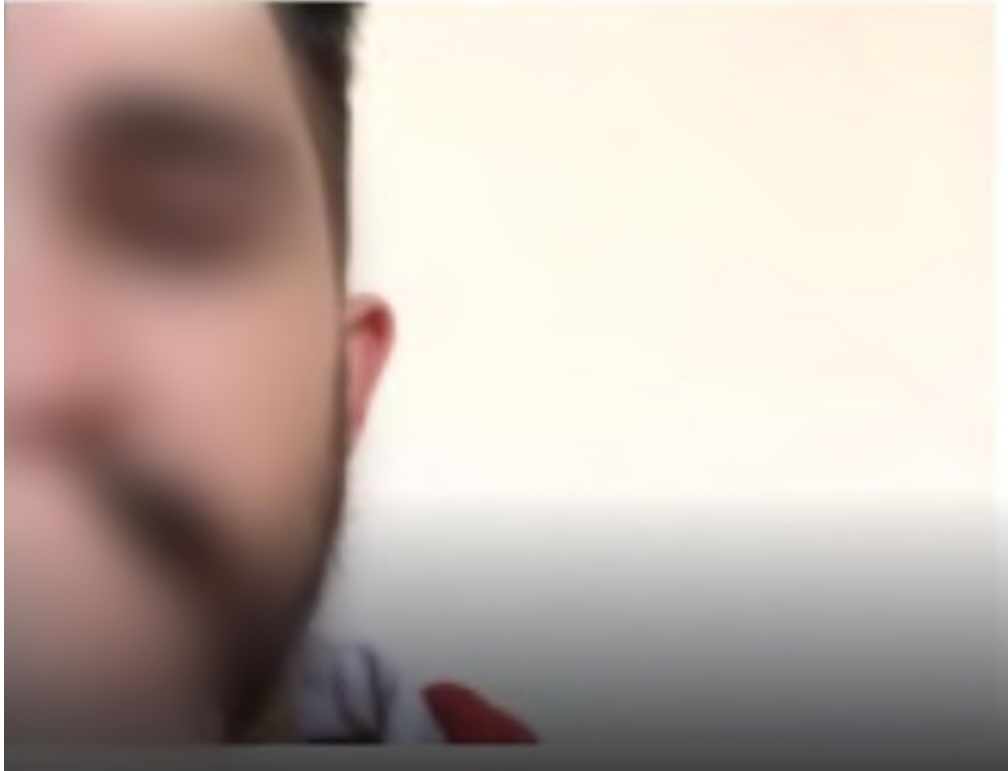
Öğrencilerin El ya da Kolları ile Yüzünü Kapatması



Öğrencilerin Karanlık Bir Ortamdan Canlı Derse Bağlanması



Öğrencilerin Kameraya Yüzünün Bir Kısmını Göstermesi



A Framework to Measure User Experience of Geoportals

Asmir Butkovic¹, Gavin McArdle², Michela Bertolotto³

School of Computer Science, University College Dublin, Dublin Ireland

¹asmir.butkovic1@ucd.ie, ²gavin.mcardle@ucd.ie, ³michela.bertolotto@ucd.ie

Abstract—Geoportals serve as intermediaries between users and geospatial resources, enabling the discovery and access of digital geospatial data, tools, services, and catalogues. Users are encouraged to actively gauge the geoportal's capacity to fulfil their individual requirements and expectations. This evaluation should stem from their experiences while performing specific tasks and engaging with the geoportal's functionalities. Therefore, assessing user experience (UX) is crucial during the geoportal development process. The ISO 9241-210 standard specifies that user experience consists of a sum of various factors, but does not provide a definitive list of factors or methods for measuring user experience.

This study proposes a new framework for measuring user experience by identifying and adapting factors from traditional metrics to the geospatial context, and introducing novel criteria for evaluating cartographic visualisation and analytical capabilities within geoportals. It provides straightforward and user-friendly guidelines for efficient geoportal user experience evaluations, enabling valuable feedback to enhance the geoportal and secure acceptance among the targeted user base. The framework is further refined by analysing 10 geoportals using the Honeycomb model by Peter Morville, resulting in the incorporation of best practices to enhance the evaluation process. The new framework takes into account the dynamic and complex interaction between the geoportal and its users through five (5) factors: usability, perspicuity, discovery, novelty, and exploratory.

Keywords—User experience evaluation, Geoportals, User experience framework, Honeycomb model

I. INTRODUCTION

Geoportals provide the technological infrastructure for storing, processing, analysing, and distributing geospatial data [1]. They inherit the key properties of a wide range of software information systems and are traditionally represented by a set of qualitative and functional requirements, primarily for interfaces, through which they interact with the outside world [2].

A geoportal can be defined as a type of web portal that is used to find and access geographic information and associated geographic services via the Internet such as satellite imagery, aerial photographs, topographic data, and other geospatial datasets [3], [4]. Geoportals are designed to facilitate the exploration, sharing, and utilisation of spatial data by both professionals and the general public.

However, the functionality of discovering and accessing geospatial data presents a significant challenge as the continuous increase in available geospatial data leads users to seek better analytical insight and the adaptation of spatial content to the user's context to respond to specific needs [5], [6]. Website evaluation is broadly defined as the act of determining a correct and comprehensive set of user requirements, ensuring that a website provides useful content that meets user expectations and setting usability goals [7]. The current practice of planning the design and development of a geospatial platform, in most cases, is more oriented towards technical development driven by functional

capabilities, rather than a planning approach focused on users and their needs [8]. In this regard, it is important to evaluate whether a geoportal provides an adequate user experience to all intended groups of users [9]. User experience is defined in the ISO 9241-11:2018 standard as "A person's perceptions and responses that result from the use and/or anticipated use of a product, system, or service" [10]. User interface design is the process of creating all the visual aspects of a geoportal, while user experience design involves all aspects of the end-user social interaction with the geoportal, direct and indirect, including the user's behaviour, thoughts, feelings and perceptions. Therefore, measuring the user experience is important because it can provide additional ideas to users' perception of the particular attributes of the geoportal.

There are many user experience (UX) frameworks for measuring user experience and evaluating user satisfaction with different platforms, but most are a set of criteria for evaluating general websites [11]. Geoportals exhibit unique characteristics, including a distinctive focus and functionalities, that set them apart from other portals. Therefore, it is necessary to use a set of specific and appropriate metrics and develop queries to measure each metric to evaluate user experience, ensuring a user-centered design of these platforms.

In this paper, we propose a new framework for evaluating geoportals that allows an assessment of user experience. The goal of the construction process described below was to develop a framework based on a set of measurable and clearly defined factors that, in the process of evaluating the geoportal, provides insight into how well it meets end-user goals, what users should expect from the system, and provides concrete guidelines for giving constructive feedback on how the geoportal platform can be improved.

The structure of this paper is as follows. This introduction is followed by Section II that provides background knowledge and related work. In Section III, we describe the evaluation methodology. Section IV presents the evaluation results of measuring user experience satisfaction factors of selected geoportals based on the Honeycomb model of Peter Morville. Finally, Section V concludes the paper with a summary of the findings.

II. RELATED WORK

User experience design is the process of increasing a user's level of satisfaction while interacting with a product by improving its functionality, ease of use and convenience [12]. Geospatial platforms provide spatial data, oriented specialized services such as storing, management, processing, visualization and utilization of geospatial data, and other digital resources. Today, organisations establish their own web portals or online based platforms, so-called geoportals, offering means and environments for searching and accessing geospatial data and related geographic information services via the Internet.

Since geoportals provide solutions and solve problems of specific thematic areas, to measure their user experience, it is necessary to use a set of specific and appropriate criteria and get feedback from a representative and large enough group of users [13], [14]. User experience evaluation includes user experience metrics to evaluate the interaction between the user and the product [15]. However, organisations face significant challenges in measuring the user experience [16], in order to reveal the strengths and weaknesses of the application in a simple and immediate way, allowing users to express feelings, impressions and attitudes that arise when experiencing the application [14]. For example, Zarour and Alharbi identified various user experience dimensions and aspects that need to be considered when evaluating user experience [17]. These aspects are related to either the user themselves, the system that is providing the service or the context of use between them. They identified the term Pragmatic Quality, which refers to the performance of the task itself, such as usability; while the term Hedonic refers to the expression of self and user's personal values such as emotions. They found that the aspects that influence UX can be categorised into one of the following types: User's needs aspects, Brand aspects, Technology aspects, and Context aspects [17].

One way to get useful feedback from end-users is to use user experience questionnaires to measure the subjective attitude of users towards the test application. The User Experience Questionnaire (UEQ) [18], originally designed in German, is a widely used questionnaire for measuring user experience divided into six attributes. An initial set of more than 200 potential items related to user experience was reduced to 26 items arranged into six attributes to be measured, namely: attractiveness, perspicuity, efficiency, dependability, stimulation, and novelty [19]. It is widely used to evaluate the user experience of products and services in many domains, such as mobile applications [20], video games [21], health-related systems [22], digital public administration platforms [23], and e-learning platforms [24].

There are many user experience (UX) frameworks and each has different approaches and goals in measuring UX, but most of them produce a general indication of the experience as a result and do not seek to capture the problem that gave rise to the bad UX [25]. In addition, there is a gap between researchers or their approach to UX evaluation frameworks and practitioners who need to integrate it into the software engineering process of interactive online products [26]. Therefore, many studies analyze the influencing factors that need to be measured and provide an overview of the evaluation criteria and implementation barriers that should be considered during the life cycle phases of a product [27], [28]. Another frequently used evaluation method is the so-called Heuristic evaluation, which involves the use of a few evaluators who compare the goal of testing in relation to certain principles known as "heuristics" [29]. In these usability heuristics, first described by Nielsen and Molich [30], evaluators use a checklist of criteria to find flaws overlooked by design teams [31]. Quiñones and Rusu state in their work [32] that Heuristic evaluation is useful for evaluating UX and detecting potential problems, but that each application domain may have unique and specific features, therefore they recommend the use of specific heuristics including elements that evaluate both UX factors and their specific features.

Although the primary role of a geoportal is related to the visualisation and distribution of data, the evaluation of the

user experience of a geoportal is increasingly focused on providing feedback to improve more sophisticated spatial analytical capabilities. For example, Quiñones et al. [9] created a set of 10 heuristics for evaluating the UX of geoportals using as a template the set of specific heuristics for geo-websites proposed by Komarkova et al. [33] and the methodology proposed by Quiñones et al. [34]. These are Environment and user interface; Support in different browsers; Error preventions; Error handling; Flexibility, design, and aesthetics; Ease of use; User privacy; Manuals and documentation; User control and freedom; and List of available services [9].

Despite the large number of studies that evaluate the user experience of geoportals, most of them refer to the evaluation of a specific academic, regional, or national geoportals [35], [36], [37], [38]. Also, due to the dominant focus on functionality during geoportal development, current geoportal user interfaces still suffer from a lack of usability regardless of whether they are used by expert or non-expert users [39].

III. USER EXPERIENCE EVALUATION

The evaluation of user experience is a process of quantifying user experience involving a specific set of tools and methods. It should decompose the user experience, that is, determine user perceptions that cannot be directly measured into measurable evaluation indicators before, during and after using the product or service [40].

Geoportals are expected to provide basic functionalities such as data access, search, visualisation, graphical functionality and download capability as well as additional functionalities such as dynamic visualisation, user feedback, analytical capability and enhancement of search functionality [41], [42]. A challenge for both UX design and evaluation activities is that the complex and dynamic nature of the user experience of geoportals, due primarily to the need for a highly interactive user interface and dynamic visual representation of spatial information, makes it difficult to identify the cause of a negative user experience [17].

To design the new geoportal evaluation framework, we started from the criteria identified in existing frameworks, primarily the User Experience Questionnaire (UEQ) framework and the heuristic evaluation framework in order to collect all UX dimensions and related factors where there is a clear definition of their meaning to create our theoretical foundation [12], [8], [17], [40], [27], [32]. Then we review selected recent literature across disciplines and identify factors and propose their definition for evaluating user experience in the geospatial domain. In the next stage, we formally specify the framework by determining the factors that should be included in the framework with a description of each factor that helps to better understand it. Finally, the approach for refinement and improvement was to select 10 geoportals to analyse and measure user experience satisfaction factors based on the Honeycomb model of Peter Morville to identify best practices that were later incorporated into the framework.

In order to transparently evaluate these factors in the process of identifying the relevant set of factors and defining their descriptions, we link them with the functionality of the geoportal.

A. Honeycomb evaluation of geoportals

In this paper, we evaluated the 10 top-ranked geoportals measured by the website traffic monitoring service SimilarWeb (www.similarweb.com) that provide standard geoportal functionalities in the Earth Sciences category. Similarweb produces ranked lists of websites using metrics such as the number of visitors, the length of visits, the bounce rate, and traffic-share.

Some of the web systems were not included in the study, either because they do not fit the definition of a geoportal (e.g., [National Geographic Society](#)) or due to accessibility problems, as the language used in the user interface is not English (e.g., [National Institute of Geophysics and Volcanology](#)). Here we provide a comparison between these geoportals following the 7 principles named as the Honeycomb model, created by Peter Morville [42]. In the user experience honeycomb model, the factors that influence User Experience are Usefulness, Usability, Desirability, Findability, Accessibility, Value, and Credibility. According to the model, Useful refers to ensuring that a service or system is useful and has innovative solutions that can meet users' wants or needs [43]. Usable means the ability to be easy to use and perform appropriately [40], [44]. Desirable focuses on emotional engagement by enabling users to understand the system and takes advantage of the design emotionally [42]. Findable pays attention to the clarity of navigation and strives to influence the creation of navigation systems and locatable objects so that users can find what they need [42]. Accessibility means the availability of the system and the ability to access information for users with disabilities and various capabilities [42]. The dimension of Valuable means that the system must deliver value to the organization and its users by advancing the organization's mission. Finally, Credible refers to the user's ability to trust the system, such as the system's ethical feasibility, durability, security, and accuracy [42], [45].

The level of satisfaction with a dimension is defined as the author's personal response about their feelings and opinions during interaction with the geoportal [38], and is standardized on a 5-point scale (excellent, very good, good, fair, poor) and the satisfaction ratings of the 4 attributes are shown in Table I. The authors of this paper were themselves evaluators in the study, all familiar with the theory and practice of user experience design and topics related to human-computer interaction and use of geoportals. They had to walk through a scenario that contained typical tasks of geospatial data processing and analysis. Given the top ranking of these 10 geoportals on the Similarweb platform, factors credible and valuable were not measured because it is assumed that they are satisfactory, i.e. that users want these geoportals (that they are valuable) and that they do what they promise (which means that they are credible). When it comes to measuring accessibility in the user experience, accessibility is defined as providing an experience for people with disabilities or different abilities [42]. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 cover a wide range of recommendations for making Web content more accessible [46]. When measuring the accessibility factor, only two geoportals in the sample, [the United States Geological Survey](#) and [the Geoportal of the Grand Duchy of Luxembourg](#), had an "Accessibility Statement". Therefore, the measurement scores for the accessibility factor were not entered in Table I.

TABLE I. EVALUATING USER EXPERIENCE FACTORS

Geoportal ^a	Measures ^b			
	Usable	Useful	Desirable	Findable
The United States Geological Survey	5	5	4	3
VolcanoDiscovery	3	4	3	3
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	4	4	3	3
Copernicus	5	5	4	4
Hellenic Centre for Marine	4	4	4	2
The geoportal of the Grand-Duchy of Luxembourg	5	5	4	5
Mindat.org	4	4	3	3
INSPIRE Geoportal	4	4	4	4
Sentinel Hub	5	5	4	5
University Corporation for Atmospheric Research	3	3	4	3

^a Identification and selection of websites (English language) took place on February 9nd 2023 (9.00 a.m. CET).

^b Sample Poor = 1 | Fair = 2 | Good = 3 | Very Good = 4 | Excellent = 5.

1) Measuring Usability in The User Experience

Usability concerns ease of use and defines the extent to which target users can use the geoportal to achieve specific goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a given context [42]. The analysis showed that the geoportals: the United States Geological Survey, Copernicus, the Grand-Duchy of Luxembourg, and the Sentinel Hub are intuitive and easy to use without having to learn how to use them. On the other hand, the portals, the INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, the Hellenic Center for Marine, the Mindat.org and the INSPIRE Geoportal should be made more understandable and minimize the learning curve for users. The VolcanoDiscovery portal has a problem with memorability and efficiency because it seems that repeat visitors cannot easily remember how to use the geoportal and it is difficult and time-consuming to achieve their goals on it. With the University Corporation for Atmospheric Research portal, in certain parts of the system, users may feel lost when interacting with it.

2) Measuring Usefulness in The User Experience

Perceived usefulness is the degree to which the geoportal fulfills the wishes or needs of users and defines innovative solutions that are more useful [42]. For this sample, the geoportals: the United States Geological Survey, the Copernicus, the Hellenic Center for Marine, the Grand-Duchy of Luxembourg, and the Sentinel Hub meet the real needs of users and offer innovative solutions for data access, analysis and visualization, as well as the possibility of leaving feedback and displaying a social media feed. However, the INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais and the Hellenic Centre for Marine portals should better identify user needs and address them. Although the VolcanoDiscovery and the Mindat.org portals offer consistent and systematised content, they lack innovative solutions to support decision-making.

The University Corporation for Atmospheric Research portal has the lowest score for this factor, which, in addition to the lack of innovative solutions, lacks proper identification of user needs. While a geoportal may excel in terms of usability, offering a user-friendly interface and smooth navigation, its ultimate utility is defined by its capacity to effectively tackle real-world problems and meet the authentic needs of its users. In essence, usability alone cannot ensure the practical usefulness of a geoportal; it must align with users' genuine requirements and challenges to truly deliver value and effectiveness.

3) *Measuring Desirability in The User Experience*

Desirable means that the visual aesthetics of the geoportal has a positive effect on the emotions of the users and satisfies them [42]. In general, all 10 geoportals from this study can be said to have a cleverly crafted user experience design that meets standard functional requirements and emotional aspects, for most of them, there is room for improvement in aesthetics and visual appeal. In addition, the VolcanoDiscovery portal is burdened by an extremely cluttered layout, while the INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais portal and the Mindat.org portal reveal a poor visual sense of the given thematic design.

4) *Measuring Findability in The User Experience*

Findability refers to the ease with which users can use the geoportal navigation and locate the content or feature that they believe to be available [42]. For example, during the evaluation, the evaluators aimed to find various types of geographic information, such as maps, data sets, and specific tools, to assess how easily and efficiently they could access these resources within the geoportals. Although next to usability it is one of the aspects of the highest value, it received the lowest score for the given sample. When it comes to the Grand-Duchy of Luxembourg and the Sentinel Hub portals, navigation is smooth and intuitively structured and there is a high visibility of geographic information. The user can easily discern the way to get to cartographic data, i.e. there is a direct link from the home page to the cartographic area. However, the navigation of the Hellenic Center for Marine portal is poor as is the search function, and there are also no design elements to help guide users or emphasise the more popular choices. On the United States Geological Survey and VolcanoDiscovery portals, the options in their drop-down menu are fairly extensive, unfamiliar, and complex. The INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, the Mindat.org, and the University Corporation for Atmospheric Research portals, should establish better groups of content and put them in the right order. Finally, although the Copernicus and the INSPIRE geoportals have smooth navigation, and it is easy to browse content, there is sometimes a mismatch between where items are located and where users look.

B. *A new UX evaluation framework*

The relative inadequacy of existing frameworks to capture complexities in geoportal functionalities and services and provide useful feedback to improve geoportals is also confirmed for the honeycomb model in this geoportal evaluation study. Morville's framework for measuring user experience cannot fully consider the significance of spatial

navigation, map interactions, and tools for exploring and analysing spatial relationships within the user experience evaluation. It also does not sufficiently address the unique aspects of data visualisation, interaction with maps, and spatial analysis capabilities that are crucial in the user experience of geoportals. This supports our previous theoretical conclusions regarding the need for a new framework for measuring user experience and assessing user satisfaction in this area. As the foundation for this framework, we propose and formalise five key factors of UX: usability, perspicuity, discovery, novelty, and exploratory, to measure the user experience within the dynamic and complex interaction between the geoportal and its users. Two factors that were not sufficiently visible in the existing frameworks for measuring user experience and which were introduced in this work are: Discovery and Exploratory. The Discovery factor is focused on measuring the extent to which the geoportal helps the user to formulate geo-analytical questions. Furthermore, the Exploratory factor through its definition seeks to enable the user to provide clear feedback on the geoportal's capacity for extracting insights and valuable information. The importance of these factors for the user experience of a geoportal can vary depending on the specific context and user requirements; however, in a general sense, their prioritisation typically follows this order of importance as shown in Table II.

TABLE II. A NEW UX EVALUATION FRAMEWORK

Factor	Description
Usability	<p>Does the geoportal ensure users' access to data is simple and fast, offers feedback on task progress, implements measures to prevent errors, incorporates an effective search engine, enables control of data layers, provides clear navigation elements, facilitates effective geospatial data discovery, and ensures satisfactory utilisation of geospatial services?</p> <p>A strong emphasis on usability in a geoportal's UI design helps ensure that users can easily navigate, explore, and utilise the available maps, data, and tools.</p>
Perspicuity	<p>Does the user interface of the geoportal demonstrate intuitive, predictable, consistent, and systematic design principles, ensuring ease of understanding, while avoiding irrelevant interactivity and inconsistencies in feedback?</p> <p>It refers to how well the UI presents information and functionality to users, allowing them to quickly and easily navigate the platform, access desired features, and understand the available options. A geoportal with high perspicuity will have a clear and intuitive UI design that minimises confusion and cognitive load for users.</p>
Discovery	<p>Does the geoportal's user interface enable users to browse, search, and retrieve spatial data, utilise interactive maps, employ effective filtering options, facilitate general data discovery, categorise data and metadata, and capture comprehensive information about the entire record collection?</p> <p>By focusing on the discovery aspect in the UI design, a geoportal can provide users with effective tools and features to explore and find maps, data, and resources they need for their specific purposes.</p>
Novelty	<p>Does the geoportal's design integrate interactive and personalized elements, employ thematic interactive cartographic visualisations, support layer combination, utilize visually creative and appealing design elements, implement unconventional navigation patterns, enable advanced functionalities like multiple search methods, and facilitate the</p>

Factor	Description
	<p>viewing of historical trends and real-time patterns over time?</p> <p>It refers to the use of innovative and unique design elements or features that set the UI apart from others and provide a fresh, engaging, and memorable user experience.</p>
Exploratory	<p>Does the geoportal include interactive maps, visual analytic tools, spatial navigation capabilities, visual summaries of information, support serendipitous discovery, offer context and reference layers, dashboards, and point-and-click data exploration, allowing users to discover insights from the start and identify areas or patterns for further exploration?</p> <p>An exploratory UI design empowers users to actively engage with the geoportal, discover hidden patterns, and gain deeper insights from the geospatial data available.</p>

The two factors, Perspicuity, which is a pragmatic quality aspect (goal-oriented) and Novelty, a hedonic quality aspect (non-goal-oriented), were taken from the UEQ [19], a well-known UX questionnaire. Perspicuity, originally defined in the form of a question: "Is it easy to get familiar with the product? Is it easy to learn how to use the product?" [19] we define as more directly visible and more easily measured "Is the geoportal's user interface intuitive, predictable, consistent and systematic, easy to understand, and does it avoid irrelevant interactivity and inconsistencies in feedback?". By measuring the Novelty factor as defined in Table II, we strive to improve the synergy between users and the development team, motivating users to demand the application of new solutions and technologies, and on the other hand, developers to search for solutions that will offer them this. Understanding and measuring usability as defined in Table II is important to assess how well a geoportal meets users' needs and to find out whether users can achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use.

The overall satisfaction level is measured on a 5-grade scale ranging from 1 representing the lowest, and 5 the highest. The scale is coded as (1) = Sample Poor; (2) = Fair; (3) = Good (4) = Very Good ; (5) = Excellent.

The framework provides clear guidelines for quickly and easily conducting geoportal user experience evaluation.

The proposed user experience measurement framework aims to generate clear guidelines, facilitating both the evaluation and design of geoportals. These guidelines can provide valuable feedback to enhance the geoportal and gain acceptance among the targeted users.

IV. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The role and importance of geospatial technology for understanding spatial and temporal aspects is undeniably growing in a wide range of disciplines such as environmental management [47], transport planning [48], management of agriculture and forestry[49], infrastructure management [50] and many other fields. However, discovering and accessing geospatial data still presents a significant challenge both due to the growth of the volume of data and due to the excessive focus on the technology of geoportal development in relation to the needs of the users themselves. This results in the development of platforms that deliver content and functionality to end-users that are not fully in accordance with their needs, preferences and priorities. For this reason,

we have proposed a framework for measuring geoportal user experience beyond traditional usability goals that allow the detection of potential UX problems and thus improve the user experience of geoportals.

The framework uses the experience of traditional metrics to measure user experience with descriptions adapted to the geospatial context and in addition introduces novel factors that allow identifying and measuring the cartographic visualisation and analytical capabilities of geoportals.

The findings of this work are expected to contribute to the understanding and evaluating user satisfaction of critical geoportal functionalities and services by providing useful feedback to designers and developers needed to improve geoportals. This work provides a baseline for our future research on establishing user interface principles and guidelines that should be considered when designing geoportal user interfaces. The focus should be on user interface elements, the design, and development process, and an explicit understanding of user needs to build a geoportal that provides a desirable user experience.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express their sincere gratitude to the CAMEO (Creating an Architecture for Manipulating Earth Observation Data) project team for their support during our research. They also acknowledge the Department of Enterprise Trade and Employment's (DETE) Disruptive Technology Innovation Fund (DTIF) for its substantial financial backing of the CAMEO project.

REFERENCES

- [1] S. Yamashkin, A. Yamashkin, M. Radovanović, M. Petrović, and E. Yamashkina, 'Geoportal Systems as an Access Point to Spatial Data Infrastructure', in *Software Engineering Application in Systems Design: Proceedings of 6th Computational Methods in Systems and Software 2022, Volume 1*, Springer, 2023, pp. 598–612.
- [2] S. A. Yamashkin, M. M. Radovanović, A. A. Yamashkin, A. N. Barmin, V. V. Zanozin, and M. D. Petrović, 'Problems of designing geoportal interfaces', *Geoj. Tour. Geosites*, vol. 24, no. 1, pp. 88–101, 2019.
- [3] S. Hennig, 'Assessment of NUTS and LAU open spatial data—illustrated by the example of the Balkan Green Belt', *J. Environ. Prot. Ecol.*, vol. 18, no. 3, pp. 993–1004, 2017.
- [4] L. Bećirspahić and A. Karabegović, 'Web portals for visualizing and searching spatial data', presented at the 2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), IEEE, 2015, pp. 305–311.
- [5] Y. Jiang *et al.*, 'A smart web-based geospatial data discovery system with oceanographic data as an example', *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 7, no. 2, p. 62, 2018.
- [6] A. Karabegović and M. Ponjavic, 'Geoportal as decision support system with spatial data warehouse', presented at the 2012 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), IEEE, 2012, pp. 915–918.
- [7] R. Law, 'Evaluation of hotel websites: Progress and future developments (invited paper for "luminaries" special issue of International Journal of Hospitality Management)', *Int. J. Hosp. Manag.*, vol. 76, pp. 2–9, 2019.
- [8] B. Resch and B. Zimmer, 'User experience design in professional map-based geo-portals', *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 2, no. 4, pp. 1015–1037, 2013.
- [9] D. Quiñones, A. Barraza, and L. Rojas, 'User Experience Heuristics for Geoportals', *Usability User Exp.*, vol. 39, p. 44, 2022.
- [10] International Organization for Standardization, 'ISO 9241-11: 2018—Ergonomics of Human-System Interaction—Part 11: Usability: Definitions and Concepts', *ISO Stand. Cat.*, 2018.

- [11] H. M. Selim, 'Content evaluation criteria for general websites: Analysis and comparison', *Int. J. Online Mark. IJOM*, vol. 2, no. 3, pp. 21–38, 2012.
- [12] J. G. Jesse, 'The elements of user experience: User-centered design for the web and beyond', 2011.
- [13] G. O. Reddy *et al.*, 'Geospatial technologies in development of soil information system and prototype geoportal', in *Sustainable Management of Land Resources*, Apple Academic Press, 2017, pp. 411–442.
- [14] M. Schrepp, A. Hinderks, and J. Thomaschewski, 'Design and evaluation of a short version of the user experience questionnaire (UEQ-S)', *Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell.* 4 6 103-108, 2017.
- [15] M. Juric, F. Pehar, and N. P. Pavlović, 'Translation, Psychometric Evaluation, and Validation of the Croatian Version of the User Experience Questionnaire (UEQ)', *Int. J. Human-Computer Interact.*, pp. 1–14, 2022.
- [16] J. Sauro, 'The challenges and opportunities of measuring the user experience', *J. Usability Stud.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [17] M. Zarour and M. Alharbi, 'User Experience Aspects and Dimensions: Systematic'.
- [18] B. Laugwitz, M. Schrepp, and T. Held, 'Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten.', presented at the Mensch & Computer, 2006, pp. 125–134.
- [19] B. Laugwitz, T. Held, and M. Schrepp, 'Construction and evaluation of a user experience questionnaire', presented at the HCI and Usability for Education and Work: 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Graz, Austria, November 20-21, 2008. Proceedings 4, Springer, 2008, pp. 63–76.
- [20] N. Setiyawati and D. H. Bangkalang, 'The Comparison of Evaluation on User Experience and Usability of Mobile Banking Applications Using User Experience Questionnaire and System Usability Scale', presented at the Proceedings, MDPI, 2022, p. 87.
- [21] N. Mohd Razali, A. Harun, and R. Abdul Rahim, 'Virtual skin: assessing player experience of attractiveness with the User Experience Questionnaire (UEQ)', *Int. J. Art Des. IJAD*, vol. 5, no. 2, pp. 33–44, 2021.
- [22] D. Zhu, D. Wang, R. Huang, Y. Jing, L. Qiao, and W. Liu, 'User interface (UI) design and user experience questionnaire (UEQ) evaluation of a to-do list mobile application to support day-to-day life of older adults', presented at the Healthcare, MDPI, 2022, p. 2068.
- [23] W. Hasim, S. Wibirama, and H. A. Nugroho, 'Redesign of E-participation using user-centered design approach for improving user experience', presented at the 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), IEEE, 2019, pp. 857–861.
- [24] A. N. Fajar, 'E-learning implementation using user experience questionnaire', presented at the Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2019, p. 012015.
- [25] R. K. Paredes and A. A. Hernandez, 'Measuring the quality of user experience on web services: A case of university in the Philippines', presented at the 2017IEEE 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), IEEE, 2017, pp. 1–6.
- [26] L. Marques *et al.*, 'Understanding UX better: A new technique to go beyond emotion assessment', *Sensors*, vol. 21, no. 21, p. 7183, 2021.
- [27] R. Nouri, S. R. Niakan Kalhori, M. Ghazisaeedi, G. Marchand, and M. Yasini, 'Criteria for assessing the quality of mHealth apps: a systematic review', *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, vol. 25, no. 8, pp. 1089–1098, 2018.
- [28] T. Kowatsch, L. Otto, S. Harperink, A. Cotti, and H. Schlieter, 'A design and evaluation framework for digital health interventions', *IT-Inf. Technol.*, vol. 61, no. 5–6, pp. 253–263, 2019.
- [29] M. Hub, O. Visek, and P. Sedlák, 'Heuristic evaluation of Geoweb: case study', presented at the Proceedings of the 5th European conference on European computing conference, 2011, pp. 142–146.
- [30] J. Nielsen and R. Molich, 'Heuristic evaluation of user interfaces', presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 1990, pp. 249–256.
- [31] V. Kenny, M. Nathal, and S. Saldana, 'Heuristic algorithms-optimization (2023)'.
- [32] D. Quiñones and C. Rusu, 'Applying a methodology to develop user eXperience heuristics', *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 66, p. 103345, 2019.
- [33] J. Komarkova, O. Visek, and M. Novak, 'Heuristic evaluation of usability of GeoWeb sites', presented at the Web and Wireless Geographical Information Systems: 7th International Symposium, W2GIS 2007, Cardiff, UK, November 28-29, 2007. Proceedings 7, Springer, 2007, pp. 264–278.
- [34] D. Quiñones, C. Rusu, and V. Rusu, 'A methodology to develop usability/user experience heuristics', *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 59, pp. 109–129, 2018.
- [35] J. Komarkova, P. Sedlak, S. Struska, and A. Dymakova, 'Usability Evaluation the Prague Geoportal: Comparison of Methods', presented at the 2019 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT), IEEE, 2019, pp. 223–228.
- [36] S. Schindler, M. Paradies, A. Twele, and G. R. S. D. Center, 'Here is my query, where are my results? A search log analysis of the EOWEB® Geoportal', presented at the 2019 Conference on Big Data from Space: Turning Data into Insights, (BiDS'19), Munich, Germany, 2019, pp. 1–4.
- [37] F. Pedrera *et al.*, 'MELOA catalogue, geoportal and data services: a modern approach for a marine in-situ measurements spatial data infrastructure and data services', presented at the 9th MARTECH: International Workshop on Marine Technology: 16-18 June 2021, 2021, pp. 154–155.
- [38] P. Landeta, J. Vázquez, P. Granda, F. Lucano, and I. García-Santillán, 'Evaluation of Usability in Raster Data Management Module Integrated to a Geoportal', *Rev. Ibérica Sist. E Tecnol. Informação*, no. E19, pp. 14–27, 2019.
- [39] C. Gkonos, I. Iosifescu Enescu, and L. Hurni, 'Spinning the wheel of design: evaluating geoportal Graphical User Interface adaptations in terms of human-centred design', *Int. J. Cartogr.*, vol. 5, no. 1, pp. 23–43, 2019.
- [40] T. Wen, C. Fan, T. Tao, and W. Gao, 'The Application of Big Data Analysis to Assist the Design of Children's Food Packaging Experience Model', presented at the 2022 3rd International Conference on Big Data and Social Sciences (ICBDSS 2022), Atlantis Press, 2022, pp. 534–544.
- [41] J. Nielsen, 'Usability 101: Introduction to usability', 2012.
- [42] P. Morville, 'User experience design', *Semantic Studio*, vol. 21, 2004.
- [43] M. Barifah, M. Landoni, and A. Eddakrouri, 'Evaluating the user experience in a digital library', *Proc. Assoc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 57, no. 1, p. e280, 2020.
- [44] S.-H. Yoon, G.-Y. Park, and H.-W. Kim, 'Unraveling the relationship between the dimensions of user experience and user satisfaction: a smart speaker case', *Technol. Soc.*, vol. 71, p. 102067, 2022.
- [45] A. A. Syahidi and H. Tolle, 'Evaluation of User Experience in Translator Applications (Banjar-Indonesian and Indonesian-Banjar) Based on Mobile Augmented Reality Technology using the UX Honeycomb Method', *J. Games Game Art Gamification*, vol. 6, no. 1, pp. 7–13, 2021.
- [46] World Wide Web Consortium, 'Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.1: W3C recommendation 05 June 2018', 2018.
- [47] A. Zwirowicz-Rutkowska and A. Michalik, 'The use of spatial data infrastructure in environmental management: an example from the spatial planning practice in Poland', *Environ. Manage.*, vol. 58, pp. 619–635, 2016.
- [48] C. Nunes Silva, *Trends and Innovations in Urban E-planning*. IGI Global, 2022.
- [49] S. T. Arab *et al.*, 'A review of remote sensing applications in agriculture and forestry to establish big data analytics', *Remote Sens. Appl. Reg. Perspect. Agric. For.*, pp. 1–24, 2022.
- [50] A. Dawidowicz, M. Nowak, and M. Gross, 'Land administration system and geoportal service for the need of a fit-for-purpose national urban greenery management system (UGMS). The concept for the EU member state of Poland', *Acta Sci. Pol. Adm. Locorum*, vol. 21, no. 1, pp. 53–81, 2022.

A Feature Engineering Approach Based on the Data Gathered from a VR Environment Using Haptic Interface to Increase the Applicability of ML Methods

Gokcen Tonbul
Strategy and Technology Research
Center
Baskent University
Ankara, Türkiye
gokcentonbul@gmail.com

Damla Topalli
Department of Computer Engineering
Atilim University
Ankara, Türkiye
damla.topalli@gmail.com

Nergiz Ereil Cagiltay
Department of Software Engineering
Cankaya University
Ankara, Türkiye
necagiltay@gmail.com

Abstract—Haptic technology has been used as a tool in many different research areas to analyze human behavior depending on the characteristics of hand movement during interaction with machines. The dataset collection contains hand movement data as well as performance-based measurements like task duration. Firstly, the computer simulation-based surgical training environment's data collection was analyzed. Then, a data preprocessing phase is conducted to architect the datasets. Such processed datasets can be used as a guide to make the necessary changes to the environmental design. This practice can standardize a framework for how a data science pipeline can be built on top of a specific virtual reality environment. Moreover, feature engineering methodology is presented with the help of the created data structure. Hand movement-based analysis is extended to reach a reproducible framework. In this study, proper sets of tools have been employed to build a deep understanding of the raw data. The data analysis effort has been built up to explore the analysis options and feature extraction methods, how they are related to VR environments, and how they are applied using haptic-like technologies. The hand movement data gathered from VR experimental designs using haptic devices is limited to one variable, the time. Moreover, the performance data is used to increase the observations as well as to turn the time series dataset into cross-sectional data. The results show that it is possible to create a measurable human-computer interaction (HCI) framework using feature engineering practices. Finally, we discuss the effects and usability of crafted data by means of HCI and the applicability of ML methods. In the future, the experimental datasets can be adapted for different approximations. In addition, the pre-analysis can be adapted to the software development lifecycle to improve the quality of the datasets and even adapt the analysis tool to the game environment to reach a more robust HCI framework.

Keywords—Human Computer Interaction, Virtual Reality, Feature Engineering, Machine Learning

I. INTRODUCTION

Nowadays, HCI studies focus interaction between humans and advancing technological output. This is based on advancing product interfaces that pushes the limit of the definitions of that interaction from simple web pages to large language models. It is related with many different research areas or applications such as behavioural analysis, ecommerce or virtual reality (VR) as an revolutionary discipline [1]. The software development activities are not the

direct subject of the HCI studies. However, it has deep connections with all of these activities as a powerful external quality assurance tool [2]. It is possible to observe how much a product is easy to use by applying some measurements [3]. These observations depends on the data that provides valuable insights. For instance, some typical metrics are number of clicks, success rate and task completion time as objective assessment approximations [4]. The time to complete a specific task during the interaction with the product reveals some properties about cognitive load which is an important asset in HCI [5].

The VR concept is rather related to changing the reality to a computer-based simulated one [6]. Therefore, there is a possibility to create artificial environments that provides realistic experience which creates new perspectives for HCI domain. Moreover, the replication of real world processes brings the evaluation capability of a VR environment to the table. However, this also introduces new problems such as a need for a force feedback. Haptic devices are used as a medium to provide this capability that creates a realistic touching experience during the interaction with VR environments. For example, the surgical assessment studies introduces haptic devices to increase the objective evaluation capabilities [6].

In this study, the data gathered from an educational 3D VR environment with an haptic interface is used. To make this realistic experience a measurable property in HCI domain, the aim is to introduce a framework that contains feature engineering effort to build a extract, transform and load (ETL) pipeline process in micro scale. Finally, the output of this process is discussed by means of future applicability.

II. EXPERIMENTAL SETUPS

A. VR Environment

This study focuses on the experimental designs containing four different scenarios developed using the Unity3D game development environment and C# and a computer setup with two haptic devices. The goal of these scenarios was to measure the participant's hand motion as well as their performance.

B. Scenarios

There are four basic scenarios had been designed to measure the surgical capability as mentioned. First two experiments concern adaptation which makes participants to gain a depth-perception and general control ability. The others contain a simulated anatomical model which is more realistic experimental approximation.

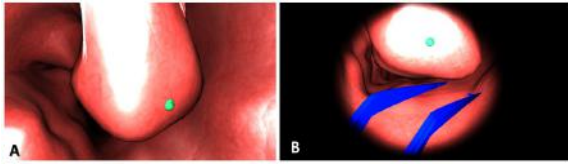


Fig. 1. Clearing the Nose Scenario (Scenario-3)

A sample layout of scenario 3 can be seen in Figure 1. This scenario is built with a simulated anatomical nose model. The participant advances in a nose model to remove harmful substances as green dots. The camera is used like a tool at the same time as a fixed light that provides a clear view during operation inside the 3D nose model in the one-handed experiment. The participant collects random green dots to clean the nose using a haptic device with one hand. The same simulation is applied with two haptic devices in the double-handed experiment.

C. Participants

21 doctors and 7 interns had been participated in this study from the neurosurgery or otolaryngology departments.

III. DATA COLLECTION

The data has been collected frame by frame during each experiment. Two different text files in JSON format were automatically saved in a specified folder. Each scenario prepared as a single-handed and double-handed versions as it is stated. In double handed version, participant plays the same scenarios with two haptic devices. In these experiments dominant hand controls the 3D endoscopic tool, while non-dominant hand uses camera and light source while it depends on the Handedness condition in single-handed versions. The data recording had been started as soon as scenario starts and finishes when the scenario completed in a predefined time period. The 8 different one-handed experimental setups have performance and hand data set files in a total 16 text files, while four double-handed experiments have 8 text file data sets. Each participant experimental procedure has a folder and contains 24 different text files.

A. Hand Movement Data

The recorded time value has no fixed time intervals. Instead, it is recorded frame by frame depending on change in the scene during a task in a 3D environment. This recorded value is called *DataTime* per frame. It shows the starting time of the current frame in seconds in a scenario.

B. Performance Data

The performance data is recorded for each task during experimental game play.

- Time: Task completion time
- Distance: Path length

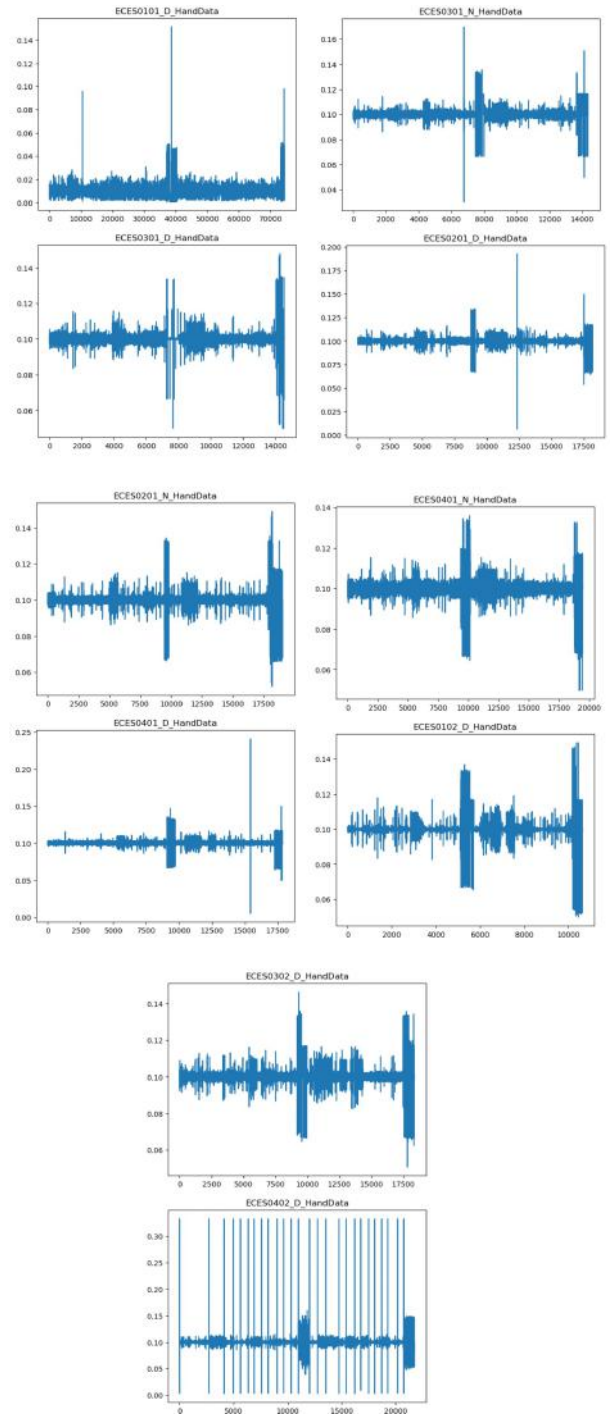


Fig. 2. "TimeElapsed" Feature (X) per Data Point (Y) for All Participants per Scenario Design

C. Data Alignment

Each data point means a task in a performance dataset. Eight experiments have ten tasks for each scenario design (80) except the 4th scenario that includes 15 tasks. Therefore, the experiments ECES0401 and ECES0402 have 15 datapoints per participant (30 total tasks). The "time" values are available in all performance datasets. It shows that how much time it takes to complete a specific task.

The “distance” feature shows the path length that a user hands go through with the endoscopic tool for each task. In the experimental performance datasets, these features are available with exact the same meaning. Whence, each file will be used create a unified dataset. The complete dataset will be used as a base to extract new features for the hand movement data.

Hand movement dataset have datapoints saved frame by frame. It means that a C# script is fired with a change in hand movement and saves the related information. For instance, DataTime feature shows the elapsed time from the beginning of the experiment to the related datapoint.

D. Data Analysis- Time Elapsed Feature

The TimeElapsed feature that keeps the frame length in seconds is added to the data frame for demonstration purposes. The Figure 2 show elapsed time for each data point for all participants per experiment. It is important to notice that long sticks shows that participant’ concentrated on a task that is hard and takes time if it is not a problematic record. It was anticipated that the difficulty of scenario is low in ECES0101 and high in ECES0402. The results clearly support this opinion.

In data preparation phase, it may be possible to clean the outliers to improve the model quality. However, to decide on the outlier is hard with hand movements. It is observed that sometimes participant tries hard to reach a target in a limited time frame. Also, they may lose the feeling of depth perception while moving through the virtual model. Therefore, the spikes in graph are evaluated as a normal procedural side effects and any data cleaning for outlier data is not conducted.

IV. FEATURE ENGINEERING

The data set now contains a distance approximation for each data point and the elapsed time. An approximate velocity value was derived using this information and added to the feature set. The approximation of velocity is expected to provide better insights. The data set has provided some ideas about how to handle feature engineering process. A participant is expected to have some distinct individual hand movement characteristics. Another expectation would be that all participants should derive hand movement patterns for each task. For example, a trained surgical actor is expected to exhibit more steady hand movements in case of a critical task. Moreover, this trained hand movements are expected to be stable between tasks throughout the scenario play. These expectations can be used to state such hypothesis, and produce many metric sets. Therefore, the participant based and task-based rolling windows analysis are employed to create data frames that exhibits such defined characteristics of hand movements using a specific rolling window function.

A. Participant-based Rolling Window with Velocity-based Features (PV)

A The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- PartWStd: Calculation of standard deviation of Velocity value from the beginning of the related participant's data record. The window length is the length of the participant's data record.

- PartWMean: Calculation of mean of Velocity value from the beginning of the related participant's data record. The window length is the length of the participant's data record.
- PartWVar: Calculation of variance of Velocity value from the beginning of the related participant's data record. The window length is the length of the participant's data record.
- logs_div: Calculation of the division of the current time elapsed value with the previous datapoint. The window length is 2.
- logs_subt: Calculation of the subtraction of the previous datapoint from the current time elapsed value. The window length is 2.

Calculations start over whenever a new participant’s data record is started in the unified datasets.

B. Participant-based Rolling Window with Time-based Features (PT)

The aim of this process is to create a new data frame depending on elapsed time data. The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- PartDurWsum: Calculation of sum of TimeElapsed value from the beginning of the related participant's data record. The window length is the length of the participant's data record.
- PartDurWstd: Calculation of standard deviation of TimeElapsed value from the beginning of the related participant's data record. The window length is the length of the participant's data record.
- PartDurWmean: Calculation of mean of TimeElapsed value from the beginning of the related participant's data record. The window length is the length of the participant's data record.
- PartDurWvar: Calculation of variance of TimeElapsed value from the beginning of the related participant's data record. The window length is the length of the participant's data record.
- logs_div & logs_subt: Calculation is same with the previous section.

All additional features are reset whenever a new participant’s data record is started.

C. One Second Rolling Window with Velocity-based Features (1SV)

The aim of this process is to create a new specific data frame with a different window. The window is now a one second time frame. The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- SecWstd: Calculation of standard deviation of Velocity value from the beginning of the related data record up to the one second. The window the length is one second.
- SecWmean: Calculation of mean of Velocity value from the beginning of the related data record up to the one second. The window the length is one second.

- SecWvar: Calculation of variance of Velocity value the beginning of the related data records up to the one second. The window the length is one second.

All additional features are reset whenever a new one second long of data record has completed.

D. One Second Rolling Window with Time-based Features (1ST)

The aim of this process is to create a new specific data frame depending on elapsed time with a one second rolling window. The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- TimeDursum: Calculation of summation of TimeElapsed value from the beginning of the related data record up to the one second. The window length is one second.
- TimeDurstd: Calculation of standard deviation of TimeElapsed value from the beginning of the related data record up to the one second. The window the length is one second.
- TimeDurmean: Calculation of mean of TimeElapsed value from the beginning of the related data record up to the one second. The window the length is one second.
- TimeDurvar: Calculation of variance of TimeElapsed value from the beginning of the related data record up to the one second. The window the length is one second.

E. Task-based Rolling Window with Velocity-based Features (TV)

The aim of this process is to create a new specific data frame similar to section "Participant-based Rolling Window with Velocity-based Features". This time the window is each task. The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- TaskWStd: Calculation of standard deviation of Velocity value from the beginning of a task to the end of that task. The window length is the length of the related task.
- TaskWMean: Calculation of mean of Velocity value from the beginning of a task to the end of that task. The window length is the length of the related task.
- TaskWVar: Calculation of variance of Velocity value from the beginning of a task to the end of that task. The window length is the length of the related task.
- logs_div: Calculation of the division of the current time elapsed value with the previous datapoint. The window length is the length of the related task.
- logs_subt: Calculation of the subtraction of the previous datapoint from the current time elapsed value. The window length is the length of the related task.

All additional feature calculations start from scratch whenever a new TaskID is started.

F. Task-based Rolling Window with Time-based Features (TT)

The aim of this process is to create a new specific data frame depending on elapsed time data. The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- TaskDurWsum: Calculation of sum of TimeElapsed value from the beginning of a task to the end of that task. The window length is the length of the related task.
- TaskDurWstd: Calculation of standard deviation of TimeElapsed value from the beginning of a task to the end of that task. The window length is the length of the related task.
- TaskDurWmean: Calculation of mean of TimeElapsed value from the beginning of a task to the end of that task. The window length is the length of the related task.
- TaskDurWvar: Calculation of variance of TimeElapsed value from the beginning of a task to the end of that task. The window length is the length of the related task.
- logs_div & logs_subt: Calculation is same with the previous section

G. Two Second Rolling Window with Velocity-based Features (2SV)

The aim of this process is to create a new specific data frame depending on a different window. The window is now a two second time period. The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- SecTaskWStd: Calculation of standard deviation of Velocity value from the beginning of the related data record up to the two second. The window the length is two second.
- SecTaskWMean: Calculation of mean of Velocity value from the beginning of the related data record up to the two second. The window the length is two second.
- SecTaskWVar: Calculation of variance of Velocity value from the beginning of the related data record up to the two second. The window the length is two second.

All additional features calculations starts over again whenever a new two second time frame has completed.

H. Two Second Rolling Window with Time-based Features (2ST)

The aim of this process is to create a new specific pandas data frame depending on elapsed time with a two second rolling window. The extracted additional features and their explanations can be seen as below:

- SecTaskWSum: Calculation of the variance of the "TimeElapsed" value from the beginning of the related data record up to the two-second length of time The window length is two seconds.
- SecTaskWstd: Calculation of the variance of the "TimeElapsed" value from the beginning of the related data record up to the two-second length of time The window length is two seconds.

- SecTaskWmean: Calculation of the variance of the "TimeElapsed" value from the beginning of the related data record up to the two-second length of time The window length is two seconds.
- SecTaskWvar: Calculation of the variance of the "TimeElapsed" value from the beginning of the related data record up to the two-second length of time The window length is two seconds.

V. DISCUSSION

To summarize the calculated values, it has to be realized that the rolling windows methods create a periodic observation using data. For instance, a participant with a 1000 datapoint exist in the dataset. The methodology starts with the datapoint 2. Standard deviation of two datapoints is recorded in the related cell. It goes all the way to the 1000 datapoint. In each datapoint the standard deviation calculation between 0 and current datapoint is recorded to the related cell in case of PartWStd. The process is repeated with mean and the variance calculations. The features PartWStd, PartWMean, PartWVar are used in PV data frame. In case of PT data frame, the same calculations are applied with the Time Elapsed value instead of Velocity.

The rolling windows size is fixed to 2 in length in case the features log_div and the log_subt. These features depend on two simple methods that takes two input and returns the calculation as below:

- log_div: $\text{Old TimeElapsed Value} / \text{Current TimeElapsed Value}$
- log_subt: $\text{Old TimeElapsed Value} - \text{Current TimeElapsed Value}$

Another feature set depends on the task based rolling windows. Each TaskID is filtered and used as a rolling window. The methodology starts with the datapoint 2 and goes all the way to the end of the task. For the features, TaskWStd and TaskWMean and TaskWVar, each datapoint between 0 and current datapoint's statistical observation is calculated and recorded to the related cell. These features are used in TV data frame. The features of TT data frame are named as TaskDurWSum, TaskDurWStd, TaskDurWmean and the TaskDurWvar. These features use the same rolling window approximation. This time the calculations are conducted using the Time Elapsed value instead of Velocity. In addition, log_div and log_subt features are calculated same as above formulas for each task observation.

The time-based rolling windows uses a fixed time period, 1 second as a length of window. In 1SV data frame, SecWStd, SecWmean and SecWvar features are calculated using Velocity feature for each time dependent periodic windows. In 1ST, the Time Elapsed value is used instead of Velocity value. The 2SV and 2ST data frames contain same features that is calculated based on 2 second long of window for rolling statistics.

VI. CONCLUSION

In this paper, a data-oriented perspective has been summarized. It is expected that the proposed framework can be used for further analysis to evaluate the interaction between VR environment and a user using an haptic interface as a medium. The temporal structure of the hand movement dataset has been transformed and It is also

possible to apply a supervised ML method to reveal further insights. In addition, the proposed framework can easily be applied in any VR based approximation with or without haptic device to conduct measurable HCI approximations.

ACKNOWLEDGMENT

This study was conducted to investigate the output of educational materials developed for the endo-neurosurgery education project (ECE: Tubitak 1001, Project No: 112K287). We want to thank the ECE project team and the Hacettepe University Medical School for their valuable support throughout the research.

REFERENCES

- [1] A. Jaimes and N. Sebe, "Multimodal human-computer interaction: A survey," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 108, no. 1, pp. 116–134, Oct. 2007, doi: 10.1016/j.cviu.2006.10.019.
- [2] H. Hedberg, N. Iivari, M. Rajanen, and L. Harjumaa, "Assuring quality and usability in open source software development," in *First International Workshop on Emerging Trends in FLOSS Research and Development (FLOSS'07: ICSE Workshops 2007)*, May 2007, pp. 2–2. doi: 10.1109/FLOSS.2007.2.
- [3] K. Hornbæk and E. L.-C. Law, "Meta-analysis of correlations among usability measures," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, in CHI '07. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Nisan 2007, pp. 617–626. doi: 10.1145/1240624.1240722.
- [4] A. N. Tuch, S. P. Roth, K. Hornbæk, K. Opwis, and J. A. Bargas-Avila, "Is beautiful really usable? Toward understanding the relation between usability, aesthetics, and affect in HCI," *Computers in Human Behavior*, vol. 28, no. 5, pp. 1596–1607, Sep. 2012, doi: 10.1016/j.chb.2012.03.024.
- [5] L. Longo, "Experienced mental workload, perception of usability, their interaction and impact on task performance," *PLOS ONE*, vol. 13, no. 8, p. e0199661, Ağu 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0199661.
- [6] G. Tonbul, D. Topalli, and N. E. Cagiltay, "A systematic review on classification and assessment of surgical skill levels for simulation-based training programs," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 177, p. 105121, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2023.105121.

Modeling of the system for diagnosing asymmetry of the electromyographic signals using the correlation analysis method in the LabVIEW environment

Kamala Oghuz

1-Computer Technologies,2- Process Automation Engineering
1-Azerbaijan Technical University, 2-Baku Higher Oil School
Baku, Azerbaijan
kamala.pashayeva@bhos.edu.az

Abstract— The paper presents the modeling of the system for diagnosing the asymmetry of the human limb muscles by means of electromyographic signals. The correlation analysis method was chosen for asymmetry assessment. The evaluation, which is first performed using mathematical methods, is then modeled in the Lab View environment. The elements used to create the system are explained in the model. A reporting section containing diagnostic results has been added to the system.

Keywords—*Electromyography, asymmetry, correlation, signals, Excel.*

I. INTRODUCTION

An Electromyographic (EMG) signal is a biomedical signal that measures electrical currents generated in muscles during neuromuscular activity. The nervous system always controls muscle activity (contraction/relaxation). Thus, the EMG signal is a complex signal controlled by the nervous system and dependent on the anatomical and physiological characteristics of the muscles [1].

Asymmetry is quite common and if you look closely at your body, you will also find some differences between the left and right sides of the body. Almost all people have different arm lengths, eye sockets, shoulder and ear heights, hips, etc. There is usually, you don't notice it because people rarely hold a straight position.

Asymmetry can be found:

- in a certain sport in which one side of the body is more involved than the other (for example, tennis, golf);
- when the athlete repeatedly performs the same type of movements - this is the so-called biomechanical cause of repeated movements in one direction or long-term postures;
- neuromuscular imbalance due to individual muscle groups tending to be strong or weak;
- in people with muscles of different lengths.

Asymmetry can be observed in all areas of the human body: face, chest, back, limbs, etc. Note that failure to detect asymmetry in time can result in serious complications or life-long trauma.

II. MATERIAL AND METHODS

A. Acquisition of electromyographic signals and selection of muscles

Various electromyographs are used in clinics to assess muscle asymmetry. ME6000-EMG 12-channel device is used for experiments, and then measurement results are reflected in the protocol - Fig. 1.

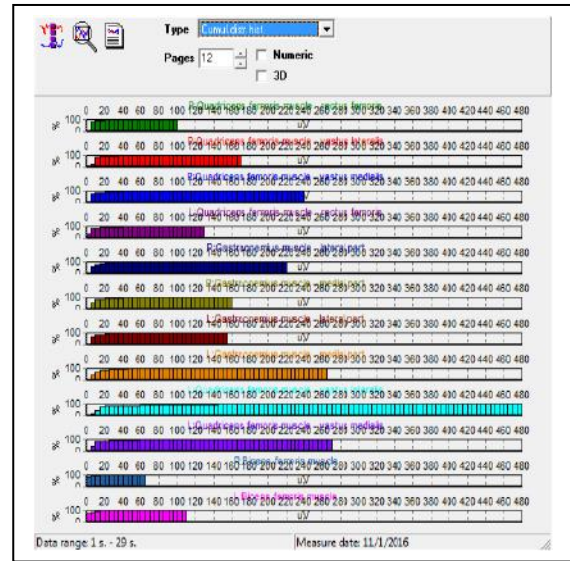


Fig. 1. Measurement results from the ME6000-EMG device

Six muscles from the lower limbs of the patient diagnosed with asymmetry were selected for the study. The measurement results were taken from the right and left parts, respectively, using 12 electrodes (Table 1).

TABLE I. MUSCLES SELECTED FOR THE EXPERIMENT

##	Muscles	Symbols
1	Biceps femoris muscle	a-bfm
2	Gastrocnemius muscle – lateral part	a-gm-lp
3	Quadriceps femoris muscle – rectus femoris	a-qfm-rf
4	Quadriceps femoris muscle – vastus lateralis	a-qfm-vl
5	Quadriceps femoris muscle – vastus medialis	a-qfm-vm
6	Gastrocnemius muscle – medial part	a-gm-mp

B. Method

It is possible to find the application of various mathematical, statistical, and complex methods to the processing of EMG signals in numerous literature sources [2, 3, 4, 5]. It should be noted that despite the widespread use of complex mathematical processing methods in recent decades in terms of the accuracy of calculations and the increase of confidence in diagnostic results, the development of processing devices based on the application of such methods is weak in terms of the complexity of the processing algorithm and constructive implementation. In this regard, the application of classical processing methods does not lose its relevance.

Correlation functions characterize stable statistical properties of EMG. Some of these features have a functional or phenomenological value in the interpretation of EMG, but some of them open new interesting avenues in the neurophysiological analysis of the neuromotor apparatus.

In [6], the authors used a correlation analysis method for limb motion recognition. The received measurement results are compared with the EMG placed in the base, and the classification of signals is carried out. The mutual correlation method was applied in [7] for the analysis of the process of updating the movement unit of the neuromuscular system. In [8], the correlational dependence between Parkinson's disease and the frequency of tremors was considered.

Currently, in order to determine asymmetry in clinical conditions, it is performed based on the maximum value by measuring the power of EMG signals. That is, the value of the maximum amplitude of the measured signals is considered an indicator of asymmetry. However, it does not allow us to determine the degree of asymmetry of the muscles that make up the studied circumference and to determine which of the different muscles with the same maximum amplitude value is subject to a higher degree of asymmetry. What is mentioned is important information for prescribing treatment and making a diagnosis. From this point of view, the aim of the research is to select a mathematical and statistical method and conduct a comparative analysis, which allows us to solve the mentioned deficiencies in the determination of asymmetry.

For this purpose, a correlation analysis method is proposed. Thus, the values of the mutual correlation parameters of two different EMGs are more significant in EMG [9].

The maximum value of the mutual correlation function (correlation coefficient) characterizes the relationship of processes over time, and their classification degree.

Interference EMG is the summation of a large number of potentials located in the separation region. However, it is impossible to separate the action potential of individual movement units. Dispersion with respect to time associated with the passage of charges through motoneurons is not so great. Therefore, the statistical determination of the phase relationship of two interference EMGs allows to reveal the relationship of the action potentials of two groups of motor units over time (if these two EMGs reflect the charges of different HV). Based on this, cross-correlation analysis has opened up great opportunities in the study of the synchronization of motoneuron loads.

In the cross-correlation analysis of EMG, the integral of the derivatives of two different functions is found. The cross-correlation function will be zero for arbitrary τ if they are not exactly independent and the phase relationships are random. If the processes are related and the phases of the two curves often overlap at any τ , then the cross-correlation function will be positive at the considered value of τ .

So that the value of the cross-correlation function does not depend on the change of the EMG or the amplification of the electromyograph, it is normalized, that is, it is expressed as parts of the averaged power of both processes [9]:

$$R_{norm}(\tau) = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T f_1(t) f_2(t+\tau) dt}{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f_1^2(t) dt} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f_2^2(t) dt}} \quad (1)$$

As a result of normalization, the value of the correlation is in the form of a ratio (it shows the share of synchronous electrical events in the total electrical activity).

It is not appropriate to use the correlation analysis method to measure the duration of the waves, as this quantity can be obtained by a simple instrument or visually.

The maximum of the intercorrelation function is not only at the value $\tau=0$, but also at the shift.

This shift indicates that there is a connection between the two EMGs. But one of them lags behind the other. The averaged value of this delay is characterized by the value of the shift, that is, based on its direction, it is possible to judge which EMG is delayed. A small shift can be attributed to a difference in the path of excitation from one electrode to another. Therefore, shifts greater than 3-4 ms are considered significant.

If we imagine the human body divided into two parts from the center, it is not difficult to see that most organs are symmetrical and consist of right and left parts: limbs (hands, feet), cerebral hemispheres, lungs, kidneys, etc. Even organs that appear to be single in the general system are themselves composed of two symmetrically divided parts, for example, the heart (right and left atrium, right and left ventricle), etc.

Some pathological changes, working conditions, habits, and some types of sports form asymmetry that can cause serious complications in my body. This makes the part that spends more power pathological after a certain period.

Computer modeling of calculations was carried out in the Excel software package. The results of the calculated correlation coefficient are shown in Table 2.

TABLE II. THE RESULTS OF THE CALCULATED CORRELATION COEFFICIENT

##	Symbols	Correlation coefficient
1	a-bfm	0.769
2	a-gm-lp	0.878
3	a-qfm-rf	0.952
4	a-qfm-vl	0.553
5	a-qfm-vm	0.995
6	a-gm-mp	0.774

The histogram of the results by muscles is shown in fig.2

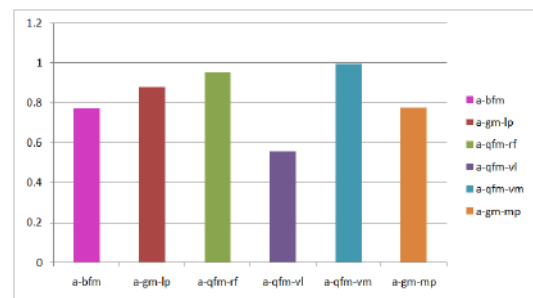


Fig. 2. Histograms of values of correlation coefficients depending on muscles

As can be seen from the table, the obtained results (correlation coefficients) are the value of the correlation dependence of the mutual muscle pair, not one limb (right or left). This result does not show the difference of one limb muscle from another, but the relationship of mutual muscle pair in time. On the other hand, such an approach allows determining how weak or strong the degree of classification in muscles is and thus which muscle mass is more prone to asymmetry.

III. SUB-VIRTUAL SYSTEM (SUB VI) FOR ENTERING MEASUREMENT RESULTS

The sub-virtual system (subVI) has 12 inputs, the values of the corresponding signals are transferred to the system by converting them into a .csv file format in the Excel program (each signal has 57974 values taken from the measurement made in one minute).

The block diagram of the sub-virtual system for entering measurement results is given in fig.

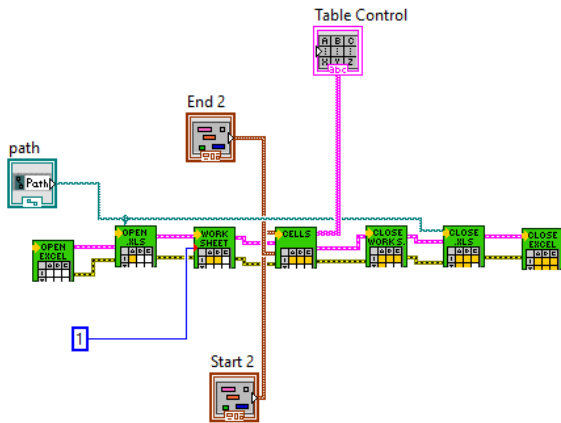


Fig. 3. Block diagram of the sub-virtual system for inputting measurement results

Sub VI (Fig.3) is built from the following elements:

- Path - the path of the .csv file;
- Open Excel – opens Excel;
- Open .xls – opens the selected file;
- Open Sheet – opens the table;
- Cells – selects cells;
- Close works – closes open works (windows);
- Close .xls – closes the file;
- Close Excel - closes the program;
- Start2 – closing cell;
- End2 – last cell;
- Table Control – data table.

IV. SUB VI FOR ASSESSING THE LEVEL OF ASYMMETRY IN MUSCLES USING THE CORRELATION ANALYSIS METHOD

The block diagram of the subsystem is shown in fig.4.

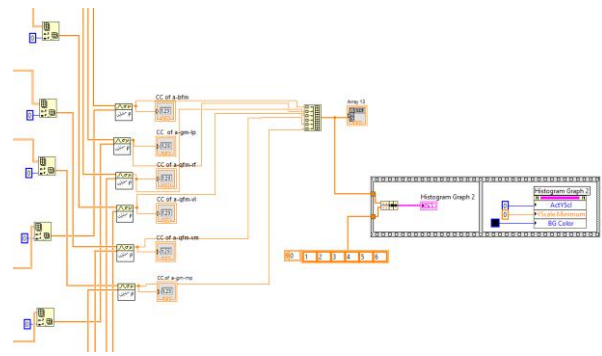


Fig. 4. Block diagram of the asymmetry determination subsystem with correlation coefficient calculation.

The considered system is composed of the following elements:

- Index Array – input data preparation for processing;
- Correlation Coefficient.vi – correlation coefficient calculation;
- Numbers – visualization of results;
- Build Array – collection of results for graphic representation;
- Flat Sequence Structure – designing a graphic image;
- Bundle – collection of historical elements;
- XY Graph – histogram representation of the results;
- Property Node – selection of graphical representation elements.

The results of this subsection are in the form of a histogram, which helps the doctor visually determine which muscle groups have asymmetry (Fig.5).

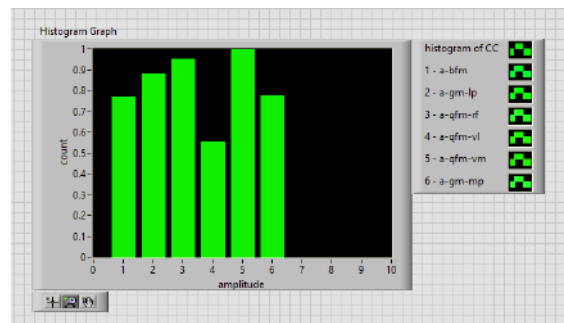


Fig. 5. Front panel diagram of the asymmetry determination subsystem with correlation coefficient calculation

V. A SYSTEM FOR OBTAINING DIAGNOSTIC RESULTS BASED ON THE SYSTEMATIC ANALYSIS OF ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS

After the subsystems for the calculation of asymmetry are established, they are combined into a common Asymmetry Diagnostic System (ADS), enabling a systematic analysis.

The system consists of the following information sections:

- Patient information;
- Doctor's information;

- Research method;
- Research results;
- Post-research operations.

The study methods section stores a list of possible studies, after which the system connects to the appropriate subroutine and performs the appropriate calculation (Fig.6)

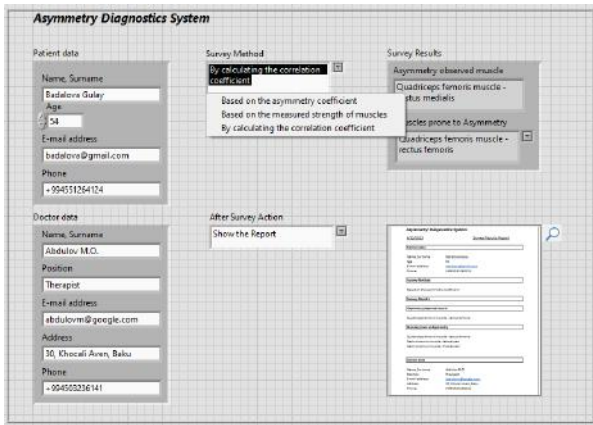


Fig. 6. Front panel of ADS and selection of "Survey method" section.

The section "Survey results" consists of subsections "Muscle with observed asymmetry" and "Muscles prone to asymmetry".

The subsection "Muscles prone to asymmetry" shows three muscles depending on the degree of tendency to asymmetry (Fig. 7).

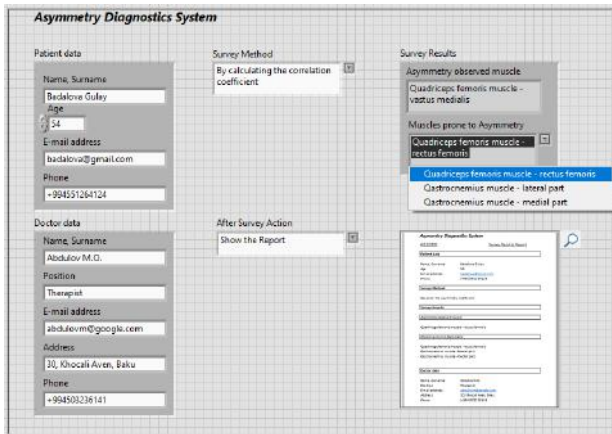


Fig. 7. ADS front panel and Research Results section

The "After Survey Action" section consists of "Show report", "Send to e-mail" and "Print" subsections (Fig.8).

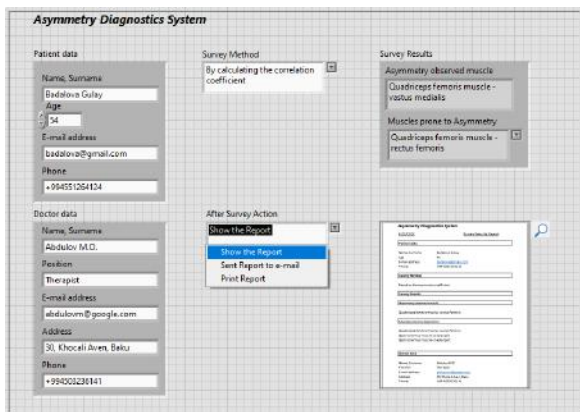


Fig. 8. "After Survey Action" section

The subsection "Show the report" displays the results of the system by transferring them to the Excel program (Fig.9).

Asymmetry Diagnostics System	
6/25/2023 Survey Results Report	
Patient data	
Name, Surname	Badalova Gulay
Age	54
E-mail address	badalova@gmail.com
Phone	(+994)51264124
Survey Method	
By calculating the correlation coefficient	
Survey Results	
Asymmetry observed muscle	
Quadriceps femoris muscle - vastus medialis	
Muscles prone to Asymmetry	
Quadriceps femoris muscle - rectus femoris	
Gastrocnemius muscle - lateral part	
Gastrocnemius muscle - medial part	
Doctor data	
Name, Surname	Abdulov M.O.
Position	Therapist
E-mail address	abdulovm@google.com
Address	30, Khocali Aven, Baku
Phone	(+994)503236141

Fig. 9. "Show report" subsection of the "Post-study operations" section of the ADS

VI. CONCLUSION

As shown from figures the determination of asymmetry by calculating the correlation coefficient was chosen as a research method. As can be seen, the asymmetry observed muscle - Quadriceps femoris muscle - vastus medialis, and the muscles prone to asymmetry - Quadriceps femoris muscle - rectus femoris, Gastrocnemius muscle - lateral part and Gastrocnemius muscle - medial part were selected.

As can be seen from the virtual system, it is possible to analyze the same measurement results using different research methods at the same time. This will help increase accuracy in making diagnostic decisions and at the same time reduce subjective distortions.

REFERENCES

- [1] M.B.I. Raez, M.S. Hussain, F.Mohd-Yasin. "Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications". Biological Procedures Online, 2006, Vol. 8, No. 1, pp.11–35
- [2] N.T. Abdullaev, O.A. Dyshin, K.Sh. Ismailova. "Analysis of the spontaneous activity of muscle fibers and motor units based on wavelet packet processing of electromyograms". Biomedical radio electronics, M., 2011, No. 12, p. 42-48
- [3] N.T. Abdullaev, K.Sh. Ismailova. "Evaluation of the information reliability of diagnostic conclusions in electromyography using the fuzzy inference method", Information-measuring and control systems, M., 2012, Vol. 10, No. 4, p. 60-67
- [4] N.T. Abdullaev, K.Sh. Ismailova. "Application of neural networks for recognition of pathological changes in stimulation electromyogram", Medical equipment, M., 2011, No. 6 (270), p. 1-7

- [5] D.G. Stephen, A. Hajnal. "Transfer of Calibration Between Hand and Foot: Functional Equivalence and Fractal Fluctuations," *Atten Percept Psychophys*, 2011, Vol.73, pp.1302-1328
- [6] S. Burhade, A.B. Kanwade. "Correlation analysis of electromyogram signals," *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, Vol.2, Issue: 07, 2016, p.117-122
- [7] D. Stashuk, C.J. De Luca. "Update on the decomposition and analysis of EMG signals," *Computer-Aided Electromyography and Expert Systems*, Elsevier Science Publishers, 1989, p.39-53
- [8] E.O. Ivanova, P.A.Fedin, A.G. Brutyan, I.A. Ivanova-Smolenskaya, S.N. Illarioshkin. "Clinical and electrophysiological analysis of tremulous hyperkinesia in essential tremor and Parkinson's disease," *Neurological Journal*, No. 5, 2013, p.21-26
- [9] K.V. Zaichenko, O.O. Zharinov, A.N. Kulin, L.A. Kulygina, A.P. Orlov. "Reception and processing of bioelectric signals," SPb.: SPbGUAP, 2001, 140 p.

Histopatolojik Görüntülerin Sınıflandırılması için ESA Tabanlı Yeni Bir Hibrit Ağ Mimarisi

Hüseyin ÜZEN
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Bingöl Üniversitesi,
Bingöl, Türkiye,
0000-0002-0998-2130,
huzen@bingol.edu.tr

Özet— Günümüzde birçok farklı türü bulunan kanser, tek veya bir grup hücrenin orantısız ve kontrolsüz olarak çoğalmasıdır. Bu orantısız çoğalma insan yaşamını sonlandıracak kadar birçok olumsuzlukları yanında getirir. Kanser teşhisinde en etkili yöntemlerden bir tanesi histopatolojik görüntülerin mikroskop altında incelenerek teşhis edilmesidir. Günümüzde hızla gelişen makine öğrenmesi ve görüntü işleme tabanlı bilgisayar destekli tespit ile histopatolojik görüntülerin incelenmesi güncel bir araştırma alanıdır. Özellikle son zamanlarda oldukça popüler olan derin öğrenme tabanlı yöntemler etkili sonuçlar üretebilmektedir. Bu çalışmada histopatolojik görüntülerin kanser ve normal doku olarak sınıflandırması için derin öğrenme tabanlı yeni bir mimari sunulmuştur. Derinlemesine ve Inception tabanlı hibrit ağ (DI-HA) mimarisi olarak adlandırılan bu mimari derinlemesine ayarlanabilir evrişim ve Inception evrişim bloklarının bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Derinlemesine ayarlanabilir evrişim bloğu her kanal için farklı filtre uygulayarak düşük parametrelili etkili bir model iken Inception blokları giriş farklı çekirdek boyutundaki filtreleri ile güçlü öznelikler elde etmektedir. Bu iki farklı bloğu bir araya getirerek histopatolojik görüntüleri sınıflandıran etkili bir ağ mimarisi elde etmiştir. Önerilen ağ mimarisi BreakHis 400 görüntü veri kümesi kullanarak kapsamlı deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda önerilen DI-HA mimarisi %95.85 doğruluk ve %95.11 F1-skoru ile VGG16, InceptionV3, MobileNet ve EfficientNet ağ mimarilerinden daha yüksek skorlar sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler—Derinlemesine Ayarlanabilir Evrişim, Inception Blok, Meme Kanseri, Histopatolojik Görüntüleme

Abstract— Cancer, which has many different types today, is the disproportionate and uncontrolled proliferation of a single or a group of cells. This disproportionate proliferation brings with it so many negativities that it ends human life. One of the most effective methods in cancer diagnosis is diagnosis by examining histopathological images under a microscope. Nowadays, examining histopathological images with computer-aided detection based on rapidly developing machine learning and image processing is a current research field. Deep learning-based methods, which have been very popular recently, can produce effective results. In this study, a new deep learning-based architecture is presented for the classification of histopathological images as cancer and normal tissue. This architecture, called the Depthwise and Inception-based hybrid network (DI-HA) architecture, was created by combining depthwise convolution and Inception convolution blocks. While the depthwise convolution block is an effective model with low parameters by applying different filters for each channel, Inception blocks obtain powerful features with filters of different kernel sizes on the input. By combining these two different blocks, he obtained an effective network architecture that classifies histopathological images. Extensive experimental studies have been carried out using the proposed network architecture BreakHis 400 image dataset. In the experimental studies, the proposed DI-HA architecture provided higher

scores than VGG16, InceptionV3, MobileNet, and EfficientNet network architectures with 95.85% accuracy and 95.11% F1-score.

Keywords—Depthwise Separable Convolution, Inception Block, Breast Cancer, Histopathological Imaging

I. GİRİŞ

Kanser ölüm oranları ile dünya çapında en tehlikeli hastalıklardan biridir. Pek çok rapor, kanserin dünya çapında arttığı ve erken teşhisin geç yapıldığında ölüm oranının yüksek olduğunu belirtmiştir [1]. En yaygın kanser tipinden bir tanesi de meme kanseridir. Meme kanseri, akciğer kanserinden sonra kansere bağlı ölümlerde ikinci sırada gelmektedir. Son yıllardaki meme kanser istatistikleri, meme kanser oranının yılda %0.5 arttığını göstermektedir [1]. Diğer yandan meme kanserinin erken tanısı ve gerekli tedaviler sayesinde son yıllarda ölüm oranının azaldığı gözlemlenmiştir [1]–[4].

Genellikle meme kanser tanısında, öncelikle mamografi veya ultrason muayeneleri ile ön çalışma yapılmaktadır [5], [6]. Eğer ön çalışmalarda kanser olasılığı var ise, meme dokusunun biyopsisi yapılır ve patoloğlar kanser tanısı için mikroskop yardımı ile araştırma yapar. Patoloğlar dokunun histopatolojik olarak değerlendirmesini yaptıktan sonra kanser olup olmadığına karar verirler [1], [6]. Patoloğlar, dokudaki hücreleri iyi huylu ya da kötü huylu olarak sınıflandırırken hücrelerin yapısı, çekirdek yerleşimi, mitoz oranı gibi ölçütler ile değerlendirmektedir. Bu yapılar iki sınıf arasında benzerlik gösterebildiği için hücrelerin sınıflandırılması zorlu bir görevdir [1], [5].

Geleneksel yöntemlerde uzman personel tarafından bu görüntüler incelenerek yapıldığı için personel tecrübesine oldukça bağlıdır [1], [5]. Diğer yandan bu analizlerin makine öğrenmesi ve görüntü işleme tabanlı bilgisayar destekli tespit sistemlerinin yardımı ile yapılması karar verme sürecini hızlandırmaktadır. Bundan dolayı gelişmiş karar destek sistemleri ile otomatik olarak histopatolojik görüntülerin incelenmesi ve teşhis yapılması son zamanlarda oldukça popüler bir çalışma alanıdır. Özellikle yüksek başarı gösteren derin öğrenme bu alanda etkili olduğu görülmektedir [1], [5], [6].

Literatürde, histopatolojik görüntüleri iyi huylu veya kötü huylu olarak sınıflandırmak için yapılan ilk çalışmalarda şekil, doku veya renk gibi ayırt edici el yapımı özneliklere dayanmaktadır [1], [6], [7]. Bu öznelikler daha sonra k-en yakın komşular, destek vektör makineleri, karar ağacı vb. gibi sınıflandırıcılara girdi olarak kullanılır. Bu yöntemler zaman alıcı ve güvenilirliği sınırlıdır [1]. Son zamanlarda otomatik olarak uygun öznelikleri elde eden Evrişimsel Sinir Ağları (ESA), el yapımı özellikler karşısında çok daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun temel sebebi ESA

mimarilerinin eğitim boyunca içerdiği filtre parametrelerini en yüksek başarıyı sağlayacak şekilde eğitilmesidir. ESA mimarilerinin başarısı histopatolojik görüntülerin sınıflandırmasında uygulanmış ve etkili sonuçlar alınmıştır [3], [6].

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada [8] histopatolojik görüntü verilerini sınıflandırmak için VGG16, VGG19, AlexNet ve GoogleNet gibi önceden eğitilmiş ağlar kullanılmıştır. Ayrıca yapılan bu çalışmada histopatolojik görüntüleri sınıflandırmak için AlexNet-BC modeli [9] önerilmiştir. Önerilen model öncelikle ImageNet veri seti kullanılarak önceden eğitilmiş ve ardından histopatolojik görüntülere uygulanmıştır. Diğer bir çalışmada [10] VGG16, VGG19 ve ResNet50 mimarilerini transfer öğrenme yaklaşımı ile histopatolojik görüntülere uygulamıştır. Elde edilen sonuçlarda VGG16 ağı %92.60 doğruluk ile en yüksek skorlara ulaşmıştır. Buna benzer bir çalışmada [11] AlexNet ve VGG16 modellerini BreakHis veri setini için uygulamıştır. Ayrıca bu çalışmada AlexNet ve VGG16 mimarilerinden elde edilen öznelikleri DVM sınıflandırıcısını beslemek için kullanmıştır. Albashish vd. [12] meme kanserini histopatolojik görüntülerini sınıflandırmak için histopatolojik görüntülerden derin öznelikleri çıkartmış daha sonra RBF-SVM sınıflandırıcısına vermiştir. Önerilen model %96 doğruluk skoruna ulaşmıştır. Bir başka çalışmada [10] ESA mimarilerin geleneksel modeller karşısında daha etkili olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada transfer öğrenmenin önemi ortaya konulmuştur. Fakat her ne kadar ESA mimarileri çok güçlü yapılar sunsa da aşırı öğrenme probleminden dolayı daha düşük skorlar sağlayabilir [10], [11]. Bu problemten yola çıkarak farklı evrişim bloklarını bir araya getirerek hibrit bir ağ mimarisi tasarlanmıştır.

Bu çalışmada BreakHis 400 veri kümesi temel alınarak Derinlemesine Ayarlanabilir Evrişim (DAE) [13] ve Inception Evrişim (IE) [14] bloklarını bir arada kullanacak etkili bir hibrit ağ mimarisi tasarlanmıştır. Bu sayede BreakHis 400 veri kümesinde %95.85 doğruluk ve %95.11 F1-skoru elde etmiştir.

Bu bildirinin geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2’de veri seti ve önerilen yöntem detaylandırılmıştır. Bölüm 3’te yapılan deneysel çalışmaların sonuçları sunulmuştur. Son olarak Bölüm 4’te çalışmanın sonuçları verilmiştir.

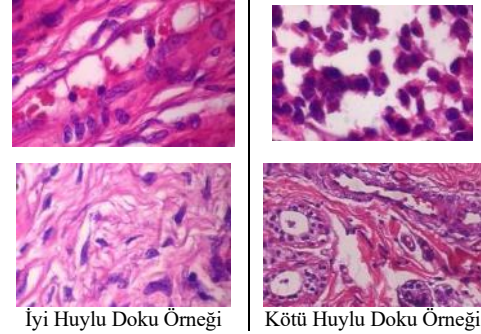
II. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde öncelikle çalışmada kullanılan veri kümesi detaylandırılmıştır. Daha sonra önerilen model ele alınmıştır.

A. Veri kümesi

Bu çalışmada histopatolojik görüntüleri sınıflandırmak için hibrit bir ağ mimarisi önerilmiştir. Önerilen ağ mimarisinin performans analizleri için BreakHis 400 [15] veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti meme dokularının histopatolojik görüntülerini içeren halka açık bir veri setidir. İyi huylu ve kötü huylu histopatolojik görüntüler içeren 2238 mikroskopik görüntüden oluşmaktadır. Bu görüntülerin 723 iyi huylu ve geri kalan kötü huylu olarak

uzmanlar tarafından etiketlenmiştir. BreakHis veri seti, meme kanseri tespiti için bilgisayar destekli teşhis sistemlerini geliştirmek ve değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. BreakHis veri setinden alınmış örnek görüntüler şekil 1’de verilmiştir.



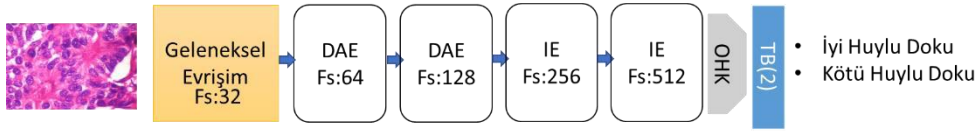
Şekil 1. BreakHis 400 veri kümesinden alınmış örnek görüntüler

B. Önerilen Metot

ESA mimarileri temel olarak arka arkaya gelen evrişim, ReLU, aktivasyon ve tam bağlı katmanlarının kombinasyonundan oluşmaktadır. AlexNet [16] mimarisinin yayınlanmasından günümüze kadar birçok farklı ağ mimarisi önerilmiştir. VGG16 [12], [16] ağ mimarisinde 16 katmanlı bir ağ mimarisinin tasarlanması amaçlanırken, ResNet [17] mimarisinde çok daha derin bir ağ mimarisi tasarlanmıştır. Diğer yandan MobileNet mimarisinde önerilen Derinlemesine ayarlanabilir evrişim katmanı ile çok daha hesaplı bir ağ mimarisi geliştirilmiştir. InceptionV3 [14] mimarisinde ise Inception blokları ile paralel ve farklı boyutlardaki evrişim blokları ile öznelik çeşitliliğini artırılmıştır.

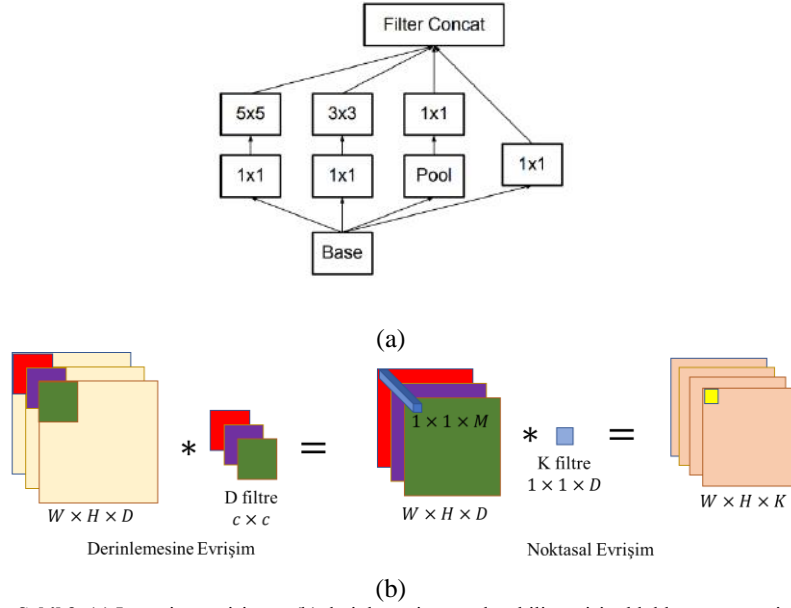
Bu çalışmada geleneksel evrişim, derinlemesine evrişim ve inception evrişim bloklarını bir araya getirerek histopatolojik görüntülerin sınıflandırılması için hibrit bir ağ mimarisi tasarlanmıştır. Derinlemesine ve Inception tabanlı hibrit ağ (DI-HA) mimarisi olarak adlandırılan bu ağ mimarisi Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’de görüleceği üzere bu ağ mimarisi 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde geleneksel bir evrişim katmanı kullanılmıştır. Bu bölümde geleneksel evrişim ile temel mekansal öznelikler çıkartılmaktadır. İkinci bölümde ise Inception Evrişim (IE) [14] blokları kullanılmıştır. IE evrişim blok yapısı şekil 3.a’de gösterilmiştir. Burada görüleceği üzere girdi üzerine farklı çekirdek boyutlarına sahip evrişim katmanları uygulanmaktadır. Bu sayede farklı mekansal bilgiler çıkarabilmektedir. IE bloklarının son bölümünde birleştirme katmanı ile bu öznelikler birleştirilmektedir.

Önerilen modelin üçüncü bölümünde Derinlemesine Ayarlanabilir Evrişim (DAE) [13] bloğu kullanılmıştır. DAE bloğu şekil 3.b’de verilmiştir. Burada görüleceği üzere DAE bloğunda kanal bazlı bir evrişim işlemi uygulanmaktadır. Bu sayede işlem maliyeti düşürülmektedir. Diğer yandan her kanal için farklı bir evrişim katmanı uygulandığı için güçlü anlamsal öznelikler elde edilmektedir. DAE bloğunun sonuna doğru bu farklı öznelikleri ilişkilendirmek için bir noktasal evrişim katmanı kullanılmaktadır.



DAE	Derinlemesine Ayarlanabilir Evrişim bloğu
IE	Inception Evrişim bloğu
OHK	Ortalama havuzlama katmanı
➔	Atlama değeri 2 olan Max Pooling
Fs	Evrişim bloklarında kullanılan filtre sayısı

Şekil 2. Önerilen model



Şekil 3. (a) Inception evrişim ve (b) derinlemesine ayarlanabilir evrişim bloklarının gösterimi

Önerilen modelin son bölümünde (4. bölüm) elde edilen öznitelikler kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılmaktadır. Bu bölümde öznitelikleri sınıflandırmada kullanmak için iki aşamadan geçirilmiştir. İlk olarak küresel Ortalama Havuzlama Katmanı (OHK) ile bu öznitelikler bir vektöre dönüştürülmektedir. Daha sonra vektöre dönüştürülmüş özniteliklere bir Tam Bağlı katman uygulanmıştır. Son olarak elde edilen çıktının sınıflandırma puanını elde etmek için softmax katmanı uygulanmıştır. Bu işlem Denklem (1)'de gösterilmiştir.

$$f = [f_1, f_2, \dots]$$

$$f_i = OHK(f_i^{jk}) = \frac{1}{M} \sum_{j,k} f_i^{jk} \quad (1)$$

$$P = \sigma(TB^2(f))$$

Denklem (1)'de gösterilen f_i^{jk} bölüm 3 sonunda elde edilen 3 boyutlu öznitelik haritasıdır. Bu öznitelik haritasının derinlik boyutu boyunca iki boyutlu f_i^{jk} öznitelikliğini bir değere indirgemek için OHK() fonksiyonu kullanılır. Daha sonra derinlik boyutundaki her bir ortalama değer birleştirilerek f öznitelik vektörü elde edilir. Öte yandan Denklem (1)'in ikinci kısmında gösterilen TB , tam bağlı

katman ve σ softmax katmanını temsil etmektedir. Son olarak Denklem (1) çıktısında P tahmin çıktısı elde edilmektedir. Önerilen DI-HA ağ mimarisinin eğitimi İkili Çapraz Entropi (Binary Cross Entropy) kayıp fonksiyonu kullanılmıştır.

III. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada önerilen DI-HA modelin performansını analiz etmek için bir takım deneysel çalışmalar yapılmıştır. Birinci deneysel çalışmada DI-HA modelinde kullanılan DAE ve IE blok yapılarının performansa olan katkıları analiz edilmiştir. İkinci deneysel çalışmada önerilen DI-HA modeli VGG16 [16], MobileNet [13], InceptionV3 [14] ve EfficientNetB0 [18] ağları ile kıyaslanmıştır. Bu deneysel çalışmalarda BreakHis 400 veri kümesi kullanılmıştır. Veri kümesinin %80 eğitim %10 doğrulama ve %10 test için ayrılmıştır. Deneysel çalışmalarda performans analizleri için Doğruluk ve F1 skor metrikleri kullanılmıştır [1].

A. Önerilen modelde kullanılan yapılarının analizi

Önerilen DI-HA ağ mimarisi DAE ve IE bloklarından oluşmaktadır. Bu evrişim bloklarını doğru şekilde bir araya getirmek için farklı kombinasyonlar denenerek sonuçlar kaydedilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Önerilen hibrit modelin farklı kombinasyonlar ile elde edilen sonuçlar

Model	Kullanılan blok yapıları	Doğruluk	F1-Skor
Model 1 (DI-HA)	IE-DAE	95.85	95.11
Model 2	DAE-IE	94.08	93.19
Model 3	GE-GE	92.30	91.50
Model 4	DAE-DAE	92.30	91.28
Model 5	IE-IE	92.00	90.92

Tablo 1’de görüleceği üzere önerilen Hibrit ağ mimarilerinin 2 ve 3 bölümünde farklı blok yapıları kullanılarak denenmiştir. Bu deneysel çalışmada Model 1 yani önerilen DI-HA mimarisi en yüksek doğruluk skoruna ulaşmıştır. Diğer yandan bu bölümlerde sadece DAE bloğu (Model 4) ya da sadece IE bloğu (Model 5) kullanıldığında, sırası ile %91.28 ve %90.92 f1 skoru elde edilmiştir. Öte yandan IE ve DAE blokların kombinasyonları ile oluşan Model 1 ve Model 2 modelleri sırası ile %95.11 ve %93.19 F1-skoruna ulaşmıştır. Bu sonuçlarda önerilen DI-HA modelinin birinci bölümünde IE ve ikinci bölümünde DAE kullanılması daha etkili olduğu görülmektedir

B. Önerilen modelin diğer ESA mimarileri ile karşılaştırılması

Bu bölümde Önerilen DI-HA mimarisi literatürde bulunan diğer modeller ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda DI-HA modelinin eğitim prosedürleri aynı şekilde VGG16, MobileNet, InceptionV3 ve EfficientNetB0 mimarileri içinde uygulanmıştır. Bu deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Önerilen DI-HA modelin diğer ESA mimarileri ile karşılaştırılması

Model	Doğruluk	F1-Skor
DI-HA	95.85	95.11
MobileNet2	94.67	93.84
InceptionV3	94.67	93.57
VGG16	93.49	92.31
EfficientNetB0	87.57	85.49

Tablo 2’de görüleceği üzere önerilen DI-HA modeli %95.85 doğruluk ve %95.11 F1-skoru ile MobileNet, InceptionV3, VGG16 ve EfficientNet modellerinden daha yüksek skorlar sağlamıştır. Bu sonuçlarda en düşük skorları EfficientNet mimarisi elde etmiştir. Diğer yandan DAE blokları ile geliştirilen MobilNet ağı %94.67 doğruluk skoru ile ikinci en yüksek skorları sağlamıştır.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada histopatolojik görüntülerinin sınıflandırması için derinlemesine ayarlanabilir evrişim ve Inception blok yapılarını bir arada kullanan hibrit bir ağ mimarisi önerilmemiştir. Önerilen DI-HA mimarisi temel olarak 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde geleneksel bir evrişim katmanı ile temel seviye öznelikleri elde edilmektedir. İkinci bölümde farklı çekirdek boyutları ile çalışan Inception evrişim blokları ile bu özneliklerden daha

kapsamlı mekânsal ayrıntılar elde edilmektedir. Önerilen modelin üçüncü bölümünde ise derinlemesine ayarlanabilir evrişim katmanları ile sınıflandırma için nihai öznelikler elde edilmektedir. Önerilen modelin son kısmında bu öznelikler kullanılarak histopatolojik görüntüler sınıflandırılmıştır. Önerilen model BreakHis 400 veri kümesi ile test edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda önerilen model %95.85 doğruluk ve %95.11 F1-skoru ile üstün başarılar elde etmiştir. Gelecek çalışmalarda önerilen modeli dikkat kapıları ile güçlendirerek daha etkili yapılar oluşturulması hedeflenmektedir

KAYNAKLAR

- [1] H. Kode and B. D. Barkana, “Deep Learning- and Expert Knowledge-Based Feature Extraction and Performance Evaluation in Breast Histopathology Images,” *Cancers* 2023, Vol. 15, Page 3075, vol. 15, no. 12, p. 3075, Jun. 2023, doi: 10.3390/CANCERS15123075.
- [2] A. N. Giaquinto *et al.*, “Breast Cancer Statistics, 2022,” *CA Cancer J Clin*, vol. 72, no. 6, pp. 524–541, Nov. 2022, doi: 10.3322/CAAC.21754.
- [3] M. A. Abdou, “Literature review: efficient deep neural networks techniques for medical image analysis,” *Neural Comput Appl*, vol. 34, no. 8, pp. 5791–5812, Apr. 2022, doi: 10.1007/S00521-022-06960-9/TABLES/5.
- [4] W. Al-Dhabyani, M. Goma, H. Khaled, and A. Fahmy, “Dataset of breast ultrasound images,” *Data Brief*, vol. 28, p. 104863, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.DIB.2019.104863.
- [5] M. Nasser and U. K. Yusof, “Deep Learning Based Methods for Breast Cancer Diagnosis: A Systematic Review and Future Direction,” *Diagnostics* 2023, Vol. 13, Page 161, vol. 13, no. 1, p. 161, Jan. 2023, doi: 10.3390/DIAGNOSTICS13010161.
- [6] Z. Rezaei, “A review on image-based approaches for breast cancer detection, segmentation, and classification,” *Expert Syst Appl*, vol. 182, p. 115204, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.ESWA.2021.115204.
- [7] A. Labrada and B. D. Barkana, “Breast Cancer Diagnosis from Histopathology Images using Supervised Algorithms,” *Proc IEEE Symp Comput Based Med Syst*, vol. 2022-July, pp. 102–107, 2022, doi: 10.1109/CBMS55023.2022.00025.
- [8] M. Liu, Y. He, M. Wu, and C. Zeng, “Breast Histopathological Image Classification Method Based on Autoencoder and Siamese Framework,” *Information* 2022, Vol. 13, Page 107, vol. 13, no. 3, p. 107, Feb. 2022, doi: 10.3390/INFO13030107.
- [9] “A Deep Learning Method for Breast Cancer Classification in the Pathology Images | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore.” <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9813383> (accessed Aug. 09, 2023).
- [10] Shallu and R. Mehra, “Breast cancer histology images classification: Training from scratch or transfer learning?,” *ICT Express*, vol. 4, no. 4, pp. 247–254, Dec. 2018, doi: 10.1016/J.ICTE.2018.10.007.
- [11] E. Deniz, A. Şengür, Z. Kadiroğlu, Y. Guo, V. Bajaj, and Ü. Budak, “Transfer learning based histopathologic image classification for breast cancer detection,” *Health Inf Sci Syst*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, Dec. 2018, doi: 10.1007/S13755-018-0057-X/TABLES/5.
- [12] D. Albashish, R. Al-Sayyed, A. Abdullah, M. H. Ryalat, and N. Ahmad Almansour, “Deep CNN Model based on VGG16 for Breast Cancer Classification,” *2021 International Conference on Information Technology, ICIT 2021 - Proceedings*, pp. 805–810, Jul. 2021, doi: 10.1109/ICIT52682.2021.9491631.
- [13] A. G. Howard *et al.*, “MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications,” Apr. 2017, Accessed: Aug. 09, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1704.04861v1>
- [14] C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens, and Z. Wojna, “Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision,” *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on*

Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2016-December, pp. 2818–2826, Dec. 2015, doi: 10.1109/CVPR.2016.308.

- [15] “BreaKHis 400X | Kaggle.” <https://www.kaggle.com/datasets/fordeneration/breakhis-400x> (accessed Aug. 09, 2023).
- [16] K. Simonyan and A. Zisserman, “Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition,” *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, Sep. 2014, Accessed: Jun. 24, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1409.1556v6>
- [17] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep Residual Learning for Image Recognition,” in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 770–778. Accessed: Jun. 24, 2023. [Online]. Available: <http://image-net.org/challenges/LSVRC/2015/>
- [18] M. Tan and Q. V. Le, “EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks,” *36th International Conference on Machine Learning, ICML 2019*, vol. 2019-June, pp. 10691–10700, May 2019, Accessed: Aug. 09, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1905.11946v5>

A New Mobile-based Beauty Appointment Management Application System

Seda Sahin
Assist. Prof. Dr., Department of
Computer Engineering,
Çankırı Karatekin University,
Çankırı, Turkey
sedasahin@karatekin.edu.tr

Ömer Gül
B.S. Graduate student, Department of
Computer Engineering,
Çankırı Karatekin University,
Çankırı, Turkey
omer42gul@gmail.com

Gamze Cetin
B.S. Graduate student, Department of
Computer Engineering,
Çankırı Karatekin University,
Çankırı, Turkey
gamzecerin1418@gmail.com

Abstract—In this study, a new mobile-based beauty appointment management application system is produced. The beauty salon appointment scheduling application consists of two applications to provide dynamic and easy control. The first application has been developed for customers who want to make an appointment. You can start using the appointment scheduling application by installing an account on your phone. It shows the halls in the desired city, more information about the halls can be accessed and an appointment can be requested easily for the desired service thanks to easy filtering. It provides convenience to the user by showing the service fees. It also enables to follow up appointments from the My Appointments section. The second application was developed for Beauty Salons. Depending on the information entered into the application then users are provided with information about their salons, services and employees. The comments and star ratings for the service provided show the quality of the service. In this application, salons can accept or reject an appointment according to the status of the salon and employees. In addition, the easy-to-user interface, easy control of employee status and appointments is provided with this management system. In our study, it is aimed to facilitate the appointment process by waiting in beauty salons, calling by phone or going in person with the developed application with a single application installed on the phone. Also, this study is aimed to produce an efficient product which offers an economical, visual and high quality services to society. The other advantage of this system is usable and speedy system which provides human-computer interaction at the highest level. At the same time, this system can be opened to develop depends on different conditions, regions and countries. In future studies, this study can be extended with the usage of different applications of Artificial Intelligence and MetaVerse systems with respect to users' requirements.

Keywords—Mobile application, Appointment, Beauty salon, Android, Ios, Flutter, Swagger, Human-Computer Interaction

I. INTRODUCTION

Nowadays, with the development of technology, phone use has decreased to the age of primary school children. With the development of technology, the phone now provides convenience to people's lives not only for communicating but also in many areas with the use of the internet. In the past, the internet was only connected to computers, but with the

development of smartphones, the internet can also be accessed via phone. Easy access to the internet via smartphones has also affected today's needs.

According to the Turkish Statistical Institute while the rate of purchasing goods and services online was 44.3% in 2021, this rate increased to 46.2% in 2022 [1]. Within the scope of this study, a mobile application-based beauty appointment management application system was designed because service provision is easier and faster to access over the internet.

Looking at the studies in the literature, the effects of digital transformation on customer satisfaction of beauty salons have been investigated. In the first stage of the study, a customer satisfaction survey of ILUSALONG beauty studio was conducted and the quality of the services provided was evaluated. Later, a mobile application belonging to the beauty salon was used to increase and improve the service quality of the salon survey results and the quality of the services provided was evaluated by conducting a customer satisfaction survey on those who used this mobile application. As a result of the study, the satisfaction and service quality of customers using the mobile application were higher than other survey studies, thanks to the ability to make appointments at any time not just during working hours, to know the employee from whom the service will be received in advance and the information obtained from the comments about the salon [2].

Another study is a study on digital service in beauty centers to pay attention to social distance and prioritize customer comfort due to the Covid-19 epidemic. The project was made for Melati Salon & Sulam beauty salon in Indonesia. Sermore software platform which provides web-based services was used in the hall. The unnecessary crowding in the service time in the beauty center has been eliminated with this application and it is reserved only for individuals with appointments. Ease of tracking appointments is provided for employees and individuals receiving services. This rate was increased by sending SMS notifications to prevent forgetting the appointment time and to increase participation [3].

In a study conducted by Farmila, a web-based application was worked on for Salon NadeeLalani. Salon NadeeLalani previously kept its records manually. He deals with the coding of the web-based application and the testing of the written codes. Information was collected through a form from customers receiving service from the application and with the developed application, personnel evaluation and service quality were quite high [4].

Hairdresser, Beauty, Salon Appointment application developed by Vatansoft is a mobile application prepared for Android phones. It provides follow-up appointments for registered beauty centers, barbers or hairdressers. The beauty center can keep track of appointments and stocks then sends reminder messages to its customers at any time and the address of the form page for the survey is sent to their phones after the service [5].

In our study, it is aimed to facilitate the appointment process by waiting in beauty salons, calling by phone or going in person with the developed application with a single application installed on the phone.

II. MATERIAL AND METHOD

The application developed in this study which consists of two stages: service and application software.

The service part is written in C# and API. C# is preferred because it is easy to use, readable, powerful, versatile and provides extensive library support. Using API facilitates data sharing and integration and reduces code repetition, so it is very functional. Swagger was installed on top of it to make it more organized and controlled. Tabs have been created to provide quick access to different parts of the API. Tabs help make API documentation more organized and useful.

Applications are written with the Flutter interface and Dart programming language. Flutter offers a structure that combines application logic and user interface using the Dart programming language. Flutter is preferred because it makes it easy to create applications that can run on iOS, Android, web, desktop and other platforms using this structure. In Flutter, all interfaces and applications are implemented with the help of widgets.

The proposed system is a Mobile-based Beauty Appointment Management Application System and the proposed system is described in Fig. 1, Fig. 2 and Fig. 3.

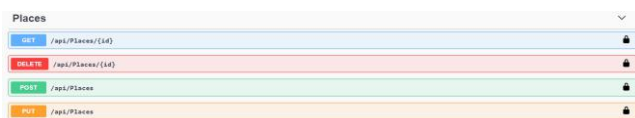


Fig. 1 The Tabs have been created to provide quick access to different parts of the API. Tabs help make API documentation more organized and useful. Get, post, put and delete methods are used inside the tabs.



Fig. 2 Widgets are the basic building blocks of creating the user interface. Each widget is a Dart class that performs a specific function and represents UI elements that are displayed or interacted with. For example, it has made it easier to create a dynamic application by creating different widgets that can represent a button, text box, image or a list item.

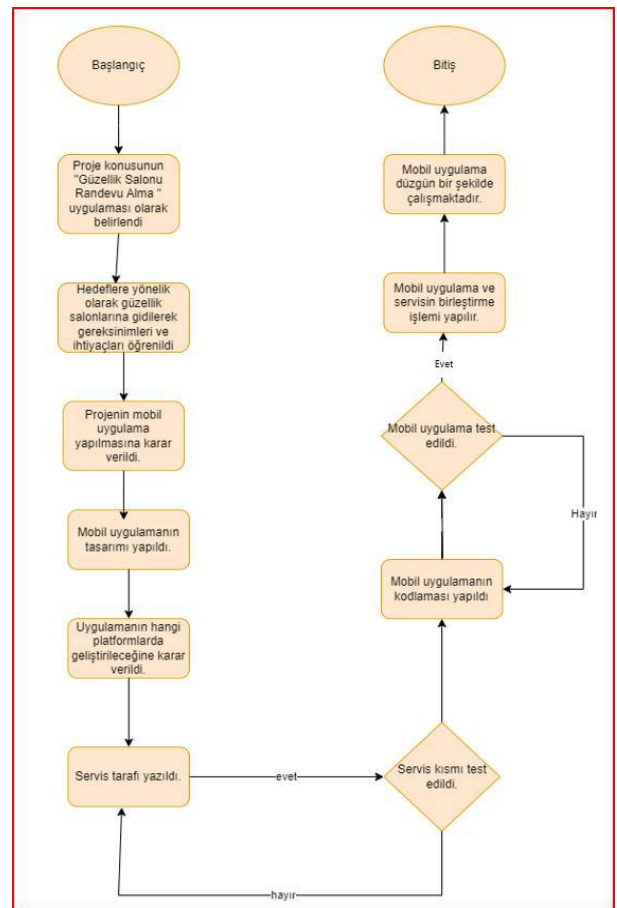


Fig. 3 The Proposed System Flowchart

III. RESULTS AND DISCUSSION

Nowadays, purchasing services online has become as easy as shopping. Everything we want can be done with a single touch via the internet, whether on a computer or phone. Based on this, the "Beauty Salon Appointment Application" which is developed has received positive feedback. The application is presented and explained to Suit Beauty Center in Kütahya and its customers. According to the feedback we have received, they stated that they found the application user-friendly and easy to use. Users can easily perform basic operations such as searching for an appointment, selecting a salon and service, and determining an appointment date and time. They also stated that users found the application design aesthetic and the user experience satisfactory. In our tests on the performance and reliability of the application, we observed that users can quickly search for salons, filter the results and see current appointment times. The quick response time of the application has positively affected the user experience. The application part of the system is represented in Fig. 4 and Fig. 5.

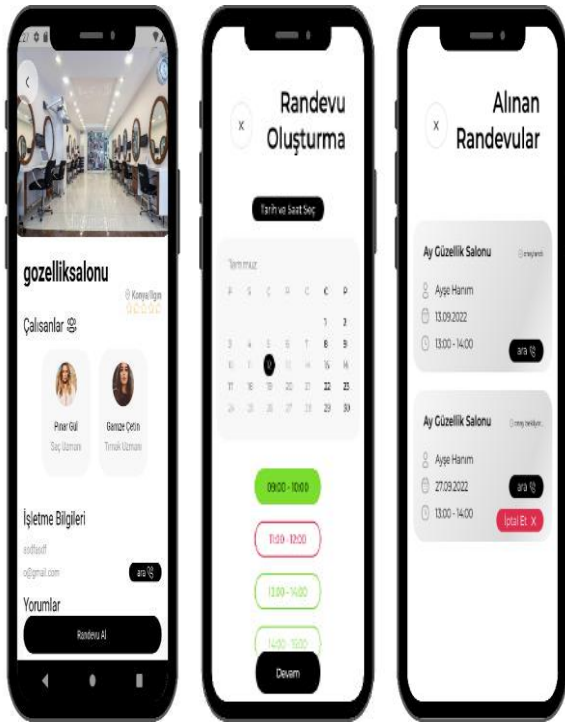


Fig. 4 In the user section, which is the first part of the application, users who want to make an appointment can choose between multiple beauty centers, read the comments of the salons, create an appointment at any time and control these appointments.

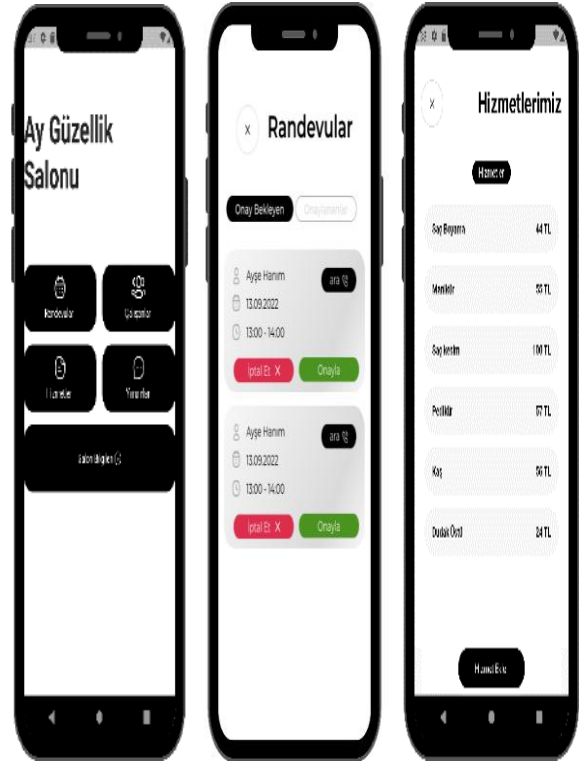


Fig. 5 All controls can be provided in the Beauty Center control section, which is the second part of the application. Beauty center information can be updated, comments made can be viewed, new service and employee information can be entered or updated and appointments given to customers can be controlled.

CONCLUSION

In conclusion, the demand for applications compatible with both iOS and Android operating systems is increasing rapidly with the increase in mobile application usage. That's why Dart programming language was preferred so that the application can be compatible with both operating systems.

For easy control and use of the developed application, a separate application has been prepared for each customer who wants to control the beauty salon and make separate appointments. Thus, thanks to these two applications which are the customized and optimized services are offered.

This application has been implemented by asking beauty centers and meeting their needs. After the application has been completed, positive feedback is received upon the explanation and presentation to Suit Beauty Center and its customers. As the future work, it is planned to update the developed system by adding innovations of Artificial Intelligence and Metaverse systems and to increase its application areas.

REFERENCES

- [1] Türkiye İstatistik Kurumu.(2023,04,11). Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması, 2021. Tuik. [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2021](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2021)
- [2] Taraskin, A. (2021). IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON BEAUTY SERVICES PROVIDERS AND CUSTOMER SATISFACTION.
- [3] Wenny, W., & Fitrianingrum, A. (2022). DESIGNED THE DIGITAL SERVICE AS REVISIT INTENTION PROGRAM DURING PANDEMIC FOR THE BEAUTY SALON. ConCEPT - Conference On Community Engagement Project, 2(1), 202-213.
- [4] Farmila, M. F. (2017). Web Based Data Management System for Salon NadeeLalani (Doctoral dissertation).
- [5] Vatansoft. (2022.12.07). Vatansoft, <https://www.vatansoft.net/>

A Preliminary Study on Student and Faculty Perspectives on Climate Crisis and AI in Higher Education

Nuray Gedik¹, Nilgün Özdamar²

[#]*Eskişehir Technical University Department of Computer Technologies, Porsuk MYO, Eskişehir, Türkiye; Anadolu University, Open Education Faculty, Distance Education, Eskişehir, Türkiye*

¹nuraygedik@eskisehir.edu.tr, ²nozdamar@anadolu.edu.tr

^{*}*Eskişehir Technical University Learning and Teaching Development Unit, 2 Eylül Campus, Eskişehir, Türkiye*

Abstract— Higher education is likely to be affected by artificial intelligence with the recent development of GenAI, and has already been affected by disasters and crises such as pandemics, climate change and severe earthquakes, wars, migrations, etc. Global climate change has become an issue that has turned into crises and caused transformations in every field, from education to research in higher education. The impact of artificial intelligence and its applications in educational environments, which dates back to the history of computers, gained great momentum after the pandemic and signalled a serious change and transformation with the ChatGPT3 generative artificial intelligence system launched by the OpenAI platform in 2022. This study aims to reveal the perspectives of university students and lecturers on the impact of crisis situations such as climate change, epidemics, earthquakes, etc. and disruptive technologies such as artificial intelligence in higher education. As the first step of a two-phase study, data were collected through an online survey with open-ended questions. A total of 34 participants, including 30 lecturers and 4 students, volunteered from a mid-western university in Türkiye. The data were analysed using content analysis method. The results showed that increased use of distance and online technologies, quality education, equal access, and effective preparedness are the most important issues for disasters and crises. They found that teacher/student roles and programme design were the main areas most affected. Measures need to be taken for better preparedness and sustainability. Participants expressed concerns about the potential use of GenAI, mentioning both positive aspects such as increased access to learning sources and effectiveness for the teaching and learning processes, and negative aspects such as decreased human interaction and disinformation risks. It is stressed that there is a strong need for an educational model that promotes critical thinking skills in the generation of GenAI. Further implications for higher education are presented.

I. INTRODUCTION

Higher education has been deeply affected by artificial intelligence and related technological developments that have come to the fore in the 21st century, as well as disasters and crises such as pandemics, climate change and intense earthquakes, wars, migrations, etc. Global climate change has

become an issue that has turned into crises and caused transformations in every field, from education to research in higher education. The impact of artificial intelligence and its applications in educational environments, which dates back to the history of computers, gained great momentum after the pandemic and signalled a serious change and transformation with the ChatGPT3 generative artificial intelligence system launched by the OpenAI platform in 2022.

After the Covid-19 pandemic and with the ongoing crises, the sustainability of the educational vision and ideals in higher education has emerged as an important issue [1],[2]. Additionally, issues of digital divide, readiness and adaptation [3], psychological well-being and resilience among students and faculty [4], access to quality and sustainable education opportunities [2] and effective use of technology and pedagogy has gained importance. The place of artificial intelligence and its applications, which date back to the history of computers, in educational environments has gained great momentum after the pandemic, and has found a place in a wide range of areas, from teaching methods to the design of teaching environments, from material use to measurement and evaluation practices, signalling a serious change and transformation in education. Thus, the needs for change and transformation in higher education in terms of human-computer interaction has become more visible [5]. This study intends to reveal the perspectives of university students and instructors on the effects of crisis situations such as climate change, epidemics, earthquakes, etc., and destructive technologies such as artificial intelligence in higher education.

II. METHODOLOGY

This preliminary study is the first step of a mixed-methods study with a data collection scheme of first qualitative and then quantitative data collection. Therefore, in the current study, qualitative data were collected through an online survey with open-ended questions. The data were collected through voluntary participation from a midwestern university in Turkey. A total of 34 participants, including 30 lecturers and 4 students,

volunteered. The data were analysed using content analysis. For this purpose, the data were first coded and relevant themes and categories were identified and interpreted accordingly.

III. FINDINGS

Findings on the Impact of Climate Crisis and AI on Higher Education

The survey findings provided deeper insights into participants' views on the effects of the climate crisis on higher education. Participants pointed out that the aftermath of earthquakes, floods, global pandemics, and climate change negatively affects higher education.

Distance Learning was a prominent theme in these discussions. Participants voiced concerns that distance learning falls short in effectiveness compared to traditional face-to-face instruction, particularly in practical courses. They also highlighted the potential for distance learning to exacerbate socio-economic disparities.

"Distance education does not offer the same discipline as face-to-face education."

Another significant theme was the **Quality of Education**. Participants suggested that earthquakes, floods, global pandemics, and climate change compromise the quality of education, leading to students falling behind and a decline in their achievements.

"The overall quality of educational activities has diminished for all stakeholders."

"These events have resulted in students falling behind and a decrease in their achievements."

"The ongoing earthquakes, floods, global pandemics, and climate change have a detrimental impact on education." "The quality of teaching and learning has been adversely affected as these events have negative material and moral impacts on everyone involved in education."

Another prominent issue highlighted in the survey was **Equality of Opportunity**. Participants expressed concerns that natural disasters and global epidemics disproportionately affect the education of socioeconomically disadvantaged students.

"It seems that differences in socioeconomic status exacerbate the practical challenges of achieving equality of opportunity in education."

"These circumstances have increased student mobility and social issues, diminishing the impact of education."

Preparedness was yet another critical point raised by participants. They emphasized that educational institutions should be prepared for natural disasters and global epidemics, ensure the safety of students and staff, and strive to prevent disruption of education.

"To enable students and teachers to continue their education during disruptive events like earthquakes and floods, provisions should be made for computers, internet access centers, or devices supplied by the university."

"Awareness and training regarding these issues should be integrated into educational programs and delivered to students."

The effects of situations such as earthquakes, floods, global epidemics, and climate change on learning and teaching processes were reported to be a lack of motivation and social interaction.

Lack of motivation: Participants mentioned that the negative experiences led to a lack of motivation among students and faculty members, adversely influencing the learning and teaching process.

"The effects of these situations on your learning and teaching processes are lack of motivation, demoralization, and anxiety about the future."

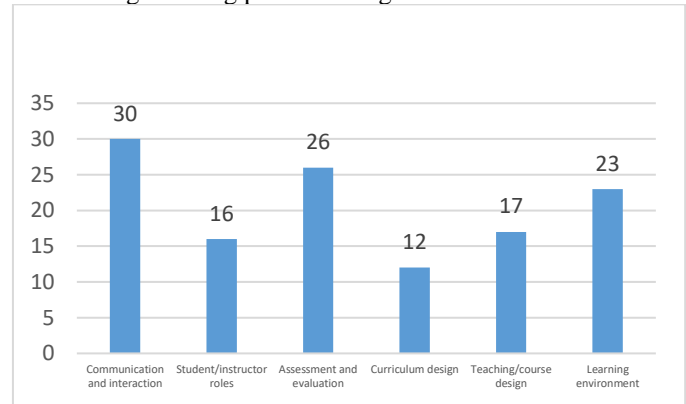
"In general, when education is online, everyone loses motivation, resulting in students' reluctance to study and attend classes."

Lack of social interaction: Social interaction, crucial in face-to-face education, occurs less in distance education. This situation negatively affects the students' learning process.

"The adaptation process of students causes them to even come to classes with difficulty due to insufficient social facility facilities within the university and they want the class to end as soon as possible in order to go."

"The fact that the various material and moral problems that have emerged as a result of various influences lately are far from being solved, and the university administration does not take any initiative to solve these problems, creates a serious problem of belonging to both the profession and our university, not only for me but for all university personnel."

Table 1. Climate change and disasters are the areas that affect the learning/teaching process in higher education the most



According to Table 1, participants point out that global climate change and disasters have the most impact on communication and interaction ($f=30$), measurement and evaluation ($f=26$) and learning environments ($f=23$) in the learning/teaching process in higher education.

The participants also provided a range of suggestions to address the situations arising from the effects of disasters on higher education and the learning and teaching process:

Ensuring continuity of education: Measures should be taken to ensure that students affected by disasters can continue their education without interruption. These measures include addressing internet access problems, expanding distance education opportunities, and catering to the housing and nutritional needs of students.

"To solve internet access problems, the internet infrastructures of universities can be strengthened. Free internet access can be provided to students."

Providing psychological support: Disasters like earthquakes have the potential to profoundly traumatize students. Therefore, psychological support should be made available to students who have been affected by such disasters. This support plays a critical role in helping students express their emotions and develop coping mechanisms to deal with their experiences.

"Distance education opportunities can be improved. In this context, universities' distance education platforms can be enhanced and

students' access to distance education can be made more accessible."

"Psychological counselling centers can be established at universities to provide psychological support to students affected by the disasters. These centers can provide the necessary support for students to express their emotions and develop coping mechanisms."

Being prepared for disasters: While it is impossible to predict precisely when a disaster will occur, it is entirely possible, and indeed necessary, to be prepared for a potential disaster. In this context, disaster management plans should be prepared for higher education institutions and these plans should be regularly updated to ensure their relevance and effectiveness.

"Disaster plans should be prepared for higher education institutions. In these plans, the precautions to be taken against the possible effects of the disasters and how these measures will be implemented should be clearly outlined."

"Disaster plans should be prepared for higher education institutions and these plans should be regularly updated to ensure they remain relevant and effective."

"Psychological support activities for students affected by the disasters can be carried out not only by universities, but also by local governments and non-governmental organizations. Collaborative efforts can enhance the reach and effectiveness of these support activities."

Findings on the Impact of AI on Higher Education

Participants were asked about their use of artificial intelligence in the education/training process. According to the response, only 6 out of 34 participants use artificial intelligence in education. They stated that they use it to question the answers to exam questions, to reveal discussions on a topic written on the internet, to benefit from images and videos, and to translate foreign languages without distorting the entire text.

7 participants use artificial intelligence 1-2 times a month, 6 participants use artificial intelligence 1-2 times a week, and 1 participant uses artificial intelligence applications every day. ChatGPT comes first among the most well-known artificial intelligence applications they use. Others are DeepL, Google Assistant, Google Bard, Copy.ai, Grammarly, Dall-E, Dante.ai, ElevenLabs, Prime Voice AI, Bing, Duolingo.

According to the participants, the positive effects of Artificial Intelligence on education/training processes are as follows:

- **It will make the learning process more efficient and effective:** Artificial intelligence can help students better understand their individual learning needs and provide them with personalized learning experiences. It can also be used to monitor and evaluate students' academic achievement.

"It can be prevented from wasting time for faculty members. We know that there are applications that perform some tasks instead of faculty members, and we use them. For example, in the future, faculty members can prepare the materials needed using artificial intelligence and digitize books. This saves time"

- **It will make the learning process more accessible:** Artificial intelligence can provide learning environments suitable for students with different learning styles and needs. It can also facilitate access to educational materials and resources.

"Different contents can be collected in one place in the learning environment. For example, right now, when you ask me to tell you about a topic, famous chatbots can bring you the content you want. Therefore, he can also prepare a learning material himself. In fact, when you ask me to prepare a presentation on this subject, it can create the presentation. In the near future, the teaching function may be completely taken over by AI."

- **It will make the learning process more fun and interesting:** Artificial intelligence can make the learning process more fun and engaging by using games, simulations and other interactive tools.

"Student-teacher interaction may be suitable for detecting "distracted or bored students" in fully online classes."

According to the participants, the negative effects of Artificial Intelligence on education/training processes are as follows:

- **It can distract the learning process from human interaction:** Artificial intelligence can reduce students' interaction with teachers and other students. This can negatively impact students' ability to socialize and develop critical thinking skills.
- **It can cause students to become lazy:** Artificial intelligence can make it difficult for students to manage and take responsibility for their own learning. This can cause students to become lazy and lose motivation to learn.
- **It may cause students to acquire incorrect information:** Artificial intelligence may cause students to obtain information from unreliable sources. This can cause students to gain incorrect information and make wrong decisions.

"In the assigned writing assignments, there will be tools from which students can use sample sentences. Other than that, it won't have much of an impact."

"As helpful as it will be, it will also make it more difficult for students to evaluate."

"It can make people accustomed to laziness. It may also raise doubts as to whether the information given is from a reliable source."

According to the participants, the themes extracted regarding the requirements in artificial intelligence are as follows:

- **Education:** Education is needed to gain knowledge about the basic concepts, applications and uses of artificial intelligence. This training can be formal or informal. Formal education can be in the form of artificial intelligence courses given at universities or online courses. Informal education can be obtained from sources such as books, articles, blogs and videos.
- **Infrastructure:** Artificial intelligence applications require access to computers, software, and other hardware required. This infrastructure is available at universities, research institutions and some private companies.
- **Time:** Artificial intelligence is a complex technology. It takes time to learn and use this technology.

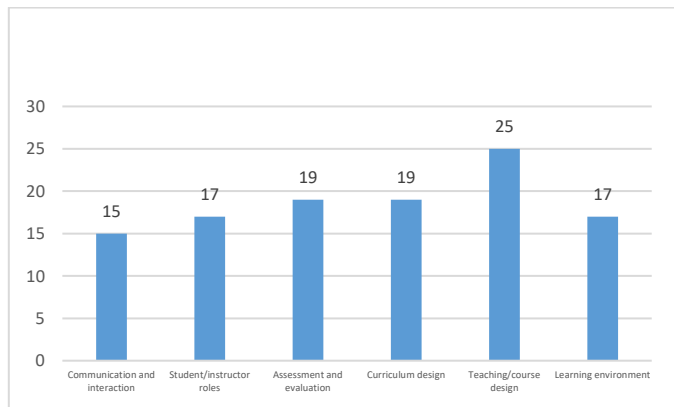
"The entire process on AI from start to finish."

"I would like to be intentional about the logic in machine learning courses, about training artificial intelligence."

"Asking the right question, getting the most efficient answer."

" Motivation to access and try applications. "

Table 2. The areas that are affected by AI in the learning/teaching process in higher education



According to Table 2, participants think that AI has the most impact on teaching and course design ($f=25$).

To meet the needs of participants regarding Artificial intelligence, the following are their recommendations:

- Artificial intelligence courses and programs should be expanded in universities. These courses and programs will enable students to acquire basic and advanced knowledge about artificial intelligence.
- Free and open access educational resources on artificial intelligence should be created. These resources will be accessible to anyone who wants to learn about artificial intelligence.
- Incentives should be provided for the dissemination of artificial intelligence applications. In this way, people will gain more experience in using and developing artificial intelligence applications.

IV IMPLICATIONS

The results showed that increased use of online technologies, quality education, equal access and effective preparedness are the main issues related to disasters and crises. Participants stated that situations such as earthquakes, floods, global epidemics and climate crises have led to increased use of distance learning, decreased motivation and lack of social interaction. They found that teacher/student roles and programme design were the main areas most affected. Therefore, issues related to quality education such as

accessibility, inclusion and effective preparation for sustainable opportunities were highlighted.

Participants also raised concerns about the potential uses of GenAI, mentioning both positive aspects such as increased accessibility and effectiveness, and negative aspects such as reduced human interaction and disinformation risks. They argued that there is a strong need for an educational model that promotes critical thinking skills in the generation of GenAI.

IV. CONCLUSIONS

The student and instructor perspectives acquired in this study imply several main issues for higher education:

- Use of distance education in case of disasters or crises need to be better designed
- Socioeconomic inequalities need to be better considered and handled
- Inclusive and sustainable educational settings are needed and preparations need to be made beforehand
- Courses and programs on AI need to be extended
- Open and free educational materials on AI are needed.
- Promotions on the effective use of AI needs to be supported.

It is imperative that higher education institutions and related stakeholders develop policies and make required improvements to handle the above-mentioned issues.

REFERENCES

- [1] Stracke, C.M.; Burgos, D.; Santos-Hermosa, G.; Bozkurt, A.; Sharma, R.C.; Swiatek Cassafieres, C.; dos Santos, A.I.; Mason, J.; Ossiannilsson, E.; Shon, J.G.; et al. Responding to the Initial Challenge of the COVID-19 Pandemic: Analysis of International Responses and Impact in School and Higher Education. *Sustainability* 2022, 14, 1876. <https://doi.org/10.3390/su14031876>
- [2] UN (2022a). The sustainable development goals report 2022. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/>.
- [3] Abdrasheva, D., Escribens, M., Sabzalieva, E., Vieira do Nascimento, D., & Yerovi, C. (2022). Resuming or reforming? Tracking the global impact of the COVID-19 pandemic on higher education after two years of disruption. UNESCO International Institute for Higher Education in Latin America and the Caribbean..
- [4] K Paoletti P, Di Giuseppe T, Lillo C, Ben-Soussan TD, Bozkurt A, Tabibnia G, Kelmendi K, Warthe GW, Leshem R, Bigo V, Ireri A, Mwangi C, Bhattacharya N and Perasso GF (2022) What can we learn from the COVID-19 pandemic? Resilience for the future and neuropsychopedagogical insights. *Front. Psychol.* 13:993991. doi: 10.3389/fpsyg.2022.993991
- [5] Guidi, E., Jensen, T., & Marinoni, G. (2023). Shaping Teaching & Learning and Internationalization beyond the Pandemic: A qualitative research project following the IAU Report: Higher Education One Year into the COVID-19 Pandemic. International Association of Universities.

A Psychophysiological Investigation of How Visual Perceptual Skills and Interaction Experiences of Visual Communication Design Students Change: Which Eye Tracking and Electrodermal Activity Metrics to Use?

Neslihan Erdem
Visual Communication Design,
Faculty of Communication,
Aydın Adnan Menderes University
Aydın, Turkey
neslihan.erdem@adu.edu.tr

Behiç Alp Aytekin
Visual Communication Design,
Faculty of Communication,
Aydın Adnan Menderes University
Aydın, Turkey
alpaytekin@adu.edu.tr

Abstract— Visual communication design is a field that aims to improve students' visual perception skills and interaction experiences during their education. In order to understand the results of this aim and the differences in experience by years, students studying visual communication design were categorized as novice (freshman year) and competent (senior year) students. This study aims to discuss which eye tracking and electrodermal activity metrics should be used to obtain more effective findings when investigating the visual perception skills and interaction experiences of novice and competent students studying visual communication design following a psychophysiological investigation.

Keywords—visual communication design education, visual perception, interaction experience, psychophysiological method, eye tracking, electrodermal activity

I. INTRODUCTION

Visual communication design is an interdisciplinary field that deals with how people/ users communicate and interact with visual and auditory stimuli between human-human, human- machine, and human-machine-communities. The starting point of this field is based on graphic design education. The graphic design education program has been constantly updated with the changes in social needs and the structure of production technologies and the inclusion of computers in design/production processes as of the 1980s. Thus, it has expanded its range from a traditional model focusing solely on graphic production structures to visual communication design/communication design education [1, 2]. Today, visual communication design education is seen as a field of education that aims to transfer knowledge and experience by combining communication disciplines with design, technology and production structures and techniques, and teaches students to construct current content and communication technologies and interaction needs for problem definition-oriented design solutions. For this reason, the development of students' visual perception skills and interaction experiences in the visual communication design education process is aimed as a basic formation construct and building block during the education.

The main research question of the study focuses on understanding the impact on visual perception skills and interaction experience. In this context, the study seeks an answer to the question of what are the effects of visual communication design education on students' visual perception skills and interaction experiences with which psychophysiological data metrics should be examined in terms of eye tracking and electrodermal activity metrics.

The study focuses on understanding the technical knowledge, visual perception skills and interaction experiences of visual communication design students as a result of their interactions with the people, courses, contents, materials, events and situations they interact with during the education process. For this reason, students were first categorized as novice students (freshman year) and competent students (senior year) with reference to and Dreyfus and Dreyfus [3] and Benner's [4] theories of skill acquisition. With this approach, it is thought that the similarities and/or differences in visual perception skills and interaction experience between the two groups will be revealed more easily. Based on this classification, information on which eye-tracking metrics and which electrodermal activity metrics will enable us to better understand the similarities/differences in visual perception skills and interaction experience is discussed in the text.

II. METHOD

Understanding the effects on the visual perception skills and interaction experiences of visual communication design students requires long-term field studies that cover a season-long educational period. This preliminary study aims to understand which eye tracking and electrodermal activity metrics will be more effective in understanding visual perception skills and interaction experience variables, and to pre-design their use before starting the in-depth research process in the field. At this point, the approach of Saiz-Manzanares et al. [5] in their article Application and challenges of eye tracking technology in Higher Education and their previous studies constitutes the reference point of the study. Saiz-Manzanares et al.'s [5] approach and understanding of metrics in their research on the use and applicability of eye-tracking technology in Higher Education also determined the basic trajectory of the approach in our study.

Although psychophysiological data collection tools and techniques are very diverse (EEG, fMRI, Eye Tracking, EDA, FACS), it is thought that the long-term field experience envisioned in the design can be carried out most effectively with eye tracking and electrodermal activity techniques. At this point, it was preferred that the tools and measurement techniques used should be able to obtain data with minimal intervention and movement restrictions so as not to interfere with physical activity and design processes throughout the field [6]. In addition, the ease of application of the techniques used in order to make students feel closest to their natural environment and to avoid creating the feeling of an experimental environment was considered as the reason for their preference. In addition, the two main psychophysiological techniques will be preferred for data collection because they contain metrics that can distinguish cognitive differences in visual perception skills and interaction experience.

While conducting long-term fieldwork, the Tobii Pro Glasses 2.0 eyewear model and the Tobii Pro Fusion screen-based eye-tracking device are planned to be used together or interchangeably as eye-tracking technology in certain situations and scenarios. The Shimmer GSR+ electrodermal activity device, on the other hand, allows the collection of motivational data such as SCL, SCR and e-SCR, and the ability to simultaneously obtain pulse data as a metric thanks to the PPG to ECG algorithm of the device is considered as an advantage of the technique.

While focusing on eye tracking and electrodermal activity metrics from psychophysiological techniques, the advantages of eye tracking are that it can reveal the attention, perception, problem solving, visual information processing aspects of visual perception skill [7], while electrodermal activity provides an important trace to reveal how the motivational state is affected by the stimuli that the person interacts with and at the points where the experience occurs. At the same time, when these two techniques are used together, it is seen as an important component of the process, especially in terms of understanding how and in which situations the cognitive load in the visual perception process coincides with the motivational state measurement.

When we look at the measurement metrics that the eye tracking technique can perform; area of interest (AOI), area of interest visit (AOI Visit), area of interest mouse click (AOI Click), area of interest glance (AOI Glance), saccade, fixation, first fixation etc. It is seen that there are many measurable retinal trace analysis components [8]. Electrodermal activity (EDA) metrics include skin conductance level (SCL), skin conductance stimulation response (SCR) and event-related skin conductance stimulation response (e-SCR) data [9].

Psychophysiological measurements are classified according to nervous systems in various studies [10, 11]; facial expression analysis and eye tracking are in the somatic nervous system, while electrodermal activity (EDA) and cardiovascular activity (ECG) are in the autonomic nervous system. The somatic and autonomic nervous systems are components of the peripheral nervous system. Since the data are obtained from the autonomic sympathetic nervous system, it allows the collection of unique findings for each participant, independent of the participant's cognitive efforts and without intervention [12].

The eye tracking and electrodermal activity metrics in the tables below provide details on how and with which metrics the relationship between visual perception skills and interaction experience differences/similarities between novice and competent students will be found during the study:

TABLE I. EYE TRACKING METRICS AND LEARNING RELATIONSHIP

Eye Tracking Metrics		
Metric	Definition	Meaning
Gaze Plot (Visual Metric)	The Gaze Plot shows the effort expended to look at locations in the stimulus, the eye movement order and the times of cognitive load. The circle with the number "1" on it identifies the first gaze on the stimulus. Subsequent numbers track the location and sequence of gaze, while it is also possible to see meaningless saccades. The time spent in perception, commonly referred to as the fixation duration, is indicated by the enlargement of the diameter of the numbered circles. The larger the diameter, the greater the focus of gaze and hence the greater the cognitive load.	It is considered as one of the main visual metrics to distinguish competent students from novice students. It is thought that the gaze and perception processes of novice and competent students on stimuli will work differently from each other. In particular, the first fixation area (FFA) and duration (FFD) contain many valuable data components for the analysis of general eye tracking, scanning capacity and cognitive load points specific to each participant. In addition, it will enable the creation of a comparative data pattern based on many demographic features and additional features if desired, along with the competent and novice student breakdown.
Time to First Fixation Duration	Time to First Fixation Duration is the time from the start of a mission to the first fixation of a specific area of interest.	It can be predicted that there are differences between competent and novice students in their time to first fixation duration (TFFD) according to the content they look at. As students' visual perception skills and interaction experiences increase, they are likely to perceive the stimuli they see with a faster and more intense gaze pattern.
First Fixation	First Fixation corresponds to the point at which the eye fixates for the first time at the beginning of a task and a meaningful cognitive load occurs.	It can be assumed that there will be a significant difference between competent and novice students in terms of first fixation points. It is considered that an competent eye will act differently than an novice eye in its gaze and perception skills against visual stimuli.
Fixation Duration	It is an indicator of people's level of cognitive interest in stimuli and their response time to stimuli. Fixation duration provides information about the scanning process and concentration. Longer gaze fixations may indicate deeper	It can be considered that it can help to determine the level of reflection of each student's visual perception skills during a task [13, 14, 15, 6].

Eye Tracking Metrics		
Metric	Definition	Meaning
	information processing/cognitive load. Or it may indicate a state variable that is not understood in the relevant gaze fixation.	
Visit Count	Refers to the number of visits to an area of interest (AOI) over a given period of time.	It is expected to indicate the intensity of students' attention or interest towards a particular point of the stimulus. It may also be an indication that the user is experiencing cognitive load or difficulty with the information they are focusing on, as in the case of fixation duration [13, 14, 15, 6].
Saccade Count	It refers to the number of saccade during the gaze process for each stimulus. Eye jumps represent meaningless eye movements without cognitive load and focus. Fewer or more saccades may represent lower or higher cognitive effort.	More saccades could mean that the students more prompting strategies to accomplish a task. It may also indicate a lower level of prior knowledge. Complex tasks involve more saccades than simple tasks [16, 6].

^a For the meanings of the eye-tracking metrics, Tobii Pro Lab User Manual v1.1207 was used. The relationship between the metrics and their meanings is based on and adapted from the work by Sáiz-Manzanares et al. [8, 13, 14, 15, 6].

TABLE II. ELECTRODERMAL ACTIVITY METRICS AND LEARNING RELATIONSHIP

Electrodermal Activity (EDA) Metrics		
Metric	Definition	Meaning
Skin Conductance Level	The electrodermal skin conductance level can be used to discriminate a person's response to a motivational affective state variable with reference to their basal metabolic electromagnetic stimulation level.	In novice students, more or less motivational affective state variables can be observed against stimuli than competent students. It is thought that prior knowledge and practice in the process of encountering a stimulus, that is, the experience that is formed by interaction, can be observed as an important variable at this stage. Novice students may be more or less aroused by stimuli than competent students. When a stimulus is interpreted as an event or situation variable, it is considered that it will work to reveal the comparative motivational state variable difference between the reactions of competent and novice students.
Skin Conductance Response and Event Related Skin Conductance	SCRs are produced in response to a specific event (e.g. a visual stimulus or an unexpected	Novice students may show more or less arousal to stimuli than competent students. When a stimulus is interpreted as an event or state variable, it is considered that it will work to reveal the

Electrodermal Activity (EDA) Metrics		
Metric	Definition	Meaning
Response	event). The event-related electrodermal skin conductance response (E-SCR) is known as the event-related electrodermal skin conductance response. It is used in research to link changes in emotional arousal to a specific stimulus.	comparative motivational state variable difference between the responses of competent and novice students.
GSR Average	Electrodermal Skin Response average, can be filtered for each time of interest, with averages, medians and counts for each participant.	The participants' response to a stimulus, the state that develops during the stimulus, and the motivational state at the end of the stimulus can be realized at different levels. At this point, the entry, exit and average metric on the stimulus provides an important metric for a general comparison among groups.
SCR Count	The number of Electrodermal Skin Response Responses (SCRs) can be expressed as each interval at the time of interest with means, medians, counts, variances and standard deviations (n-1). The number of peaks and troughs during motivational affective state variable constitutes an efficient quantitative data set in some studies and fields. It can be used in some scenarios of the study.	It is possible to quantitatively evaluate the skin conductance responses of novice and competent students and to make a comparison between the two groups with the numerical data obtained. It can be predicted that the number of skin conductance responses of novice students to unfamiliar content may be higher, while the number of skin conductance responses of competent students may be lower. In the case of selecting stimuli that are of interest to competent students and that will attract their attention, the situation may be reversed and it may be possible to get more skin conductance responses from competent students.

^b. The meanings of the electrodermal activity metrics are based on and edited from Tobii Pro Lab User Manual v1.1207 [8].

III. CONCLUSION

In this study, it is argued that analyzing how visual perception skills and interaction experiences of novice (freshman year) and competent (senior year) visual communication design students are affected by eye tracking and electrodermal activity metrics would be useful in obtaining more effective and in-depth findings. A preliminary field study with the relevant metrics will provide a strong reference point on how the evaluated metrics will yield results. Based on this reference point, it is

envisaged that a high level of benefit will be obtained from the psychophysiological data to be collected in the scenarios designed with the phases and stimuli in long-term field studies. With the contributions of supporting and testing techniques and methods as an additional approach, it will be possible to construct and implement a mixed method approach research format based on psychophysiological data collection. In this way, realistic and in-depth findings on the visual perception skills and interaction experience variables of novice and competent students in the visual communication design education ecosystem can be accessed. It is aimed that the findings obtained will turn into scientific knowledge that will positively affect visual communication design education.

REFERENCES

- [1] Icoграда, Design Education Manifesto. Montreal, 2000.
- [2] Icoграда, Design Education Manifesto. Seoul, 2011.
- [3] S.E. Dreyfus and H.L. Dreyfus, A Five-Stage Model of the Mental Activities Involved in Directed Skill Acquisition. Storming Media, Washington DC. 1982.
- [4] P. Benner, From Novice to Expert. *American Journal of Nursing*, 82, 402-407. 1982. <https://doi.org/10.1097/0000446-198282030-00004>
- [5] M. Saiz-Manzanas, R. Sánchez, L. Martín Antón, L. Almeida and M.-Á. Carbonero-Martín, *Application and challenges of eye tracking technology in Higher Education*, *Communicar*, 76. 2023. <https://doi.org/10.3916/C76-2023-03>
- [6] L. Copeland, "How researchers are beginning to gently probe the science behind ASMR". March 16, 2017. <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/researchers-begin-gently-probe-science-behind-asmr-180962550/> (accessed July 13, 2023).
- [7] Tobii, "Eye tracking in psychology and neuroscience research", 2023. Available: <https://www.tobii.com/solutions/scientific-research/psychology-and-neuroscience>, Accessed on: June 14th, 2023.
- [8] Tobii Pro Lab. *Tobii Pro Lab User Manual*, 2022.
- [9] W. Boucsein, *Electrodermal Activity*. Boston: Springer, 2012. 10.1007/978-1-4614-1126-0
- [10] U. Garczarek-Bąk, "An overview to neuromarketing research methods", *Managing Economic Innovations-Methods and Instruments*, 54, 2019.
- [11] B. Pierański, "Physiological measurement as a (controversial) research method", *Managing Economic Innovations-Methods and Instruments*, 38, 2019.
- [12] M. S. Aydın, K. Depboylu, and N. Erdem, "Biometric data harvesting: Proposals on remote biometric data harvesting and measurements in human behaviours scope", in Zeynel Karacagil (Ed.), *Current Debates on Social Sciences 7 Human Studies*, pp.107-113. Ankara: Bilgin Kültür Sanat Yayınları, 2021.
- [13] M.C. Sáiz-Manzanas, J.J. Rodríguez Díez, R. Marticorena-Sánchez, M.J. Zaparaín-Yáñez and R. Cerezo Menéndez, Lifelong learning from sustainable education: An analysis with eye tracking and data mining techniques. *Sustainability*, 12(5), 2020. <https://doi.org/10.3390/su12051970>
- [14] M.C. Sáiz-Manzanas, I.R. Pérez, A.A. Rodríguez, S.R. Arribas, L. Almeida and C.F. Martín. Analysis of the learning process through eye-tracking technology and feature selection techniques. *Applied Sciences*, 11(13), 2021. <https://doi.org/10.3390/app11136157>
- [15] M.C. Sáiz-Manzanas, R.J. Payo-Hernanz, M.J. Zaparaín-Yáñez, G. Andrés-López, R. Marticorena-Sánchez, A. Calvo-Rodríguez, C. Martín and Rodríguez-Arribas. Eye-tracking technology and data-mining techniques used for a behavioral analysis of adults engaged in learning processes. *Journal of Visualized Experiments*, 172 (e62103), pp.1-16, 2021. <https://doi.org/10.3791/62103>
- [16] J. Kulomäki, L. Oksama, E. Rantanen and Hyönä, J., Attention control in a demanding dynamic time-sharing environment: An eye-tracking study. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 84, pp. 352-371, 2022. <https://doi.org/10.3758/s13414-021-02377-z>

A Temporomandibular Joint Course with Metaverse Experience

Burak Kizilkaya
Graduate School of Natural and
Applied Sciences of Atilim University
Ankara, Turkiye
burakkizilkaya@gmail.com

Mehmet A. Kilicarslan
Faculty of Dentistry, Ankara University
Ankara, Turkiye
mmkilicarslan@yahoo.com

Saliha Zerdali Ekici
Faculty of Dentistry, Ankara University
Ankara, Turkiye
salihazerdali@gmail.com

Aykut Gonder
Republic of Turkiye Social Security
Institution (SGK)
Ankara, Turkiye
gonderay@hotmail.com

Bilge K. Pamuk
MedeaSoft,
Ankara, Turkiye
bilge_kagan_pamuk@hotmail.com

Damla Topalli
Faculty of Computer Engineering,
Atilim University
Ankara, Turkiye
damla.topalli@gmail.com

Fulya Basmaci
Faculty of Dentistry, Yildirim Beyazit
Ankara, Turkiye
fulyabasmaci@gmail.com

Nergiz E. Cagiltay
Faculty Software Engineering, Cankaya
University
Ankara, Turkiye
necagiltay@gmail.com

Abstract—The Temporomandibular Joint (TMJ) is a complicated human body part which is important and very critical for several diseases related to human mouth and dental conditions. TMJ basically enables the performance of chewing and speaking functions in the human body and attracts great attention from dentists, orthodontists, clinicians, and radiologists. Because of its complicated structure and behaviours, for dentists, it is not always easy to visualize and understand the TMJ behaviours of the patients. One of the most important anatomical structures of TMJ is the articular disc. The articular disc has a roughly oval shape and provides gliding actions between the temporal and mandibular articular bones and the hinging action. Because of such very complex interactions and anatomical structures in this part of the human body, it is hard to diagnose TMJ-related disorders. This complexity is caused mainly as because it is hard to visualize the TMJ structures and different behaviours from outside the human body. In this study, virtual human body parts were developed to simulate the TMJ behaviours of human beings. In this study, the details of the developed system are described by considering the designed virtual model details as well as the user interactions. The instructor and student users' experiences in the Metaverse-based classroom and their interactions with students, instructors as well as with the virtual simulated model are all described. This study is the first attempt to support the TMJ courses with metaverse metaverse-enriched instructional environment through synchronized or asynchronous learning models. The results of this study aimed to build a model for better designing future classrooms with metaverse interactions and virtual reality experiences. According to the results of this study, it can be concluded that it is possible to create a metaverse for better working in TMJ anatomical structures and its simulated functionalities in three-dimensional virtual worlds. This provides the trainees to experience and see the functionalities of the TMJ from different perspectives and angles. Additionally, they can discuss and work on simulated virtual structures with their classmates and with the experts worldwide enabling them to meet in the same virtual classroom.

Keywords— *Temporomandibular Joint; TMJ; Virtual Reality; metaverse; simulation*

I. INTRODUCTION

TMJ of the human body has a complex structure. Even though the human motor system mechanics have been resolved, their integration into a system is still a complex process to be resolved [1]. Researchers suggest computer simulations of the motor system to better understand such complex structures [1]. Despite several affords to understand the anatomy of the jaw muscles and their related soft tissues within the adductor chamber [2, 3], interpreting their ontogeny, function, and evolution remain as a challenging process. In a recent survey study, researchers have identified that the detailed anatomy of the temporomandibular joint is one of the top priority topics of the learners from their dental curricula that would be beneficial when introduced with 3D learning resources [4].

The three-dimensional (3D) modelling and simulation-based approaches now allow us to see and reconstruct this muscle architecture together and contribute to experts making more accurate predictions on this subject. In the literature, there are some attempts to create a 3D temporomandibular joint (TMJ) model with 3D virtual reality and mandibular function animation to provide study material for a better understanding of the anatomic structures of TMJ [5]. Studies also report that 3D Virtual Reality (VR) representations of TMJ are useful for preoperative planning and can be used as an intraoperative guidance tool [6].

Thus, through these models, it is possible to reveal new information about the genetics, diversity, and function of the jaw muscles [7]. However, there are very limited examples of TMJ simulations of the human body in the literature [8]. Accordingly, in this study, a real human TMJ simulation is developed for a 3D environment, and it is served for the study of dental education programs through a user interface with metaverse concepts. In this study the details of the developed system are described.

II. META4DENTA-TMJ METAVERSE EDUCATION

The Meta4Denta-TMJ education system provides a better understanding and experience of people on human TMJ and its relations with the muscles and tooth in a simulated environment. In this environment, first, a 3D model for the human TMJ was developed.

A. 3D Human Model for TMJ

The 3D human model is developed based on the anatomical structures of human beings. As seen in Fig. 1 the details about the TMJ and related anatomical structures of human beings are developed by eliminating the other anatomical structures.



Fig. 1 3D Human Model for TMJ

The developed model is provided through a virtual reality (VR) environment with Oculus VR glasses. In this virtual environment, the users can move around the model, and be able to open and close the mouth in different alternative ways (see Fig. 2). The model simulates all behaviours of human TMJ.

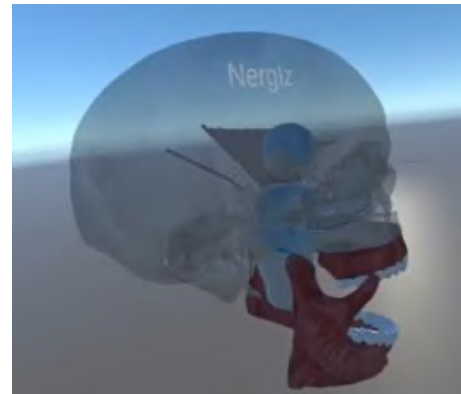


Fig. 2 3D Human Model for TMJ - Interactions



Fig. 3 3D Human Model for TMJ - Interactions

Hence, as seen in Fig. 3, the users can inspect the 3D model from different angles, even from inside the 3D model.

This helps the user to better visualize the TMJ behaviours under different conditions from different angles. In the end, it provides a better understanding of different chin movements and their interactions with related anatomic structures. In this way, the user can see interactions and the cause-effect relationships among different anatomical structures related to the TMJ.

For instance, the related muscles can be monitored during this process (see Fig. 4). Additionally, the angles of the chin movements are shown on the 3D model to make it clearer to understand. The posture diagram of the posture opening is also represented in the 3D environment.

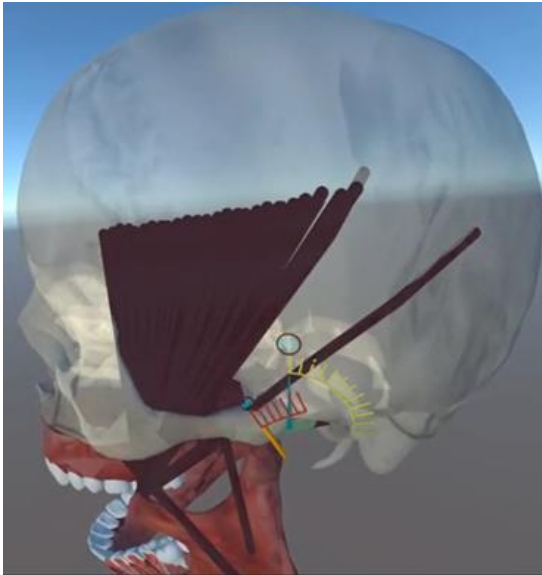


Fig. 4 3D Human Model for TMJ - Interactions

B. User Interactions with the 3D Model

The user may have several interactions in this virtual environment. The interactions are controlled by the controllers coming with the VR glasses. The buttons on the controller are programmed for different purposes to provide the best interaction experience for the user. The main interactions are summarized below:

- Through the controllers, the users can open and close the mouth of the 3D model.
- Through the controllers, the users can see related Posselt diagram of it.
- Through the controllers, the users can close the mouth of the 3D model.
- Users can walk around the 3D model and investigate the movements and interactions among different anatomical structures from different angles.
- Users are also able to walk inside the 3D model to watch the interactions from the inside or other angles.

C. Metaverse Education Environment

After the design and development of the 3D model, and the user interface providing functionality to interact and better investigate the system, the whole system is adapted to the metaverse concept. In this world, several users can register to the system and meet at the same virtual room. After registration, each user represented in the system through their own special avatars. Their names on top of the avatars are also shown to make it clear for other participants recognise each other.

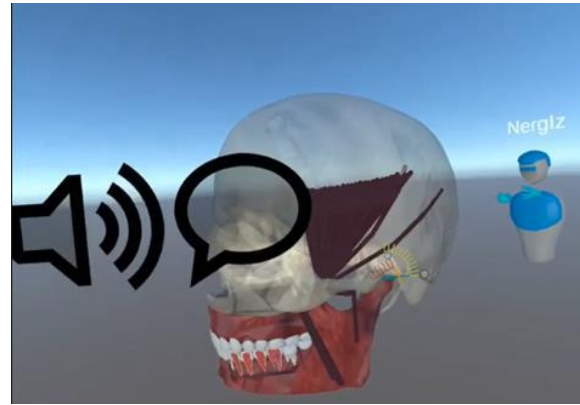


Fig. 5 Metaverse Interactions in Meta4Denta- TMJ

In this metaverse, all users can connect from any place in the world. They can talk and hear their voices through the VR glasses. Hence this environment is appropriate to create a virtual classroom to discuss, teach and visualize the concepts, theories, and relationships about the human TMJ.

III. DISCUSSION

In this study, anatomic structures of human TMJ are simulated in a 3D virtual environment and the simulations are provided to the users through VR glasses with a metaverse user interface. Such a system provides several potential benefits for different purposes. For instance, a review study was conducted on 30 articles to better understand the impact of digital technologies on temporomandibular joint reconstruction surgeries and they report that assisted and virtually planned surgeries are better than the conventional approaches [9]. Hence, such simulations and 3D virtual environments potentially cause some positive improvements to better prepare surgeons for their surgical procedures. When the studies in the literature are analysed, there are some attempts to create such environments, showing several potential benefits of 3D virtual simulated models of TMJ. However, by implementing these systems in the metaverse, a new perspective can be gained to provide an interactive experience for the trainees in a virtual world. Besides, as there are very limited specialists in TMJ anatomy, it also provides synchronized or synchronized instructional opportunities for meeting experts and trainees from anywhere in the world in this virtual environment. Additionally, the virtual interactions with the simulated model and classmates as well as with the instructors possibly will improve the level of learning in this virtual environment and create a base for discussions and conversation like in real classrooms.

IV. CONCLUSION

As a conclusion, in this study, very complex anatomical structures of TMJ simulation and its experience in a metaverse are discussed. In the future, this environment and its possible instructional implementations need to be evaluated experimentally. However, this study shows the possibility of creating such virtual environments and its possible benefits for teaching and learning as well as surgical procedures such as surgical planning and better strategic surgery decisions. We believe that by integrating these systems into the traditional training programs, several benefits for the dental faculties and trainees could be gained.

V. REFERENCES

- [1] Otten E. 2001. The motor system: The whole and its parts. *Neural Plast.* doi: 10.1155/NP.2001.111.
- [2] Iordansky NN. 1964. The jaw muscles of the crocodiles and some relating structures of the crocodilian skull. *Anat. Anz.* .
- [3] Lessner EJ, Holliday CM. 2022. A 3D ontogenetic atlas of Alligator mississippiensis cranial nerves and their significance for comparative neurology of reptiles. *Anat Rec.* doi: 10.1002/ar.24550.
- [4] Poblete P, McAleer S, Mason AG. 2020. 3D Technology Development and Dental Education: What Topics Are Best Suited for 3D Learning Resources? *Dent J.* doi: 10.3390/dj8030095.
- [5] Cascone P, Rinaldi F, Pagnoni M, Marianetti TM, Tedaldi M. 2008. Three-dimensional temporomandibular joint modeling and animation. *J Craniofac Surg.* doi: 10.1097/SCS.0b013e31818ac1f0.
- [6] Bradley D, Willson T, Chang JB, Gandolfi B, Zhu TR, Bradley JP, Lee JC. 2019. Intraoperative Three-dimensional Virtual Reality and Computed Tomographic Guidance in Temporomandibular Joint Arthroplasty of Syndromic Craniofacial Dysostoses. *Plast Reconstr Surg - Glob Open.* doi: 10.1097/gox.0000000000002388.
- [7] Holliday CM, Sellers KC, Lessner EJ, Middleton KM, Cranor C, Verhulst CD, Lautenschlager S, Bader K, Brown MA, Colbert MW. 2022. New frontiers in imaging, anatomy, and mechanics of crocodylian jaw muscles. *Anat Rec.* doi: 10.1002/ar.25011.
- [8] Movahed R, Wolford LM. 2015. Protocol for Concomitant Temporomandibular Joint Custom-fitted Total Joint Reconstruction and Orthognathic Surgery Using Computer-assisted Surgical Simulation. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* doi: 10.1016/j.coms.2014.09.004.
- [9] Kumar S, Khanna V, Singh BP, Mehrotra D, Patil RK. 2021. Impact of technology in temporomandibular joint reconstruction surgeries: A systematic review. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg.* doi: 10.1016/j.bjps.2020.12.077.

Analysis and Modeling Automated Product Quality Control for Machine-building Industries

Javanshir Mammadov
Automatic and control
Sumgait State University
 Sumgait, Azerbaijan
 cavan62@mail.ru

Ganima Ghuseynova
Electro-mechanic
Sumgait State University
 Sumgait, Azerbaijan
 ramiz_hu@mail.ru

Tarana Safarova
 Information technology and
 programming
Sumgait State University
 Sumgait, Azerbaijan
 tarana.safarova.70@mail.ru

Sabina Aliyeva
Automatic and control
Sumgait State University
 Sumgait, Azerbaijan
 sabina-1975mm@mail.ru

Abstract— Based on the analysis of existing methods for quality control of industrial products, the purpose of the article and the issues of their solution were determined. The set task for product quality control was implemented using the example of a flexible production system (FPS) for the production of aluminum evaporators. The research object under consideration was analyzed and for each flexible automated section a control system was defined for technical monitoring of the manufacturing process and the quality of the object itself. The technological description of the quality control process during the stage-by-stage production of aluminum products was described in the form of a table using the relational method. Also, using the production modelling method, a logical modelling algorithm was created for each flexible automated section of FPS with values for controlling the size of workpieces, temperature conditions of annealing, drying in different ovens of sections, pressure during cold welding, and blowing of channels on hydraulic presses.

A general scheme of the system is proposed control in the positions of active elements of FPS which allows to provide the construction of an automated scheme for quality control of aluminum evaporators. An algorithm for stage-by-stage quality control of aluminium evaporator manufacturing based on the rules of the production model and an optimization method is proposed for the correct choice of the dimensions of aluminum blanks at flexible automated sections (FAS1 and FAS2), the thickness of blank polishing, the application of a stencil pattern in accordance with the evaporator model, and also to ensure optimal temperature conditions in all FASi furnaces.

Keywords— *Quality control, flexible automated section, aluminum evaporator, flexible production system, aluminum billet, production model, optimization method, automation scheme.*

I. INTRODUCTION

The economic growth of developing countries largely depends on the adoption of the most advanced automation and control technologies in their industries. One of such innovative systems is a flexible production system that ensures high-quality production of products for various purposes through the use of flexible automated control

technologies [1, 2]. The lack of effective local and integrated management tools and their information support at a large number of enterprises in various industries complicates the process of searching and selecting management tools for flexible production systems, especially at the stage of designing the architecture of an automated system . enterprise control .

Control and testing (operational control) in the process of manufacturing products are an integral part of the technological process of manufacturing products [3, 4]. Quality control in the production process allows you to control the execution of technological operations and achieve early exclusion of low-quality products, as well as to carry out preventive technological and management measures.

One of the main requirements for ensuring the stable development of the modern world economy is the production of high-quality products. For this purpose, technical control, visual vision systems, intelligent control systems and international quality standards are used in automated production lines of production enterprises operating in the field of mechanical engineering, from the input of raw materials to the release of final products [5]. Based on a comparative analysis [6, 7] carried out in connection with this issue, it was determined that the development of a mobile, flexible and accurate system for monitoring the quality of products based on an automated control system (ACS) in the technological line of a machine-tool construction enterprise is considered scientifically relevant problem.

Recently, algorithmic methods are increasingly used to improve the accuracy of research into product quality control processes [8, 9]. Also logical algorithms are widely used to efficiently solve this type of problems [10]. Decision-making algorithms of control systems are formed on the basis of data arrays $\{x_i\}$ and $\{y_i\}$. Mathematical expectations in a step-by-step problem m_z allow you to determine the root mean square value of the deviation of the elements of the array σ_z . Based on these data, new $\{A_i\}$ under the proposed invariant conditions, their elements are determined by the rules where the following array is formed [11]:

$$IF x_i < m_z, THEN A_i = m_z$$

$$IF x_i > m_z, TO A_i = x_i$$

And the algorithm for product quality control and decision making proposed in [11] is that 2- and 3-dimensional geometric parameters are estimated to recognize the entire perimeter of the upper surface of objects. In order to increase the reliability of recognition of product samples, a mathematical model of the assessment process was proposed, taking into account the important metrological parameters of the measuring channel [12]:

$$d = \sum d_i = f(x_i, y_i, \sigma_x, \sigma_y, \delta_{M\sigma}),$$

where are $\sigma_x, \sigma_y, \delta_{M\sigma}$, respectively, the arrays of sizes of the input parameters of the control object, the parameters of the reference object and the array of error values that may occur in the process of evaluating the object. To solve the problem, the method of selecting important elements of the array is used, that is, the method of stepwise regression. In the model of additive type, the values of most of the factors involved are entered

$$x_i, y_i, \sigma_x, \sigma_y, \delta_{M\sigma}.$$

Based on the analysis of the issue of product quality control in the FPS, it can be concluded that the methods and algorithms used [8-12] provide a solution to individual problems of production control of industrial enterprises, respectively, automate the process of visual control of temperature, pressure, and other parameters. In the case of manufacturing products in an enterprise of more complex operations (for example, cutting different sizes of workpieces, drawing the shape of patterns, their sizes, opening the required diameters of channels under pressure and other tasks), a new approach is required, more complex control methods for one complex enterprise - FPS.

In this regard, the article set a goal - to determine methods for monitoring product quality in a complex technological line for the production of an evaporator, to create an automated control scheme and a simulation model.

II. DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT FOR A PRODUCT QUALITY CONTROL SYSTEM BASED ON TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF THE RESEARCH OBJECT

One of the main issues arising from the purpose of the article is the definition of the object of study, its technological analysis, the establishment of a quality control system for products manufactured at production positions. In this regard, the technological process that ensures the production of evaporators used for household refrigerators was chosen as the object of study. The production of high-quality evaporators in a complex and large-scale production process requires the use of local product quality control systems in equipment, industrial robots, special manipulators and automatic lines of production process modules [13].

Since the production facility under study produces different types of products (evaporators), flexible automated sections (FAS) sequentially starting from the initial cutting of the aluminum sheet into parts to the internal opening of the evaporator channels and their packaging in the warehouse. FASi included in flexible production systems (FPS) has a complex layout structure (Fig. 1).

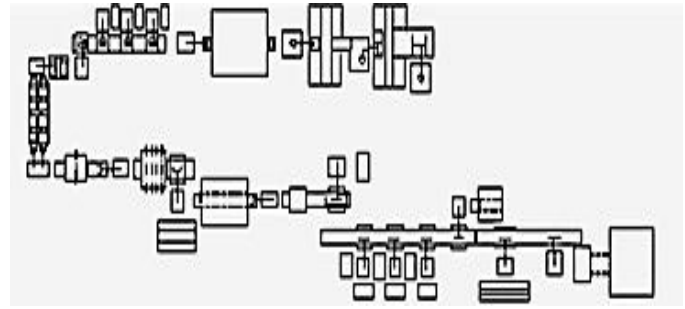


Figure. 1. The general scheme of the flexible production system for the production of aluminum evaporators for household refrigerators

If we take into account that in the FPS FASi perform sequential operations cutting blanks to the required dimensions, annealing them, polishing cleanliness, drawing a pattern of channels using a special paste, drying them, joining them, cold welding, straightening, cutting, heating, slotting, opening channels, drying, cutting and storage, then each FASi The State Border Service, depending on the purpose, has an appropriate product quality control system (Table 1).

TABLE 1. THE SEQUENCE OF STAGES OF QUALITY CONTROL OF THE EVAPORATOR AND THE CHOICE OF THE LIMITING VALUES OF THE MEASURED PARAMETER AT FAS1 AND FAS2 OF FPS

Name of the stage of the production process of the studied FPS (Stage _i)	Product quality control stage (CS _i)	Compliance with the flexible automated section (FAS1 and FAS2) of the FPS
Cutting an aluminum roll to length (Stage ₁)	Control of the width of the aluminum sheet after cutting the aluminum coil to length (CS ₁) (400 h 500 (mm))	FAS1
Cutting the workpiece in width (Stage ₂)	Control of the length of the aluminum sheet after cutting the aluminum sheet in width (CS ₂) (400 ÷ 500 (mm))	FAS1
Annealing of aluminum billet (Stage ₃)	Furnace annealing temperature control (CS ₃) (650 ≤ t _{Stage3} ≤ 700 (°C))	FAS1
Polishing an aluminum workpiece (Stage _{4.i} , where i= 1,3)	Polishing thickness control (0.5 ≤ δ _p ≤ 1 (mm))	FAS2
Drawing a pattern of channels on the polished surface of an aluminum billet using a special paste (Stage ₅)	Control aluminum evaporator pattern template (AC _i , where i is the i- th type of evaporator)	FAS2
Drying of aluminum blanks (Stage ₆)	Oven drying temperature control (CS ₃) (70 ≤ t _{Stage6} ≤ 80 (°C))	FAS2

According to the technological operations of the production under study in the manufacture of an aluminum evaporator, a structural analysis of the process of controlling its quality should be carried out according to a complex scheme for controlling a flexible production system [14]. Based on the technological features of FASi FPS proposed layout diagram of the system control (SC_{ij}).

For a complete picture of the control of technological operations of the FPS and the quality of the products, we will analyze each production site from Table 1 and ensure an accurate selection of parameters in accordance with temperature conditions, pressure measurement, required dimensions of the aluminum billet, evaporator and technical control means [15].

Due to the high functionality, complex technological characteristics and structure of the studied FPS during the manufacturing process, it is necessary to ensure the following issues of technological control [16]:

1. Temperature regime in each furnace FAS_i;
2. Correspondence of the dimensions of aluminum blanks when cutting to the dimensions of the evaporator;
3. Pressure measurements in technological equipment.

Cutting aluminium billet carried out on the basis of standard sizes. In this case, the control of aluminium blanks is checked according to the following conditions [17]:

$$\begin{cases} \text{if } P_1, \text{ then } a_1 \times b_1 \times \delta_1 \rightarrow 400 \times 400 \times 4 \text{ (mm)} \\ \text{if } P_2, \text{ then } a_2 \times b_2 \times \delta_2 \rightarrow 450 \times 450 \times 4,5 \text{ (mm)} \\ \text{if } P_3, \text{ then } a_3 \times b_3 \times \delta_3 \rightarrow 500 \times 500 \times 5 \text{ (mm)} \end{cases} \quad (1)$$

where P_i - parameters reflecting the dimensions of the perimeter of the i -th aluminum billet; and i is the length of the i -th aluminum billet; b_i - width of the i -th aluminum billet; δ_i - thickness of the i -th aluminum billet.

Safe manipulation zones for industrial robots (IR_i) and process equipment (PE_i):

$$\begin{cases} \text{if } IR_{x_i}, \text{ then } -0,1 \leq \Delta X_i \leq +0,1 \text{ (m)} \\ \text{if } IR_{y_i}, \text{ then } -0,15 \leq \Delta Y_i \leq +0,15 \text{ (m)} \\ \text{if } IR_{z_i}, \text{ then } -0,05 \leq \Delta Z_i \leq +0,05 \text{ (m)} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \text{if } PE_{x_i}, \text{ then } \Delta x_i \approx 0,15 \text{ (m)} \\ \text{if } PE_{y_i}, \text{ then } \Delta y_i \approx 0,15 \text{ (m)} \\ \text{if } PE_{z_i}, \text{ then } \Delta z_i \approx 0,35 \text{ (m)} \end{cases} \quad (3)$$

Ensuring the required temperature regimes in each furnace (F_i) FAS1, где $i = \overline{1,4}$

$$\begin{cases} \text{if } F_1, \text{ then } 650 \leq \Delta t_1 \leq 700 \text{ (} ^\circ\text{C)} \\ \text{if } F_2, \text{ then } 70 \leq \Delta t_2 \leq 80 \text{ (} ^\circ\text{C)} \\ \text{if } F_3, \text{ then } 250 \leq \Delta t_3 \leq 300 \text{ (} ^\circ\text{C)} \\ \text{if } F_4, \text{ then } 90 \leq \Delta t_4 \leq 100 \text{ (} ^\circ\text{C)} \end{cases} \quad (4)$$

Ensuring the standard size of the polishing of the upper layer of the product is carried out under the condition: $0.5 \leq \Delta \delta \leq 1.0 \text{ (mm)}$.

Based on the conditions adopted above, it is possible to create a control system for the manufacturing process of an aluminum evaporator in the FPS. To do this, starting from the initial technological operations, the technical support of a generalized control system is installed by determining the appropriate means of control. Analysis of the technological process shows that for the production of aluminum evaporators in the studied gas stations, special cutting machines, polishing machines, a stencil machine, a cold welding machine, a straightening table, hydraulic presses, furnaces and vehicles are used.

Technological analysis of the investigated FPS shows that it is necessary to control the accuracy of technological operations (cutting, grinding, screen drawing, cold welding,

straightening, opening channels, etc.) and the temperature regimes of furnaces in each production area and module. For this purpose, various types of control systems are used in FAS_i production modules. Taking into account the fact that the FPS includes FAS_i for various purposes, we define sets of control systems (SC_{ij}) in the following form:

$$CS_{ij} \in \left\{ \begin{array}{l} CS_{11}, CS_{12}, CS_{13} \\ CS_{21}, CS_{22}, CS_{23}, CS_{24}, CS_{25} \\ CS_{31}, CS_{32}, CS_{33} \\ CS_{41}, CS_{42}, CS_{43}, CS_{44}, CS_{45} \end{array} \right\} \quad (5)$$

where the types, technical properties and parameters of the control system are determined, corresponding to each technological operation and type of technical unit. The established dependence is written in the form of a logical expression:

$$CS_{ij} \rightarrow P_{ij} \quad \& \quad T_i, \quad (6)$$

where P_{ij} – controlled parameter; T_i - type of control system.

(5) and (6) logical expressions defining the controlled parameter and the type of control device for each of the four FAS_i.

In FAS1, quality control of aluminum billets is carried out using the following algorithm:

CS_{11} control → of the length of the aluminum sheet ($400 \leq a_i \leq 500 \text{ (mm)}$) by means of technical vision;

CS_{12} control → of the width of the aluminum sheet ($400 \leq b_i \leq 500 \text{ (mm)}$) by means of technical vision;

CS_{13} temperature control → of aluminum sheet heating in the furnace $650 \leq \Delta t_1 \leq 700 \text{ (} ^\circ\text{C)}$.

The control of polishing of aluminum blanks, drawing a pattern and drying it in a lamp furnace (FAS2) is carried out using the following control system:

$CS_{21}, CS_{22}, CS_{23}$ → respectively control the degree of polishing ($j = \overline{1,3} = (0.5 \leq \delta_p \leq 1 \text{ (mm)})$) upper surfaces of aluminum sheets on polishing machines;

CS_{24} → control of the shape of a pattern stenciled with paste on the upper surface of a polished aluminum sheet;

CS_{25} → lamp furnace $120 \leq \Delta t_2 \leq 150 \text{ (} ^\circ\text{C)}$ temperature control.

Taking into account the technological features of the studied gas station, the quality of the evaporator largely depends on the accuracy of cutting dimensions (FAS1), polishing thickness (FAS1) and temperature conditions in furnaces, let's consider the issue of reducing the error that can be made when using a control system, i.e., measuring a digital industrial camera.

In this case, it is required to minimize the function $F(a)$, which reflects the error of the measured values in the process of measuring all parameters aluminium blanks in the FPS sections of FAS1 and FAS2 [19]:

$$F(a) = \sum_{j=1}^n \delta_i^2 \rightarrow \min \quad (7)$$

where $a = a_0, \dots, a_m$ are the parameters corresponding to the measured parameters (geometric dimensions of the core; thickness of the polishing of the core; temperature blanks; channel size aluminium blanks $\delta_i = |P'_i - P_i|$, $i = 1, 2, \dots, n$ – errors of measured points; $P_i = (x_i, y_i, z_i)$ — and measured point in aluminium blanks; $P'_i = (x'_i, y'_i, z'_i)$ is

the point of the mathematical object corresponding to the measurement.

To increase the accuracy of the measurement process, a priori information aluminium blanks (object ratings) should be added. To do this, you can write the following expression:

$$\Phi(a, w) = F(a) + \sum_{j=1}^m w_j (a_j - a_{j \text{ nom}}), \quad (8)$$

where $w_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, m$ are the weights of the aluminium blanks parameters (correction factors); $a_{j \text{ nom}}$ - The values of the nominal parameters of the aluminium blanks.

If we assume that $w_j = 0, j = 1, 2, \dots, m$, then minimizing function (8) leads to a measurable approximation of a standard geometric object. In this case, problem (7) is solved. As $w_j \rightarrow \infty$ the influence $F(a)$ is small, which is based on the nominal values of the geometric object aluminium blanks and depending on this, the errors of the measured points are determined.

III. CONCLUSION

As a result of the analysis, the tasks set and the study, the following results were obtained:

1. Based on the analysis carried out and modeling of technical means of automated control systems for product quality in machine-building industries, the purpose of the article and questions for their solution are set.
2. The table shows the stages of quality control of the evaporator and the choice of the limit values of the measured parameter at each FAS1 and FAS2 of FPS aluminum evaporators.
3. An algorithm for step-by-step quality control of aluminum billets is proposed based on the rules of the production model and the optimization method.

REFERENCES

- [1] Larkin E.V., Kotov V.V., Kotova N.A. Robotic vision system with panoramic view // Izvestiya TulGU. Technical science. Problem. 2. Chap. 2, 2009. p. 161 - 166.
- [2] Klevalin V.A., Polivanov A.Yu. Digital Recognition Methods in Industrial Robot Vision Systems // Mechatronika, Automation, Control, 2008, № 5.- p. 56-56.
- [3] Gorbash , IN. G., Delendic , M. N., Pavlenko, P. N. Non-destructive control in industry. Magnetic control // Non-destructive control And diagnosis number 2, 2011., p. 23-32.
- [4] Matyuk , IN. F., Kulagin, IN. N. Control compound, mechanical. Properties and stress state of ferromagnetic products according to the method coercimetry // non-destructive control And diagnosis / № 3, 2010. - With. 5-8.
- [5] Bida , G. IN., Nichipuruk , A. P. Coercimetry V non-destructive control . // effectoscopy, 2000 № 10, - With. 3-27.
- [6] Kutai A. Yu. Analysis accuracy And control quality V mechanical engineering. - M.: 2008. - 363 p.
- [7] Katsunori Kume, Takao Fujiwara The production flexibility of real options in the daily supply chain. [Global Journal of Flexible Systems Management](#) .production and production management. Kluwer Academic Publisher 2000. Springer Boston MA, Print ISBN: 978-0-7923-8630-8
- [8] Tan K.F., Kher V.K. (2012). Fault Diagnosis System for Industrial Pipe Manufacturing Process, International Review of machine Engineering , 6(6), 6, p. 1292-1296.
- [9] Androsov A.Yu., Gorshkov A.A., Lutskov Yu.I. Placement of the vision system in the manipulator of a mobile robot. News TulSU. Technical science. 2014. Edition. 11. Part 1, p. 418-426.
- [10] Murkerji R. & Bhattacharya B. (2001). Development of an expert system for the selection of turning and rotating tools in a dynamic environment, Journals of Materials Processing Technology , 113, p. 306-311.
- [11] Al-Ahmar, M. A. (2005). A rule-based expert system for selecting a software development methodology. Journal of Theoretical and Applied Information Technologies, p. 143-148.
- [12] Mamedov J.F. , Salmanov M.S., Alieva A.G. Providing intelligent functions of the process control system. New tasks of technical sciences and ways to solve them, 2015, International conference, p. 32-34.
- [13] Fedotkin I.M. Mathematical modeling of technological processes. Librocom, 2011.- 416 p.
- [14] Semin, M.S. Applied problems solved using technical vision systems. / M.S. Semin // Special equipment. 2002.- № 6. p.12 - 17.
- [15] Mamedov J.F. , Abdullaev G.S., Mamedova Sh.T., Valieva B.A., Popova O.I. Automated selection and design of control system elements for flexible automated production. Bulletin of the Voronezh State Technical University, T 15, № 1, 2019, p. 107-111.
- [16] Aliyev I.R, Mammadov J.F, Rahimov Sh.R. _ Selection of information - measuring components on the basis of layout diagram of flexible manufacturing cell. 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THEORY AND APPLICATION OF SOFT COMPUTING, COMPUTING WITH WORDS, PERCEPTION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ICSCCW 2021), 23-24 AUGUST, ANTALYA.
- [17] Rakhimov Sh.R., Mamedov J.F. Experimental study of the control process of active elements of flexible production systems under uncertainty. Bulletin of MSTU im. G.I. Nosov. 2022. Vol.20. №. 2, p. 148-160.
- [18] Hashimov AM, Guliyev H.B, Babayeva AR Management algorithm of shunt reactors in accordance to fuzzy logic theory. ICTPE-2016. The 12th International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering, 7-9 September 2016, Bilbao, Spain. p. 117-121.
- [19] Guliev G.B. Fuzzy reactive power controller in the electrical network with non-linear consumers. Operational management in the electric power industry, Moscow, No. 4, 2017. p. 36-46.

Kullanıcı Deneyiminin Yeşil Yazılım Mühendisliğine Etkisinin Araştırılması Üzerine Deneysel Bir Çalışma

Aslıhan KILIÇ
Yazılım Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, Türkiye
aslihankilic@atauni.edu.tr

Yüksel GÖKTAŞ
Yazılım Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, Türkiye
yuksekgoktas@atauni.edu.tr

Özet— Bu çalışma, yeşil yazılım mühendisliği ve insan bilgisayar etkileşimi alanları arasında ortak bir çalışma yürütmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında yazılım uygulamalarının geliştirilme aşamalarında kullanılabilirlik testlerinin uygulanması ve uygulamaları kullanan kişilerin görüşlerinin proje aşamalarına dahil edilmesi, yeşil yazılım açısından değerlendirilmiştir. Çalışma, yazılım uygulamalarının kullanımları esnasında oluşan karbon salınımı ve enerji tüketiminin kullanılabilirlik açısından ne ifade ettiğini görmeyi amaçlamaktadır. İlk aşamada, gündelik hayatta her insanın kullanabileceği hastane randevu sistemleri baz alınarak bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın geliştirilme sürecine kullanıcı testleri ile kullanıcı görüşleri dahil edilmemiştir. Uygulama bu haliyle son kullanıcılara test ettirilmiştir ve test aşamasında kullanıcılardan kendilerine verilen bir takım görevleri yerine getirmeleri istenmiştir. Kullanıcılar uygulama üzerinde görevlerini yerine getirirken, görevlerin ne kadar sürede tamamlandığı, buna bağlı olarak oluşan enerji tüketimi ve karbon emisyonu miktarları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda karbon emisyonu ve enerji tüketiminin süre bileşeni ile doğru orantılı olduğuna ve kullanıcı görüşlerinin uygulamanın kullanım süresine etki edebileceği sonuçlarına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler—Yeşil Yazılım Mühendisliği, Kullanılabilirlik, Karbon Emisyonu, Enerji Tüketimi

I. GİRİŞ

Kullanılabilirlik, gündelik yaşantıyı kolaylaştırmayı amaçlayan birçok alan ile bağdaştırılabilecek ve birçok alanda yer edinebilecek bir kavramdır. Gündelik hayatlarında her insan farkına varmasa da bu kavram ile karşı karşıya kalmaktadır. Örneğin alışveriş yapıldığında, satın alınan ürünlerin paket içeriğinden kullanım kılavuzları çıkmaktadır. Ürünlerin işlevselliğini ve kullanım detaylarını anlayabilmek için bu kılavuzlar incelenip ürünlerin nasıl kullanıldığı hakkında bilgi sahibi olunabilmesi, kullanılabilirlik kavramı için çok temel bir örnek olarak verilebilir. Öte yandan internet üzerinden herhangi bir randevu alma durumu söz konusu olduğunda, sistemde kayıt oluşturulmasından, randevu alma işlemi tamamlanana kadar deneyimlenen birçok aşamada farkında olunmasa da kullanılabilirlik kavramı ile yine karşılaşmaktadır. Örneğin üniversitelere ait web sitelerini kullanılabilirlik açısından inceleyen bir çalışmada sitelerde kullanılabilirlik kavramına bakarken, sunulan içerikten ziyade o içeriğin nasıl

sunulduğunun önemli bir etken olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, sitedeki dil birliği ile tasarım uyumunun sağlanmasının kullanılabilirlik açısından büyük etkiye sahip olduğu ve güncel tutulması gerekliliğinden bahsedilmiştir [1].

Kullanılabilirlik kavramı, 1990'lı yıllarda teknolojik gelişmelerin ve web kavramının ilerlemesiyle, gelişen teknolojinin insan hayatında büyük yer kaplamasının bir sonucu olarak insan makine etkileşimi ile ortaya çıkmıştır. Kavram, etkililik, verimlilik, memnuniyet terimlerini kapsamaktadır ve 5 temel ilkedен oluşmaktadır. Bu ilkeler; öğrenilebilirlik, verimlilik, hatırlanabilirlik, hatalar ve memnuniyettir. Kullanılabilirlik, kullanıcı bileşeni ile ilişkilendirilebilir olmasından dolayı disiplinlerarası çalışmalara oldukça uygun bir çalışma alanıdır ve literatürde birçok çalışma bulunmaktadır [2].

Enerji tüketimi ve karbon salınımı gibi olguların genel bir sonucu olarak meydana gelen iklim değişikliği, günümüzün en büyük problemlerinden biri haline gelmiştir. Enerjinin etkin bir şekilde kullanımı küresel karbon salınımını doğrudan etkileyen faktörlerden biri olarak ele alınmaktadır [3]. İklim değişikliğinden büyük oranda sorumlu olan sera gazı emisyonları da genellikle çeşitli insan faaliyetleri ile ortaya çıkmaktadır [4]. Günümüzde birçok kurum ve kuruluş, verdikleri hizmetleri artık bu açıdan da ele almakta ve kendi bünyelerinde bu probleme çözümler aramaktadırlar. Öte yandan bilgi teknolojileri (IT) sektörüne ait hizmet veren yapılar da küresel karbon salınımına etki etmektedir. Yayınlanan Smart 2020 raporunda bulunan ve 2007 yılında yapılan Gartner analizinde, bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün küresel karbon emisyonunun %2 sinden sorumlu olduğu belirtilmiştir [5].

Yazılımlar, son hallerini alana kadar “Yazılım Yaşam Döngüsü” olarak ifade edilen aşamalardan geçmektedirler. Doğrudan veya dolaylı yollardan karbon emisyonu oluştururlar yani bir karbon ayak izine sahiptirler [6] ve IT sektörünün bir parçası olan yazılım alanının yeşil dönüşüm sürecine dahil olması yeşil yazılım ifadesini doğurmaktadır. Yeşil Yazılım, geliştirilen yazılım uygulamalarının enerji tüketimleri ve karbon emisyon seviyelerinin ölçülmesi ve bu değerlerin düşürülmesi yönünde amaçları bulunan, uygulamaları çevreye

duyarlı ve sürdürülebilir hale getirmeyi hedefleyen çalışmaları kapsayan bir alandır. Ayrıca yazılım, yapay zeka, donanım bileşenleri, algoritmalar ve veri yapıları gibi bilgisayar bilimlerine ait alanların enerji tüketimine ve karbon emisyonlarına etkisinin hesaplanması, azaltılması veya sıfırlanması için bulut servislerinin sağlanması gibi çalışmalar da bu kapsamda değerlendirilebilmektedir. Literatürde bulunan çalışmalarda bu alanın daha verimli ve kullanılabilir hale gelmesi için belli bir standartlaşmaya ulaşılması ve son kullanıcıların projelere etkileşim halinde olacak şekilde dahil edilmesinin enerji tüketimi için öneminden bahsedilmektedir [7].

Sürdürülebilirlik kavramı da yeşil yazılım kavramı ile bağdaştırılabilir. Sürdürülebilirlik ve yazılım üzerine yapılan bir çalışmada, sürdürülebilirliğin kişilerin yazılım tercihinde önemli bir rol oynamadığı ve kullanıcıların yazılım sürümlerini güncellerken çevresel sürdürülebilirliği düşünmediği, sürümleri güncellemeye sebeplerinin sürdürülebilirlik veya çevre bilinci olmadığı ortaya çıkmıştır [8].

II. ÇALIŞMANIN AMACI

Yazılım uygulamaları, son kullanıcıların gereksinimleri doğrultusunda ihtiyaç duyulan ve alanında uzman kişilerce planlı bir şekilde geliştirilen uygulamalardır. Uygulamaların geliştirme sürecinde yazılım yaşam döngüsü olarak adlandırılan bazı temel adımlar rol almaktadırlar. Yazılım yaşam döngüsünün aşamaları; planlama, tanımlama, tasarımı, geliştirme, entegrasyon ve testler, uygulama, bakım ve değerlendirme aşamaları olmak üzere genel bir çerçevede ele alınabilir [9].

Yazılım yaşam döngüsü aşamaları, yazılım uygulamalarının geliştirilme sürecinde takip edilmesi gereken adımlardır. Son kullanıcıların proje aşamalarına dahil edilmediği durumlarda projeden istenen verim gerçek anlamda elde edilemeyebilir. Bunların bir sonucu olarak da proje tamamlandıktan sonra yeni problemler meydana gelebilir ve uygulamanın bazı aşamalarının tekrar gözden geçirilmesi gerekebilir.

Uygulama süreçlerinde bu adımların tekrar gerçekleştirilmesi ise hem zaman hem de maliyet açısından büyük kayıplara sebebiyet vermektedir. İlgili çalışma kapsamında da, kullanıcı görüş ve deneyimlerinin yazılım uygulamalarına etkisinin karbon emisyon salınımı ve enerji tüketimi değişkenleri açısından nasıl değerlendirilebileceğini görmek amaçlanmaktadır.

Çalışmada son kullanıcıların görüşleri ölçümlerin yapıldığı uygulamaya dahil edilmemiştir. Ancak kullanıcılar uygulamayı kullandıktan sonra bu uygulamaya ait deneyimleri ile ilgili gerçekleştirilen görüşmede birçok farklı geri dönüş yapmışlardır. Bu durum da uygulamanın tekrardan düzenlenmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

III. YÖNTEM VE VERİ TOPLAMA SÜRECİ

Çalışmada karbon emisyonu ölçümlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla CodeCarbon [10] kütüphanesinden yararlanılmıştır. Gerçekleştirilen uygulama çıktı olarak, kod karbon emisyonu ve enerji tüketimi gibi sonuçları vermektedir. İlgili uygulama, basit algoritmalarından derin sinir ağlarına kadar çeşitli bilgisayar programlarının ürettiği karbon emisyonlarını tahmin etmek ve izlemek için oluşturulmuş python temelli bir uygulamadır. Uygulama, en temel ifade ile CO₂ bileşiğinin kilogram cinsinden eşdeğerini CO₂eq şeklinde ifade ederek, uygulamanın

gerçekleştirildiği donanımın çalışma esnasında tükettiği elektriğin karbon yoğunluğu ve gücün (watt) çarpımıyla karbon emisyonunu hesaplamaktadır.

Kullanıcı deneyiminin yeşil yazılım mühendisliğine etkisinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, öncelikle python programlama dili ve django web çatısı teknolojilerinden faydalanılarak hastane randevu sistemi uygulaması geliştirilmiş ve gerekli ölçümlerin elde edilebilmesi amacıyla uygulamaya CodeCarbon kütüphanesi entegre edilmiştir. Uygulamanın geliştirilme aşamasında kullanıcı görüşlerine başvurulmamıştır.

Daha sonra geliştirilen uygulama için bir görev listesi ve kullanıcı testi soruları oluşturulmuştur [11]. Son kullanıcılara uygulamayı deneyimlemeleri için 10 adımlık bir görev planı verilerek bu planı takip etmeleri ve görevleri yerine getirmeleri istenilmiştir. Kullanıcılar görevleri yerine getirirken hangi davranışları sergiledikleri incelenerek notlar alınmış ve bu esnada CodeCarbon kütüphanesi aracılığıyla ölçümler yapılmıştır.

Çalışmanın bir diğer bileşeni olarak, sistemin kullanılabilirliğini ölçmek amacıyla kullanılabilirlik testi uygulanmıştır. Son kullanıcılar görevleri tamamladıktan sonra uygulamayı deneyimlerken edindikleri fikirler hakkında kullanıcılarla bir görüşme gerçekleştirilmiştir. Görüşme esnasında kullanıcılara sistemde bulunan her web sayfası ile ilgili 6 soru sorularak görüşleri alınmıştır. Alanlar için oluşturulan temel soru içerikleri tablodaki gibidir (Tablo 1);

Tablo 1. Kullanıcılara Yöneltilen Sorular

	Soru İçerikleri
Soru 1	Sistemin ... sayfasında bulunan bileşenlerin yerleşimi uygun mu? Değil ise nasıl olması gerektiğini düşünüyorsunuz?
Soru 2	Sistemin ... sayfasında bulunan bileşenlerin fonksiyonelliği (çalışma kapsamı) yeterli mi? Değil ise nasıl geliştirilebileceği hakkında bir fikriniz var mı?
Soru 3	Sistemde bulunan ... sayfasını daha kolay kullanabilmek için ne önerirsiniz?
Soru 4	Size verilen görev adımları kapsamında sistemin ... sayfasındaki görevi yaparken harcadığımız zaman uygun mu? (az-çok-yeterli)
Soru 5	Size verilen görev adımları kapsamında sistemin ... sayfasındaki görevi yaparken harcadığımız çabanın seviyesi nedir? (kolay-orta-zor)
Soru 6	İlgili sayfayı kullanırken genel olarak sistemden memnun kaldığımız mı?

IV. BULGULAR

Uygulamada yapılan ölçümlerde, 9 katılımcıdan toplamda 24 sütun ve 9 satır veri elde edilmiştir. Bu sütunlardan 17 tanesinde çıktı olarak her kullanıcı için aynı değerler üretilmiştir. Bu durumun sebebi yazılım uygulamasına entegre edilen CodeCarbon kütüphanesinin çıktı olarak ürettiği karbon emisyonu ve enerji tüketimi değerlerinin, yazılımın çalıştırıldığı bilgisayarın donanım bileşenlerine de bağlı olmasıdır. Çalışmada, yazılım ürününe ait çıktıların kullanılabilirlik kapsamında ölçülmesi hedeflendiği için donanımsal faktörler sabit tutulmuştur. Kullanıcıların hepsi uygulamayı aynı bilgisayar üzerinde çalıştırdığı için donanım bileşenlerine ait değerlerin tamamı aynı çıktıları üretilmiştir.

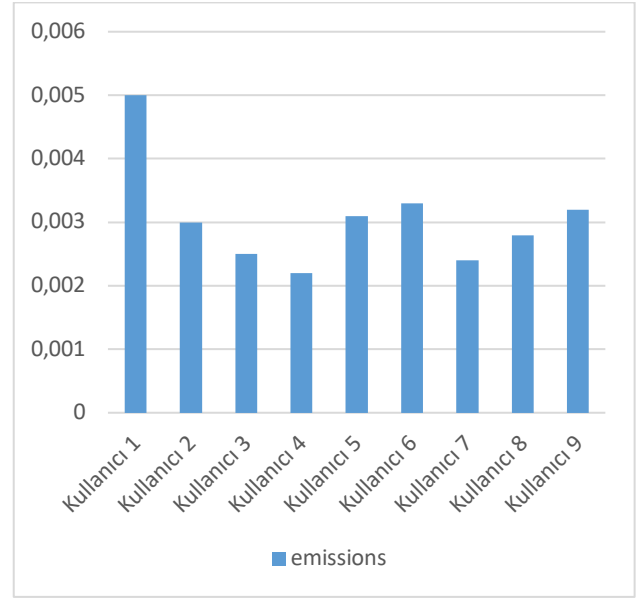
Bahsedilen değerler; *project_name*, *cpu_power*, *ram_power*, *country_name*, *country_iso_code*, *region*, *os*, *python_version*, *codecarbon_version*, *cpu_count*, *cpu_model*, *gpu_count*, *gpu_model*, *longitude*, *latitude*, *ram_total_size*, *on_cloud* değerleridir.

Bu değerler dışında elde edilen veriler her kullanıcı için farklılık göstermektedir. Bunlar;

- *Timestamp* değeri kullanıcıların uygulamayı gerçekleştirdikleri zaman aralığıdır.
- *Run_id* değeri uygulamanın kimlik numarası gibi sadece uygulamaya ait olan bir değerdir ve default olarak atanmaktadır.
- *Duration* değeri uygulamada kullanıcının geçirdiği süreyi ifade etmektedir (Tablo 2).
- *Emissions* değeri uygulama kullanılırken salınımı yapılan CO₂ miktarıdır (Şekil 1).
- *Emissions_rate* değeri emisyon oranı şeklinde ifade edilebilir ve emisyon değerinin süre değerine oranlanması ile oluşmaktadır (Tablo 3).
- *Cpu_energy*, *gpu_energy* ve *ram_energy* değerleri çalışmanın yapıldığı bilgisayardaki cpu, gpu ve ram bileşenlerinin 1 saat başına tükettiği enerji miktarıdır. Ölçüm cinsi kWh şeklindedir (Şekil 2).
- *Energy_consumed* değeri *cpu_energy*, *gpu_energy* ve *ram_energy* değerlerinin toplamı ile oluşan toplam enerji tüketimini ifade eder (Şekil 3).

Tablo 2. Kullanıcıların Uygulamayı Kullanım Süreleri

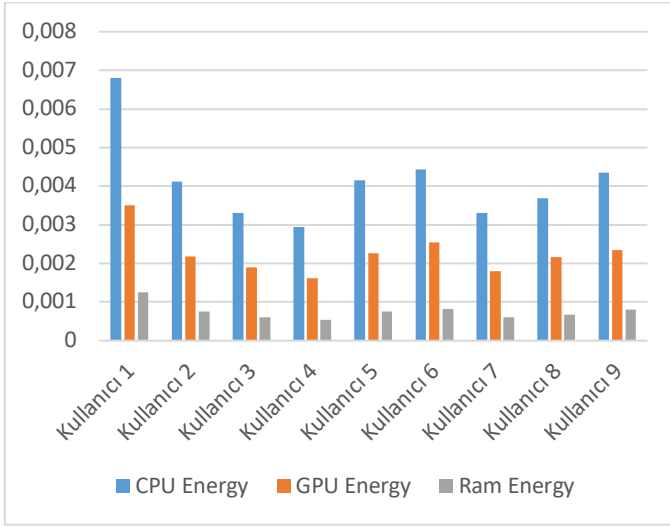
	Değerler		
	timestamp	duration (saniye)	duration (dakika)
Kullanıcı 1	2023-06-13T11:18:20	753,314675 0926971	~ 12 dakika
Kullanıcı 2	2023-06-14T10:45:04	457,164325 9525299	~ 7 dakika
Kullanıcı 3	2023-06-22T12:05:42	366,729875 3261566	~ 6 dakika
Kullanıcı 4	2023-06-22T10:57:30	326,445269 1078186	~ 5 dakika
Kullanıcı 5	2023-06-13T16:00:17	460,599451 7803192	~ 7 dakika
Kullanıcı 6	2023-06-21T16:22:54	492,091430 6640625	~ 8 dakika
Kullanıcı 7	2023-06-15T11:14:50	366,209601 6407013	~ 6 dakika
Kullanıcı 8	2023-06-21T14:48:40	409,424715 0421143	~ 6 dakika
Kullanıcı 9	2023-07-07T14:53:37	482,075896 5015411	~ 8 dakika



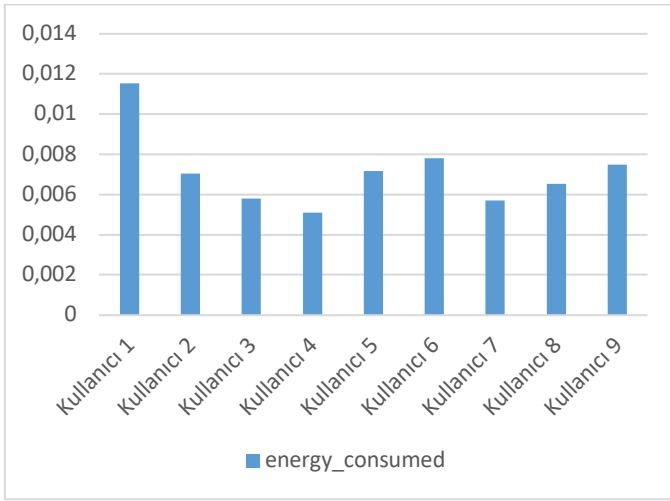
Şekil 1. Kullanıcıların oluşturdukları emisyon değerleri

Tablo 3. Emisyon Değerlerinin Süre Değerlerine Oranlanması

	Değerler	
	timestamp	emissions rate
Kullanıcı 1	2023-06-13T11:18:20	0,000006642399588
Kullanıcı 2	2023-06-14T10:45:04	0,000006693266909
Kullanıcı 3	2023-06-22T12:05:42	0,000006873315651
Kullanıcı 4	2023-06-22T10:57:30	0,000006771060113
Kullanıcı 5	2023-06-13T16:00:17	0,000006750404966
Kullanıcı 6	2023-06-21T16:22:54	0,000006871674914
Kullanıcı 7	2023-06-15T11:14:50	0,000006752381917
Kullanıcı 8	2023-06-21T14:48:40	0,000006926633827
Kullanıcı 9	2023-07-07T14:53:37	0,000006743452750



Şekil 2. Kullanım esnasında oluşan CPU enerji, GPU enerji, Ram enerji değerleri



Şekil 3. Kullanım esnasında tüketilen enerji miktarı

V. SONUÇ

Çalışma kapsamında, CodeCarbon kütüphanesi entegre edilerek, python programlama dili ve django web çatısı ile bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın geliştirilme aşamasında herhangi bir kullanıcı görüşüne başvurulmamış ve herhangi bir kullanıcı testi uygulanmamıştır. Bu doğrultuda geliştirilen web uygulamasının karbon emisyonu ve enerji tüketimi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde 9 adet kullanıcı test aşamasına dahil edilmiştir. Ölçümler yapıldıktan sonra elde edilen sonuçlar incelendiğinde, uygulamanın çalışma süresine bağlı olarak, çalışma süresi arttıkça hem salınımı yapılan emisyon miktarının hem de enerji tüketiminin arttığı, çalışma

süresi azaldıkça hem salınımı yapılan emisyon miktarının hem de enerji tüketiminin azaldığı görülmektedir. Bu durum da uygulamanın kullanım süresi ile karbon emisyonu ve enerji tüketimi arasında doğru orantılı bir ilişki bulunduğu anlamına gelmektedir.

Kullanıcılar uygulamayı deneyimledikten sonra yapılan görüşmeler esnasında, uygulama ile ilgili kullanım kolaylığı açısından kendi fikirlerinden ve deneyim süreçlerinden bahsederek, uygulamayı daha kolay anlayabilmeleri ve kullanabilmeleri için önemli olarak nitelendirilebilecek bir çok fikir vermişlerdir. Bu durum göz önüne alındığında, kullanıcının deneyiminin elde edilmesi amacıyla, uygulamanın geliştirilmesi aşamasına kullanıcı testlerinin eklenmesi, uygulamayı son kullanıcılar açısından daha anlaşılır ve daha kolay kullanılabilir hale getirebilmektedir.

Son kullanıcı için uygulamanın daha anlaşılır ve kolay kullanılabilir olması, kullanıcının uygulamada geçirdiği süreyi düşürebilmektedir. Kullanım süresinin daha az olması ise karbon emisyonu ve enerji tüketimi miktarının daha az olması anlamına gelmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde kullanıcı deneyimlerinin uygulama geliştirilme sürecine dahil edilmesinin, hem karbon emisyonu hem de enerji tüketimi için olumlu etkiler oluşturabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Zeynep PEHLİVAN BASKIN, "Üniversite Web Sitenin Tasarımı ve Kullanılabilirlik Açısından Değerlendirilmesi," *Sanat ve Tasarım Dergisi*, no. 29, pp. 97–114, Jun. 2022.
- [2] Alper Turan ALAN, "E-DEVLET KAPISI: KULLANILABİLİRLİK VE GÜVEN ANALİZİ İÇİN BİR KULLANICI ÇALIŞMASI," *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, vol. 11, no. 2, 2021.
- [3] G. Alptekin, S. Akinli Kocak, A. Bener, A. Miransky, and E. Dogan, "Yazılım Özelliklerinin Enerji Tüketimi Üzerine Etkileri," in *CEUR Workshop Proceedings*, Sep. 2014.
- [4] L. Lanelongue, J. Grealey, and M. Inouye, "Green Algorithms: Quantifying the carbon emissions of computation," Sep. 2020.
- [5] K. Tsagkaris, G. Athanasiou, M. Logothetis, Y. Kritikou, D. Karvounas, and P. Demestichas, "Introducing Energy Awareness in the Cognitive Management of Future Networks," *Journal of Green Engineering*, vol. 1, Sep. 2011.
- [6] J. Taina, "How Green Is Your Software?," in *Lecture Notes in Business Information Processing*, Sep. 2010, pp. 151–162. doi: 10.1007/978-3-642-13633-7_13.
- [7] E. Kern, M. Dick, S. Naumann, A. Guldner, and T. Johann, "Green software and green software engineering - definitions, measurements, and quality aspects," Sep. 2013.
- [8] N. Amsel, Z. Ibrahim, A. Malik, and B. Tomlinson, "Toward sustainable software engineering: NIER track," in *Proceedings - International Conference on Software Engineering*, Sep. 2011, pp. 976–979. doi: 10.1145/1985793.1985964.
- [9] S. Seker, "YBS Ansiklopedi Cilt 2, Sayı 3, Eylül 2015." Sep. 2015. doi: 10.13140/RG.2.1.3646.2565.
- [10] "CodeCarbon: estimate and track carbon emissions from machine learning computing." 2021.
- [11] K. Cagiltay, *İnsan Bilgisayar Etkileşimi ve Kullanılabilirlik Muhendisliği: Teoriden Pratiğe*. 2018.

Examining the Impact of a Mobile Augmented Reality-based Robotic Learning Application on K12 Students' Academic Achievement

Erdinc Okulmuş
*Prof. Dr. Fahrettin Kırzioğlu Science
 and Art Center*
 Turkish Ministry of National Education
 Kars, Türkiye
 0000-0003-4631-9650

Arif Cem Topuz
Computer Engineering
 Ardahan University
 Ardahan, Türkiye
 0000-0002-5110-5334
 arifemtopuz@ardahan.edu.tr

Abstract— Developments in image processing technologies have led to the introduction of many technological innovations to enrich the phenomenon of reality. Augmented Reality is one of these innovations that we have heard a lot about recently. Although the effect of Augmented Reality on learning in many disciplines has been researched, its effect on robotics teaching has not been sufficiently investigated. Therefore, the aim of this study is to examine the effect of a mobile augmented reality application for teaching robotics on K12 students' academic achievement and students' opinions about the application. The study was designed in a mixed method research. The study was conducted with the participation of 98 students during the 2022-2023 academic year. The effect of the developed mobile application on the academic achievement of students taking robotics courses was investigated with an experimental study. It was found that the application developed within the scope of the study increased academic achievement in robotics course. In addition, the study analyzed student opinions and identified many factors that provided the application to positively affect academic achievement.

Keywords—augmented reality, robotic learning, mobile application, students' achievement, K12 students

I. INTRODUCTION

With Industry 4.0, technological innovations and concepts have entered our lives. Digital transformation has started socially, and that there is an evolution from technological production to technological society, and characterized this transformation as the transition from 4.0 to 5.0 [1]. Human's sense of discovery has become the power that drives them to research and acquire new knowledge [2]. In the light of all developments, it has become imperative to include technology in learning activities in order to use the potential power of individuals efficiently [3]. It has brought to light the necessity of using technology and the innovations it offers, which are included in every aspect of our lives in the period we live in, in the field of education and training [2].

One of the innovations that can be used to differentiate learning environments and make them interesting is Augmented Reality (AR) technology [4]. It is noteworthy that AR applications increase teacher-student interaction, use simulation techniques and provide motivation for learning [5]. There are many studies on how this technology can be used in learning-teaching environments, what its effects, advantages, and disadvantages will be [6]. Some studies [7] focused on how learning occurs in individuals

who are involved in educational activities with AR technology. The expansion of the usage areas of AR technology, the thought that it would be useful in education, and the curiosity about what kind of effects the use of AR applications in robotics education would lead to inspired this study.

The aim of this study is to develop a mobile augmented reality application that will allow students to learn robotics at their own pace from anywhere at any time and to investigate its effect on the academic achievement of K12 students and to examine students' opinions about this application. Thus, it is aimed to test the approach of using AR-based application for robotics education and to fill the gap in this field. For this purpose, the following research questions were sought in the study:

RQ1. What is the impact of the mobile AR application on K12 students' academic achievement?

RQ2. What are the students' views on the effect of the application on academic achievement?

II. MATERIALS AND METHOD

A. Research design

This study was designed based on "sequential explanatory mixed methods research" [8]. The mixed method research, in which data are collected with multiple methods, provides detailed information about the research questions [9]. TABLE I shows the mixed methods research strategy of the study.

TABLE I. MIXED METHOD RESEARCH STRATEGY

Design	Research question	Study group	Data collection	Data analysis
QUAN	RQ1	Experimental and control group	Academic achievement test	T-test
qual	RQ2	Experimental group	Interview	Content analysis

B. Study groups

There are two study groups in the study: experimental and control groups. The students in the study groups were enrolled in Prof. Dr. Fahrettin Kırzioğlu Science and Art Center, Türkiye. The distribution of K12 students in the study groups according to gender is shown in TABLE II and according to education level in TABLE III.

This study grew out of a master's thesis conducted by the first author under the supervision of the second author.

TABLE II. DISTRIBUTION OF STUDENTS BY GENDER

	Experimental group	Control group	Total number
Female	20	25	45
Male	29	24	53
Total number	49	49	98

TABLE III. DISTRIBUTION OF STUDENTS BY EDUCATION LEVEL

	Experimental group	Control group	Total number
Primary School	12	16	28
Middle School	32	26	58
High School	5	7	12
Total number	49	49	98

C. Material

In this study, the waterfall model, one of the software development models, was used as the basis for the development of the augmented reality application used in robotics teaching. While developing software with the waterfall model, the followed steps are as follows: (i) analysis, (ii) design, (iii) development, (iv) implementation and (v) evaluation [10]. In the analysis phase, student characteristics and knowledge levels were determined. In the design phase, instructional content was created. Lesson plans were prepared in the development phase. In the implementation phase, the developed content and material were tested. In the evaluation phase, a general evaluation was made in the light of the data collected from the other steps and necessary corrections were made in the material. Figure I illustrate a screenshot of the mobile application developed with the 3D Max program.

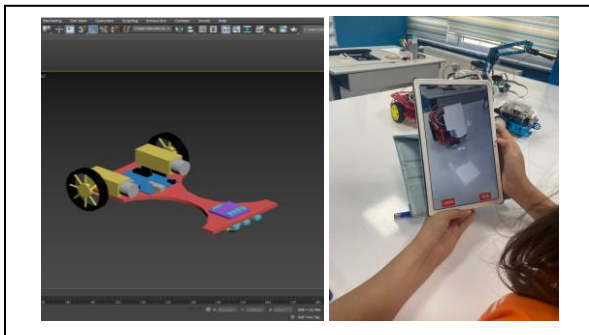


Fig. 1. The developed mobile AR application

D. Data collection

In the study, quantitative data were collected first (for RQ1) and then qualitative data were collected (for RQ2).

For the first research question, an academic achievement test consisting of 6 questions was created in order to collect quantitative data on academic achievement. With this academic achievement test before and after the robotics training, the level of learning of the students was determined. After measuring the initial knowledge level of all students, the experimental group students were given robotics training through the mobile augmented reality application developed in the study and the control group students were given robotics training with the classical method. After the training, the same academic achievement

test was reapplied to all students and quantitative data were obtained to compare the difference in the learning levels of the students in the experimental and control groups.

Within the scope of the second research question, a semi-structured interview form was used to obtain the opinions of the students. In the step of collecting qualitative data, interviews were conducted only with six students selected from the experimental group. The students were asked for an appointment for the interview and one-to-one interviews were conducted in the classroom environment when they were available. After obtaining permission from the students, the interviews were recorded with a voice recorder to be transcribed later.

E. Data analysis

In order to determine the appropriate statistical methods to be used in quantitative data analysis, first (i) the number of samples (data) was checked, then (ii) the type of variable in the data collection tool (classification, ranking, equal proportion or equal interval) was checked, and finally (iii) it was questioned whether the data showed a normal distribution. The questioning of whether the data met the normality assumption and the application of all tests were carried out using the SPSS 25 program. The results of the analysis taken into account in determining the statistical methods are presented under the relevant research question in the findings section.

Within the scope of the qualitative dimension of the study, it was aimed to identify the factors that cause differences in academic achievement to help explain the first research question. TABLE IV provides information on the interviews conducted for this purpose.

TABLE IV. INFORMATION ON THE INTERVIEWS

No	Gender	Education Level	Duration
1	M	6	17.20 min.
2	F	6	27.32 min.
3	F	5	17.15 min.
4	M	5	19 min.
5	F	7	16.35 min.
6	M	5	14.48 min.
Total duration			111.5 min.

The interview texts were transcribed by the first researcher using a word processing program. The transcribed data were checked and reviewed by two researchers. The codes determined by the first researcher were verified by the second researcher in order to provide accurate results in the analysis of qualitative data. The coding process was done through the qualitative data analysis software named NVivo 12. After the coding phase, the codes were grouped under categories. The codes, categories and themes were supported by student quotations.

III. FINDINGS

In this study, the effect of robotics learning using mobile Augmented Reality on K12 students' academic achievement was examined and the findings are presented in this section within the framework of two research questions.

A. The Impact of the AR on Academic Achievement (RQ1)

TABLE V shows the mean scores of the students in the experimental and control groups in the 60-point academic achievement test used to compare the level of knowledge about robotics before and after the training.

TABLE V. ACADEMIC ACHIEVEMENT PRE-TEST AND POST-TEST SCORES

	Pre-training academic success average	Post-training academic success average
Experimental group	0,612	32.857
Control group	1.02	24.898

When TABLE V is analyzed, it is understood that the knowledge levels of the experimental and control groups about the subject to be taught before the training were quite low. After the training, the mean of the experimental group (32.857) was higher than the mean of the control group (24.898). Whether this difference is statistically significant is questioned in the study and presented below.

In the first stage, in order to determine the statistical method to be used to compare the knowledge level of the experimental and control groups before the training, the normality assumptions of the pre-test data were questioned. Since the kurtosis and skewness values are between -1.5 and +1.5, it is accepted that the data are normally distributed [11]. Thus, at this stage, t-test was used to compare the knowledge levels of the experimental and control group students on the subject before the training and the results of the analysis are shown in TABLE VI.

TABLE VI. T-TEST ANALYSIS RESULTS OF PRETEST DATA FOR ACADEMIC ACHIEVEMENT OF EXPERIMENTAL AND CONTROL GROUPS

Group	n	\bar{X}	s	f	p
Experimental	49	.612	2.422	1.201	.276
Control	49	1.02	5.101		

TABLE VI shows that there is no statistically significant difference ($p > 0.05$) between the experimental and control groups according to academic achievement before the training. Therefore, it can be said that the knowledge level of the two groups about the subject to be explained within the scope of the study was at a similar level before the training.

In the second stage, after the training was given to the experimental and control groups, the post-test data were examined for meeting the normality assumptions in order to determine the statistical method to be used to determine the difference in the academic achievement of the groups. Since the kurtosis and skewness values were between -1.5 and +1.5 [11], the data were considered to be normally distributed and t-test was applied and the results of the analysis are shown in TABLE VII.

TABLE VII. T-TEST ANALYSIS RESULTS OF POSTTEST DATA FOR ACADEMIC ACHIEVEMENT OF EXPERIMENTAL AND CONTROL GROUPS

Group	n	\bar{X}	s	f	p
Experimental	49	32.857	17.998	14.718	.012
Control	49	24.898	12.268		

TABLE VII shows that there is a statistically significant difference ($p < 0.05$) between the experimental and control groups in favor of the experimental group in terms of academic achievement after the training. Therefore, it was found that the mobile augmented reality application developed for robotics education within the scope of the study increased academic achievement.

B. Students' Views on the Impact of the AR on Academic Achievement (RQ2)

When the student opinions regarding the effect of the application developed within the scope of the study on academic achievement in robotics education were analyzed, the codes obtained were classified under the following three categories: (1) increases the level of learning, (2) ensures retention and recall, and (3) increases motivation/focus. TABLE VIII presents the codes obtained from the students' statements with frequency distribution.

TABLE VIII. OPINIONS ON THE EFFECT OF THE APPLICATION ON ACADEMIC ACHIEVEMENT

Category	f	Code	f
1) increases the level of learning	26	Enabled understanding without using paper-pencil-notebook	4
		Listening visually facilitated-increased comprehension	4
		Watching videos on the app facilitated understanding and learning	4
		Made learning easier	3
		Accelerated learning	3
		Opportunity for repetition enhances learning	3
		Seeing sensors big and with names made learning easier	1
2) ensures retention and recall	10	Provided permanence	4
		Facilitated recall	4
		Enabled visualization	2
3) increases motivation/focus	5	Increased ease of use increases the desire to study and efficiency	3
		Increased focus and attention	2

When TABLE VIII is examined, it is understood that all students ($n=6$) interviewed thought that the application developed within the scope of the study for robotics education would have a positive effect on academic achievement. This view of the students supports the quantitative findings of the study. When the opinions that the application positively affected learning were analyzed in depth, the reasons why the application increased the level of learning were expressed as follows: enabling comprehension without using paper and pencil, facilitating comprehension by learning by seeing, providing the opportunity to repeat, accelerating learning, and facilitating learning by seeing the sensors large and with their names. In addition, it was stated that the application facilitated retention and facilitated recall because it enabled visualization. When the opinions that the application would increase motivation were examined, it was seen that the students stated that it increased their desire to study, efficiency, focus and attention. Some of the student

opinions that the application will positively affect academic achievement are presented below.

"I learned 2 times more than what I knew before with the application. The application increased my learning speed a lot. I learned quickly and kept it in my mind." [F.3]

"I would like it to be used in other courses as well. For example, in this one I learned very detailed things and I had more knowledge about this subject." [F.2]

IV. DISCUSSION

In this study, the effect of robotics learning using mobile augmented reality on K12 students' academic achievement and students' views on the application were examined. It was found that the academic achievement of the experimental group students who learned robotics using the application developed within the scope of the study differed statistically significantly in favor of the experimental group from the academic achievement of the control group students who learned the same subject in the traditional way. This finding coincides with many studies in the literature. For example, one study [12] stated that if an augmented reality application is used, the learning content will be enriched, the comprehensibility of the course will increase by supporting the retention of information, and therefore the academic achievement of the students will increase. Another study [13] stated that the use of materials that provide active participation of students and the use of active learning methods will help increase academic achievement. Besides, another study [14] found that augmented reality applications made the lesson more understandable and helped to understand the subject. Therefore, the fact that the academic achievement of the experimental group in this study was higher than the control group may be due to the positive effect of augmented reality on learning.

A. Limitations

The sample of the study is limited to 98 students from Prof. Dr. Fahrettin Kırzioğlu Science and Art Center (Kars/Turkey) who volunteered to participate in the study during the 2022-2023 academic year. Since the developed mobile augmented reality application was trained to recognize three robot kits (Arduino, Mbot and LegoEV3), the trigger images in the mobile application are limited to the modules of these robots.

V. CONCLUSION

In conclusion, it was found that the academic achievement of the experimental group students who learned a subject related to robotics education using the application developed within the scope of the study differed statistically significantly in favor of the experimental group from the academic achievement of the control group students who learned the same subject in the traditional way. In other words, the findings of the study show that the developed mobile augmented reality application increased students' academic achievement in robotics teaching. When the students' opinions were analyzed, it was stated that the

augmented reality application increased the learning level in robotics, provided retention and recall, and increased motivation and focus. Therefore, increasing the number of mobile augmented reality applications for course content in the future can positively contribute to students' academic achievement.

ACKNOWLEDGMENT

This study is derived from a master's thesis conducted by the first author under the supervision of the second author. The necessary permissions for the study were obtained from Ardahan University Ethics Committee (on 06/16/2023) and relevant school (on 07/05/2023).

REFERENCES

- [1] B. Yücebalkan, "Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a geçiş sürecine genel bakış," *IEDSR Assoc.*, vol. 5, no. 9, pp. 241–250, Jan. 2020, doi: 10.46872/pj.181.
- [2] F. B. Azı, "Artırılmış gerçeklik uygulamalarının sosyal bilgiler dersinde akademik başarı ve ders tutumlarına etkisi," 2020.
- [3] G. B. Arslan, E. Kızılay, and M. Hamalosmanoğlu, "Eğitimde Teknoloji Entegrasyonu ile İlgili Türkiye'de Yapılan Çalışmaların İncelenmesi," *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Derg.*, vol. 6, no. 1, pp. 39–55, 2022, doi: 10.34056/aujef.976627.
- [4] E. Pelin Yıldız, "Augmented Reality Research and Applications in Education," in *Augmented Reality and Its Application*, IntechOpen, 2022. doi: 10.5772/intechopen.99356.
- [5] E. Buluş Kırkkaya and M. Şentürk, "Güneş Sistemi ve Ötesi Ünitesinde Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Kullanılmasının Öğrenci Akademik Başarısına Etkisi," *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Derg.*, pp. 181–189, Jan. 2018, doi: 10.24106/kefdergi.375861.
- [6] Ö. Özbay and S. S. Seferoğlu, "Artırılmış Gerçeklikle Beraber Özetleme Stratejisi Kullanmanın Öğrencilerin Bilişsel Yük ve Başarısına Etkisi," *TRT Akad.*, vol. 8, no. 17, pp. 144–173, Jan. 2023, doi: 10.37679/trta.1208221.
- [7] M. Özdemir, "Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ile Öğrenmeye Yönelik Deneysel Çalışmalar: Sistemik Bir İnceleme," *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Derg.*, pp. 609–632, Sep. 2017, doi: 10.17860/mersinefd.336746.
- [8] J. W. Creswell, *2003 Creswell A Framework for Design*, Second Edi. London: SAGE PUBLICATIONS LTD, 2013. [Online]. Available: file:///E:/Documents/dosen/buku Metodologi/[John_W._Creswell]_Research_Design_Qualitative,_Q(B ookos.org).pdf
- [9] V. Alkan, S. Ş. Selçuk Şimşek, and B. Armağan Erbil, "Karma Yöntem Deseni: Öyküleyici Alanyazın İncelemesi," *J. Qual. Res. Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–24, Mar. 2019, doi: 10.14689/issn.2148-2624.1.7c.2s.5m.
- [10] M. Clement, L. Vandeput, and T. Osaer, "Blended Learning Design: A Shared Experience," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 228, pp. 582–586, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.07.089.
- [11] B. G. Tabachnick and L. S. Fidell, *Using Multivariate Statistics*. Pearson, 2018.
- [12] Y. B. Kurtuluş, "Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Bilişim Teknolojileri ve Yazılım Derslerinde Öğrenme Süreçlerine Etkisi," Trabzon Üniversitesi, Trabzon, 2019.
- [13] E. Türksoy and E. Taşlıdere, "Aktif Öğrenme Teknikleri ile Zenginleştirilmiş Öğretim Yönteminin 5. Sınıf Öğrencilerinin Fen ve Teknoloji Dersi Akademik Başarı ve Tutumları Üzerine Etkisi," *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Derg.*, vol. 17, no. 1, pp. 57–77, 2016, [Online]. Available: https://dergipark.org.tr/en/pub/kefad/issue/59448/854032
- [14] F.-K. Chiang, X. Shang, and L. Qiao, "Augmented reality in vocational training: A systematic review of research and applications," *Comput. Human Behav.*, vol. 129, p. 107125, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.chb.2021.107125.

Fen Bilimleri Eğitiminde Göz İzleme Tekniğinin Kullanıldığı Çalışmaların İncelenmesi

Serhat Çoban
Kavak Fen Lisesi
Milli Eğitim Bakanlığı
Samsun, Türkiye
kuantumfizigi@hotmail.com
ORCID:0009-0006-6231-8681

Mustafa Ergun
Fen Bilgisi Eğitimi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Samsun, Türkiye
mergun@omu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-4471-6601

Özet— Giderek artan şekilde, eğitimciler ve araştırmacılar, öğrenme süreçlerini daha etkili, etkin ve bireye özgü hale getirebilmek için teknolojiden yararlanmaktadır. Günümüzde kullanılmaya başlayan teknolojilerden biri de göz izleme cihazlarıdır. Göz izleme, bireylerin göz hareketlerini ve odak noktalarını hassas bir şekilde ölçen bir teknoloji olup, özellikle okuma, görsel algı, dikkat dağılımı ve kullanıcı deneyimi gibi alanlarda yararlı bilgiler sağlamaktadır. Göz izleme teknolojileri kullanılarak yapılan çalışmalar kullanılabilirlik kavramı üzerinden gün geçtikçe artmaktadır. Göz izleme cihazlarının eğitimde nasıl bir rol oynayabileceğini ve bu tür cihazların öğretmenler, eğitimciler ve öğrenciler için ne tür avantajlar sunabileceği ve hangi sınırlamalara sahip olduğu bu alanda yapılan çalışmalarla ortaya çıkmaktadır. Bu araştırmada amaç fen bilimleri eğitimi alanında göz izleme tekniklerinin kullanıldığı çalışmaların incelenmesidir. Bu inceleme göz izleme yönteminin kullanımına yönelik geniş bir bakış açısı sunarak araştırmalara katkı sağlamak için tasarlanmıştır. Doküman analiziyle gerçekleştirilen çalışmada fen bilimleri eğitimi ve göz izleme tekniği anahtar kelimeleri kullanılarak veri tabanları taranmıştır. Fen eğitimi alanında göz izleme tekniği kullanılan çalışmaların farklı örneklerle farklı seviyelerde farklı içeriklere yönelik olduğu anlaşılmıştır. Fen kavramının ele alındığı öğrenme-öğretme sürecindeki araştırma sayısının az olması, göz izleme tekniği için gerekli teknolojik araçların ve bu araçlardaki yazılımlarının erişilebilirliği oldukça zor olduğu sonucunda varılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda göz izleme tekniği ile öğrencinin sunumda seçilen materyale odaklanma süresi, odaklanma sayısı, gözlem süresi ve sayısı, fare hareketi verileri sonucu yapılan nicel değerlendirme materyalin kullanılabilirliğinin ölçülebileceğini göstermektedir. Göz izleme çalışmalarına geniş perspektiften bakıldığında öğrenme öğretme süreçlerinin takip edildiği ve zihinsel temsillerin ortaya çıkmasına faydalı birer metodolojik unsur olarak tercih edildiğini göstermektedir. Göz takip cihazlarından elde edilen bulgular ışığında materyalin kullanılabilirliğinin artırılması için gerekli düzenlemelerin nasıl ve nerelerde yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu gibi ders materyalleri ve görevleri ile bilişsel yük yoğunluğunu azaltacak önerilerde bulunulmuştur. Öğrenme sürecini etkileyen dinamik değişkenlerin etkisinin önceden öğretmen tarafından tespit edilmesi öğretmenin öğrenme sürecindeki yükünü de hafifletmektedir. Bu bakımdan Fen bilimleri öğretmenlerine idealleştirilmiş bir öğrenme ortamının oluşması amacıyla her konu için kullanılabilirliği yüksek olan ders materyallerinin seçiminin önemli olduğu farkındalığı kazandırılabilir.

Anahtar Kelimeler—fen bilimleri eğitimi, göz izleme, ders materyali

I. GİRİŞ

Eğitim, bireylerin ve toplumların sosyal ve ekonomik gelişimi için temel bir unsur olarak kabul edilir. Giderek

artan şekilde, eğitimciler ve araştırmacılar, öğrenme süreçlerini daha etkili, etkin ve bireye özgü hale getirebilmek için teknolojiden yararlanmaktadır. Günümüzde kullanılmaya başlayan teknolojilerden biri de göz izleme cihazlarıdır. Göz izleme tekniği, ekrandaki hangi yerlerin hatalı olduğunu ve hangi yerlerin yanlış yönlendirmeler yaptığını tespit edip, kullanıcıların odaklandıkları yerler, en çok dikkatlerini çeken yerler ve bilgiye erişirken izledikleri yollar hakkında bilgiler veren tekniktir [1]. Göz izleme, bireylerin göz hareketlerini ve odak noktalarını hassas bir şekilde ölçen bir teknoloji olup, özellikle okuma, görsel algı, dikkat dağılımı ve kullanıcı deneyimi gibi alanlarda yararlı bilgiler sağlamaktadır. Göz izleme cihazları, ilk olarak psikoloji, reklamcılık ve insan-bilgisayar etkileşimi gibi farklı disiplinlerde kullanılmıştır. Bu cihazlar, görsel materyalin nasıl işlendiğini, hangi öğelerin daha fazla dikkat çektiğini ve kullanıcıların bir görevi nasıl tamamladıklarını anlamak için kullanılabilirlerdir. Ancak, eğitimde göz izleme teknolojisinin kullanımını son yıllarda başlamış yeni ve yeterince keşfedilmemiş bir alandır.

Göz izleme teknolojileri kullanılarak yapılan çalışmalar kullanılabilirlik kavramı üzerinden gün geçtikçe artmaktadır. Bu araştırmalar genellikle kamu internet siteleri [2] [3], e-ticaret web sayfaları [4], üniversitelerin kütüphane sayfaları [5] [6], üniversitelerin kayıt sayfaları [7], eğitsel web sayfaları ve portalları [8], mobil uygulamalar [9] ve akademik kaynak [10] gibi farklı alanlarda yapılmaktadır. Göz izleme teknolojileri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında kullanıcı deneyimi, kullanıcının ilgi alanı, kullanıcının ısı haritaları ve kullanıcının göz hareket görsellerinin bir incelendiği belirtilebilir.

Göz izleme cihazlarının eğitimde nasıl bir rol oynayabileceğini ve bu tür cihazların öğretmenler, eğitimciler ve öğrenciler için ne tür avantajlar sunabileceği ve hangi sınırlamalara sahip olduğu bu alanda yapılan çalışmalarla ortaya çıkmaktadır. Göz izleme verileri, öğrencilerin anlama sürecini daha iyi kavramak, öğretmenlerin pedagojik yaklaşımlarını özelleştirmek ve eğitim materyallerini geliştirmek için nasıl kullanılabilirliğine gibi temel alanlara yardımcı olmaktadır. Görsel uyanların insanları ve verdikleri kararları etkilediği belirtilmektedir [11]. Göz hareketleri izlenebilirse öğrenenin nasıl öğrendiği hakkında fikir sahibi olunabileceği düşünülmektedir [12].

II. FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİNDE DERS MATERYALLERİ

Öğrenme-öğretme sürecinde Fen Bilimleri dersi öğretmenleri tarafından derslerde geleneksel olarak kullanılan ders kitapları ile birlikte deney yapımındaki

laboratuvar araç ve gereçleri, video içerikleri ve resim görselleri, fen bilimleri deney kitleri, simülasyon ve bilgisayar programları gibi farklı materyallerde kullanılmaktadır. Fen bilimleri öğretiminde görsel materyallerin seçilmesi ve bunların amacına uygun kullanılması önemlidir. Fen bilimleri öğretiminde görsel anlatımın gücünü arttırdığı, öğrenmeyi desteklediği, farklı öğrenme tarzına sahip öğrencilere çeşitlilik sağladığı, motivasyon ve ilgiyi artırdığı, karmaşık kavramlarının anlaşılmasını kolaylaştırdığı, uzun hafızada anımsamayı arttırdığı ve en önemlisi de öğrenmeyi somutlaştırdığı için görsel ders materyalleri bu süreçte tercih edilmektedir. Ders sırasında kullanılmak üzere görsel materyal seçerken öğrenme hedeflerine uygunluk, materyalin bilimsel doğruluğu, öğrencinin düzeyine uygunluğu, ele alınan kavramın anlaşılmasını desteklemesi, öğrencilerin materyale kolaylıkla erişebilmesi ve öğrencinin materyalleri etkileşmesi önemlidir.

Göz izleme cihazlarının farklı eğitim seviyeleri ve çeşitli öğrenme modellerinde nasıl uygulandığını incelemek fen alan eğitiminde önemlidir. Bu kapsamda temel eğitim seviyesinden üniversite seviyesine, formal öğrenmeden informal öğrenmeye ve bireysel öğrenmeden grup içi etkileşimlere kadar farklı eğitim ortamlarında kullanımı bu süreçler hakkında bilgi vermektedir. Göz izleme cihazları, öğrencilerin dikkat dağılımını ve odaklanma seviyelerini ölçmek için kullanılmakta olup etkililiğinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Bu cihazların öğretmenlerin öğretim stratejilerini nasıl etkilediği, göz izleme verilerinden yola çıkarak eğitim materyallerinin tasarımının nasıl yapılması gerektiğine dair bilgiler vermektedir. Göz izleme teknolojisinin eğitimdeki kullanımı farklı öğrenme stillerine ve ihtiyaçlarına sahip öğrenciler için ders materyallerinin özelleştirilebilirliği ile ilgili fikir verdiği araştırma sonuçları gözlenmektedir.

Alanyazın incelendiğinde göz hareketleri ile bilişsel süreçler arasındaki ilişkinin Fen Bilimleri öğretim sürecinde aktif olarak incelenmesi gereken bir araştırma sahası olduğu görülmektedir. Ancak Fen Bilimleri eğitimi alanında göz izleme tekniği ile yapılan araştırmaların ulusal ve uluslararası alanyazın taramasında yeterince olmadığı görülmektedir [14]. Matematik eğitiminde göz izleme çalışmalarının alan ve konu bazlı olarak sınıflandırılmaya başladığı gözlenmektedir [15]. Aynı şekilde mühendislik eğitiminde tasarım aşamalarında göz izleme tekniğinin kullanıldığı araştırmalar mevcuttur [16]. Bu alanda yapılacak çalışmalara ilham olması ve yeni araştırmalar fikirleri doğurması ümidiyle farklı öğretim materyallerinin kullanılmasının göz izleme cihazı verileriyle nasıl araştırıldığının incelenmesi önemlidir.

Bu araştırmada amaç fen bilimleri eğitimi alanında göz izleme tekniklerinin kullanıldığı çalışmaların incelenmesidir. Bu inceleme göz izleme yönteminin kullanımına yönelik geniş bir bakış açısı sunarak araştırmalara katkı sağlamak için tasarlanmıştır.

III. YÖNTEM

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi tercih edilmiştir. Web of Science ve ERIC üzerinden göz izleme tekniği, fen bilimleri eğitimi iki temel anahtar kelime ve bu kelimelerin İngilizce karşılıkları ile tarama yapılmıştır. Deneysel uygulamalı çalışmaların yer aldığı belirlenen makalelerin ilgili veri tabanları üzerinden nitel

araştırma yöntemlerinden biri olan doküman analizi yöntemi ile incelenmesi uygun görülmüştür.

IV. BULGULAR

Fen eğitimi sürecindeki kavramlarla ilgili soruların çözülmesinin incelendiği araştırmada göz takip sistemi kullanılmıştır [16]. Göz izleme tekniği bu araştırmada öğrencilerin zihinsel çabalarını ölçmede kullanılan çeşitli yaklaşımlardan biridir. Bu yaklaşımlar arasında likert tipi ölççekler ve göz izleme ile ölçülen görevde geçen sürelerdir. Ayrıca öğrencilerin verimli hakkında geçerli bilgiler sağlamak için performans ölçümleri ile birleştirmektedir. Araştırmanın farklı aşamaları farklı araştırma örneklemelerini içermektedir. Araştırmanın ilk aşamasında yaşları 15 ile 16 arasında değişen 62 ortaokul öğrencisi ile çalışılmıştır. İkinci ve üçüncü aşamada Novi Sad Üniversitesi Fen Fakültesi'nde kimya öğretmenliği okuyan ve lisans eğitimlerinin son yılında olan 17 öğrenci yer almıştır. Son aşamada ise 189 ortaokul öğrencisi yer almıştır. Araştırma sonucunda göz izleme tekniğinin kimya sorusunun çözümünde uygulanmasının faydalarından söz edilmektedir. Faydaların başında farklı seviyelerdeki öğrencilerin kavram yanlışlığı hakkında bilgiler verdiği belirtilmiştir. Bir çözünürlük sorusu ile ilgili verilen görevi çözmek için gereken sürenin ölçülmesi ve göz izleme tekniği analizlerinin sonuçlarının problem çözme sürecinin bireysel adımlarda nasıl ilerlediğini, öğrencinin alt görevlerde nerelere ne kadar zaman harcadığını ve öğrencinin takip edilmesini sağlamıştır.

Jian Bilim çizgi romanlarında okuma davranışı ve bunun anlama performansı ve okuma tutumları ile ilişkisinin göz izleme ile ölçülmesi çalışması gerçekleştirmiştir [17]. Üniversite öğrencilerinin çizgi romanları aracılığıyla bilim öğrenmelerinin araştırıldığı bu çalışmada çizgi roman okuma tutum ve alışkanlıkları incelenmiştir. Okuma süreçlerinin bir göz takip cihazı ile kaydedildiği bilimsel çizgi romanlar anlama testi ile tamamlanmıştır. Bu çalışmada göz izleme tekniği bilimsel çizgi romanların daha iyi kavrayanlar ile buna karşı tutumları arasında bir ilişki olup olmadığının anlaşılması ile tamamlanmıştır.

Bir başka araştırmada öğrencilerin fizik sorularını çözerken kullandıkları stratejileri araştırılmış ve karşılaştırılmıştır [18]. Öğrencilere verilen fizik görevleri bir projenin parçası olarak hazırlanmıştır. Öğrencilerin yazma testleri sırasında nasıl düşündüklerini anlamak için göz izleme tekniği ve kalem tabletler kullanılmıştır. Bu araştırma kapsamında öğrenciler görev süresi olan 45 dakika boyunca ne yaptı, görevleri nasıl tamamladıkları ve alt görevleri nasıl tanımladıkları takip edilmiştir. Çek Cumhuriyeti'nde bir devlet ortaokulunda gerçekleştirilen çalışmaya üç dokuzuncu sınıf öğrencisi katılmıştır. Etkinliklerin video kayıtları ve öğrencilerin stratejileri analiz edilmiştir. Sonuçlar, öğrencilerin testler sırasında nasıl çalıştıklarını, fizik görevlerini çözerken her saniye ne yaptıklarını göstermiştir. Bu sayede öğretmenlerin öğrencilerinin nasıl düşündüklerini ve problemleri nasıl çözdüklerini anlamasına yardımcı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Güney Kore'de yapılan bir çalışmanın amacı, yer bilimleri öğretmen adaylarının jeolojik haritalar üzerinde fayları ayırt ederken kullandıkları alan bilgisini ve problem çözme sürecini değerlendirmektir [19]. Bu değerlendirme kapsamında yer bilimleri öğretmen adayları bir göz takip

cihazı kullanarak araştırma gerçekleştirilmiştir. Öğretmen adayları verilen görevler kapsamında fay yorumlama problemini çözerken, sabitleme süresi ve bakış grafiği ile ilgili veriler toplanmıştır. Sonuçlar öğretmen adaylarının çoğunun normal ve ters fay kavramlarını bilmekte ancak jeolojik haritalar üzerinde fay yorumlaması için gerekli olan işlemsel bilgiyi sahip olmadığını göstermiştir. Ayrıca öğretmen adayları jeolojik harita üzerinde fayı yorumlamak için jeolojik kesit haritası çizmemiş ve fayı üç boyutlu bilgi yerine jeolojik haritadan toplanan iki boyutlu bilgiye dayanarak yorumlamışlardır. Sonuçlar ışığında yer bilimleri öğretmeni olacak öğretmen adaylarının doğal olayları anlamak için gerekli olan işlemsel bilgileri öğrenebilmeleri için öğretim ve öğrenme ortamının iyileştirilmesi önerilmiştir.

Fen bilimleri eğitim alanında yapılan bir başka çalışmada ise öğretmenlerin dersteki kör nokta bakışları incelenmiştir [20]. Öğretmenin bakışlarının öğrenci ile etkileşimi analiz edilmiştir. Bu çalışmanın amacı fen bilimleri derslerinde öğretmenin bakış örüntüsünü ve dış etken olarak öğrencinin oturduğu yer değiştiğinde bakışların değişip değişmediğini belirlemektir. Ders sırasında altı öğretmen üzerinde göz takibi yapılmış ve öğrenci yeri değiştikten sonra öğretmenin bakış sabitlemesi ve hareketi de analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, öğretmenler çoğunlukla öğrenci koltuklarının merkezine odaklanmış ve bakış kör noktası çoğunlukla öne doğru eğimli olmuştur. Öğrenci koltuğu değiştirilse bile bakışlar sınıfın merkezine odaklandığı ve bakış kör noktası bireyden bireye farklılık gösterdiği ve öğretmenin de bunun farkında olmadığı çalışmada gözlenmiştir. Sonuç olarak, öğretmenin bakış konsantrasyon modeli genellikle benzer olduğu, ancak bakış kör noktası öğretmene bağlı olarak değiştiği ve dış faktörlerden etkilenebildiği belirlenmiştir.

Fen eğitim araştırmalarında göz takibinin işbirliğine dayalı bilginin oluşturulmasının incelendiği çalışmaların sayısı azdır [21]. Lamsa ve diğerleri yaptıkları araştırmada göz izleme verilerinin hem uzamsal hem de zamansal boyutlarını video verileriyle birleştirerek simülasyon tabanlı bir ortamda işbirlikçi bilgi inşasını incelemek için yeni bir yaklaşım tasarlamıştır. İki lisans öğrencisinin bir simülasyonda elektrostatik problemi çözümü sırasındaki konuşmalarının video verilerinin incelenmiştir. İşbirlikli bilgi oluşturma süreçlerinde (yeni fikir, açıklama, değerlendirme ve içerikle ilgili olmayan konuşma ve sessiz anlar) analiz edilmiştir. Öğrencilerin göz izleme verileri epistemik ağ analizi ile analiz edilen bakışlar, çiftlerin uzamsal ve zamansal bakış davranışlarıyla incelenmiştir. İşbirliğine dayalı bilginin inşası sırasında bakış davranışları, konuşmanın niteliği ve fiziksel olguların arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Bulgulara göre odaklanma süresi, odaklanma sayısı, gözlem süresi, gözlem sayısı, konuşmanın miktarı, konuşmadan sessiz geçen zaman ve içerikle ilişkilendirilemeyecek konuşma zamanı, fizik konusu içeriği ile ilgili konuşmanın belirlenen parametreler ışığında incelenip değerlendirilmesiyle işbirlikçi öğrenmenin gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Bu tür çalışmalardan elde edilen sonuçlar öğrenme süreçlerindeki önemli anların fark edilmesine ve simülasyon ortamında gerekli görsellerin öğrenmeyi zorlaştıracığından işbirlikçi bilginin inşası süreçlerini anlamaya yardımcı olacaktır.

Diğer bir araştırmada öğrencilerin spektrum yorumlama becerileri göz hareketleri takip edilerek incelenmiştir [22]. Bu çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir

üniversitede okuyan 18 kimya lisans öğrencisinin ortak görevi olan IR ve ¹H NMR spektrumu yorumlama yoluyla kimyasal sentezlerin başarısını değerlendirirken kullandıkları akıl yürütme yöntemlerini araştırılmıştır. Öğrenciler, göz hareketleri takip edilirken bir dizi yorumlama görevini nasıl tamamladıkları ve ardından spektrum yorumlama sırasındaki akıl yürütmeleri hakkında yarı yapılandırılmış retrospektif sesli düşünme görüşmeleriyle veriler toplanmıştır. Göz izleme tekniğiyle elde edilen bulgular ışığında katılımcılar tarafından kullanılan geçersiz kimyasal varsayımları ve sezgisel akıl yürütme stratejilerinin kullandığı anlaşılmıştır. Bulgulara göre spektrum yorumlama sırasında öğrencilerin akıl yürütmeleri üzerindeki en sorunlu kısımların belirli geçersiz kimyasal varsayımlar ve sezgisel akıl yürütme stratejilerinin bir kombinasyonu haline gelmesinden dolayı başarısız olmasıdır. Ayrıca sezgisel yöntemleri kullananların başarısız katılımcılar olduğu sonucuna varılmıştır.

V. SONUÇLAR

Fen eğitimi alanında göz izleme tekniği kullanılan çalışmaların farklı örneklerle farklı seviyelerde farklı içeriklere yönelik olduğu anlaşılmıştır. Fen kavramının ele alındığı öğrenme-öğretme sürecindeki araştırma sayısının az olması, göz izleme tekniği için gerekli teknolojik araçların ve bu araçlardaki yazılımlarının erişilebilirliği oldukça zor olduğu sonucunda varılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda göz izleme tekniği ile öğrencinin sunumda seçilen materyale odaklanma süresi, odaklanma sayısı, gözlem süresi ve sayısı, fare hareketi verileri sonucu yapılan nicel değerlendirme materyalin kullanılabilirliğinin ölçülebileceğini göstermektedir.

Göz izleme çalışmalarına geniş perspektiften bakıldığında öğrenme öğretme süreçlerinin takip edildiği ve zihinsel temsillerin ortaya çıkmasına faydalı birer metodolojik unsur olarak tercih edildiğini göstermektedir.

Göz takip cihazlarından elde edilen bulgular ışığında materyalin kullanılabilirliğinin artırılması için gerekli düzenlemelerin nasıl ve nerelerde yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu gibi ders materyalleri ve görevleri ile bilişsel yük yoğunluğunu azaltacak önerilerde bulunulmuştur. Öğrenme sürecini etkileyen dinamik değişkenlerin etkisinin önceden öğretmen tarafından tespit edilmesi öğretmenin öğrenme sürecindeki yükünü de hafifletmektedir. Bu bakımdan Fen bilimleri öğretmenlerine idealleştirilmiş bir öğrenme ortamının oluşması amacıyla her konu için kullanılabilirliği yüksek olan ders materyallerinin seçiminin önemli olduğu farkındalığı kazandırılabilir.

REFERENCES

- [1] K. Pernice, & J. Nielsen, J. (2009). How to conduct eyetracking studies. Nielsen Norman Group, 945397498.
- [2] İ. Yavuz, N.Ö. Çınar, & K. Çağiltay (2016). Kamu internet sitelerinde yer alan arama alanlarının kullanılabilirliği ve buna yönelik kullanıcı davranışlarının belirlenmesi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 9(1), 41.
- [3] S. Durmuş, K. Çağiltay (2012). Kamu Kurumu Web Siteleri ve Kullanılabilirlik. Kitapta bolum: E-devlet Kamu yönetimi Ve Teknoloji İlişkisinde Güncel Gelişmeler. Editörler: Mehmet Zahid Sobacı, Mete Yıldız 293-322, Nobel Yayınevi.
- [4] E. Özmen & E. Karaman (2020). E-ticaret sitelerindeki gizlilik sözleşmelerinin göz hareketlerini izleme yöntemiyle incelenmesi . Journal of Business in The Digital Age , 3(2) , 108-116.

- [5] S.G. Mazman, H. Tüzün, S. Akbal, & M. Yeniad (2010) Usability testing of departmental web sites: a case study with authentic users and authentic tasks, ICERI2010 Proceedings, pp. 345-353.
- [6] F. K. Pala, T. Altan, H. Ilgaz, M. Çınar, H. Tüzün (2010). Hacettepe Üniversitesinin Kütüphane Web Sitesi kullanılabilirlik çalışması, 10th International Educational Technology Conference, 640-644.
- [7] H. Tüzün, A. Akıncı, M. Kurtoğlu, D. Atal, & F.K. Pala, (2013) A study on the usability of a university registrar's office website through the methods of authentic tasks and eye-tracking, Turkish online journal of educational technology , vol.12, no.2, pp.26-38.
- [8] F. K. Pala, H. Arslan & F. Özdiñ (2017). Eğitim bilişim ağı web sitesinin otantik görevler ve göz izleme ile kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi* , 2 (1) , 24-38 .
- [9] O. Dönmez, F. Yaman, Y.L. Şahin, & I. Kabakçı Yurdakul (2016). İşitme Engelliler İçin Mobil Uygulama Geliştirme Süreci: Çarkıfelek Örneği . *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama* , 6 (1) , 22-41 .
- [10] İ. Çetin, & E. Şendurur, E. (2016). Çevrimiçi Akademik Kaynakların Kullanılabilirlik Değerlendirmesi The Usability Evaluation of Online Academic Resources. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* , 1 (40) , 273-299.
- [11] Jacob, R. J., & Karn, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In *The mind's eye* (pp. 573-605). North-Holland.
- [12] Mayer, R. E. (2010). Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics. *Learning and instruction*, 20(2), 167-171.
- [13] D. D. Rodic, (2019). Combined Measures of Students' Success: Recent Trends and Developments in Science Education Research. In *International Baltic Symposium on Science and Technology Education*. Scientia Socialis Ltd. 29 K. Donelaicio Street, LT-78115 Siauliai, Republic of Lithuania.
- [14] A. Langner, N. Graulich, & M. Nied (2022). Eye-tracking as a promising tool in pre-service teacher Education— A new approach to promote skills for digital multimedia design. *Journal of Chemical Education*, 99(4), 1651-1659.
- [15] A. R., Strohmaier, K. J., MacKay, A. Obersteiner, & K.M. Reiss, (2020). Eye-tracking methodology in mathematics education research: A systematic literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 104, 147-200.
- [16] H. W., Hsing, D. Bairaktarova, & N. Lau, (2023). Using eye gaze to reveal cognitive processes and strategies of engineering students when solving spatial rotation and mental cutting tasks. *Journal of Engineering Education*, 112(1), 125-146.
- [17] Y. C. Jian, (2023). Reading Behavior in Science Comics and Its Relations with Comprehension Performance and Reading Attitudes: an Eye-tracker Study. *Research in Science Education*, 53(4), 689-706.
- [18] P. Kočí, , J. Škrabánková, V. Vaněk, & D. Nocar, (2019). Students' Strategies During Solving Physics Tasks Described Thank To The Combination Of An Eye-Tracker And A Pen-Tablet. In *ICERI2019 Proceedings* (pp. 6293-6300). IATED.
- [19] Woong Hyeon Jeon, Duk Ho Chung, Chul Min Lee (2023). Case Study on the Pre-Service Earth Science Teachers' Faults Discrimination on Geological Map using Eye Tracker, *Journal Of The Korean Earth Science Society*, 44(3), 210-221.
- [20] J. H. Byeon, & Y.J. Kwon, (2023). Teacher's Gaze Blind Spot in Science Lecture Class. *Journal of Baltic Science Education*, 22(3), 413-426.
- [21] J. Lämsä, J. Kotkajuuri, A. Lehtinen, P. Koskinen, T. Mäntylä, J. Kilpeläinen, & Hämäläinen, R. (2022). The focus and timing of gaze matters: Investigating collaborative knowledge construction in a simulation-based environment by combined video and eye tracking. In *Frontiers in Education* (Vol. 7, p. 942224). Frontiers.
- [22] Connor, M. C., Finkstaedt-Quinn, S. A., & Shultz, G. V. (2019). Constraints on organic chemistry students' reasoning during IR and 1 H NMR spectral interpretation. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 522-541..

Hareket Temelli İşlemler Konusunda Yayınlanan Makalelerin Bibliyometrik Analizi

Aydın, A¹, Göktaş, Y²

[#]*Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Eğitim Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*

¹abdulkerimaydn@gmail.com, ²yuksel.goktas@hotmail.com

^{*}*Yazılım Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*

Özet— Bu çalışma, hareket temelli işlemler alanındaki makalelerin bibliyometrik analizini sunmaktadır. Bu analiz, alandaki anahtar kelimeleri, araştırma konularını, yayın yapan araştırmacıları ve sürdürülebilir kalkınma ilkelerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bibliyometrik haritalama analizi kullanılarak hareket temelli işlemler konusunda en fazla ilgi çeken anahtar kelimeler belirlenmiştir. Özellikle "gesture recognition," "feature extraction," "gesture," "motion detection," ve "augmented reality" anahtar kelimeleriyle yapılan yayınların sayısının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu analiz, alandaki mevcut araştırmaların odak noktalarının ve eğiliminin anlaşılmasına yardımcı olmuştur.

I. GİRİŞ

Günümüzde bilim ve teknoloji, hızla değişen ve gelişen bir dünya ile bütünleşmiştir. Bu hızlı değişim, akademik araştırmalara ve bilimsel yayınlara büyük bir önem kazandırmıştır. Bilim insanları ve araştırmacılar, farklı disiplinlerdeki bilgiyi anlamak ve bu bilgiyi iletme amacıyla büyük bir çaba göstermektedirler. Bu bağlamda, hareket temelli işlemler gibi belirli bir konu alanında yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi, bilimsel alanyazının eğilimini ve o alandaki gelişmeleri açıklamak için önemli bir araçtır. Hareket temelli işlemler, hareket verilerinin analizi ve işlenmesiyle ilgili disiplinler arası bir araştırma alanını ifade etmektedir [1]. Bu alandaki çalışmalar; coğrafya, mühendislik, bilgisayar bilimi, sağlık bilimleri ve daha birçok disiplini içine alır [2]. Hareket verileri, yerel konum bilgilerini içeren GPS (Global Positioning System) verilerinden sosyal medya etkileşimlerine kadar çeşitli kaynaklardan elde edilebilir [3]. Bu verilerin analizi; kullanıcı hareketleri, trafik yönetimi, sağlık izleme, güvenlik, çevresel analiz ve daha birçok uygulama alanında değerli bilgiler sunabilir [4].

Bu çalışma kapsamında hareket temelli işlemler konusunda yapılan makalelerin bibliyometrik analizi ele alınmıştır. Bu analiz, araştırmaların temel eğilimlerinin ve gelişmelerinin anlaşılmasına yardımcı olmakta, potansiyel boşlukların ve gelecekteki araştırma eğilimlerinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, hareket temelli işlemler konusundaki araştırmaların önemini ve etkisinin değerlendirilmesine yardımcı olmakta ve bu alandaki bilimsel katkıların toplumsal ve endüstriyel bağlamda nasıl bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışma; hareket temelli işlemler alanındaki

kullanılan anahtar kelimeleri, çalışma yapılan alanları, yayın yapan araştırmacıları, ilişkili sürdürülebilir kalkınma amaçlarını ortaya koymaktadır. Çalışmanın devamında yöntem, bulgular ve öneriler bölümleri sunulmuştur.

II. YÖNTEM

Hareket temelli işlemler konusunda yayınlanan makalelerin geçmişten bugüne eğilimini incelemeyi amaçlayan bu araştırmada bibliyometrik haritalama analizinden yararlanılmıştır. Araştırmada kullanılan bibliyometrik haritalama analizi, belirli bir konu alanında ortaya konulan bilimsel üretimin değerlendirilmesine dayanmaktadır [5]. Bibliyometrik analizde VOSViewer benzeri bilgisayar programlarından yararlanılmaktadır. Öncelikle Web of Science gibi veri tabanları üzerinden ilgili konu başlığında yapılan yayınlara ulaşılarak bu yayınlar dışa aktarılır. Daha sonra bu yayınlar bilgisayar programlarında belirli kriterlere dayalı olarak analiz edilerek görselleştirilir. Hareket temelli işlemler konusunda yayınlanan makaleler bibliyometrik haritalama analizi ile incelenmiş; hareket temelli işlemler alanındaki en sık kullanılan anahtar kelimeler, en fazla çalışma yapılan alanlar, en fazla yayın yapan araştırmacılar, ilişkili sürdürülebilir kalkınma amaçları belirlenmiştir.

Alanyazında hareket temelli işlemler konusu "motion based" ya da "gesture based" anahtar kelimeleriyle ifade edilmektedir. Bu araştırmada makale seçim sürecine her iki anahtar kelime de dâhil edilmiştir. Doküman türü olarak makale seçilmiş ve 30 Eylül 2023 tarihi itibarıyla Web of Science veri tabanında yapılan tarama sonucunda 817 çalışma analiz edilmiştir. Kullanılan arama formülü şu şekildedir:

TITLE: ("Gesture Based " or "motion based")

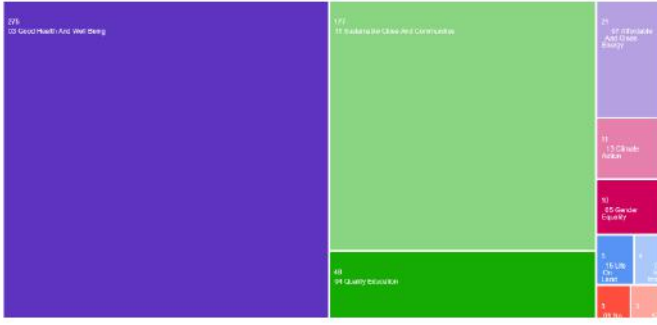
Refined by: DOCUMENT TYPES: (ARTICLE)

Timespan: All years.

III. BULGULAR

A. Yıllara Göre Dağılım

Hareket temelli işlemler konusunda yapılan makalelerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde ilk çalışmaların 2002 yılında yayınlandığı görülmektedir. Ayrıca ilgili alanda her sene daha fazla çalışma yapıldığı dikkat çekmektedir. Hareket



Şekil. 4 Sürdürülebilir Kalkınma İlkeleri

IV. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında hareket temelli işlemler konusunda yapılan makalelerin bibliyometrik analizi yapılmıştır. Bu analiz kapsamında hareket temelli işlemler alanındaki en sık kullanılan anahtar kelimeler, en fazla çalışma yapılan alanlar, en fazla yayın yapan araştırmacılar, ilişkili sürdürülebilir kalkınma amaçları belirlenmiştir. Buradan hareketle çalışma kapsamında şu önerilerde bulunulabilir:

- ✓ Son üç yılda ve daha az kullanıldığı belirlenen robots, sensors, task analysis anahtar kelimelerine ilişkin yeni çalışmalar tasarlanabilir.

- ✓ En fazla yayın yapan araştırmacılar ve bu araştırmacıların çalışmaları okunup takip edilebilir.
- ✓ Sosyal bilimlere yönelik hareket temelli işlemler makaleleri tasarlanabilir.
- ✓ Ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğe yönelik çalışmalar geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Huang, Z., Niu, Q., & Xiao, S. (2020). Human behavior recognition based on motion data analysis. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 34(09), 2056005. <https://doi.org/10.1142/S0218001420560054>
- [2] Wong, C. C. L. (2015). *Fusion of wearable and visual sensors for human motion analysis* (Doctoral dissertation, Imperial College London).
- [3] Dong, R., Cai, D., & Ikuno, S. (2020). Motion capture data analysis in the instantaneous frequency-domain using hilbert-huang transform. *Sensors*, 20(22), 6534. <https://doi.org/10.3390/s20226534>
- [4] Park, C., Do Noh, S., & Srivastava, A. (2022). Data science for motion and time analysis with modern motion sensor data. *Operations Research*, 70(6), 3217-3233. <https://doi.org/10.1287/opre.2021.2216>
- [5] Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?. *Scientometrics*, 105, 1809-1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>

İnsan-kompüter Qarşılıqlı Əlaqəsinin Psixoloji Xüsusiyyətləri

Svetlana Əhmədova

*İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrası
Sumqayıt Dövlət Universiteti*

Sumqayıt, Azərbaycan

Axmedova60@mail.ru

Abstract— Məruzə tezisdə insan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsinin psixoloji xüsusiyyətləri araşdırılır. Müasir cəmiyyətin və insanın inkişafını müəyyən edən qlobal üstünlüklər barədə məlumat verilir. İnsan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsinin əsas problemləri araşdırılır. Kompüter istifadəçilərinin orqanizminə mənfi təsirini aradan qaldırmaq üçün kompüterdə işləyərək hansı qaydalara əməl etmələri haqqında məlumat verilir və qeyd olunur ki, bütün çətinliklərə baxmayaraq müasir dünyada kompüter vazkeçilməzdir.

Açar sözlər-insan, kompüter, istifadəçi, psixoloji xüsusiyyət, qarşılıqlı əlaqə

I. GİRİŞ

Bəşəriyyət yeni inkişaf mərhələsinə, yeni informasiya cəmiyyətini, yeni informasiya etikasını və mədəniyyətini təqdim edən mərhələyə qədəm qoymuşdur. Bu gün qlobal bir şəbəkə ilə birləşən kompüterlər həm dünya informasiya bankının, həm də mobil rabitə vasitəsinin funksiyalarını öz üzərinə götürürlər. İnformasiya inkişaf meyarları arasında, eləcə də onu əldə etmək, emal etmək və istifadə etmək vasitələri olan kompüter və kompüter texnologiyaları arasında prioritet yer tutmuşdur, onun köməyi ilə insanın intellektual imkanları və qabiliyyətləri gücləndirilir. Bu texnoloji dəyişikliklər təkcə insanın yaşama mühitini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirmir, həm də insanın özünə, onun fəaliyyətinin bütün növlərinin təşkilinə, xammal, əmtəə və xidmətlər bazarında insan cəmiyyətləri arasındakı münasibətlərə, təhsil sistemində və nəhayət, qanunvericilik, məhkəmə və icra hakimiyyəti orqanları tərəfindən müəyyən edilmiş və inkişaf etdirilən norma və qanunlara təsir göstərir. Beləliklə, insan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsinin xüsusiyyətləri müasir cəmiyyətin ən aktual problemlərindən birinə çevrilir, insan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsi problemi nisbətən yaxınlarda meydana çıxıb və hələ də öyrənilməyə ehtiyac duyulur.

Eyni zamanda, intellektin və ətraf aləmin modelinin kompüterə daxil edilməsindən, yəni kompüterdə "virtual reallığın" formalaşmasından insanlar ətrafdakı virtuallığın təcəssümünə — avtomobillərdə, televizorlarda, kredit kartlarında, hətta diyircəkli qələmlərdə və s. mikroprosessorlara keçirlər.

II. MÜASİR CƏMIYYƏTİN VƏ İNSANIN İNKİŞAFINI MÜƏYYƏN EDƏN QLOBAL ÜSTÜNLÜKLƏR

Yeni informasiya dövrü müasir cəmiyyətin və insanın inkişafını müəyyən edən qlobal üstünlükləri nümayiş etdirir:

Birincisi, bu, kompüterlər və insanlar arasında yüksək səviyyədə qarşılıqlı əlaqədir. Kompüter, demək olar ki, insanın bütün insani hissələrinə cavab verən şəxsi köməkçisi kimi çıxış edir. Kompüterin müxtəlif texniki vasitələrlə (telefon, radio, video və fotoqrafik vasitələr, diaqnostika avadanlığı və s.) nisbətən problemsiz birləşdirilməsi kompüterdə eşitmə, görmə, toxunma, nitqin imkanlarını təmin edir.

İkinci üstünlük kompüterlərin kitab və musiqi alətləri də daxil olmaqla, bütün mövcud medianın funksiyalarını bir anda öz üzərinə götürməsi ilə müəyyən edilir. Bu o deməkdir ki, insan ideyaları qəbul etmək və ötürmək istədiyi media növlərini seçmək imkanı əldə edir. Ənənəvi mediada demək olar ki, əlçatmaz olan mətnlər, şəkillər, səslər və filmlər kimi konstruksiyalar və hadisələr insanın özü tərəfindən asanlıqla idarə olunur.

Üçüncüsü, informasiya müxtəlif yollarla təqdim oluna bildiyi üçün insana ideyalara və ya problemlərə müxtəlif yollarla baxmaq və müxtəlif mənbələrdən alınmış informasiyaları bir araya gətirmək imkanı verilir

Dördüncüsü, kompüter hesablamalarının mahiyyəti şərtləri imitasiya etməklə ideyanın dinamik modelini

qurmaqdır. Kompüterin köməyi ilə sadəcə statistik hesablamalar deyil, ziddiyyətli nəzəriyyələri təsvir edən və sınaqdan keçirən vizual modellər əldə etmək mümkündür.

Beşinci üstünlük ondan ibarətdir ki, kompüterlər düşünmə qabiliyyətinə malikdir. Kompüterin model qurma qabiliyyəti ona insan ağı ilə rəqabət aparmağa imkan verir.

Bu beş üstünlük güclü informasiya mühitini təşkil edir ki, onun mərkəzi aləti kompüter, mərkəzi fəaliyyət subyekti isə insandır. Bu sistem çərçivəsində mahiyyətə, mövcudluq yolunda və məqsədlərinə görə əks olan iki instansyanın - insan və kompüterin qarşılıqlı əlaqəsi həyata keçirilir. Lakin son bir neçə onilliyin təcrübəsinin göstərdiyi kimi, bu qarşılıqlı əlaqə təbii, qarşılıqlı zənginləşən və inkişaf edən xarakter almışdır .

İnsan potensial olaraq keyfiyyətə yeni bir informasiya mühitində yaşamağa və işləməyə, onun reallıqlarını adekvat qəbul etməyə və üstəlik uğurla inkişaf etdirməyə hazırdır. Beləliklə, bu, yalnız bir insanın həyat şəraitini deyil, həm də özünü dəyişdirir. İlk növbədə nəzərə alınmalı olan ən ciddi məqamlardan biri də ən son informasiya vasitələri və texnologiyalarının insanların, xüsusən də uşaq və yeniyetmələrin sağlamlığına mümkün mənfi təsirləridir [1].

İnsan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsi çoxistiqamətli elmi istiqamətlər (kompüter qrafikası, mühəndis psixologiyası, ergonomika, , informatika və s.) kontekstində inkişaf etmişdir.

Kompüterlər dövrünün əvvəlində hesablama sistemləri ilə yalnız mütəxəssislər işləyirdi. "İstifadəçi" anlayışı nisbətən gəncdir, o, fərdi kompüterlərin meydana gəlməsi ilə eyni vaxtda ingilis dilindən gəldi. Tərcümədə "istifadəçi" kompüter sistemi və ya proqram alətindən istifadə edən şəxs və ya hüquqi şəxsdir [2]. Yəni istifadəçi öz məqsədlərinə çatmaq üçün kompüterdən istifadə edən istənilən şəxsdir .

Bu günə qədər istifadəçilərin çevrəsi əhəmiyyətli dərəcədə genişlənmişdir. İstifadəçi bilavasitə kompüterə məlumatları daxil edə, onların qiymətini dəyişə, kompüterə müəyyən hesablamaların aparılmasını tapşırı bilər. Eyni zamanda o, həqiqətən də kompüterlə dialoq aparır, onunla ünsiyyət qurur, çünki o, nəinki kompüterdən bu və ya digər məlumatı soruşur, həm də ona əks suallar verir. Bundan əlavə, müasir əməliyyat sistemləri müxtəlif terminallardan işləyən bir neçə istifadəçiyə eyni vaxtda xidmət göstərə bilər.

III. İNSAN-KOMPÜTER QARŞILIQLI ƏLAQƏSİNİN ƏSAS PROBLEMLƏRİ VƏ HƏLL YOLLARI

İnsanın kompüter sistemləri ilə qarşılıqlı əlaqəsinin aşağıdakı əsas problemlərini ayırmaq olar:

1. Kompüterin insan orqanizminə və sinir sistemində zərərli təsiri ilə bağlı gigiyenik, tibbi problemlər. Bir tərəfdən, kompüterlə uzun müddət işləməyin yolverilməzliyi haqqında daima xəbərdarlıqlar eşidilir və s. Digər tərəfdən, kompüter

sistemlərinin tərtibatçıları istifadəçilərin orqanizminin qorunması vasitələrini daim təkmilləşdirirlər.

2. Kompüterlərin istismarı zamanı nasazlıqların və xətalərin olması. Bu problem, "haker"lərin təşkilatların kompüter sistemlərini (o cümlədən müdafiə sistemlərini) sıradan çıxara bilən getdikcə daha çox "kompüter virusları" hazırlamaları ilə daha da şiddətlənir.

3. Kompüter nəsillərinin sürətli dəyişməsi, daha da təkmilləşmiş kompüter və proqramların daimi axtarışına ehtiyac yaradır.

4. Kompüterlərin insanın şəxsi həyatına tam nüfuz etməsi. İstənilən "istifadəçi" gec-tez qlobal kompüter şəbəkələrinə qoşulur. Bu problemə daha sakit və hətta optimist baxmağa imkan verən odur ki, "istifadəçilər" in çoxu sadəcə olaraq heç kəsi maraqlandırmır (hər bir "istifadəçi" üçün təhlükəsizlik orqanlarının işçisi təhkim etmək mümkün deyil). Ancaq bir insan cəmiyyətdə görkəmli yer tutmağa başlayan kimi, onun haqqında kifayət qədər məlumatlı olan bir dosye toplamaq asandır.

5. İnsan təfəkkürünün kompüterləşdirilməsi, kompüterin məhdudiyətləri insan-istifadəçinin məhdudiyətlərinə gətirib çıxarır [3].

İnsan və kompüterin qarşılıqlı əlaqəsi sosial bir hadisəyə çevrilir və bir insanın texnika ilə sadə ünsiyyəti deyil, əsrlər boyu toplanmış insan təcrübəsinin informasiya zənginliyi ilə qarşılıqlı əlaqəsinin aktiv bir prosesidir. Kompüter yalnız dünyaya açılan pəncərə və ya dünya kitabxanası deyil, həm də aktiv tərəfdaş, rəqib, köməkçi, müəllim, hakim və vəkildir. İnsan fəaliyyətinin bütün sahələrində kompüter təkcə güclü texnoloji vasitə kimi deyil, həm də insanın özünü dərk etməsi vasitəsi kimi də çıxış edir, insanı özünü daha yaxşı tanımağa, qabiliyyətlərini daha dolğun kəşf etməyə və fərdiliyini göstərməyə stimullaşdıran yaradıcılıq vasitəsi kimi çıxış edir.

İş mühitində insanın kompüterlə qarşılıqlı əlaqəsinin psixoloji xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək üçün istifadəçilərin yaşını müəyyən etmək lazımdır.

Bir çox insanın yaşına görə kompüterini tam mənimsəməsi çətindir, kimsə sadəcə ondan az istifadə edir və uzun müddət kompüterdə işləyərkən sağlamlığında müxtəlif vəziyyətlər (göz yaşarması, baş ağrısı və s.) yaranır ki, bu da onların kompüterə daha çox vaxt sərf etməsinə mane olur, bir çox istifadəçidə isə kompüter həyəcanı inkişaf edir. Kompüter həyəcanı birbaşa istifadə zamanı və ya kompüterdən istifadə imkanını nəzərdən keçirərkən baş verən daha təsirli situasiya həyəcanıdır. Kompüter həyəcanı əsasən kompüterdə işləmə təcrübəsi az olan 40 yaşdan yuxarı istifadəçilərdə baş verir. Bu səhv bir şey etmək və kompüterini sıradan çıxartmaq qorxusundan ibarətdir. Bu da onun kompüterini bilməməsindən ya zəif öyrəndiyindən və ya kompüterdə işləmək üçün heç bir təlimdə olmaması nəticəsində yaranır.

Əsəb gərginliyi kompüterini istifadəçiyə mənfi təsirinin başqa bir təzahürüdür. Çox vaxt hazırlıqsız istifadəçilər

kompiüterdə işləyərkən müəyyən proqramlardan necə istifadə edəcəyini bilmədikləri üçün əsəb gərginliyi yaşayırlar, menyularda seçim edərkən çaşırlar, məlumatlılıqlarından narahat olurlar və buna görə işini itirmək qorxusu yaşayırlar.

Həmçinin istifadəçinin idrak qabiliyyətlərini qiymətləndirərkən onun təhsilini də nəzərə almaq lazımdır. İntellektual sahədə çalışan, yeni şeylər öyrənə bilən erudit insanlar üçün hər yaşda innovasiyalara yiyələnmək daha asandır, ona görə də təhsil səviyyəsi kompiüter sistemlərinin inkişafına böyük təsir göstərə bilər.

Kompiüterdə işləyərkən kompiüter savadlılığı və psixoloji gərginlik problemindən əlavə, yaşından və kompiüter texnologiyası bilik səviyyəsindən asılı olmayaraq hər kəsin qarşılaşdığı başqa bir çətinlik var – bu da sağlamlıq problemləridir.

Kompiüter istifadəçilərinin orqanizminə mənfi təsiri kompiüterdə işləyərkən aşağıdakı bir sıra qaydalara əməl etməyənlərdə müşahidə olunur:

- 1) Bir kompiüter istifadəçisinin ən azı 6 kv.m ofis sahəsi olmalıdır;
- 2) Kompiüterlərin yerləşdiyi otaqda gündəlik nəm təmizləmə işləri aparılmalıdır;
- 3) Kompiüterlərin yerləşdiyi otaq hər iş saatından sonra havalandırılmalıdır;
- 4) Böyüklər üçün kompiüterdə fasiləsiz işin müddəti iki saatdan çox olmamalıdır;
- 5) Kompiüterdə işləyərkən vaxtaşırı göz qırpması lazımdır. Diqqətimizi cəmlədiyimiz zaman göz qırpması tezliyi azalır, bu da gözlərdə quruluğa səbəb olur.
- 6) "20/20" Qaydası. Hər 20 dəqiqədən bir 20 saniyə ərzində monitordan uzaqlaşın, bu gözlərin qıcıqlanması riskini azaldır;
- 7) Müasir dünyada daha sürətli və dəqiq işləmək üçün kompiüter proqramlarını mənimsəmək lazımdır, müxtəlif firmalardakı kompiüterləşdirmə bir çox ixtisas işçilərini bu və ya digər şəkildə kompiüterdən öz peşəkar sahələrində istifadə etməyə məcbur edir;
- 8) Kompiüterdən istifadə etməklə məlumatların axtarışı minlərlə digər kompiüterlər arasında elmi, işgüzar, təhsil və

əyləncə məlumatlarının pulsuz qəbulu və yayılması üçün ən geniş imkanları təmin edən ümumdünya kompiüter şəbəkəsi olan İnternet vasitəsilə həyata keçirilir ;

9) Kompiüter hər kəs üçün çox faydalıdır, çoxfunksiyalılığı və inkişaf etmiş proqramları sayəsində bir çox ixtisasların, o cümlədən sosial mütəxəssislərin işini asanlaşdırır;

10) Kompiüter asudə vaxtınızı əyləncələrlə keçirməyə kömək edir, İnternetə çıxış açır-böyük bir məlumat bazası, məktəblilərə və tələbələrə dərslərdə kömək edir;

11) Buna baxmayaraq, kompiüter təkcə faydalı deyil, bəzi ehtiyat tədbirlərinə əməl edilmədikdə istifadəçinin sağlamlığı bundan əziyyət çəkə bilər.

IV. NƏTİCƏ

İndiki dövrdə kompiüter insan fəaliyyətinin demək olar ki, bütün sahələrində iştirak edir. Yalnız riyazi hesablamalar üçün icad edilmiş kompiüter, indi hesablamalara aid olmayan bir çox işi yerinə yetirir. Kompiüter bir çox ixtisasın nümayəndələri tərəfindən istifadə olunur, onsuz bir çox qurumu təsəvvür etmək mümkün deyil.

İstənilən yaşda olan insanlar tərəfindən mənimsənilə bilər və universal kompiüterləşdirmə ilə əlaqədar olaraq, uğurlu təhsil almaq və işləmək üçün lazımdır.

İstifadəçilərin kompiüterdə işləyərkən qarşılaşdıqları çətinliklərə baxmayaraq, ondan istifadə etməyə davam edirlər, evdə istifadə üçün alırlar, uşaqlar üçün alırlar, çünki müasir dünyada kompiüter vazkeçilməzdir.

ƏDƏBİYYAT

- [1] Венда В.Ф. О законе взаимной адаптации человека и машины // Вестник АН СССР. 1985. № 1.
- [2] Пучкова И.М. Психологические аспекты подготовки пользователей компьютера // Ежегодник РПО. Материалы III съезда психологов 25-28 июня 2003 г. Т.6 - СПб, 2003. - С. 478 - 482.
- [3] Моргунов Е.Б. Человеческие факторы в компьютерных системах. М.: Тривола, 1994. 272с.

User Experience Evaluation in Metaverse for People with Visual Impairment: Data Gathering

Muhammad Hariz Bin Hasnan
College of Computing Informatics, And
Mathematics
Universiti Teknologi MARA (UiTM)
Shah Alam, Malaysia
hariz.hasnan@gmail.com

Fariza Hanis Abdul Razak
College of Computing Informatics, And
Mathematics
Universiti Teknologi MARA (UiTM)
Shah Alam, Malaysia
fariza062@uitm.edu.my

Abstract—To maintain research integrity, assure quality assurance, and make well-informed decisions making, accurate data gathering is essential in this study. An evaluation of the user experience entails looking at how a user feels or responds to a system, product, service, or other piece of media. Global users interest in the Metaverse product has lately surged, making it a hot issue among tech companies right now. The conditions for it is arguable whether or not a Metaverse that is usable by those with visual impairments should be developed. The method of this study employed to assess visually impaired user's experiences interacting with the Qatar Airways Metaverse product QVerse was user experience evaluation. Avatar cabin workers will assist customers while they are on board the QVerse, which offers replicated in-flight amenities in a virtual setting. Therefore, the study's sample consists of five Malaysian Association for the Blind (MAB) members who fit into blindness categories B1 and B2. In this investigation, data was obtained through interviews and observational research. Through the identification of recurrent meaning patterns throughout the data collection, thematic analysis is utilised to develop themes in the data of this qualitative study. People who are blind or visually impaired will find it easier to navigate the Metaverse because to this study. This study is noteworthy in light of SDG 10—which calls for reducing inequality between those who are blind and those who are in the Metaverse. Improved user experiences (UX), accessibility features like audio descriptions, and the need for blind user experiences in the Metaverse, audible acoustic design, and intuitive navigation are all beneficial to people with visual impairments. This leads to the introduction of the two data collection techniques to the Blind User Experience Affinity Diagram. Designers can utilise the findings as a reliable resource to construct effective apps that are accessible to the Metaverse.

Keywords—Accessibility, Metaverse, User Experience, UX, Visual Impaired.

I. INTRODUCTION

Maintaining research integrity, ensuring quality assurance, and making well-informed decisions making all depend on accurate data gathering. Researchers need to identify the sorts of data being collected, their sources, and the techniques they are using. According to UX Matters, the core of data gathering in user research consists two methods which are interviewing and observing [1]. In order to obtain participant input, interviews are essential in any research projects. Nevertheless, people's answers during interviews aren't always truthful or trustworthy. Because of this, observation is crucial for obtaining information since it teaches researchers how to look and listen, it goes beyond simply directing eyes in a specific direction, paying attention, and taking notes. Therefore, this study are using interview and observation methods to gather the information regarding user experience in Metaverse for people with visual impairment.

User Experience (UX) refers to the overall experience that a person has when interacting with a product, service, or system. It encompasses all aspects of the interaction, including the user's emotions, attitudes, and perceptions of the product, as well as its usability, accessibility, and functionality.

Don Norman, a well-known author and researcher in the field of human-computer interaction and design, defines User Experience (UX) as "all aspects of a person's interaction with a company, its services, and its products [2]." This term emphasizes the significance of considering not only how a product is used, but also the bigger picture of its usage, which includes the company and its services. Overall, Norman's explanations of user experience (UX) place an emphasis on the holistic and multifaceted character of the user experience as well as the significance of taking both the technical and emotional components of the interaction into account.

Recently, the Metaverse product has attracted various attention from people around the world. The term "Metaverse" is a combination of "meta," which means beyond, and "verse," referring to the universe. It is the next generation of the internet that allows users to create their own avatar to interact with others in a 3D virtual world [3].

The Qatar Airways metaverse product QVerse was used as a method to evaluate the user experience of visually impaired people as they interacted with that metaverse product. The QVerse provides simulated inflight services in a virtual environment, and passengers will receive help from avatar cabin crew while onboard [4].

However, there is limited study on people with visual impairment experience in the Metaverse. This next generation of internet needs to consider adding accessibility features as an afterthought will be almost impossible.

The purpose of this study was to evaluate the User Experience (UX) in the QVerse Metaverse web, therefore researchers gathered research sample participants from the Malaysian Association for the Blind (MAB). Then, Methods for data gathering include observations and interviews.

To sum up, this study's data gathering enables the researcher to comprehend how people with visual impairments interact with the Metaverse. Furthermore, this study is important for achieving SDG 10, which is to lessen the gaps between the Metaverse and people with visual impairments. Next, section will be discuss about methodology which the research strategy, data gathering processes, and the instruments used to gather the data in this study.

II. METHODOLOGY

This section will discuss the research strategy, the data collection process, and the instruments used to collect the data. As there is currently no study on the experience of Metaverse with visually impaired users, this study begins with a preliminary study for data gathering. This approach will be used as a sample to prevent a biased portrayal of the target participants, which is people with visual impairments. Additionally, as already mentioned, QVerse was used as a platform for user testing. On the other hand, interviews and observations are the main methods used in this study's data gathering to find out about prospective user experiences and to give researchers a basic grasp of how visually impaired users engage with the Metaverse.

A. Qverse

Fig 1 shows the QVerse interface, it is the first Qatar Airways Metaverse product. In addition, it is a first MetaHuman cabin crew welcoming internet users to experience a journey with Qatar Airways virtually. According to the Qatar Airways Group Chief Executive, His Excellency Mr. Akbar Al Baker [4], "With physical boundaries beginning to be challenged by the Metaverse on an increasingly larger scale, it is exciting to embrace a technology that enables all travel enthusiasts to enjoy a unique immersive experience of our award-winning products and services."



Fig. 1 The QVerse. (Source: QVerse Official Website: <https://www.qatarairways.com/html/redirect/QR/qverse/B777>).

B. Data Gathering

Every field of study, including IT, the humanities, business, and others, uses data gathering as a component of research. The emphasis on ensuring accurate and true gathering does not change regardless of how approaches vary by discipline. Every effort should be made to collect high-quality data so that extensive data analysis may be done on it and conclusions can be drawn about the issues that have been raised.

Five people from Malaysian Associations of the Blind (MAB) were chosen as the sample size for this study; four of them are completely blind and one has a medium level of vision impairment.

The interview questions for this study are divided into two sections to start the data collection process. Section A contains demographic data, and Section B contains open-ended inquiries on the user experience. The interview session is not fully dependent on the structure of the questions because the researchers have outlined a number of important

interview questions relevant to the study; but, on occasion, the researcher is free to ask questions impulsively to deepen understanding of the research [5].

Another technique for gathering data is observation, in which a person who has received training observes the participants of a phenomenon and collects details about its characteristics [6]. This type of data gathering, which involves the researcher observing the participants' behaviour while they engage with the Qverse, has been used in this study. The researcher separated the observation session into two separate days and conducted each observation one at a time. Three participants were observed by the researcher on day one in a separate session, and two additional individuals joined the session the following day in separate sessions.

III. FINDINGS AND RESULTS

The Metaverse is a virtual environment that is becoming increasingly popular and accessible to people worldwide. However, for individuals with visual impairments, this digital world can often be difficult to navigate, creating barriers to full immersion and enjoyment. To understand the challenges and opportunities for enhancing the user experience for visually impaired individuals in the Metaverse. The interview answers were analyzed thematically, and themes were then produced based on the keywords.

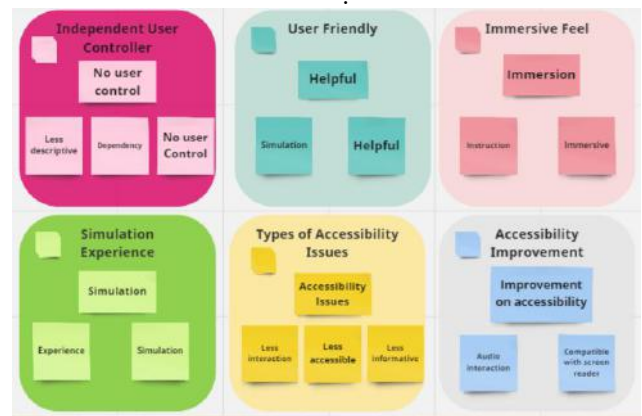


Fig. 2 Affinity Diagram of Blind User Experience (Source: The Author).

Fig. 2 above shows the Affinity Diagram of Blind User Experience. The primary focus of each keyword and the key data elements that each theme acquired are intended to be captured during this phase. The Researcher developed a broad narrative using all the information at hand. In order to ascertain whether any themes and sub-themes, each keyword and the narratives that corresponded to it were carefully examined.

After many reorganizations of the keywords and themes, the themes were reviewed again by selecting the theme that was most closely related to the problem. The new themes "Simulation Experience," "User Friendly," "Immersive Feel," "Independent User Controller," "Types of Accessibility Issues," and "Accessibility Improvement" are defined, and one of the themes was changed as a result.

IV. CONCLUSIONS

Overall, this study gave a summary of information about the blind user experience in the Metaverse through two methods of data gathering which is interview and observation. In addition, this study illuminates the Metaverse as it is experienced by those who are visually impaired. Due to the diversity of internet users, including those with visual impairment, the existing Metaverse web still needs to be made more accessible.

In conclusion, the researcher gaining an understanding of how people with visual impairment interact with the Metaverse through the use of both data gathering methods. This study offers the Affinity Diagram of Blind User Experience for Metaverse designer to follow the visually impaired user needs for future Metaverse development. Then, the study's findings could guide the design and development of next Metaverse websites, making the online environment more open and welcoming for all users.

ACKNOWLEDGMENT

A special thank you to all of the research participants, especially the staff members of the Malaysian Associations of the Blind (MAB), who made it possible for the researcher to conduct observations and interviews in order to obtain data. I am incredibly grateful to my Master's Degree Supervisor, Associate Professor Dr. Fariza Hanis Abdul

Razak, for her invaluable guidance during my entire research journey. Afterwards, I would want to express my gratitude to the International Eastern Conference on Human Computer Interaction committee for providing this platform for the publication of my research articles. I hope this study paper's readers will gain fresh insights and find it helpful for their own research. I appreciate your support.

REFERENCES

- [1] Ross, J. (2018) The Role of Observation in User Research, UX Matter. Available at: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2018/09/the-role-of-observation-in-user-research.php>.
- [2] Norman, D. A. (2022). The Definition of User Experience (UX). Retrieved from <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>
- [3] Haihan, D. & Li, Jiaye & Fan, Sizheng & Lin, Zhonghao & Wu, Xiao & Cai, Wei. (2021). Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. 153-161. 10.1145/3474085.3479238.
- [4] How Qatar Airways is transforming air travel with the QVerse. (2023, June 6). Fast Company. <https://www.fastcompany.com/90905905/how-qatar-airways-is-transforming-air-travel-with-the-qverse>.
- [5] Nahdatul, A. B. A (2017). Islamic Spiritual User Experience (iSUX) Model: A Case Study of Muslim Older Adults Using Al-Quran Mobile Application. (Doctoral Dissertation). Universiti Teknologi MARA (UiTM).
- [6] Atkinson, P., Delamont, S. & Hammersley, M. (1988). Qualitative research traditions: A British response to Jacob. *Review of Educational Research* 58(2); 231–250.

Etkili Arayüz Tasarımında Zamanın İzinde: 1986'dan Günümüze Kullanılabilirlik Testleri

Asiye Bilgili¹, Sevinç Gülseçen²

[#]*Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Haliç Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

¹asiyetunar@halic.edu.tr

^{*}*Enformatik Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

²gulsecen@istanbul.edu.tr

Özet— Bu çalışmanın amacı, Web of Science veritabanında yer alan kullanılabilirlik testleri alanında yapılan çalışmaları inceleyerek mevcut durumun saptanmasıdır. Bu doğrultuda 1986-2023 yılları arasında Web of Science veri tabanında özet, anahtar kelime ve başlık alanında “kullanılabilirlik testleri” ifadeleri geçen çalışmalar bibliyometrik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Yayın dağılımı, yayın trendi, ülkelerin yayın sayısı, kavram birlikteliği ve ortak atıf ağı başlıkları üzerinden analiz yapılmıştır.

I. GİRİŞ

İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE), etkileşimli teknolojilerin tasarımı, geliştirilmesi, değerlendirilmesi ve uygulanmasını konu edinen disiplinlerarası bir çalışma alanıdır [1]. İBE alanında yapılan çalışmaların temeldeki amacı, kullanıcıya daha kolay kullanım imkanı sunan bilişim sistemleri sağlamaktır. İBE için kullanılabilirlik konusu oldukça önemlidir. Uluslararası Standartlar Enstitüsü (International Standards Organization - ISO), kullanılabilirlik kavramını “...belirli bir kullanıcı grubunun, belirli görevleri, belirli bir bağlamda etkili, verimli ve memnuniyet ile yerine getirmesi” şeklinde tanımlamıştır [2]. Tanım, kullanıcıların hedeflerine (etkililik), hedeflere ulaşma hızına (verimlilik) ve belirli bağlamda kullanıcıların memnuniyetine odaklanmaktadır. Tanıma göre, bir bağlamda kullanılabilir olarak kabul edilen bir sistemin başka bir bağlamda kullanılabilir olmaması mümkündür [3]. Kullanıcının ilgili sistemi etkin, verimli ve memnun kalarak kullanıp kullanmadığını ortaya koyan araştırma yöntemlerine “kullanılabilirlik testleri” denmektedir. 1980’li yıllarda kullanılabilirlik mühendisliğinin (usability engineering) ortaya çıkmasıyla birlikte kullanılabilirlik testi, ürünleri ve sistemleri değerlendirmek için temel bir yöntem olarak kabul görmeye başlamıştır. Kullanılabilirlik testi, kullanıcıların bir ürünle ya da sistemle kontrollü koşullar altında sistematik olarak etkileşime girdiği, uygulanan bir senaryoda hedefe yönelik görevi yerine getirdiği ve bazı davranışsal verilerin toplandığı tekniklerden biri olarak tanımlanmaktadır [4]. Kullanılabilirlik testleri sayesinde sistemi kullanacak olan kişilerin karşılaşabileceği potansiyel problemlerin önüne geçilebilmektedir. Böylelikle kullanıcı memnuniyetinin artması, daha iyi ürünler geliştirilmesi ve ilgili sistemin kullanıcı merkezli olması sağlanmaktadır [5]. Tıbbi cihazların kullanımından oyun tasarımına, web sitelerinin

arayüzlerinden uçak kokpitlerine kadar çok çeşitli alanda kullanılabilirlik testlerinden faydalanılmaktadır [6].

Yapısı itibarıyla güncelliğini hala koruyan kullanılabilirlik testleri alanında mevcut durumun özetinin bilinmesi, alandaki eğilimlerin tespit edilmesi önemlidir. Bu amaçla mevcut durumun saptanması, yayın eğilimlerinin ve yazar ilişkilerinin ortaya konulması amacıyla bibliyometrik analiz yapılacaktır.

II. YÖNTEM

Bibliyometrik analiz, büyük hacimli bilimsel verileri araştırmak ve analiz etmek için öne çıkan bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde yazarlar, ülkeler, konular ve kurumlar gibi çeşitli bileşenler arasındaki sosyal ve yapısal ilişkiler analiz edilebilmektedir ve böylece geçmişten günümüze alanda yaşanan değişimler ve ilişki ağları ortaya konulmaktadır [7].

Çalışma kapsamında öncelikle Web of Science veri tabanı üzerinde “usability testing” filtrelemesi yapılmıştır. Bu ilk filtreleme sonucunda 3440 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmaların alanları incelenmiştir ve yalnızca Bilgisayar Bilimleri, Mühendislik ve teknolojiyle ilişkili olan alanlar sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırma neticesinde 1986-2023 yılları arasında yapılan yayınları kapsayan 2085 çalışma VOSviewer kullanılarak analiz edilmiştir.

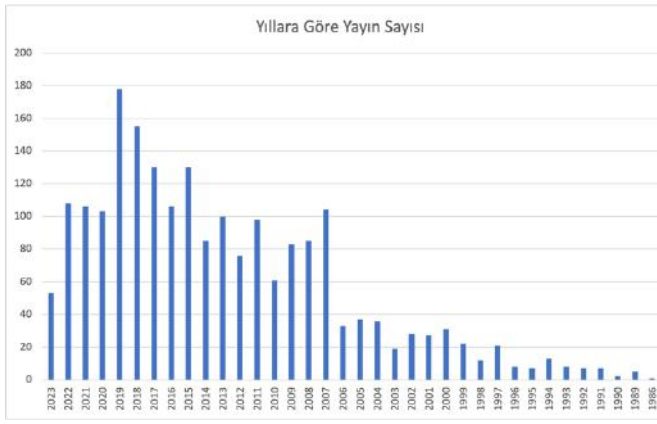
III. BULGULAR

A. Yayın Dağılımı

Kullanılabilirlik testleri literatüründe yapılan çalışmalar incelendiğinde alanla ilgili yayınların ağırlıklı olarak bildiri (%55) türünde yapıldığı görülmüştür ve sırasıyla makale (%43) ve kitap bölümü (%2) takip etmektedir.

B. Yayın Trendi

Alandaki yayın trendine bakıldığında ilk yayının 1986 yılında yapıldığı görülmektedir. Alanın yayın trendi başlangıcından itibaren dalgalanma gösterse de son yıllarda yayın sayısında ciddi düşüş yaşandığı gözlemlenmiştir. Kullanılabilirlik testleri alanında yapılan maksimum yayın sayısı 2019 yılında 178 olarak gerçekleşmiştir. Yıllara göre yayın trendi Şekil 1’de gösterilmiştir.

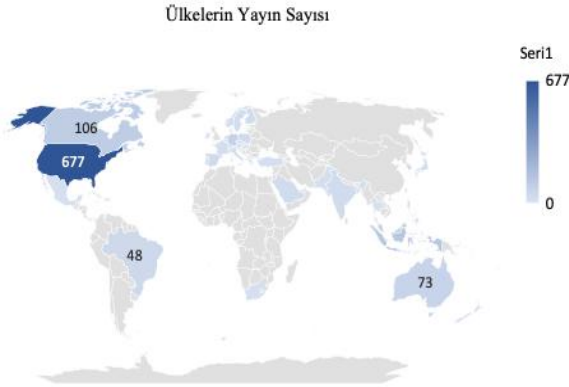


Şekil 1 Yıllara Göre Yayın Sayısı

Yayın sayısında düşüş yaşanmasında bu alandaki çalışmaların uygulama gerektirmesi sebebiyle COVID-19'un etkisinin olduğu ve çalışmada kullanılan arama kriterinde yalnızca "usability testing" belirtilmesinin alanda öne çıkan yeni kavramların gözden kaçırılmasına neden olduğu düşünülmektedir.

C. Ülkelerin Yayın Sayısı

Ülkelere göre yapılan yayın sayıları 10'dan fazla yayını olan ülkeler seçilerek incelenmiştir ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

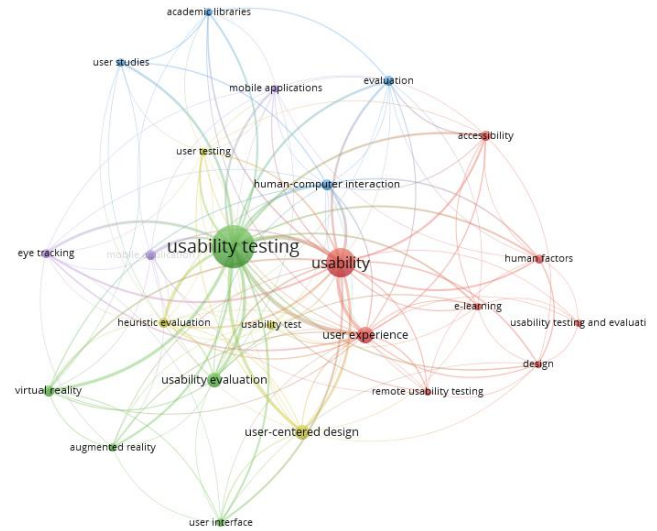


Şekil 2 Ülkelerin Yayın Sayısı

En çok yayın yapan ülkeler sırasıyla ABD (677), Endonezya (129), Kanada (106) ve İngiltere (105) olmuştur. Türkiye ise 18 yayınıyla 30. sırada yer almıştır.

D. Kavram Birlikteliği Ağı Analizi

Alanın genel yapısını tanımlamak için araştırmacılara, çalışmaların içeriği hakkında bilgi veren bu analizde, toplam 4604 anahtar sözcük içerisinde anlamlı sonuç elde etmek amacıyla en az 20 kere birlikte görülme koşulu seçilmiştir. Bu koşulu sağlayan 24 terim içerisinde en sık görülen kavramlar Şekil 3'te gösterilmiştir.

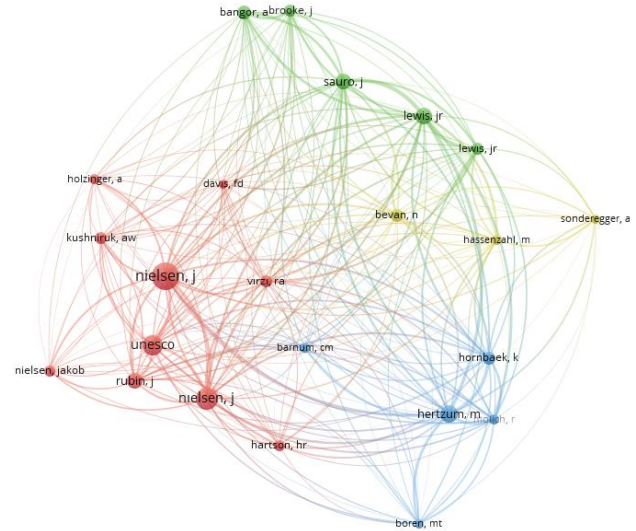


Şekil 3 Kavram Birlikteliği Ağı

Kavram birlikteliği analizine göre en sık kullanılan 5 anahtar kelime usability testing (637), usability (300), user experience (99), user centered design (78) ve human computer interaction (47) olmuştur.

E. Ortak Atıf Analizi

Alandaki temel kaynakların tespit edilmesi için kullanılan ortak atıf analizinde bir yazarın aldığı minimum atıf sayısı 50 olarak seçilmiştir. Oluşan ağ analizi Şekil 4'te verilmiştir.



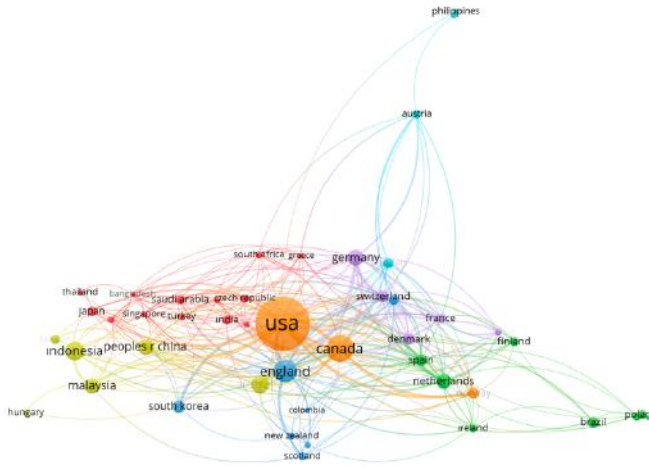
Şekil 4 Ortak Atıf Ağı

Analiz sonucunda 23 yazardan 4 küme oluşmuştur, en fazla ortak atıf alan yazarlar sırasıyla Nielsen, J., Unesco, Lewis, Jr. ve Hertzum, M. olmuştur.

F. Ülkelerin Ortak Yazarlığı

Ülkeler arasındaki ağı temsil eden uluslararası ortak yazarlıkta ülkeler bir daire ile gösterilmektedir. Ülkeler arasındaki her bağlantı gösterilen ülkeler arasında ortak yazarlık olduğunu ifade etmektedir. Ülkeler arası ortak yazarlık

ağ haritası oluşturmak için bir ülke tarafından en az 25 eser yayınlanması ve en az 50 atıf alması kriteri kapsamında üzerinden analiz yapılmıştır. Yapılan analiz neticesinde elde edilen ülkelerin ortak yazarlık ağ haritası Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5 Ülkelerin Ortak Yazarlığı

Ülkelerin ortak yazarlık ilişkisine bakıldığında sırasıyla ABD, Kanada, İngiltere, Endonezya ve Çin en çok ortak yayın yapan ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadır.

IV. SONUÇ

Literatürdeki ilk yayının 1986 yılında olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu tarihten itibaren yıllara göre doğrusal bir artış yaşanmamış olup, 2019 yılından sonra düşüş yaşandığı görülmektedir. Buradaki düşüşün çalışma kapsamında "usability testing" anahtar kelimesi üzerinden tarama yapılmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Daha kapsamlı bir analiz yapmak için "usability testing" dışında alanda son zamanlarda öne çıkan farklı kavramların da dahil edilmesiyle alanın özetinin daha net çıkarılacağı düşünülmektedir.

Ülkelerin yayın yapma eğilimi bakıldığında ABD'nin ciddi bir farkla birinci olduğu görülmüştür. Türkiye adresli olarak yapılan yayın sayısı 18'dir. Hem globalde hem de Türkiye özelinde bakıldığında günlük yaşamda etkileşimde olduğumuz sistemlerle doğrudan ilişkili olan bu alan hala gelişmeye açıktır. Bu doğrultuda literatürde öncü olan ülkeler ve yazarlar tarafından kurulacak topluluklar sayesinde alandaki ağın genişletilmesi ve yayın faaliyetlerini teşvik etmek için çalışmalar yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] B. Shneiderman, "Human Factors of Interactive Software," in *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human Computer Interaction*, Addison-Wesley, 1998.
- [2] International Organization for Standardization, ISO 9241-11: 1998: *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals(VDTs)-Part-11: Guidance on Usability*, 1998.
- [3] . Kainda, I. Fléchais and A. Roscoe, "Security and Usability: Analysis and Evaluation," in *2010 International Conference on Availability, Reliability and Security*, Krakow, 2010.
- [4] A. M. Wichansky, "Usability testing in 2000 and beyond," *Ergonomics*, pp. 998-1006, 2000.
- [5] A. Afriansyah , W. Walhidayat , R. Novendra, L. Harefa and S. Sutejo , "Usability Testing on Tracer Study System Using The Heuristic Evaluation Method," *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, no. 3, pp. 178-184, 2022.
- [6] K. Boyd, R. Bond, A. Ryan, D. Goode and M. Mulvenna, "Digital reminiscence app co-created by people living with dementia and carers: Usability and eye gaze analysis," *Health Expectations*, 2021.
- [7] N. Donthu, S. Kumar, N. Pandey and W. M. Lim, "Research Constituents, Intellectual Structure, and Collaboration Patterns in Journal of International Marketing: An Analytical Retrospective," *Journal of International Marketing*, pp. 1-25, 2021.

Review of Social Collaborative Tool used in The Open Society University Network

Assoc.Prof.Dr. Eylem Kılıç¹,

[#]Department of Computer Education and Instructional Technology, Van Yuzuncu Yil University, Zeve Campus, Turkey

¹keylem@gmail.com,

^{*}Bard College Berlin, Germany

²ekilicogurlu@berlin.bard.edu

Abstract—

The purpose of this paper is to conduct a review of social collaborative tools employed within the Open Society University Network (OSUN). OSUN utilizes Brightspace as its Learning Management System (LMS), incorporating various integrated tools. Among these tools is Perusall, an interactive digital platform designed to transform the typically individual activity of reading into a collaborative endeavor. In this context, the researcher develops learning materials intended for the OSUN LMS. This study aims to review the utilization of the learning materials provided by this tool, catering to both students and instructors within the Open Society University Network.

I. INTRODUCTION

The Open Society University Network (OSUN) is “a global partnership of educational institutions that integrates learning and the advancement of knowledge--in the social sciences, the humanities, the sciences and the arts, on undergraduate and graduate levels--across geographic and demographic boundaries, promotes civic engagement on behalf of open societies, and expands access to higher education for underserved communities.” The OSUN uses Bright space as a learning management system (LMS) with integrated different tools. One of the tools of the LMS is Perusall. Perusall is an interactive digital platform that turns what traditionally is an individual task, reading into a collective task. Perusall allows teachers and students to move the transfer of information out of classroom. As a part of classroom, students can access readings, make comments, pose questions and interacted with each other. The students engage with the content provided by the teachers. This feature enhances analytical skills of students. The students study on digital text together and they interacting with each other synchronously or a synchronously. Perusall is more effective way of reading than the traditional set up. This study review use of this tool both for students and instructors in opensociety university network

II. REVIEW OF PERUSALL FOR INSTRUCTORS AND STUDENTS

Perusall is an interactive digital platform that turns what traditionally is an individual task, reading into a collective task. Perusall allows teachers and students to move the transfer of information out of classroom. As a part of classroom, students can access readings, make comments, pose questions and interacted with each other. The students engage with the content provided by the teachers. This feature enhances analytical skills of students. The students study on digital text together and they interacting with each other synchronously or a synchronously. Perusall is more effective way of reading than the traditional set up. It allows also examining the specific challenges the students face with while reading. It is fun and interactive way of reading.

III. LEARNING MATERIAL FOR INSTRUCTORS

A main screen allowing entering instructional materials was prepared (Fig.1)



Fig. 1 Main screen for perusall

There is an overview of perusall screen at first and them some sub category

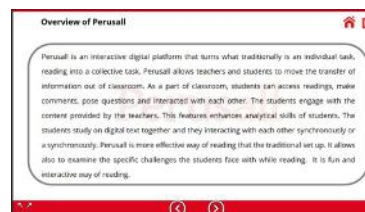


Fig. 2. Overview of Perusall

Sub category has been determined so that instructors can easily used the program. In addition, they can easily find

information they need and do not need to revise the entire learning materials (Fig. 3)



Fig 3. Sub category for perusall

Each Sub-section starts with a video showing related part(Fig. 4)



Fig. 4 A video explaining the interface of perusall

After each video some question were asked and feedback is given immediately(Fig. 5)

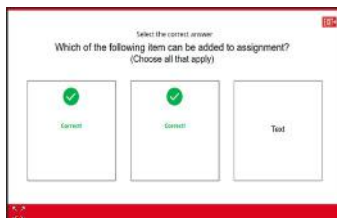


Fig. 5 Question screen

IV. LEARNING MATERIAL FOR STUDENTS

A main screen allowing entering instructional materials was prepared (Fig.6)



Fig. 6 Main screen for perusall

There is an overview of perusall screen at first and thensome sub category

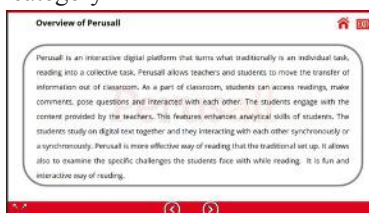


Fig. 7 Overview of Perusall
Sub category has been determined so that instructors can easily use the program. In addition, they can easily find information they need and do not need to revise the entire learning materials (Fig. 8)



Fig. 8 Sub category for perusall

Each Sub-section starts with a video showing related part(Fig. 9)



Fig. 9 A video explaining LMS account settings

After each video some question were asked and feedback is given immediately(Fig. 10)

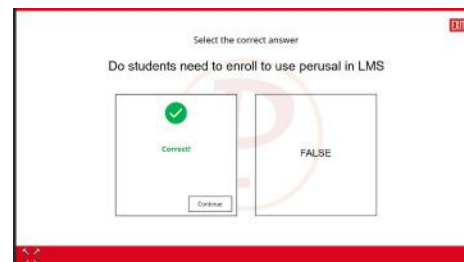


Fig. 10 Question screen

V. CONCLUSION

The OSUN Learning Management System (LMS) is utilized by numerous universities worldwide. Notably, several well-known universities are part of this network. However, the primary focus is on delivering courses to underserved communities in order to enhance their access to higher education. In this context, it is crucial to provide these communities with appropriate learning materials, enabling them to seamlessly engage with the LMS and effectively accomplish their tasks for the enrolled courses.

To accomplish this objective, the researcher has developed two types of learning materials: one for instructors and another for students. The content within these materials is organized into subcategories, facilitating easy access to the required information for both user groups. Furthermore, each section is elucidated through a video presentation, accompanied by follow-up questions. Immediate feedback is provided right after the completion of these questions, enhancing the learning experience.

Yeni Nesil Sorulara Yönelik Etkileşimli 3D Fen Modelleme Materyalin Kullanılabilirliği

Zeynel YILDOĞAN, Doç.Dr. Özlem BAYDAŞ ÖNLÜ& Dr. Mehmet HASANÇEBİ

Giresun Üniversitesi / TÜRKİYE

zynlyldgn@gmail.com, ozlembaydas@hotmail.com, mehmet.hasancebi@outlook.com

Özet — Bu çalışma, fen öğretiminde yeni nesil soru türlerine yönelik CosSpaces destekli materyallerin geliştirilmesini ve kullanılabilirliğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Katılımcılar, materyalleri etkileşimli bir şekilde kullanarak farklı bölümlerde zaman geçirmiş ve materyallerin etkili olduğunu göstermiştir. Çalışmada betimsel analiz yöntemi tercih edilmiştir. Öğrencilerin materyallerle etkileşimi, yönlendirmelerin ve görsel öğelerin kullanımıyla sağlanmış, bu da öğrenme deneyimlerini zenginleştirmiştir. Özellikle, kamyon bölümünde lastik izlerini ölçme gibi etkinliklerin öğrencilerin ilgisini çektiği ve derinlemesine öğrenmeyi teşvik ettiği görülmüştür. Sonuçlar, CoSpaces destekli fen materyallerinin öğrenci odaklı öğrenme deneyimlerini artırma ve farklı beceriler geliştirmeye yardımcı olabileceğini vurgulamaktadır. Bu çalışma, eğitimde sanal ortamların etkileşimli kullanımının önemini ve potansiyelini göstermektedir.

I. GİRİŞ

Eğitimde teknoloji kullanımı her geçen gün daha da önem kazanmakta ve öğretim materyallerinin etkili bir şekilde kullanılması, öğrencilerin öğrenme deneyimini geliştirme açısından kritik bir rol oynamaktadır. Fen öğretiminde özellikle, öğrencilerin konuları anlamalarını ve etkili bir şekilde katılım sağlamalarını destekleyen yenilikçi materyallerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu ihtiyaca cevap olarak, etkileşimli ve sanal gerçeklik teknolojileri gibi araçlar, öğrencilerin fen konularını daha etkili bir şekilde öğrenmelerine olanak tanıyabilecek potansiyele sahiptir.

Eğitimde sanal ortamlarda etkileşimin önemi giderek artmaktadır. CoSpaces gibi etkileşimli ve sanal gerçeklik platformları, öğrencilerin kendi sanal gerçeklik dünyalarını oluşturmalarına ve paylaşımlarına olanak tanımaktadır. Öğrenciler aynı zamanda CoSpaces'i kullanarak kendi yaratıcı fikirlerini hayata geçirebilmekte ve özgün deneyler yapabilmektedirler. Eğitimciler, CoSpaces'i sınıf içinde kullanarak etkileşimi artırabilmekte ve öğrenciler arasındaki işbirliğini teşvik edebilmektedir. Öğrencilerin öğretmenleriyle etkileşim halinde olmalarını ve geri bildirim almalarını kolaylaştırabilmektedir. Sanal gerçeklik teknolojisi, eğitimde etkileşimi artırarak öğrencilerin öğrenme deneyimlerini daha etkili ve eğlenceli hale getiren önemli bir araç olarak ön plana çıkmaktadır. Bu doğrultuda, teknoloji destekli sanal ortamların kullanımıyla eğitimde daha etkili, motive edici ve öğrenci odaklı bir öğrenme deneyimi sağlamayı hedeflemektedir.

II. GEREKÇE VE ÖNEM

Fen öğretiminde yeni nesil soruların tasarlanması, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirmek ve çeşitli beceriler geliştirmelerine destek olma amacı taşımaktadır. Bu tür soruların sanal ortamlarda kullanılması, öğrencilere deney yapma, hatalarından öğrenme ve tekrar deneyerek ilerleme gibi fırsatlar sunmaktadır. Bu yolla öğrenme deneyimleri daha eğlenceli, etkileşimli ve ilgi çekici hale getirilirken, aynı zamanda öğrencilerin farklı yeteneklerini geliştirmelerine katkı sağlanmaktadır. Problem çözme, mantıksal düşünme ve analitik beceriler gibi kritik yeteneklerin gelişimini teşvik etmektedir. Görsel soruların sanal gerçeklik ortamlarında tasarlanması ise öğrencilerin görsel algı becerilerinin güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Kayabaşı, 2002). Bu bağlamda, yeni nesil soruların sanal ortamlarda kullanımı, öğrencilere çok yönlü ve etkileyici bir öğrenme deneyimi sunmanın yanı sıra becerilerini geliştirme ve daha derinlemesine öğrenme fırsatları sağlama potansiyelini barındırmaktadır.

III. YÖNTEM

CosSpaces ortamında hazırlanmış fen materyallerinin kullanılabilirliği ve öğrenme deneyimlerini incelemek amacıyla betimsel desen seçilmiştir.

IV. ÖRNEKLEM

Ulaşılabilir örnekleme yöntemiyle Giresun ilinde bir ortaokulda sekiz kişiden oluşan 8. sınıf fen bilimleri dersi alan öğrenciler araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır. Örneklem grubu seçimi uzman kişilerin görüşlerine başvurularak yapılmıştır. Ortaokul 8. sınıf öğrencileri, yeni nesil soruların çeşitliliğine maruz kalmış olmaları nedeniyle materyalleri daha etkili bir şekilde kullanabilecekleri düşünülmüştür.

V. VERİ TOPLAMA SÜRECİ VE VERİ ANALİZİ

Uzman görüşleri doğrultusunda, Fen öğretiminde yeni nesil sorulara odaklanan materyal geliştirilirken, katı basınç konusu seçilmiş ve MEB tarafından yayımlanan sorular kullanılarak materyal özenle hazırlanmıştır. Bu süreçte, öğrencilerden uygulama sırasında ekran kayıtları alınmıştır ve materyalin etkinliği değerlendirilmiştir. Ekran kayıtları ortalama 18 dakika ile 24 dakika arasında sürmüştür.

Cosspaces destekli Fen öğretiminde yeni nesil sorulara yönelik geliştirilen materyali değerlendirmek amacıyla bir

rubrik geliştirilmiştir. Bu rubrik, uzman görüşlerine dayanarak materyalin özelliklerini ve kalitesini sistematik bir şekilde değerlendirmek için kullanılan bir araçtır. Rubrik, materyalin içeriği, kullanılabilirliği, etkileşimi, öğrenci katılımını teşvik etme ve öğrenme hedeflerine uygunluğu gibi kriterleri içermektedir. Rubric üç bölüm ve 48 maddeden oluşmaktadır. Elde verilen veriler **betimsel analiz** yöntemiyle yorumlanmıştır.

VI. BULGULAR

Katılımcıların *Çiftlik Kafe Bölümünde* geçirdikleri ortalama zaman 4 dakika 48 saniyedir. Katılımcıların yaşamlarına yakın yiyecekler olduğu için, pizza, pasta ve tost butonları arasında en çok pizza butonunun tercih edildiği görülmektedir. Bu durum, gelecekteki çalışmalarda katılımcıların yaşamlarına daha yakın yiyeceklerin seçilerek etkileşimin artırılabilirliğini düşündürülebilir (Bknz Tablo 1).

TABLO I
Çiftlik Kafe Bölümü

Kod	Frekans	Tekrar
Birinci yönlendirme kitabı kullanıldı mı?	8	1
Birinci yönlendirme de ne kadar zaman harcadı?	3,8 Sn	2 Sn
İkinci yönlendirme kitabı kullanıldı mı?	12	4
İkinci yönlendirmede ne kadar zaman harcadı?	5,25 Sn	2,1 Sn
Pizza butonu kaç kez kullanıldı?	34	-
Pasta butonu kaç kez kullanıldı?	27	-
Tost butonu kaç kez kullanıldı?	25	-
"Tabağı Gör" butonu kaç kez kullanıldı?	36	-
"Reset" butonu kaç kez kullanıldı?	26	-
Depo bölümünde kutular kaç kez kullanıldı?	48	-
Kaç adet doğru cevap verildi?	32	-
Kaç adet yanlış cevap verildi?	18	-

Katılımcıların *Ayak İzi Evi Bölümünde* geçirdikleri ortalama zaman 5 Dakika 23 Saniye'dir. Bu bölümde yönlendirmelerin yeterli olduğu görülmektedir, ancak sonraki çalışmalarda yönlendirmelerin daha kısa ve öz bir şekilde yapılması düşünülebilir (Bknz Tablo 2).

TABLO II
Ayak İzi Evi Bölümü

Kod	Frekans	Tekrar
Üçüncü yönlendirme kitabı kullanıldı mı?	9	1
Üçüncü yönlendirme de ne kadar zaman harcadı?	5,5 Sn	2 Sn
Ayak izi evi kapısını açtı mı?	8	-
Dördüncü yönlendirme de ne kadar zaman harcadı?	2,75 Sn	-
Birinci Kırmızı Buton kaç kez kullanıldı?	9	1
Birinci Kırmızı Buton yönlendirmesi ile ne kadar zaman harcadı?	4 Sn	3Sn
Birinci Kırmızı Buton sorusuna kaçınıcı deneme de doğru cevap verdi?	2	-
İkinci Kırmızı Buton kaç kez kullanıldı?	8	-
İkinci Kırmızı Buton yönlendirmesi ile ne kadar zaman harcadı?	4,63 Sn	-
İkinci Kırmızı Buton sorusuna kaçınıcı deneme de doğru cevap verdi?	1.5	-
Üçüncü Kırmızı Buton kaç kez kullanıldı?	6	-
Üçüncü Kırmızı Buton yönlendirmesi ile ne kadar zaman harcadı?	26 Sn	-
Üçüncü Kırmızı Buton sorusuna kaçınıcı deneme de doğru cevap verdi?	1.8	-
Dördüncü Kırmızı Buton kaç kez kullanıldı?	7	-

Dördüncü Kırmızı Buton yönlendirmesi ile ne kadar zaman harcadı?	3,25 Sn	-
Dördüncü Kırmızı Buton sorusuna kaçınıcı deneme de doğru cevap verdi?	2.1	-
Beşinci yönlendirme de ne kadar zaman harcadı?	2,25 Sn	-

Katılımcıların *Kamyon Bölümünde* geçirdikleri ortalama zaman 4 Dakika 7 Saniye'dir. Katılımcılar için kamyonların kumda bıraktığı lastik izleri verilere göre ilgi çekici görünmektedir. Kamyon bölümünde, öğrencilere lastik izlerinin derinliğini ve genişliğini ölçmelerini sağlayarak, topraktaki izlerin farklı özelliklerini değerlendirmelerini sağlayan bir aktivite sunulabilir (Bknz Tablo 3).

TABLO III
Kamyon Bölümü

Kod	Frekans	Tekrar
Altıncı yönlendirme kitabı kullanıldı mı?	8	-
Altıncı yönlendirme de ne kadar zaman harcadı?	3,63 Sn	-
Yedinci yönlendirme kitabı kullanıldı mı?	8	-
Yedinci yönlendirme de ne kadar zaman harcadı?	4,38 Sn	-
Sekizinci yönlendirme kitabı kullanıldı mı?	10	2
Sekizinci yönlendirme de ne kadar zaman harcadı?	5,1 Sn	2,2 Sn
Tuğla Kamyonu butonu kullanıldı mı?	8	-
Tuğla Kamyonu lastik izini yakından gördü mü?	8	-
Tuğla Kamyonu Yönlendirmesinde ne kadar zaman harcadı?	4,88 Sn	-
Saman Kamyonu butonu kullanıldı mı?	8	-
Saman Kamyonu lastik izini yakından gördü mü?	6	-
Saman Kamyonu Yönlendirmesinde ne kadar zaman harcadı?	4,5 Sn	-
Boş Kamyon butonu kullanıldı mı ?	8	-
Boş Kamyon lastik izini yakından gördü mü?	5	-
Boş Kamyon Yönlendirmesinde ne kadar zaman harcadı?	5,63 Sn	-
Üç kamyona ait lastik izlerini kumda bıraktığı izlerle yakından gördü mü?	7	2

VII. TARTIŞMA SONUÇ

Veri analizi sonuçlarına göre, CoSpaces destekli fen materyallerinin kullanılabilirliği ve öğrenme deneyimleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Öğrencilerin materyallerle etkileşimi, yönlendirmelerin ve görsel öğelerin kullanımıyla sağlanmış ve bu durum öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirmiştir. Ayrıca, katılımcıların farklı bölümlerde materyallerle nasıl etkileşimde buldukları ve ne kadar süre harcadıkları da analiz edilmiştir. Bu çalışma, eğitimde sanal ortamların etkileşimli kullanımının önemini ve öğrenci odaklı öğrenme deneyimlerini kısa sürede nasıl zenginleştirebileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Bakırcı & Gök (2019). Augmented reality in science education: a review of research. *Journal of Education and Practice*, 10(27), 1-9.
- [2] Özkan, Korkmazgil, & Gürkan, (2021). The Effectiveness of Virtual Reality Simulations in Science Education: A Meta-Analysis Study. *Journal of Educational Sciences Research*, 11(1), 150-168.
- [3] KAYABAŞI, Y. (2002). Sanal gerçeklik ve eğitim amaçlı kullanılması. *Turkish Online*, 151.

CoSpaces ile Programlama Öğretiminde Kodlama Becerilerini Yordayan Değişkenlerin İncelenmesi

Samet TEKNECİ, Doç.Dr. Özlem BAYDAŞ ÖNLÜ

Giresun Üniversitesi/TÜRKİYE

samet3236@hotmail.com, ozlembaydas@hotmail.com

Özet— Bu çalışma, 6. sınıf öğrencilerinin uzamsal görselleştirme, matematiksel muhakeme ve hesaplamalı düşünme becerilerinin CoSpaces uygulaması ile programlama öğretiminde kodlama becerilerini yordama düzeyini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Çalışmada nicel yöntemlerden ilişkisel desen (yordayıcı korelasyon araştırması) kullanılmıştır. Uzamsal Görselleştirme Testi, Matematiksel Muhakeme Değerlendirme Ölçeği, Hesaplamalı Düşünme Ölçeği ve Kodlama Becerileri Rubriği veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Uzamsal görselleştirme, matematiksel muhakeme ve hesaplamalı düşünme becerileri değişkenlerinin kodlama becerilerine etkisini belirlemek amacıyla çoklu regresyon analizi yapılmıştır. CoSpaces ile programlama öğretiminde, uzamsal görselleştirme becerilerinin kodlama becerilerini yordadığı görülmüştür. CoSpaces uygulamasının özellikle 3 boyutlu ortam sunması uzamsal görselleştirme becerisinin kodlama becerisini yordaması araştırma durumunu destekler niteliktedir.

I. GİRİŞ

Eğitimde 3 boyutlu (3B) sanal ortamların etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. 3B sanal ortamlarda kodlama yapmak, eğitim içerikleri oluşturmak ve öğretime destek vermek amacıyla kullanılan uygulamalardan biri de CoSpaces uygulamasıdır (Minocha ve Reeves, 2010). CoSpaces uygulaması, öğrencilerin 3 boyutlu ortam ile blok tabanlı kodlama yapmasına fırsat tanımaktadır (Andone ve ark., 2018). Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik yapılarını bir arada sunmaktadır.

II. GEREKÇE VE ÖNEM

CoSpaces ile programlama öğretimi, öğrencilerin kodlama becerilerinin yanında farklı becerilerinin de gelişmesine katkı sağlamaktadır. 3B ortamların kullanılması, öğrencilerin mantıksal düşünme ve olaylar arasında benzerlik-farklılık durumları ile problem çözmede algoritma ifadelerini ortaya koymasından önemli görülmektedir. Bu bağlamda, CoSpaces'in yapısal özelliği de dikkate alınarak uzamsal görselleştirme, matematiksel muhakeme ve hesaplamalı düşünme becerilerinin kodlama becerilerini açıklaması ve yordaması gerektiği düşünülmektedir.

III. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ARAŞTIRMA SORUSU

Bu çalışma, 6. sınıf öğrencilerinin uzamsal görselleştirme, matematiksel muhakeme ve hesaplamalı düşünme becerilerinin CoSpaces uygulaması ile programlama öğretiminde kodlama becerilerini yordama düzeyini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.

“CoSpaces uygulaması ile yapılan programlama öğretiminde uzamsal görselleştirme, matematiksel muhakeme ve hesaplamalı düşünme becerileri 6. Sınıf öğrencilerinin kodlama becerilerini yordamakta mıdır?” sorusu araştırmada ele alınmıştır.

IV. YÖNTEM

Bu çalışmada nicel yöntemlerden ilişkisel desen (yordayıcı korelasyon araştırması) kullanılmıştır.

V. ÇALIŞMA GRUBU

Çalışma grubunda, Türkiye'nin kuzeyinde bir ilçe merkezinde bulunan devlet okulundaki 6. sınıfta öğrenim gören 23 öğrenci yer almaktadır. Çalışmada kolay ulaşılabılır örnekleme yöntemi tercih edilmiştir.

VI. UYGULAMA SÜRECİ

Uygulama, Bilişim Teknolojileri ve Yazılım dersi “Problem Çözme ve Programlama” ünitesi kazanımlarından hareketle çalışma grubuyla altı hafta uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Bknz. Tablo 1).

TABLO I
Haftalık Uygulama Süreci

Haftalar	Çalışma Grubu(CoSpaces ile öğretim grubu)
1.Hafta	Cospaces Uygulamasının Arayüzü ve Özellikleri
2.Hafta	Doğrusal Mantık Yapısını İçeren Programlar Oluşturma
3.Hafta	Karar Yapısını İçeren Programlar Oluşturma
4.Hafta	Çoklu Karar Yapıları İçeren Programlar Oluşturma
5.Hafta	Döngü Yapısını İçeren Programlar Oluşturma
6.Hafta	Testlerin Uygulanması

VII. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Uzamsal Görselleştirme Testi: Dokumacı Sütçü ve Oral (2018) tarafından çoktan seçmeli olarak hazırlanmıştır. Test 29 maddeden oluşmaktadır. Güvenirlik katsayısı 0.84 olarak hesaplanmıştır.

Matematiksel Muhakeme Değerlendirme Ölçeği: Çoban ve Tezci (2020) tarafından oluşturulmuştur. Ölçek 11'i çoktan seçmeli, 12'si kısa cevaplı sorudan oluşmaktadır. Ölçeğin güvenirlik katsayısı 0.81 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalı Düşünme Ölçeği: Korkmaz, Çakır ve Özden (2015) tarafından geliştirilmiştir. 22 maddeden oluşmaktadır. Güvenirlik katsayısı 0.809 olarak belirlenmiştir.

Kodlama Becerileri Rubriği: CoSpaces'e ait özellikleri de içeren 30 alt maddeden oluşmaktadır.

VIII. VERİLERİN ANALİZİ

Bağımlı ve bağımsız değişkenler üzerinde normallik varsayımları sağlanmıştır. Basıklık-çarpıklık değerleri uygun aralıkta belirlenmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler sürekli veri haline getirilmiştir. Tolerance değeri >.1 ve VIF değeri <10 olduğundan bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantılılık belirlenmemiştir.

Çalışma grubunun testleri betimsel olarak analiz edilmiş, ortalamaları ve standart sapmaları değerlendirilmiştir. Kodlama becerileri ile uzamsal görselleştirme becerileri arasında güçlü düzey ilişki ($r=-.864$, $p<.05$) belirlenmiştir. Kodlama becerileri ile matematiksel muhakeme becerileri arasında ($r=-.372$, $p>.05$) ve kodlama becerileri ile hesaplamalı düşünme becerileri arasında ilişki ($r=-.059$, $p>.05$) belirlenmemiştir. Uzamsal görselleştirme, matematiksel muhakeme ve hesaplamalı düşünme becerileri değişkenlerinin kodlama becerilerine etkisini belirlemek amacıyla çoklu regresyon analizi yapılmıştır.

IX. BULGULAR

Kodlama becerileri rubriği 100 puan, hesaplamalı düşünme ölçeği 5 madde, matematiksel muhakeme değerlendirme ölçeği 59 puan ve uzamsal görselleştirme testi 29 puan üzerinden değerlendirilmiş olup betimsel istatistik sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

TABLO II
Değişkenlere Ait Betimsel Sonuçlar

	N	Ort	SS
Kodlama Becerileri	23	88.695	7.264
Hesaplamalı Düşünme	23	3.952	.610
Matematiksel Muhakeme	23	27.043	7.836
Uzamsal Görselleştirme	23	23.739	4.070

Tablo 3'e göre CoSpaces ile programlama öğretiminde, uzamsal görselleştirme becerilerinin kodlama becerilerini yordadığı görülmüştür ($F= 19.070$, $p<.05$, $R^2=.711$).

TABLO III

Uzamsal Görselleştirme, Matematiksel Muhakeme ve Hesaplamalı Düşünme Becerilerinin Kodlama Becerilerini Yordamasına İlişkin Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	F	Sig.	R ²
	B	SE	Beta					
(Constant)	49.967	7.747		6.450	.000	19.070	.000^b	.711
Hesaplamalı Düşünme	.380	1.399	.032	.272	.789			
Matematiksel Muhakeme	.046	.117	.049	.390	.701			
Uzamsal Görselleştirme	1.516	.224	.850	6.759	.000			

X. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada CoSpaces ile programlama öğretiminde kodlama becerilerini yordayan değişkenler incelenmiştir. Kodlama becerileri ile uzamsal görselleştirme becerileri arasında güçlü düzey ilişki belirlenmiş, uzamsal görselleştirme becerilerinin kodlama becerilerini yordadığı görülmüştür. Bu durumu, CoSpaces uygulamasının 3B ortam sunması ve blok tabanlı kodlama yapılmasına imkan tanınması açıklamaktadır. Kodlama becerileri ile matematiksel muhakeme ve hesaplamalı düşünme arasında ilişki belirlenmemiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda da bu değişkenlerin kodlama becerilerini yordamadığı görülmüştür. Çalışma grubunun önceki deneyimleri de göz önünde bulundurulduğunda, CoSpaces'in diğer programlama araçlarından farklı olarak özellikle 3B ortam sunması ortaya çıkan ürünlerden görülmektedir. CoSpaces ile programlama öğretimi; öğrencilerin kodlama becerilerinin gelişmesine katkıda sağladığı gibi, uzamsal görselleştirme becerilerinin de kodlama becerilerini açıkladığını göstermektedir.

XI. ÖNERİLER

Araştırma sınırlı bir çalışma grubu ile 6 hafta boyunca yürütülmüştür. Bu doğrultuda katılımcı sayısı ve uygulama süresi artırılabilir. CoSpaces ile farklı etkinliklerin yapılması sağlanabilir. Öğrencilerin 3B ortamlarda kodlama becerilerini geliştirmesi adına CoSpaces'in başka derslerde de kullanımı yaygınlaştırılabilir. 3B sanal ortamda kodlama etkinlikleri yapılırken farklı değişkenler ile çalışmalar yürütülmesi önerilir. Ayrıca farklı kodlama araçlarının da çeşitli değişkenlerle incelenmesinin alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] D. Andone, S. Vert, M. Frydenberg and R. Vasii, "Open Virtual Reality Project to Improve Students' Skills," *2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Mumbai, India, 2018, pp. 6-10, doi: 10.1109/ICALT.2018.00008.
- [2] Minocha, S., & Reeves, A. J. (2010). Design of learning spaces in 3D virtual worlds: an empirical investigation of Second Life. *Learning, Media and Technology*, 35(2), 111-137.

Development of Novel Energy Production System in Sports

Seda Sahin¹, Mehmet Emin Aslan²

¹ Assist. Prof. Dr., Department of Computer Engineering, Çankırı Karatekin University, Çankırı, Türkiye

² B.S. Graduate student, Department of Electrical and Electronics Engineering, Çankırı Karatekin University, Çankırı, Türkiye

*sedasahin@karatekin.edu.tr, *aslandessas@gmail.com

Abstract—In this study, a novel Energy Production System in Sports is produced which is called as REOS (Renewable Energy Of Sports). This system is basically produced from the piezoelectric plates. Piezoelectric technology is a technology that has not been fully understood and benefited by humanity and it is open to development. Although piezoelectric technology can be used in many different countries within the region, as we know when to search from current literature, there isn't any Energy Production System which is integrated into the sports field. Another face of our study is the change in the competitive environment between teams as shown by the total energy produced in the team. A new perspective is added to the programming based application in team sports. Evaluating players and teams on something other than match scores is a practice that has not been implemented before in the field of sports. The coaches of teams will both attract the attention of athletes and produce electrical energy that will provide an advantage. Currently, energy requirements are increasing day by day all over the world and the Sports-based Renewable Energy has an importance to produce energy from different sources and different fields. This energy production offers an advantage for more economical and high quality production of energy all over the world. In this case, REOS is an advantageous system as energy savings and efficiency. Also, this study can be used as a guide for other studies which are related with the efficient energy production from different research fields. At the same time, this study can be applied to the different organisations and the sport types which is supported by athletic movements for different countries. Also, this system presents a multidisciplinary approach to integrate different engineering fields with economical perspective. In future, this study can be an alternative solution for designing Hybrid Energy Management Systems.

Keywords-Renewable Energy Production, Human-Computer Interaction, Piezoelectric Plates, Sports and Energy Management

I. INTRODUCTION

REOS is a system that generates power by taking advantage of the kinetic energy of the athletes with a mechanism integrated into the basketball court. The electrical energy obtained can be measured and used as a new training system.

A piezoelectric plate [1] will be placed between floor blocks with a diameter of 1 meter under the parquet floors

on the basketball court. Parquet will be laid on these blocks so that many piezoelectric plates will operate in one step. The AC power produced will be converted to DC power through bridge diodes, thus it will be connected to the voltage stabilizer via the line system and to the line system in case of any malfunction, it will be possible to find out which block is the problem. Regular voltage from the voltage stabilizer will be connected to the battery via a cable. Thus, the battery will be charged. The power produced by the system we will install on the cable between the voltage stabilizer and the battery will be calculated and reflected on the screen as data. The electricity in the battery can be converted to AC power with an inverter circuit and used at any time. If the field ground is too flexible, the distance between the blocks will be shortened.

II. MATERIAL AND METHOD

The REOS system transfers the pressure which is applied by the athletes on the field to piezoelectric discs with a special flooring system and these discs generate AC power from the applied pressure. The AC power produced is converted into DC power with the help of a bridge diode, the resulting DC power is collected at one point with the help of numbered cables, measured and then stored. If necessary, it can provide most of the energy needed to the field.



(a)



(b)

Fig. 1 (a) Prototype Design, (b) Prototype Image

III. RESULTS

The AC power with pressures from piezodiscs is obtained and then this is converted to AC power into DC power to bridge modules. In this way, we can store the electricity which is produced. With these piezodiscs that we have laid all over the floor of a basketball court, we demonstrate that the energy obtained not only in energy distribution is healthy, but also with an interface design that constantly records. At the same time, the energy produced by the teams on the field will be clearly displayed to the data changing in percentage. Also, a user interface for the system is designed with using html, css and javascript languages.

As a result of some experiments we made in our prototype, we observed how the DC power produced was monitored according to step differences. The results are as follows.

- When 1 step is taken on the piezodisc, an average of 8-12 DC V
- When springing on the piezodisc, an average of 8-19 DC V
- The average age of propagation on the piezodisc is 13-32 DC V

THE PRESSURE THAT IS CONSIDERED AS AVERAGE FOR ONE BASKETBALL MATCH:

$$\frac{(\text{Maximum pressure} + \text{Minimum pressure})}{2} = 275,555,555.5\text{Pa}$$

$$\frac{(480,000,000\text{Pa} + 71,111,111\text{Pa})}{2} = 275,555,555.5\text{Pa}$$

This data is calculated using the formula:

$$\text{Gathlete} = \text{mathlete} \times g \text{ and } \text{Pathlete} = \text{Gathlete} / A \text{ [2]}$$

The fact that the piezo, which basically works with pressure which is spread over an area of 28m x 15m in our study, the size of an average basketball hall is one of the first large-scale applications of this technology which has not yet become widespread.



(a)



(b)

Fig. 2 (a) User Interface 1 of REOS, (b) User Interface 2 of REOS

IV. CONCLUSION

In conclusion, REOS is one of the first systems which is integrated into sports. It isn't only produces electricity but also encourages sports. The REOS which covers issues such as sports, entertainment and renewable energy and it provides advantages in issues such as low cost and sustainability. In the world where energy requirements are increasing day by day and the renewable energy is being emphasized more and more every day. The Sports-based renewable energy is supported all over the world and special budgets are arranged. REOS covers its costs in the medium term as energy savings and also the advertising revenue can be generated through its interface.

REFERENCES

- [1] A High-Efficiency Full Active Rectifier for Piezo Energy Harvesting. (2021). Retrieved 6 June 2021, from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9160637> Liana Wassoufi Cubelaboratory, University of strasbourg / CNRS, Strasbourg, France Ehsan Jamshidpouri Cubelaboratory, ECAM, Strasbourg, France Vincent Fricki Cubelaboratory, University of strasbourg / CNRS, Strasbourg, France
- [2] Bartu, T., Dersi, F., Koç, v., Owl, b., & Dersi, F. (2017). Basınç ve basınç kuvveti nedir? Katı basıncı nelere bağlıdır? - Fizik Dersi. Retrieved 6 June 2021, from <https://fizikdersi.gen.tr/basinc-basinc-kuvveti-nedir-kati-basinci-nelere-baglidir/>

EEG Tabanlı Duygu Tanıma için DREAMER Veri Kümesinin Analizi

Elif Bilge ŞAHİN¹, Pınar Onay Durdu²,

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

¹elifbilgesahin@gmail.com, ²pınar.onaydurdu@kocaeli.edu.tr

Özet— Duygu tanıma üzerine yapılan çalışmalar, DREAMER kümesi üzerinde gerçekleştirilen bir model geliştirme süreciyle değerlendirilmiş ve bu değerlendirme, farklı sınıflandırma yöntemlerinin performansını karşılaştırmayı amaçlamıştır. Bu karşılaştırmaların sonucunda, uyarılma ve değerlik değerleri için Rastgele orman yönteminin %91 doğruluk oranı ile en yüksek başarıya ulaştığı belirlenmiştir. Rastgele orman yöntemi, yüksek kesinlik, duyarlılık, F1 skoru ve düşük hata oranı gibi özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bu çalışma sonuçları, duygu tanıma alanında daha yüksek performans sergileyen modellerin geliştirilebileceğini ve bu alandaki ilerlemelerin büyük bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamaktadır.

I. GİRİŞ

Duygular, insanların duygusal ihtiyaçlarını anlamalarına yardımcı olur ve sosyal etkileşimlerde duygusal bağ kurmalarına olanak tanır. Duygu tanıma, duygusal ifadeleri tanıma ve anlama sürecidir. İnsanlar için duygu, iletişim, empati, ve kişilerarası ilişkilerde kritik bir rol oynamaktadır [1].

Duygunun, İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) alanı ile ilişkisi, kullanıcıların duygusal durumlarını anlamak ve bu bilgileri teknoloji tasarımında kullanmak amacıyla önemlidir. Ayrıca, duygu tanıma teknolojisi, kullanıcı deneyimini iyileştirmek ve daha duyarlı sistemler geliştirmek için kullanılabilir. Duygu ve duygu tanıma insanların günlük yaşamında önemli bir rol oynar ve bu alan, İBE ile entegre edilerek daha duyarlı ve etkileşimli teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlar.

Otomatik duygu tanıma, bilgisayarların ses, görüntü veya metin verileri üzerinden insan duygusal durumlarını tespit etmesini sağlamaktadır. İnsanların duygusal durumlarını belirlemek için farklı veri kaynaklarını kullanır. EEG (Elektroensefalografi) tabanlı otomatik duygu tanıma, bu alandaki birçok çalışmanın temelini oluşturur ve veri kümeleri aracılığıyla bu çalışmaların yapılmasına olanak tanır [2]. EEG, beyin aktivitesini ölçmek için kullanılır ve insanların duygusal tepkilerini izlemek için kullanılır. EEG, duygu tanıma alanında daha fazla tercih edilir ve doğru sonuçlar sağlayabilir.

EEG tabanlı otomatik duygu tanıma için makine öğrenme ve derin öğrenme yöntemleri sıklıkla çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda, EEG sinyalleri ve duygu değerlendirmeleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Koelstra ve

diğerleri [3], 32 katılımcının EEG ve fizyolojik verilerini, müzik videoları izlerken kaydetmiş ve bu verileri duygu değerlendirmeleri ile ilişkilendirmiştir. Zheng ve Lu [4], 15 denekten elde edilen EEG verilerini kullanarak farklı sınıflandırma yöntemleriyle duygu sınıflandırması yapmıştır. Katsigiannis ve diğerleri [5], EEG ve EKG verilerini birleştirerek duygu analizi yapmış ve destek vektör makinelerini kullanmıştır. Hwang ve diğerleri [6], SEED veri setini kullanarak evrişimli sinir ağları ile yüksek doğruluk elde etmiştir. Liu ve diğerleri [7], DEAP ve SEED veri kümeleri üzerinde yeni bir derin sinir ağı önermiş ve geleneksel yöntemlere göre daha etkili sonuçlar elde etmiştir. Reaj ve diğerleri [8], SEED veri setini kullanarak Ayrık dalgacık dönüşümü ve Destek vektör makinesi ile duygu sınıflandırması yapmıştır. Son olarak, Benesch ve Kabbabi [9], DREAMER veri seti üzerinde EEG verilerini kullanarak duygu sınıflandırması yapmıştır. Bu çalışmalar, EEG verilerini duygu tanıma amacıyla başarılı bir şekilde kullanmış ve çeşitli sınıflandırma yöntemleriyle duygu analizi yapmışlardır. Çalışmalarda birçok hazır veri kümesinin kullanıldığı belirlenmiştir.

Hazır veri kümeleri veya kaynaklar arasında DEAP, DREAMER ve SEED gibi EEG verilerini içeren seçenekler bulunmaktadır. Bu veri kümeleri, EEG tabanlı duygu tanıma algoritmalarının geliştirilmesi için kullanılabilir. Araştırmacılara bu alandaki çalışmalarında başlangıç noktası sağlamaktadır.

Bu çalışma, DREAMER veri kümesi üzerinden duygu tanıma gerçekleştirmeyi hedeflemektedir ve bu bağlamda sınıflandırma algoritmalarının performansını değerlendirmektedir.

II. YÖNTEM

Bu çalışma, DREAMER veri kümesi üzerinden duygu tanıma gerçekleştirmek ve bu bağlamda da sınıflandırma algoritmalarının performansını değerlendirmeyi hedeflemektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan model, dört temel aşamadan oluşmaktadır (Şek.1). Her bir aşama, çalışmanın başarısını artırmak için dikkatlice tasarlanmıştır.

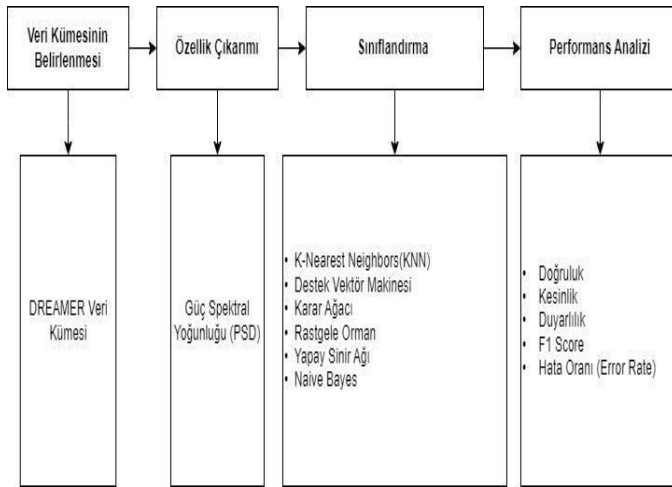
Birinci aşama, çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Veri kümesi seçimi, duygu sınıflandırma modelinin eğitimi ve

değerlendirmesi için kritik bir adımdır. Çalışmada, DREAMER veri kümesi, duyu sınıflandırma modelinin eğitimi için temel veri kaynağı olarak belirlenmiştir. DREAMER [5] veri kümesi, çeşitli duygusal durumları içeren çok sayıda veriyi içerdiği için tercih edilmiştir. Görsel-işitsel uyaranlarla duyguları ortaya çıkarma sırasında kullanılan çok modlu bir veri kümesi olan DREAMER katılımcıların her uyaran sonrasında değerlik, uyarılma açısından duygusal durumlarına ilişkin öz değerlendirmeleriyle birlikte kaydedilmiştir.

İkinci aşama, veri kümesinden anlamlı özelliklerin çıkarılmasına odaklanmaktadır. Bu özellikler, duyu sınıflandırma modelinin verileri daha iyi anlamasına ve öğrenmesine yardımcı olur. Bu çalışmada, özellik çıkarma yöntemi dikkatlice seçilmiş ve veri kümesinde duygusal durumları daha iyi temsil eden özelliklerin çıkarılması için kullanılmıştır.

Üçüncü aşama, duyu sınıflandırma için kullanılacak sınıflandırma yöntemlerinin belirlenmesi ve sınıflandırma işlemini içermektedir. K-Nearest Neighbors (KNN), Destek vektör makinesi, Karar ağacı, Rastgele orman, Yapay sinir ağı ve Naive bayes gibi yöntemler her birinin avantajları ve dezavantajları göz önüne alınarak, belirlenmiştir.

Son aşama, model için belirlenen sınıflandırma yöntemlerinin performans analizini içermektedir. Modelin başarımlı, belirli başarımlı değerlendirme ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Metrikler kullanılarak farklı yöntemler karşılaştırılarak modelin başarımlı değerlendirilmiştir.



Sek. 1 Önerilen sistemin akış diyagramı

III. BULGULAR

Çalışma, EEG verilerini analiz ederek duyu sınıflandırma için çeşitli sınıflandırma yöntemlerini değerlendirmiştir. Rastgele orman yöntemi, %91 doğruluk oranıyla en iyi sonucu vermiş ve uyarılma ve değerlik tahminlerinde üstün performans sergilemiştir. Ayrıca, Rastgele orman yöntemi bu veri

kümesinde yüksek kesinlik, duyarlılık, F1 skoru ve düşük hata oranı ile öne çıkmaktadır. Naive bayes yöntemi %62 doğruluk oranıyla en düşük başarıyı elde etmiştir, bu da bu yöntemin uyarılma ve değerlik tahminleri için daha az etkili olduğunu göstermektedir.

IV. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, önerilen modelin sınıflandırma görevindeki etkinliğini göstermektedir. Ayrıca çeşitli sınıflandırma yöntemlerinin bir önerilen model üzerinde elde ettiği doğruluk oranlarını Benesch ve Kabbabi'nin [9] çalışmasındaki sonuçlarla da karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre önerilen model, diğer çalışmadaki yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk oranlarına sahiptir. Bu çalışmanın sonuçları, sınıflandırma problemleri için daha iyi performans gösteren bir modelin geliştirilmesinin mümkün olduğunu ve bu alandaki ilerlemelerin potansiyelini vurgulamaktadır.

Farklı veri kümeleriyle karşılaştırmalı analizler içeren ve çalışmada uygulanan modelin daha fazla iyileştirilmesini sağlayan farklı senaryoları test eden çalışmaların gerçekleştirilmesi de faydalı olacaktır. Bu çalışma, gelecekteki araştırmalara yol göstermek için bir temel oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Z. He, Z. Li, F. Yang, L. Wang, J. Li, C. Zhou, ve J. Pan, "Advances in Multimodal Emotion Recognition Based on Brain-Computer Interfaces," *Brain Sciences*, cilt 10, sayı 10, 2020. [Çevrimiçi]. DOI: 10.3390/brainsci10100687.
- [2] M. Spezialetti, G. Placidi ve S. Rossi, "Emotion Recognition for Human-Robot Interaction: Recent Advances and Future Perspectives," *Frontiers in Robotics and AI*, cilt 7, sayı 532279, 2020. [Çevrimiçi]. DOI: 10.3389/frobt.2020.532279.
- [3] S. Koelstra, C. Muhl, M. Soleymani, J.-S. Lee, A. Yazdani, T. Ebrahimi, T. Pun, A. Nijholt ve I. Patras, "DEAP: A database for emotion analysis; using physiological signals," *IEEE Trans. Affect. Comput.*, cilt 3, sayı 1, 2012, ss. 229-237.
- [4] W.L. Zheng ve B.L. Lu, "Investigating critical frequency bands and channels for EEG-based emotion recognition with deep neural networks," *IEEE Trans. Auton. Ment. Dev.*, cilt 7, 2015, ss. 162-175.
- [5] S. Katsigiannis ve N. Ramzan, "DREAMER: A database for emotion recognition through EEG and ECG signals from wireless low-cost off-the-shelf devices," *IEEE J. Biomed. Health Informat.*, cilt 22, sayı 1, 2018, ss. 98-107.
- [6] S. Hwang, K. Hong, G. Son ve H. Byun, "Learning CNN features from DE features for EEG-based emotion recognition," *Pattern Anal. Appl.*, cilt 23, sayı 3, 2019, ss. 1323-1335.
- [7] J. Liu, G. Wu, Y. Luo, S. Qiu, S. Yang, W. Li ve Y. Bi, "EEG-based emotion classification using a deep neural network and sparse autoencoder," *Front. Syst. Neurosci.*, cilt 14, sayı 43, 2020.
- [8] A.S. Reaj, M. Maniruzzaman ve A.A.J. Jim, "Emotion Recognition Using EEG-Based Brain Computer Interface," 2021 International Conference on Electronics, Communications and Information Technology (ICECIT), IEEE, 2021.
- [9] D. Benesch ve A. Kabbabi, "Biosignal processing for automatic emotion recognition," [Çevrimiçi]. Available: <https://school.brainhackmtl.org/project/biosignalemotions/>.

Examining Patterns in Puzzle and Trivia Type of Hyper-Casual Games: An Eye Tracking Study

Görkem Muyan¹, Alpay Karagöz², Prof. Dr. Kürşat Çağiltay³

¹Computer Education and Instructional Technologies, Middle East Technical University, Ankara, TURKEY

²Human Computer Interaction Research and Application Laboratory, Middle East Technical University, Ankara, TURKEY

³Computer Engineering, Sabancı University, Istanbul, TURKEY

¹gorkem.muyan@metu.edu.tr, ²akaragoz@metu.edu.tr, ³kursat@metu.edu.tr

Human-Computer Interaction Research and Application Laboratory, Middle East Technical University

Hyper casual games are entertainment with unique characteristics, including short play sessions and minimalistic design. However, users stop playing due to short sessions because they reach a certain level or do not improve their skills to pass levels. Therefore, game usability plays a crucial role in defining the needs and behaviors of expert and novice gamers. Enhanced game usability leads to extending the time of hyper casual.

I. INTRODUCTION

Isbister and Hodent (2022) state that game usability affects user thoughts about games directly. This project will contribute to understanding gamer behaviors and demands on puzzle and trivia types of hyper casual games. This research compares expert and novice gamer behaviors:

- Frustration and feeling bored during hyper casual games cause them to stop playing.
- Analyzing different types of sounds, animations, and visual effects.
- Examining that remaining moves should be turned into pointful moves or finishing sessions with higher scores.
- Creating new objects with 4-5-6 matches
- Showing tips in puzzle and trivia types of hyper casual games.

II. METHODOLOGY

A. Sessions

This project requires face-to-face participation in Middle East Technical University Human-Computer Interaction Laboratory. The researcher arranged meeting times for each test. 22 participants (13 male, 9 female, average age=22.4, std age = 2.4) participated in playing Candy Crush Saga and Farm Heroes Saga in Tobii desktop eye tracker T120. Human-Computer Interaction Laboratory has a T120 Eye Tracker device (desktop eye tracker) that records gaze data. All

participants fill out the demographic survey. The researcher starts the screen recorder on Tobi Studio 3.4.5 software. Participants watch introductory game videos that present the rules and features of the games before playing each game. After the introduction video, they play the games. During the games, the researcher takes notes of their thoughts. After finishing the game, they complete the post-questionnaire. The average length of recording duration is 10 minutes. Participants fill out a demographic survey and post-questionnaire. All participants accepted video recording during a test.

B. Evaluation Tasks/Scenarios

1. Complete the demographic survey (determining that participant is a novice or expert gamer.)
2. Calibration process on Tobii T120 desktop eye tracker and Tobii Studio 3.4.5 before starting gaze data record
3. Participants watch the first introduction video of one of Candy Crush Saga or Farm Heroes Saga.
4. Participants play the first game. Participants do a think-aloud process while playing.
5. Participants watch the second introduction video.
6. Participants play the second game. Participants do a think-aloud process while playing.
7. Participants complete the post-questionnaire.

III. PRE-RESULTS

There is no eye-tracking analyzed data in this abstract. The following graphs and charts are involved in post-questionnaire test records.

A. Satisfaction with Sounds:

Background Music:

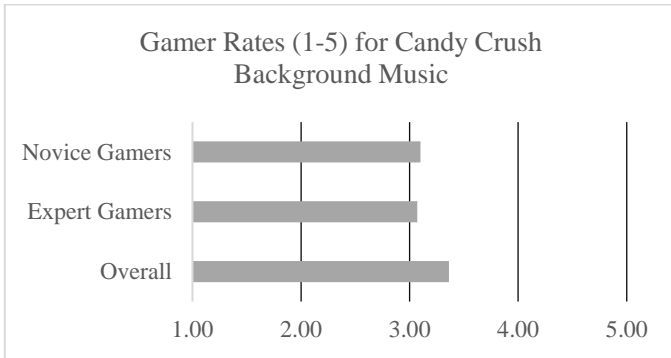


Fig. 1 The graph gives information on how much gamers give points to Candy Crush Saga’s background music between 1 (strongly disagree) and 5 (strongly agree).

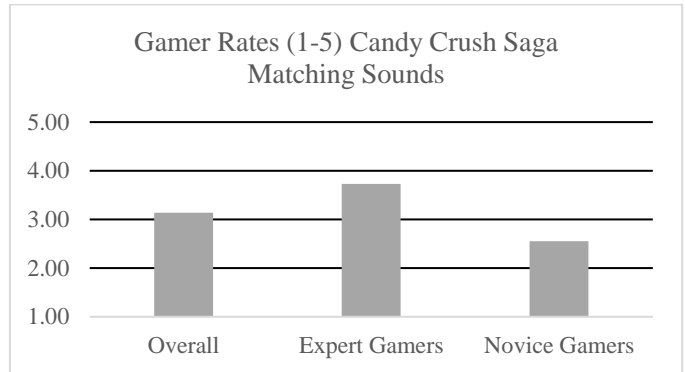


Fig. 3 The chart provides the satisfaction rates (1-5) with sounds after matching materials in Candy Crush Saga.

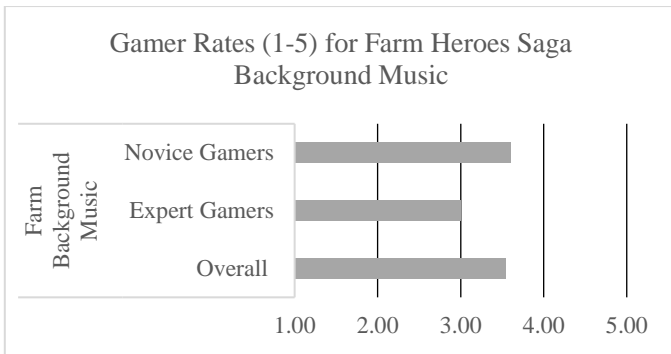


Fig. 2 The graph gives details on how much gamers give points to Farm Heroes Saga’s background music between 1 (strongly disagree) and 5 (strongly agree).

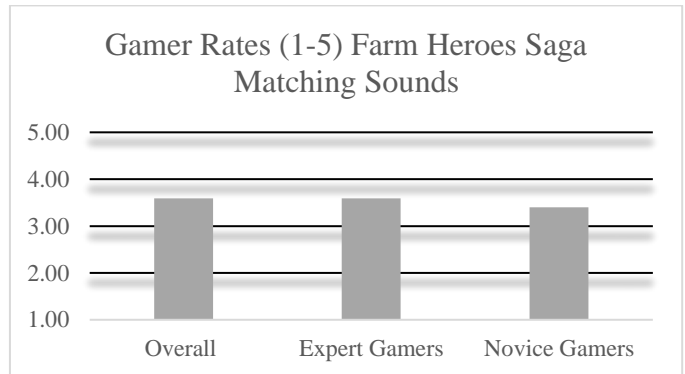


Fig. 4 The chart provides the satisfaction rates (1-5) with sounds after matching materials in Candy Crush Saga.

Candy Crush Saga’s background is an energetic sound while Farm Heroes Saga’s background is a slow beat. According to Fig. 1 and Fig.2, most participants prefer a piece of soft music in background. Novice gamers say upbeat music might be distractive and complex. Also, novice gamers feel anxious to struggle with comprehending game functions. Hence, Farm Heroes Saga’s soft background music might be preferable for novice gamers. On the other hand, expert gamers tend to have energetic beats motivating them to compete with the game. Since Candy Crush Saga’s background music is energetic, the experts tend to look for these action sounds. Although Farm Heroes Saga’s background sound score takes the other game’s background sound behind, the difference might be negligible in the overall score. As a result, hyper casual game developers might choose sounds by looking at the game level and

Matching Sounds:

Farm Heroes Saga includes cheerful sounds after matching the same objects. Candy Crush Saga matching sounds considerably include candy explosion or break sounds. Fig. 3 and Fig. 4 show that most novice and expert gamers note that happy sounds are cuter than the other ones. Although novice gamers tend to hear more soft and cheerful sounds, explosion voices scores are considerably high. As a result, hyper casual games might consist of cheerful and explosion voices for different features at each level.

IV. CONCLUSIONS

This project aims to compare expert and novice gamer behaviors to involve their interest and demand in hyper casual games. Eye tracking technology offers to see where users look at the screen and how much time they spend. User experience researchers analyze usability in games to increase satisfaction, effectiveness, and efficiency. Gaze data and questionnaires help comprehend what needs to be changed.

REFERENCES

[1] Isbister, K., & Hodent, C. (2022). Game usability: Advice from the experts for advancing UX strategy and practice in videogames. CRC Press.

MagniVR: Design & Analysis of Low Vision Accessibility Tool For Virtual Reality

Cem Kaya, Baha M. Ersoy, Murat Karaca

*Computer Science and Engineering Department, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Sabancı University
Orhanli - Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey*

cemkaya@sabanciuniv.edu, bersoy@sabanciuniv.edu, muratkaraca@sabanciuniv.edu

Abstract— The rapid progress of Virtual Reality has introduced new user experiences. However, the platform remains largely inaccessible to a significant portion of the global population, especially those with visual impairments. The paper introduces MagniVR, a novel VR tool designed to enhance accessibility for individuals with low vision. The tool aims to assist users in navigating 3D virtual spaces by offering a customizable digital magnification tool, with a focus on user-friendliness, and ease of integration into VR projects. The paper presents the results of a two-phase user study involving 18 participants (6 in Phase 1 and 12 in Phase 2) to evaluate the effectiveness and usability of MagniVR. The initial phase of the project involved creating and testing a basic prototype of MagniVR.

In Phase 1, the tests were structured into three task groups, each comprising three challenges. Participants were tasked with completing these challenges using three different configurations of MagniVR: one with the magnifier display and camera on the right hand, another with the magnifier display on the right hand and the camera on the left hand, and the third with both the camera and display positioned in front of the user's head. The configuration featuring both the camera and display positioned in front of the head is a superset of the SeeingVR's magnification lens tool [1]. Participants evaluated the tool using all three of these configurations. The tests were timed and a questionnaire interview was conducted. Out of the six participants, only three had low vision within the test sample. The remaining three participants had heavy prescriptions, and they were included as a baseline group. However, the limited number of low vision participants posed a challenge in drawing statistically significant conclusions. Furthermore, during Phase 1, the tool lacked a control menu, limiting users to control it solely through shortcuts. Additionally, it was not designed in a way that allowed developers to easily integrate it into their projects.

In phase 2, there were a total of 12 participants divided into three main task groups. Each task group consisted of two

challenges, and every participant completed a questionnaire while their feedback and experiences were documented. The study yielded promising results, with MagniVR proving to be highly beneficial for individuals with low vision. Out of the 12 participants in Phase 2, 10 expressed clear satisfaction with the tool's advantages. Notably, 9 of them reported being extremely satisfied with its functionality.

The study focuses on determining the impact of VR accessibility magnifiers on the user experience of individuals with low vision in virtual reality environments. Additionally, the effectiveness of MagniVR, particularly in comparison to previously proposed accessibility magnifiers such as SeeingVR's magnification lens tool, is tested in this study [1]. From an implementation perspective, the project aims to ensure that the tool's implementation is highly accessible for developers utilizing Unity's OpenXR toolkit. Aim of this is to identify methods to enhance accessibility in Virtual Reality environments. In Phase 2, the design of the MagniVR menu was refined based on user feedback from Phase 1.

The study reveals that the tool holds significant potential in making VR experiences more inclusive. As VR continues to shape digital interactions, tools like MagniVR will play a pivotal role in ensuring that these experiences are accessible to all.

Keywords— Metaverse, Virtual Reality, Unity, 3D, HCI, UX, DX, Accessibility, Low Vision, Assistive Technology

I. INTRODUCTION

Virtual Reality is a revolutionary technology in user interactions and experiences. Yet, due to its novelty as a platform it lacks essential accessibility standards and tools, thus hindering a significant group of people from effectively interacting with virtual reality. According to WHO approximately 3.5% of world's population (284 million) consists of people who are visually impaired and 0.5% (39 million) are legally blind with varying levels of

residual/remaining visual acuity (VA) [2]. Similar to more established computing platforms web, desktop, mobile ... etc. there is a need for accessibility tools for VR platforms as well. However due to the 3D nature of this platform pre-established tools do not directly translate over. There might be more efficient ways of making these platforms more accessible while leveraging the 3D modality of the platform. The lack of accessibility features in VR has been the subject of various research projects, with one of the more influential studies being conducted by SeeingVR. The study highlighted the effects of numerous accessibility tools on individuals with low vision [1]. One such tool was a head tracked magnification lens, which revealed that users could navigate menus and read text more easily. Building upon this, this project aims to contribute to this field by developing a more customizable and user-friendly magnification tool. This project had two main goals: first, to investigate the effectiveness of the developed magnification tool within a virtual environment, and second, to provide other developers with an accessibility tool that is simple to integrate into their projects. The project was conducted as a two-phase user study with 18 (6+12) participants.

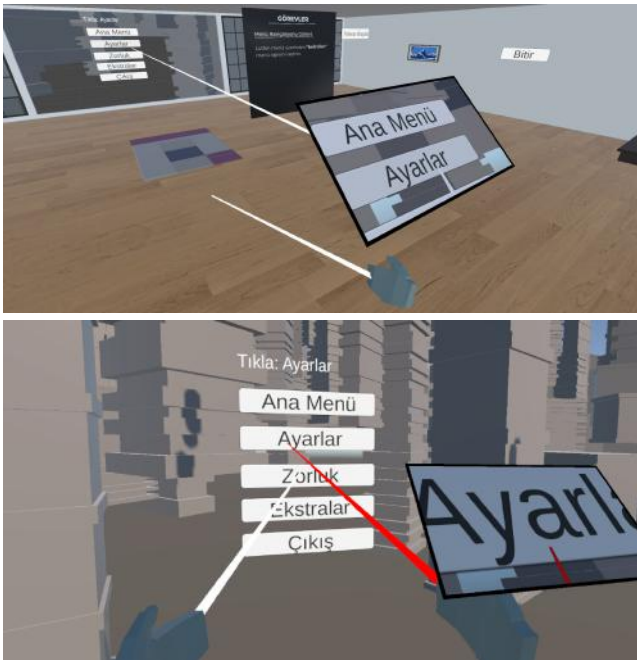


Figure 1. MagniVR usage examples



Figure 2. Test session example

II. CONCLUSION

MagniVR demonstrates significant potential as an accessibility tool for individuals with low vision. The study involved 12 participants, of whom 10 provided positive feedback. Participants were requested to assess the tool's effectiveness on a scale from 0 to 5, which yielded an average rating of 3.59. With its varied configurations and control options, it offers a more tailored magnification experience than existing solutions. Additionally, the study offered valuable insights into the development of VR tools tailored for individuals with low vision. However, there's room for improvement, particularly in the areas of color processing and control simplification. As the demand for VR grows, tools like MagniVR are essential in ensuring that VR experiences are inclusive and accessible to all.

III. ACKNOWLEDGMENT

As the MagniVR team, we want to thank Professor Kürşat Çağiltay for his guidance. Thanks to Mustafa Yardımcı for testing assistance, to our participants for their involvement, and to Sabancı University and the PURE program for their support.

REFERENCES

- [1] Y. Zhao, E. Cutrell, C. Holz, M. R. Morris, E. Ofek, and A. D. Wilson, "SeeingVR," in Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, *CHI '19: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, 2019, doi: 10.1145/3290605.3300341.
- [2] B. Koyuncular, "The Population of Blind People in the World!" Retrieved January 19, 2023, from <https://www.blindlook.com/blog/detail/the-population-of-blind-people-in-the-world>, October 25, 2021.
- [3] S. Masnadi, B. Williamson, A. N. V. González and J. J. LaViola, "VRiAssist: An Eye-Tracked Virtual Reality Low Vision Assistance Tool," *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, Atlanta, GA, USA, 2020, pp. 808-809, doi: 10.1109/VRW50115.2020.00255.
- [4] H.-Y. Wu, A. Calabrèse, and P. Kornprobst, "Towards accessible news reading design in virtual reality for low vision," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 80, no. 18, pp. 27259–27278, 2021. doi:10.1007/s11042-021-10899-9
- [5] A. H. Hoppe, J. K. Anken, T. Schwarz, R. Stiefelhagen, and F. van de Camp, "CLEVR: A customizable interactive learning environment for users with low vision in virtual reality," *The 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 2020. doi:10.1145/3373625.3418009

Mentor or Boss: The AI Effect on Decision-Making

Merzifonluoglu, A.

ELT Department, Erzincan Binali Yildirim University, Türkiye

ayse.merzifonluoglu@erzincan.edu.tr

Abstract— Artificial intelligence (AI) is predominantly incorporated into all domains of life and the world we live in is increasingly shaped by AI. As a result of this widespread integration, a growing body of research has focused on the profound implications and consequences of AI's integration in different domains. Among these domains, education stands out as an area with immense potential to influence both learners' and academics' preferences, particularly as they seek assistance and guidance in their professional and academic lives. Regarding this influence, this ongoing study aims to investigate the extent to which users are influenced in the decision-making process when making choices with the help of AI tools. The participants selected for this study are a diverse group, encompassing students and academics who share a common interest in the field of education, where AI is actively used. The study employs a 3-point Likert questionnaire and a question with multiple choices on their experiences to explore why AI-driven recommendations influence their decision-making process. 12 education-related decision scenarios have been presented to the participants. Task complexity, users' decision-making process and their trust in AI recommendations are the key considerations of the study. Preliminary findings suggest that users tend to exhibit a positive attitude toward accepting AI's recommendations, especially when AI systems provide transparent explanations for their recommendations and offer insights into the decision-making process. Perceived AI competence and trustworthiness are also predicted to strongly influence the decision-making process. These predicted results will underline the importance of user trust in AI tools and confirm that they are effective tools in the lives of individuals. To sum up, as AI's influence continues to shape decision-making environments, it is needed to unravel the potential deficiencies in the decision-making processes, enhance the quality of user experiences and foster their confidence. In this sense, this study contributes significantly to our understanding of human-AI interaction and suggests practical implications for the design and implementation of AI systems.

I. INTRODUCTION

The advancements in computer and information technologies have led to the emergence of artificial intelligence (AI), a concept broadly defined as the ability of machines to adapt to new situations, address emerging challenges, solve problems, respond to inquiries, formulate plans, and perform tasks that typically require a level of intelligence comparable to that found in humans [1]. Another perspective defines AI as the exploration of intelligent behaviour in humans, animals, and machines, with the goal of incorporating such behaviour into artifacts like computers and related technologies [2]. These

definitions also highlight that AI represents the culmination of innovations and advancements in computers, computer-related technologies, machines, and information communication technology, granting computers capabilities closely resembling human intelligence.

In recent years, AI has been embraced and integrated into various facets of the education domain, spanning across different departments within educational institutions. The incorporation of AI in education has resulted in notable outcomes, including increased efficiency, globalized learning opportunities, personalized learning experiences, more intelligent educational content, and improved effectiveness and efficiency in educational administration, among other benefits [3], [4]. As AI continues its evolution, novel applications in education continue to surface.

The integration of AI tools in education raises a fundamental question: How does the incorporation of AI tools influence decision-making processes in the educational context? To address this inquiry, the study seeks to explore the extent to which users rely on AI recommendations in educational decision-making. To achieve this, the study will be guided by several key research questions:

1. To what extent do users depend on AI recommendations in their educational decision-making processes?
2. What factors influence the level of trust users place in AI recommendations within the educational context?
3. How does task complexity impact users' preference for AI recommendations in educational decision-making?

II. METHODOLOGY

A. Research Design

This study adopts a quantitative research design, specifically employing a cross-sectional survey research approach to investigate the impact of AI on decision-making processes within the field of education. Utilizing this quantitative method will allow us to collect numerical data and derive statistical insights into the role of AI in educational decision-making. The findings from this approach will offer valuable implications for the design and implementation of AI systems in the educational context.

B. Participants and Setting

The ongoing research encompasses 189 participants, of whom 181 are students and 8 are academics, with a gender distribution of 121 females and 68 males. The participants have been deliberately chosen through a purposive sampling methodology. This approach ensures a comprehensive representation including both students and academics possessing experience in utilizing AI tools within educational contexts.

Adopting a quantitative research design, this study refrains from providing detailed demographics due to its ongoing nature. The utilization of an online survey methodology has been implemented to access participants in disparate locations, thereby enhancing the study's validity by capturing a spectrum of perspectives within the expansive field of education.

C. Data Collection Instrument

The primary data collection tool is a structured survey questionnaire that utilizes a 3-point Likert scale to gauge participants' responses across 12 education-related decision scenarios. Additionally, the questionnaire includes a multiple-choice question to understand the reasons behind participants' preferences for AI suggestions. Table 1 presents the related scenarios.

TABLE I
EDUCATION-RELATED DECISION SCENARIOS

1	Course-selection
2	Study resources
3	Career path
4	Educational software
5	Professional development
6	Adaptive learning
7	Language learning
8	Parent-teacher conferences
9	Research topic selection
10	E-learning platforms
11	Educational funding
12	Data analysis assistance

D. Data Collection Procedure

An online survey for comprehensive exploration has been employed to collect the data in this study. Participants have been presented with 12 education-related decision scenarios and a multiple-choice question to understand the reasons behind their choices when opting for AI-driven recommendations.

E. Data Analysis

In our preliminary data analysis, several key insights emerged regarding participants' perspectives on AI suggestions. The majority, representing a substantial 76.2%, found that AI suggestions significantly save time and effort in decision-making processes. Additionally, a noteworthy 78.3% acknowledged the value of AI in presenting a diverse array of options they might not have considered independently. A considerable percentage of 27% appreciated the transparency embedded in AI suggestions, emphasizing the importance of clear explanations for the recommendations. Furthermore, 19.6% of participants highlighted the perceived unbiased nature of AI suggestions, suggesting a potential advantage in decision-making. Moreover, 18% of respondents expressed confidence in the accuracy of AI suggestions, indicating a level of trust in the technology's capabilities. 14.3% of participants recognized the highly personalized nature of AI suggestions, aligning closely with their individual needs.

These preliminary findings collectively suggest a positive perception and multifaceted utility of AI suggestions in decision-making processes across various domains. Further analysis will delve deeper into these trends, offering a comprehensive understanding of the impact and implications of AI integration in decision-making scenarios.

III. CONCLUSIONS

In conclusion, this study holds the potential to illuminate the effectiveness of AI on the preferences of both students and academics in various situations, unraveling the underlying reasons guiding their choices. Preliminary results show that despite the variety in the scenarios, the participants prefer their own choices in five critical domains: course selection, career path, professional development, parent-teacher conferences, and educational funding. are expected to demonstrate a positive inclination toward AI suggestions, particularly when accompanied by transparent explanations and insights into the decision-making process. As the study progresses, these initial trends are anticipated to gain further substantiation, underscoring the pivotal role of user trust in AI tools.

REFERENCES

- [1] B. Coppin, *Artificial Intelligence Illuminated*. Boston, MA, USA: Jones and Bartlett, 2004.
- [2] B. Whitby, *Artificial Intelligence: A Beginner's Guide*. Oxford, U.K.: Oneworld, 2008.
- [3] M. J. Timms, "Letting artificial intelligence in education out of the box: Educational cobots and smart classrooms", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 26, no.2, pp. 701-712, 2016.
- [4] M. Chassignol, A. Khoroshavin, A. Klimova, and A. Bilyatdinova, "Artificial intelligence trends in education: A narrative overview," *Procedia Computer Science*, vol. 136, pp. 16-24, 2018.

Prediction of University Students' Difficulty Level for Learning Management System (LMS) Using Machine Learning Techniques

Zeyneb UYLAŞ AKSU¹, Sevinç GÜLSEÇEN²

¹Department of Computer Technology, Istanbul Bilgi University, Istanbul, Turkiye

¹zeynep.aksu@bilgi.edu.tr

²Department of Informatics, Istanbul University, Istanbul, Turkiye

²gulsecen@istanbul.edu.tr

Abstract— Learning Management System (LMS) allow students and instructors to manage online courses. LMS used actively in distance education, has been expressed as difficult for some students due to its technical infrastructure and usability. System developers make updates every period to increase and improve usability. The use of LMS can be understood as difficult or easy, depending on environmental influences such as student technological capacity and the technical infrastructure of the system, as well as student individual characteristics and technological device proficiencies. It is thought that the student's difficulty or ease of using the LMS is important in terms of the student's demographic data, department, field, and technological proficiency. This study aims to estimate the difficulty level of the LMS used by university students in distance education. With classification algorithms, one of the machine learning methods, predictions were made for new student groups based on student data collected through a survey. Within the scope of the results obtained, the necessity and possibility of artificial intelligence supported customizable to LMS were discussed.

I. INTRODUCTION

Distance education systems, which have become part of our lives with the Internet, contain some important details. The main details of these are the internet, digital content, course management and success evaluation platform, and live lesson platform. Tracking of online courses, success evaluation, and content-sharing processes is carried out through a single software. Çoban defined the web software that manages this process while learning via the internet as an education management system [1]. The LMS has gained many uses with digital transformation. So much so that with distance education, the area of use for online course management has increased even more. In this context, developers design user-friendly LMS. Although technical details are important, it is thought that distinguishing characteristics of students, such as demographic data and the department they study, may be decisive for the feeling of difficulty when using these systems.

This study aims to predict the difficulty students will experience when using LMS based on their characteristics. It has been stated that student perspective, instructor management

power, and LMS are important elements that should be added to the education process to implement knowledge management with fewer problems and increase quality [2]. It has been concluded that whether students interact while using LMS is related to the student's satisfaction in the on-air education process [3]. The fact that the study aims to predict the difficulty of education management systems necessitated determining the general boundaries of the study. While there are a variety of satisfaction scales that can be measured for LMS, this study focused on the feeling of difficulty experienced by the student rather than satisfaction and usability. It is thought that the feeling of difficulty of students who are satisfied with the education management system they use may change. Technical glitches, lack of digital literacy, internet problems, or lack of technological devices are important problems in distance education [4]. The study addresses students' feelings of difficulty with LMS during the distance education period. One of the limitations of this study is that the number of students taking online courses through distance education is less than the number of students taking only face-to-face courses. Usability research on LMS focuses on usability and satisfaction predictors. The originality of the study is that it examines LMS and live classrooms, the department, technological proficiency, and characteristics that may affect the feeling of strain.

II. MATERIALS AND METHODS

The study population was determined as university students studying in Istanbul. Data was collected through a survey administered to students during the 2022/2023 academic year. The students were asked to indicate their gender, age, how many people they live with at home, the device type they use when logging into the course, whether they need any materials during the course, the name of the learning management system, name of the virtual classroom, and the level of difficulty they experience in the learning management system. A prediction study was carried out with classification, which is a supervised learning method from machine learning methods. Machine learning algorithms were studied with the R Studio

program. Various algorithms with machine learning classification methods were tried with the obtained data.

III. RESULTS AND DISCUSSION

Data set classification was run with 5 different classification algorithms. According to the results obtained from the algorithms, the algorithm with the highest success rate was decided. While comparing the algorithms among themselves, it was discussed how the success rate varies. Algorithms produce different results depending on the type of data. It was studied with K Nearest Neighbour, Naive Bayes, Support Vector Machine, C5.0, and Random Forest algorithms. These algorithms were frequently chosen for classification algorithms in the data collected by survey. In this context, it was deemed appropriate to use these algorithms in the study. As a result of model selection and evaluation, it was concluded that the algorithm with the highest accuracy value was the C5.0 Algorithm with 0.86. High kappa and predictive values indicate the balanced distribution and reliability of the algorithm.

IV. CONCLUSIONS

Machine learning studies should become more widespread in the field of education. Many artificial intelligence-based research conducted in education plans to increase students' learning experience and digital materials in both face-to-face and distance education, organize the teaching process, and offer suggestions to make it better [4]. The unexpected pandemic and the transfer of education to digital environments have led universities to quickly choose an education management system. In this context, the selected education management systems may differ depending on whether they are paid or free. It has been observed that some state and foundation universities have developed their software infrastructures during the education and training process. It has been observed that the level of difficulty experienced by students when using any of these education management systems varies depending on individual characteristics. The importance of these attributes has been emphasized with machine learning algorithms. In this study, it was seen that students' opinions about LMS may vary depending on the individual characteristics of the student as

well as the technical deficiencies of the LMS. In this context, artificial intelligence supported LMS is needed. These customizable systems will be able to reduce the disadvantages of LMS to some extent. Within the scope of the research, instead of digital competence, the student department's relationship with technology was examined. The fact that It cannot be evaluated with digital competence is one of its limitations. On the other hand, another limitation is that it has no distribution with a large and homogeneous data group within the scope of accessible students.

In this study, it is demonstrated that students' views on learning management systems may vary depending on the individual characteristics of the student as well as the technical deficiencies of the learning management systems. In this context, artificial intelligence-supported learning management systems are needed. Access to students has been challenging in distance communication. One of the limitations of the study is that a very large data group cannot be accessed, and the population was selected with existing access opportunities. The study supports the need for customizable learning management systems in the future. It is thought that possible disadvantages that students may experience can be reduced with artificial intelligence-supported customizable systems.

REFERENCES

- [1] Çoban, S., 2016. "Üniversitelerde Öğretim Yönetim Sistemleri Yazılımları Kullanımına Yönelik Bir İnceleme". *Journal of Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri* vol. 6.
- [2] Markova, T., 2021. "Educators' and students' perceptions of online distance education before and amid COVID-19: Key concerns and challenges." *SHS Web of Conferences* 99, 01018. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219901018>
- [3] Kuo, Y. C., Walker, A. E., Belland, B. R., & Schroder, K. E. (2013). A predictive study of student satisfaction in online education programs. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 14(1), 16-39. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v14i1.1338>
- [4] Mirkholikova, D.K., 2020. "Advantages and disadvantages of distance learning. *Science and Education Today*", 7, 70-72.
- [5] Romero, C., Ventura, S., 2013. "Data mining in education", *Wiley Interdiscip Rev Data Min Knowl Discov* 3, 12-27. <https://doi.org/10.1002/widm.1075>

Unlocking the Potential of Virtual Reality in Education: Insights from Teachers and Recommendations for Integration

Serhat Orhak

Computer Education and Instructional Technology
Middle East Technical University, Türkiye
serhat.orhak@metu.edu.tr

Prof. Dr. Kürşat Çağiltay

Computer Engineering
Sabancı University, Türkiye
kursat.cagiltay@sabanciuniv.edu

Abstract— The integration of Virtual Reality (VR) technologies into education holds immense promise. Virtual Reality has the potential of providing an immersive and interactive learning experience, thus allowing students to engage with educational content in a more meaningful way. Besides, VR can transport students to places they might not otherwise afford or have the chance to visit (Park & Kim, 2022). Addition to that, thanks to visiting such places, it has the potential of making lessons more memorable and impactful. As it can be customized and developed for different purposes, VR can be integrated into almost all the school subjects. However, it is marked by its unique set of obstacles or challenges such as high prices of the devices, lack of software, limited usability, lack of competence of teachers etc. (¹Alalwan et al., 2020; ²Graeske & Sjöberg, 2021; ³Mantovani, 2003.) This study is mainly centered on the research interest of understanding how teachers apply VR technologies in their educational practices. The study delves into the experiences of teachers who participated in a survey. The survey was administered to 104 teachers from diverse educational backgrounds. It encompassed both agree/disagree statements and open-ended questions to have comprehensive data from the participants. The results were analyzed by using SPSS and MAXQDA software. Almost all the participants are of the opinion that integrating VR into education increases the students' learning and motivation. Teachers cited reasons for barriers for the adoption of VR as limited content availability, difficulties in content creation, lack of parental and managerial support and infrastructure constraints. The paid subscriptions of the appropriate software to create VR content was the most important factor of not using the VR in educational practices. Through their responses, the key findings that shed light on the integration, benefits, and challenges of VR technologies in education are provided in the current study.

1. WHY IS VR NECESSARY AT SCHOOLS?

All the research participants indicate that using VR in education is necessary without any doubt. Besides, 99% of all the participants acknowledge that using VR in education positively effects students' learning and motivation. They recognize VR as a means to embody abstract concepts, catch up with the requirements of the new era, and provide students with opportunities to apply their knowledge. It allows them to

exceed physical boundaries, visit distant places, and engage students in fun and immersive learning experiences. VR opens doors to explore items that are otherwise inaccessible and cultivates a deeper awareness of the world around us.

2. HOW DID TEACHERS USE VR IN EDUCATION?

Many of the research participants (n= 89) have integrated VR technologies into their teaching practices at least for a few times. 13% of the participants even stated that they use VR technologies in their classes on a regular basis. Moreover, 26% of the participants worked collaboratively with their colleagues to integrate VR in education. Teachers have harnessed the power of VR for diverse educational activities, including eTwinning projects, cultural visits, 3D city tours, museum exploration, and even watching experiments. VR has made learning enjoyable through games and fun activities, enabling students to grasp complex mathematical concepts in an engaging manner.

3. WHY DID NOT TEACHERS USE VR IN EDUCATION?

Despite its potential, the adoption of VR in education faces barriers. Teachers cited reasons such as limited content availability, difficulties in content creation, lack of parental and managerial support, infrastructure constraints, and challenges arising from external factors such as lockdowns as a result of natural disasters, and socio-economic disparities. The paid subscriptions of the appropriate software to create VR content was the most important factor (n=82) of not using the VR in educational practices. Additionally, the pandemic disrupted plans for VR integration as well.

4. WHY DO SOME TEACHERS THINK VR CAN'T BE USED IN CLASSROOMS?

Some teachers perceive VR as challenging to implement in overcrowded classrooms due to a lack of sufficient content and

the time-consuming nature of content production. Furthermore, most teachers disagree that they possess the necessary knowledge and skills to develop VR educational content and effectively integrate VR technologies into their educational practices. They express a desire for further training to enhance their capabilities in creating and integrating VR into their classrooms.

5. CONCLUSION

In conclusion, the findings from this study illuminate the dynamics of integrating VR into teaching practices among teachers. The survey responses from 95 participants provide valuable insights into the challenges and opportunities of VR integration in education. Future research and collaborative efforts can bridge these gaps, making VR an indispensable tool for teachers as they navigate the ever-evolving landscape of education in the digital age.

6. IMPLICATIONS

The suggestions obtained from teacher feedback are of great importance when it comes to the successful integration of Virtual Reality (VR) into teaching practices. By providing practical VR applications in the training content, the need for immersive and hands-on experiences to improve comprehension is acknowledged. Extending the training period emphasizes the significance of practical training to acquire the

necessary proficiency for effective VR utilization. The incorporation of diverse disciplines recognizes the versatility of VR across a range of subjects, making it a valuable tool for educators. The provision of training materials in Turkish makes them accessible and inclusive for a wider audience. Encouraging collaborative knowledge sharing among educators through peer learning opportunities highlights the value of teamwork. Finally, training outcomes can inform education policies to shape educational strategies based on real-world experiences. These recommendations aim to optimize the integration of VR into teaching practices, giving educators the skills and knowledge needed to effectively use technology in education and ultimately enhance the learning experience for students.

REFERENCES

- [1] Alalwan, N., Cheng, L., Al-Samirraie, H., Yousef, R., Ibrahim Alzahrani, A., & Sarsam, S. M. (2020). Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective. *Studies in Educational Evaluation*, 66, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100876>
- [2] Graeske, C., & Sjöberg, S. A. (2021). VR-Technology in Teaching: Opportunities and Challenges. *International Education Studies*, 14(8), 76–83.
- [3] Mantovani, F. (2001). VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3D Environments in Education and Training. In G. Riva & C. Galimberti (Eds.), *Towards CyberPsychology: Mind, Cognitions and Society in the Internet Age* (pp. 207–226). IOS Press.
- [4] Park, S. M., & Kim, Y.G. (2022). A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. *IEEE Access*.

User Interface Design For Fire Emergency Response

Leyla Muradkhanli

Process Automation Engineering Department, Baku Higher Oil School, Baku, Azerbaijan

leyla.muradkhanli@bhos.edu.az

Abstract— A fire emergency refers to a situation in which there is an uncontrolled fire that poses a threat to people, property, or the environment. Fire emergencies can occur in various settings, such as homes, businesses, industrial facilities, forests, and public spaces. These emergencies require immediate and appropriate action to ensure the safety of individuals and to minimize damage. Designing a fire emergency response application requires consideration of user experience, functionality, and reliability and includes user-friendly interface design, account setup, emergency alerts, evacuation plans, emergency contacts, fire safety information, first aid information, integration with emergency services, etc.

Keywords : Fire emergency response, human-computer interaction, user interface

I. INTRODUCTION

The goal of the user interface (UI) design for fire emergency response is to support the effective and efficient coordination of responders in high-stress situations.

Designing the UI for fire emergency response systems is critical, as it plays a pivotal role in helping first responders react quickly and effectively during life-threatening situations.

User-friendly interface design should have the following characteristics :

- Create an intuitive, user-friendly interface that is easy to navigate in high-stress situations.
- Prioritize simplicity and clarity in design, with easily recognizable icons and buttons.

A heuristic evaluation is a usability inspection method for computer software that helps to identify usability problems in the UI design. It specifically involves evaluators examining the interface and judging its compliance with recognized usability principles (the "heuristics").

Jakob Nielsen's heuristics are the most-used usability heuristics for user interface design. Nielsen developed ten general principles for user interface design that are still used today [1] :

1. Visibility of system status
2. Match between system and the real world
3. User control and freedom
4. Consistency and standards
5. Error prevention
6. Recognition rather than recall
7. Flexibility and efficiency of use
8. Aesthetic and minimalist design
9. Help users recognize, diagnose, and recover from errors
10. Help and documentation

II. USER INTERFACE DESIGN PRINCIPLES

The following principles and considerations should be taken into account for designing an efficient and user-friendly UI for fire emergency response:

- Clear and Intuitive Navigation
- Responsive Design
- Emergency Alerts and Notifications:
- Map Integration
- Geographic Information System Integration
- Communication Tools
- Resource Management
- Incident Tracking
- Situational Awareness
- User Training and Support
- Accessibility
- Testing and User Feedback
- Security and Redundancy
- Training and Onboarding
- Scalability

Designing a comprehensive fire emergency response system involves integrating various components and technologies to ensure an efficient and coordinated response to fire incidents [2].

The key elements to consider when designing such a system are:

- User interface and experience :
 - Create user-friendly interfaces for first responders and the public to access information and tools.
 - Prioritize clear and intuitive design for critical decision-making processes.
- User interface and training:
 - Create a user-friendly interface for first responders and emergency personnel.
 - Provide comprehensive training and support to ensure efficient system use.

A well-designed fire emergency response system integrates these components into a cohesive and efficient framework, enabling swift and coordinated responses to fire incidents while prioritizing safety and protection of life and property. Such systems are tailored to the specific needs and challenges of the region they serve and may incorporate cutting-edge technologies to enhance their effectiveness.

Fire emergency response systems are critical in safeguarding lives and property during fire incidents. They require careful planning, integration of technologies, and collaboration among various stakeholders to ensure their effectiveness in responding to fire emergencies.

III. THE FIVE PHASES OF EMERGENCY MANAGEMENT

There are 5 phases of emergency management :

- Prevention
- Mitigation
- Preparedness
- Response
- Recovery

Prevention focuses on preventing hazards from occurring, whether they are natural, technological or caused by humans.

Mitigation is the effort to reduce loss of life and property by lessening the impact of disasters and emergencies.

Preparedness measures include developing mutual aid agreements and memorandums of understanding, training for both response personnel and concerned citizens, conducting disaster exercises to reinforce training and test capabilities, and presenting all-hazards education campaigns.

Response actions may include activating the emergency operations center, evacuating threatened populations, opening shelters and providing mass care, emergency rescue and medical care, fire fighting, and urban search and rescue.

5 phases of emergency management [3] shown in Fig. 1.



Fig. 1. 5 phases of emergency management

The first priority in emergency response is life safety. The second priority is the stabilization of the incident. There are many actions that can be taken to stabilize an incident and minimize potential damage.

IV. CONCLUSIONS

Fire emergency response system design based on mobile application offer several advantages in providing timely and efficient emergency response services. The key benefits are immediate access to emergency services, location tracking, quick communication, real-time alerts and notifications, disaster preparedness, community engagement, remote assistance, etc.

REFERENCES

- [1] Nielsen, J. (1994). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- [2] J Prasanna, Raj & Yang, Lili & King, Mlcolm. (2009). Situation awareness oriented user interface design for fire emergency response. Journal of Emergency Management. 7. 65-74.
- [3] L.G. Muradkhanli “Intelligent Emergency and Disaster Management System”, Fundamental Problems of Mathematics and the Application of Intelligent Technologies in Education, II Republic Scientific Conference, Sumgait State University, 2022, pp.179-183.

Exploring the Ethics of Emotion Computing in K-12 Education: Understanding Adolescents' Interaction with Generative AI

Mustafa Coşkun¹, Ayşe Gül Kara Aydemir²,

¹Political Science, University of Zurich, Department of Political Science University of Zurich Affolternstrasse 56 CH-8050 Zurich
mustafa.coskun@ipz.uzh.ch, aysegulkara@akdeniz.edu.tr

²Educational Sciences, Akdeniz University, Akdeniz University Faculty of Education 514/3 Campus, Antalya, Turkey

²aysegulkara@akdeniz.edu.tr

Abstract- We are currently witnessing one of the most important technological developments with the advent of generative AI. The increasing prevalence of high-resolution cameras, high-speed internet and machine learning capabilities, especially deep learning, are enabling the emergence of emotion (affective) computing. Advancements in emotional computing has been expected to have a significant impact on education. Many people presume digital technology less problematic element of contemporary education. While they offer great opportunities, they can also lead to inherent problems. In the rapidly evolving landscape of education, the incorporation of emotion computing has provided many affordances, especially in K-12 education, but also raised ethical issues. In this study we attempt to explore interaction of adolescents with AI systems and draw attention to ethical issues of emotion computing in K-12.

Young generation, often called “digital natives” effortlessly interacts with generative AI systems. They were born in a world where technology becomes invisible, have grown up where AI technologies are ubiquitous, and becoming like an old friend with these virtual companions. However, this familiarity does not exist without its complexities. Young generation seeks a deeper level of interaction and connection with those technologies, expecting them to recognize and adapt themselves to their emotions, much like a “trusted” old friend. Conducting an adapting modifying and empathizing affective responders is a more achievable goal than the demanding task of maintaining consistent responses. Interestingly, despite their comfort with AI, this generation maintains a clear distinction between AI and human beings. They perceive AI as a machine, not a natural entity, and are aware of the limitations and boundaries in their interactions with AI. This awareness fosters a unique relationship between humans and computers, allowing them to balance their desire for human-like emotional engagement. These insights can be applied to the design of new AI-supported education systems. Understanding this behavior of young generation and meeting their expectations from generative AI could transform the interplay between education and technology. In accordance with this argument, educational technology researchers and practitioners, policymakers, and other stakeholders need to pursue meaningful and responsible ways to integrate emotion computing into K-12 education. This mutually beneficial relationship could lead to various useful implementations; such as enhancing skill development of individuals with autism or embedding assessment. Considering the familiarity and ease of communication with machines, teaching and learning environment design for this generation should be aligned with a strong emphasis on ethical considerations. If the curriculum can harmoniously incorporate these aspects, generative AI has the potential to enhance not only academic growth but also emotional intelligence in this generation. Ethics play a critical role in the interaction between this generation and AI. Privacy, data security, emotional manipulation, autonomy, fairness, and bias are key concerns.

The long-term psychological and societal effects, along with cultural issues, need to be addressed, since this generation desires AI to adapt itself to their emotional state. To realize this issue, AI need to collect data and then decides the emotion of the user based on its trained model. First, the data privacy and security are very crucial for this progress since the collected data is about emotional state of users. This data can consist of gestures of users (image processing), voice levels (audio processing) and writings (text analysis), thus there would be some private data of users which should be considered sensitive. Therefore, to ensure data privacy and security, the collection and use of emotional data must be handled with the highest level of care. Second, the emotional manipulation desired from the AI should be trained and served very carefully in order to avoid rudeness or emotional disruption, particularly for teenagers. Lastly, generative AI technologies are criticized due to data accuracy and accountability. Generative AI technologies need to be held accountable for data accuracy and the ethical behavior of AI responses to avoid bias in emotional responses. In other words, our AI responses should not have bias in their drive emotional responses.

To conclude, integrating emotions to computing for generative AI systems in their relationships with new generation would be an opportunity for new education system. To stand in opposition to this technological transformation is akin to resisting the revolutionary impact of the printing press. Instead of prohibiting the generative AI completely in education as an old-fashioned way, we should use it in an ethical and responsible way by teaching new generations how and why to use it. Also, we should add emotional and affective abilities to AI in order to interact with users to avoid a toxic robot speech. Then this perspective of education design progress would result in “A Powerful AI Supportive Education System”. To ensure responsible use of emotion computing in K-12 educational settings, school administrators and both pre-service and in-service teachers must receive relevant education and training. It is essential for teachers to possess the necessary knowledge and literacy for the successful integration of emotion computing practices and tools into their pedagogical approach. A coordinated effort is necessary at the national level to create detailed policies that tackle the ethical, privacy, and educational consequences of emotion computing implementation in K-12 environments.

Exploring Educational Technologists’ Usability Heuristics on a Mobile Assistive Technology Hub

Dr. Sezin Eşfer Bahcesehir University
Dr. Paul Whittington Bournemouth University
Dr. Seda Gökçe Turan Bahcesehir University
Prof. Dr. Hüseyin Doğan Bournemouth University
Assoc. Prof. Dr. Seda Saraç Bahcesehir University
Prof. Dr. Kerem Rizvanoğlu Galatasaray University

Abstract- Assistive Technology (AT) covers mobility devices (e.g.: wheelchairs), communication devices (e.g.: speech recognition), sensory aids (e.g.: vibrating alarm), computer access tools (screen readers, alternative keyboards, etc.), daily living aids (e.g: doorbells with flashing light alerts) and specific educational tools (e.g: mobile apps). According to the World Health Organization (2023), more than 2.5 billion people need AT which has been playing a crucial role in living healthy, productively, and independently (Dawson et al., 2019; Aslan, 2018; Lansley et al., 2004) via promoting inclusion and participation in education and work. Specifically, when AT-related educational tools are appropriately integrated into training, they may have a positively significant impact on learners' academic achievements, motivation, study, and social skills (Aslan, 2018; Bozkurt, 2017). So, like teachers who identify, implement, and evaluate the instructional effectiveness of these tools (Ahmed, 2018), educational technologists (ET) can also apply usability principles and standards to design and develop inclusive educational materials and designers can improve the quality of AT. Not only that, but the World Wide Web Consortium also (2023) claims that practitioners and researchers can incorporate usability techniques to improve ‘usable accessibility’ to make their designs work better for more people in more situations. With respect to this matter, this study aims to evaluate ET Usability Heuristics on the usability of Eduability, an AT Hub that stands for increasing awareness of AT, promoting inclusivity in schools, and providing support to use appropriate AT. It is a mobile application providing updated, valid, and comprehensive information under 3 main categories: 1. AT recommendations to learners with reduced physical or cognitive abilities, 2. training for instructors, and 3. continuous support staff in mainstream and special educational needs schools. That’s why we explore the contribution of 5 ET experts (who have at least 5 years' experience) heuristics on this application and select explanatory case study to explain the presumed causal links in real-life interventions which are too complex for experimental strategies, as Yin (2003) declared. The findings and suggestions will be discussed.

Keywords: Assistive Technology, Usability Heuristics, Educational Technologist, explanatory case study, Human Computer Interaction

References

- Ahmed, A. (2018). Perceptions of using assistive technology for students with disabilities in the classroom. *International Journal of Special Education*, 33(1), 129-139.
- Aslan, C. E. M. (2018). Özel Eğitim Öğretmenlerinin Yardımcı Teknolojilere Yönelik Tutumları. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 8(1), 102-120.
- Bozkurt, S. S. (2017). Özel eğitimde dijital destek: Yardımcı teknolojiler. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 37-60.
- Dawson, K., Antonenko, P., Lane, H., & Zhu, J. (2019). Assistive technologies to support students with dyslexia. *Teaching exceptional children*, 51(3), 226-239.
- Lansley, P., McCreddie, C., & Tinker, A. (2004). Can adapting the homes of older people and providing assistive technology pay its way?. *Age and ageing*, 33(6), 571–576.
- Yin, R. K. (2003). Designing case studies. *Qualitative research methods*, 5(14), 359-386.
- World Health Organization (WHO). (2023, September 18). Assistive technology. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>
- World Wide Web Consortium (W3C). (2023, September 19). Accessibility, Usability, and Inclusion. W3C Web Accessibility Initiative. Retrieved from <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-usability-inclusion/>

Müze Sanal Turu Sürecinde Görev Tipinin Bilişsel Yük ve Hatırlama Üzerindeki Etkisi

Türkan Karakuş Yılmaz^{*1}, Zafer Yılmaz^{#2}, Ömer Arpacık^{#3}

^{1,3}Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

^{*1}turkan.karakus@gmail.com, ³omerarpacik@gmail.com

²Felsefe Eğitimi Bölümü, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

²zyilmaz@atauni.edu.tr

Özet- Görev zorluğu, zaman kısıtlılığı ve öğrenme materyaline özgü bazı unsurlar bilişsel yük ve hatırlama düzeylerini etkilemektedir. Bu çalışmada bir müzenin sanal turu sırasında verilen görevlerin tipine göre görev tamamlama sürecinin oluşturduğu bilişsel yük ve görevler tamamlandıktan sonra müze ile ilgili hatırlama düzeyleri karşılaştırılmıştır. Çalışma iki farklı uygulamayı içeren yarı deneysel bir çalışmadır. İki uygulamada farklı müzelerin sanal turları ele alınmıştır. İlk müze turunda bireysel ve rehberlikli görev tipi kullanılırken, ikinci müze turunda açık uçlu ve kapalı uçlu görev tipleri kullanılmıştır. Öğrenciler sanal turu keşfederken, araştırmacıların geliştirdiği oyunlaştırılmış, görev tabanlı bir mobil uygulamayı kullanmış, mobil uygulamada adım adım verilen görevleri yerine getirmişlerdir. İlk çalışmaya toplam 96 eğitim fakültesi ilk yıl öğrencisi katılırken, ikinci uygulamaya 75 öğrenci katılmıştır. İlk çalışmada bireysel gruptaki (n=50) öğrenciler mobil cihaz vasıtasıyla adım adım verilen, sınırlı süreli görevleri tamamen bireysel biçimde, her görevin sonunda geribildirim alacak şekilde tamamlamışlardır. Rehberlikli grupta (n=46) ise, görevler öğrencilere rehber tarafından adım adım gönderilmiştir. Görevi bitiren öğrencilerin, rehberin yeni görevi göndermesini beklemeleri gerekmiştir. Rehber ise için grubun büyük kısmının görevi tamamlamasından sonra bir sonraki yeni görevi göndermiştir. Burada bireysel olarak görevleri yapan öğrenciler kendi hızlarında görevleri tamamlamış, ancak görevleri daha hızlı biçimde tamamlamak için ekranda verilen bilgileri göz ardı etmişlerdir. Öte yandan rehberlikli grup görevleri ve ipuçlarını okumak için daha fazla zaman kullanabilmişlerdir. İlk uygulamada bireysel olarak görevleri yapan öğrencilerin rehberlikli gruba göre daha yüksek bilişsel yük ve hatırlama düzeyine sahip olduğu görülmüştür.

İkinci uygulamada açık uçlu görev grubunda (n=37) görevler resim, video çekme, metin yazma şeklinde ekrandan geribildirim verilmeyen cevaplar gerektirirken, kapalı uçlu görev grubunda (n=38) öğrencilerin yaptıkları her görev için anında geribildirim verilmiştir. İkinci uygulamada kapalı uçlu görevleri yapan öğrencilerin bilişsel yükleri açık uçlu görevleri yapan öğrencilere göre anlamlı ölçüde yüksek iken hatırlama düzeyleri arasında fark görülmemiştir. Sonuçlar görev tipinin bilişsel yüke etki edebileceğine işaret ederken, sanal ortamlar için görev tasarımı konusunda da ipuçları vermektedir.

Anahtar kelimeler— sanal tur, sanal müze, öğrenme deneyimi, bilişsel yük, görev tipi, hatırlama

Bilgi notu: Bu çalışma 220K078 No.lu Tübitak projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Yapay Zekanın Turizmi Kolaylaştırılması: Kültür Turizmi

Nesrin M. Bahceleri^{a,*}, Fahriye Altınay^b, Zehra Altınay^c, Mehmet Altınay^d, Gökmen Dağlı^e

^a Faculty of Tourism, Near East University, Nicosia 99010, Cyprus

^{b,c} Institute of Graduate Studies, Societal Research and Development Center, Faculty of Education, Near East University, Nicosia 99010, Cyprus

^d Business Faculty, University of Kyrenia, Kyrenia, 99010, Cyprus

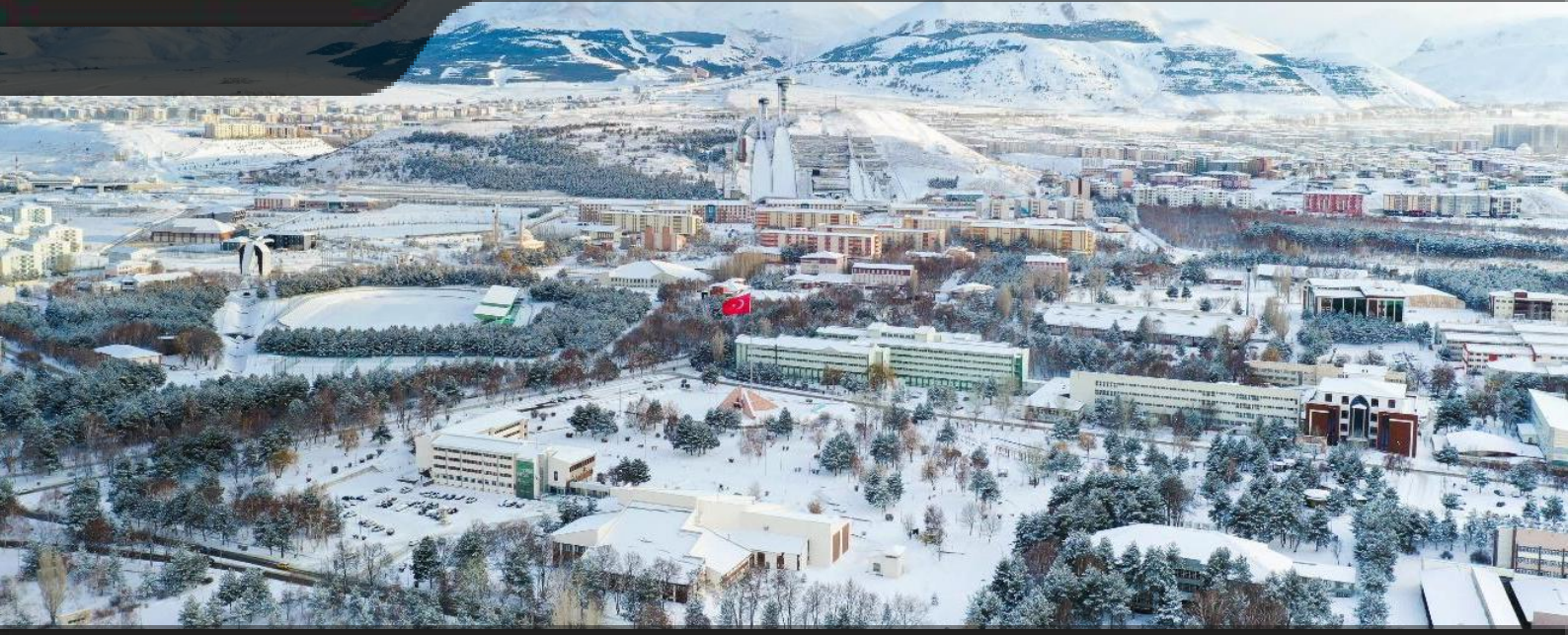
^e Education Faculty, University of Kyrenia, Kyrenia, 99010, Cyprus

Özet- Turizm işletmelerinin hem müşteri beklentilerini karşılamak hem de sektördeki yeniliklere uyum sağlamak ve rekabet edebilmek için yapay zeka uygulamalarına yatırım yapması önem arz etmektedir. Yapay zeka teknolojisi modern turizmin gelişmesi için önemli bir araç haline gelmiştir. Yapay zeka sayesinde turizm endüstrisi dünyanın her yerinden insanlara ulaşma fırsatını sunmaktadır. Bir çok turizm işletmeleri hizmet verdikleri alanlarda yapay zeka uygulamalarını işletmelerine entegre etmişlerdir. Yapılan çalışmalar turizm işletmelerinin gelecek zamanda yapay zeka uygulamalarını daha fazla kullanacağını ortaya koymaktadır. Teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte konaklama işletmelerinde, yiyecek ve içecek, ulaşım ve tüm turizm işletmelerinde hatta müzelerde yapay zeka uygulamaları kullanılmaktadır. Yakın gelecekte yapay zekanın turizm sektörünün tüm alanlarına entegre edileceği öngörülmektedir. Araştırmalar yapay zekanın hem işletmelere hem de turistlere fayda sağladığını ortaya koymaktadır. Turizm işletmelerinde yapay zekanın kullanılmasının pek çok nedeni olabilmektedir. Bunlardan biri yapay zeka sistemleri işletmeler için rekabet avantajı elde etmeyi sağlaması ve müşteri memnuniyetini artırırken kar etmeyi de sağlamasıdır. Turistler açısından da işletmeler tarafından yapay zeka uygulamalarının kullanılması bir çok avantaj ortaya koymaktadır. Seyahat öncesinde yapılan araştırma ve ardından yapılan rezervasyon işlemlerini kolaylıkla çevrimiçi platformlar üzerinden 7/24 ve mekan sınırlaması olmadan yapabilmektedir. Bu da seyahat edecek kişilerin zaman tasarrufu yapmasını sağlamakta bunun yanısıra memnuniyet düzeylerini arttırmaktadır. Turizm endüstrisinde kullanılan yapay zeka uygulamaları turizm ürünlerinin çeşitlenmesine de fırsat sunmaktadır. Turizm destinasyonun yönetimi, tanınırlığı ve hedef pazara erişim kullanılan yapay zeka uygulamaları ile daha etkili olmaktadır. Gelişmeler turizmi ve kültür turizmini değiştirmektedir. Yapılan çalışmalar turizm talebinin değiştiğini bireylerin daha çok keşfetme, macera, eğlence ve öğrenme, yerel ve özgün olanı deneyimleme arzusu yönünde olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla kültürü ve yerel halk özellikle turistik faaliyetlerde önemli role sahiptir. Teknolojinin kültürel organizasyonların gelişimini, yenilenmesini ve rekabet edebilirliğini desteklemede önemli bir rol oynadığını ileri sürmektedir. Günümüzde müzeler ve miras alanları, ziyaretçi memnuniyetini artırmak ziyaretçi deneyimini geliştirmek ve birlikte değer yaratmayı teşvik etmektedir. Teknolojiye dayalı kültür ve turizm bağlamlarında tüketiciler, deneyimi kişiselleştirme ve birlikte üretme konusunda daha aktif bir rol üstlenebilirler.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, turizm, kültür turizmi



IECHCI2023
iechci.info



INTERNATIONAL EASTERN CONFERENCE ON **HUMAN-COMPUTER INTERACTION**



Sabancı
Üniversitesi



23-25 November 2023, Erzurum, Türkiye



IECHCI2023
iechci.info

INTERNATIONAL EASTERN CONFERENCE ON
HUMAN-COMPUTER
INTERACTION

IECHCI2023 Conference will be held in a Hybrid mode
23-25 November 2023, Erzurum, TÜRKİYE

ORGANIZERS



Sabancı
Üniversitesi



OPENING PROGRAM

23 November 2023 (Faculty of Engineering Conference Hall)

Descriptions	Hour GMT+3	Events
ZOOM addresses will be announced on the website.	09:00-09:30	Registration
	09:30-09:35	Greeting the participants of the opening ceremony and playing the National Anthem of the Republic of Turkey
	09:35-09:50	Speech by rector or vice-rector
	09:50-09:55	Speech by Prof. Dr. Yüksel Göktaş
	09:55-10:00	Speech by Prof. Dr. Kürşat Çağıltay
	10:00-10:05	Speech by Senior Lect. Shamil Humbatov
	10:05-10:15	Speech by Prof. Dr. Abbasov Ali Mahammad (Online)
	10:15-11:15	Panel – Face to Face Group 1 (EN) <i>Session Chair: Prof. Dr. Sevinç Gülseçen</i>
	11:15-11:25	Tea-coffee break
	11:25-12:25	Panel – Face to Face Group 2 (EN) <i>Session Chair: Prof. Dr. Kürşat Çağıltay</i>
	12:25-13:45	Lunch
	13:45-14:30	Keynote 1 - Assoc. Prof. Dr. Yavuz Inal
	14:30-14:40	Tea-coffee break
	14:40-16:20	Panel – Face to Face Group 3 (TR) <i>Session Chair: Dr. Serap Yağmur</i>
	16:20-16:30	Tea-coffee break
16:30-17:15	Keynote 2 - Assoc. Prof. Dr. Çağlar Yıldırım	

24 November 2023

ZOOM addresses will be announced on the website.	09:00-10:20	Presentations – Online Group 1,2,3 (Parallel Session 1)
	10:20-10:30	Tea-coffee break
	10:30-11:50	Presentations – Online Group 4,5,6 (Parallel Session 2)
	11:50-12:00	Tea-coffee break
	12:00-12:30	Keynote 3 - Marcin Kasica
	12:30-13:30	Lunch
	13:30-14:15	Keynote 4 - Prof. Dr. Arzu Çöltekin
	14:15-14:25	Tea-coffee break
	14:25-15:55	Presentations – Online Group 7,8,9 (Parallel Session 3)
	15:55-16:00	Tea-coffee break
	16:00-16:45	Keynote 5 - Assoc. Prof. Dr. Colin M. Gray

25 November 2023

	10:00-13:00	Social Activity
--	-------------	-----------------

*Time zone in Erzurum/Türkiye is GMT+3

PLENARY SESSIONS

#			
1		<p>Assoc. Prof. Yavuz Inal</p> <p><i>Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway</i></p> <p>Title: Web for everyone: It was a dream, it remained a dream!</p>	<p>23 November 13:45-14:30</p>
2		<p>Assoc. Prof. Çağlar Yıldırım</p> <p><i>Northeastern University and Massachusetts Institute of Technology, Boston USA</i></p> <p>Title: From Immersion to Inclusion: The New Frontier of Accessible Human-VR Interaction</p>	<p>23 November 16:30-17:15</p>
3		<p>Marcin Kasica</p> <p><i>Director of Global Education and Training, Customer Success Department for EMEA at EON Reality</i></p> <p><i>Founder and owner of AVR EDU consulting.</i></p> <p>Title: The Future of Learning: AI-Enhanced Human-Computer Interactions</p>	<p>24 November 12:00-12:30</p>
4		<p>Prof. Dr. Arzu Çöltekin</p> <p><i>FHNW Institute for Interactive Technologies, Switzerland</i></p> <p>Title: Eye movements, visual-spatial cognition and display complexity: Implications for human-computer interaction</p>	<p>24 November 13:30-14:15</p>
5		<p>Assoc. Prof. Dr. Colin M. Gray</p> <p><i>Luddy School of Informatics, Computing, and Engineering at Indiana University Bloomington, USA</i></p> <p>Title: Developing and Sustaining Competence in HCI Education</p>	<p>24 November 16:00-16:45</p>

FACE-TO-FACE GROUP 1 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Erzurum Atatürk University	Faculty of Engineering Conference Hall	23-11-2023	GMT+3 10:15-11:15	Prof. Dr. Sevinç Gülseçen

#	Paper Title
1	<i>Serhat Orhak, Kürşat Çağıltay</i> Unlocking the Potential of Virtual Reality in Education: Insights from Teachers and Recommendations for Integration
2	<i>Javanshir Mammadov, Ganima Ghuseynova, Tarana Safarova, Sabina Aliyeva</i> Analysis and modelling automated product quality control for machine-building industries
3	<i>Shamil Humbatov</i> Enhancing Immersive 3D Experiences: The Role of Eye Tracking in Achieving Intuitiveness and Seamless Interaction

FACE-TO-FACE GROUP 2 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Erzurum Atatürk University	Faculty of Engineering Conference Hall	23-11-2023	GMT+3 11:25-12:25	Prof. Dr. Kürşat Çağıltay

#	Paper Title
1	<i>Zeyneb Uylaş Aksu, Sevinç Gülseçen</i> Prediction of University Students' Difficulty Level for Learning Management System (LMS) Using Machine Learning Techniques
2	<i>Eylem Kılıç</i> Review of Social Collaborative Tool used in The Open Society University Network
3	<i>Tarana Aliyeva, Kursat Cagiltay, Nergiz Ercil Cagiltay</i> Analysis of the interaction of social networks and modern society: in case of Azerbaijan

FACE-TO-FACE GROUP 3 (TR)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Erzurum Atatürk University	Faculty of Engineering Conference Hall	23-11-2023	GMT+3 14:40-16:20	Dr. Serap Yağmur

#	Paper Title
1	<i>Asiye Bilgili, Sevinç Gülseçen</i> 1986'dan Günümüze Kullanılabilirlik Testlerinin Bibliyometrik Analizi
2	<i>Türkan Karakuş Yılmaz, Zafer Yılmaz, Ömer Arpacık</i> Müze sanal turu sürecinde görev tipinin bilişsel yük ve hatırlama üzerindeki etkisi
3	<i>Abdulkerim Aydın, Yüksel Göktaş</i> Hareket Temelli İşlemler Konusunda Yayınlanan Makalelerin Bibliyometrik Analizi
4	<i>Emirhan Gülen, Yüksel Göktaş</i> Öğrencilerin Canlı Çevrimiçi Derslerdeki Dikkat ve Duygu Değişimlerinin Görüntü İşleme Teknolojisiyle İncelenmesi
5	<i>Aslıhan Kılıç, Yüksel Göktaş</i> Kullanıcı Deneyiminin Yeşil Yazılım Mühendisliğine Etkisinin Araştırılması Üzerine Deneysel Bir Çalışma

ONLINE GROUP 1 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 1	24-11-2023	GMT+3 09:00-10:20	Asst. Prof. Arif Cem Topuz

#	Paper Title
1	<i>Elnatan Tesfa, Matthew Hawkins, Abdelilah Chaib, Aymane Sghier, Tauheed Khan Mohd</i> The Efficacy of Utilizing Kinect Studio for Academic Purposes in Human Anatomy Research
2	<i>Anubhav Rayamajhi, Johnny Breeden, Jack Kiefer, Joon Lee, Tauheed Khan Mohd</i> Enhancing Augmented Reality Precision with Leap Motion Technology
3	<i>Bilgehan Çağıltay, Berfin Sürücü, Kaan Atmaca, Nida Kayaduman, Kürşat Çağıltay</i> Typing in the Matrix: An Augmented Reality vs. Physical Keyboard Showdown
4	<i>Nuray Gedik, Nilgün Özdamar</i> A Preliminary Study on Student and Faculty Perspectives on Climate Crisis and AI in Higher Education

ONLINE GROUP 2 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 2	24-11-2023	GMT+3 09:00-10:20	Dr. Serap Yağmur

#	Paper Title
1	<i>Asmir Butkovic, Gavin McArdle, Michela Bertolotto</i> A framework to measure user experience of geoportals
2	<i>Görkem Muyan, Alpay Karagöz, Kürşat Çağıltay</i> Examining Patterns in Puzzle and Trivia Type of Hyper-Casual Games: An Eye Tracking Study
3	<i>Tauheed Khan Mohd, Motti Kelbessa, Luke Heinrichs, Ryan Freas</i> A Study of Supervised Clustering Methods for Optical Mouse Trajectory Data from Tap Strap 2

ONLINE GROUP 3 (TR)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 3	24-11-2023	GMT+3 09:00-10:20	Assoc. Prof. Dr. Pinar Onay Durdu

#	Paper Title
1	<i>Samet Tekneci, Özlem Baydaş Önlü</i> CoSpaces ile Programlama Öğretiminde Kodlama Becerilerini Yordayan Değişkenlerin İncelenmesi
2	<i>Serhat Çoban, Mustafa Ergun</i> Fen Bilimleri Eğitiminde Göz İzleme Tekniğinin Kullanıldığı Çalışmaların İncelenmesi
3	<i>Zeynel Yıldıoğan, Özlem Baydaş Önlü, Mehmet Hasançebi</i> Yeni Nesil Sorulara Yönelik Etkileşimli 3D Fen Modelleme Materyalin Kullanılabilirliği
4	<i>Svetlana Ahmadova</i> İnsan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsinin psixoloji xüsusiyyətləri

ONLINE GROUP 4 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 1	24-11-2023	GMT+3 10:30-11:50	Prof. Dr. Nergiz Ercil Çağıltay

#	Paper Title
1	<i>Adham Arik Rahman, Sidratul Muntaha, Ramisa Maliat, Syem Aziz, Hasan Mahmud, Kamrul Hasan</i> Exploring the Impact of Increased Online Multiplayer Gaming on Children and Adolescents: Entertainment or Potential Risks?
2	<i>Sezin Eşfer, Paul Whittington, Seda Gökçe Turan, Hüseyin Doğan, Seda Saraç, Kerem Rizvanoğlu</i> Exploring Educational Technologists' Usability Heuristics on a Mobile Assistive Technology Hub
3	<i>Muhammad Hariz Bin Hasnan, Fariza Hanis Abdul Razak</i> User Experience Evaluation in Metaverse for People with Visual Impairment: Data Gathering
4	<i>Ayşe Merzifonluođlu</i> Mentor or Boss: The AI Effect on Decision-Making

ONLINE GROUP 5 (TR)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 2	24-11-2023	GMT+3 10:30-11:50	Asst. Prof. Levent Kutlutürk

#	Paper Title
1	<i>Nida Esen, Öykü Su Başaran, Kemal Fidanboyulu</i> Derin Öğrenme Yöntemi ile Görüntü Temelli Elektrik Teli Tespit ve Uyarı Sistemi
2	<i>Nesrin M. Bahçelerli, Fahriye Altınay, Zehra Altınay, Mehmet Altınay, Gökmen Dağlı</i> Yapay Zekanın Turizmi Kolaylaştırılması: Kültür Turizmi
3	<i>Elif Bilge Şahin, Pınar Onay Durdu</i> EEG tabanlı duyu tanıma için DREAMER veri kümesinin analizi
4	<i>Neslihan Erdem, Behiç Alp Aytekin</i> Görsel İletişim Tasarımı Eğitimi Alan Öğrencilerin Görsel Algı Becerisi ve Etkileşim Deneyimlerinin Nasıl Değiştiğine Dair Olguların Psikofizyolojik Olarak Ele Alınması: Hangi Göz İzleme ve Elektrodermal Aktivite Metrikleri Kullanılmalı?

ONLINE GROUP 6 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 3	24-11-2023	GMT+3 10:30-11:50	Lect. Asmir Butkovic

#	Paper Title
1	<i>Leyla Zeynalli-Huseynzade</i> A Comparative Analysis of QoS, GoS, and QoE Metrics in Network Performance Evaluation
2	<i>Leyla Muradkhanli</i> User Interface Design For Fire Emergency Response
3	<i>Kamala Oghuz</i> Modeling of the system for diagnosing asymmetry of the electromyographic signals using the correlation analysis method in the LabVIEW environment

ONLINE GROUP 7 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 1	24-11-2023	GMT+3 14:25-15:55	Assoc. Prof. Dr. Nuray Gedik

#	Paper Title
1	<i>Gökçen Tonbul, Damla Topallı, Nergiz Ercil Çağıltay</i> A Feature Engineering Approach Based on the Data Gathered from a VR Environment Using Haptic Interface to Increase the Applicability of ML Methods
2	<i>Gulsah Atas, Damla Topallı, Nergiz Ercil Çağıltay</i> Enhancing Education Through Virtual Reality: A Focus on User Experience
3	<i>Cem Kaya, Baha Mert Ersoy, Murat Karaca</i> MagniVR: Design & Analysis of Low Vision Accessibility Tool For Virtual Reality
4	<i>Burak Kızılkaya, Mehmet A. Kılıçaslan, Saliha Zerdali Ekici, Aykut Gönder, Bilge K. Pamuk, Damla Topallı, Fulya Basmacı, Nergiz E. Çağıltay</i> A Temporomandibular joint course with Metaverse Experience

ONLINE GROUP 8 (EN)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 2	24-11-2023	GMT+3 14:25-15:55	Asst. Prof. Sezin Eşfer

#	Paper Title
1	<i>Seda Sahin, Mehmet Emin Aslan</i> Development of Novel Energy Production System in Sports
2	<i>Erdoğan Okulmuş, Arif Cem Topuz</i> Examining the Impact of a Mobile Augmented Reality-based Robotic Learning Application on K12 Students' Academic Achievement
3	<i>Seda Sahin, Ömer Gül, Gamze Çetin</i> A New Mobile-based Beauty Appointment Management Application System
4	<i>Mustafa Coşkun, Ayşe Gül Kara Aydemir</i> Exploring the Ethics of Emotion Computing in K-12 Education: Understanding Adolescents' Interaction with Generative AI

ONLINE GROUP 9 (TR)

Place	Room	Date	Hour	Moderator
Zoom Meeting	Room 3	24-11-2023	GMT+3 14:25-15:55	Assoc. Prof. Dr.İlknur Reisoğlu

#	Paper Title
1	<i>Hüseyin Fırat</i> Çok Sınıflı Cilt Lezyonlarının Sınıflandırılması için InceptionV3 ve EfficientNetB0 Modellerini Birleştiren Sınıflandırma Yöntemi
2	<i>Hüseyin Üzen</i> Histopatolojik Görüntülerin Sınıflandırılması için ESA Tabanlı Yeni Bir Hibrit Ağ Mimarisi
3	<i>Levent Kutlutürk</i> Kullanılabilirlik ve Erişilebilirlik Bağlamında Akademide Ableizm Üzerine Bir İnceleme

SOCIAL ACTIVITY

Date	Hour	Events
25.11.2023	10:00-13:00	City Tour



iechci.info

