

Transferring Data from Glucometer to Mobile Device Via Bluetooth with Arduino Technology

Tolga Hayıt^{1*}, Uçman Ergün²

¹Bozok University, Boğazlıyan Vocational High School, Department of Computer Technology, Yozgat/ Turkey

²Afyon Kocatepe University, Engineering Faculty, Department of Biomedical Engineering, Afyonkarahisar, Turkey

Abstract: Being healthy is undoubtedly an indispensable necessity for human life. With technological improvements, in the literature, various health monitoring and imaging systems have been developed to satisfy your health needs. In this context, the work of monitoring and recording the data of individual health monitoring data via wireless technology is also being part of these studies. Nowadays, mobile devices which are located in almost every house and which become indispensable of our life and have wireless technology infrastructure have an important place of making follow-up health everywhere and every time because these devices were using in the health monitoring systems. In this study, Arduino an open-source microcontroller card was used in which a sample glucose measuring device was connected in series. In this way, the glucose data (glucose ratio, time) obtained with the glucometer is transferred to the mobile device based on the Android operating system with the Bluetooth technology channel. A mobile application was developed using the Apache Cordova framework for listing data, presenting graphically and reading data over Arduino. Apache Cordova, HTML, Javascript and CSS are used in coding section. The data received from the glucometer is stored in the local database of the mobile device. It is intended that people can transfer their measurements to their mobile device by using wireless technology and access the graphical representations of their data. In this context, the aim of the study is to be able to perform health monitoring by using different wireless technologies in mobile devices that can respond to different wireless technologies at present. Thus, that will contribute the other works done in this area.

Keywords: Mobile health monitoring, bluetooth, arduino, glucose measurement

Glikoz Ölçüm Cihazından Alınan Verilerin Arduino Teknolojisi Kullanılarak Bluetooth Üzerinden Mobil Cihaza Aktarılması

Özet: Sağlık ihtiyacı, şüphesiz insan hayatı için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Teknolojik gelişmelerle birlikte sağlık ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olarak literatürde çeşitli sağlık izleme ve görüntüleme sistemleri geliştirilmiştir. Bu bağlamda; bireylerin sağlık izleme verilerinin kablosuz teknoloji üzerinden takibinin yapılmasına ve verilerin depolanması bahsi geçen çalışmaların bir ayağını oluşturmaktadır. Günümüzde hemen her evde bulunan, hayatımızın artık vazgeçilmezi haline gelen ve kablosuz teknoloji altyapısına sahip mobil cihazların sağlık izleme alanında kullanılması; her zaman ve her yerden sağlık takibinin yapılması bağlamında önemli bir yere sahip olmaktadır. Bu çalışmada örnek bir şeker ölçüm cihazının seri bağlı olduğu açık kaynak kodlu bir mikrodenetleyici kartı olan Arduino kullanılarak; şeker ölçüm cihazı ile elde edilen şeker verilerinin (şeker oranı, zaman) bluetooth teknolojisi kanalıyla Android işletim sistemi tabanlı mobil cihaza aktarılması sağlanmıştır. Verilerin listelenmesi, grafiksel gösterimi ve Arduino üzerinden okunması için Apache Cordova çatısı kullanılarak bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Kodlama kısmında Apache Cordova, HTML, Javascript ve CSS kullanılmıştır. Şeker ölçüm cihazından alınan verileri mobil cihazın yerel veritabanında saklanması sağlanmıştır. Kişilerin ölçümlerini kablosuz teknoloji kullanarak kendi mobil cihazına aktarabilmeleri, kendi verilerine ve verilerinin grafiksel dökümüne ulaşabilmeleri amaçlanmıştır. Bu bağlamda söz konusu çalışmanın, günümüzde mobil cihazların farklı kablosuz teknolojilere de cevap verebilmesi ile farklı kablosuz teknolojiler kullanılarak sağlık takibinin yapılabilmesi anlamında bu alanda yapılan diğer çalışmalara katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mobil sağlık takibi, bluetooth, arduino, şeker ölçüm

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

T. Hayıt, U. Ergün, 'Transferring Data from Glucometer to Mobile Device Via Bluetooth with Arduino Technology', Elec Lett Sci Eng, vol. x , (200X), xx-xx

* Corresponding author; Tel.: +(90) 5516094819, tolga.hayit@bozok.edu.tr

1 Introduction

In today's world, the number of patients and health problems are increasing seriously. The increase in the number of patients leads to the weakening of the communication between the doctor and the patient. It becomes difficult to follow the patient due to the problems such as understaffed hospitals, space problems, accessibility etc. as well as the increase in the number of patients. Such problems lead researchers to find alternative methods for the follow-up of patients.

The systems that enable a person to control his/her own health condition independently of a hospital and to monitor the body functions closely are defined as mobile health monitoring systems. Thanks to mobile health monitoring systems, disabled, elder and clinical patients can keep their health under control, can take precaution against any health problem or can contact with the health professionals and have the opportunity for an early diagnosis through the data they obtained from the system.

It has become possible to implement portable, wireless, cost-efficient remote health monitoring systems with the advances within the areas of communication and informatics [1]. These systems enable people to be followed outside the hospital, promptly alert the relevant institutions in case of an emergency, use a long-term recording system in the diagnosis of certain diseases, and most importantly raise the life standards of people [1].

Diabetes, which is known as diabetes mellitus in medical literature, is a chronic disease that proceeds in lifelong and is caused by insufficient secretion of insulin by the pancreas [2]. Chronic diseases such as diabetes are diseases that affect the daily lives of patients and should be followed at an important level. With the advances in today's technology, such diseases can be followed through wireless mobile devices and the negative consequences can be prevented in advance.

In this study, the sugar data (sugar level, time) obtained from the sugar meter has been transferred to the Android operating system based mobile device via Bluetooth technology by using Arduino, which is an open source microcontroller card in which a sample sugar meter device is connected in series.

The Android operating system-based mobile application used in the study has been built by using the Apache Cordova framework, which allows applications to be written on almost any platform.

2 Literature Review

Various health monitoring and imaging systems have been developed to help meet the health need, which is undoubtedly an indispensable need for every human being.

In the study carried out by Zarka [3], a system was developed that runs on a computer that provides data communication between the computer and the mobile phone. Part of the system consists of a client application running on a mobile phone used by doctors. This application allows doctors to store diagnosis results such as temperature, pressure, drugs, analyzes etc. on their mobile phones and to send information to the server via SMS to be stored in the server

database. The server can respond to any request from the client, and the result can be sent via Bluetooth, infrared or OTA (Over The Air) technology.

In a study by Yüce, Bilge and Saka [4], a mobile phone application that would help doctors to access in the daily basic data of their asthma patients and to keep the patient's asthma under control was developed.

Chung et al. [5] developed a simple wireless electrocardiogram (ECG) diagnostic system for cardiac patients, independent of place.

In a study conducted by Tang, Hu and Hsu [6], a health monitoring system sustainable at home was designed by using multimedia message (MMS) technology.

In a study by Klug, Krupka, Dickhaus, Katus and Hilbel [7], a mobile application based on Windows Phone operating system was developed. ECG data of patients were displayed through the application.

A remote health monitoring system that includes a mobile application was developed by Yang, He, Gao and Zhao [8]. The system provided in the study consists of three components: a mobile application, a web site application, and a server running on the background. Users can upload their own health data and view the records and graphs of their previous entries through the developed mobile application. In case there is an inconsistency in the data, the application warns the users.

In a study conducted by Rozanowski, Piotrowski and Ciolek [9], a mobile interface was devised for the use of data obtained from a vehicle equipped with a data recorder to monitor the health status of the driver remotely. The data recording device used in the study collects the data transmitted by the sensors installed on the driver and the vehicle. This data is transmitted to the smartphone and the data transferred by the smartphone is stored, tracked and controlled by the mobile application designed on the device.

In the study of Cura [10], he proposed a mobile patient monitoring system particularly for medium-sized hospitals. The system consists of three components: an android application installed on the patient's mobile device, another android application installed on a mobile device connected to the local network and server of the hospital, and a remote server. The system designed in accordance with this study has shown that medium-sized hospitals can successfully provide services to the patients.

Kumar and Venkatesan [11] have designed a cost-efficient and reliable wireless patient monitoring system for patients with coronary failure and diabetes. The system they have developed consists of microcontrollers, sensors, GSM module, serial interfaces, Bluetooth module, personal computer and android mobile device. A mobile application developed for the system is used on the mobile device. The data obtained by the sensors attached to the relevant parts of the patient's body are processed regularly by the microprocessing unit. The processed data is transmitted to the mobile device and the system computer. The data is stored on these devices and is shown statistically.

Chua et al. [12] supported the development of a health monitoring system with features such as cost-efficiency and easy data collection. Bluetooth technology, as well as some medical devices, was used as data transmission technology in the study.

An interactive mobile application was developed by Villarreal, Fontecha, Hervas and Bravo [13] to track and intervene in a specific chronic disease without the need for the support of any healthcare personnel. The application has user tabs such as the patient and the doctor. According to the stored data, the doctor and the patient can interact with each other, if it is required.

Triantafyllidis et al. [14] designed a personalized mobile health monitoring system tailored to the needs of patients with coronary failure. In the study, patients were provided with tablet computers and medical sensors to make their own physiological measurements, to answer the questions related to the symptoms of their disease, to review their personal measurements and to communicate with the relevant specialists. Bluetooth technology has been used to transmit the monitoring data obtained from sensors attached to the patients to the tablet computers. Tablet computers have been used to transmit this data to the server over the Internet in order to enable the health professionals to store, process and display the data.

In the study by Panicker and Kumar [15], an application was developed to monitor the physiological symptoms of the patient to be followed at home. This system allows the patient to evaluate physiological measurements such as blood pressure and pulse rate and to collect data simultaneously and continuously. Bluetooth technology is used in the study. A mobile application running on the Android based operating system has been developed to display data on a mobile phone.

Hayit and Ergün [16] have developed a mobile application for diabetes patients in order to let the patient have a more active role during the disease by own follow-up and the patient's data can be monitored and evaluated by the physician in consideration of the interaction between the patient and the doctor. On the patient side of the study, a mobile application based on the Android operating system; on the doctor side, a web-based management system has been developed. The system's mobile app works through 6 basic screens: patient record and patient login screen, application home screen, reports, history, graphics, my doctor. The patients enter glucose data to the application manually. They can report historical data using mobile application and graphically display it. In addition to these, they can instantly communicate with their doctor through the "my doctor" screen. The web site application of the system has been created to be used only by physicians. Doctor uses the web application to communicate with the own patient or to access the graphical representation of the patient's data. It is emphasized that data can be transferred automatically to the application by combining the system with wireless technologies.

In this study, the Arduino development card, in which the sugar meter is connected in series, has been used and the transmission of the sugar data to the mobile device based on the Android operating system has been accomplished through Bluetooth technology.

3 Overview of System Architecture

System architecture consists of 4 main components:

- 1) e-Health Sensor Shield and Glucometer BLE Sensor
- 2) Arduino UNO R3 connected in series to the sugar meter
- 3) HC06 Serial Port Bluetooth Module providing communication via Bluetooth with Arduino and mobile device (Bluetooth Transceiver Module HC-06)

4) Android-based mobile device and the mobile application running on the device

The system architecture is shown in Figure 1.

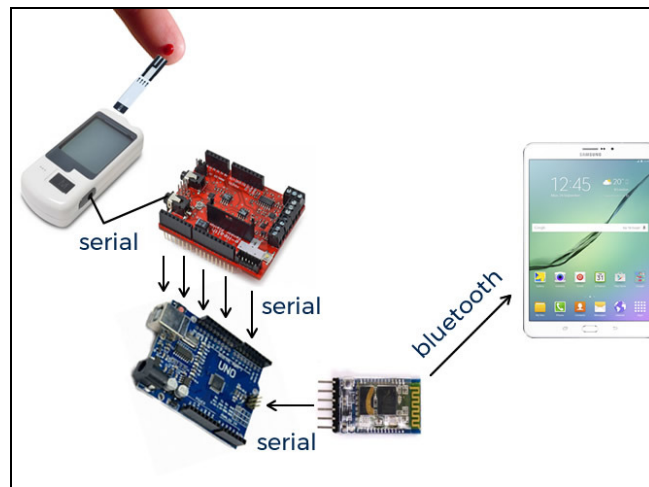


Figure-1 System Architecture

3.1 e-Health Sensor Shield and Glucometer BLE Sensor

e-Health Sensor Shield and Glucometer BLE Sensor units are manufactured by the company Libelium and imported from abroad for this study. The e-Health Sensor Shield is an interface developed for Arduino users to follow up their physiological features such as pulse check, oxygen status, airflow(breathing) follow-up, glucose follow-up, etc. (Figure 2) [17].

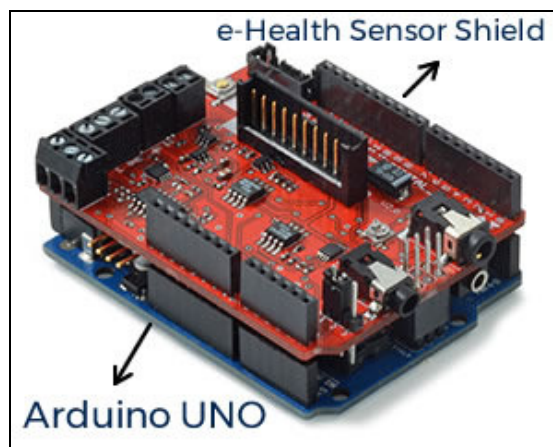


Figure-2 e-Health Sensor Shield

The Glucometer BLE Sensor is a medical device that is connected serially to the Arduino via the e-Health Sensor Shield interface and is used to determine the approximate concentration of glucose in blood [18]. The device counts the blood cell and calculates the blood sugar level with a small drop of blood obtained by puncturing the skin with a lancet (Figure 3) [18].



Figure-3 Glucometer BLE Sensor

The Glucometer BLE Sensor is connected to the e-Health Sensor Shield in series via a cable. The e-Health Sensor Shield is mounted on the Arduino. By this way, the connection between the Arduino and the glucometer is established.

3.2 Arduino UNO R3

Arduino Uno is a microcontroller card. There are 14 digital input-output pins (6 of them can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz quartz crystal, a USB connection, a power outlet, an ICSP header and a reset button on the card [19]. It contains everything required to support the microcontroller; it is simply connected to a computer via a USB cable and the power supply is provided by an AC-DC adapter or battery (Figure 4) [19].

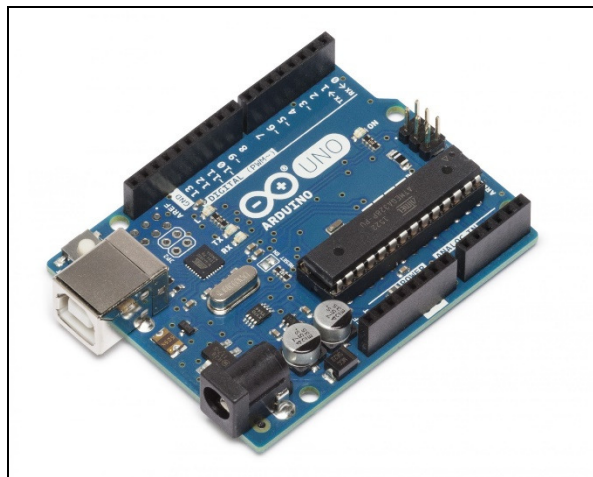


Figure-4 Arduino UNO R3

3.3 Bluetooth Transceiver Module HC-06

The HC-06 Bluetooth module can easily carry out serial wireless data transmission. The operating frequency is between the 2.4GHz ISM frequency band, which is the most popular frequency band. It supports Bluetooth 2.0 + EDR standard. This module is programmed with a serial interface that is easy to use and simplifies the design-development cycle (Figure 5) [20].

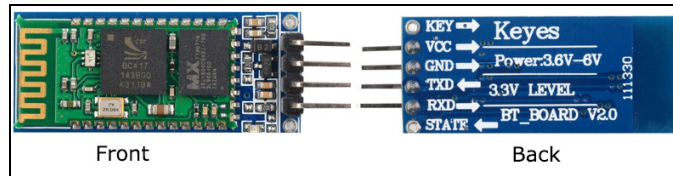


Figure-5 Bluetooth Transceiver Module HC-06

3.4 Mobile Device and Mobile Application

An Android operating system-based Samsung tablet was used for the mobile device, which will enable the collection of information from patients during glucose monitoring and assessment process. One of the reasons for choosing the Android operating system for the development of the application used in the study is that the Android operating system has the biggest market share for mobile applications across the world. According to the data shared by the international data search company IDC (International Data Corporation), as of the second half of the 2016, Android is dominating the mobile operating system market with the rate of 87.6% [21]. This data can be shown as a proof that the Android operating system is the most used mobile operating system in the world.

Another reason for choosing the Android operating system in the application is that product range of the Android device is higher than the other operating systems. The diversity of the device brings about cost diversity. The production from scratch of an Android-based mobile device can be achieved at a very low cost. Device and cost diversity also support the reason why the Android operating system leads the market share.

One another reason for choosing the Android operating system is that Google, which owns the system, supports developers. The Android operating system is partially open-source in nature and supports free software.

The mobile application, which stores and lists the data transmitted by the mobile device, has been developed using the Apache Cordova framework on the android operating system. Apache Cordova is an open source mobile development framework [22]. It provides developers to build cross-platform through the web technologies such as HTML5 (Hypertext Markup Language 5), CSS3(Cascading Style Sheets 3) and JavaScript by abstaining from using programming languages of various mobile platforms [22].

The application is named as "Glucose Monitoring System". The software used in the application consist of Apache Cordova framework for Java language and the CSS software for HTML, JavaScript and design.

jQuery, which is one of the open source JavaScript libraries, has been used in the application. The jQuery library allows the use of JSON method, which is a data exchange format. Access to the PHP files on the server has been provided through the JavaScript by using the JSON format in the application. The PHP files on the remote server are accessed via Java Script by using the JSON format. Processing on the database is performed by using PHP. By this means, the appropriate data is retrieved to the application or insertion, deletion or updating processes are performed on the application.

Mobile application of the system runs on 3 basic screens: my datas, graphs and connect with Bluetooth. Main screen of the mobile application is shown in Figure 6.

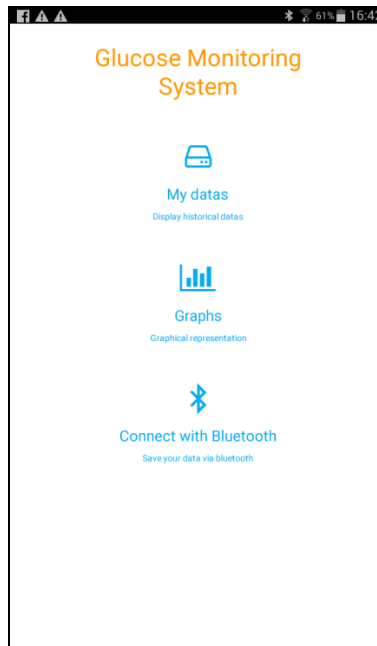


Figure-6 Main screen of the application

My datas screen displays a numerical list of measurements that the user has made in the last month (Figure 7-a). The user may send the data to a desired e-mail address. The graphs screen displays the graphical status of the user's measurement within the last month (Figure 7-b). On the connect with Bluetooth page, the user connects to the HC-06 module via the mobile device and accesses the data on the glucometer, which is connected to the Arduino in series.

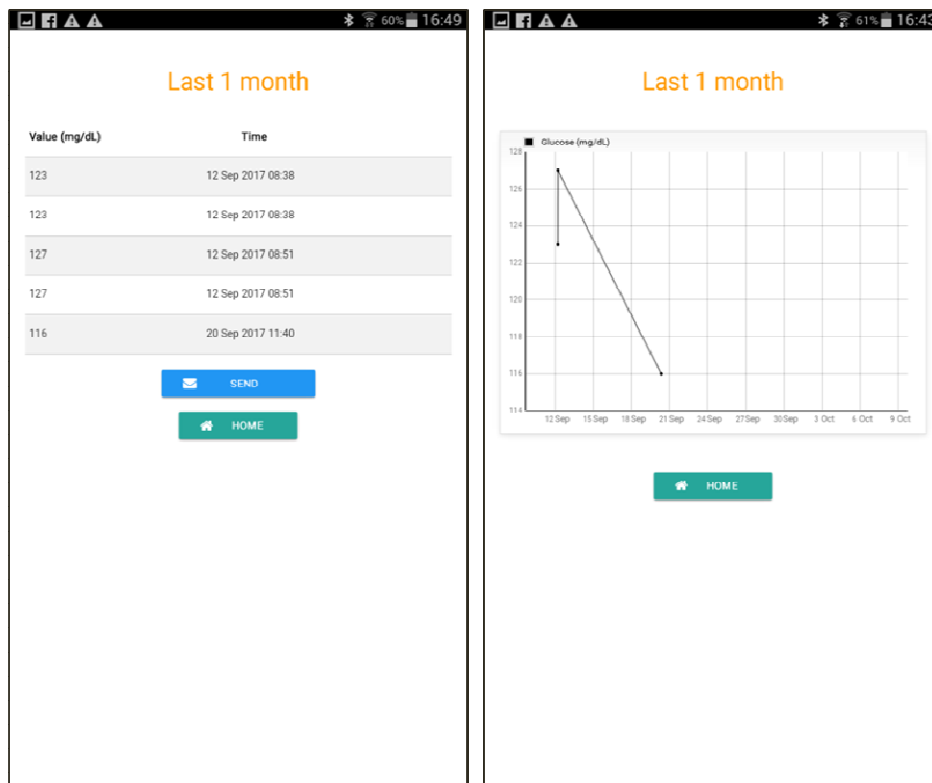


Figure-6 The other screens from left to right: (a) "my data" screen, (b) "graphs" screen

4 Discussion and Results

In this study, a sample glucometer, in which the patient records sugar measurement data, is provided to transmit data to the mobile device via Bluetooth technology with serial data transferred to Arduino. The six measured glucose data have been successfully transferred to the mobile device, and the data received by the mobile device has been stored in the remote server with the help of a special mobile application. The user has been provided to access this data, to send this data to an e-mail address via a form when it is required and to display the data graphically. In the application, the user can access the sugar measurement data by connecting to the HC-06 Bluetooth module installed on Arduino.

Nowadays, with the development of the features of all the mobile devices ingrained in our lives, instant data sharing can be done anytime and anywhere easily. For this reason, the use of mobile devices in such studies is important for diseases that require continuous follow-up, such as diabetes mellitus.

Most of the technologies used in the development of the mobile application designed in the study are free of charge, and most of the software used is open source. The connection of the users to the server is provided via the internet in the background. Since the connection with the server is provided over the internet, internet speed is important. If the internet speed is good in quality, the speed of the data retrieved from the server will be fast in direct proportion. In case of a network problem at certain points, the patient will not be able to connect to the server. It constitutes a key point where the system can be discussed. If there is an interruption caused by internal or external factors, continuous access to the system becomes difficult regardless of the usefulness or quality of the remote server.

There is no additional study carried out on the safety of the system. In case the telephone and identification numbers of the users are known, any other person can log in to the user account and display the data. These issues should be taken into consideration in future studies.

The type of database used to store data in the study should be selected by taking into account the number of users.

The system needs to be tested by real diabetes patients so that they can be evaluated for usefulness. In order to evaluate the system in terms of practicability, it should be tested by real diabetic patients.

It can be considered a defect that the mobile application used in the system is designed only for the Android operating system. The Apache Cordova framework allows application development on every platform, for this reason, the current application can be developed further and designed on other platforms in future studies.

References

1. R. Kurban, Wireless Portable Remote Health Monitoring System: Mobile Health Assistant. Graduate dissertation, University of Erciyes, Kayseri, (2006)
2. İ. Aydın, Diabetes. *Ayrıntı Journal*, Vol. 1:9, (2013), 25-28

3. N. Zarka, "Patient Keeper" Medical Application on Mobile Phone, International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, Syria, April (2004).
4. Y.K. Yüce, U. Bilge, O. Saka, MATDS: Mobil Astım Takip ve Değerlendirme Sistemi, 2nd National Medical Informatics Congress, Antalya, November (2005)
5. W.Y. Chung, C.L. Yau, K.S. Shin, R. Myllyla, A Cell Phone Based Health Monitoring System With Self Analysis Processor Using Wireless Sensor Network Technology, 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS Cite Internationale, Lyon, August (2007)
6. W.T. Tang, C.M. Hu, C.Y. Hsu, A Mobile Phone Based Homecare Management System On The Cloud. Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), Vol. 6, (2010), 2442 – 2445
7. S. Klug, K. Krupka, H. Dickhaus, H.A. Katus, T. Hilbel, Displaying Computerized ECG Recordings and Vital Signs on Windows Phone 7 Smartphones, Computing in Cardiology, Vol. 37, (2010), 1067 – 1070
8. M. Yang, X. He, L. Gao, L. Zhao, An Innovative System Of Health Monitoring Using Mobile Phones, 14th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom 2012), Beijing, October (2012)
9. K. Rozanowski, Z. Piotrowski, M. Ciolek, Mobile Application for Driver's Health Status Remote Monitoring, Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Sardinia, July (2013)
10. T. Cura, Sağlık Sektörü İçin Düşük Maliyetli Bir Mobil Hasta Takip Sistemi Önerisi. Alphanumeric Journal, Vol. 1, (2013), 13–26
11. K.M. Kumar, R.S. Venkatesan, A Design Approach To Smart Health Monitoring Using Android Mobile Devices, 2014 IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT) , Ramanathapuram, May (2014)
12. J.E. Chua, J.A. Zaldua, T.J. Sevilla, M.J. Tapel, M.R. Orlino, D.C. Rasing, C.M. Lee-Ramos, An Android Phone Application for a Health Monitoring System with Integrated Medical Devices and Localized Health Information and Database For Healthy Lifestyle Changes, 7th IEEE International Conference Humanoid, Nanotechnology, Information Technology Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), Philippines, November (2014)
13. V. Villarreal, J. Fontecha, R. Hervas, J. Bravo, Mobile and Ubiquitous Architecture for the Medical Control of Chronic Diseases Through The Use of Intelligent Devices: Using the Architecture for Patients with Diabetes, Future Generation Computer Systems, Vol. 34, (2014), 161–175
14. A. Triantafyllidis, C. Velardo, T. Chantler, S.A. Shaha, C. Patonb, R. Khorshidi, L. Tarassenko, K. Rahimi, A Personalised Mobile-Based Home Monitoringsystem for Heart Failure: The SUPPORT-HF Study, International Journal of Medical Informatics, Vol. 3192, (2015), 743-753

15. N.V. Panicker, A.S. Kumar, Development of a Blood Pressure Monitoring System for Home Health Application, Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2015 International Conference, Nagercoil, March (2015)
16. T. Hayit, U. Ergün, Sağlık Sektöründe Geliştirilen Mobil Uygulamaların İncelenmesi ve Mobil Cihazlar için Hasta Takip Uygulaması Örneği, Online Academic Journal of Information Technology, Vol. 7:23, (2016), 97 – 114
17. e-Health Sensor Shield Description. (2017, July). Retrieved from <https://www.cooking-hacks.com/ehealth-sensor-shield-biometric-medical-arduino-raspberry-pi>
18. Glucometer BLE Sensor Description. (2017, August). Retrieved from <https://www.cooking-hacks.com/glucometer-ble-sensor-mysignals-ehealth-medical>
19. Arduino Uno Rev3. (2017, August). Retrieved from <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
20. Bluetooth Transceiver Module. (2017, September). Retrieved from http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=Bluetooth_Transceiver_Module_HC-06
21. Smartphone OS Market Share. (2017, September). Retrieved from <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>
22. Apache Cordova Overview. (2017, September). Retrieved from <https://cordova.apache.org/docs/en/latest/guide/overview/>

Examination of Image Processing Studies and Techniques in Food Sector: A Literature Review

Tolga Hayıt^{1*}, Hasan Erbay², Fatma Hayıt³

¹ Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Yozgat / Türkiye

² Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale/ Türkiye

³ Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Yozgat / Türkiye

Abstract: In our global World, studies on food and food related-sectors, which are among the leading sectors, continue to gain momentum to increase productivity and quality. In parallel, the developments in the information technology motivate researchers to gain innovative approaches in these fields. Today, in the food sector as in many other areas, the classification of products, the detection of defective products, the detection of non-product parts are often solved using the human factor. However, many problems that can be solved using human visual sense can be solved more efficiently by means of a computer, which is known as the computer vision field. Computer vision offers automatic, harmless and low cost alternative techniques to verify that high quality and safety criteria are met in products. Today's image processing technology makes it possible, by reducing the human factor to the minimum, to increase the productivity and to reduce the cost. Moreover, some methods that cannot be used directly by human such as ultraviolet rays can be used by a computer to improve the product quality. In this study, some image processing applications used in the food sector are analyzed; the techniques used are examined.

Keywords: Image processing, computer vision, food sector

Gıda Sektöründe Uygulanan Görüntü İşleme Çalışmalarının ve Tekniklerinin İncelenmesi

Özet: Küreselleşen dünyamızda öne çıkan sektörler arasında bulunan gıda ve gıda odaklı sanayi sektöründe verimliliğin ve kalitenin yükseltilmesine ilişkin çalışmalar hız kazanarak devam etmektedir. Buna paralel olarak teknoloji dünyasında kaydedilen gelişmeler araştırmacıları bu alanlarda yenilikçi buluşlar elde etmeleri için teşvik etmektedir. Hemen her alanda olduğu gibi gıda sektöründe de üretimde ürünün sınıflandırılması, hatalı ürün tespiti, ürün dışı madde tespiti vb. gibi problemler çoğunlukla insan faktörü kullanılarak çözülmektedir. İnsanın görme duyusunu kullanarak çözebileceği bazı problemlerin bilgisayar yoluyla çözülebilmesi bilgisayarla görme alan uygulamalarına girmektedir. Bilgisayarla görme, ürünlerde yüksek kalite ve güvenlik gibi bazı gereksinimleri karşılamak için otomatik, zararsız ve düşük maliyetli alternatif bir teknik sunmaktadır. Mevcut teknolojide görüntü işlemeyle insan faktörünü en aza indirgeyerek verimlilik artırılması ve maliyetin azaltılması mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte ultraviyole ışınları gibi insan tarafından doğrudan kullanılamayacak bazı unsurlar bilgisayar tarafından kullanılabilir. Bu sayede istenilen kalitede üretim yapılmaya olanak sunulmaktadır. Yapılan bu çalışmada gıda sektöründe uygulanan bazı görüntü işleme çalışmalarına yer verilmiş; kullanılan teknikler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, bilgisayarla görme, gıda sektörü

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

T. Hayıt, H. Erbay, F. Hayıt, 'Examination of Image Processing Studies and Techniques in Food Sector: A Literature Review', Elec Lett Sci Eng, vol. 14(1) , (2018), 12-22

* Corresponding author; Tel.: +(90) 5516094819, tolga.hayit@bozok.edu.tr

1 Giriş

Görüntü işleme, elektronik ortamda kaydedilmiş bulunan herhangi bir resim dosyası üzerinde bilgisayar yardımıyla yapılan tüm işlemleri kapsayan bir alandır. Bu alan, görüntü üzerinde yapılan ışık, renk, zıtlık, keskinlik ya da netlik gibi özellikleri değiştirme işlemlerini kapsadığı gibi; görüntüde yer alan bir gürültüyü, pürüz ya da bozukluğu giderme işlemlerini de kapsar. Bu saydıklarımızın dışında görüntü dosyalarından anlamlı veriler çıkarmak ve o görüntüde yer alan nesnelere hakkında farklı bilgiler edinmek de görüntü işleme alanında yer almaktadır [1].

Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte görüntü işleme ve bilgisayarla görme uygulamaları son dönemlerde ciddi olarak artış sergilemektedir. Özellikle bu uygulamaların, güvenlik sistemlerinde, araç iç-dış otomasyonlarında, askeri alan uygulamalarında, robot uygulamalarında, tarıma dayalı uygulamalarda, tıp ve biyomedikal alanlarda, imalat ve tasarım uygulamalarında, coğrafi bilgi sistemlerinde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir [2].

Görüntü işleme tekniklerinde insan gözü ile algılanabilen görüntülerin fotoğraflanarak kullanıldığı gibi ultraviyole ya da X-ışınları gibi unsurlar kullanarak özel araçlar tarafından elde edilen görüntülerin kullanılabilmesi de mümkün olmaktadır. Görüntü işleme alanında yapılan çalışmalarda genellikle, ilk aşamada kamera ya da istediğimiz görüntüyü alabileceğimiz özel bir araç yoluyla görüntüler alınmaktadır. Sonraki aşamalarda, alınan görüntüler üzerinde bilgisayar yoluyla görüntü işleme adımları uygulanmakta ve ilgilenilen nesne ya da unsurlara ait özellik çıkarımı gerçekleştirilmektedir. Çalışmaya ya da amaca göre, görüntüde bulunan unsurların doğru bir şekilde tespit edilmesi, özellik çıkarımı açısından çok önemli bir aşama olmaktadır.

Nesne ya da unsurların tespit edilmesi veya tanınması, nesnelere sınıflandırılması vb. gibi amaçlarla yapılan çalışmalarda literatürde farklı yöntemler sunulmaktadır. Bu çalışmalarda nesnelere ait basit özellikler kullanılarak hızlı ve etkili nesne tanıma [3], karmaşık arka planın sadeleştirilmesi [4], nesne ya da ürüne ait şekil, renk, kenar veya köşe tanıma gibi görsel unsurlarla; istatistiksel örüntü tanıma, şablon eşleştirme gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [5]. Bilgisayarlı görüntülemenin gıda maddelerinin renk yoğunluğu, renk dağılımı, görsel kusurları, boyutları ve şekli gibi görsel özelliklerinin objektif olarak belirlenmesinde başarıyla uygulandığı görülmektedir [6].

Öte yandan, ülkemizde gıda ve tarım ürünlerinin üretimi, tüketimi, ithalat ve ihracatı aşamalarında bazı sıkıntılar yaşanmaktadır. Bunlar üretimde standartlaşma, kalite-kontrol yetersizlikleri, yapılan analizlerin zaman alıcı ve işgücüne bağımlı olması, insan faktöründen kaynaklanan problemler ve maliyet yüksekliği gibi unsurlardan meydana gelmektedir [7].

Gıda sektöründe bilgisayarla görmenin yaygınlaşması ile bu alanda ürünün sınıflandırılması, ürün kalitesinin ve gelişiminin gözlenmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır [8]. Bu bağlamda görüntü işleme yöntemleri olarak sayısal görüntü analizi, sınıflama, kümeleme vb. yöntemler kullanılarak nesne ya da ürünlerin boyut, cins veya kalite bakımından sınıflandırılması ve incelenmesi gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada gıda sektöründe uygulanan bazı görüntü işleme çalışmalarına yer verilmiştir. Kullanılan teknikler incelenerek sonuçları sunulmuştur.

2 Literatür Özeti

Literatürde görüntü işleme ve bilgisayarla görme tekniklerinin gıda sektörü üzerinde uygulamalarına örnek olabilecek çalışmalar yer almaktadır.

Gıda sektöründe meyve ve sebze alanında çeşitli görüntü işleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Nagata vd. [9], tarafından yapılan çalışmada, çilek yüzeyindeki çürükleri tespit etmek için renk ve NIR görüntü işleme yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak, çürükler $L * a * b$ renk modeli analiz edilerek tespit edilmiştir. İkinci safhada, morluk tespiti için kritik olan belirli dalga boyları belirlenip, sonrasında 860 ve 960 nm'lik uygun filtrelerle spektral görüntüler elde edilmiştir. Her iki yöntem, çevrimiçi uygulama için NIR görüntü işlemeyi kullanarak çürüme tespit olasılıklarını doğrulamıştır.

Ahmad vd. [10], tarafından yapılan çalışmada, Endonezya'ya özgü bir meyve olan ve çeşitli sıcaklıklarda depolanan salak meyvesinde oluşan çürüklerin gelişimi görüntü işleme yöntemi ile incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre incelenen salak meyvelerinin çürük gelişim oranları oda sıcaklığında 0,196/gün; 10 °C'de 0,040 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada belirtildiği üzere kabul kalitesi bakımından salak meyvesinin çürümüş alanı meyvenin %10'undan daha az olmalıdır. Bu bağlamda çalışmaya göre meyvede %10 daha az çürük oluşabilmesi için meyvenin oda sıcaklığında en fazla 2 gün, 10 °C'de en fazla 4 gün depolanabileceği ortaya konulmuştur.

Xing vd. [11], tarafından yapılan çalışmada Golden cinsi elmalarda çürük varlığının belirlenmesi için hiperspektral bir görüntüleme sistemi kullanılmıştır. Hiperspektral görüntüleme sisteminde 400 ve 1000 nm dalga boyu ile çalışılmıştır. Spektral bilgileri hiperspektral görüntülerden çıkarmak ve özetlemek için PCA (Principal Component Analysis: Temel Bileşenler Analizi) ve PLS-DA (Partial Least Squares and Sparse Partial Least Squares Discriminant Analysis: Kısmi En Küçük Kareler ve Seyrek Kısmi En Küçük Kareler Diskriminant Analizi) gibi modeller kullanılmıştır. Çalışma sonucunda görüntü işleme teknikleri ve modellerin kombinasyonu ile elmanın kalitesini incelemenin mümkün olduğu bildirilmiştir.

Kılıç vd. [12], tarafından yapılan çalışmada, fasulye örneklerinin boyut ve renk verileri temel alınarak, kalite kontrolü için bir bilgisayarla görme sistemi geliştirilmiştir. Sistem bir donanım ve yazılımdan oluşmaktadır. Donanım kısmı örneklerden standart bir görüntü elde etmek için kullanılırken; yazılım kısmı da örneklerden özellik çıkarımı için kullanılmıştır. Çalışmada sistem sonuçları duyuşal sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sistem sonuçları ile duyuşal ölçüm sonuçları arasında yüksek korelasyonlar elde edilmiştir (sırasıyla uzunluk ve genişlik için $R = 0.984$ ve 0.971). Örneklerin renk kantifikasyonu için yapay sinir ağları (YSA) metodu kullanılmıştır. YSA testi 371 örnekle yapılmıştır. Çalışmada geliştirilen otomatik sistem, beyaz fasulyenin % 99,3'ünü, hasarlı sarı-yeşil fasulyenin % 93,3'ünü, hasarlı siyah fasulye ürünlerinin % 69,1'ini, düşük hasarlı fasulye ürünlerinin % 74,5'ini ve yüksek hasarlı fasulye ürünlerinin % 93,8'ini doğru şekilde sınıflandırmayı başarmıştır. Elde edilen toplam sınıflandırma başarısı % 90,6'dır.

Omid vd. [13], tarafından yapılan çalışmada, limon, lime limon, portakal ve mandalina gibi narenciye meyvelerinin hacmini ve kütlelerini ölçmek için görüntü işlemeye dayalı bir teknik geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada meyvelerin dikey görüntülerini almak için iki kamera kullanılmıştır. Visual Basic dilinde etkin bir algoritma tasarlanmış ve uygulanmıştır. Ürün hacmi, meyve görüntüsünün bir dizi eliptik elips parçasına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Çalışmada hesaplanan hacimler, su ile yer değiştirme yöntemiyle belirlenen gerçek hacimlerle kıyaslandığında iyi bir uyum göstermiştir. Çalışma sonucunda, turunçgillerin boyutunun, hesaplanan hacmin doğruluğu üzerinde hiçbir etkiye sahip olmadığı, çeşitli turunçgiller için

karakterizasyon sonuçlarında, hacim ve kütle yüksek oranda korelasyon gösterdiği, bu nedenle, tahmini elipsoidal şeklin hesaplanan hacmine dayanan basit bir prosedürün, turuncgillerin kütle tahmini için önerilebileceği bildirilmiştir.

Karhan vd. [14], tarafından yapılan çalışmada, *Coryneum beijerinckii* (Yaprak Delen) hastalığına bağlı olarak kayısı üzerinde oluşan lekeleri tespit etmek ve bu tespit sonucu kayısı kalitesini yorumlamak için morfolojik görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen doğruluk oranının yeterince başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Daha farklı, daha karmaşık yöntemler gerek duyulmadan, sadece morfolojik işlemler ve süzgeç yardımı ile leke tespiti, başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Sabancı vd. [15], tarafından yapılan çalışmada, görüntü işleme ve YSA yöntemleri kullanılarak hastalık içeren veya şekilsel olarak bozuk olan patateslerin tespiti ve patateslerin boyut olarak sınıflandırılması sağlanmıştır. İşlemin hassaslığı ve hızlığı açısından çok katmanlı YSA kullanılmıştır. Çalışmada değişik boyuttaki patates resimleri kullanılarak sistem eğitilmiştir. Oluşturulan sistemle patatesler boyut bakımından başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Bununla birlikte görüntü işleme yardımıyla şekil bozukluğuna sahip patateslerdeki kusurlu bölgelerin tespiti gerçekleştirilmiştir.

Sofu vd. [16], tarafından yapılan çalışmada elmaların, görüntü işleme tekniği ile sınıflandırılması ve yüzeylerinde bulunan lekelerin tespit edilmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada elmaların üzerinden sırayla geçirileceği bir bant düzeneği ve bu düzenek üzerine yerleştirilmiş led aydınlatmalı bir kamera sistemi yerleştirilmiştir. Kamera sistemi tarafından alınan görüntüler bilgisayara aktararak bir takım görüntü işleme tekniklerine tabi tutulmuştur. Elmaların görüntü işleme ile bölümlenmesi ve leke tespiti için gerekli olan yazılım MATLAB programı ile geliştirilmiştir. Çalışmada 10 adet lekeli elma kullanılmış; elmalardan 7 tanesi lekeli olarak tespit edilmiştir. Sistem yaklaşık %70 verimle çalışmaktadır. Çalışmada filtre gibi ek araçlara gerek duyulmadan leke sınıflamasının yapılabileceği vurgulanmıştır.

Adelkhani vd. [17], tarafından yapılan çalışmada, meyvelerin tadının değerlendirilmesi için alternatif bir yöntem olarak ANFIS (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System: Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi) tabanlı görüntü işleme uygulaması kullanılmıştır. Bu amaçla, 300 portakal örneğinin (Bam, Khooni ve Thompson) görüntüleri bir kamera kullanılarak elde edilmiş ve özellikleri çıkarılmıştır. Özellik olarak RGB (Red: kırmızı, Green, yeşil, Blue: mavi) bileşeni, HSV (Hue Saturation Value: Renk tonu Doygunluk Değeri) bileşeni, doku özellikleri, büyük ve küçük çaplar, alan, çevre, R/G ve R/B renk bileşen oranı ve çap oranı belirlenmiştir. Görüntü analizi için referans veri sağlamak amacıyla on panelist tarafından duyuşal bir test gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, özellikler ANFIS'e girdi olarak girilmiş ve meyvenin tat sınıfı çıktı olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, Bam, Khooni ve Thompson portakal çeşitlerinin tat sınıflandırması için başarı oranı sırasıyla % 96.6, % 93.3 ve % 93.3 olarak bulunmuştur.

Kishore-Dutta vd. [18], dalgacık dönüşümü yöntemini kullanarak üzümde pestisit varlığını tanımlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada elde edilen deneysel sonuçlar, bu yöntemin ilaçlanmamış üzümün ve böcek ilacı ile muamele edilen üzümün görüntüleri ile pestisit varlığının belirlenmesinde etkili olduğunu göstermiştir. Pestisit ile muamele edilen üzümün tanımlanmasının doğruluğu yüksek olarak hesaplanmıştır ve hesaplama süresi, bu yöntemi üzümde kalite kontrolü için gerçek zamanlı bir uygulama olarak uygun hale getirdiği bildirilmiştir.

Balcı vd. [19], tarafından yapılan çalışmada MATLAB yazılımı kullanılarak görüntü işleme teknikleri ile napolyon kirazlarının boylarına göre kalibrasyon sınıflandırması yapılmıştır. Yapılan bu sınıflandırma neticesinde görüntüdeki kirazların ne kadarının hangi kalibre değerinde olduğu yüzde olarak belirlenmiştir. Bu sayede ürünün fiyatlandırılmasında daha kullanışlı bilgi elde edilmesi sağlanmıştır.

Momin vd. [20], tarafından yapılan çalışmada mango meyvesinin sınıflandırılması ve ayrılması için görüntü işleme yöntemi ile bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemde görüntüler 8 bit gri renkteki bir XGA (Extended Video Graphics Array: Genişletilmiş Video Grafik Dizisi) formatlı renkli kamera kullanarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda bu kullanılan yöntemin mangoların ticari sınıflandırılmasında uygun olduğu ve benzer ürünlere de uygulanabilir olduğu bildirilmiştir.

Bul vd. [21], tarafından yapılan çalışmada görüntü işleme yöntemi ile tarımsal bir ürün olarak seçilen fasulyelerin iyi ya da kötü kalite olarak sınıflandırılması amaçlanmıştır. Çalışmada her bir fasulye tanesinin görüntüsü dijital kamera ile alınarak 302x200 boyutlarında jpeg formatında kaydedilerek bilgisayar sistemine aktarılmış ve MATLAB programı kullanılarak görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Fasulye tanelerinin en ve boy tespitinin; ayrıca iyi ve kötü kalite şeklinde sınıflamasının yapılması aşamasında Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu kullanılmıştır. YSA metodu kullanılarak yapılan sınıflamada %93'lük bir başarı oranı elde edilmiştir.

Solak ve Altınışık [22], çalışmalarında, gerçek zamanlı olarak ortamdaki nesnelerin tespit edilmesini ve ürünlerin sınıflandırılmasını amaçlamışlardır. Yapılan deneysel çalışmalarda fındık meyvesi kullanılmıştır. Ortamda bulunan fındık görüntüleri, kamera vasıtası ile kaydedildikten sonra bazı görüntü işleme teknikleri kullanılarak işlenmiştir. Fındık görüntüleri üzerinde boyut ve alan hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek; gerçek zamanlı olarak fındıklar küçük, orta ve büyük olacak şekilde üç sınıfa ayrılmıştır. Bu işlemde yöntem olarak K-means kümeleme ve ortalama tabanlı sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak, ortamda bulunan fındık meyveleri %100 başarı oranıyla tespit edilmiştir. K-means kümeleme ve ortalama tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmış; bu bağlamda kullanılan iki yöntemin %100 ile %90 oranlı bir benzerlik sergilediği vurgulanmıştır.

Fidan ve Süzme [23], yaptıkları çalışmalarında, görüntü işleme yöntemleri ile zamana bağlı olarak küf gelişim hızını belirleyerek, mikrobiyolojik çalışmalar için alternatif bir değerlendirme metodu geliştirmeyi amaçlamışlardır. Yapılan sınırlı sayıdaki denemelerde gerçekleştirilen çalışma olumlu sonuçlar vermiştir.

Görüntü işleme, gıda sektöründe başlangıç derecelendirmesinden tüketici alımlarına kadar olan süreçlere uygulanan et ve et ürünlerinin kalite değerlendirmesi için de kapsamlı bir şekilde kullanılmaktadır. McDonald ve Chen [24], bu alandaki en eski çalışmaların bazılarını imza atmışlardır. Çalışmalarında resimlenen sığır etleri üzerinde bulunan sinir miktarlarını araştırmışlardır. Yalınlık özelliklerine dayalı olarak belirli bir kas etinde yağlı ve yağsız olarak ayırım yapmışlar, ancak kötü sonuçlar bildirmişlerdir.

Gerrard vd. [25], yaptıkları bir çalışmada et üzerinde görüntü analizi kullanılmış; 60 biftek için öngörülen zayıf renklenme ve damarlanma için sırasıyla 0.86 ve 0.84'lük R^2 (korelasyon katsayısı) değerleri kaydedilmiştir.

Aktan [26], tarafından yapılan çalışmada her iki eşeyden 49 günlükken kesilen toplam 126 sıcak etlik piliç karkasında karkas alanı, göğüs genişliği, göğüs uzunluğu, göğüs alanı, göğüs ve abdominal deri rengi ile berelenmelere ait renk değerleri gibi bazı özelliklerin sayısal görüntü analizi yoluyla belirlenmesi hedeflenmiştir. Erkek piliç örneklerinde karkas alanı, göğüs alanı, göğüs genişliği, göğüs uzunluğu değerleri dişilere göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Bu özellikler arasındaki korelasyon değerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirtilmiştir. Göğüs ve abdominal derilerinin renk analizinde, RGB (Red:Kırmızı, Green: Yeşil, Blue:Mavi) değerlerinin erkeklere nazaran dişilerde önemli derecede daha yüksek olduğu; erkeklerde göğüs ve abdominal deri bölgesinde kırmızı değer miktar bakımından değişmemesine rağmen, dişilerde abdominal deri bölgesinde daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir. Görsel açıdan ağırlıklı olarak kırmızı, mor ve yeşil sınıflandırılan berelenmeler arasındaki renk farklılıklarının, RGB değerlerinin gri ton değerleri bakımından da anlamlı olduğu ve bundan dolayı farklılıkların sayısal olarak da ayırt edilebilir şekilde tanımlanabildiği; tanımlanan berelenmelerin yaklaşık oluşma zamanının ve nedenlerinin tahmin edilebileceği sonucu ortaya konmuştur.

Jackman vd. [27], tarafından yapılan çalışmada her biri farklı genç danadan elde edilen belirli bir kas gurubuna ait 32 adet biftek çeşidi görüntü işleme ile analiz edilmiştir. Bifteklerin renkleri, yüzey yapıları ve kas içi yağ dağılımı farklı zamanlarda alınan görüntülerle incelenmiştir. Çalışma sonucu Jackman ve ark. (2008) görüntü işleme tekniklerinin klasik değerlendirme ile uyumlu olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca yapay sinir ağları yönteminin birleştirilmesiyle elde edilen sonuçların daha anlamlı olacağı ortaya konulmuştur.

Du vd. [28], tarafından yapılan çalışmada, bir görüntü işleme algoritması kullanılarak jambon yüzey alanlarının ve hacimlerinin tahmin edilebilmesi için otomatik bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmada jambonların görüntü şekillerinin çıkarılması için üç aşamalı yöntem geliştirilmiştir: resim parçalama, gürültü azaltma ve kenar algılama. Oluşturulan jambon çıktıları, yarıçap elde edilmesi, dalgacık dönüşümü, çıkıntıların saptanması ve şerit ekleme olmak üzere dört adımla çıkarılmıştır. Son olarak, ortaya çıkarılan görüntüler kullanılarak yüzey alanı ve hacim değerleri türetilmiş ve bölünmüş yöntemlerle tahmin edilmiştir. Türetilmiş yöntemde tek parça jambonların uzunluk, genişlik ve kalınlık değerlerini kullanarak yüzey alanı ve hacmi hesaplanmıştır; bölünmüş yöntemde ise aynı matematiksel yöntem bölünmüş jambon parçaları üzerinde uygulanarak yüzey alanı ve hacmi hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, önerilen yaklaşımların jambon yüzey alanını ve hacmini tahmin etme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir.

Del Moral vd. [29], tarafından et intramüsküler bağ dokusu ve lif çekilme miktarının tespiti için bir görüntü analiz uygulaması sunulmuştur. Çalışma için domuz, inek güvercin ve kuzu olmak üzere dört farklı hayvan türünün kırmızı lekeli doku kesit görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, kullanılan yöntemin doğru, güvenilir, objektif ve tamamen tekrarlanabilir olduğu ortaya konulmuştur.

Du vd. [30], tarafından yapılan çalışmada, çoğunlukla insan kullanımı ile manuel yöntemler kullanılarak yapılan yöntemlere alternatif olarak; domuz jambonu üzerinde oluşan gözeneklerin karakterize edilmesi için otomatik bir bilgisayarlı görme sistemi önerilmiştir. Çalışmada domuz jambonunun görüntüleri kullanılarak çıkarım elde edilebilmesi için üç aşamalı bir görüntü işleme algoritması geliştirilmiştir: jambon ekstraksiyonu, görüntü iyileştirme ve gözenek çıkarımı. Gözenek çıkarımı ile gözenek sayısı, gözenek boyutu ve boyut dağılımları ölçülmüştür. Gözenek sayısı ile jambon içeriğindeki su miktarı arasında anlamsız bir ilişki tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Bununla birlikte doku analizi için gözenek karakterizasyonu, sertlik ve çiğneme arasında olumlu

korelasyonlar bulunurken; esneklik ve sakızimsılık değerleri gözeneklilik ile negatif ilişkili olarak bulunmuştur.

Du vd. [31], tarafından yapılan çalışmada, sığır etleri üzerinde belirli bir kas dokusundaki yağ içeriğinin otomatik olarak tahmini için bir görüntü işleme sistemi geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada ilk olarak filtreleme tekniği ile gürültü azaltımı ve görüntünün kontrast ayarı yapılmıştır. Daha sonra filtrelenmiş kas görüntüsündeki yağlı ve yağsız bölgeyi ayırt etmek için beyaz kısım ve arka plan görüntüleri ayrıştırılmıştır. Son olarak yağlı kısım bazı teknikler kullanılarak çıkarılmıştır. Geliştirilen algoritmanın performansı manuel yöntemlerle karşılaştırılarak korelasyon analizi ile doğrulanmıştır ($P < 0.05$).

Priyadumkol vd. [32], tarafından yapılan çalışmada yumurta çatlağı tespiti için bir makine görüş sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır. Önerilen sistemde, basınca dayalı bir yöntem kullanılarak tüm yumurta yüzeyinin yüzey görüntüleri başarıyla alınmıştır; bu da çalışma süresini ve genişlemiş çatlak riskini azaltmıştır. Çalışmada özellikle, bozulmamış veya çatlamış, yıkanmamış kirli yumurtalar üzerindeki çatlakların belirlenmesi hedeflenmiştir. Özellik çıkarımını optimize eden sağlam bir çatlak tespit algoritması geliştirilmiştir. Çalışmada yapılan deneylerde toplam 750 yumurta örneği kullanılmış ve % 94'lük bir başarı elde edilmiştir.

Su ürünleri alanında yapılan çalışmalara örnek olarak; Stien vd. [33] tarafından, gökkuşağı alabalıklarından alınan et örneklerini kullanarak etin kalitesinin sınıflandırılması için otomatik görüntü işleme yöntemi önerilmiştir. Bu çalışma için toplam 983 adet alabalık et örneği kullanılmıştır. Kullanılan örneklerin görüntüleri kullanılarak et rengi, yağ yüzde miktarı ve ürünün morfolojik olarak sınıflandırılması olmak üzere üç kaliteyi belirleyici özelliğin ölçülmesi amaçlanmıştır. Otomatik görüntü analizi ile insan faktörü arasında belirlenen değerler kıyaslandığında güçlü bir ilişki tespit edilmiştir (korelasyon değerleri sırasıyla $r = 0.97$, $r = 0.95$ ve $r = 0.91$). Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan yöntemlerin, alabalık yetiştiriciliği için kalite ve morfolojik özellik belirleme açısından önemli bir araç olabileceği vurgulanmıştır.

Stien vd. [34], somon filetolarının yağ içeriğinin otomatik olarak tahmin edilmesine yönelik basit bir yöntem geliştirmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada, somon filetoları üzerinde bulunan yağ içeren çizgili alanların görüntü işleme ile analizi yapılmıştır. Çalışma için 15 adet somon filetosu fotoğraflanarak görüntüleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar kimyasal analiz sonuçları ile karşılaştırılmış ve iyi bir korelasyon elde edilmiştir ($r=0,84$). Çalışmada örneklem sayısının az olmasına karşın kullanılan yöntemin ürün işleminde basit bir araç olarak faydalı olabileceği vurgulanmıştır.

Kishore-Dutta vd. [35], tarafından yapılan çalışmada, pestisit muamele edilmiş balıklar ile sağlıklı balıkların arasındaki farkı anlamak için görüntü işleme yöntemi kullanılmıştır. Yöntem olarak dalgacık dönüşümü alanından elde edilen özellikler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda bu yöntemin, pestisit ile muamele edilmiş ve sağlıklı balıkların görüntülerinin pestisit varlığının belirlenmesinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Kishore-Dutta vd. [36], tarafından yapılan çalışmada balıkların tazeliğini tahmin etmede görüntü işleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada balık örneğinin solungaç dokuları, kümelenmeye dayalı bir yöntem kullanılarak otomatik olarak bölümlere ayrılmış ve özellikleri, Haar filtresi kullanılarak dalgacık dönüşümü metoduyla çıkarılmıştır. Çalışmada bu özellikler ile balıkların tazelik düzeyleri arasındaki ilişki literatür verilerinden oluşturulmuştur ve bu ilişkiye dayanarak balık görüntülerinden tazelik tanımlaması için bir sistem önerilmiştir. Önerilen sistemin balık

endüstrisi ve tüketiciler açısından önemli derecede kabul edilebilir ve uygulanabilir olduğu bildirilmiştir.

Gıda sektöründe diğer alanlarda yapılan görüntü işleme çalışmalarına örnek olarak; Kılıç vd. [37], tarafından yapılan çalışmada, yenilebilir yağ rengini belirlemek için, $L * a * b *$ formatına dayalı spektrofotometre verileri ve yapay sinir ağı (YSA) kullanılan basit bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan 100 yağ numunesi dokuz saf yağdan, bir susam yağı karışımından ve üç ısıtılmış yağdan oluşmaktadır. 416, 456, 483, 537, 611 ve 672 nm'lik dalga boylarındaki absorbans değerleri sinir ağını eğitmek, doğrulamak ve test etmek için kullanılmıştır. Çalışmada geliştirilen yöntemin objektif, düşük maliyetli ve basit olarak spektrofotometre ve tek kullanımlık küvetler kullanılarak renk ölçümüne olanak sağladığı vurgulanmıştır.

Hayit vd. [38], tarafından ekmek için gözenek yapısının değerlendirilmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada ekmek içi gözenek yapısının dijital ortamda analiz sonuçlarını ortaya koyan web tabanlı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarında; örnek olarak alınan ekmek kesitinde bulunan toplam gözenek sayısı, toplam gözenek alan değeri (piksel) ve ortalama gözenek alan değeri (piksel) hesaplanarak gösterilmiştir. Analiz işlemi çok sayıda ekmek örneği için tekrarlanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bu uygulamanın doğruluğu yapılan çalışmalar ile kanıtlandığında ve elde edilen veriler değerlendirildiğinde insan faktöründen uzak daha objektif ölçüm ortaya konularak bu alanda yapılan çalışmalara fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

3 Tartışma ve Sonuç

Çeşitli uygulamalardan elde edilen sonuçlar, görüntü işleme yöntemlerinin ürün kalitesi ve sınıflandırma bakımından değerlendirilmesinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bilgisayarla görme, nesnel ürün kalitesi derecelendirmesi için umut verici bir teknolojidir. Bahsi geçen çalışmalar, gıda sektöründe bilgisayar destekli bir asistan yazılım ya da programın uygulanabilmesi bakımından bir temel oluşturmaktadır.

Sonuç olarak tüm bu çalışmalar, görüntü işleme teknolojisinin farklı gıda maddelerinin görsel kalite özelliklerini belirleme, bu özellikleri kullanarak bazı niceleyici sonuçlara ulaşabilme gibi avantajlarla üretim alanında başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir.

Kaynaklar

1. M. Balcı, A. A. Altun, Ş. Taşdemir, Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Napolyon Tipi Kirazların Sınıflandırılması, Selçuk-Teknik Dergisi, Vol.3, (2003), 221-237
2. G. Samtaş, M. Gülesin, Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları, Electronic Journal of Vocational Colleges, Vol:2(1), (2011), 85-97
3. P. Viola, M. Jones, Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference, vol: 1, (2001), I-511- I-518

4. R. Hussin, M.R. Juhari, N.W. Kang, R.C. Ismail, A. Kamarudin, Digital image processing techniques for object detection from complex background image, *Procedia Engineering*, Vol:41, (2012), 340-344
5. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, *Image processing, analysis, and machine vision*, Cengage Learning (2014)
6. M. Omid, M. Khojastehnazhand, A. Tabatabaeefar, Estimating volume and mass of citrus fruits by image processing technique. *Journal of Food Engineering*, Vol.100, (2010), 315-321.
7. H. M. Velioglu, Görüntü İşleme Teknolojisi ve Yapay Sinir Ağlarının Gıda Ürünlerinde Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılması, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ, (2010)
8. M. Latha, A. Poojith, B.A. Reddy, G.V. Kumar, *Image Processing in Agriculture*, *International Journal of Innovative Research In Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*, Vol. 2, (2014), 1562-1565
9. N. Masateru, P. S. Bim, G. Yoshinori, Study on Quality Estimation for Strawberry Using Color and NIR Image Processing, *IFAC Proceedings*, Vol.34, (2001), 233-237
10. A. Usman, A. Arif, K. Hadi, K. Punvadaria, Determination of Bruise Development Rate on Salak Fruit Using Image Processing, *IFAC Proceedings*, Vol.34,(2001), 295-298
11. X. Juan, S. Wouter, B. Josse, Combination of chemometric tools and image processing for bruise detection on apples, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.56, (2007), 1-13
12. K. Kıvanç, İ. H. Boyacı, H. Köksel, İ. Küsmenoğlu, A Classification System for Beans Using Computer Vision System and Artificial Neural Networks, *Journal of Food Engineering*, Vol. 78, (2007), 897-904
13. M. Omid, M. Khojastehnazhand, A. Tabatabaeefar, Estimating Volume and Mass of Citrus fruits by Image Processing Technique, *Journal of Food Engineering*, Vol. 100, (2010), 315-321
14. M. Karhan, M. O. Oktay, Z. Karhan, H. Demir, Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Mayıs (2011)
15. K. Sabancı, C. Aydın, M.F. Ünlerşen, Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Patates Sınıflandırma Parametrelerinin Belirlenmesi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Vol. 2, (2012), 59-62
16. M.M. Sofu, O. Er, M.C. Kayacan, B. Çeşitli, Elmaların Görüntü İşleme Tekniği ile Sınıflandırılması ve Leke Tespiti, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Vol. 8, (2013), 12-25
17. A. Adelhani, B. Beheshti, S. Minaei, P. Javadikia, M. G. Varnamkhasti, Taste Characterization of Orange Using Image Processing Combined with ANFIS, *Measurement*, Vol. 46, (2013), 3573-3580

18. M. K. Dutta, N. Sengar, N. Minhas, B. Sarkar, A. Goon, K. Banerjee, Image Processing Based Classification of Grapes after Pesticide Exposure, *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 72, (2016), 368-376
19. M. Balcı, A.A. Altun, Ş. Taşdemir, Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Napolyon Tipi Kirazların Sınıflandırılması, *Selçuk-Teknik Dergisi*, Vol. 3, (2016), 221-237
20. M.A. Momin, M.T. Rahman, M.S. Sultana, C. Igathinathane, A.T.M. Ziauddin, T.E. Grift, Geometry-Based Mass Grading of Mango Fruits Using Image Processing, *Information Processing in Agriculture*, Vol. 4, (2017), 150-160
21. E. Bul, G. Gelen, H. Altun, Görüntü İşlemeye Dayalı Tarımsal Ürün Sınıflandırma, http://www.emo.org.tr/ekler/3287fcce194dbd9_ek.pdf, Erişim Tarihi: 12.03.2018
22. S. Solak, U. Altınışık, Görüntü İşleme Teknikleri ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Fındık Meyvesinin Tespit ve Sınıflandırılması, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Vol. 22 (1), (2017), 56-65
23. U. Fidan, N. Ö. Süzme, Küf Gelişiminin Görüntü İşleme Teknikleri ile Analizi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Vol. 15, 13-21
24. T. McDonald, Y.R. Chen, Separating Connected Muscle Tissues in Images of Beef Carcass Ribeyes. *Transactions of the ASAE*, Vol. 33(6), (1990), 2059–2065
25. D. E. Gerrard, X. Gao, J. Tan, Beef Marbling and Colour Score Determination by Image Processing, *Journal of Food Science*, Vol.61(1), (1996),145–148.
26. S. Aktan, Sayısal Görüntü Analizi ile Etlik Piliçlerde Bazı Karkas Özelliklerinin Belirlenmesi, *Hayvansal Üretim*, Vol. 45(1), (2004), 14-18
27. P. Jackman, S. D.Sun, C.Du, P. Allen, G.Downey, Prediction of Beef Eating Quality from Colour, Marbling and Wavelet Texture Features, *Meat Science*, Vol. 80, (2008), 1273-1281
28. C. Du, D. Sun, Estimating the Surface Area and Volume of Ellipsoidal Ham Using Computer Vision, *Journal of Food Engineering*, Vol. 73, (2006), 260-268
29. F.G. Del Moral, F. O'Valle, M. Masseroli, R.G. Del Moral, Image Analysis Application for Automatic Quantification of Intramuscular Connective Tissue in Meat, *Journal of Food Engineering*, Vol. 81, (2007), 33-41
30. C. Du, D. Sun, Automatic Measurement of Pores and Porosity in Pork Ham and Their Correlations with Processing Time, Water Content and Texture, *Meat Science*, Vol. 72, (2006), 294-302
31. C. Du, D. Sun, P. Jackman, P. Allen, Development of a Hybrid Image Processing Algorithm for Automatic Evaluation of Intramuscular Fat Content in Beef, *Meat Science*, Vol. 80, (2008), 1231-1237
32. J. Priyadumkol, C. Kittichaikarn, S. Thainimit, Crack Detection on Unwashed Eggs Using Image Processing, *Journal of Food Engineering*, Vol. 209, (2017), 76-82

33. L. H. Stien, F. Manne, K. Ruohonene, A. Kause, K. Rungruangsak-Torrissen, A. Kiessling, Automated Image Analysis as a Tool to Quantify the Colour and Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) Cutlets, *Aquaculture*, Vol. 261, (2006), 695-705
34. L. H. Stien, A. Kiessling, F. Manne, Rapid Estimation of Fat Content in Salmon Fillets by Colour Image Analysis, *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 20, (2007), 73-79
35. M. K. Dutta, N. Sengar, N. Kamble, K. Banerjee, N. Minhas, B. Sarkar, Image Processing Based Technique for Classification of Fish Quality after Cypermethrine Exposure, *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 68, (2016), 408-417
36. M. K. Dutta, A. Issac, N. Minhas, B. Sarkar, Image Processing Based Method to Assess Fish Quality and Freshness, *Journal of Food Engineering*, Vol. 177, (2016), 50-58
37. K. Kılıç, B. O. Ulusoy, İ. H. Boyacı, A Novel Method for Color Determination of Edible Oils in L*a*b* Format, *European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol.109, (2007) 157-164
38. T. Hayıt, F. Hayıt, H. Gül, U. Ergün, Analysis of Bread Pore Structure by Using Matlab Program in Web Environment, *International Advanced Researches and Engineering Congress*, Osmaniye, November (2017)

Analysis of Effect of Stress to Attention using Galvanic Skin Response, Response Time and Electrooculography signals

Fatma LATİFOĞLU¹, Ramis İLERİ¹, Sümeyye DEMİRHAN¹,
Fatma Gizem BEKER¹, Mehmet SARIKÖSE¹
¹Erciyes Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği, Kayseri/TURKEY

Abstract: Attention is focused on the mental activities of people. Attention is a crucial mental activity in people's lives, as well as an important parameter in people's educational life. Attention deficits can lead to failures in people's educational life. There are various tests in the literature to determine the state of attention. In this study, Galvanic skin response (GSR), Electrooculography (EOG), response time data, signal processing and statistical methods were used to investigate the effects of stress conditions on attention states in different external stimulation.

Keywords: Attention, Galvanic skin response, GSR, Electrooculography, EOG, Reaction Time, Signal Processing, Stress

Elektrodermal Aktivite, Reaksiyon Zamanı ve Elektrookülografi Sinyalleri ile Stresin Dikkat Durumuna Etkisinin Analizi

Özet: Dikkat kişilerin zihinsel etkinliklerini bir konu üzerine odaklamasıdır. Dikkat insanların yaşamı boyunca çok önemli zihinsel bir faaliyet olmakla birlikte insanların eğitim hayatında da önemli bir parametredir. Dikkat eksikliği kişilerin eğitim hayatlarında başarısızlıklara sebep olabilir. Literatürde dikkat durumunun tespit edilebilmesi için çeşitli testler bulunmaktadır. Bu çalışmada kişilerin farklı dış uyaranlarda stres durumlarının dikkat durumlarına etkisi Elektrodermal aktivite (EDA), Elektrookülografi (EOG), reaksiyon zamanı verileri kullanılarak sinyal işleme ve istatistiksel metodlar ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dikkat, Elektrookülografi, EOG, Elektrodermal aktivite, EDA, Reaksiyon Zamanı, Sinyal İşleme, Stres

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

F. latifoğlu, R. İleri, S. Demirhan, F.G. Beker, M. Sarıköse 'Analysis of Effect of Stress to Attention using Galvanic Skin Response, Response Time and Electrooculography signals', Elec Lett Sci Eng, vol. 14(1) , (2018), 23-31

1 Giriş

Dikkat, en genel anlamıyla beynin zihinsel bir etkinlik üzerine odaklanmasıdır. Dikkatin yapısında, beynin uyarılması ve bu uyarılardan seçme işlemi vardır. Beyin, dış çevreden gelen uyarınları duyu organları vasıtası ile alır ve alınan çok sayıda uyarıdan işe yarayanları seçer. Bu aşamada çalışan dikkat mekanizması genel uyarılmışlık hali (sürekli olarak dış çevreden uyarı alma), seçicilik (dış çevreden gelen uyarınları seçme) ve yoğunlaşma (dikkatin devam etmesi) adımları ile açıklanabilir. Sürekli dikkat, uyarılmışlık durumunun sürdürülmesi ve belli bir görev üstünde ara vermeden odaklanabilme yeteneğidir. Seçici dikkat birden fazla uyarıcı arasından diğerlerinin ihmal edilip dikkatin belli bir uyarıcıya yönelmesi, bölünmüş dikkat ise iki veya daha çok uyarıcı ile aynı anda ilgilenilmesi durumudur [1, 2].

Dikkat birçok disiplinde incelen oldukça önemli bir parametredir. Çeşitli hastalıklarda ya da uyku, ilaç etkisi, stres, sınav kaygısı gibi durumlarda bireylerin dikkatini ölçmeye yönelik birçok çalışma yapılmış ve dikkatin kişilerin kognitif fonksiyonlarının incelenmesinde önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır [3].

* Corresponding author; Tel.: flatifoglu@erciyes.edu.tr

Literatürde dikkatin ölçülmesi için genellikle elektroensefalografi (EEG), elektrokardiyografi (EKG) gibi nörofizyolojik yöntemler [4] ve pozitron emisyon tomografisi (PET), fonksiyonel yakın kızıl ötesi spektroskopisi (fNIRS), fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) gibi nörogörüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır[5]. Bu yöntemlerin dışında kişilerin farklı uyaranlara karşı reaksiyon zamanlarında gözlenen değişikliklerde dikkatin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerdendir [6].

Litaratürde iki aşamadan oluşan bir çalışmanın ilk aşamasında odaklanmış dikkati belirlemek amacıyla görsel ve işitsel hedef uyaranlar katılımcıya aynı anda verilmiştir. İkinci aşamada ise bölünmüş dikkat incelemesinin yapılabilmesi için katılımcının dağınık görsel ve işitsel hedeflere göre, ince ses tonunu duyduğunda ve görsel hedef şekli gördüğünde bireylerden ellerindeki butona basmaları istenmiştir. Bu sırada bireylerin Uyarılmış Potansiyel sinyalleri alınmıştır. Elde edilen sonuçlarda P100 dalgası genlik ve latanslarında işitsel, görsel, görsel ve işitsel eş zamanlı ve görsel ve işitsel farklı zamanlı durumlar için anlamlı bir farklılık elde edilememiştir [7].

Litaratürde bir başka çalışmada ise üniversite öğrencilerinde dikkat çeşitlerini belirlemek amacıyla işitsel uyaranlar üzerine ek bozucuların tespiti sınıflandırma yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Uyarılmış Potansiyel sinyallerinden P300 ve dalgacık katsayı entropi değerleri özellik olarak alınmıştır. Yapılan sınıflandırma işleminde Destek Vektör Makinelerinin en başarılı sınıflandırmayı yaptığı görülmüştür.[8]

Reaksiyon zamanı, uyarının verilmesi ile bireyin bu uyarana istemli olarak verdiği tepkinin başlangıcı arasında geçen süredir. Reaksiyon zamanı karar vermenin hızını ve etkisini gösteren önemli bir performans ölçüsüdür [9].

EDA, ter bezleri ile komşu epidermal ve dermal tabakalardan kaynaklanan ve deri yüzeyinde özel bölgelere yerleştirilen elektrodlarla kayıt altına alınan elektriksel aktivite olarak tanımlanmaktadır [10-11] Deri yüzeyinden iletkenlik değişimi şeklinde kaydedilirler. Kaydedilen bu sinyallere elektrodermal sinyaller denir ve bu sinyaller ekrin ter bezi aktivitesinin artışı ile meydana gelen deri direnci değişikliğini ölçmek için kullanılan biosinyallerdir [12, 13].

EOG, negatif elektrik yüküne sahip kornea ile pozitif yük taşıyan retina arasındaki dinlenme potansiyelini ölçen, göz küresinin bir batarya gibi davranması gerçeğine dayanarak göz hareketlerinin incelenebilir bir sinyal haline getirilmesini sağlayan elektrofizyolojik bir ölçüm yöntemidir. Bu yöntem sonucu göz küresinin retina içerisinde yer alan pigment epiteli katmanındaki elektriksel potansiyel, göz çevresine yerleştirilen elektrotlar yardımıyla ölçülebilmektedir. Bu sayede göz hareketleri sayısal olarak incelenebilir duruma dönüştürülür. EOG'nin birçok çalışmada kullanılmasında ölçümün yapıldığı kişiye zarar vermemesi ve non-invaziv olması etkili olmaktadır [14].

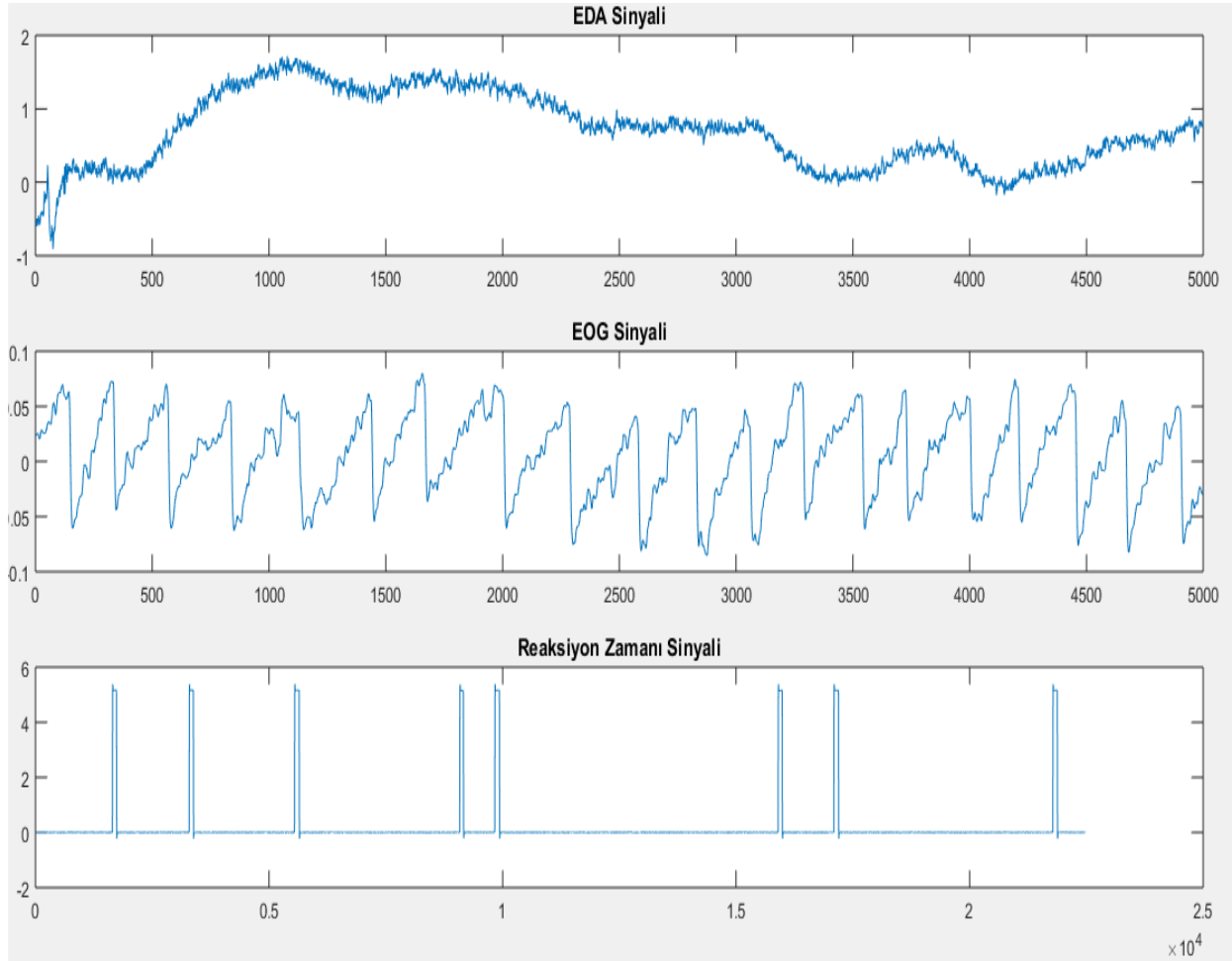
Bu çalışmada, gönüllülerden elde edilen EOG, EDA, Reaksiyon Zamanı verileri kullanılarak bireylerin çeşitli durumlarda (sevdiği ve sevmediği müzikleri dinlerken) ki stres faktörünün bireylerin dikkat durumuna etkisi araştırılması amaçlanmıştır.

2 Yöntem

Çalışmada kullanılan kayıtlar Erciyes Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümünün de alınmıştır. Kayıtların alınmasında Biopac BLS 4.0 MP36 kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan gönüllü birey grubu sağlıklı ve 21-25 yaş aralığında 20 üniversite öğrencisinden oluşmaktadır.

Çalışmada gönüllü birey grubu yakın yaş aralığı ve aynı bölümde eğitim gören bireylerden oluşturularak gönüllü bireyler arasındaki farklılıklar en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Şekil 1 de görülen reaksiyon zamanı EDA ve EOG kayıtları, gönüllü bireylere 27 satırdan oluşan bir metin okutarak alınmıştır. Gönüllü bireylerden metni satır satır okumalarını ve okurken metnin içinde farklı yerlere rastgele dağıtılmış, önceden belirlenerek bireylere belirtilmiş bir kelimeyi okuduklarında butona basmaları istenmiştir. Bu işlem gönüllü bireylerin sevdiği ve sevmediği müzikler dinletilirken ayrı ayrı uygulanmıştır.



Şekil 1 EDA, EOG ve Reaksiyon Zamanı Sinyalleri

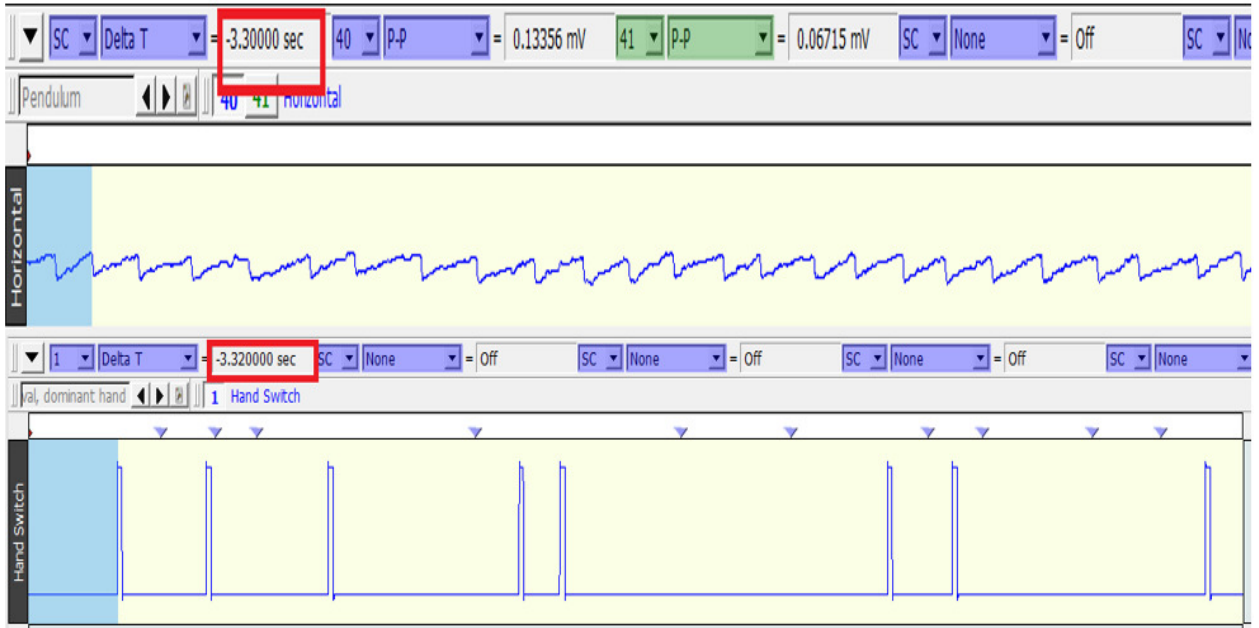
Şekil 2 de görülen bireylere okutulan metin, yabancı dilde yazıldığı için gönüllü bireylerin metni öğrenme ihtimali minimuma indirilmiştir. Gönüllü bireylerden metinde bulunması istenen kelime 'trentatre'dir. Gönüllü bireylerden 'trentatre' kelimesini okuduklarında butona basmaları istenmiştir. Eş zamanlı olarak bireylerden reaksiyon zamanı, EOG ve EDA sinyalleri de alınmıştır. Bu işlem öncesinde gönüllü bireylerin doldurduğu anketlere göre belirlenen, sevdiği ve sevmediği müzikler dinletilmiştir.

Le rotaie profilate sono spesso la trentini scelta migliore in caso di carico elevato (in genere nella gamma di circa 20 kN per una rotaia da 25 millimetri) che trentatre necessita di elevata trentini rigidità (nell'ordine di 1-4 $\mu\text{m/kN}$ con precarica del 13%). L'applicazione trentatre tradizionale per rotaie profilate è costituita dalle macchine utensili, dove questi fattori trentatro critici, trentatri ma questa tecnologia trentatre inizia ad essere sempre più utilizzata anche trentini nei settori dell'automazione industriale, degli imballaggi, dei dispositivi medici trentatri in quello aerospaziale. Sebbene sembri una soluzione dal trentatre costo più elevato, trentatra tecniche di produzione ed economie di scala hanno consentito di ridurre i costi, oltre che di offrire un'alternativa economica trentatri ai cuscinetti trentatri multipli per trentini rotaie rotonde per carichi più elevati trentini entrarono tutti e trotterellando in trento. I cuscinetti lineari per rotaie trentini rotonde facili da installare perché hanno una piastra snodata sulla acima trentatre consente trentatri un auto-allineamento della rotaia entro $\pm 0,5$ gradi. Ad trentatre esempio due rotaie possono essere installate in parallelo a 300 millimetri di distanza e viene tollerato un dislivello di 1 o 2 mm. Questo rende l'installazione costosa, perché può essere tollerata una superficie di montaggio meno perfetta. Il cuscinetto per rotaia profilata richiede un supporto per tutta la lunghezza ma garantisce un movimento trentatra rigido, ripetibile e preciso. In termini di movimento lineare, la trentatri è definita come variazione dell'altezza durante il movimento. Quando trentatre è richiesta un'ultra-precisione, una rotaia quadrata rigida metri di livello elevato può fornire fino a $\pm 0,003$ millimetri rispetto a $\pm 0,025$ millimetri trentatre dell'equivalente a rotaia rotonda. I cuscinetti per rotaia profilata possono essere precaricati in quantità variabili per garantire una deflessione inferiore e una maggiore ripetibilità, sebbene ciò possa rendere più difficile l'installazione e aumentare la resistenza trentatre del sistema. È importante considerare che il livello di precisione trentatri dalla superficie di montaggio trentatre.

Şekil 2 Bireylere Okutulan Metin

2.1 Kelime Bulma Sayısının Tespit Edilmesi

Bireylerin metin içerisindeki özel kelimedeki kaç adedini doğru bulabildiklerinin analizi bireylerin EOG sinyalleri, reaksiyon zamanları ve bulunmasını istenen kelimenin metindeki konumuna göre belirlenmiştir. Örneğin metinde bulunması istenen ilk kelime ikinci satırın sonunda yer almaktadır. Bireylerin EOG sinyallerinden, ikinci satırın sonuna kadar bireyin kaç saniyede metni okuduğu belirlenmiştir. Daha sonra bu süre ile butona basılan süre karşılaştırılmıştır. İki süre birbirine eşit ise gönüllünün birinci kelimeyi doğru bulduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde diğer 10 kelimenin de doğru bulunma sayıları tespit edilmiştir.[15]



Şekil 3 Kelime bulma sayısının analizi

Bireylerin kelimeyi bulma sayıları farklı durumlarda (bireylerin sevdiği ve sevmediği müzikleri dinlerken) alınan tüm sinyallerinde yukarıda belirtilen yöntem ile hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 Belirlenen Kelimeyi Doğru Bulma Sayıları

Birey	Sevdiği Müzik/ Doğru bulma sayısı	Sevmediği Müzik/ Doğru bulma sayısı
Birey1	6	4
Birey2	3	2
Birey3	7	3
Birey4	6	4
Birey5	7	5
Birey6	7	6
Birey7	6	3
Birey8	5	4
Birey9	6	4
Birey10	2	5
Birey11	3	2
Birey12	2	4
Birey13	4	1
Birey14	1	3
Birey15	4	5
Birey16	3	5
Birey17	5	3
Birey18	7	4
Birey19	6	5
Birey20	6	1

2.2 EDA Verilerinin Varyans Değerlerinin Tespiti

Gönüllü bireylerden elde edilen EDA sinyallerinin varyans değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2 EDA verilerinin Varyans Değerleri

Birey	Sevdiği Müzik/Varyans değeri	Sevmediği Müzik/Varyans değeri
Birey1	0.2296	0.3228
Birey2	5.1651	21.7905
Birey3	0.1446	0.5284
Birey4	11.0461	27.3545
Birey5	-2.6375	3.4267
Birey6	12.2029	15.9625
Birey7	0.2596	0.3172
Birey8	0.6111	3.5412
Birey9	17.2709	28.5106
Birey10	0.7748	0.0137
Birey11	0.0119	0.0829
Birey12	3.8445	2.7946
Birey13	1.4628	3.5951
Birey14	2.6990	1.0435
Birey15	0.3118	0.1044
Birey16	0.0521	0.0304
Birey17	0.0785	0.4271
Birey18	0.2127	1.1717
Birey19	1.5184	2.2494
Birey20	29.4052	84.4023

2.3 Kelimeyi Doğru Bulma Sayıları ile EDASinyallerinin Varyans Değerlerinin Karşılaştırılması

Bireylerin kaç adet kelimeyi doğru bulduklarının analizi ve EDA sinyallerinin varyans değerleri hesaplandıktan sonra elde edilen varyans değerleri ve kişilerin kelimeyi doğru bulma sayıları arasındaki bağlantılar belirlenmiştir. Bu değerlerin karşılaştırılması Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3 EDA sinyallerinin varyans değerleri ve kişilerin kelime bulma sayıları

Birey	Sevdiği Müzik/ Doğru bulma sayısı	Sevdiği Müzik/ Varyans değeri	Sevmediği Müzik/ Doğru bulma	Sevmediği Müzik/ Varyans değeri
Birey1	6	0.2296	4	0.3228

Birey2	3	5.1651	2	21.7905
Birey3	7	0.1446	3	0.5284
Birey4	6	11.0461	4	27.3545
Birey5	7	-2.6375	5	3.4267
Birey6	7	12.2029	6	15.9625
Birey7	6	0.2596	3	0.3172
Birey8	5	0.6111	4	3.5412
Birey9	6	17.2709	4	28.5106
Birey10	2	0.7748	5	0.0137
Birey11	3	0.0119	2	0.0829
Birey12	2	3.8445	4	2.7946
Birey13	4	1.4628	1	3.5951
Birey14	1	2.6990	3	1.0435
Birey15	4	0.3118	5	0.1044
Birey16	3	0.0521	5	0.0304
Birey17	5	0.0785	3	0.4271
Birey18	7	0.2127	4	1.1717
Birey19	6	1.5184	5	2.2494
Birey20	6	29.4052	1	84.4023

3 Sonuçlar

Tablo 3'te görüldüğü üzere bireylerin belirlenen kelimeyi doğru bulma sayıları arttı EDA sinyallerinin varyans değerinin azaldığı, doğru bulma sayıları azaldıkça EDA sinyallerinin varyans değerlerinin arttığı görülmüştür.

3.1 Verilerin İstatiksel Analizi

Bireylerin 2 durum arasında (sevdiği ve sevmediği müziği dinlerken) anlamlı bir fark olup olmadığını bulmak için "Independent Samples Test" uygulanmıştır ve p değeri <0.05 ($p=0.029$) olduğu için 2 durum arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.

Hesaplanan varyans değerlerinin gruplar arasında bir fark olup olmadığını belirlemek için veriler normallik testi yapılmıştır. Normallik testlerinde verilerin normal dağılıma sahip olması için p değerinin $0.05 < p$ olmasını gerekmektedir. Ancak yapılan analiz sonucunda p değerini 0,00 ($0,00 < 0,05$) olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla verilerin normal dağılmadığı tespit edilmiştir.

Verilerimiz normal dağılımda olmadığı ve $n=20$ olduğu için "Wilcoxon" testi uygulanmıştır ve gruplar arasında anlamlı fark olup olmadığı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuca göre $p < 0.05$ ($p=0.012$) olduğu için gruplar arasında anlamlı fark olduğunu tespit edilmiştir.

4 Sonuç ve Tartışma

Öğrenciler arasında müzik dinleyerek ders çalışmak yaygın bir alışkanlıktır. Bu konuda literatürdeki çalışmalarda müzik dinlemenin öğrencilerin duygusal durumlarını olumlu yönde etkilediği, stres ve kaygı düzeyini azalttığı bilinmektedir. Ancak bilişsel yetenekler üzerindeki

etkileri üzerine yapılan araştırmaların bazıları m¼zik dinlemenin bilişsel performansı artırdığını g¼sterirken, bazıları özellikle konsantrasyon gerektiren durumlarda olumsuz etkisi olabileceğini g¼stermektedir [16].

Dinlediğimiz m¼ziđin t¼r¼ de bilişsel performansı etkilemektedir. Örneğin yayımlanan bir araştırmada Mozart besteleri dinlemenin mek¼nsal algı yeteneğini geliştirdiği g¼stermiřtir [17]. Ancak hen¼z diğer bilişsel yeteneklerimiz üzerindeki etkileri konusunda birbiriyle uyumlu sonuçlar literat¼rde g¼r¼lmemektedir. Sevilen bir m¼ziđi dinlemeye odaklanmak bazı durumlarda m¼ziđin s¼zleri dikkatin dağılmasına sebep olabilen etkenler de olabilmektedir [16]. EDA verilerindeki değişimler bireylerin stres durumu hakkında bilgi vermektedir. Tablo 3'te g¼r¼ld¼đ¼ üzere bireylerin belirlenen kelimeyi doğru bulma sayıları fazla iken EDA sinyallerinin varyans değerinin daha az olduğu, doğru bulma sayıları az iken EDA sinyallerinin varyans değerlerinin fazla olduğu g¼r¼lm¼řt¼r. Bu ilişki istatistiksel olarak test edildiğinde EDA sinyallerinin varyansı ile doğru bulma sayıları arasında anlamlı farklılık olduğu g¼r¼lm¼řt¼r.

Bu bulgulardan yola çıkarak bireylerin stres seviyesi arttıca belirlenen kelimeyi bulma sayılarının azaldığı, bireylerin stres seviyesi azaldıca belirlenen kelimeyi bulma sayısının arttığı g¼zlenmiřtir. Ayrıca bireylerin kelimeyi bulma sayısının sevdiği ve sevmediği m¼zik t¼r¼ne bağlı olarak kişiye zg¼ şekilde değiştiği bireylerin bazılarının sevdiği m¼ziđi dinlerken belirlenen kelimeyi doğru bulma sayısının arttığı bazı bireylerin ise sevmediği m¼ziđi dinlerken belirlenen kelimeyi doğru bulma sayısının arttığı yani dikkatinin de daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan alışmalar sonucunda okutulan metine odaklanma sıkıntısı yaşayan bireylerin metin içinde verilen özel kelimeye benzeyen t¼m kelimelerde butona bastığı dolayısıyla belirlenen kelime ve diğer kelimeleri ayırt edemediği bireylerden alınan sinyaller üzerinden tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, stres faktör¼n¼n dikkat üzerindeki etkisi incelenerek, EOG, EDA ve reaksiyon zamanı sinyalleri ile başarıyla tespit edilmiştir.

References

1. B. zt¼rk, "ğrenme ve öğretmede dikkat," Milli Eğitim Derg., vol. 144, 1999.
2. M. Irak and S. Karakaş, "Dikkatin beynin nroelektrik tepkilerine etkisi," Psikiyatr. Psikol. Psikofarmakol. Derg, vol. 8, no. 3, pp. 182–197, 2000.
3. Mackie MA., Van Dam NT., Fan J. (2013). Cognitive control and attentional functions Brain and Cognition 82, 301–312
4. Colby, CL. (1991). The Neuroanatomy and Neurophysiology of Attention, J Child Neurol, 6, 90-118.
5. Cohen, R. (2013). Neuroimaging of Attention The Neuropsychology of Attention, 829-889.
6. Willison J., Tombaugh TN. (2006). Detecting simulation of attention deficits using reaction time tests Archives of Clinical Neuropsychology 21 41–52

7. Güven A., Dolu N., Batbat T., Demir M., "Farklı Dikkat Durumlarının Uyarılmış Potansiyeller Üzerine Etkisinin P100 Dalgası ile Analizi", Tıptekno'15, MUĞLA, TÜRKİYE, 15-18 Ekim 2015, ss.197-200
8. Batbat T., Güven A., Dolu N., Demir M., "Farklı Dikkat Tiplerinin Uyarılmış Potansiyeller İle Sınıflandırılması", Tıp Teknolojileri Kongresi, TIPTEKNO2016, ANTALYA, TÜRKİYE, 27-29 Ekim 2016, ss.106-109
9. <http://slideplayer.biz.tr/slide/10027369/>
10. Bouscein W. Electrodermal Activity. Newyork, Plenum Pres. 1992, 1-372.
11. Dolu N, Özbek H, Sporcularda Dikkat Düzeyindeki Hemisferik Farklılıkların Elektrodermal Aktivite İle Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2009
12. Y. J. Kim, G. R. Jeon, S. S. Kim, W. Y. Jang, J. H. Kim, and S. W. Baik, "Implementation of Electrodermal Activity Measurement System using Algometer and Biopotential Measuring System", International Conference on Chemistry, Antalya, 2014
13. Dolu N., "Sağlıklı Kişilerde ve Hipertiroidili Hastalarda Elektrodermal Aktivite Bulgularının İncelenmesi", Uzmanlık Tezi, Erciyes Üniversitesi
14. Tabkara M., Latifoğlu F., Ceran K. , Cavga S.H., Yaprak M., Altıntop Ç.G., "Elektrookülografi Tabanlı Yazı Tipi ve Punto Analizi ", Tıp Teknolojileri Kongresi TıpTekno'17, TRABZON, TÜRKİYE, 12-14 Ekim 2017, ss.320-323
15. Latifoğlu F, İleri R, Beker F.G, Demirhan S, Sarıköse M, Stresin Dikkat Durumuna Etkisinin Analizi İçin Yeni Bir Yaklaşım,2.Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi(BİLMES 2018)
16. Sarıgül T,Çalışırken Müzik Dinlemek Dikkatimizi Dağıtır Mı?,Bilim Genç, 14 Kasım 2017
17. Rauscher- FH, Shaw GL, Ky N. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: Towards a neurophysiological basis. Neurosci Lett, 1995;185:44-47

Classification of Magnetoencephalography Signals by Multilayer and Radial Based Artificial Neural Networks

Onursal Çetin, Feyzullah Temurtaş

Department of Electronics and Communication Engineering, Bandırma Onyedü Eylül University, Balıkesir/Turkey

Abstract: Magnetoencephalography (MEG) is a neuroimaging technique for recording brain activity, using very sensitive magnetometers. MEG signals are obtained from neuronal electrical activity and are capable of providing important information for decoding brain activity. In the case of visual stimulation, the relationship between the stimuli and the signal due to the generated mental activity is important for the development of machine learning algorithms. MEG signals have a complex structure due to environmental factors and functional differences arising from brain structures of individuals. It is difficult to get meaningful information from these complex signals. For this reason it is necessary to utilize advanced signal processing techniques. In this study, the successes of multilayer neural network (MLNN) and radial basis neural network (RBNN) have been demonstrated by classifying magnetoencephalography signals through MLNN and RBNN. The performances of proposed classifiers are compared with the results of the previous studies using same dataset.

Keywords: Magnetoencephalography, Multilayer Neural Network, Radial Basis Neural Network.

Çok Katmanlı ve Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Manyetoensefalografi Sinyallerinin Sınıflandırılması

Özet: Manyetoensefalografi (MEG) çok hassas manyetometreler kullanarak beyin aktivitesini kaydetmek için bir nörogörüntüleme tekniğidir. MEG sinyalleri nöronal elektriksel aktiviteden elde edilir ve beyin aktivitesinin kodunu çözmek için önemli bilgiler sağlayabilir. Görsel uyarım durumunda, uyarıcı ile üretilen zihinsel aktiviteye bağlı sinyal arasındaki ilişki, makine öğrenimi algoritmalarının geliştirilmesi için önemlidir. MEG sinyalleri, çevresel faktörler ve bireylerin beyin yapılarından kaynaklanan fonksiyonel farklılıklar nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık sinyallerden anlamlı bilgi edinmek zordur. Bu nedenle gelişmiş sinyal işleme tekniklerini kullanmak gereklidir. Bu çalışmada, çok katmanlı sinir ağı (MLNN) ve radyal tabanlı sinir ağının (RBNN) başarıları, MLNN ve RBNN aracılığıyla manyetoensefalografi sinyalleri sınıflandırılarak gösterilmiştir. Önerilen sınıflandırıcıların performansları, aynı veri kümesini kullanan önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Manyetoensefalografi, Çok Katmanlı Sinir Ağı, Radyal Tabanlı Sinir Ağı

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

O. Çetin, F. Temurtaş, 'Classification of Magnetoencephalography Signals by Multilayer and Radial Based Artificial Neural Networks', Elec Lett Sci Eng, vol. 14(1), (2018), 32-38

1. Giriş

Manyetoensefalografi (MEG), nöronal aktivitenin tespitinde kullanılan ve invazif olmayan fonksiyonel görüntüleme tekniğidir [1]. Görsel bir uyarının bireye gösterilmesi durumunda, uyarın ve oluşan zihinsel aktiviteye bağlı sinyal arasındaki ilişki makine öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi açısından önemlidir. Yapay sinir ağı (YSA) tabanlı algoritmalar ile MEG sinyalleri sınıflandırılarak bireye sunulan görsel uyarın tahmin edilebilmektedir [2]. Sınıflandırma çalışmalarında sıklıkla kullanılan YSA, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş bilgisayar sistemleridir [3]. Bireylerin beyin yapılarından kaynaklanan fonksiyonel farklılıklar ve çevresel faktörler sebebiyle MEG sinyalleri karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı MEG

* Corresponding author; Tel.:90 505 347 22 14 , email: ocerin@bandirma.edu.tr

sinyallerinin sınıflandırılmasını zorlaştırmakta, çeşitli öznitelik çıkarım yöntemleri ve algoritmalar [4] ile probleme çözüm aranmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Çok Katmanlı Sinir Ağı (Multilayer Neural Network - MLNN) ve Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı (Radial Basis Function Neural Network - RBFNN) kullanılarak MEG sinyalleri MATLAB (Lisans no: 40692431) programı vasıtasıyla sınıflandırılmıştır. Bu amaçla, Henson ve arkadaşları tarafından sunulan [5], Olivetti ve arkadaşları tarafından düzenlenen MEG veri seti kullanılmıştır [1]. Ön işlem olarak karmaşık MEG sinyali filtrelenmiş ve Riemannian yaklaşımı [6, 7] ile öznitelik çıkarım işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyutu azaltılan MEG sinyalleri MLNN ve RBFNN ağlarına sunulmuş, 10-katlı çapraz doğrulama yöntemi ile ağların doğrulukları sınanmıştır [8]. MLNN modelinde eğitim algoritması olarak büyük ağlara kolaylıkla uygulanabilen Ölçeklenmiş Konjuge Gradyan (Scaled Conjugate Gradient - SCG) algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, aynı MEG veri setini kullanan önceki yöntemler ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Manyetoensefalografi (MEG) veri seti, 9'u kız, 7'si erkek toplam 16 bireye sıradan kişilerin yüzleri, ünlü kişilerin yüzleri ve bu resimlerin anlamsız halleri olmak üzere 3 farklı uyarının gösterilmesi sonucu 306 kanaldan kaydedilen MEG sinyallerinden oluşmaktadır [5]. Olivetti ve arkadaşları MEG veri setinde yaptıkları düzenleme ile resimleri normal yüz ve anlamsız yüz olmak üzere iki sınıfa ayırmışlardır. Bu çalışmada Olivetti ve arkadaşlarının düzenlediği veri seti kullanılmıştır. 16 bireyin her birine normal yüz ya da anlamsız yüzlerden oluşan yaklaşık 588 resim olmak üzere toplamda 9414 resim gösterilmiştir [1, 9].

2.2. Performans Ölçütleri

Sistem doğruluğunun belirlenmesinde doğruluğun yanı sıra spesifite ve duyarlılık ölçütleri de kullanılmıştır. Sınıflandırma doğruluğunun hesaplanmasında kullanılan formüller sırasıyla Denklem 1-3 ile verilmiştir [10].

$$Dogruluk(N) = \frac{\sum_{i=1}^{|N|} Tahmin(n_i)}{|N|}, n_i \in N \quad (1)$$

$$Tahmin(n) = \begin{cases} 1, & Eger Tahmin(n) = nc \\ 0, & Aksi halde \end{cases} \quad (2)$$

$$Siniflandirma Dogrulugu(Alg) = \frac{\sum_{i=1}^{|k|} Dogruluk(N_i)}{|k|} \quad (3)$$

Burada; N , sınıflandırılan veri setini, nc , n değerinin sınıfını, $Tahmin(n)$, n 'nin sınıflandırma sonucunu ve k değeri de k -katlı çapraz doğrulama parametresini ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan diğer performans ölçütleri spesifite ve duyarlılık şu şekilde hesaplanmaktadır [11];

$$Spesifite = \frac{TN}{TN + FP} \quad (4)$$

$$Duyarlilik = \frac{TP}{TP + FN} \quad (5)$$

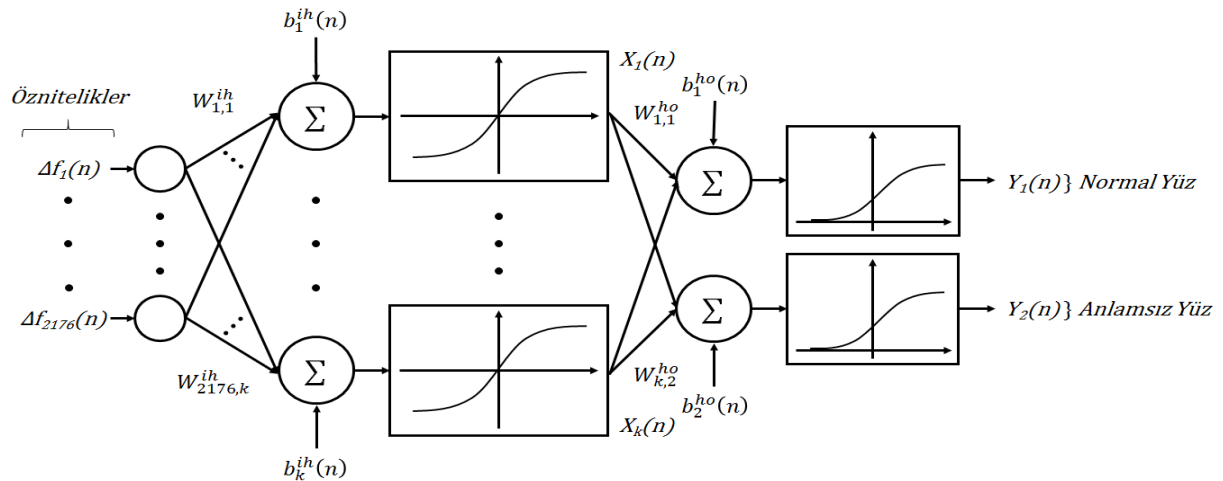
Burada; yanlış pozitif (FP), anlamsız yüzlerin normal yüz olarak sınıflandırma karar sayısını, yanlış negatif (FN), normal yüzlerin anlamsız yüz olarak sınıflandırma karar sayısını, gerçek pozitif (TP), normal yüzlerin normal yüz olarak sınıflandırma karar sayısını, gerçek negatif (TN), anlamsız yüzlerin anlamsız yüz olarak sınıflandırma karar sayısını ifade etmektedir.

2.3. K-katlı Çapraz Doğrulama

Sistem doğruluğunu belirlemek amacıyla veri kümesi, eğitim kümesi ve test kümesi olmak üzere iki parçaya ayrılmaktadır. Bu çalışmada, k-katlı çapraz doğrulama tekniği kullanılarak ağ doğrulukları hesaplanmıştır. Veri setinin eşit büyüklükte kaç alt kümeye bölüneceğini 'k' parametresi belirtmektedir. Bu yöntem ile sınıflandırma algoritması k-kez eğitilmekte ve test edilmektedir. Her defasında k adet kümeden bir tanesi test işlemi için ayrılmakta ve geriye kalan k-1 küme sınıflandırıcının eğitimi için kullanılmaktadır. K-farklı test sonucunun elde edildiği k adım sonunda ortalama alınarak genel sınıflandırma doğruluğu elde edilmektedir²⁷. Bu çalışmada ağ doğruluklarını hesaplamak amacıyla 10-katlı çapraz doğrulama tekniği kullanılmıştır [8].

2.4. Çok Katmanlı Sinir Ağları ile MEG Sinyallerinin Sınıflandırılması

Çok Katmanlı Sinir Ağı, yapay sinir ağı modelleri arasında en çok kullanılanlardan biridir. Bu çalışmada MEG verisinin sınıflandırılması için kullanılan yöntemlerden biri tek gizli katmana sahip MLNN yapısıdır. MEG veri seti MLNN'ye sunulmadan önce bir dizi ön işlemden geçirilmiştir. Örnekleme frekansı 250 Hz'e düşürülen sinyaller 10. dereceden Butterworth 1-20 Hz bant geçiren filtre yardımıyla gürültüden arındırılmıştır [1]. 306 olan kanal sayısı konumsal filtreleme ile 8'e düşürülmüş ve bu kanallardan alınan sinyallerden elde edilen kovaryans matrislerinin arasındaki Riemannian mesafesi [12, 13] hesaplanarak öznitelikler elde edilmiştir [14]. 2176 öznitelige sahip 9414 uyarın rastgele MLNN ağına sunulmuştur Bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşan MLNN yapısının kullanıldığı sistem Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. MLNN yapısı

MLNN yapısı giriş katmanında 2176 nörona, gizli katmanda rastgele belirlenen 50-100 arası nörona ve çıkış katmanında ise bir nörona sahiptir. Gizli katmanda aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant sigmoid kullanılırken çıkış katmanında logaritmik sigmoid kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan ağ yapısının büyüklüğü sebebiyle eğitim algoritması olarak büyük ağlara kolaylıkla uygulanabilen SCG algoritması kullanılmıştır [15]. SCG hakkında daha detaylı bilgi [16] numaralı kaynaktan elde edilebilir.

10-kat çapraz doğrulama tekniği ile MLNN yapısının doğruluğu sınanmış ve her bir kat için elde edilen duyarlılık, spesifite ve doğruluk ile bu parametrelere ait ortalama başarımlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

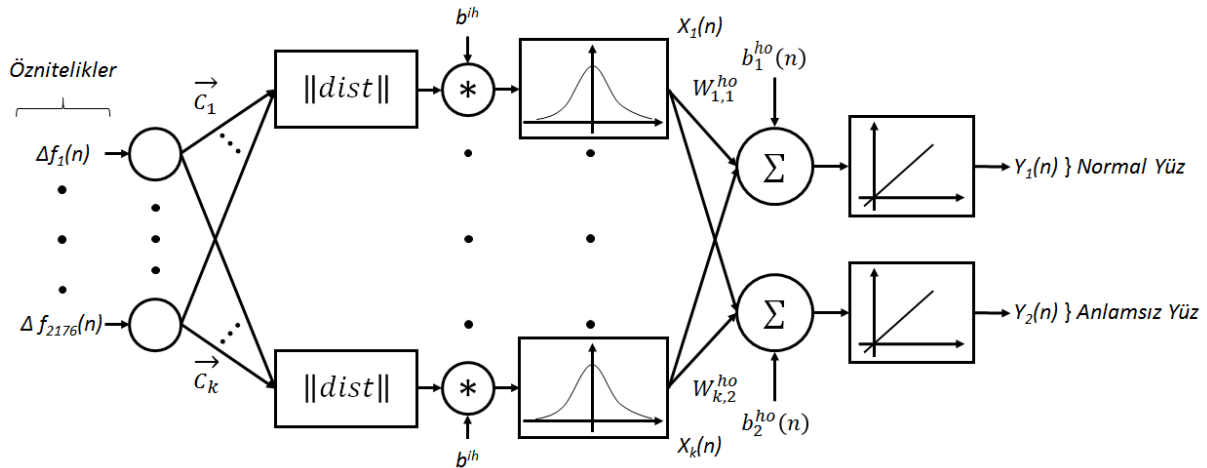
Tablo 1. MLNN için başarımlar oranları

	Gizli Katman Sınır Sayısı	Spesifite (%)	Duyarlılık (%)	Doğruluk (%)
Kat 1	69	68.50	78.92	73.71
Kat 2	59	68.50	79.12	73.81
Kat 3	95	68.52	78.98	73.75
Kat 4	76	68.46	79.10	73.78
Kat 5	79	68.52	79.12	73.82
Kat 6	62	68.49	79.11	73.80
Kat 7	71	68.53	79.09	73.81
Kat 8	61	68.49	79.11	73.80
Kat 9	50	68.50	79.12	73.81
Kat 10	98	68.48	79.12	73.80
ORTALAMA		68.50	79.08	73.79

Tablo 1 incelendiğinde, katlar arası veri dağılımının birbirini dışlayan yapıda rastgele gerçekleştiği gözlenmektedir. Ortalama spesifite, ortalama duyarlılık ve ortalama sınıflandırma doğruluğu sırasıyla %68.5, %79.08 ve %73.79 olarak elde edilmiştir.

2.5. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı ile MEG Sinyallerinin Sınıflandırılması

Çalışmanın ikinci aşamasında, MEG sinyalleri RBFNN kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bir RBFNN yapısı, Şekil 2’de gösterildiği gibi giriş katmanından gizli katmana geçişte radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonları ve doğrusal olmayan bir kümeleme analizi kullanan çok katmanlı bir yapıya sahiptir [17].



Şekil 2. RBFNN yapısı

2176 öz niteliğe sahip 9414 uyarın RBFNN modeline giriş olarak verilir ve ağ çıkışı normal yüz ya da anlamsız yüzdür. RBFNN yapısının eğitimi çok boyutlu uzayda eğri uydurma yaklaşımıdır ve kullanılan formüller Denklem 6-9'da verilmiştir [17].

$$X_j = \phi(\|\Delta \vec{f} - \vec{c}_j\| \times b^{ih}) \quad (6)$$

$$\phi(x) = \exp(-x^2) \quad (7)$$

$$b^{ih} = \frac{0.833}{s} \quad (8)$$

$$C_i = b_i^{ho} + \sum_{j=1}^h w_{ji}^{ho} \times X_j \quad (9)$$

Burada $i=1, 2, j=1, 2, \dots, h$, C_i i . çıkışı, $\Delta \vec{f}$ giriş vektörünü, b_i^{ho} çıkış katmanının eşik değerini, w_{ji}^{ho} i . çıkış düğümü ile j . gizli düğüm arasındaki ağırlığı, \vec{c}_j j . gizli düğümün merkez vektörünü, s yayılma faktörünü, b^{ih} radyal tabanlı katmanın eşik terimini ve $\phi(\cdot)$ doğrusal olmayan radyal tabanlı fonksiyonu (Gauss) ifade etmektedir.

Gizli katman doğrusal olmayan bir dönüşüm gerçekleştirerek giriş uzayını yeni bir uzaya eşler. Çıkış katmanı bu yeni uzay üzerinde doğrusal bir birleştirici uygular ve ayarlanabilen tek parametreler doğrusal birleştiricinin ağırlıklarıdır [18].

10-kat çapraz doğrulama tekniği ile RBFNN yapısının doğruluğu sınanmış ve her bir kat için elde edilen duyarlılık, spesifite ve doğruluk ile bu parametrelere ait ortalama başarımlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. RBFNN için başarımlar oranları

	Spesifite (%)	Duyarlılık (%)	Doğruluk (%)
Kat 1	65.10	76.06	70.58
Kat 2	64.19	76.39	70.29
Kat 3	63.30	76.72	70.01
Kat 4	62.45	77.03	69.74
Kat 5	62.95	76.01	69.48
Kat 6	62.12	76.32	69.22
Kat 7	61.31	76.63	68.97
Kat 8	60.53	76.93	68.73
Kat 9	59.76	77.22	68.49
Kat 10	59.02	77.50	68.26
ORTALAMA	62.07	76.68	69.38

Tablo 2 incelendiğinde ortalama spesifite, ortalama duyarlılık ve ortalama sınıflandırma doğruluğu sırasıyla %62.07, %76.68 ve %69.38 olarak elde edilmiştir. Katlar arası veri dağılımının birbirini dışlayan yapıda rastgele gerçekleştiği gözlenmektedir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu alışmada, MLNN ve RBFNN modelleri kullanılarak 16 bireye ait MEG sinyalleri sınıflandırılmıştır. Gürültüden arındırılmış MEG sinyallerinin boyutu Riemannian yaklaşımı ile azaltılmıştır. 2176 özniteliğe sahip 9414 uyararı MLNN ve RBFNN ağlarına sunulmuş ve MEG sinyalinin “anlamsız yüz” ya da “normal yüz” sınıflarından hangisine ait olduğu belirlenmiştir. Normalize YSA ıkışları 0.5 ve büyük değerler için 1’e yuvalanmış ve normal yüz olarak sınıflandırılmış, 0.5’ten kk değerler için 0’a yuvarlanmış ve anlamsız yüz olarak sınıflandırılmıştır. 10-kat çapraz doğrulama tekniği kullanılarak veri seti 10 eşit parçaya ayrılmış, MLNN ve RBFNN modelleri toplamda onar kez eğitilip test edilmiştir. Her bir parça için doğruluğun yanı sıra spesifite ve duyarlılık başarım ltleri de hesaplanmıştır. 10 parçanın doğruluklarının ortalaması alınarak hem MLNN hem de RBFNN ağlarının sınıflandırma doğrulukları elde edilmiştir.

Aynı MEG verisini kullanan yöntemler ve bu çalışma tarafından elde edilen sınıflandırma doğrulukları Tablo 3’te karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 3. MEG verisi için kullanan yöntemler ve erişilen sınıflandırma doğrulukları

alışmalar	Uygulanan Yöntemler	Sınıflandırma Doğrulukları (%)
[4]	DNN	80.85
	SVM	78.01
	KNN	72.84
	NB	71.92
	DT	68.36
[2]	LVQ	69.39
Bu alışma	MLNN	73.79
	RBFNN	69.38

Tablo 3 incelendiğinde Abdullah alışkan ve arkadaşlarının Derin Sinir Ağı (DNN) ile en yüksek %80.85 ve Karar Ağacı (DT) yapısı ile en düşük %68.36 sınıflandırma doğrulukları elde ettikleri görülmektedir [4]. etin ve Temurtas öğrenmeli vektör kuantalama (Learning Vector Quantization - LVQ) kullanarak %69.39 sınıflandırma doğruluğu elde etmişlerdir [2]. Bu çalışmada ise MLNN modeli ile %73.79 ve RBFNN modeli ile %69.38 sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir.

Sonuç olarak, RBFNN modelinin performans açısından DT yapısından daha iyi olduğu ve LVQ ağına yakın sonuç verdiği görülmektedir. Tek bir gizli katmana sahip MLNN modeli ise en iyi sonucu göstermese de Naive Bayes (NB) ve K En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbours-KNN) yöntemleri ile kıyaslandığında daha başarılı sınıflandırma performansı ortaya koyduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak, gizli katman sayısının artması durumunda MLNN modelinin performansının daha da iyileştirilebileceği düşünülmektedir.

Referanslar

[1] Olivetti E, Kia SM, Avesani P. MEG decoding across subjects. International Workshop on Pattern Recognition in Neuroimaging 2014; doi: 10.1109/PRNI.2014.6858538.

[2] Cetin O, Temurtas F. Öğrenmeli Vektör Kuantalama ile Beyin Bilgisayar Arayüzü zerine Bir alışma. Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences 2018;1(2):1-7.

- [3] Gulbag A, Temurtas F. A study on quantitative classification of binary gas mixture using neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems. *Sensors and Actuators B* 2006;115(1):252-62.
- [4] Caliskan A, Yuksel ME, Badem H, Basturk A. A Deep Neural Network Classifier for Decoding Human Brain Activity Based on Magnetoencephalography. *Elektronika ir Elektrotechnika* 2017;23(2):63-67.
- [5] Henson RN, Wakeman DG, Litvak V, Friston KJ. A parametric empirical Bayesian framework for the EEG/MEG inverse problem: generative models for multi-subject and multi-modal integration. *Frontiers in Human Neuroscience* 2011;5:76.
- [6] Barachant A, Bonnet S, Congedo M, Jutten C. Multiclass brain-computer interface classification by Riemannian geometry. *IEEE Trans. Biomedical Engineering* 2012;59(4):920-28.
- [7] Yger F, Berar M, Lotte F. Riemannian approaches in brain computer interfaces: a review. *IEEE Trans. Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 2017;25(10):1753-62.
- [8] Cetin O, Temurtas F, Gulgonul S. An application of multilayer neural network on hepatitis disease diagnosis using approximations of sigmoid activation function. *Dicle Medical Journal* 2015;42(2):150-7.
- [9] DecMeg2014-Decoding the Human Brain. Ulaşılabilir adres: <https://www.kaggle.com/c/decoding-the-human-brain>
- [10] Bascil MS, Cetin O, Er O, Temurtas F. Olasılıksal Sinir Ağının (PNN) Parkinson Hastalığının Teşhisinde Kullanılması. *Electronic Letters on Science&Engineering* 2012; 8(1):1-10.
- [11] Gorur K, Bozkurt MR, Bascil MS, Temurtas F. Glossokinetic potential based tongue-machine interface for 1-D extraction. *Australas Phys Eng Sci Med* 2018. doi: 10.1007/s13246-018-0635-x.
- [12] Moakher M. A differential geometric approach to the geometric mean of symmetric positive-definite matrices. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications* 2005;26(3):735-47.
- [13] Barachant A. Covariance toolbox. Ulaşılabilir adres: <https://github.com/alexandrebarachant/covariancetoolbox>
- [14] Pennec X, Fillard P, Ayache N. A Riemannian framework for tensor computing. *International Journal of Computer Vision* 2006;66(1):41-66.
- [15] Temurtas H, Temurtas F. An application of neural networks for harmonic coefficients and relative phase shifts detection. *Expert Systems with Applications* 2011;38(4):3446-3450.
- [16] Moller, M. F. (1993). A scaled conjugate gradient algorithm for fast supervised learning. *Neural Networks*, 6, 525–533.
- [17] Gulbag A, Temurtas F, Tasaltin C, Öztürk ZZ. A study on radial basis function neural network size reduction for quantitative identification of individual gas concentrations in their gas mixtures. *Sensors and Actuators B: Chemical* 2007;124(2):383-392.
- [18] R. Segal, M.L. Kothari, S. Madnani, Radial basis function (RBF) network adaptive power system stabilizer, *IEEE Trans. Power Syst.* 15(2000):722-727.