



BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ BEYKENT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Beykent Üniversitesi Yayınları, No 164

Cilt/Volume: 14 Sayı/Number: 1 Yıl/Year: 2021 Spring/Bahar

ISSN: 1307 - 3818

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN VE MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ DERGİSİ



BEYKENT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Sertifika No:

46286

Beykent Üniversitesi Yayınları , No 164

Cilt/Volume: 14 Sayı Number: 1 Yıl Year: 2021 Spring/Bahar



SAHİBİ/PROPRIETOR

Prof. Dr. Murat FERMAN

Beykent Üniversitesi adına / on behalf of Beykent University

GENEL YAYIN YÖNETMENİ / EDITOR IN CHIEF

Doç. Dr. İnanç Işıl YILDIRIM

GENEL YAYIN YÖNETMEN YARDIMCILARI / ASSISTANT EDITORS

Dr.Öğr. Üyesi Atınç YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Begüm BAYRAKTAROĞLU

YAYIN KURULU / PUBLISHING BOARD

Prof. Dr. Adnan KAYPMAZ

Prof. Dr. Ayşe Uğur TÛTENGİL

Prof. Dr. Kazım SARI

Prof. Dr. Şeyma AYDINOĞLU

YAYINEVİ MÛDÛRÛ

İlkay ERARSLAN

Her hakkı saklıdır. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi yılda iki kez yayımlanan, hakemli bir dergidir. Yayın dili Türkçe ve İngilizce dir. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nde yayımlanan makalelerdeki görüş ve düşünceler yazarların kişisel düşünceleri olup, hiçbir şekilde Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nin veya Beykent Üniversitesi'nin görüşlerini ifade etmez. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'ne gönderilen makaleler iade edilmez.

DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Murat FERMAN (Beykent Üniversitesi Rektörü)

Prof. Dr. Hüseyin CÖMERT (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Tanay Sıdkı UYAR (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÛR (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Osman PALAMUTÇUOĞULLARI (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Ayla ANTEL (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi)

Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi)



Prof. Dr. Talha DİNİBÜTÜN (Doğuş Üniversitesi)

Prof. Dr. Ataç SOYSAL (Doğuş Üniversitesi)

Prof. Dr. Ömer OĞUZ (Haliç Üniversitesi)

Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Prof. Dr. Ali PINAR (Boğaziçi Üniversitesi)

Prof. Dr. Argun KOCAMAN (İstanbul Altınbaş Üniversitesi)

Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Prof. Dr. Gündüz HORASAN (Sakarya Üniversitesi)

Prof. Dr. Ayşe Nilay EVCİL (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU (İstanbul Medipol Üniversitesi)

Prof. Dr. Elif ÖZKARA CANFES (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Prof. Dr. Ümit İŞIKDAĞ (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi)

Doç. Dr. Başar ÖZTAYŞI (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Bilge YILDIRIM GÖNÜL (Beykent Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin Kerem AYTULUN (Beykent Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi İhsan KARAGÖZ (Beykent Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Serdar KAZANCIOĞLU (Beykent Üniversitesi)



İÇİNDEKİLER

A SCHEDULING SYSTEM FOR ENHANCING AND MONITORING WORK PERFORMANCE OF FIELD EMPLOYEES Büşra ÖZDENİZCİ KÖSE, Aybüke ÇAKICI, Vedat ÇOŞKUN, Tolunay KAYMAKÇI, İlayda İŞLEK, Mohammed ALSADI	6-14
EKSOZOMLARIN HASTALIKLARDAKİ ROLÜ, TANI VE TEDAVİ AMAÇLI KULLANIMI Burak AYGAN, Mustafa KAYA, Esra CANSEVER MUTLU, İsrail KÜÇÜK	15-26
GIYİLEBİLİR DOKU ELEKTRONİĞİ Ceren TÜRKCAN	27-34
ANLIK GÜÇ ŞİDDET ÖLÇÜSÜNÜN YAKIN SAHA YER HAREKETİNE MARUZ KALAN YAPILARIN MAKSİMUM VE KÜMÜLATİF TEPKİLERİNİ TAHMİN ETMEDEKİ ETKİNLİĞİ Esra ZENGİN	35 - 42
GÖRÜNTÜ TABANLI OSMANLI ESERLERİNİ SORGULAMAK İÇİN REST DESTEKLİ ERİŞİM SİSTEMİ Ediz ŞAYKOL	43 - 50
APPLICATIONS OF ROBOTIC PROCESS AUTOMATION IN FINANCE AND ACCOUNTING Özge DOĞUÇ	51-59

A SCHEDULING SYSTEM FOR ENHANCING AND MONITORING WORK PERFORMANCE OF FIELD EMPLOYEES

Büşra ÖZDENİZCİ KÖSE*, Aybüke ÇAKICI**, Vedat ÇOŞKUN**
Tolunay KAYMAKÇI***, İlayda İŞLEK***, Mohammed ALSADI**

ABSTRACT

Today, field sales and service businesses are continuously endeavoring to form their processes and operations more effective. Managing field employees and their tasks (or activities) are often difficult in most organizations. In field sales and service businesses, organizations mostly have problems with communicating work plans to employees since the workforce is spread over different areas having unique geospatial data. They need smart scheduling and planning information systems to make things planned and organized at the work environment and to automate sales and sales force management functions; and also to plan, track, and manage the allocation of labor resources. This study presents a Geographical Information System (GIS) based comprehensive scheduling system, called Scheduler+ for planning, organizing and monitoring the field employees and streamlining operations of field sales and service businesses. The proposed system aims to ensure dynamic and automatic scheduling customer point based tasks, to provide support to employees, to record the data to be obtained during the realization of tasks, and also to enable reporting and tracking of work performance. In this context, this paper presents the general design and analysis issues including the system context, modules, functionalities, some user interface designs and main development considerations.

Keywords: *Scheduling, GIS, Task Management, Map, Calendar*

Received:20.08.2021 ; Accepted :24.08.2021 - Research DOI: 10.20854/bujse.985510

1Corresponding Author: Büşra ÖZDENİZCİ KÖSE Gebze Technical University, Koaceli/Turkey, busraozdenizci@gtu.edu.tr

2Beykent University, Istanbul/Turkey, 3Geovision Group, Istanbul/Turkey

SAHA ÇALIŞANLARININ İŞ PERFORMANSINI ARTIRMA VE İZLEMeye YÖNELİK BİR PLANLAMA SİSTEMİ

Büşra ÖZDENİZCİ KÖSE*, Aybüke ÇAKICI**, Vedat ÇOŞKUN**
Tolunay KAYMAKÇI***, İlayda İŞLEK***, Mohammed ALSADI**

ÖZ

Günümüzde saha satış ve hizmet organizasyonları, süreç ve operasyonlarını daha etkin hale getirmek için sürekli çaba sarf etmektedir. Saha çalışanlarını ve görevlerini yönetmek çoğu organizasyonda genellikle zorlu bir süreçtir. Saha satış ve hizmet işletmelerinde, iş gücü benzersiz coğrafi verilere sahip farklı alanlara yayıldığından, kuruluşlar yoğunlukla iş planlarını çalışanlara iletmede sorun yaşarlar. Çalışma ortamında işleri planlayıp organize etmek, satış yönetimi işlevlerini otomatikleştirmek ve ayrıca iş gücü kaynaklarının tahsisini planlamak, izlemek ve yönetmek için akıllı zamanlama ve planlama bilgi sistemlerine ihtiyaçları duyarlar. Bu çalışma, saha çalışanlarını planlamak, organize etmek ve izlemek ve saha satış ve hizmet organizasyonlarının operasyonlarını kolaylaştırmak için Scheduler+ adı verilen Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı kapsamlı bir planlama sistemi sunmaktadır. Önerilen sistem, müşteri nokta bazlı görevlerin dinamik ve otomatik olarak planlanmasını, çalışanlara destek sağlamayı, görevlerin gerçekleştirilmesi sırasında elde edilecek verileri kaydetmeyi ve ayrıca iş performansının raporlanmasını ve izlenmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, bu çalışma sistem bağlamı, sistem modülleri, işlevsellikler, bazı kullanıcı arayüzü tasarımları ve temel sistem geliştirme konuları dahil olmak üzere genel tasarım ve analiz konularını sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Planlama, CBS, Görev Yönetimi, Harita, Takvim

I. INTRODUCTION

Nowadays, businesses and professionals are persistently endeavoring to form their processes and operations more effective and robust. Organizations need smart information systems to make things planned and organized at the work environment. Especially for business like field sales and logistics, service; scheduling and planning information systems have a critical role to automate and streamline sales and sales force management functions; and also to plan, track, and manage the allocation of labor resources [1, 2].

The term scheduling system or software have various definitions depending on the purpose of the business used. Davidson [3] describes scheduling systems simply as 'a method of using scheduling algorithms and rules to help multiple people manage appointments and meetings'. This definition mainly emphasizes the streamlining of the scheduling process of clients, patients, and meetings. Another definition for scheduling software is that it supports businesses 'by enabling them to manage and track their own and employees' time, create and maintain employee schedules, assign workers to shifts or jobs and track everything in real-time' [4]. In a broader term, a valuable definition -for field sales and logistics like businesses- can be automation of the scheduling process of tasks, employees and other resources of businesses [5, 6].

Managing field employees (i.e., field workers, mobile workers) and their tasks (or activities) are often difficult in most organizations. In field sales and service businesses, organizations have problems with communicating work plans to employees [5, 6] since the workforce is spread over different areas having unique geospatial data. Geospatial data is also known as geodata or spatial data that has locational information connected to a dataset such as address, city or ZIP code [7, 8]. An effective scheduling system using geospatial data can help field sales and service businesses centralize accurate information at a single database, monitor task performance of field employees, optimize resources and increase customer engagement in different locations. Real-time monitoring and planning tool can also increase transparency and accountability by automatically generating optimized schedules.

Currently, there are various kind of scheduling software within the industry depending on their business purpose and design. Some popular examples are Acuity Scheduling, Wrike, Synchroteam, Vectera and more [4, 5]. Businesses use these scheduling systems to manage both internal and external activity planning which

include different features like shared calendar, allocation and resource management features. According to the analysis of Capterra [5], a vast majority of the systems allow users to automate appointment bookings by offering a real-time view of their own time available. Most employee scheduling software let employees view their schedules, realize tasks, shift tasks based on employee availability in real time. They notify managers about required staffing changes in case of unexpected events and provide available employees. Some existing solutions also support mobile functionality which allows managers to operate this process on the go as well. Even, some of them can automatically sync calendars according to time zones of users and can send reminders to users regarding their plans and schedules. However, comprehensive scheduling software solutions are not widely available as yet which uses both geospatial data of customers and field employees (i.e., mobile workers) of the business; and accordingly plans and schedules the tasks of field employees and other resources of the business.

The aim of this study is to introduce a comprehensive scheduling system for planning, organizing and monitoring the field employees and streamlining operations of particularly field sales and service businesses. The proposed system, Scheduler+ aims to ensure dynamic and automatic scheduling customer point based tasks (e.g., visits, collecting orders, distribution of orders) and also manual updating of them; to provide location, communication, information gathering and similar support to employees during the realization of these plans; to record the data to be obtained during the realization of tasks; and to enable the consolidation, evaluation and reporting of collected information at the end of the day.

The proposed system will be distinguished from competing applications in that it is based on a Geographical Information System (GIS); every task is affiliated with a spatial data. In this regard, the system first creates route plan for the field employees by evaluating the spatial data of customer points through a routing algorithm; and then schedules and organizes the route plan into unique tasks on map as well as on calendar. The locations of tasks and movements of the field employees will be displayed on the map on the smartphone, location-based information and support will be provided to the employees; on the other side the managers will be able to track their own staff on the map on the web browser.

The proposed system design issues and system functionalities are presented in this study in detail. The paper is organized as follows: In Section II, the proposed system's business and design context are described.

Afterwards, in Section III, system functionalities and design considerations are presented through system components. System development considerations are summarized in Section IV and finally the conclusions and further work are presented in Section V.

II. SYSTEM CONTEXT

The proposed system have two main components: Web Scheduler+ which will be used by Managers, and Mobile Scheduler+ which will be used by Field Employees. In this sense, the generic business flow of proposed system can be summarized as follows:

- (1) The Web Scheduler+ allows to create optimized routes and task plans for field employees in general and pushes them to mobile workers as field employees.
- (2) The Mobile Scheduler+ displays all the tasks either on map or calendar; field employee as the owner of smartphone realize her tasks on different customer points, and also enters all task feedback details on her Mobile Scheduler+ application.
- (3) Continuous, real-time feedback is provided to the Manager’s Web Scheduler+ in order to track and monitor the work performance as well as to get reports about earned value and performance.

Different types of tasks using geospatial data are possible depending on the purpose of business. For example, field sales representative can visit customer points in order to receive data (e.g., order, product, customer) through such as dynamic survey forms or taking photos; or distribution teams can realize their distribution or dispatching operations as tasks on diverse customer points; repair service or utility (e.g., electricity, natural gas, water) service technicians can realize maintenance tasks on different customer points.

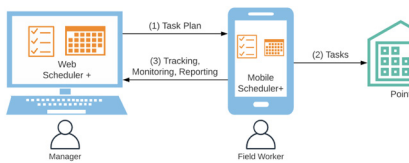


Fig. 1: Generic Business Flow

As mentioned and also illustrated in system context diagram of the proposed system in Figure 2, the Web Scheduler+ component is used by Managers as Admin; whereas Mobil Scheduler+ component is used by Field Employees. The other essential issues of the designed system context are as follows:

- (1) The Web Scheduler+ is a group of Planner and Task

Manager modules:

- (a) Planner module allows to plan and optimize a set of jobs (i.e., daily, weekly or monthly visits) for a set of field employees through a routing algorithm which runs based on spatial data along with set of rules. The planner module creates territories for customer points and produces an optimal route plan for each territory.
- (b) Task Manager module gets the planned data, creates tasks and assigns them field employees. These tasks can be displayed on a map or on a calendar; hybrid views are also possible.

- (2) The Mobile Scheduler+ receives task information details from the Web Scheduler+ and directs field workers to realize the planned schedule. Field employee can view assigned task information, update task details and even create new task information on the calendar or map.

- (3) The system will provide easy integration with other platforms:

- (a) The system will use external map services (e.g., Google Map [9], Yandex [10], Here Map [11]), in order to obtain point location, traffic data and road data. This feature will support Planner module and allow field employees to perform their tasks in an time effective manner as well.
- (b) Calendar systems such as iCalendar [12], Google Calendar [13], will collaboratively work with the proposed system through well-defined APIs (Application Programming Interface). The system will allow to automatically sync calendars according to users’ time zones and can send regular alerts and reminders to users regarding their appointment schedules.

- (c) Communication platforms will be integrated to the system as well in order to promote real-time communication, field employee performance improvement, issue handling and so on.

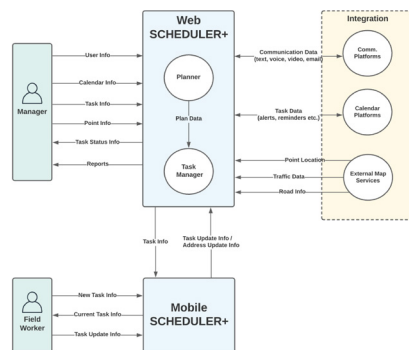


Fig. 2: Context Diagram

III. SYSTEM FUNCTIONALITIES

The system modules and functionalities of Web Scheduler+ and Mobile Scheduler+ are explained hereunder in Table 1 and Table 2. In accordance with the functional requirements analysis, system user interface (UI) flows are started to be designed via Lucidchart software (<https://lucid.app>). This tool allows to model the interactions that users have with a product effectively and show how a user will navigate a software's interface. An UI example is also given in Figure 3.

Table 1:
System Modules and Functions of Web Scheduler+zz

System Module	Functions
Login & User Settings	<ul style="list-style-type: none"> Admin can login to the program by using User ID & Password; or with face recognition; or with fingerprint. Admin can change her password by entering her current password; or by using the link in the SMS to be sent to her phone; or by entering the code in the SMS to be sent to her smartphone; or by clicking on the link to be sent to her e-mail; or by entering the code to be sent to her e-mail. The appearance and content of the web platform can be customized. Admin can adjust settings related to the scheduler language, tasks, activities and realization of point visit. Admin profile can be viewed and updated.
Point Management	<ul style="list-style-type: none"> New point(s) can be defined on the system. Points can be added to the system via Excel file or REST API. Points can be added manually by entering point information. The points registered to the system can be displayed on the map. The points registered to the system can be displayed as a list. The selected point information can be updated. The selected point (if it is not attached to any referential integrity rule) can be deleted.
Territory Management	<ul style="list-style-type: none"> All territories including their points can be displayed on the map. New territory(s) can be created on the map. Existing territory borders can be updated. Two or more territories can be merged.

Team Management	<ul style="list-style-type: none"> New employee(s) can be defined on the system. Employees can be added to the system via Excel file or REST API. A new employee can be added manually by entering employee information. The live position of the employees who are in working hours is displayed on the map. Employees registered to the system can be displayed as a list. An employee defined on the system can be updated. An employee defined on the system can be deleted.
Task Management	<ul style="list-style-type: none"> Task types (such as sales, order, distribution, survey) defined on the system can be displayed as a list. Selected task type information can be displayed. A new task type can be added to the system manually. A task type defined on the system can be removed from the usage list.
Automatic Planning and Scheduling	<ul style="list-style-type: none"> Automatic planning (i.e., core function of the system) can be performed through a routing algorithm by using the data, constraints (e.g., daily or 1-4 weeks), rules (e.g., shortest route, prevention of zone intersections) and other target contents entered by the admin. The system can create the automatic plan and present it to the Admin. Admin can approve or reject the plan offered by the system. Admin sends the approved plans as schedules to the relevant employees. Plans and schedules of employees can be downloaded as Excel or PDF.
Map Operations	<ul style="list-style-type: none"> Automatically planned and scheduled tasks can be viewed and filtered with the parameters on map by filtering parameters such as field employee, region, segment, channel, frequency, or task type. The following operations can be done on map manually: <ul style="list-style-type: none"> Task information can be displayed when clicked. Displayed task can be deleted.

	<ul style="list-style-type: none"> o Displayed task can be updated. o A new task can be defined for an employee by clicking on a point. o Performed manual updates on map can be saved and sent to employees after each change. Route can be optimized again if necessary. • Admin is warned, if there are unfinished operations when the browser screen is turned off. 		<p>another field employee, or can be transferred to another time.</p> <ul style="list-style-type: none"> • When clicked on a point; if the visit has not started, the task can be cancelled.
<p>Calendar Operations</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Automatically planned and scheduled tasks can be viewed and filtered with the parameters on calendar. • The following operations can be done on calendar manually: <ul style="list-style-type: none"> o New task(s) can be defined to employees when clicked on the empty slot. o Task information can be displayed when clicked. o Displayed task can be duplicated for another empty slot. o Displayed task can be updated; it can be assigned to another person or time information can be changed. o Displayed task can be deleted. o Performed manual updates on map can be saved and sent to employees after each change. Route can be optimized again if necessary. • Admin is warned, if there are unfinished operations when the browser screen is turned off. 	<p>Task History View on Map</p>	<ul style="list-style-type: none"> • The data to be displayed on the map can be filtered with the parameters such as field employee, day, zone, category. • The planned route and the actual route can be displayed separately on map. • When clicked on a point; customer point information, task status information and task feedback details can be displayed. • When clicked on a point; communication with the field employee or the regarding customer can be started. • Mission report for each point can be displayed. • Task history details can be downloaded as Excel or PDF.
<p>Real-Time Monitoring</p>	<ul style="list-style-type: none"> • The data to be displayed on the map can be filtered with the parameters such as field employee, task in a specific zone or in a particular category. • The planned route and the actual route (real-time view) can be displayed separately on map. • When clicked on a point; customer point information and details regarding visit can be displayed. • When clicked on a point; if the visit has been completed, the result of visit information can be displayed. • When clicked on a point; communication with the field employee can be started. • When clicked on a point; if the visit has not started, the task can be updated, or can be assigned to 	<p>Task History View on Calendar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • The data to be displayed on the map can be filtered with the parameters such as field employee, day, zone, category. • The planned route information and the actual route information can be listed with their start and end time details. • When clicked on a point; customer point information, task status information and task feedback details can be displayed. • When clicked on a point; communication with the field employee or regarding customer can be started. • Mission report for each point can be displayed. • Task history details can be downloaded as Excel or PDF.
		<p>Reporting</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Past transactions report can be downloaded. Some examples of the useful reports that can be obtained from the system are reports regarding mission plan, update, deletion, initiation, completion; performance and KPI analysis for a field employee; all made communication details (who, with whom, when, what was done etc.), and other similar event logs.

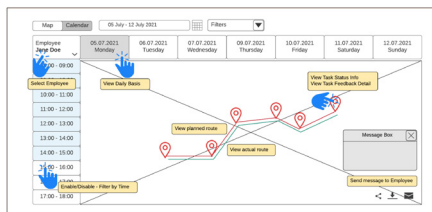


Fig. 3: A Sample User Interface Design of Real-Time Monitoring by Manager

Table 2: System Modules and Functional Requirements of Mobile Scheduler+

System Module	Functions
Login & User Settings	<ul style="list-style-type: none"> Authorized users can login to the program by using User ID & Password; or with face recognition; or with fingerprint. User (i.e., field employee) can change her password by entering her current password; or by using the link in the SMS to be sent to her phone; or by entering the code in the SMS to be sent to her smartphone; or by clicking on the link to be sent to her e-mail; or by entering the code to be sent to her e-mail. Employee profile information can be viewed. Employee profile information can be updated. The appearance and content of the screens can be customized. The password used to login to the application can be updated.
Task Management on Map	<ul style="list-style-type: none"> User can view and filter their tasks in map format on the mobile application. Completed and uncompleted tasks can be viewed with different colors separately on map. The route of all assigned tasks for the current day can be displayed. When clicked on a point, customer point information, task status information and task feedback details can be displayed. When clicked on a point; task details can be updated. The status (result) of the assigned task can be entered. One task can be assigned to another employee, and in that case both customers and assigned field employee are notified. The time can be changed, and accordingly customer is informed. When clicked on a point; the task can be cancelled, and accordingly the Admin is informed. Task can be realized by initiating the activity (e.g., visit) on map. Task can be ended by clicking end activity on map. User can report problems (wheel exploded, customer failed, etc.) to Admin. By clicking on an empty place on the map, a new task on a point can be added. The customer can be informed about the upcoming field employee visit.
Task Management on Calendar	<ul style="list-style-type: none"> User can view and filter their tasks in calendar format on the mobile application. Completed and uncompleted tasks can be viewed with different colors separately on calendar. User can be informed about the changes in the calendar.

- When clicked on a task in the calendar; customer point information, task status information and task feedback details can be displayed.
- When clicked on a task in the calendar; task details can be updated. User can enter the status of the assigned task. One task can be assigned to another employee, and in that case both customers and assigned field employee are notified. The time can be changed, and accordingly customer is informed.
- When clicked on a task in the calendar; the task can be deleted, and accordingly the Admin is informed about cancelled task.
- User can report problems (wheel exploded, customer failed, etc.) to Admin.
- Task can be realized by initiating the activity (e.g., visit) on map. Task can be ended by clicking end activity on map.
- By clicking on an empty slot on the calendar, a new task can be added.



Fig. 4: A Sample User Interface Design of Task Management on Map by Field Employee

IV. DEVELOPMENT CONSIDERATIONS

For developing the system use cases of proposed system; the most appropriate and necessary tools are selected:

- (1) For the web service of the system, it was preferred to develop a Java server software integrated with the high-performance and well-equipped Dropwizard Framework.
- (2) PostgreSQL, which is used as the database infrastructure, is connected to this server software using the Hibernate ORM tool.
- (3) IntelliJ IDEA integrated development environment tool is used for structuring and development of the backend server software.
- (4) GeoServer, which is an open source server for sharing geospatial data, is used for receiving data from major spatial data sources that use open standards.
- (5) React and React Native JavaScript libraries are used to design the frontend part (web and mobile) of the system, which enables fast and effective development.

V. CONCLUSIONS AND FURTHER WORK

This paper introduces a comprehensive scheduling system for planning, organizing and monitoring the field employees and streamlining operations of particularly field sales and service businesses. By using the GIS capabilities, Scheduler+ will ensure automatic scheduling and management of customer point based tasks. The system will produce a route plan for a field employee by evaluating the spatial data of customer points through a routing algorithm; and then it will schedule and organize the route plan into unique tasks on map as well as on calendar of field employee. Location-based information and support will be provided to the field employees through mobile application; whereas the managers will be able to monitor and track their team's performance.

With this study, the system context, modules with functionalities, and development considerations are introduced in detail. Also, some examples regarding the user interface designs are demonstrated. The further work will focus on the details of Web and Mobile Scheduler+ development and implementation results of the described system modules and functionalities.

REFERENCES

- [1] Ivert, L. K., & Jonsson, P. (2010), The potential benefits of advanced planning and scheduling systems in sales and operations planning. *Industrial Management & Data Systems*.
- [2] Kreipl, S. and Dickersbach, J.D. (2008), "Scheduling coordination problems in supply chain planning", *Annals of Operations Research*, Vol. 161 No. 1, pp. 103-23.
- [3] Davidson, E. (2021). What Is a Computerized vs. Manual Scheduling System? Chron. Online Access: <https://smallbusiness.chron.com/computerized-vs-manual-scheduling-system-11956.html>
- [4] Software Advice (2021). Scheduling Software. Online Access: <https://www.softwareadvice.com/scheduling/#buyers-guide>
- [5] Capterra (2021). Scheduling Software. Online Access: <https://www.capterra.com/scheduling-software/?feature=%5B2011%5D&sortOrder=sponsored>
- [6] Diffley, W. (2021). Award-Winning Employee Scheduling Solutions, AAP. Online Access: <https://www.aaphcm.com/en-us/articlesfromaap/scheduling>
- [7] Burrough, P. A., McDonnell, R. A., McDonnell, R., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of geographical information systems*. Oxford university press.
- [8] OmniSci (2021). Geospatial – A complete introduction. Online Access: <https://www.omnisci.com/learn/geospatial>
- [9] Google Maps, <https://developers.google.com/maps>
- [10] Yandex Maps, <https://yandex.com/dev/maps/>
- [11] HERE Maps, <https://developer.here.com>
- [12] Google Calendar, <https://support.google.com/calendar>
- [13] Apple, iCalendar, <https://www.icloud.com/calendar>

EKSOZOMLARIN HASTALIKLARDAKİ ROLÜ, TANI VE TEDAVİ AMAÇLI KULLANIMI

Burak AYGAN*, Mustafa KAYA*,**, Esra CANSEVER MUTLU*, İsrail KÜÇÜK**

ÖZ

Eksozomlar hücreler arası protein, lipid ve nükleik asitleri kargo olarak taşıyan hücreler arası pek çok görevi olan organeller ve doğal nanopartiküllerdir. Bu çalışmada kanser tipleri, enfeksiyonlu hastalıkları ve sinir sistemi hastalıklarını da içeren eksozomların tanı ve tedavi süreçlerindeki işlevleri ele alınmaktadır. Eksozomların, hücre dışı reseptör sinyallerini aktive etme rollerinden, tümör mikro-çevresindeki etkin rollerine kadar, enfeksiyon önlenmesine ve bağışıklık sisteminin indüklenmesini içeren iletim özellikleri incelenmektedir. Eksozomların izolasyon ve karakterizasyon yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları incelenerek hastalıklarda biyobelirteç olarak kullanımı analiz edilmektedir. Bu derleme çalışmasında, öncelikle eksozom kavramı tanımlandı ve daha sonrasında eksozomun kanserde, enfeksiyonel hastalıklarda ve sinir hastalıklarında patogenezi incelendi. Eksozomların saflaştırma yöntemleri, üretimi ve karakterizasyonu ele alındı. Son olarak eksozomların tanı ve tedavide terapötik amaçlı kullanımı birkaç örnek ile izah edildi. Sahip olduğu avantajlar göz önüne alındığında tedavi amacıyla kullanımı açısından ümit verici olmasının yanı sıra eksozomların, hızlı ve etkili bir şekilde tanı konulmasını sağlayabileceği yapılan çalışmalarla gösterildi.

Anahtar Kelimeler: Hücre dışı vezikül, biyobelirteç, hücreler arası iletişim, prognoz, tanı, tedavi

*Makalenin Gönderim Tarihi:04.02.2021 , Makalenin Kabul Tarihi:16.08.2021 Makale Türü: Derleme
DOI: 10.20854/bujse.874609

*Beykent Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, Sarıyer/İstanbul,
**Gebze Teknik Üniversitesi, Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı, Nanoteknoloji Enstitüsü, Cumhuriyet,
2254. Sk. No:2, 41400 Gebze, Kocaeli

Sorumlu yazar: İsrail KÜÇÜK, i.kucuk@gtu.edu.tr

THE ROLE OF EXOSOMES IN DISEASES AND THEIR USE FOR DIAGNOSIS AND THERAPEUTIC PURPOSE

Burak AYGAN*, Mustafa KAYA*,**, Esra CANSEVER MUTLU*, İsrail KÜÇÜK**

ABSTRACT

Exosomes are organelles and natural nanoparticles that carry intercellular proteins, lipids and nucleic acids as carrier. In this study, the functions of exosomes, including cancer types, infectious diseases and nervous system diseases, in both diagnosis and treatment processes are discussed. From their role in activating extracellular receptor signals to the tumor microenvironment, their transmission properties including infection prevention and induction of the immune system are studied. The advantages and disadvantages of isolation and characterization methods of exosomes are examined and their use as a biomarker in diseases is analyzed. The advantages and disadvantages of the isolation and characterization methods of exosomes are examined and their use as a biomarker in diseases is analyzed. In this review, firstly, the concept of exosome was defined and then the pathogenesis of exosome in cancer, infectious diseases and nervous diseases was examined. Purification methods, production and characterization of exosomes were discussed. Finally, the therapeutic use of exosomes in diagnosis and treatment is explained with a few examples. Considering the advantages it has, it has been shown by the studies that it is promising in terms of use for therapeutic purposes, as well as providing a fast and effective diagnosis.

Keywords: *Extracellular vesicle, biomarker, intercellular communication, prognosis, diagnosis, treatment*

*Makale Gönderim Tarihi: 16.01.2020 ; Makale Kabul Tarihi : 30.05.2020 Makale Türü: Araştırma

DOI: 10.20854/bujse.666813

*Sorumlu yazar: İstanbul Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü (hakan.gencoglu@izu.edu.tr) (ORCID ID: 0000-0003-2968-1615)

**Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü (tarikyer@trakya.edu.tr) (ORCID ID: 0000-0002-9888-0151)

1. EKSOZOMLARIN HASTALIKLARDAKI ROLÜ, TANIVETEDAVİAMAÇLIKULLANIMI

Eksozom Gelişen Tanımı

Eksozomların hücreler arası iletişimde rol aldığı ve hücrenin homeostazisi için öneme sahip olduğu bilinmektedir (Desdín-Micó & Mittelbrunn, 2017). Eksozomlar, vücut hücrelerinin çoğunda salgılanan, hücre zarından köken almış yaklaşık 1-120 nm dış çap boyutu dağılımına sahip nano boyutta, biyolojik kökenli diğer bir değişle doğal veziküllerdir (Vlassov, Magdaleno, Setterquist, & Conrad, 2012). Eksozomların ilk keşfiyle ilgili yapılan araştırmalarda eksozomların hücrelerden salgılandıkları tespit edildikten sonra, bu doğal nanopartiküllerin hücre hasarı sonrası oluşmuş atık parçacıklar veya hücre homeostazının yan ürünleri olduğu öne sürüldü. Ancak sonrasındaki araştırmalar, bu hücre dışı veziküllerin protein, lipid ve nükleik asitleri bünyesinde kargo olarak taşıdıkları ve bu kargoların hedef hücelere gönderildiği ve hedef-alıcı hücreleri uzaktan programlayabildiği gösterildi. Aslında bu vesiküller biyolojik homeostazın düzenlenmesinde kod taşıyan ve decod edilmesi önem arz eden biyolojik malzemelerdir. Bu sebeple, içeriğindeki kargonun köken aldığı hücreden alıcı hücreye taşınması ile hücreler arası iletişimde önemli rol aldıkları gösterildi (Desdín-Micó & Mittelbrunn, 2017) (Tkach & Théry, 2016).

Hücrelerarası etkileşiminin yanı sıra immünit modülasyonda da önemli role sahip olduğu keşfedilmiş olan eksozomlar, endozomun olgunlaşması esnasında endozom zarının içe kıvrılarak çoklu kesecik yapıları (MVB: Multi-Vesicular-Bodies) oluşturmaktadır. Daha sonra, oluşan MVB keseciklerinin hücre zarıyla birleşmesi sonucu çift zarla çevrili kargonun (eksozomun) hücrelerarası boşluğa bırakılması gerçekleşmekte olup, biyogenez akışını takip etmektedir (Barile & Vassalli, 2017).

Eksozomlar lipid çift katman yapısındadır ve endozomal bir orjinden geldikleri için tetraspaninler, geçiş membranı proteinleri, Annexin ve Rab proteinleri gibi çok çeşitli zar proteinlerine sahiptirler. Bu nedenle hücre zarının yapısında yer alan lipid raftlar içindeki kolesterol, fosfatidilkolin, fosfatidilserin ve digliseritler bütün eksozomlarda bulunan ortak lipidomic molekülleridir. Köken almış olduğu hücre tipine bağlı olarak eksozomların içerisinde farklılık gösterse de genel hatlarıyla CD63, CD9, Rab5, Alix ve Lamp-1 en sık kullanılan eksozomal zar belirteçleridir. Eksozomların zarı köken aldığı hücrenin zarından oluştuğu için köken aldığı hücrenin zar kompozisyonun ihtiva etmektedir (H Rashed et al., 2017).

Eksozomlar, hedeflenen hücelere membran reseptörleriyle bağlanabilmekte, içerik salınımı yapmak için endositoz yolunu kullanabilmekte; diğer bir değişle plazma membranı ile birleşebilmektedir (H Rashed et al., 2017). Eksozomların, içeriğinde proteinleri ve lipitleri bulundurdıkları gibi aynı zamanda birtakım kodlanmayan RNA'ları, ve diğer düzenleyici nükleik asitleri de kargo olarak taşıdıkları bilinmektedir. Bünyesindeki kargoyu hücrelerarası iletişimini sağlamak için organizma içinde bir hücreden diğerine taşır. Genellikle siRNA, miRNA, snoRNA, snRNA taşıdıkları raporlanmış olup bu sayede gen ifadesinin düzenlenmesine katkıda bulunur. miRNA'ları eksozomlar vesilesiyle herhangi bir degradasyona (kompleks bir bileşimin komponentlerine ayrılması) uğramadan, stabil bir halde taşıdıkları ve alıcı hücrelerde de aktif rol oynayarak fonksiyonlarını yerlerine getirdikleri gösterildi (Valadi et al., 2007).

Hücreler arası iletişimi sağlarken hücre dışı sıvıda bulunan eksozomların, hücre dışı taşıma mekanizmasına sahip oldukları kesinleşmiştir. İçeriğinde eksojen siRNA bulunan eksozomların kullanıldığı bir çalışmada bu eksozomların kan-beyin bariyerini geçebileceği kanıtlanmıştır (Jiang et al., 2019).

150 nm altında olan bu doğal partiküllerin, kan-beyin bariyeri de dahil birçok biyolojik bariyerleri kolayca aşabilme yetisi ve yapısındaki çeşitli lipid monomerlerden kaynaklanan yüksek stabilite özellikleri eksozomları, kendine has özelliklerini ihtiva eder. Bundan dolayı kanser, enfeksiyon ve sinir (nörolojik) hastalıklar da dahil olmak üzere birçok hastalık için biyobelirteç ve gen tedavisine yönelik olarak kullanımı mümkündür (Urbanelli et al., 2015).

Eksozom Patogenezi

Eksozomların Kanserdeki Rolü

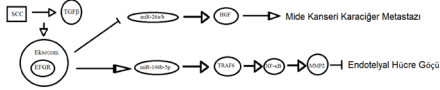
İnsan vücudundaki birçok hücreden salınıp gerçekleşen eksozomların tümör hücrelerinden de salınımları gerçekleşir. Çok sayıda çalışma, eksozomların kanserde birçok işleve sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Tümör hücrelerinde aktif olarak üretilmekte olan eksozomlar, bağışıklık sistemine saklanarak, tümör büyümesine sebep olmak yollarıyla hücrelerin metastaz süreçlerinde etkili olmaktadır (Ersöz, Can, & Uzunoğlu, 2016).

Tümörlerin korunmasının ve genişlemesi kabiliyetlerinin tümör mikroçevresi ile doğrudan ilgisi olduğu bilinmektedir. Tümör mikroçevresi oluşumunda, endotelial hücreler, fibroblastlar ve infiltrat bağışıklık hücreleri tümör hücreleri ile etkileşime girmektedir (Kahveci, 2020). Bu etkileşimlerin düzeyi eksozomların içerikleri tarafından belirlenir (Kohlhapp, Mitra, Lengyel, & Peter, 2015).

Ayrıca ekzozomlar, tümör mikroçevresini ve ekstrasellüler matrisi modüle etmek için, hücre dışı reseptör sinyallerini aktive eder ve hücre yapışmasını düzenler (Song et al., 2021). Sonuçta kanser hücrelerinde bulunan ekzozomlar aracılığıyla otokrin, parakrin ve endokrin etkileşime olanak sağlayan yoğun bir iletişim ağı kurulmakta ve bu ağda endotel hücrelerinden immün sistem hücrelerine uzanan çok sayıda aktör yer almaktadır (Tavukçuoğlu, 2018).

Bilinen örnekleriyle hematopoetik (lösemi ve miyelom), epitel (meme kanseri) ve mezenkimal (yumuşak doku sarkomu ve osteosarkom) kanserlerinde tümör dokulardan salınımı gerçekleşen ekzozomların oluşturduğu iletişim ağı, tümörün proliferasyonuna, invazyonuna ve metastazına neden olduğu bildirilmiştir (Kok & Yu, 2020). Kanser hücrelerini, immün sistemden kaçırabilmenin rolünü ekzozomlar üstlenmekte, immün hücreleri inhibe edebilmekte, tümör mikro çevresinde anjiyogenezi artırmakta, ilaç direnci kazanmaktadır. Ayrıca ekzozomlar, yüzeylerinde ya da vezikül içinde taşıdıkları onkojenik sinyal proteinleri, ligandlar, enzimler ve miRNA'lar sayesinde tümörün progresyonuna ve metastazına neden olur (Tavukçuoğlu, 2018). Örneğin Ekzozomal miR-105, sıkı bağlantı proteini ZO-1 seviyesini azaltabilmekte ayrıca endotelial tek tabakaların bariyer işlevini yok edebilir. Bu yüzden Ekzozomal miR-105, vasküler geçirgenliğe ve uzak organlarda metastaza sebep olur (W. Zhou et al., 2014). Ekzozomal miR-23a ise prolif hidrokstilaz 1/2 (PHD 1/2) Çhipoksi ile indüklenebilir faktör 1- α (HIF-1 α) ve ZO-1 kaskadındaki yolu düzenleyerek anjiyogenezi ve geçirgenliği artırdığı bildirilmiştir (Hu et al., 2018). Ekzozomlar, Vasküler Endotelial Büyüme Faktörü VEGF (vascular endothelial growth factor), PDGF (platelet-derived growth factor), TGF- β (transforming growth factor β), and bFGF (basic fibroblast growth factor) gibi çeşitli anjiyogenik uyarıcı kargolara sahip olabilmektedir (Ludwig, Yerneni, Razzo, & Whiteside, 2018). Ekzozomlar endotel hücrelerinin yeniden programlanmasına ve modülasyonun indüklenmesine neden olarak anjiyogenezi tetikler (Song et al., 2021). Endotelial büyüme faktörü reseptörü (EGFR) sağlayan ekzozomlar, endotel hücrelerinin sinyal yollarının düzenlenmesine önemli bir rol oynar. EGFR, miRNA'sının (miR-26a/b) ifadenmesini baskılamak suretiyle hepatosit büyüme faktörünü (HGF) etkin bir şekilde aktive eder. Karaciğer HGF'sinin yukarı regülasyonu, mide kanserinden karaciğer metastazını teşvik ederken, karaciğer HGF'sinin aşağı regülasyonu metastazı bastırmaktadır. TGF β tip II reseptörü (TBR1), skuamöz hücreli karsinom (SCC) tümör hücrelerinden ekzozomlarda yaygın bir bileşendir. Tümör mikroçevresinde TGF β sinyalini uyarabilir. Yumurtalık kanserinden tümörle ilişkili makrofaj (TAM) türevli ekzozomlar, endotel hücre göçünü

baskılamak için miR-146b-5p/TRAF6/NF- κ B/MMP2 yolunu hedefleyebilmektedir (Şekil 1) (Hu et al., 2018).



Şekil 1:

Ekzozomların endotel hücrelerinin sinyal yolundaki rolü (Hu ve arkadaşlarının makalesinden dönüştürülüp Türkçeye kazandırılmıştır) (Hu et al., 2018).

Ekzozomların kanser yayılımı ve gelişimi aşamalarında kanser mikroçevresi ile etkileşimi:

- Salınan ekzozomların epitelyal mezenkimal geçişi etkileyerek matris bozulmasına neden olması,
- Tümör kökenli ekzozomların makrofajları aktive etmesi sonucu endotelial hücreleri zarar vermesi,
- Kan dolaşımındaki tümör hücreleri ve tümör aktif trombositlerden serbestlenen ekzozomların bağışıklık sistemi hücrelerini etkilemesi,
- Endotelial hücrelerin yüzeyindeki adezyon proteinleri bağlanmak suretiyle yukarı yönlü düzenlemeler gerçekleştirilmesi ve
- Ekzozomların uygun bir niş içerisinde tümör hücrelerinin çoğalmasını sağlayarak mikro metastaza sebep olması olarak sıralanabilir (Hu et al., 2018).

Fibroblastlar, makrofajlar, inflamatuvar faktörler, büyüme faktörleri ve inflamatuvar hücrelerden oluşan tümör mikro çevresi tümörün hayatta kalmasını sağlayan karmaşık bir iç ortamdır. Bir kanserin teşhisi ve tedavisi bu ortamın iyi anlaşılmasından geçmektedir. Ekzozomlar, tümör mikroçevresindeki etkin rolünden dolayı tümör mikroçevresinde taşıyıcılar ve klinik tanımlarda biyobelirteçler olarak işlev görebilme potansiyeline sahiptir (Hu et al., 2018).

Eksomların Enfeksiyonel Hastalıklarındaki Rolü

İnsan vücut hücrelerinin yanı sıra mantar, bakteri, protoza ve virüsler de ekzozom salımı yapar (Schwab et al., 2015). Ekzozomlar ökaryotik hücre arasında iletişimden sorumlu olduğu gibi prokaryotik canlılarla da iletişime ve adaptasyona katkı sağlar (Hasegawa, Futamata, & Tashiro, 2015). Ekzozomlar, bir enfeksiyon durumunda enfeksiyonun yayılmasına yardımcı veya enfeksiyonun önlenmesine yönelik bağışıklık tepkisinin oluşmasına yönelik karşıt rol oynar. Ekzozomun içeriğindeki lipid, protein, karbonhidrat ve mikrobiyal antijenin konakçı bağışıklık sistemine eklenmesiyle enfeksiyona karşı koruma sağlanabilirken, yine içeriğindeki kargoların (lipit, protein, karbonhidrat, enfeksiyonu kolaylaştıran genler) enfekte edici içeriği sayesinde enfeksiyonu yayması, sitotoksite oluşumunu, bakteriyel invazyona neden olması ve konakçı immün yanıtı modüle etmesi söz konusu olmaktadır (Jones et al., 2018) (Ohno, Ishikawa, & Kuroda, 2013).

Viral enfeksiyonlar, eksozom oluşumuna ve konaççı hücrelerden serbestleşmesine neden olmaktadır. Örneğin HIV-1 ile enfekte olmuş konaç hücreden negatif faktör proteini (Nef) içeren eksozomlar salınmaktadır. Nef proteini alıcı konaç hücrede sinyal transdüksiyon dinamiklerini değiştirmek suretiyle viral enfeksiyona sebep olur. Hepatit C ve hepatit A ile enfekte hücrelerden salınan eksozomlar viral RNA ve protein kargosu sayesinde yeni hücreleri enfekte etmektedir. Hepatit A gibi bazı zarfsız virüsler konaççı hücrenin endozomlarını kaplama meteryali olarak kullandığı bildirilmiştir (Schwab et al., 2015).

Eksozomların Sinir Hastalıklarındaki Rolü

Eksozomlar, hücreler arası iletişim ve yük taşıma özelliklerinden dolayı birçok sinir hastalığında da rol oynar. Bazı proteinler eksozomlarla bağlantılı şekilde hücrede salgılanabilir ve hücre dışı sıvılarıyla salınabilir. Protein bozukluğundan kaynaklanan bazı hastalıklar incelendiğinde eksozomların etkileri gözler önüne serilmektedir.

“Kuru ve Creutzfeldt-Jakob” hastalığına ve sığırlarda “Deli Dana” olarak adlandırığımız “Spongiform Ensefalopati” hastalığına neden olur. Yanlış katlanan prion protein scrapie (PPS), normal bir prion proteininin (PP) merkezi sinir sisteminde yoğunlaşarak PPS’ye dönüşümünü katalize eder ve hastalığa neden olmaktadır. Gastrointestinal sistemden immün hücrelerle beyne transferi sağlanan PPS’nin, transferi gerçekleştiren sistemdeki mekanizması hala ortaya çıkarılmamıştır. Fevrier, PPS ile ilişkili eksozomların prion yayılımında katkısının olabileceğini ve bu eksozomların enfekte hücrelerden salgılandığını tayin etmektedir (Ohno et al., 2013). Parkinson hastalığının ilerleme mekanizması açıklanamasa da nedeni α -syn’ nin prion benzeri bir süreçte yayıldığı tahmin edilmektedir. Eksozomların parkinson hastalığının ilerlemesinde önemli bir rolü vardır. α -syn proteinlerini içeren eksozomların varlığı ve doğrudan hücre dışına salındığı rapor edildi. Hem monomerik olup hem de oligomerik özelliğe sahip α -syn proteinlerinin, hem ortamda serbest şekilde buldukları hem de eksozomlarda kalsiyum bağımlı şekilde salındıkları belirlendi. İleri çalışmalarla da bu bulgu kanıtlanmıştır (Chung, Chan, Chen, Hung, & Hong, 2021). Örneğin, α -syn Proteinlerinin eksozomal salımının ve alınımının lizozom organelinin inhibe edilmesi durumunda arttığı gözlemlenmiştir. Serbest α -syn oligomerleriyle eksozom ile ilişkili α -syn oligomerleri karşılaştırılması sonucu alıcı hücreler tarafından alınması ve toksisiteye neden olma durumu serbest α -syn oligomerlerinde daha yüksek değer vermektedir (Yu et al., 2020) (Chung et al., 2021).

Alzheimer hastalığının önemli nedenleri arasında amiloid beta proteininin ($A\beta$) birikimi verilebilir. Prec- ve protein sekretaz bölünmesi sonucu oluşan amiloid beta, sekretaz beta ile endozomlarda yerleşmiş durumda bulunmakta ve eksozom özelliği taşıyan alix proteini, insan amiloid plaklarında güçlendirir. Bundan yola çıkacak olursak amiloid beta ilişkili eksozomlar topluluğunda bulunduğu söylenebilir (Ohno et al., 2013). Hafif / şiddetli evrede olan alzheimer hastalarındaki beyin omurilik sıvılarında oluşan anormal tau proteini konsantrasyonunun, erken evredeki hastalara nazaran ciddi anlamda yüksek sonuçlar vermiştir. Bu fenomen, tau proteinin eksozom aracılı sekresyonunun anormal tau işlenmesinde ve erken alzheimer hastalığı sırasında beyin omuriliği sıvısı tau artışında önemli bir rol oynayabileceğini gösterdi. Aynı zamanda alzheimer hastalarının beyin omurilik sıvısından ekstrakte edilen hipo-fosforile tau proteini içeren eksozomlar, nöronlarda ve mikroglia da tau proteini toplanmasını sağlar (Jiang et al., 2019).

İnme hastalığı çalışmalarında insan amiloid proteini eksprese edilen bir transgenik farelerin beyininde bulunan eksozomlarla çalışmalar sağlanmıştır. Alzheimer hastalarından alınan eksozomlarda da rastlandığı üzere transgenik farelerden elde edilen eksozomlarda da tam uzunlukta ve C-terminal amiloid öncü protein (AÖP) parçaları tespit edildi. P-sekretaz, endozomlar içerisinde AÖP kelivaji gerçekleştirilerek AP peptidi farklı gövdelere ayrılır ve eksozomlarla beraber salınır (Zhang & Chopp, 2016).

Böylelikle eksozomal kargo proteinlerinin insan-fare transgeniği sağlanmasıyla ve C-terminal APP ile zenginleştirilen eksozomların, AP peptitlerinin beyne salınmasına katkı sağlamıştır. Farklı bir çalışmada ise mezenkimal stroma hücrelerinden (MSH) elde edilen ekstraselüler veziküller (EV) kullanılmıştır (Wang et al., 2020). Bu EV’ler, inflamasyon durumunu düzenleyen ve fare inme modelinin geri kazanımını destekleyebilen lipide bağlı nano ölçekli veziküllerdir. MSH’den elde edilen EV’ler, beyinde korteks bölgede oluşan nöroinflamasyonu azaltarak bir tedavi durumu sağlamıştır. İntravenöz yoluyla MSH uygulanması durumunda MSH kaynaklı EV’ler tarafından tekrar üretim sağlanabilmektedir. EV’ler, beyin belirli yerlerinde oluşan hasarlar sonucu gerçekleşen nöronal inflamasyonu EV’lerin arter içine enjekte edilmesiyle baskı sağlayabilmektedir. Bu durum EV’lerin MSH kaynaklı olmasıyla ilgili şüpheleri ortadan kaldırmaktadır ve tedavide umut verici özellik sağlamaktadır (Zhang & Chopp, 2016) (Wang et al., 2020).

Eksozomların Saflaştırılması, Üretimi ve Karakterizasyonu

Eksozomlar kan, tükürük, idrar, anne sütü, amniyotik sıvı, bronkoalveolar sıvı, beyin omurilik sıvısı da dahil olmak üzere hemen hemen tüm vücut sıvılarında mevcuttur (Brinton, Sloane, Kester, & Kelly, 2015). Vücut sıvılarından ve hücrelerden saflaştırılmaya olanak tanyan eksozomlar tanı ve tedavi amaçlı kullanılabilir. Burada önemli noktalardan biri heterojen ve saf olmayan eksozomların elde edilmemesine dikkat edilmesidir. Eksozomların saflaştırılması tanyan yönelik spesifik eksozom eldesi ve tedavi amaçlı üretimi açısından önemli bir basamaktır. Ayrıca terapötik eksozomların geniş ölçekte üretimi, yüksek saflık ve fazla miktarda üretimi için saflaştırma ve üretim prosedürleri geliştirilmesini gerektirmektedir (Rai et al., 2021).

Eksozomların vücut sıvılarından veya hücrelerden saflaştırılmasına yönelik olarak EV'lerin izolasyonu için çok sayıda farklı protokolün özeti. a: Diferansiyel santrifüj, b: Yoğunluk gradyan santrifüjü, c: Boyut dışlama kromatografisi, d: Polimer çöktürme için ticari kitler, e: Kimyasallarla yağış, f: İmmünopresipitasyon, g: Ultrafiltrasyon ve h: Mikroakışkan teknolojileri yöntemleri kullanılmaktadır (Camino, Lee, & Jin, 2019). Ultra santrifüj ve yoğunluk gradyan santrifüj yöntemleri yoğunlukla kullanılmasına rağmen araştırmanın amacına ve üretimin hedefine göre yöntem seçimi yapılmaktadır. Her bir yöntemin uygulamaya bağlı olarak avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Farklı yöntemlerin kombinasyonu kullanılmak suretiyle avantajlar en üst düzeye çıkartılabilmektedir (Song et al., 2021).

Tablo 1. Dezavantaj ve Avantajları ile Birlikte Eksozom İzolasyon Yöntemleri (Proteomic profiling : methods and protocols kitabında ilgili bölümde yer alan tablodan Türkçeye kazandırılmıştır (Rai et al., 2021).

İzolasyon yöntemi	Mekanizma	Avantajlar	Dezavantajlar
Diferansiyel ultrasantrifüj (DC)	Sedimentasyon hızı (boyut, hacim, yoğunluk). Genellikle, yıkama adımları ve DGC ile saflaştırma potansiyeline sahip, koşullandırılmış ortamlardan ve çeşitli biyolojik sıvılardan ham EV'leri izole etmek için kullanılır. Aşamalı DC yaklaşımı sunları içerir: ilk 500 g / 2000 g santrifüj (hücreleri, membran kalıntıları, apoptotik cisimcikleri çıkarır), rotor tipi ve G-0,1 µm veya 0,22 µm membran filtrasyonu dahil membran filtrasyonu, ham sMV'leri izole etmek için 10-14,000 g, ham eksozomları izole etmek için 100,000 g	- Düşük / orta geri kazanım verimi - Ölçeklenebilirlik	- Yüksek heterojenlik / - Düşük saflık - EV olmayan bileşenlerle birlikte saflaştırma - Verim, numune viskozitesine ve konsantrasyonuna bağlıdır - Tekrar üretilebilirlik, rotor tipi ve G- kuvvetinden etkilenebilir - Ek yıkama adımları ve kullanım verimi düşürebilir

Yoğunluk gradyan Santrifüj (DGC)	Yüzdürme yoğunluğu (yoğunluk, boyut) EV popülasyonlarının kesintili bir süzme gradyanı (veya daha az viskoz iyodksanol, OptiPrep™) ile daha fazla saflaştırılması için kullanılır iyodksanol gradyanları, aşağı akış fonksiyonel hücre analizlerinde süzme daha az toksik olan karlıma indisi ile kolayca ölçülür, tüm yoğunluklarda izo-osmotik solüsyonlar oluşturur (konsantrasyon) vezikül boyutu) ve vezikül olmayan bileşenlerin farklı şekilde fraksiyonlanmasına izin verir. Tipik olarak, gradyan oluşturmak için 100.000 g'de DC (uzrasantrifüj) kullanılır DGC'nin farklı varyasyonları, aşağı süzme için. Düşük (1.12-1.19 g / mL), yüksek yoğunluklu (1.26-1.29 g / mL), düşük sMV'ler (1.09 g / mL) ve yüksek yoğunluklu (1.12 g / mL) eksozomlar dahil EV alt popülasyonlarını ayırmak için kullanılır.	- Yüksek saflık - EV alt tip izolasyonu - Potansiyel klinik ortamlara uygulanabilir	- Zaman tüketiyor - Farklı EV'ler yoğunluğa göre ayrılmıyor - Düşük geri kazanım (ek işleme nedeniyle numune kaybı) - Farklı yoğunlukta lipoproteinlerle birlikte saflaştırılabilir
Yoğunluk yastıklı ultrasantrifüj (DCGC)	Sedimentasyon hızı ve kaldırma yoğunluğu CM'nin altında 40 iyodksanol tabakası, EV'ler ve agregatlar, ultrasantrifüj sırasında bu yastıklı yoğunlaşır. Artırma için DGC tarafından takip edilebilir	- Fiziksel bütünlüğün ve biyolojik aktivite için korunması - Toplamalardan kaçınır	- Konsantrasyon CM gerektirir
Afinite izolasyonu	Yüzey işaretleme seçiciliği (protein veya peptid epitop hedefi) Etiket, bir EV yüzey antijenini (ör. Melanin hücrelerinde bezensiz bir şekilde ifade edilen mAb 763.74'e bağlı CSPG4 epitopu), biyospesifik peptidi (ör. HSP'ler için yüksek afinite) veya proteoglikan afinite reaktif (örn., heparin) kullanır. Başarıyla kullanılan mAb'ler arasında A33, EpCAM, MHC-II antijenleri, CD45, CD63, CD81, CD9 / CD1b / CD1a / CD14, CD9, HER2 ve L1CAM'ye yönelik olanlar yer alır. Heparin afinitesine dayalı afinite yakalama, spesifik EV yüzey antijenlerine yönelik uygun mAb'lerin mevcudiyetiyle ilgili sınırlamaların üstesinden geldiği göre önüne alındığında, genellikle hücre kültürü ortamından ve biyo sıvılardan EV izolasyonu için geçerlidir.	- Yüksek saflık - Farklı EV (alt) popülasyonlarını saflaştırma potansiyeli - Diğer karakterizasyon yöntemleriyle birleştirme yeteneği (yani, akış sitometri, western blot ve rt-PCR)	- Pahalı (eğer antikör essansiyel) - EV elüzyonu yüzey proteinlerine ve işlevsellik zarar verebilir - Tipik olarak, belirli EV-yüzey antijenlerine yönelik uygun mAb'lerin mevcudiyetine bağlıdır - Düşük ölçeklenebilirlik - Düşük verim (çiltilme kapasitesi)
Boyut dışlama ve jel geçirgenlik kromatografisi	Boyut, moleküller ağırlığı Bu yaklaşım, EV'leri plazma örneklerinden izole etmek için yaygın olarak uygulanmıştır ve yüksek verimli klinik örnekler için uyarlanmıştır (ticari olarak temin edilebilen sütunlar kullanılarak). Jel geçirgenlik kromatografisi, ilgili büyük problemin üstesinden gelir. DC / DGC kullanılarak plazma / serumdan EV izolasyonu ile -örneğin, EV'lerin büyük-Mr protein kimlikleri ve lipoproteinlerle birlikte izolasyonu sağlanabilir.	- Yüksek ölçeklenebilirlik	- Elüzyon tamponunda seyreltme

Cökeltme	<p>Polietlen glikol / tuz çözeltisi kullanılarak tuzlama</p> <p>Bu yaklaşım, hızlı ancak saf olmayan EV preparatları sağlar ve bu nedenle ayrıntılı biyofiziksel / fonksiyonel test amaçları için uygun değildir. Bununla birlikte, yöntem, bilinen EV ile ilişkili biyobelirteçlerin tanısal deneyleri için ham EV hazırlığı için bir izolasyon / konsantrasyon adımı görevi görür.</p> <p>Ardışık polietlen glikol cökeltme ve hareketsizleştirilmiş lektin konkanavalin A'ya adsorpsiyon kullanılarak son gelişmeler, hem eksozomların hem de sMV'lerin seçici olarak zenginleştirilebileceğini göstermiştir.</p>	<p>- Büyük hacimler için uygulanabilir</p> <p>- Ardışık yağs / absorpsiyondaki son gelişmeler, seçili EV türlerinin farklı şekilde izole edilebileceğini göstermiştir.</p>	<p>- Düşük saflık</p> <p>- PEG zinciri EV'leri kaplayabilir ve muhtemelen işlevselliklerine müdahale edebilir</p>
Sıralı filtreleme	<p>Proteinlerin ve diğer makromoleküllerin membran filtrasyonu (boyut, moleküler ağırlık) düşük protein bağlayıcı membranlarla (örneğin polietilen sülfon veya hidrofilik poliviniliden diflorür (PVDF)) donatılmış nanomembran ultrafiltrasyon spin cihazları EV izolasyonu için kullanılabilir. İçinde DC ve DGC ile birlikte nanomembran ultrafiltrasyonu, EV alt popülasyonlarının fraksiyonlanmasını sağlamıştır; Aynı kanser hücreleri kaynaklı sMV'ler ve eksozomlar gibidir.</p>	<p>- Orta ölçeklenebilirlik</p> <p>- Ayrılma zamanı (verimlilik)</p> <p>- Ultrasantrifüj için doğrudan gereksinim yoktur (yani, eksozomların bütünlüğünü korur)</p>	<p>- EV, membran filtrasyonu tkayabilir</p> <p>- Örmek kaybı (verim)</p> <p>- Boyutları benzer olan belirli EV alt türleri arasında ayırım yapmaz.</p>

Eksozomların biyofiziksel ve biyokimyasal karakterizasyonunu gerçekleştirmek için Nanoparçacık İzleme Analizi-Nanoparticle Tracking Analysis (NTA), Dinamik Işık Saçılımı-Dynamic Light Scattering (DLS), Dirençli Darbe Algılama-Resistive Pulse Sensing (RPS), Atomik Kuvvet Mikroskobu-Atomic Force Microscopy (AFM), Geçirimli Elektron Mikroskobu-Transmission Electron Microscopy (TEM) ve akış sitometrisi yöntemleri kullanılmaktadır.

Nanoparçacık İzleme Analizi (NTA)

Biyofiziksel yöntemlerden ilki olup optik partikül izleme yöntemi olan NTA, 1 nm ile 2 μ m aralığında eksozomların konsantrasyonunu ve boyut dağılımını ölçebilmektedir. Bu yöntem bize parçacıkların boyutu, boyut dağılımı, konsantrasyon ve fenotipinin eş zamanlı analizini yapmada yardımcı olmaktadır. NTA'nın önemli avantajları, eksozomlarla birlikte EV'lerin tespitinde ve 30 nm'ye kadar küçük çaplardaki nanoparçacıkları ölçebilmesidir. Bu yöntem sayesinde örnek hazırlamada kolaylık ve hız kazanılmaktadır. Ölçüm yapmak sadece birkaç dakika sürmekte ve ölçümler yapıldıktan sonra numuneler doğal formlarında geri kazanılabilmektedir (Gurunathan, Kang, Jeyaraj, Qasim, & Kim, 2019).

Dinamik Işık Saçılımı (DLS)

Eksozomların yine boyutunu ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin avantajı boyutları 1 nm ile 6 μ m arasında değişiklik gösteren parçacıkları stabiliteyi yani yüzey yükleri ile beraber ölçebilmektedir. Tek dağılımlı bir süspansiyondaki bir partikül türünü kolaylıkla ölçebilmektedir. EV'lerin boyut ve yüzey yükü dağılımını değerlendirmede kullanılmaktadır (Gurunathan et al., 2019).

Dirençli Darbe Algılama (RPS)

Eksozomların boyut dağılımını ve konsantrasyonunu ölçmede kullanılan bir yöntemdir. Çapı yaklaşık olarak 50 nm'den hücre boyutuna kadar değişen koloidal partikülleri karakterize ederken kolaylık sağlamaktadır. Hücresel işlev ve alım durumlarında önem taşımaktadır. Bu yöntemin en önemli özelliklerinden biri, eksozomların yerinde tek partikül karakterizasyonu ve konsantrasyon ölçümü yapmasıdır. Parçacık bazında öznel olmayan karakterizasyon yeteneğine sahip olmakla birlikte manyetik boncuklar ve çeşitli biyomoleküller dahil olmak üzere çeşitli nanopartikül süspansiyonlarını doğru bir şekilde ölçmek için kullanılmaktadır (Gurunathan et al., 2019).

Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Eksozomları incelemede optik ve elektron kırınım fiziksel prensiplerinin sağladığı avantajdan dolayı, en uygun yöntem denilebilmektedir. Cantilever (sensör) ucu ile numune yüzeyi arasındaki etkileşimleri algılayarak onları kaydetmektedir. Yöntemin en önemli özelliklerinden biri numuneleri doğal koşullarda, minimum numune hazırlama işlemi ile ve herhangi bir tahrip edici çalışma durumu olmadan ölçme yeteneğine sahip olmasıdır. AFM, eksozomların bolluğunu, morfolojisini, biyomekaniğini ve biyomoleküller yapısını karakterize etmek için nano ölçekli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, tek vezikül ve alt veziküller seviyelerdeki eksozomların farkına varmamıza katkıda bulunmaktadır (Gurunathan et al., 2019).

Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)

Nano boyutlu eksozomlar ve numune hazırlamada kullanılmaması yanı sıra eksozom morfolojisini incelemede kullanılan bir yöntemdir. TEM eksozomları görselleştirir ve bu görseller daha sonra eksozom çap ölçümleri için kullanılmaktadır. TEM kullanılması genel olarak 3 temel amacı vardır. 1) Çözelti içinde eksozom varlığını kontrol etmek, 2) Eksozomların izolasyon kalitesini değerlendirmek, 3) Eksozomların iç ve dış yapı morfolojisinin detaylı bir şekilde incelemek (M. Zhou, Weber, Zhao, Chen, & Sundstrom, 2020).

Akış Sitometrisi

Akış sitometrisi, moleküler bir yöntem olup eksozomal yüzey proteinlerini karakterize etmek için kullanılmaktadır. Aynı zamanda eksozomların boyutunun ve yapısının ölçülmesinde de yardımcı olmaktadır. Akış sitometrisi, tekli EV'lerin hücresel kökenini belirleme yeteneğine sahip olduğu için EV analizinde en sık kullanılan yöntemlerden biri olmaktadır. İlk numune hacmi, bu yöntem kullanılarak eksozomların izolasyonunda ve karakterizasyonunda büyük katkı sağlamaktadır (Gurunathan et al., 2019).

Eksozomların Tanı ve Terapötik Kullanımı

Eksozomlar, hedef hücreyi programlama ve hücresel nişi düzenleme suretiyle birçok hastalıkta rol aldığı kanıtlanmıştır. Dolaşımında yer alan eksozomlar teşhis potansiyeline sahiptir. Eksozomların biyolojik özellikleri sadece tanıyla sınırlı kalmamakta ayrıca tedaviye yönelik araçlar geliştirilmesine olanak vermektedir (Tickner, Urquhart, Stephenson, Richard, & O'Byrne, 2014). Eksozomlar hızlı parçalanabilecek molekülleri zar yapısı sayesinde koruması sonucunda uzak bölgelere dahi taşınımını gerçekleştirebilmektedir. Eksozomlar; tümör hücreleri, stromal doku ve immün hücrelerle etkileşim sağlayarak bazı fonmları almakta ve tümörjenez veya metastazın önlenmesinde hedeflemeli olarak modüle edilmektedir. Ayrıca, hastalarda ekstrakorporal saflaştırmanın kullanılmasıyla viral enfeksiyonları azaltılmaktadır. Bu olay eksozomları dolaşım sisteminden uzaklaştırmayı sağlamaktadır. Eksozomların çıkarılmasına dayanan tedaviler teknik ve maddi açıdan zorluklar ortaya çıkarmasına rağmen klinik olarak uygulanmaları gerekmektedir. Eksozomların dolaşım sisteminden uzaklaştırılmaları, metastatik etkisinin indirgenmesinde sık kullanılan bir seçenek olmaktadır. Eksozom üretiminin engellenmesi tümör hücrelerinin gelişimini durdurabilmektedir ve mikrotübül düzeni, kararlılığının amaçlanması endozomal dizilim yolları ve proton pompası inhibitörlerinin kullanılması da dahil birçok yöntem önerilmektedir (Tickner et al., 2014). İmmün sistemden kaçabilme özelliğine sahip bazı eksozomlar bulunmaktadırlar. Adriamisin yüklü eksozomlar, immün sistemden kaçabilen eksozomlar arasında yer almakta olup düşük immünojenite ve toksisite özelliği taşımaktadır. Lipozomlara nazaran eksozomlar, tümör hücrelerine daha çok nüfuz etmekte ve katkakat daha fazla içselleşmektedir (Aheget et al., 2021). Eksozomların immün sistemi uyarıcı gücü 15 yıl önce keşfedilmiştir.

Bu keşifle dendritik hücrelerden salgılanan eksozomların, tümör antijenini T hücrelerine sunabilen ve farelerde anti-tümör immün yanıtlarını indükleyebilen fonksiyonel majör histo-uyumluluk

kompleksleri içerdiği ortaya çıkmıştır. Daha sonrasında dendritik hücre kaynaklı eksozomlar kullanılarak anti-tümör immün yanıtların indüklenebileceğini gösteren Faz I klinik denemelerine olanak sağlamıştır. Bu, bir kanser aşısı olarak peptid yüklü eksozomlar (dendritik hücreden türetilmiş eksozomlar) kullanılarak daha da genişletilmiştir (Tickner et al., 2014). Nöral hücreleri hedefleyen ve kan beyin bariyerini geçebilme yetisine sahip eksozomların geliştirilmesi sayesinde toksisite oranı da azaltılmaktadır. Bu sayede eksozomların, tümör türevli antijen uygulamalarında etkili olabileceği öngörülmüştür (Tickner et al., 2014).

İlaç iletimi sağlayan eksozomlar, kemoterapötik ilaçlarda da çoğu kanser hastalıkları ve tümör için iyileştirici özellik taşımaktadır (Jia, Chen et al. 2017). Kanser hücrelerinde de hedefleme sağlayan eksozomlar, boyut olarak lipozomlara oranla küçük olmaları nedeniyle taşıma işlemlerinde daha uygun olmaktadır. İlaç dağıtımı sırasında kan beyin bariyerini (KBB) geçmesinde boyutları avantaj sağlamaktadır (Song Liu et al. 2021). Örnek olarak doksorubisin ilacı meme kanser tedavisinde tümör büyümesini engelleyerek terapötik durum sergilemektedir. Meme kanserinde başka bir tedavi yöntemi olarak miRNA taşımacılığı da verilebilmektedir. Sunulan çalışmalarda doksorubisinin farklı kanser hücrelerine hedefleme ve transferini gerçekleştirerek salınım yapabileceği üzerinde durulmaktadır. Meme ve yumurtalık kanseri kobay farelerinde doksorubisinin terapötik etkisi oldukça fazla olmuştur ve miyokardiyal endotelial hücrelerden geçişi kısıtlayarak diğer organlara etki etmeden kalpte ilaç birikimini engellemektedir (Jia, Chen et al. 2017). Başka bir çalışmada saflaştırılmış fare olgunlaşmamış dendritik hücrelerden türetilmiş eksozomlar ile elektroporasyon ortamında doksorubisin kanştırılmaktadır.

Transmisyon elektron mikroskobu ile plazma membranlarının geri kazanımı izlenmiştir. Yükleme işlemi onaylandıktan sonra hedef hücrenin çekirdeğine iletilen doksorubisin, tümörün büyümesini toksisite sağlanmadan engellediği gösterilmiştir (Tian et al., 2014). Ayrıca boyut avantajı açısından biyolojik engelleri geçebilme yetisine sahip eksozomlar, zebra balığı deneyinde kan beyin bariyerini aşarak doksorubisin yüklü eksozom geçişi sağlanmakta ve bu şekilde zebra balığının beyin kanseri tedavisi gerçekleştirilmektedir (Liang et al., 2020)

Kan beyin bariyerine aşabilen eksozom aracı terapötik yöntem sayesinde tümör oluşumunu ve yayılımını tedavi edebilmek amacıyla hücrelere ilaç, mikroRNA ve antijenler gibi bileşenlerin eksozoma yüklenmesiyle hedef bölgeye iletilmesi gerçekleştirilmektedir.

Eksozomlar, doku hedefli siRNA ve mikroRNA'lar ile hücrede gen ekspresyonu sağlayabilmektedir bu da hem tanı hem tedavi açısından bu nanopartikülleri önemli kılmaktadır (Tickner et al., 2014). Alvarez-Erviti ve grubu, elektroporasyon tekniğini kullanarak eksozomlar aracılığıyla fare beynine genetik materyal olarak siRNA'yı iletmıştır (Alvarez-Erviti et al., 2011). Farklı olarak Wahlgren ve grubu, plazma eksozomlarını kullanarak insan kan hücrelerine eksojen siRNA'yı iletmıştır. Eksozomlar siRNA'ları sorunsuz bir şekilde ileterek mitojenle aktive olan protein kinaz 1'in güçlü gen susturulmasına yol açtığı ortaya koymakta ve gen tedavisinde ilaç iletiminde eksozomların kullanılmasını benimsemektedir (Butreddy, Kommineni, & Dudhipala, 2021). Kamerkar ve grubu, siRNA ile elektroprosyonlu MSH türevli eksozomlar kullanarak tümörlerde onkojenik KRAS'ın doğrudan ve spesifik hedeflenmesi için bir teknik göstermektedir. Bu teknik yöntemi, pankreas kanserini çoklu kobay fare modellerinde hayatta kalma süresini arttırarak kanseri durdurmaktadır. Yine bu yöntem, göğüs kanseri hücrelerine eksprese edilen epidermal büyüme faktörü reseptörüne (EBFR) miRNA ve eksozomlar yüklenerek kullanılmaktadır. Bu çalışma eksozomların nükleik asit ilaçlarıyla EBFR eksprese eden kanserli dokuların tedavisinde ve hedeflemesinde önemli rol oynadığı görülmektedir. Endotel hücreler kemoterapik ajanlarla tedavi edildiğinde miRNA-503 içeren eksozomlar salma oranı artmaktadır. miRNA-503'ün, tümöral koşullar altında kültürlenmiş endotel hücrelerinden salınan eksozomlarda aşağı regüle edildiği göz önüne alındığında, miRNA-503'ün meme kanseri hücrelerine dâhil edilmesi hem CCND2'yi hem de CCND3'ü inhibe ederek bunların proliferatif ve metastatik kapasitelerini değiştirdiği gösterilmiştir (Aheget, Mazini et al.2021). RNA türleri kanser hastalıklarında da terapötik bir biyobelirteç adaydır. Taylor ve grubu, iyi huylu ve kötü huylu yumurtalık kanserini eksozomal miRNA seviyeleriyle ayırt edilebileceğini göstermektedir. Bazı kanser türlerinde eksozomal miRNA'lar: prostat kanserinde idrardan türetilen eksozomal miR-107 ve miR-574-3p, göğüs kanserinde plazmadan türetilen eksozomal miR-141 ve miR-195 ve serumdan türetilmiş miR-195'i içermektedir. Glioblastomda miR-21 ve özofagus skuamöz hücreli karsinomda bulunmaktadır. Bu miRNA'lar normal koşullara nazaran kanser hastalıklarında yüksek seviyelerde bulunmaktadır (Brinton et al., 2015).

teşhisinde kullanım kolaylığı sağlamaşının yanı sıra iyi biyo-dağılım, biyoyoumluluk ve düşük immünojeniteye sahip olmalarında dolayı ilaç taşıyıcı olarak tedavi aşamasında da kullanıma olanak sağlamaktadır.

Sonuç olarak biyolojik yapıları gereği ve hastalık prognos ve patagonezindeki rolünden dolayı eksozomlar biyobelirteç olarak tanı ve tedavi edici belirteç olarak kullanıma olanak sağlamaktadır. Hemen hemen her hastalıkta etkin rol almalarından dolayı hastalıkların

KAYNAKLAR

- Aheget, H., Mazini, L., Martin, F., Belqat, B., Marchal, J. A., & Benabdellah, K. (2021). Exosomes: Their Role in Pathogenesis, Diagnosis and Treatment of Diseases. *Cancers*, 13(1), 84.
- Alvarez-Erviti, L., Seow, Y., Yin, H., Betts, C., Lakhali, S., & Wood, M. J. (2011). Delivery of siRNA to the mouse brain by systemic injection of targeted exosomes. *Nature biotechnology*, 29(4), 341-345.
- Barile, L., & Vassalli, G. (2017). Exosomes: Therapy delivery tools and biomarkers of diseases. *Pharmacology & therapeutics*, 174, 63-78.
- Brinton, L. T., Sloane, H. S., Kester, M., & Kelly, K. A. (2015). Formation and role of exosomes in cancer. *Cellular and molecular life sciences*, 72(4), 659-671.
- Butreddy, A., Kommineni, N., & Dudhipala, N. (2021). Exosomes as Naturally Occurring Vehicles for Delivery of Biopharmaceuticals: Insights from Drug Delivery to Clinical Perspectives. *Nanomaterials*, 11(6), 1481.
- Carnino, J. M., Lee, H., & Jin, Y. (2019). Isolation and characterization of extracellular vesicles from Broncho-alveolar lavage fluid: a review and comparison of different methods. *Respiratory research*, 20(1), 1-11.
- Chung, C.-C., Chan, L., Chen, J.-H., Hung, Y.-C., & Hong, C.-T. (2021). Plasma extracellular vesicle α -synuclein level in patients with parkinson's disease. *Biomolecules*, 11(5), 744.
- Desdín-Micó, G., & Mittelbrunn, M. (2017). Role of exosomes in the protection of cellular homeostasis. *Cell adhesion & migration*, 11(2), 127-134.
- Ersöz, E., Can, O. B., & Uzunoğlu, S. (2016). Eksozomların kanserdeki rolü. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 144-152.
- Gurunathan, S., Kang, M.-H., Jeyaraj, M., Qasim, M., & Kim, J.-H. (2019). Review of the isolation, characterization, biological function, and multifarious therapeutic approaches of exosomes. *Cells*, 8(4), 307.
- H Rashed, M., Bayraktar, E., K Helal, G., Abd-Ellah, M. F., Amero, P., Chavez-Reyes, A., & Rodriguez-Aguayo, C. (2017). Exosomes: from garbage bins to promising therapeutic targets. *International journal of molecular sciences*, 18(3), 538.
- Hasegawa, Y., Futamata, H., & Tashiro, Y. (2015). Complexities of cell-to-cell communication through membrane vesicles: implications for selective interaction of membrane vesicles with microbial cells. *Frontiers in microbiology*, 6, 633.
- Hu, C., Chen, M., Jiang, R., Guo, Y., Wu, M., & Zhang, X. (2018). Exosome-related tumor microenvironment. *Journal of cancer*, 9(17), 3084.
- Jiang, L., Dong, H., Cao, H., Ji, X., Luan, S., & Liu, J. (2019). Exosomes in pathogenesis, diagnosis, and treatment of Alzheimer's disease. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 25, 3329.
- Jones, L. B., Bell, C. R., Bibb, K. E., Gu, L., Coats, M. T., & Matthews, Q. L. (2018). Pathogens and their effect on exosome biogenesis and composition. *Biomedicines*, 6(3), 79.

- Kahveci, K., & Türkođlu, M. (2020). İmmün Kontrol Noktası İnhibitörleri Ctl4 ve Pd-1/Pd-11'in İmmünoterapideki Yeri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 210-218.
- Kohlhapp, F. J., Mitra, A. K., Lengyel, E., & Peter, M. E. (2015). MicroRNAs as mediators and communicators between cancer cells and the tumor microenvironment. *Oncogene*, 34(48), 5857-5868.
- Kok, V. C., & Yu, C.-C. (2020). Cancer-Derived Exosomes: Their Role in Cancer Biology and Biomarker Development. *International Journal of nanomedicine*, 15, 8019.
- Liang, G., Zhu, Y., Ali, D. J., Tian, T., Xu, H., Si, K., Sun, B., Chen, B., Xiao, Z. (2020). Engineered exosomes for targeted co-delivery of miR-21 inhibitor and chemotherapeutics to reverse drug resistance in colon cancer. *Journal of nanobiotechnology*, 18(1), 1-15.
- Ludwig, N., Yerneni, S. S., Razzo, B. M., & Whiteside, T. L. (2018). Exosomes from HNSCC promote angiogenesis through reprogramming of endothelial cells. *Molecular Cancer Research*, 16(11), 1798-1808.
- Ohno, S.-i., Ishikawa, A., & Kuroda, M. (2013). Roles of exosomes and microvesicles in disease pathogenesis. *Advanced drug delivery reviews*, 65(3), 398-401.
- Rai, A., Fang, H., Fatmou, M., Claridge, B., Poh, Q. H., Simpson, R. J., & Greening, D. W. (2021). A Protocol for Isolation, Purification, Characterization, and Functional Dissection of Exosomes. In *Proteomic Profiling* (pp. 105-149): Springer.
- Schwab, A., Meyering, S. S., Lepene, B., Iordanskiy, S., van Hoek, M. L., Hakami, R. M., & Kashanchi, F. (2015). Extracellular vesicles from infected cells: potential for direct pathogenesis. *Frontiers in microbiology*, 6, 1132.
- Song, H., Liu, B., Dong, B., Xu, J., Zhou, H., Na, S., Liu, Y., Pan, Y., Li, L., Wang, J. (2021). Exosome-Based Delivery of Natural Products in Cancer Therapy. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 366.
- Tavukçuoğlu, Z. (2018). Enfeksiyon Hastalıklarında, Tanı ve Tedavi Yaklaşımları Açısından Eksozomlar.
- Tian, Y., Li, S., Song, J., Ji, T., Zhu, M., Anderson, G. J., Wei, J., Nie, G. (2014). A doxorubicin delivery platform using engineered natural membrane vesicle exosomes for targeted tumor therapy. *Biomaterials*, 35(7), 2383-2390.
- Tickner, J. A., Urquhart, A. J., Stephenson, S.-A., Richard, D. J. Ftavuk & O'Byrne, K. J. (2014). Functions and therapeutic roles of exosomes in cancer. *Frontiers in oncology*, 4, 127.
- Tkach, M., & Théry, C. (2016). Communication by extracellular vesicles: where we are and where we need to go. *Cell*, 164(6), 1226-1232.
- Urbanelli, L., Buratta, S., Sagini, K., Ferrara, G., Lanni, M., & Emiliani, C. (2015). Exosome-based strategies for diagnosis and therapy. *Recent Patents on CNS Drug Discovery (Discontinued)*, 10(1), 10-27.
- Valadi, H., Ekström, K., Bossios, A., Sjöstrand, M., Lee, J. J., & Lötval, J. O. (2007). Exosome-mediated transfer of mRNAs and microRNAs is a novel mechanism of genetic exchange between cells. *Nature cell biology*, 9(6), 654-659.

Vlassov, A. V., Magdaleno, S., Setterquist, R., & Conrad, R. (2012). Exosomes: current knowledge of their composition, biological functions, and diagnostic and therapeutic potentials. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1820(7), 940-948.

Wang, M.-M., Feng, Y.-S., Tan, Z.-X., Xing, Y., Dong, F., & Zhang, F. (2020). The role of exosomes in stroke. *Molecular Biology Reports*, 1-12.

Yu, H., Sun, T., An, J., Wen, L., Liu, F., Bu, Z., Cui, Y. Feng, J. (2020). Potential roles of exosomes in Parkinson's disease: From pathogenesis, diagnosis, and treatment to prognosis. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8.

Zhang, Z. G., & Chopp, M. (2016). Exosomes in stroke pathogenesis and therapy. *The Journal of clinical investigation*, 126(4), 1190-1197.

Zhou, M., Weber, S. R., Zhao, Y., Chen, H., & Sundstrom, J. M. (2020). Methods for exosome isolation and characterization. *Exosomes*, 23-38.

Zhou, W., Fong, M. Y., Min, Y., Somlo, G., Liu, L., Palomares, M. R., Yu, Y., Chow, A., O'Connor, S. T. F., Chin, A. R., Yen, Y., Wang, Y., Marcusson, E. G., Chu, P., Wu, J., Wu, X., Li, A. X., Li, Z., Gao, H., Ren, X., Boldin, M. P., Lin, P. C., Wang, S. E. (2014). Cancer-secreted miR-105 destroys vascular endothelial barriers to promote metastasis. *Cancer cell*, 25(4), 501-515.

GIYİLEBİLİR DOKU ELEKTRONİĞİ

Ceren TÜRKCAN*

ÖZ

Giyilebilir doku elektroniği; hastalıkların erken dönemde teşhisi ve teşhis edilen rahatsızlıkların tedavi süreçleri devam ederken tedavi etkinliğinin takibi hakkında hastaları ve hastaları takip eden doktorlar için güvenilir bilgiler sunabilmektedir. Hastalıkların erken dönemde teşhisinin yapılmasının yanı sıra ve hastalığın uzaktan takibinin güvenilir, hassas, pratik ve düşük maliyetli olarak yapılması temel amaçlar arasında yer almaktadır. Hastalar, giyilebilir doku elektroniği teknolojisini kullanarak günlük yaşam standartlarından ödün vermeden hastalık teşhisini ve takibini yapabilir hale gelmektedir. Bu cihazlar, mekanik hareket kısıtlamalarını ve uyumsuzluklarını azaltmak için epidermis üzerine uyumlu bir şekilde yerleştirilirken, aynı anda doğru, invazif olmayan, uzun vadeli ve sürekli izleme sağlanmaktadır. Giyilebilir doku elektroniği ürünler tarafından elde edilen veriler; kişiye, doktoruna ve cep telefonuna aktarılabilir. Bu sayede anında durum hakkında bilgi sağlanması yanında önceki veriler ile bir kıyaslama yapmak da mümkün hale gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Giyilebilir elektronik, doku elektroniği, giyilebilir teknoloji, IoT, BigData*

*Makalenin Gönderim Tarihi :02.05.2021 ; Kabul Tarihi :07.06.2021; Makale Türü:Derleme,
DOI.: 10.20854/bujse.931291

*Sorumlu Yazar Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği/ Ayazağa, 34398 Sarıyer/İstanbul, cerenturkcan@beykent.edu.tr



WEARABLE TISSUE ELECTRONICS

Ceren TÜRKCAN*

ABSTRACT

Wearable tissue electronics; It can provide reliable information for the patients and the doctors who follow the patients about the early diagnosis of diseases and the follow-up of the effectiveness of the treatment while the treatment processes of the diagnosed diseases continue. In addition to early diagnosis of diseases and remote monitoring of the disease, reliable, precise, practical and low cost are among the main objectives. By using wearable tissue electronics technology, patients are able to diagnose and monitor the disease without compromising their daily living standards. These devices are harmoniously placed on the epidermis to reduce mechanical movement restrictions and incompatibilities, while simultaneously providing accurate, non-invasive, long-term and continuous monitoring. Data obtained by wearable tissue electronics products; It can be transferred to the person, doctor and mobile phone. In this way, it is possible to provide information about the situation instantly, as well as to make a comparison with previous data.

Keywords: *Wearable electronics, Tissue electronics, Wearable technology, IoT, BigData*

1. Giriş

Deri, insan vücudunun en büyük organı olup, biyolojik sinyaller bakımından da çok zengindir. Deri üzerinde kullanılacak bazı elektronik cihazlarda deri ile benzer modüller olması gerektiği belirtilmektedir. Deri ile benzer kalınlık, termal kütle, elastik modül ve su buharı geçirgenliği gibi fiziksel özelliklere sahip bir dizi elektronik cihaz literatürde tanımlanmaktadır. Bu cihazlar hareket kısıtlamalarını ve uyumsuzlukları azaltmak için epidermis üzerine uyumlu bir şekilde yerleştirilmelidir (Li, H. ve ark; 2020). Yüzey kısmı deri ile uyumlu olması için yumuşak olarak tasarlanan sensörlerin imalatında son zamanlarda kaydedilen ilerlemeler, bu cihazların araştırma laboratuvarından klinik ortamlara geçişinin yaklaştığını göstermektedir (Xiang, L. ve ark; 2020).

Bu sistemlerin, klinik uygulamalar için sağlam ve güvenilir işlevler sağlamasına rağmen ciltle uyumluluğu anlamında çözülmesi gereken bazı noktalar olduğu yayınlarda ifade edilmektedir. Literatürde geliştirilen giyilebilir doku elektroniği ürünlerinin bazılarında cilt ile zayıf entegrasyon, uzun dönemde konfor kaybı ve buna bağlı olarak da sürekli uzun vadeli hassas izlemeye olanak tanımadığı belirtilmektedir (Ding, L. ve ark; 2020).

Cilt ile daha uyumlu olabilecek malzeme arayışı içerisinde en çok dikkati çeken materyaller polimerlerdir. Polimerler, sahip oldukları fiziksel ve mekanik özellikler nedeniyle giyilebilir teknolojiler için piyasada en uygun formların elde edilebileceği ürün grubu arasında yer almaktadır. Polimerler, düşük mekanik sertlikleri nedeniyle giyilebilir teknolojiler için en uygun platformları temsil etmektedir. Polimerik substratlarla entegre çok sayıda yumuşak, esnek elektronik cihaz, sağlık hizmetlerinin izlenmesi için biyolojik sinyalleri dijitalleştirilen platformlar olarak ortaya çıkmıştır (Shetti, N. P. ve ark; 2020).

Nihai amaç, doğruluk, güvenilirlik veya işlevsellikten ödün vermeden hastaların daha yüksek düzeyde konfor ve hareket kabiliyetini sağlarken mevcut tanı araçlarını tamamlamak ve hatta değiştirmektir (Liu, Y. ve ark; 2017).

Esnek ve giyilebilir biyosensörler; hafiflik, biyoyumluluk, taşınabilirlik ve implante edilebilme gibi çeşitli avantajlara sahip olması nedeniyle araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Bu tip sensörler ile bir bireyin günlük aktiviteleri kesintiye uğratılmadan, vücut tarafından üretilen elektrokimyasal, termal, mekanik ve biyokimyasal sinyaller doku yüzeyinde yer alan biyosensör ile algılanarak sürekli olarak yakından

izlenebilir. Bu şekilde, insan vücudundaki hayatı sinyaller hızlı bir şekilde tespit edilir ve ölçülür. Bunun gibi ucuz, giyilebilir sistemlerin geliştirilmesi, hastalık teşhisi ve tedavisi için klinik cihazların tasarlanması büyük önem taşımaktadır (Park, S. ve ark; 2012; Trung, T. Q., ve Lee, N. E., 2016).

Bireyin günlük aktivitelerini izlemek için kullanılan esnek biyosensörler üç temel parçadan oluşur;

- 1) Tüm devreyi destekleyen ve aynı anda düzensiz yapılara uyan esnek bir alt tabaka
- 2) Elektrotlar veya aktif malzemeler
- 3) Analitleri tanımak için özel algılamaya elemanları (Khan, Y. ve ark; 2016).

Son zamanlarda, araştırmalar tek bir sensör ağına entegre edilmiş birden çok sensör sistemini içinde barındırmaktadır. İnsan vücudu, uyarı altında fiziksel bilgilerin yanı sıra kimyasal ve biyolojik sinyaller de üretebilmektedir. Bu nedenle sensör sistemlerinin aynı anda birden fazla uyarıyı ölçmesi gerekmektedir. Fiziksel, kimyasal veya biyolojik sensörlere sahip entegre sistemler aynı anda birçok parametreyi ölçülebilir anlamında büyük öneme sahiptir (Lee, S. ve ark; 2016).

Giyilebilir sensörlerin bir başka gereksinimi, biyosensörlerin tıbbi tedavi ve veri işleme sistemleriyle entegrasyonudur. Örneğin diyabeti eş zamanlı olarak tespit eden ve aynı zamanda tedavisi amacıyla glukoz miktarına ve ortamın pH değerine bağlı olarak çalışan entegre sistemler literatürde yer almaktadır (Yang, Y. ve ark; 2017).

İnsan dokusu üzerinde kullanılacak olan biyosensör sistemler esnek ve şekillendirilebilir oldukları takdirde doku ile daha uyumlu olarak çalışabilmektedir. Esnek ve uyumlu olma özellikleri, kullanılan giyilebilir ve implante edilebilir cihazlara hem biyofiziksel hem de biyokimyasal bilgilerin sürekli izlenmesi gibi çeşitli özellikler ekler. Bu sayede doku ile uyumluluk sağlandığından dolayı uzun süre cilt üzerinde durması herhangi bir problem teşkil etmez. Ev içi tanı ve tedaviler için biyoyumlu olma özelliği oldukça önemlidir, biyoyumluluk sağlandığı sürece giyilebilir teknoloji uygulanabilir. Eş zamanlı olarak impante edilen ve giyilebilen elektronik cihazlar kişiselleştirilmiş sağlık ürünlerinin ilk örnekleri olacaktır. Yumuşak giyilebilir/implante edilebilir sistemler, özellikle klinik cerrahide büyük önem taşımaktadır (Yuan, H. ve ark; 2020). Örneğin; kalp yetmezliği tedavisinde, nakledilen hücrelerin canlılığını artırmak için, Zhang ve ark. koroner arter tıkanmasını önlemek için biyolojik olarak parçalanabilen bir elastomeren yapılmış yumuşak bir iskele geliştirmiştir (Pang, Y. ve ark; 2020).

Bunların yanı sıra sinir rejenerasyonu, implante edilebilir elektronikler için bir başka önemli terapötik uygulamadır. Spor, trafik kazaları gibi nedenlerden oluşan yaralanmalarda insan vücudunda meydana gelen periferik sinirler zarar görebilir. Periferik sinirleri yenilemek için fizik tedavi veya cerrahi müdahale gerekebilir (Liu, L. ve ark; 2020).

Siyatik sinirin etrafına sarılan implante edilmiş biyoemilebilir sinir stimülatörleri kullanılarak sıçanlar üzerinde günlük elektrik stimülasyon tedavisi uygulanmıştır. Cerrahi sonrası iyileşmenin erken aşamalarında sinir rejenerasyonu için elektrik stimülasyonunun etkinliğini doğrulamış olup, elektroterapinin hücre rejenerasyon kapasitesi, sinir rejenerasyonu, yara iyileşmesi ve hücre proliferasyonu da dahil olmak üzere çeşitli klinik uygulamalara hitap ettiği ortaya konmuştur (Song, Y. ve ark; 2019).

1. GİYİLEBİLİR DOKU ELEKTRONİĞİNDE TERMAL ETKİ

Biyolojik dokularla entegre edilmiş giyilebilir elektroniklerde istenmeyen ısıtma, termal rahatsızlığa ve hatta biyolojik dokularda termal hasara neden olabilir. Alt tabaka esnekliğinden ödün vermeden ısı akışını değiştirme, aşırı ısı enerjisini verimli bir şekilde emme işlemi yeni bir termal koruyucu alt tabaka tasarımı ile yapılabilmektedir (Gu, Y. ve ark; 2019). Bir başka açıdan ise dokulara entegre edilerek ısıtma veya soğutma işlemleri de yapılabilmektedir. Domuz derisi üzerinde uygulanan giyilebilir bir ısıtıcıda maksimum cilt sıcaklığını düşürme, giyilebilir elektroniklerin pratik uygulamalarını mümkün kılma ve biyolojik dokuların termal korumasını gerektiren biyo-entegre uygulamaları konusunda kapasite gösterilmektedir (Hu, X. ve ark; 2019).

Geliştirilen mekanik tasarımlar ve malzemeler, fizyolojik sinyallerin aktif ve doğru ölçümü için insan cildi ile uyumlu, yüksek performanslı giyilebilir elektronik cihazlara olanak sağlamıştır. Deneylerde bu giyilebilir elektronik cihazlar başarılı gözükmesine rağmen, çalışma sırasında işlevsel bileşenlerin ısınması, termal rahatsızlığa veya hatta cilde termal hasara ve performansın düşmesine neden olabilir (Hao, M. ve ark; 2019). Giyilebilir elektronik cihazların olumsuz termal etkilerini azaltmak için sıvı alaşım/polimer kompozit tasarımı, nanotel veya nanopartikül/polimer kompozit tasarımı ve metalik ısı emici tasarımı dahil olmak üzere hassas yüzey tasarımları yapılmıştır. Bu tasarımlar termal iletkenliği artırarak ısı dağılımını geliştirmiştir. Yüksek termal iletkenlik, cihaz sıcaklığını düşürür ancak cilde daha fazla ısı dağılımına izin verir (Shi, Y. ve ark; 2019).

2. SENSÖRLÜ GİYİLEBİLİR YAMALAR

Sağlıkta sensörlü giyilebilir yama teknolojilerine bakıldığında kullanım alanının çok geniş olduğu görülmektedir (Büyükgöze, S.) Sürekli olarak diyabet gibi takibi yapılması gereken hastalıkların tedavisinde büyük önem taşımaktadır. Bunun haricinde kademelı sigara bırakma, deriye ulaşan UV ışınlarını ölçebilme, düzenli olarak ateşi takip edebilme, kanda var olan alkol miktarını ölçebilme, tansiyonu, stresi ölçebilme gibi eylemler için birçok sensör yaması kullanılmaktadır (Büyükgöze, S. ve Dereli, E.; 2019). Mobil uygulama sayesinde geçmişte bulunan bu verilere ulaşılabilmektedir (IoT). Bu sayede hastalık takibi yapılabilmekte ve bağımlılıkların ne derece değiştiği gözlemlenebilmektedir (BigData) (He, W. ve ark; 2019). İleride bu toplanan veriler, ilaç keşfinde ya da hastalık tanısının daha kolay bir şekilde konmasında kullanılacaktır. Bu da insanların hastalıkları henüz ortaya çıkmadan tahmin edilmesinde ve hastalığın önlenmesinde önemli rol oynayacaktır (Büyükgöze, S.). Hastalık süreçlerini kontrol edebilmek için sensörlü giyilebilir yamalar akıllı saat ya da diğer akıllı uygulamalar ile günlük hayatta yer alacağı düşünülmektedir (Dmitrov, D. K. ve ark; 2019).

3. GİYİLEBİLİR CİHAZLAR VE AKILLI TELEFONLAR ARACILIĞI İLE AKTİVİTE TANIMA

Akıllı telefonlar ve giyilebilir cihazlar geliştiği için son yıllarda aktivite tanıma çalışmalarını hız kazanmıştır (Iskanderov, J. ve Güvensan, M. A.; 2019). Devamlı olarak kamera ile görüntülenmesi ve hareketlerinin gerçek zamanlı izlenmesi gereken görüntü bazı yöntemler için taşınabilirlik, kullanıcı mahremiyeti, fiyat ve uygulanabilirlik gibi yöntemler ergonomik değildir (Yan, S. ve ark; 2016). Bu sensörler, kamera kullanımında meydana gelen dezavantajları azaltmaktadır (Iskanderov, J. ve Güvensan, M. A.; 2019). Cihazlardaki dahili sensörler bunu, diğer yöntemlere nazaran daha uygulanabilir hale getirmiştir (Laguna, J. O. ve 2011). Akıllı telefonlar, akıllı saatler ve giyilebilir cihazlar taşınabildikleri için, aktivite tanıma kullanımında oldukça uygundur (Walse, K. H. ve ark; 2016) Özellikle bazı akıllı saatlerde günlük spor aktivitelerini bile planlamak için uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalar aracılığı ile kişi önceden yapacağı aktiviteyi planlayabileceği gibi, planlanmış olduğu aktivite sırasında o aktiviteyi kaydetmek için de cihaz arka planda çalışmakta ve yapılan egzersiz türüne göre kalori ve nabız başta olmak üzere tekrar sayısı, hızı, oksijen kullanımı gibi parametreleri de kaydedebilmektedir.

4. GİYİLEBİLİR ELEKTRONİK ALGILAMA SİSTEMİ

Giyilebilir elektrokimyasal sistemlerde sistem hep bir biyobelirteç üzerinden algılama yaptığı için önemli olan kısım aslında burasıdır. Özellikle giyilebilir teknoloji ürünlerinde deri üzerinden analiz yapılan sistemlerde, deriden hedef molekül reseptör aracılığı ile algılanarak elektrokimyasal sistem sayesinde sayısal bir veriye dönüştürülür. Yüksek doğrulukta biyobelirteç ile ilgili veri toplayabilmek için deri ile temas eden kısmın seçicilik, hassasiyet, doğruluk gibi validasyon parametreleri dahilinde ölçüm yapması iyi bir mühendislik sonucu elde edilebilir (Erol, A. D. ve Çetiner, S.; 2017) Epidermis ile doğrudan temas ile bilgi toplayan giyilebilir fiziksel sensörlerin aksine, elektrokimyasal sensörlerin biyobelirteç verilerini hedeflemek için epidermal olarak alınan biyo akışkanla doğrudan etkileşime girmesi gerekir (Uçar, A. ve Özalp, R.; 2017) Hedef bilgi ortamındaki bu farklılık, temelde farklı bir tasarım mantığı ve metodolojisi gerektirir (Dey, A.; 2018) Elektrokimyasal algılama için, bilgi iletim yolu, biyomarker açısından zengin biyoakışkanın bir mikroakışkan yapı içinde sensör yüzeyine örneklenmesi ve iletilmesinden, ardından sensör yüzeyinde sinyal iletimi ve ara bağlantı elemanlarından oluşur. Biyobelirteç bilgilerinin aslına uygunluğunu korumak için, hareketin neden olduğu gerilim varlığında sinyal bu yol boyunca korunmalıdır (Dey, A.; 2018)

5. GİYİLEBİLİR ELEKTRONİKLER İÇİN KABLOSUZ SENSÖRLERDE SON GELİŞMELER

Elektronik deri, biyomolekülleri tespit etmek ve vücuttaki hastalıkları teşhis etmek için kullanılır. Son yıllarda özellikle diyabet hastalığı ve ter bezlerinden hastalık teşhisi üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Omer, A. E. ve ark; 2020).

İnsan vücudundaki toplam bez sayısı 100'e kadar çıkmaktadır ve ter vücuttaki kimyasalların algılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. PH analizi, pH'a duyarlı boyaların renk değişimini ölçmek için fotodiyotların ve LED'lerin kullanılması ve ardından LC rezonatörlerinin kullanılması olarak çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir (Erol, A. D. ve Çetiner, S.; 2017). Bugüne kadar, ter temelli sağlık bakım cihazları, elektrokimyasal cihazların düşük maliyetli, yüksek performanslı ve mükemmel taşınabilirliği nedeniyle tercih edilmiştir (Jia, W.; 2018)

Piyasada kan şekeri seviyelerini kontrol etmek için invazif ve minimal invaziv yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. İnvazif cihazlar, nitroselüloz membran üzerindeki şeritte parmak ucundan alınan bir damla kan örneği içerisindeki glukozun analiz edilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu tür teknolojiler ağır

olabilmekte ve enfeksiyon riski oluşturabilmektedir. Bu durum günlük ölçümlerin yetersiz olmasına neden olabilir (Omer, A. E. ve ark; 2020). Öte yandan, şu anda mevcut olan CGM'lerin (sürekli glukoz takip), kan damarları gerçekte delinmediği, bunun yerine kol veya karın duvarına küçük bir iğne itilerek sensör interstisyel sıvı (ISF) ile subkutan olarak temas ettirilen sistemler minimal invaziv olarak tanımlanmaktadır (Karpova, E. V. ve ark; 2019). Bu nedenle, bu sensörler, ISF'deki glukoz seviyesini birkaç dakikada ölçerler. Verileri işleyen ve glukoz ölçümlerini görüntüleyen bir alıcıya ölçümleri sık sık kablosuz sinyallerle göndermek için implante edilmiş sensörün dışına bir verici takılır. Oldukça değerli olmasına rağmen, mevcut minimal invaziv CGM'lerin çoğu, doğruluk veya sürdürülebilirlik konusunda sorunlara sahiptir ve bu nedenle uzun vadede herhangi bir yan etkiden kaçınmak için bir başka ölçüm cihazı ile birlikte kombine edilerek kullanılması önerilir (Lin, T. ve ark; 2017).

6. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİNİN SAĞLIK HİZMETLERİNDE ULUSAL FAYDALARI

Giyilebilir teknoloji, toplumsal ve ulusal boyutta da faydalar sağlamaktadır (Aydan, S. ve Aydan, M.; 2016). Hasta gruplarındaki eğilimlerin izlemesiyle tıp geliştirilir, ilaç şirketleri bu verileri kullanarak klinik deneyler yapabilirler (Vogenberg, F. R. ve Santilli, J.; 2018). Sağlanan veriler ile sağlık hizmet maliyetleri iyi kontrol edilebilir ya da geri ödeme kullanılabilir (Main, T. ve Slywotzky, A.; 2014). Bu şekilde sağlık hizmet maliyetleri düşürülebilir (Main, T. ve Slywotzky, A.; 2014). İleride birçok ülke için sağlık hizmet verisinin ulusal bir altyapı haline gelerek önemli derecede ülke finansmanını etkileyeceği düşünülmektedir (Teng, X.-F. ve ark; 2008). Bunların haricinde ilaç şirketleri, daha iyi tedaviler geliştirmek ve bunları daha hızlı piyasaya sürmek için bu veriyi kullanarak hastalar ve sağlık sistemi ile tamamen işbirliği içinde olacaklardır (Leonhardt, S.; 2006).

SONUÇ

Belirli mikro ortamlar tarafından üretilen elektriksel veya kimyasal sinyalleri izleyebilen ve ölçebilen esnek ve gerilebilir biyosensörler büyük ilgi görmektedir. Deriye veya dokuya yakın bir şekilde takılabilen giyilebilir doku elektronikleri, tıbbi teşhis ve tedavi için yeni bir fırsat sağlamaktadır. İnsan vücudundan veri toplayabilen minyatürleştirilmiş, tamamen entegre, kendi kendine çalışan biyoelektronik cihazlar, uzun vadeli ve kişiselleştirilmiş tedaviler için umut verici çözümler sunmaktadır. Giyilebilir/implante edilebilir yumuşak elektronik cihazlar ve bunların ilaç dağıtımından doku rejenerasyonuna kadar değişen terapötik uygulamaları yapılmaktadır. Son yıllarda esnek ve giyilebilir sistemler için malzeme ve üretim süreçlerinin tasarımında da muazzam ilerleme kaydedilmektedir.

KAYNAKLAR

AYDAN, S.; AYDAN, M., Sağlık Hizmetlerinde Bireysel Ölçüm ve Giyilebilir Teknoloji: Olası Katkıları, Güncel Durum ve Öneriler. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi 2016, 19 (3).

Büyükgöze, S., Sağlık 4.0'da Giyilebilir Teknolojilerden Sensör Yamalar Üzerine Bir İnceleme. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (17), 1239-1247.

Büyükgöze, S.; Dereli, E., Toplum 5.0 Ve Dijital Sağlık. VI. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi-Fen ve Sağlık 2019, 07-10.

Chen, L.; Milligan, B.; Qu, T.; Jeevananthan, L.; Shaker, G.; Safavi-Naeini, S., Cellular Wireless Energy Harvesting for Smart Contact Lens Applications [Education Corner]. IEEE Antennas and Propagation Magazine 2018, 60 (5), 108-124.

Dey, A., Semiconductor metal oxide gas sensors: A review. Materials Science and Engineering: B 2018, 229, 206-217.

DIMITROV, D. K.; NIKOLOSKI, D.; YILMAZ, R., International Balkan and Near Eastern Social Sciences Congress Series XI. IBANESS Congress Series-Tekirdağ/TURKEY. 2019.

Ding, L.; Wang, Y.; Sun, C.; Shu, Q.; Hu, T.; Xuan, S.; Gong, X., Three-Dimensional Structured Dual-Mode Flexible Sensors for Highly Sensitive Tactile Perception and Noncontact Sensing. ACS applied materials & interfaces 2020, 12 (18), 20955-20964.

EROL, A. D.; ÇETİNER, S., Giyilebilir Elektronik/Akıllı Tekstiller ve Uygulamaları. Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2017, 20 (1), 1-20.

Gu, Y.; Zhang, T.; Chen, H.; Wang, F.; Pu, Y.; Gao, C.; Li, S., Mini review on flexible and wearable electronics for monitoring human health information. Nanoscale research letters 2019, 14 (1), 1-15.

Hao, M.; Li, L.; Wang, S.; Sun, F.; Bai, Y.; Cao, Z.; Qu, C.; Zhang, T., Stretchable, self-healing, transient macromolecular elastomeric gel for wearable electronics. Microsystems & nanoengineering 2019, 5 (1), 1-10.

He, W.; Wang, C.; Wang, H.; Jian, M.; Lu, W.; Liang, X.; Zhang, X.; Yang, F.; Zhang, Y., Integrated textile sensor patch for real-time and multiplex sweat analysis. Science advances 2019, 5 (11), eaax0649.

Hu, X.; Dou, Y.; Li, J.; Liu, Z., Wearable Electronics: Buckled Structures: Fabrication and Applications in Wearable Electronics (Small 32/2019). Small 2019, 15 (32), 1970169.

ISKANDEROV, J.; GÜVENSAN, M. A., Akıllı telefon ve giyilebilir cihazlarla aktivite tanıma: Klasik yaklaşımlar, yeni çözümler. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences 2019, 25 (2).

Jia, W., Continuous glucose monitoring. Springer: 2018.

Karpova, E. V.; Shcherbacheva, E. V.; Galushin, A. A.; Vokhmyanina, D. V.; Karyakina, E. E.; Karyakin, A. A., Noninvasive diabetes monitoring through continuous analysis of sweat using flow-through glucose biosensor. Analytical chemistry 2019, 91 (6), 3778-3783.

Khan, Y.; Ostfeld, A. E.; Lochner, C. M.; Pierre, A.; Arias, A. C., Monitoring of vital signs with flexible and wearable medical devices. Advanced Materials 2016, 28 (22), 4373-4395.

- Laguna, J. O.; Olaya, A. G.; Borrajo, D. In A dynamic sliding window approach for activity recognition, International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization, Springer: 2011; pp 219-230.
- Lee, S.; Reuveny, A.; Reeder, J.; Lee, S.; Jin, H.; Liu, Q.; Yokota, T.; Sekitani, T.; Isoyama, T.; Abe, Y., A transparent bending-insensitive pressure sensor. *Nature nanotechnology* 2016, 11 (5), 472-478.
- Leonhardt, S., Personal healthcare devices. In *AmIware Hardware Technology Drivers of Ambient Intelligence*, Springer: 2006; pp 349-370.
- Li, H.; Wang, Z.; Cao, Y.; Chen, Y.; Feng, X., High-Efficiency Transfer Printing Using Droplet Stamps for Robust Hybrid Integration of Flexible Devices. *ACS Applied Materials & Interfaces* 2020.
- Lin, T.; Gal, A.; Mayzel, Y.; Horman, K.; Bahartan, K., Non-invasive glucose monitoring: A review of challenges and recent advances. *Curr. Trends Biomed. Eng. Biosci* 2017, 6 (5), 001-008.
- Liu, L.; Yang, X.; Zhao, L.; Xu, W.; Wang, J.; Yang, Q.; Tang, Q., Nanowrinkle-patterned flexible woven triboelectric nanogenerator toward self-powered wearable electronics. *Nano Energy* 2020, 73, 104797.
- Liu, Y.; Pharr, M.; Salvatore, G. A., Lab-on-skin: a review of flexible and stretchable electronics for wearable health monitoring. *ACS nano* 2017, 11 (10), 9614-9635.
- Main, T.; Slywotzky, A., *The Patient to Consumer Revolution*. Oliver Wyman. Accessed November 2014, 12.
- Main, T.; Slywotzky, A., *The Patient-to-Consumer Revolution: How High-tech, Transparent Marketplaces, and Consumer Power Are Transforming US Healthcare*. Retrieved March 2014, 18, 2014.
- Omer, A. E.; Shaker, G.; Safavi-Naeini, S.; Kokabi, H.; Alquié, G.; Deshours, F.; Shubair, R. M., Low-cost portable microwave sensor for non-invasive monitoring of blood glucose level: novel design utilizing a four-cell CSRR hexagonal configuration. *Scientific Reports* 2020, 10 (1), 1-20.
- Pang, Y.; Yang, Z.; Yang, Y.; Ren, T. L., Wearable electronics based on 2D materials for human physiological information detection. *Small* 2020, 16 (15), 1901124.
- Park, S.; Wang, G.; Cho, B.; Kim, Y.; Song, S.; Ji, Y.; Yoon, M.-H.; Lee, T., Flexible molecular-scale electronic devices. *Nature nanotechnology* 2012, 7 (7), 438-442.
- Shetti, N. P.; Mishra, A.; Basu, S.; Mascarenhas, R. J.; Kakarla, R. R.; Aminabhavi, T. M., Skin-patchable electrodes for biosensor applications: a review. *ACS Biomaterials Science & Engineering* 2020, 6 (4), 1823-1835.
- Shi, Y.; Wang, C.; Yin, Y.; Li, Y.; Xing, Y.; Song, J., Functional soft composites as thermal protecting substrates for wearable electronics. *Advanced Functional Materials* 2019, 29 (45), 1905470.
- Song, Y.; Min, J.; Gao, W., Wearable and implantable electronics: moving toward precision therapy. *ACS nano* 2019, 13 (11), 12280-12286.
- Teng, X.-F.; Zhang, Y.-T.; Poon, C. C.; Bonato, P., Wearable medical systems for p-health. *IEEE reviews in Biomedical engineering* 2008, 1, 62-74.

Trung, T. Q.; Lee, N. E., Flexible and stretchable physical sensor integrated platforms for wearable human activity monitoring and personal healthcare. *Advanced materials* 2016, 28 (22), 4338-4372.

Uçar, A.; Özalp, R., Efficient android electronic nose design for recognition and perception of fruit odors using Kernel Extreme Learning Machines. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2017, 166, 69-80.

Vogenberg, F. R.; Santilli, J., Healthcare trends for 2018. *American health & drug benefits* 2018, 11 (1), 48.

Walse, K. H.; Dharaskar, R. V.; Thakare, V. M., A study of human activity recognition using AdaBoost classifiers on WISDM dataset. *The Institute of Integrative Omics and Applied Biotechnology Journal* 2016, 7 (2), 68-76.

Xiang, L.; Zeng, X.; Xia, F.; Jin, W.; Liu, Y.; Hu, Y., Recent Advances in Flexible and Stretchable Sensing Systems: From the Perspective of System Integration. *ACS nano* 2020, 14 (6), 6449-6469.

Yan, S.; Liao, Y.; Feng, X.; Liu, Y. In Real time activity recognition on streaming sensor data for smart environments, 2016 International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC), IEEE: 2016; pp 51-55.

Yang, Y.; Yang, X.; Tan, Y.; Yuan, Q., Recent progress in flexible and wearable bio-electronics based on nanomaterials. *Nano Research* 2017, 10 (5), 1560-1583.

Yuan, H.; Wang, G.; Zhao, Y.; Liu, Y.; Wu, Y.; Zhang, Y., A stretchable, asymmetric, coaxial fiber-shaped supercapacitor for wearable electronics. *Nano Research* 2020, 13, 1686-1692.

ANLIK GÜÇ ŞİDDET ÖLÇÜSÜNÜN YAKIN SAHA YER HAREKETİNE MARUZ KALAN YAPILARIN MAKSİMUM VE KÜMÜLATİF TEPKİLERİNİ TAHMİN ETMEDEKİ ETKİNLİĞİ

Esra ZENGİN*

ÖZ

Yakın zamanda önerilen Anlık Güç (IP(T1)) şiddet ölçüsünün, hız darbeleri yakın saha yer hareketlerinin yıkıcı etkilerini yakaladığı gösterilmiştir. Bu çalışma, yapının temel periyodundaki elastik spektral ivme (Sa(T1)) ve IP(T1)'den oluşan vektör şiddet ölçüsünün, maksimum ve kümülatif yapısal tepkileri içeren farklı hasar parametrelerini tahmin etmedeki etkinliğini araştırmayı amaçlamaktadır. Farklı şiddet seviyelerinde 40 adet darbeleri ve darbesiz deprem kaydına maruz kalan 9 katlı çelik çerçeve yapının maksimum görelî kat ötelenmeleri ve değiştirilmiş Park ve Ang hasar indisleri incelenmiştir. Darbe periyotlarının yanı sıra skaler ve vektör şiddet ölçülerinin doğrusal olmayan yapısal tepkiler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, [Sa(T1), IP(T1)] vektör şiddet ölçüsünün, maksimum ve kümülatif yapısal tepkileri tahmin etmede etkin olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: yakın saha yer hareketi; şiddet ölçüsü; hız darbeleri deprem kayıtları; sismik hasar

*Makalenin Gönderim Tarihi:21.04.2021, Kabul Tarihi:16.06.2021, Araştırma, DOI: 10.20854/bujse.924341

*Sorumlu yazar: Beykent Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, esrazengin@beykent.edu.tr

EFFECTIVENESS OF THE INSTANTANEOUS POWER IN PREDICTING PEAK AND CUMULATIVE RESPONSES OF STRUCTURES UNDER NEAR-FAULT GROUND MOTIONS

Esra ZENGİN*

ABSTRACT

A recently proposed intensity measure (IM), Instantaneous Power (IP(T1)), has been shown to capture the destructive potential of the near-fault ground motions including velocity pulses. This study aims to investigate the effectiveness of the vector intensity IM consisting of elastic spectral acceleration at the fundamental period of structure (Sa(T1)) and IP(T1), in predicting different damage parameters, including peak and cumulative structural responses. We investigate the maximum interstory drift ratios (MIDRs) and Modified Park and Ang Damage Index (DI) of 9-story steel frame structure subjected to 40 pulse-like and non-pulse-like earthquake records at different IM levels. We evaluate the effects of pulse periods as well as scalar and vector IMs on nonlinear structural responses. The results demonstrate that the vector [Sa(T1), IP(T1)] can be used as an effective IM for predicting the peak-and cumulative-based structural responses.

Keywords: Near-fault ground motion; intensity measure; pulse-like earthquake records; seismic damage.

1. GİRİŞ

Yakın saha depremleri üzerine yapılan çalışmaların çoğu ileri yönelim etkisinden kaynaklı hız darbelerini karakterize etmeye odaklanmıştır. İleri yönelim etkisi, kırılma cephesinin kayma dalgası hızına yakın bir hızla sahaya doğru hareket ettiği durumda oluşmaktadır. Kısa bir süre içinde büyük bir enerjinin sahaya ulaştığı bu etkiye hız-zaman serisinde belirgin bir darbe oluşmaktadır (Somerville, Smith, Graves, & Abrahamson, 1997). Hız darbesi içeren yakın saha yer hareketlerinin karakteristik özelliklerinin uzak saha deprem kayıtlarından farklı olduğu görülmüştür. Örneğin, bu sınıfta yer alan yer hareketlerinin yıkıcı etkileri darbe periyodu (T_p) ve darbe genliği ile karakterize edilmektedir. Bilindiği üzere, yapıların depreme karşı davranışını değerlendirmede depremin genlik ve frekans içeriği gibi özelliklerini temsil eden şiddet ölçüsü kullanılmaktadır. Yapının temel (ilk) periyodunda hesaplanan elastik spektral ivme ($S_a(T_1)$) yapısal tepkiyi tahmin etmede yaygın olarak kullanılan bir şiddet ölçüsüdür. $S_a(T_1)$, birinci modu baskın yapıların deprem taleplerini tahmin etmede iyi bir performans göstermesine rağmen doğrusal olmayan davranış sırasında periyot uzama etkilerini veya yüksek mod katkılarını temsil edememektedir. Ayrıca, hız darbesi içeren yakın saha yer hareketinin yüksek deplasman talebinin ve ağır hasar yaratma potansiyelinin $S_a(T_1)$ tarafından yakalanamadığı görülmüştür (Alavi & Krawinkler, 2000).

Geçmiş çalışmalarda yakın saha yer hareketine maruz kalan yapıların tepkilerini daha doğru ve etkili tahmin edebilmek için gelişmiş skaler ve vektör şiddet ölçüleri önerilmiştir (Luco & Cornell, 2007) (Tothong & Luco, 2007). Bir şiddet ölçüsünün performansı genellikle yapısal tepki tahminindeki verimliliği ve yeterliliği açısından değerlendirilmektedir. Yeterlilik, şiddet ölçüsünün depremin diğer sismolojik özelliklerinden (örneğin büyüklük ve mesafe) bağımsız yapısal tepkiyi tahmin etme yeteneğini ifade ederken, verimlilik kavramı, bir şiddet ölçüsünün yapısal tepkinin değişkenliğini ne kadar azalttığını göstermektedir. Yapısal tepkiyle yüksek korelasyon gösteren etkili bir şiddet ölçüsü, dinamik analizlerde daha az sayıda yer hareketiyle yapısal performansı güvenilir bir şekilde tahmin etmemize olanak sağlar. $S_a(T_1)$ şiddet ölçüsünün yakın saha depremlerinin taleplerini tahmin etmedeki yetersizliğini gidermek için $S_a(T_1)$ ve Anlık Güçten ($IP(T_1)$) oluşan yeni bir vektörel şiddet ölçüsü [$S_a(T_1)$, $IP(T_1)$] önerilmiştir (Zengin & Abrahamson, 2020a). $IP(T_1)$, bant filtreli hız serisinin kısa bir zaman aralığındaki maksimum gücünü ifade etmektedir. $IP(T_1)$ parametresi darbe periyodunun yapı üzerindeki etkisini

yakalayabildiği için yakın saha deprem kayıtlarının seçiminde ikincil şiddet ölçüsü olarak kullanılan T_p 'nin yerine alternatif olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak, vektör-bazlı olasılıksal sismik tehlike analizlerinde kullanılarak yapıların sismik risk tahminine olanak sağlaması için $IP(T_1)$ koşullu yer hareketi modeli önerilmiştir (Zengin & Abrahamson, 2020b).

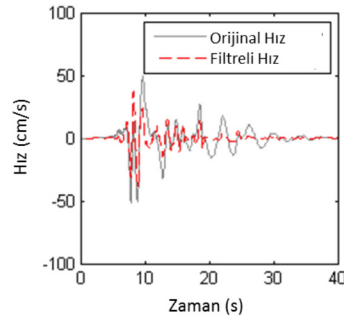
Bu çalışmada, Anlık Güç yer hareketi şiddet ölçüsünün maksimum ve kümülatif yapısal tepki parametrelerinin tahminindeki performansı değerlendirilmiştir. 9 katlı çelik çerçevenin doğrusal olmayan dinamik analizleri darbeleri ve darbesiz yakın saha yer hareketleri altında gerçekleştirilmiştir. Skaler $S_a(T_1)$ ve vektör [$S_a(T_1)$, $IP(T_1)$] şiddet ölçülerinin yapının maksimum görelî kat ötelenmelerini (MKÖ) ve değiştirilmiş Park and Ang hasar indisini (Kunnath, Reinhorn, & Lobo, 1992) tahmin etmedeki etkinliği incelenmiştir.

2. ANLIK GÜÇ ŞİDDET ÖLÇÜSÜ

Filtrelenmiş hız serisinin kısa zaman aralığındaki maksimum gücünü (enerji değişim oranı) temsil eden $IP(T_1)$, aşağıdaki denklem kullanılarak elde edilebilir.

$$IP(T_1) = maks \left(\frac{1}{0.5T_1} \int_{t_0}^{t_0+0.5T_1} V_{filtre}^2(t) dt \right) \quad (1)$$

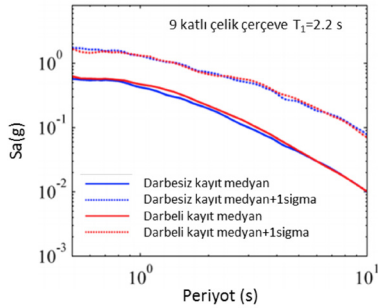
Bu denklemde V_{filtre} , cm/s cinsinden bant filtreli yer hareketinin hızıdır. $0.5T_1$ yapının temel periyodunun yarısını ifade etmekte ve anlık gücü hesaplamadaki pencere uzunluğunu temsil etmektedir. Hız serisine $0.2T_1$ - $3T_1$ periyot bant aralığında dört kutuplu Butterworth filtre uygulanmış ve böylelikle yapıyı etkileyecek frekans içeriği göz önüne alınmıştır. Şekil 1, 1979 Imperial Valley-06 Kaliforniya depremi Agrarias istasyonuna ait darbeleri kayıtlı filtrelenmiş ve orijinal hız-zaman serilerini göstermektedir. Bu kayıt için maksimum IP değerinin depremin yaklaşık 10. saniyesinde gerçekleştiği görülmüştür.



Şekil 1. 1979 Imperial Valley-06 Kaliforniya depremi Agrarias istasyonuna ait darbeleri kayıtlı filtrelenmiş ve orijinal hız-zaman serileri.

3. YER HAREKETİ VERİTABANI

Darbeli ve darbesiz yakın saha deprem kayıtlarını seçmek için Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER) Kuvvetli Yer Hareketi veri tabanı, deprem büyüklüğü 5.5-8.5 ve kırılma mesafesi 0-30 km aralıklarında olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Darbeli ve darbesiz kayıtların seçiminde spektral şekilleri benzer kayıt çiftleri seçilmiştir (Zengin, Abrahamson, & Kunnath, 2020). Böylece, her iki kayıt grubunun ortalama spektrum değerleri sabit tutulmuştur. Yapıyı daha önemli ölçüde etkileyecek frekans içeriğini göz önüne almak için darbeli kayıt TP'sinin [0.5T1-3T1] periyot aralığında olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 2'de seçilen darbeli ve darbesiz 40 adet deprem kaydının median ve median+1sigma elastik ivme spektrumları gösterilmektedir.



Şekil 2. Spektral şekilleri eşdeğer 40 darbeli ve darbesiz kayıt spektrumlarının median ve median+1sigma değerlerinin karşılaştırılması.

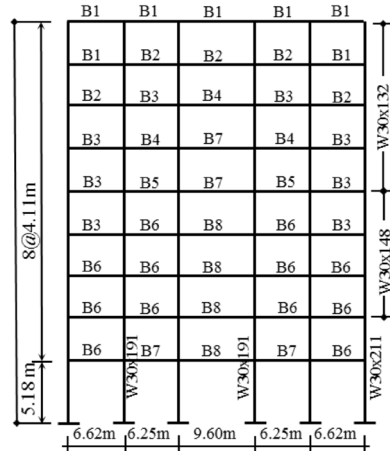
4. BİNA MODELİ

Bu çalışmada, Los Angeles Kaliforniya'da bulunan 9 katlı çelik bina kullanılmıştır (Zengin, Abrahamson, & Kunnath, 2020). 2001 Kaliforniya Bina yönetmeliği esaslarına göre tasarlanan binanın cepheden görünüşü Şekil 3'te gösterilmektedir. Kat yükseklikleri, açıklık uzunlukları ve yapının kirişlerin ve kolonların kesitleri Şekil 3'te verilmiştir. Yapının doğrusal olmayan modeli OpenSees yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Kiriş ve kolon birleşimlerinde dayanım ve rijitlik azalmasını dikkate alan değiştirilmiş İbarra Medina Krawinkler (ModIMK) malzemesi modeli tanımlanmış yaylar kullanılmıştır. Bu histeretik model, yapısal elemanın statik monotonik davranışını temsil eden başlangıç bir iskelet eğrisi ve bu iskelet eğrisinin yüklenme geçişine bağlı bozulumunu temsil eder. Şekil 4'te gösterilen ModIMK histeretik modelinin iskelet eğrisi, akma dayanımı (f_y), akma deformasyonu (u_y),

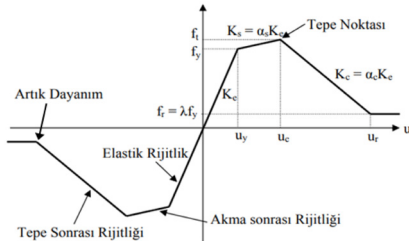
tepe noktası deformasyonu (u_c), akma sonrası rijitlik oranı (α_s) ve tepe noktası sonrası rijitlik oranı (α_c) ile tanımlanır. İskelet eğrisinde görüldüğü üzere tepe noktasına ulaştıktan sonra eğim negatif olur ve elemanın dayanımı 'artık dayanım' kadar düşer.

Bu çalışmada, $\alpha_s = 0.10$ ve artık dayanım faktörü (λ) 0.40 olarak kabul edilmiştir. Diğer parametreler, her bir eleman için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu model hakkındaki daha detaylı bilgiye ve parametrelerin hesabı için önerilen ampirik denklemlere İbarra, Medina ve Krawinkler (2005) tarafından yazılan makaleden ve Lignos (2008) tarafından yazılan tezden ulaşılabilir. Analitik modelde P-Delta etkilerini simüle etmek için bina yüklerinin yarısı eşdeğer ağırlık çerçevesine etki ettirilmiştir ve bu ağırlık çerçevesi taşıyıcı sisteme rijit elemanlarla bağlanmıştır. Yapısal modelin birinci periyodu 2.20 saniye olarak bulunmuştur.

- B1: W24x76 B5: W27x129
B2: W27x94 B6: W27x146
B3: W27x102 B7: W27x161
B4: W27x114 B8: W27x178



Şekil 3. 9 katlı çelik binanın cepheden görünüşü. Kiriş ve kolon kesitleri.



Şekil 4. Değiştirilmiş ModIMK histeretik modeli iskelet eğrisi

5. DARBELİ VE DARBESİZ KAYITLARIN YAPI TEPKİSİNE ETKİSİ

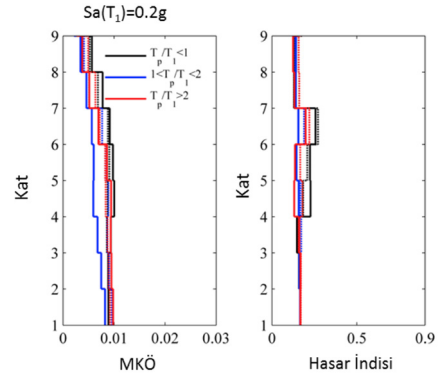
Literatürdeki çalışmalar hız darbesinin yapı üzerindeki etkisinin darbe periyodunun yapının periyoduna oranına (T_p/T_1) göre değiştiğini göstermiştir (Alavi & Krawinkler, 2000) (Baker & Cornell, 2008). Örneğin, ($T_p/T_1 > 2$) olan darbeli yer hareketlerinin yüksek hasar potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni, yüksek yer hareketi şiddetine maruz kalan binada doğrusal olmayan davranış nedeniyle periyodun uzaması ve darbeli yer hareketinin periyodu ile çakışmasıdır. Ancak, literatürdeki çalışmalar (T_p/T_1) parametresinin darbeli yer hareketlerinin yıkıcı etkilerini tanımlamada yetersiz olduğunu, bu depremlerin hasar potansiyellerinin yapının özelliklerine ve yer hareketinin şiddetine göre değiştiğini göstermiştir. Aynı zamanda, darbesiz yakın saha yer hareketlerinin darbeli yer hareketlerinden daha yıkıcı olduğu durumlar da gözlemlenmiştir.

T_p/T_1 parametresinin yapı üzerindeki etkisini daha detaylı araştırmak için yer hareketleri ($T_p/T_1 < 1$), ($1 < T_p/T_1 < 2$) ve ($T_p/T_1 > 2$) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Her darbeli kaydın spektral şekliyle uyumlu darbesiz kayıt da seçildiğinden, darbesiz kayıtların yapı üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Bu çalışmada, yapısal hasarı temsil eden MKÖ ve değiştirilmiş Park ve Ang hasar indisi kullanılmaktadır. Kullanılan hasar indisi plastik deformasyonun katkısını ve toplam histeretik enerji kaybını göz önüne aldığı için kümülatif hasar etkisini göstermektedir. Şekil 5 ve Şekil 6 tepki parametrelerinin bina katları boyunca değişimini göstermektedir. Sahaya özgü olasılıksal sismik tehlike analiz sonucunda 50 yıl içinde aşılma olasılığı %2 olan deprem seviyesinde hedef $S_a(T_1=2.2 \text{ s})$ değeri 0.30g olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, düşük ve yüksek yer hareketi şiddetini temsil eden kayıtların $S_a(T_1)$ değerleri 0.2g'ye ve 0.4g'ye ölçeklendirilmiştir.

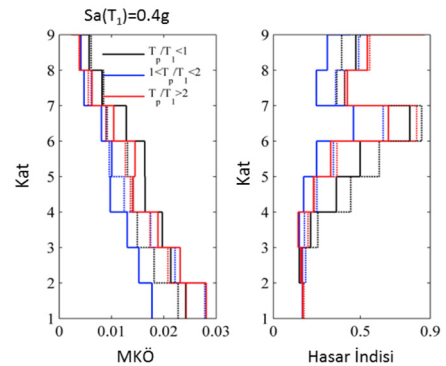
Yer hareketi şiddet ölçüsünün $S_a(T_1)=0.2g$ olduğu durum düşük deprem seviyesini temsil ettiği için yapısal parametrelerinin değerleri yüksek deprem seviyesindeki değerlerine ($S_a(T_1)=0.4g$) göre düşüktür. 0.2g'de maksimum kat ötelenmesi ve hasar indisi yapısal parametrelerinin maksimum değerlerine 6. kat seviyesinde ulaşılmıştır. ($T_p/T_1 < 1$) yer hareketi grubunun bu şiddet ölçüsünde diğer kayıt gruplarına göre yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir. İnelastik deformasyonlar düşük yer hareketi şiddetinde sınırlı olduğu için, yüksek hasar yaratması beklenen ($T_p/T_1 > 2$) kayıt grubunun yapıda önemli bir hasar yaratmadığı görülmüştür. Aynı zamanda, maksimum tepkilerin yüksek katlarda gerçekleşmesi ($T_p/T_1 < 1$) kayıt setinin

yüksek modları harekete geçirdiğini göstermektedir.

Yüksek yer hareketi şiddetinde (0.4g), yapıda büyük inelastik deformasyonlar oluşmuş ve maksimum kat ötelenmeleri ($T_p/T_1 > 2$) kayıt seti için yaklaşık %3 değerine ulaşmıştır. Ancak, kümülatif histeretik enerji kayıplarının etkisini de göz önüne alan hasar indisi için maksimum değerler yapının rijitliğinin değiştiği 6. katta görülmüştür. Bunlara ek olarak, bu yapısal tepki parametresi için darbesiz kayıtların darbeli kayıtlara göre daha hasar verici olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, darbe periyodunun hasar etkisinin, yer hareketinin şiddetine ve analizlerde kullanılan yapı tepki parametresine göre değiştiğini göstermektedir.



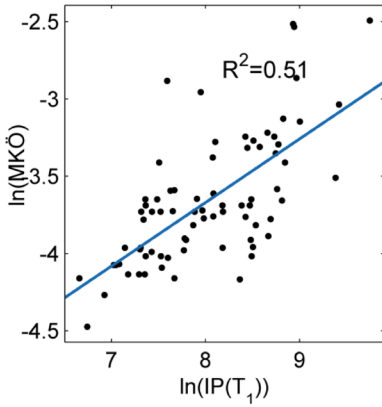
Şekil 5. Darbe periyoduna göre gruplandırılmış darbeli kayıt setlerinin 0.2g elastik spektral ivme şiddetinde maksimum görel kat ötelenmesi (MKÖ) ve değiştirilmiş Park ve Ang hasar indisi üzerindeki etkisi. Darbesiz kayıt setleri kesik çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 6. Darbe periyoduna göre gruplandırılmış darbeli kayıt setlerinin 0.4g elastik spektral ivme şiddetinde maksimum görel kat ötelenmesi (MKÖ) ve değiştirilmiş Park ve Ang hasar indisi üzerindeki etkisi. Darbesiz kayıt setleri kesik çizgi ile gösterilmiştir.

6. ANLIK GÜÇ PARAMETRESİNİN ETKİNLİĞİ

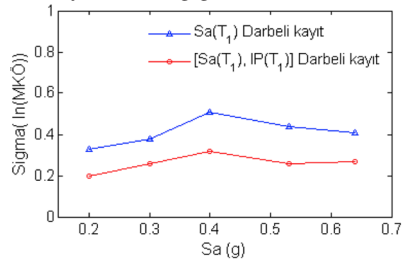
Yüksek yer hareketi şiddeti seviyesi $Sa(T1)=0.4g$ 'ye ölçeklendirilmiş darbeli ve darbesiz kayıtların yapısal tepkilerinin $IP(T1)$ ile korelasyonu Şekil 7'de gösterilmiştir. İki parametre arasındaki ilişkinin gücü, belirleme katsayısı ($R2$) ile değerlendirilmiştir. Sonuçların pratik önemini incelemek için Cohen'in kriteri kullanılmıştır (Cohen, 1988). Bu kritere göre $R2 = .01$ zayıf korelasyon etkisini, $R2 = .09$ orta derecede korelasyon etkisini ve $R2 = .25$ büyük korelasyon etkisini temsil etmektedir. Şekilden anlaşıldığı üzere IP 'nin yapının doğrusal olmayan tepki parametreleri üzerinde yüksek korelasyon etkisi ($R2=0.51$) vardır. Diğer bir deyişle, IP , yapısal tepkideki varyansın büyük bir oranını açıklamaktadır. Yüksek korelasyon etkisiyle beraber vektörel şiddet ölçüsünün $[Sa(T1), IP(T1)]$, $Tp/T1$ etkisini de yakalandığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, IP 'nin etkili ve verimli bir şiddet ölçüsü olduğunu doğrulamaktadır.



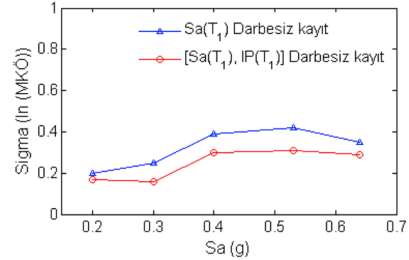
Şekil 7. $Sa(T1)=0.4g$ 'ye ölçeklendirilmiş darbeli ve darbesiz kayıtların yapısal tepkilerinin $IP(T1)$ ile korelasyonu.

Bir şiddet ölçüsünün yapıların sismik performanslarını tahmin etmedeki verimliliği, yapısal tepkideki değişkenlik (saçılım) seviyesi ile ölçülebilir. Belirli bir şiddet ölçüsünde yapısal tepkinin log-normal dağıldığı varsayılarak tepki parametresinin medyan değeri ve standart sapması (sigma) hesaplanabilir. Vektörel şiddet ölçüsünün $[Sa(T1), IP(T1)]$ kullanıldığında durumda ise $Sa(T1)$ seviyesine ölçeklendirilmiş kayıtlardan elde edilen yapısal tepki ile $IP(T1)$ logaritmik değerlerine lineer regresyon analizi uygulanabilir ve koşullu standart sapma hesaplanabilir. Şekil 8, $Sa(T1)$ ve $[Sa(T1), IP(T1)]$ şiddet ölçüleri kullanılarak tahmin edilen darbeli kayıt MKÖ standart sapmalarının farklı şiddet seviyelerindeki değerleri

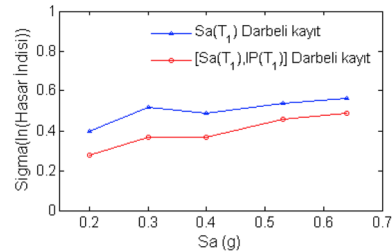
şiddet seviyelerindeki değerlerini göstermektedir. Sonuçlara göre, $[Sa(T1), IP(T1)]$ şiddet ölçüsü, $Sa(T1)$ şiddet ölçüsüne göre, MKÖ standart sapma değerini yaklaşık %30-35 oranında azaltmıştır. IP 'nin darbesiz kayıtlar üzerindeki etkinliği ise Şekil 9'da gösterilmiştir. Bu analiz sonucunda da standart sapmanın yaklaşık %25-30 oranında azaldığı görülmüştür. Şekil 10, $Sa(T1)$ ve $[Sa(T1), IP(T1)]$ şiddet ölçüleri kullanılarak tahmin edilen değiştirilmiş Park ve Ang hasar indisi standart sapmalarının farklı şiddet seviyelerindeki değerlerini darbeli kayıtlar için göstermektedir. IP şiddet ölçüsünün, hasar indisini tahmin etmede etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, bu etkinliğin yüksek yer hareketi şiddet seviyesinde azaldığı görülmüştür.



Şekil 8. $Sa(T1)$ ve $[Sa(T1), IP(T1)]$ şiddet ölçüleri kullanılarak tahmin edilen darbeli kayıt MKÖ standart sapmalarının farklı şiddet seviyelerindeki değerleri.



Şekil 9. $Sa(T1)$ ve $[Sa(T1), IP(T1)]$ şiddet ölçüleri kullanılarak tahmin edilen darbesiz kayıt MKÖ standart sapmalarının farklı şiddet seviyelerindeki değerleri.



Şekil 10. $Sa(T1)$ ve $[Sa(T1), IP(T1)]$ şiddet ölçüleri kullanılarak tahmin edilen darbeli kayıt Hasar İndisi standart sapmalarının farklı şiddet seviyelerindeki değerleri

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, $[Sa(T1), IP(T1)]$ vektör şiddet ölçüsünün yakın saha depremlerine maruz kalan yapıların maksimum ve kümülatif yapı tepkilerini tahmin etmede etkin olduğu gösterilmiştir. Periyot bağımlı bir parametre olan Anlık Güç ($IP(T1)$), yakın saha deprem kayıtlarını yapıda etkili olması beklenen frekans aralığına göre karakterize etmekte ve darbeli yer hareketi karakteristik özelliklerinin (darbe periyodu ve darbe genliği) yapılar üzerindeki etkisini temsil etmektedir. Çalışmada yapılan analizler, IP 'nin yapısal tepkideki varyansın büyük bir bölümünü açıkladığını göstermiştir. Bunlara ek olarak, $[Sa(T1), IP(T1)]$ şiddet ölçüsünün yapısal değişkenliği azaltmada $Sa(T1)$ şiddet ölçüsüne göre daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yüzden, önerilen şiddet ölçüsünün olasılıksal sismik tasarım ve değerlendirme yöntemlerine dahil edilmesi yapısal tepki tahminlerinin daha güvenilir ve doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alavi, B., & Krawinkler H (2000). Consideration of near-fault ground motion effects in seismic design. Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, 8.
- Baker, J.W., & Cornell, C.A (2008). Vector-valued intensity measures for pulse-like near-fault ground motions. *Engineering Structures*, 30(4):1048-1057.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ibarra, L. F., Medina, R. A., & Krawinkler, H. (2005). Hysteretic models that incorporate strength and stiffness deterioration, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 34, 1489-1511.
- Kunnath, S. K., Reinhorn, A. M., & Lobo, R. F. (1992). IDARC Version 3.0: A program for the inelastic damage analysis of reinforced concrete structures, Tech. Rep, NCEER-92-0022, Buffalo, New York.
- Lignos, D. (2008). Sidesway collapse of deteriorating structural systems under seismic excitations, Ph.D. Thesis, Stanford University.
- Luco, N., Cornell C.A. (2007). Structure-specific scalar intensity measures for near-source and ordinary earthquake ground motions. *Earthquake Spectra*, 23(2):357-392.
- Somerville, P.G., Smith, N.F., Graves, R.W., & Abrahamson N.A. (1997). Modification of empirical strong ground-motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity. *Seismological Research Letter.*, 68(1):199-222.
- Tothong P, Luco, N. (2007). Probabilistic seismic demand analysis using advanced ground motion intensity measures. *Earthquake & Structural Dynamics*, 36(13):1837-1860.
- Zengin, E.,& Abrahamson, N. A. (2020a). A vector-valued intensity measure for near-fault ground motions. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 49(7), 716-734.
- Zengin, E.,& Abrahamson, N. (2020b). Conditional Ground-Motion Model for Damaging Characteristics of Near-Fault Ground Motions Based on Instantaneous Power. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 110(6), 2828-2842.
- Zengin, E., Abrahamson, N. A., & Kunnath, S. (2020). Isolating the effect of ground-motion duration on structural damage and collapse of steel frame buildings. *Earthquake Spectra*, 36(2), 718-740.

GÖRÜNTÜ TABANLI OSMANLI ESERLERİNİ SORGULAMAK İÇİN REST DESTEKLİ ERİŞİM SİSTEMİ

Ediz ŞAYKOL*

ÖZ

Bu çalışmada, günümüze ulaşılmış bir çok Osmanlıca eser ile ilgili olarak bir erişim sistemi geliştirilmiştir. Bu erişim sistemi, içerik tabanlı belge sorgulama ve anahtar-kare tabanlı görüntü iyileştirme çalışmalarının bir devam eden süreci olarak, mobil uygulamaları da içerecek şekilde genişletilmiş bir yol haritasının sonucunda hayata geçirilmiştir. Mevcut kitabe, hat ve şahide olarak sınıflandırılan Osmanlıca eserlerin bilgilerine erişim ve üzerindeki Osmanlıca yazıların okunması oldukça zordur. Öncelikle okunamayan eserler tanımlanmış daha sonra bu eserlerin bir mobil uygulama sayesinde bilgilerine erişilmesine ve günümüz Türkçe'si ile okunmasına SIFT algoritmasına GPS tabanlı filtre uygulanarak olanak sağlanmıştır. Ayrıca bu eserlerin ileride akademik çalışmalarda kullanılması için bir envanter platformu oluşturulması hedeflenmiş ve REST destekli arayüzler geliştirilmiştir. Belirlenmiş pilot bölgelerdeki eserler daha önce İçerik Yönetim Sistemine girilmiş; gerekli bilgiler ve benzerlik amaçlı kullanılacak öznelik vektörleri çıkartılarak daha sonraki aramalar için kaydedilmiştir. Sonrasında ise geliştirilen mobil uygulama üzerinden resim tanıma sistemine yapılan arama isteklerine eşleşen resimler; içerik yönetim sistemindeki bilgiler ile birleştirilerek kullanıcıya iletilmiştir. Bu çalışma kapsamında başarıyla eşleşen ve arayüz üzerinden sunulan örnekler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Osmanlıca Eserler, SIFT, REST.

*Makalenin Gönderim Tarihi :18.08.2021 ; Kabul Tarihi :23.08.2021; Türü:Araştırma ,DOI.: 10.20854/bujse.984198

*Sorumlu Yazar Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği(İng)/ Ayazağa, 34398 Sarıyer/İstanbul, ediz.saykol@beykent.edu.tr

A REST-ENABLED ACCESS SYSTEM FOR QUERYING IMAGE-BASED OTTOMAN ARTIFACTS

Ediz ŞAYKOL*

ABSTRACT

In this study, an access system has been developed for many Ottoman artifacts that have survived to the present day. This access system has been implemented as a result of an expanded roadmap to include mobile applications, as an ongoing process of content-based document query and key-frame-based image enhancement. It is very difficult to access the information of the Ottoman works classified as existing inscriptions, calligraphy and witness and to read the Ottoman texts on them. First of all, the unreadable works were identified, then it was possible to access the information of these works with a mobile application and to read them in today's Turkish by applying a GPS-based filter to the SIFT algorithm. In addition, it was aimed to create an inventory platform for the future use of these works in academic studies and REST-enabled interfaces were developed. The works in the designated pilot regions were previously entered into the Content Management System. The necessary information and feature vectors to be used for similarity were extracted and saved for future searches. Afterwards, images matching the search requests made to the image recognition system via the developed mobile application. It was combined with the information in the content management system and conveyed to the user. Within the scope of this study, examples are given, that are successfully matched and presented through the interface.

Keywords: *Ottoman Artifacts, SIFT, REST.*

1. GİRİŞ

Başta İstanbul olmak üzere Türkiye ve Osmanlı Devleti idaresi altında bulunmuş bir çok ülkede Osmanlıca eserler mevcuttur. Bu eserler akademisyenler tarafından çalışılmalar yapılmış fakat farklı farklı akademik çalışmalar içerisinde yer aldığı için bu bilgilere erişim oldukça zordur. Ayrıca üzerindeki Osmanlıca metinler, eserin ait olduğu dönemin dil özelliğini içerdiğinden bu metinleri okumak ayrı bir uzmanlık gerektirmektedir.

Bu çalışma içerisinde öncelikle; okunamayan eserler tanımlanmış daha sonra bu eserlerin bir mobil uygulama sayesinde bilgilerine erişilmesine ve günümüz Türkçe'si ile okunmasına SIFT algoritmasına konum tabanlı filtre uygulanarak olanak sağlanmıştır. Ayrıca bu eserlerin tanımlanması ve bu sahada akademik alanda çalışma yapanlar tarafından kullanmak üzere bir envanter platformu oluşturulmuştur. Başlangıç olarak pilot bölgelerdeki eserler tanımlanmış. Ardından envanter platformuna bilgi girişleri sağlanmıştır. Esas itibarıyla bu erişim sistemi, içerik tabanlı belge sorgulama [3] ve anahtar-kare tabanlı görüntü iyileştirme [2] çalışmalarının bir devam eden süreci olarak, mobil uygulamaları da içerecek şekilde genişletilmiş bir yol haritasının sonucunda hayata geçirilmiştir.

Bilgi girişleri esnasında her bir eser için SIFT algoritması ile gerekli bilgiler çıkartılarak daha sonraki aramalar için kaydedilmiştir. SIFT algoritmasının bir mobil uygulama servisi olabilmesi ve performansının artırılmasına yönelik yaptığımız bazı optimizasyonlar ileride anlatılacaktır. Daha sonra geliştirdiğimiz mobil uygulama üzerinden resim tanıma sistemine yapılan arama isteklerine eşleşen resimler; içerik yönetim sistemindeki bilgiler ile birleştirilerek kullanıcıya sunulmuştur.

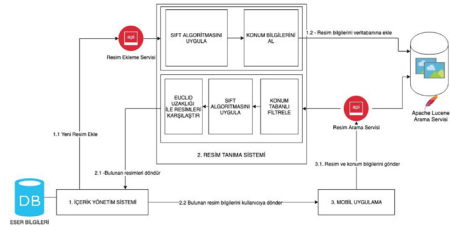
Bu makalenin kalan kısımları şu şekilde oluşturulmuştur. Bölüm 2'de kullanılan yöntemler genel mimari ile birlikte verilmiştir. Bölüm 3 REST destekli içerik erişim sistemi tasarımı açıklamakta, ve Bölüm 4 uygulama kapsamında değerlendirilen Osmanlı Eser türlerini detaylarıyla vermektedir. Bölüm 5 deneysel çalışmaları sunarken, Bölüm 6 makaleyi sunulandırmakta ve gelecek çalışmalara kısaca değinmektedir.

2. GENEL MİMARİ VE KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu çalışma kapsamında üç ayrı modül oluşturulmuştur. Bunlardan biri eser bilgilerinin saklanacağı İçerik Yönetim Sistemi'dir. Diğer modül resim arama ve resim bilgilerinin tutulacağı Resim Tanıma Sistemi'dir. Üçüncü modül ise Resim Tanıma Sistemi'nin bir istemcisi olarak çalışacak Mobil Uygulama'dır.

Şekil 1'de belirtildiği gibi; İçerik Yönetim Sistemi'ne yeni bir eser eklendiğinde öncelikle bilgilere veritabanında saklanacaktır. Ardından Resim Tanıma Sistemi'nin 'resim ekle' servisine, eklenen eserlerin resimleri ve enlem boylam bilgileri gönderilecektir. Resim Tanıma Sistemi her bir resim için öncelikle SIFT algoritmasını uygulayacaktır. Daha sonra SIFT algoritmasının sonucundan üretilen tanımlıyıcılar (descriptor) Apache Lucene Arama Servisine kaydedilecektir.

Bu işlemler gelen her bir resim için uygulandıktan sonra arama servisine aynı dosya isimleri ile kaydedilecektir. Bir eserin birden fazla resiminin bulunması o eserin arandığında bulunma oranını arttırmaktadır. Bir eserin birden fazla resminin olması dosya



Şekil 1. Geliştirilen REST destekli erişim sisteminin mimarisi.

isimlerindeki anahtarın aynı şekilde olması ile sağlanmıştır. Mobil Uygulama tarafından bir resim aranacağı zaman öncelikle Resim Tanıma Sistemi'ne aranan resmin verileri ve enlem, boylam bilgileri gönderilecektir.

Resim Tanıma Sistemi öncelikle; enlem ve boylam bilgilerine yakın olan resimleri filtreleyecektir. Daha sonra aranacak resim üzerinde SIFT algoritmasını uygulayacaktır. SIFT algoritmasının sonucundan elde edilen veriler; Apache Lucene Arama Servisi üzerinden Euclid Uzaklık algoritması ile karşılaştırılarak eşleşen resimlerin listesini getirecektir.

Daha sonra her bir eşleşen resimin bilgilerini İçerik Yönetim Sistemi'nden talep ederek mobil uygulamaya geri döndürülecektir. Böylece mobil uygulama eşleşen resimlere ve bilgilere ulaşmış olacaktır.

Resim Tabanlı Osmanlı Eserleri için David Lowe ve ekibinin geliştirdiği SIFT görüntü eşleme algoritması kullanılmıştır [1]. Bu yöntemde, bir görüntünün eğikliği, yakınlığı, açı değişimi, karanlık veya aydınlık farkından bağımsız resime özel bir imzanın üretilmesini hedeflemektedir. Bu bağımsızlığı sağlamak için seçilen algoritma tarafından belirlenen 'önemli noktalar (interest points)'lerin etrafındaki gradyan yönelimleri ve büyüklükleri hesaplanmaktadır. Bu sayede görüntü üzerindeki açı değişişe dahi gradyan yönelimindeki farkların değişmemesinden dolayı bağımsız sonuçlar elde edilebilmektedir. Açı, eğim ve aydınlık-karanlık değişimi parametrelerindeki değişimler, yakınlık ve uzaklık parametreleri ile doğrudan alakalı olduğundan öncelikle resimin farklı ölçeklerdeki simülasyonları oluşturulur ve ölçekler arasında ortak bir uzay oluşması sağlanır.

SIFT algoritmasının ölçek (yakınlık-uzaklık) değişimlerinden bağımsız çalışması için öncelikle bir ölçek uzayı oluşturulmaktadır. Bu uzayın elde edilmesi için 'ölçek' ve 'oktav' adında iki parametre oluşturulmaktadır. Bir resimin kaç defa yeniden boyutlandıracağını belirlediği parametre 'oktav' parametresidir. Her bir boyutlandırma resimin ne kadar bulanıklaştırılacağı ise 'ölçek' parametresi ile belirlenir. SIFT algoritması bulanıklaştırma işlemi için Gauss Konvolüsyonu yönteminden faydalanmaktadır. Şekil 2'de bu süreçler grafiksel olarak gösterilmiştir.

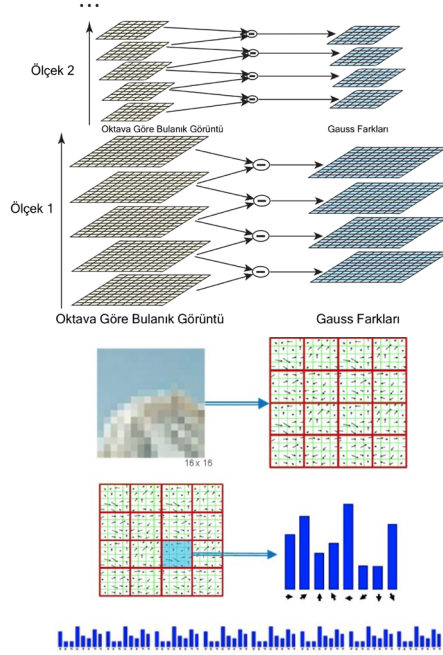
3. REST DESTEKLİ İÇERİK İŞLEME VE YÖNETİMİ

Bu bölümde SIFT algoritmasının bir web-servisine çevrilmesi ve performansına yönelik bazı optimizasyonlar ile eşleşme süresini mobil uygulama düzeyinde kullanılması anlatılmaktadır.

3.1. KONUM BAZLI OPTİMİZASYON

Uygulama içerisinde eşleşme yapılacak eserlerin tümü konum-bazlı eserler olmasından dolayı öncelikle mobil uygulamadan gelen enlem ve boylam bilgilerine göre filtreleme uygulanmıştır. Bu filtreleme de aranacak eserlerin adedini azaltarak daha hızlı bir sonuç alınması hedeflenmiştir.

Konum bazlı filtreleme sayesinde eserin 30 metre civarındaki tüm eserler tesbit edilerek arama algoritması sadece bu eserler üzerinde uygulanmıştır. 30 metrelik bir alanın filtrelenmesi mevcut mobil cihazlardaki GPS sapmalarından dolayı tercih edilmiştir [4]. Her bir resime ait enlem ve boylam bilgileri resimlerin veritabanına kaydedilirken tutulan id'lerin sonuna eklenmiş. Böylece resim tanıma sisteminin kolaylıkla bu filtrelemeyi kullanması sağlanmıştır.



Şekil 2. Kullanılan SIFT yönteminin öz nitelik işleme gösterimi ([1]'den uyarlanmıştır).

3.2. APACHE LUCENE ARAMA SERVİSİ

Apache Lucene, Java yazılım dili ile geliştirilmiş ve günümüz modern uygulamalarda sıklıkla kullanılan açık kaynak kodlu bir arama altyapısıdır [5]. Lucene altyapısını kullanan uygulamalar arasında, Twitter, Apple ve Wikipedia en meşhurlardır [6]. Apache Lucene üzerine yazılmış en bilinen servis Solr; yüksek performanslı arama servisi olarak bilinmekte ve yaygın kullanılmaktadır [7].

Bu çalışma kapsamında SIFT algoritmasından üretilen 128'lik vektörleri Apache Lucene üzerinde tutulması tercih edilmiştir.

Bu tercihin en önemli nedeni; resim eşleme esnasında aranacak önemli nokta imzalarının, Apache Lucene içerisinde hazır bulunan öklit mesafe ölçümü (Euclidian Distance) özelliğinden faydalanılarak elde edilmesidir [8]. Bu işlem Apache Lucene tarafından optimize ve yüksek performanslı bir şekilde sağlanmaktadır. Ayrıca yine Apache Lucene üzerinde konum tabanlı arama yapılabilmektedir.

Aranacak eserlerin konum tabanlı filtrelenmesinde bu özellikten faydalanılmıştır. Apache Lucene kullanımının bir diğer tercihi sebebi ise; resim tanıma sistemindeki verilerin artması durumunda, arama altyapısı tarafından sağlanan dağıtım (distribution) ve kopyalama (replication) hizmetlerinden faydalanarak resim tanıma sisteminde oluşabilecek yükün giderilmesini sağlanmasıdır [9].

3.3. OSMANLI ESER RESİMLERİNİN DEPOLANMASI

Uygulama içerisinde gerek Resim Tanıma Sistemi tarafında gerekse Mobil Uygulama tarafında bir çok resim datası depolanacaktır. Bu resim datalarına kolaylıkla erişim ve maliyeti düşürmek amaçlı bulut depolama hizmeti olarak bilinen Amazon S3 ürünü tercih edilmiştir [10]. Uygulama içerisindeki tüm resim datası akışları Amazon S3 üzerindeki klasörleme düzeni üzerinden düzenlenmiştir. İçerik Yönetim Sistemi tarafından yeni bir eser eklendiğinde; eserin resimleri öncelikle Amazon S3 içerisindeki bir klasöre eklenmektedir ve Amazon S3 üzerindeki anahtar ismi Resim Tanıma Sistemine iletilmiştir.

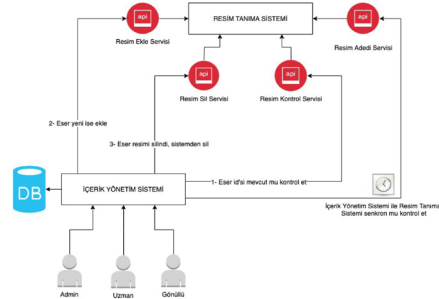
Mobil uygulama üzerinden bir resim aratılacağı zaman aynı şekilde resim ilk önce Amazon S3 üzerindeki bir klasöre yüklenerek, buradaki anahtar ismi Resim Tanıma Sistemine iletilmiştir. Resim datalarının hem İçerik Yönetim Sistemi hem de Resim Tanıma Sisteminde tutularak oluşacak veri maliyetini asgari seviyeye indirmek için böyle bir akış tercihi edilmiştir. Ayrıca ileride Amazon S3'ün yedekleme mekanizmasından da faydalanılması düşünülmüştür.

3.4. REST DESTEKLİ RESİM EŞLEME SERVİS YAPISI

REST (Representational State Transfer); özellikle web servislerinde kullanılan bir mimari tasarım tipidir [11]. Kullanımındaki kolaylıktan dolayı günümüz bir çok uygulamada tercih edilmektedir. Bu tezde SIFT algoritmasının internet üzerinden erişilebilmesi için JAVA dilinde kullanılan ve açık kaynak kodlu olan SPRING BOOT altyapısı kullanılmaktadır [12]. Bu altyapı bir JAVA uygulamasının kolaylıkla REST servislerine çevrilmesine olanak tanınmaktadır. Bu çalışma

kapsamında 6 adet REST servisi oluşturulmuştur.

Şekil 3'te gösterildiği gibi, İçerik Yönetim Sistemine yeni bir eser eklendiğinde veya bir eserin resimleri güncellendiği zaman Resim Tanıma Sistemine yeni resim eklenir veya güncelleme yapılır. Bu işlem için öncelikle Resim Kontrol Servisi çağırılarak resimin daha önce sistemde mevcut olup olmadığı kontrol edilir (adım 1).



Şekil 3. İçerik Yönetim Sistemi ile genişletilmiş REST destekli web servis tanımlamaları.

Eğer resim ilk defa ekleniyorsa aşağıdaki formatta yeni bir anahtar oluşturulur.

`mongodb(13 karakter)_uuid(8 karakter)_
eserTipi_enlem_boylam.jpg`

Resim Tanıma Sisteminden dönen eserlerin İçerik Yönetim Sistemindeki bilgiler ile doğru bir şekilde eşleştirilmesi için anahtarın baş kısmındaki mongoid kullanılmaktadır. Resim Tanıma Sistemi; yeni bir resim eklendiği zaman gönderilen resmin anahtarını kaydederek arama sonuçlarında aynı ismi döndürecektir. Konum tabanlı filtrelemede kullanılmak üzere gerekli olan enlem ve boylam bilgileri resim isminin son kısmından kesilerek veritabanına kaydedilmektedir. Dosya ismindeki uuid (8 karakter) bir eserin birden fazla resmi olduğunda karışıklığa neden olunmaması için tutulmaktadır.

Resim Tanıma Sisteminde resim güncelleme durumunda karışıklığa sebep olacağından, güncellenen resimin eski kopyasının tamamen silinerek, yenisinin oluşturulması yöntemi tercih edilmiştir. Bu durumda İçerik Yönetim Sistemi, 'Resim Sil Servisi'ni çağırarak resmi siler ve yeni kopyasını gönderir.

İçerik Yönetim Sistemi ile Resim Tanıma Sistemi arasındaki senkronizasyon önemli olduğundan belli aralıklarla 'Resim Adedi Servisi' vasıtası ile İçerik Yönetim Sistemi ile Resim Tanıma Sistemindeki resim adedlerinin aynı olup olmadığı kontrol edilerek; İçerik Yönetim Sistemi'nin admin rolündeki kullanıcılara rapor olarak dönüş yapılmaktadır.

4. UYGULAMADA YER ALAN RESİM TABANLI OSMANLI ESERLERİ

İçerik Yönetim Sistemi içerisinde bulunacak eserler: kitabe, hat eserleri ve şahideler olmak üzere üç kategoride ele alınıp; eserler hakkında aşağıdaki bilgiler tespit edilmiştir.

Kitabe bir tarihi eserin; yapılış tarihi, yapılış nedeni, yaptıran kişi bilgilerini şiirsel bir dil ile taş veya mermer üzerine işlenmesidir. Genellikle dinî, sivil ve askerî binaların belirli yerlerine özenle işlenen kitabe, verdiği bilgilerle ve yapının estetiğini tamamlayan dekoratif bir unsur olmasıyla önem taşıyan bir mimari elemandır [13]. Kitabeler için İçerik Yönetim Sisteminde aşağıdaki alanlar belirlenmiştir.

- Kitabe resimleri: Eşleşme algoritmasında kullanılmak üzere 2048 pixel 72 dpi seviyesinde kitabenin resimleri içerir.
- Bulunduğu bina türü: Kitabenin ne tür bir binada bulunduğu. Örneğin: cami, çeşme, medrese
- Kitabenin türü: Kitabenin türü hakkında bilgileri içerir. Örneğin: İmaret kitabesi, çeşme kitabesi
- Kitabenin edebi türü: Kitabenin hangi tür edebi türe ait olduğu bilgileri içerir. Örneğin: Nesir, beyit
- Kitabenin sanatçısı: Kitabenin hangi sanatçı tarafından yapıldığı hakkında bilgileri içerir.
- Kitabenin dili: Kitabenin hangi dilde yazılmış olduğu bilgileri içerir. Örneğin: Farsça, Arapça, Türkçe
- Kitabenin yazı tipi: Kitabede hangi tip yazı tipinin kullanıldığı bilgilerini içerir. Örneğin: Talik, Rika, Sülüs
- Kitabenin vezini: Kitabede hangi edebi vezin kullanıldığı hakkında bilgileri içerir. Örneğin: Failattin failattin failün
- Kitabenin içeriği: Kitabe üzerindeki metni içerir.
- Kitabedeki ebced notu: Kitabe üzerindeki ebced hesabı hakkındaki bilgileri içerir.
- Konumu: Resim eşleşme esnasında kullanılmak üzere eserin enlem ve boylam bilgilerini içerir.

Hat eserleri; camii, tekke, türbe gibi bir çok alanda yaygın şekilde levha şeklinde duvarlara asılmıştır. Bu çalışmada içeriği Arapça ve Osmanlıca olan bu levhaların okunması sağlanılmaya çalışılmıştır [14]. Sadece levha üzerinde değil; çini üzerinde yazılan her türlü hat eseri İçerik Yönetim Sistemine eklenmesi hedeflenmektedir. Hat eserleri için İçerik Yönetim Sisteminde belirlenen alanlar aşağıdaki gibidir:

- Hat resimleri: Eşleşme algoritmasında kullanılmak üzere 2048 pixel 72 dpi seviyesinde hat eserinin resimlerini içerir.

- Hatın sanatçısı: Hat eserini yazan sanatçının bilgilerini içerir.
- Hattın içeriği: Hat eseri üzerindeki metni içerir.
- Hattın yazı tipi: Hat eserinde hangi tip yazı tipinin kullanıldığı bilgilerini içerir. Örneğin: Talik, Rika, Sülüs
- Hattın sanat dalı: Hattın hangi sanat dalına ait olduğu bilgilerini içerir. Örneğin: Divani, Tuğra
- Konumu: Resim eşleşme esnasında kullanılmak üzere eserin enlem ve boylam bilgilerini içerir.



Şekil 3. Osmanlı Eserleri, (a) Kitabe, (b) Hat Eseri, (c) Şahide.

Şahideler aynı zaman mezar taşı olarak da bilinmektedir. Bir mezarın baş kısmına dikilen taştan mamul işaretlerdir. Şahideler üzerindeki başlıklar, motifler, şekilleri oradaki mevtanın yaşadığı dönemi, mesleği, devlet bünyesindeki kademesi gibi bilgileri içerir [15]. Şahideler için İçerik Yönetim Sisteminde aşağıdaki alanlar belirlenmiştir.

- Şahidenin resimleri: Eşleşme algoritmasında kullanılmak üzere 2048 pixel 72 dpi seviyesinde şahidenin resimlerini içerir.
- Adı: Şahide üzerinde belirtilen isimi içerir.
- Cinsiyeti: Şahide üzerinde belirtilen cinsiyeti içerir.
- Tarihi: Şahide üzerindeki tarihi içerir.
- Şahide metin hattatı: Şahide üzerinde işlenmiş hattın sanatçısı bilgilerini içerir.
- Şahide başlık tipi: Şahidenin başlığı hakkında bilgileri içerir. Örneğin: Katib, Fes
- Şahide tipi: Şahide tipi bilgilerini içerir. Örneğin: Masa Lahitli, Çerçeveli
- Şahide yazı tipi: Şahide üzerindeki hattın yazı tipi bilgilerini içerir. Örneğin: Talik, Rika, Sülüs.
- Şahide meslek bilgisi: Şahide üzerinde belirtilmiş meslek bilgilerini içerir.
- Şahide içeriği: Şahide üzerinde bulunan hattın metnini içerir.
- Şahide üstündeki süsleme notları: Şahide üzerindeki süsleme bilgilerini içerir.
- Konumu: Resim eşleşme esnasında kullanılmak üzere eserin enlem ve boylam bilgilerini içerir.

5. ERİŞİM ÖRNEKLERİ VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Resim Tanıma Sisteminin kurulumu için 4 çekirdekli 8 GB ram'e sahip olan bir server tercih edilmiştir ve ortalama 20 sn. - 50 sn. arası bir arama süresinde doğru sonuç elde edilmektedir. Resim Tanıma Sistemini yüklediğimiz serverin konfigürasyonları kolaylıkla artırılabilir. Resim Tanıma Sistemi'nin verimliliğine göre buradaki değerler artırılabilir ve bu süre azaltılabilir. Gerçek veriler ile test yapıldığında elde ettiğimiz sonuçlar aşağıdaki Şekil 4 ve Şekil 5'teörneklerdeki gibidir. Tüm örnek very seti ile denediğimizde %98 bir başarımla elde edilmiştir.



Şekil 4. Resim Tanıma Sisteminin gerçek veriler ile test edilmesi. Sağdaki aranan resim, solda doğru bulunan sonuç.



Şekil 5. Resim Tanıma Sisteminin gerçek veriler ile test edilmesi. Sağdaki aranan resim, solda doğru bulunan sonuç.

6. SONUÇ

Bu çalışmada SIFT algoritması kullanılarak Osmanlıca yazılı eserler üzerinde mobil uygulama üzerinden resim eşleşme yöntemi ile bilgilerine kolaylıkla erişim hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik öncelikle İçerik Yönetim Sistemi, Resim Tanıma Sistemi ve Mobil Uygulama detaylı bir şekilde tasarlanmış ve hayata geçirilmesi sağlanmıştır. SIFT algoritmasının tek başına süre bakımından böyle bir iş için yetersiz kalmasından dolayı lokasyon tabanlı filtre uygulanmış ve Apache Lucene gibi modern arama servisleri ile desteklenmiştir. SIFT algoritmasından üretilen imzaların geleneksel Öklid uzaklığı yöntemi ile eşleştirilmesi, mobil

uygulamanın resim tanıma süresini çok uzatmaktadır ve bu kullanıcıya kötü bir deneyim olarak yansımaktadır. Bu eksiklik, bilgilerine erişilmek istenilen eserlerin konum tabanlı ve yeri değişmeyen, sabit birer varlık olmaları ve buldukları enlem ve boylam bilgileri ile filtrelenmesi ile aşılmıştır.

İçerik Yönetim Sistemi, ileride akademik çalışmalarda kullanılmak üzere tasarlanmış aynı zamanda Resim Tanıma Sistemi ile entegre edilerek, Mobil Uygulama üzerinden gelen sorgularda cevaplaması sağlanmıştır. SIFT algoritması gibi bir resmin tamamı üzerinde arama yapılması yerine Karakter Tanıma Sistemi (OCR) yöntemi ile eserler üzerinden aratılması; daha uygun bir yöntemdir ve her bir eser için İçerik Yönetim Sisteminde bir kayıt tutulması zorunluluğunu ortadan kaldıracaktır.

Bu çalışma kapsamında küçük bir plot bölge seçilmiş ve İçerik Yönetim Sistemine girişleri yapılmıştır. Fakat Osmanlı Devletinin zaman içerisinde çok geniş bir coğrafyaya yayılmıştır. Hakim oldukları coğrafyada yapmış olduğu hayır eserlerinde kitabelerin kullanılması, Ortadoğu ve Balkan ülkelerinde günümüze ulaşmış Osmanlı şahidelerinin varlığı; Kudüs, Mekke, Medine gibi bir çok kutsal mekana hediye olarak gönderilmiş Osmanlıca ve Arapça hat levhalarının bulunması tez kapsamındaki hedefin çok geniş bir çerçevede ele alınmasına sebep olmaktadır. İçerik Yönetim Sisteminde kolaylıkla genişletilebilir olan MongoDB veritabanının tercih edilmesi bu nedenledir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ana hatlarını, geliştirdiği tez çalışması kapsamında yürüten ve tüm kodlamaları gerçekleştiren Abdullah GÜRSOY'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- [1]. D. Lowe, (2004). “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints”. International Journal of Computer Vision. 60(2): 91–110.
- [2]. E. Saykol (2016), “Keyframe-based video mosaicing for historical Ottoman documents”, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 24(5): 4254-4266.
- [3]. E. Saykol, A.K. Sinop, U. Gudukbay, O. Ulusoy, E. Cetin (2004). “Content-Based Retrieval of Historical Ottoman Documents Stored as Textual Images”, IEEE Transactions on Image Processing, 13(3): 314-325.
- [4]. Çevrimiçi, <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/> Erişim Tarihi: 07.05.2019.
- [5]. Çevrimiçi, <http://lucene.apache.org/> Erişim Tarihi: 09.05.2019
- [6]. Çevrimiçi, <https://www.slideshare.net/lucidworks/search-at-twitter-presentedby-michael-busch-twitter> Erişim Tarihi: 10.05.2019
- [7]. Çevrimiçi, <http://lucene.apache.org/solr/> Erişim Tarihi: 12.05.2019
- [8]. Çevrimiçi, https://lucene.apache.org/solr/guide/7_7/spatial-search.html Erişim Tarihi: 12.05.2019
- [9]. Çevrimiçi, https://lucene.apache.org/solr/guide/6_6/distributed-search-withindex-sharding.html Erişim Tarihi: 12.05.2019
- [10]. Çevrimiçi, <https://aws.amazon.com/tr/s3/> Erişim Tarihi: 13.05.2019
- [11]. Çevrimiçi, https://en.wikipedia.org/wiki/Representational_state_transfer Erişim Tarihi: 13.05.2019
- [12]. Çevrimiçi, <https://spring.io/projects/spring-boot> Erişim Tarihi: 15.05.2019
- [13]. Arpaslan, A. (2002), KİTÂBE, TDV İslâm Ansiklopedisi. Türkiye Diyanet Vakfı: Ankara.
- [14]. Derman, M.U. (1997), Hat, TDV İslâm Ansiklopedisi. Türkiye Diyanet Vakfı: Ankara. 427-437.
- [15]. Bozkurt, N.(2004), Mezarlık, TDV İslâm Ansiklopedisi. Türkiye Diyanet Vakfı: Ankara. 519-522.

APPLICATIONS OF ROBOTIC PROCESS AUTOMATION IN FINANCE AND ACCOUNTING

Özge DOĞUÇ*

ABSTRACT

Processes that contain repetitive and well-defined steps are more suitable for robotic process automation (RPA) than others. Many financial processes such as quarterly reports and balance sheet preparation fall into this category. Also, these processes are voluminous, making the benefits of RPA even more recognizable. Financial institutions (FIs) become aware of the benefits of RPA earlier than others and adopted RPA in many of their applications. Account reconciliations, reporting, and tax planning are among the processes that have been adapted to RPA. RPA has been a popular term in the industry for the last few years, only recently has it started to become a technology that's within the reach of most organizations. RPA market has been almost doubling every year and it is expected to grow by more than 50 through 2020. Growth in the Turkish market is also substantial: between 2018 and 2020 more than 130 top companies have employed RPA robots in their infrastructure. Banks and technology companies in Turkey adapt RPA faster than other sectors, about 50% of the companies that adapted RPA are from these sectors. This paper discusses applications and advantages of RPA by giving examples from the finance and accounting in Turkey.

Keywords: *Finance; automation technologies, RPA, financial applications, financial automation*

*Received:30.03.2021 ; Accepted : 14.04.2021 Research DOI: 10.20854/bujse.906795

*Istanbul Medipol University, Faculty of Medipol Business School, Istanbul/Turkey, odoguc@medipol.edu.tr

FİNANS VE MUHASEBEDE ROBOTİK SÜREÇ OTOMASYONUNUN UYGULAMALARI

Özge DOĞUÇ*

ÖZ

Tekrarlı ve iyi tanımlı adımlar içeren süreçler robotik süreç otomasyonu (RPA) için diğer süreçlere göre daha uygundur. Finans alanında çeyrek sonu raporları ve bilanço tablosu oluşturma gibi kurallı ve düzenli çalışan süreçler bunlara iyi birer örnektir. Ayrıca bu tür süreçler yüksek hacimleri sayesinde RPA'nın katkısını daha da görünür hale getirirler. Finansal kuruluşlar RPA'nın katkı ve kazancını diğerler sektör kuruluşlarından önce farketmiş ve RPA'yı birçok uygulamalarına uyarlamışlardır. Bunların başında raporlama, mutabakat, vergi hesaplama gibi süreçler gelmektedir. RPA, son birkaç yıldır sektörde popüler bir anahtar kelime olmuştur, ancak son zamanlarda çoğu kuruluşun erişebileceği bir teknoloji haline de gelmeyi başarmıştır. Hackett Group tarafından hazırlanan bir raporda RPA, küresel iş hizmetleri kuruluşlarında ve tüm iş süreci dış kaynak kullanımı (BPO) ekosisteminde ezber bozan bir unsur olarak gösterilmektedir. RPA pazarı her yıl neredeyse ikiye katlanmakta ve 2020'ye kadar %50'den fazla büyümesi beklenmektedir. Türkiye pazarındaki büyüme hızı da oldukça etkileyicidir: 2018-2020 yılları arasında Türkiye'nin önde gelen 130 şirketi RPA robotlarını kendi bünyelerine kattılar. Bankalar ve teknoloji firmaları RPA adaptasyonu konusunda daha hızlı davrandılar, ülkedeki RPA robotlarının yaklaşık %50'si bu iki sektör tarafından kullanılmaktadır; sadece bankalar robotların %30'dan fazlasına sahiptirler. Bu makale, Türkiye'den örnekler vererek finans alanında RPA'nın uygulamalarını ve avantajlarını tartışmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Finans; otomasyon teknolojileri; RPA; finansal uygulamalar; finansal otomasyon

I. INTRODUCTION

Financial institutions (FIs) typically execute hundreds of thousands of financial transactions, and manually processes numerous documents on a daily basis. Customer on-boarding, know your customer (KYC), risk mitigation, money transfers are among the processes that require extensive amount of data and manual work. (Parcells, 2016) Also once onboarded, customers require constant interaction through call centers, chatbots, emails etc., requiring similar amount of labor-intensive processes. When added up, these core processes lock up considerable amount of key employee time regularly, and also very susceptible to human errors.

Robotics process automation (RPA), is a type of regulatory technology (RegTech) that provides FIs an effective alternative to burning up employee time and effort in mundane and tiring tasks. (Ortega, 2018) Bots, the “workforce” of RPA, are software programs that follow defined internal business rules and policies and can be trained on essentially any repeatable and rule-based process. By training bots to follow standardized processes, FIs can improve efficiency, increase throughput, and reduce errors. This paper discusses how RPA has been utilized by FIs and provides a number of example processes from the finance and accounting sector.

II. COMMON FINANCIAL USAGES FOR RPA

The most common use for bots in the finance domain is to replicate financial information (e.g. customer details, market values, credit ratings etc.) across multiple internal systems and make them available across business units. RPA bots have been utilized by FIs for this purpose as early as 2017. (Chakroborty, 2017) In a 2017 study, E&Y lists the potential application areas of RPA in the finance function as follows:

- Bank reconciliation process
- Financial and external reporting
- Sales ordering and invoicing
- Inventory management
- Receivables and payables management
- Fixed asset management
- Tax planning and accounting

This list coincides with the applications of RPA that had been listed in other studies (Top 10 Use Cases for Automation in Finance, 2019) (Sarno, 2018). Especially, reconciliation, reporting and

account payables are the most commonly listed application areas. The heatmap below shows the rates of occurrences of these applications in several subdomains of the financial applications. (Kumar, 2019) The blue highlighted sections show the financial applications where RPA has been most commonly used. Grey highlights show the secondary targets for RPA applications in the finance domain.

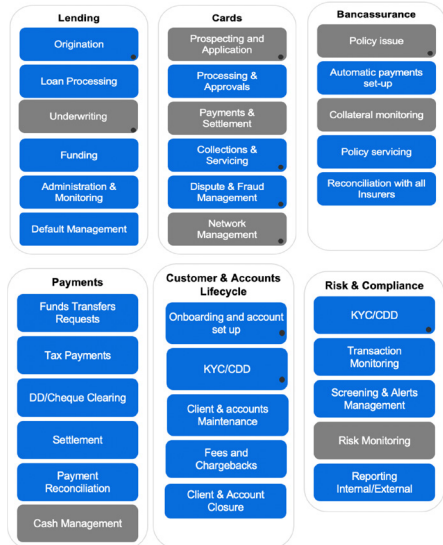


Figure 1. RPA Heatmap for Financial Applications

Monitoring and screening is another common application area for the RPA bots in FIs. Bots have been used for 24/7 surveillance at applications systems and networks, generate alerts based on learnt or supervised heuristics. These alerts are further tailored towards FI’s needs, to escalate potential issues based on the given risk tolerance. Also, bots are configured to escalate issues to human operators in the case of unexpected behavior. In this scenario, bots can work in tandem with humans, handing over the processes to each other, as needed. Robots capture the operator’s actions and decisions and continue automation until the next decision point.

Another common practice for bot use is employee onboarding and offboarding from HR department. Both processes are very rule-based (i.e. doesn’t vary much between employees) and very repetitive (have to be done hundreds to thousands of times every day based on FIs size). Bots not only execute these processes with much greater speed and accuracy, but also provide much better-quality standards by ensuring that every employee follows the same standard process without the risk of human error or deviation.

Enforcement actions are another pain point for FIs, as by design, they require FIs to complete work either deemed incorrect or insufficient by regulators; and this work generally have to be done manually. Instead of spending considerable time and effort to train internal teams or hiring external experts, the FIs have been utilizing RPA to handle mundane enforcement actions.

One key benefit of RPA is the ability to consolidate knowledge on business processes from various departments and business units, into a small number of bots. RPA robots can execute and deliver any business process as long as they are rule-based the bot can access the necessary systems. This benefit reduces the length of the learning curve and reduce the time to be spent to train the employees. Instead of than relying on dozens or hundreds of individuals to each gain the necessary domain and systems knowledge, RPA bots are only dependent on a small group of RPA developers to convert business rules into RPA language.

On the other hand, there is a number of barriers against adapting RPA by FIs. (Juntunen, 2018)

- **Reduced costs:** Labor costs have both adverse and positive effects on introduction of RPA in FIs. Over the last decade, in emerging economies the cost of labor has increased about 10-15% on average due to reduced labor availability. Also, in China average cost of industrial robots has declined more than 29% since early 2000s. This means that in emerging markets that are experiencing labor shortage, RPA is becoming an increasingly attractive to reduce dependency in workforce. And FIs are deeply affected by this change.

- **Competitive advantage:** Global companies have been utilizing RPA to streamline activities and drive positive business outcomes. With RPA, these companies reduce the life-time of transactions, so that more activities can be executed more efficiently and quickly in order to keep up with the volume. Despite lower labor costs available in the emerging markets, companies in those countries have to employ RPA to be able to compete with the global companies.

- **Increased capabilities:** Rather than automating merely simple and easy tasks, RPA offers automation of more sophisticated activities within various industries, from healthcare to finance to manufacturing to automotive., RPA has been successfully utilized in complex tasks such as order processing, fraud detection, regulatory compliance, data migration, and marketing. (Kokina & Blanchette, 2019)

For most FIs, the need for utilizing RPA is no longer a question; they focus on increasing ROIs and RPA awareness across their employees Those that ignore or delay integration with RPA risk losing their competitive positioning, while those that embrace the efficiency and cost-savings of these technologies will position themselves for long term competitiveness.

III. WHEN DOES RPA MAKE SENSE?

In their 2019 research report, the Hackett Group showed that the market for RPA has been still growing with a high pace. (Essaides, 2019) In the report, RPA is shown as the game changer in the global business services organizations and the entire business process outsourcing (BPO) ecosystem. RPA market has been almost doubling every year and it is expected to grow by 50%+ through 2020. (Kokina & Blanchette, 2019)

RPA allows companies to achieve remarkable cost savings without having to change their existing technology infrastructure and process design. In organizations' IT systems, RPA is placed between other applications and websites and does repetitive, rule-based work that would typically be done by the employees. RPA can mimic human interfaces and operate computer systems just like an employee would. It brings the biggest benefit to companies that have a fragmented technology landscape with multiple applications or instances of an ERP. Two big factors are driving RPA adoption in finance and elsewhere are:

- **Short ROI (Return on Investment):** RPA projects have short development cycles and provide quick returns such as FTE reduction and increase compliance, based on low initial investment with a high ROI in weeks and months, instead of years.

- **Increased Reliability:** RPA-enabled processes are highly auditable, have very low error rates, very scalable and provide the reporting to end users for sophisticated analytics. (Marcey, 2019)

RPA has been a popular term in the industry for the last few years, only recently has it started to become a technology that's within reach of most organizations. RPA provides opportunities to increase the efficiency of the processes without going through a complete transformation. Smaller organizations that can move quickly prefer RPA for increased agility and fast ROI in developing advanced technology that greatly increase customer experience through modernized interfaces. On the other hand, large companies have advantages in their existing market share, and already established processes, however they also need to change to modernize their approach due to high competition in the area.

A) EXAMPLE USE CASE FROM FINANCE

Most finance processes are particularly suitable for RPA, such as the order-to-cash process. In that process, customer billing occupies an important task; and it also meets the criteria listed below.

- High frequency and high volume
- Rule-based
- Structured
- Prone to human error
- Limited exceptions and human intervention needed

In the customer billing task, robots can read the general invoice through OCR. Next, it consolidates the information that is required for billing. Robot next logs into an ERP application where the billing details are saved and sent for internal approval. Finally, it puts together all information together in the right format to send the final invoice to the customer. This entire process can be automated without any human intervention; and it usually has very high volumes.

B) TURKISH MARKET

Although RPA has been used in the Turkish market since 2016, it has seen significant growth after 2019. (Dogan, 2020) UiPath, Blue Prism and Automation Anywhere have been the most popular RPA vendors that are in use in the Turkish market. This study examines the usage of RPA robots in the top 130 companies in Turkey, and focuses on the applications of RPA in finance and accounting in those companies. For this study, a survey was conducted among these companies in Turkey to collect information about their RPA usages. The RPA teams from these companies were asked to answer a few questions regarding their RPA usages. The list of questions in the survey is provided in the Appendix. Table 1 shows the distribution of the companies between industries and the total number of robots that are being used in each industry.

Table 1. Distribution of RPA robots in Turkey among industries

	Number of Companies	Number of RPA Robots
Banking	16	187
Insurance	13	56
FMCG	7	89
Technology Services	19	82
Electronics	8	56
Automotive	9	52
Other	58	77

Table 1 shows that companies in the technology services (software, hardware and consulting) and banking sectors invest more in RPA robots than others, and they utilize more than 40% of the RPA robots in Turkey. These sectors employ high-volume and repetitive processes such as financial reporting and customer onboarding, which utilize the RPA robots in significant amounts. Figure 2 shows distribution of the RPA robots between industries.

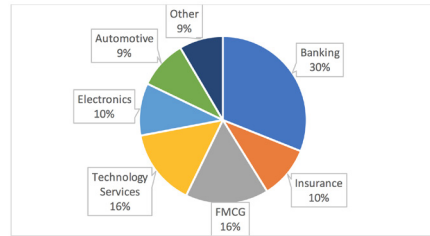


Figure 2. Distribution of RPA robots in Turkey among different industries

Finance and accounting have been the most popular areas for RPA in the Turkish market as well – more than 30% of the RPA processes are implemented in finance and accounting. Figure 3 shows distribution of RPA processes by departments among the top 100 companies in Turkey.

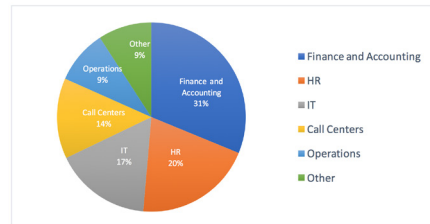


Figure 3. Distribution of RPA processes per department

Within finance and accounting, some of the common processes are more suitable for RPA than others, due to their characteristics, such as simplicity and frequency. (Fernandez & Aman, 2018) For example, worksheet reconciliation is a very rule-based process, while being very susceptible to human errors. It is also done quite often, so companies move worksheet reconciliation to RPA to reduce errors and save considerable amount of employee time. Table 2 below shows the finance and accounting processes that are commonly done by the RPA robots in Turkey.

Table 2. Common finance and accounting processes used in RPA

• Worksheet reconciliation	• Preparing and entering the correction records
• Sub-account reconciliation	• Accrual calculations
• Bank reconciliations	• Realization of group reconciliations
• Suspicious credit data reconciliation	• Validation of intragroup expenses
• Collection agreements	• Creating financial statements
• Customer reconciliations	• Preparation of correct and consistent data base for reporting from GL accounts
• e-Invoice ERP reconciliation	• Performing variance analysis
• Scorecard operations	• Systematic workflow management
• Stakeholder notifications for unresolved differences	

As can be seen in Table 2, the majority of the finance and accounting processes that are done by the RPA robots are about reconciliations and payments. Other topics include *collections*, *payments* and *invoices*. Figure 4 shows the distribution of RPA processes in finance and accounting.

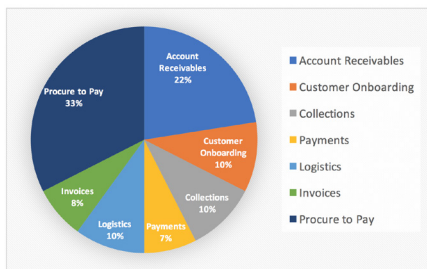


Figure 4. Distribution of RPA processes in finance and accounting

Figure 4 uses the number of the processes and doesn't consider their frequencies and volumes of the processes. However, two of the important metrics in RPA usage are *robot utilization* and *FTE savings*. (Dey & Das, 2019) Robot utilization is calculated based on the average number of hours that an RPA robot run processes in a 24-hour period. RPA robots do not use weekends, PTOs or bank holidays, thus yearly utilizations are generally calculated over 365 days. So, the robot utilization can be formulated as

$$\text{Total number of yearly hours that a robot is busy} / (24 * 365)$$

FTE savings is the metric that is used for estimating the return on investment (ROI). While RPA robots do

not necessarily replace human employees directly, they are expected to offload work from them. The total amount of work that is offloaded from the employees is formulated in terms of FTE savings. For example, if the worksheet reconciliation process takes 2 hours of one employee per day and it is done by 5 employees, having it done by the RPA robots will offload 10 hours of work from the employees every day. Considering the 8-hour work shifts of employees, it can be said that the company saved 1.25 FTEs by having the worksheet reconciliation done by the RPA robots instead of the employees. The time freed up from the employees can be used for assigning them more complex tasks or providing them with in-job trainings.

Robot utilization and FTE savings metrics provide managers insights about their RPA investments from various angles. The process that utilizes (occupies) the RPA robots the most doesn't necessarily be the one that also provides the most FTE savings; and the reverse is also true. For example, preparing financial reports and statements is a very tedious and long process when done manually. They are usually done by a team of employees on a regular basis. On average, employees spend 2-3 days on this process every month; so, for a team of 5 employees it consumes 10-15 days per month (roughly 0.5 FTE). However, the same process takes only a few minutes every month when executed by the RPA robots. In this case, the robot utilization is so small that it can be ignored.

Figure 5 shows the metric distribution of finance and accounting processes in the Turkish market. Processes in account receivables offer considerable FTE savings with small robot utilizations. This allows companies to use the RPA robots for more processes, further increasing the total FTEs saved.

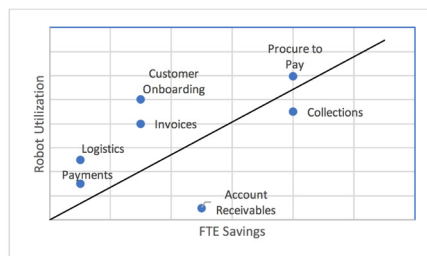


Figure 5. Metric distribution of finance and accounting processes

IV. CONCLUSION

Although the RPA term has been commonly used in the last decade or so, it is still in early adoption phase. However, it's showing with great promise in the finance area. It's a quick and high ROI approach to resolving issues like inflated process cost, high error rates, slow processing times, etc. It also offers longer-term automation solutions to specific process improvement that does not require a complete overhaul of existing process or system architecture.

RPA market in Turkey has been booming since 2018, with banks and technology companies adapting the RPA technology faster than others. Turkish banks own 30% of the RPA robots in the market, and finance and accounting have been the most popular areas – more than 30% of the RPA processes are implemented in finance and accounting. The majority of the common finance and accounting processes are on reconciliations and payments. Other common topics include *collections, payments and invoices*.

Managers use *robot utilization and FTE savings* as metrics for RPA usage. These metrics provide them with insights about their RPA investments from different angles. While RPA has been utilized to mimic employee actions, recent progress in data mining and machine learning areas offer new skills for the RPA robots. Hyperautomation – a term introduced by Gartner in 2020 – offers various abilities such as process discovery, planning and measurement together for future robots. RPA robots will be expected to discover processes through data mining and measure their characteristics before actually executing them. Future robots will have ability to learn from data models, generate rules from big data and take autonomous actions without human intervention.

V. APPENDIX

RPA usage survey questions:

1. Company Name
2. Company Industry
3. Number of RPA robots
4. Number of processes run by robots – per division
5. Monthly average robot usage (hours)
6. Monthly average FTE savings

REFERENCES

- Chakroborty, A. (2017). Robotic Process Automation for transforming Financial KPO Industry. *Imperial journal of interdisciplinary research* , 3 (3).
- Dey, S., & Das, A. (2019). Robotic process automation: assessment of the technology for transformation of business processes. *International Journal of Business Process Integration and Management* , 9 (3), 220-230.
- Dogan, P. (2020, October 8). RPA ve AI'ın Buluşması. Retrieved from Medium: <https://medium.com/@pinard/rpa-ve-ai%C4%B1n-bulu%C5%9Fmas%C4%B1-fff3f557594>
- Essaides, N. (2019, April 11). Three Steps To Accelerating The Progress Of Finance Digital Transformation. Retrieved from Digitalist: <https://www.digitalistmag.com/finance/2019/04/11/3-steps-to-accelerating-progress-of-finance-digital-transformation-06197683/>
- Fernandez, D., & Aman, A. (2018). Impacts of Robotic Process Automation on Global Accounting Services. Retrieved 11 1, 2020, from <http://ejournal.ukm.my/ajac/article/view/25271>
- Huang, F., & Vasarhelyi, M. A. (2019). Applying robotic process automation (RPA) in auditing: A framework. *International Journal of Accounting Information Systems* , 35, 100433.
- Huthwaite, M. J. (2018, April 16). Why Artificial Intelligence is the Anti-Strategy for FP&A. The Online Resource for Modern FP&A Professionals .
- Juntunen, K. (2018). Influence of contextual factors on the adoption process of Robotic process automation (RPA) : Case study at Stora Enso Finance Delivery. Retrieved 11 1, 2020, from <http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1223866>
- Kokina, J., & Blanchette, S. (2019). Early evidence of digital labor in accounting: Innovation with Robotic Process Automation. *International Journal of Accounting Information Systems* , 35, 100431.
- Kraft, O. (2018, August 1). CapTech. Retrieved from Robotic Process Automation + Financial Institutions: How RPA and Consulting are Changing Risk and Compliance: <https://www.captechconsulting.com/blogs/robotic-process-automation-financial-institutions-how-rpa-and-consulting-are-changing-risk-and-compliance>
- Kumar, A. (2019, August 2). The Quickest Ways to Successfully Scale RPA in Banking and Capital Markets: New Use Cases, Heat Maps, and More. Retrieved from UiPath Inc.: <https://www.uipath.com/blog/expanded-rpa-opportunities-banking-capital-markets>
- Marcey, O. (2019, April 18). Getting Past The Trust Gap Between CFOs And Their Finance Teams. *Digitalist* .
- Ortega, C. (2018, June 7). How Artificial Intelligence and Machine Learning will change FP&A. The Online Resource for Modern FP&A Professionals .
- Panetta, K. (2019, October 21). Gartner. Retrieved from Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2020: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020/>
- Parcells, S. (2016). The power of finance automation. *Strategic Finance* , 98 (6), 40-45.



Sarno, A. (2018, July 30). 12 Innovative Use Cases for RPA in Finance & Accounting. Retrieved from Kofax Blog: <https://www.kofax.com.ru/blog/12-innovative-use-cases-rpa-finance-accounting>

Top 10 Use Cases for Automation in Finance. (2019, May 23). Retrieved from Help Systems: <https://www.helpsystems.com/resources/articles/top-10-use-cases-finance>

YAYIN KURALLARI

Yazarlara Not: TÜBİTAK-ULAKBİM Fen Bilimler Veri Tabanı Komitesi, bu yayın kurallarına %100 uyulmasını istemektedir. Lütfen makaleleri bu kurallara uygun olarak hazırlayıp gönderiniz.

1. Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda İKİ kez (altı ayda bir) yayınlanır.
2. Hakemli ve özgün çalışmaları amaçlayan bir dergidir. Makalelerin, hakem değerlendirilmesine girmek üzere, yayın kurulu sekreterliğine yazar adı, e-postası, cep /telefonu ile gönderilmesi gerekmektedir. Yazarlar makalelerinde hakemlerin de değerlendirmelerinde dikkate alacağı aşağıdaki kriterleri de gözden uzak tutmamalıdır:
 - a. Makalelerindeki eksen, dayandığı temel fikri, ikincil kaynak incelemesi ve bunlara göre yeniliği, Fen ve Mühendislik Bilimleri ve uygulama alanına katkısını,
 - b. Araştırmalarının makalenin ana eksenine katkısını, hipotez ve metodolojisi, istatistiksel analiz tekniğinin yeterliliğini,
 - c. Makalenin mantıksal bütünlüğü ve kendilerini tatmin edip etmediğini,
 - d. Makalenin başlığa uygunluğu ve anahtar kelimelerin makaleyi yansıtabilmesini,
 - e. İyi kalitede bir model, şekil, tablo vb. ile öğretime katkı seviyesini değerlendirebilirler. Ampirik çalışmalara öncelik tanınacağı makalelerin yayımlanabilmesi için, yazarlar:
 - 3.1. Metin, çift aralıklı ve 12 puntuyla Microsoft Word (6.0 ve üstü) yazım programında Times New Roman karakterinde yazılacak ve internet/Web ortamında veya CD olarak ve 3 kopya “hard copy”/ çoğaltılmış olarak gönderilecektir.
 - 3.2. Makalelerin 20 sayfa (A4 boyutlu ve 2 aralıklı) geçmemesi gerekmektedir. Yazarlar ve şekiller sayfaya soldan 3,5 cm, alt/üst ve sağdan 2,5 cm boşluk bırakacak şekilde konumlandırılmalıdır.
 - 3.3. Atıflar, dip notlarda değil, metin içinde ve parantezle (soyad, yıl: sayfa) verilecektir.
 - 3.4. Açıklama notları numaralandırılarak ilgili sayfa altında yazılacaktır.
 - 3.5. Tablolar numaralandırılıp tablo üstünde, şekiller şekil altında (atıf varsa, tablo ve şekil altında, kullanım izni referansı ile birlikte), denklemler yaygın bilinirlikte ve açıklamalı olarak gösterilecektir.
 - 3.6. Makale sonunda atıflarla gönderme yapılan kaynakçaya (soyad, ad, eser “makaleler tırnak içinde”, yayın yeri, yayınlayan, yıl, -dergiler: sayı, ay, yıl ve sayfa baş ve sonu-) yer verilecektir. Sanal ortam atıfları, güncel olarak tarih ve saati ile verilecektir.
 - 3.7. Makalelerin başlık ve yazar isminin altında, 200 kelimeyi geçmeyen hem Türkçe hem İngilizce özetlerle (katkı ve sonuç içerikli) 3-5 anahtar kelimeye yer verilecektir.
 - 3.8. Makalelerin Özet, Giriş, Yöntem/Yaklaşım, Gelişme, Bulgular, Sonuç, Uygulamaya Katkısı ve Kaynakça bölümlerinden oluşmasına özen gösterilmesi beklenir.
 - 3.9. Yazar/ların ismi makalenin altında yer almalı, unvanı ve çalıştığı kurum, birinci sayfada yıldızlı dipnot olarak gösterilmelidir.



- 3.10. Yayın, danışma ve hakem kurullarında görev alanlar, kendi makalelerinin görüşmelerine ve hakem görevlendirmelerine katılamazlar.
- 3.11. Yayını uygun görülen makaleler yayın sırasına konur. Gönderilen makaleler ve düzeltme talepleri sonrasında da yayını uygun görülmeyen yazılar iade edilmez ve yazarına gerekçesiyle bildirilir.
- 3.12. Makalelerin bilimsel ve diğer hususlara ilişkin sorumluluğu yazar/larına aittir. Bir başkasından yararlanılan şekil, resim ve tablo alıntılarında, ilgili yazar/yayıncıdan izin yazısı alınmalı ve makale ekinde sunulmalıdır.
- 3.13. Her sayıdaki hakem isimleri ve raporları beş yıl süreyle arşivlenecektir.
- 3.14. Yazar/lar, yayınlanması halinde, tüm telif haklarını Beykent Üniversitesine devrettiklerini belirten aşağıdaki belgeyi de makaleleriyle birlikte göndermelidir: Bu belgenin imzalanıp gönderilmemesi halinde, bu haklarını, Beykent Üniversitesi'ne otomatik olarak devrettikleri anlamına gelir.



İLETİŞİM

Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sıraselviler Cd, 34437 Beyoğlu-İstanbul

Tel: 0212 444 1997 dahili; 5056 - 5187 - 5188

Faks: 0212 867 51 72

bahaddins@beykent.edu.tr





BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

Ayazağa - Maslak Yerleşkesi

Ayazağa - Sarıyer / İST. **Faks:** 0212 289 64 90

Beylikdüzü Yerleşkesi

Beykent - Büyükçekmece / İST. **Faks:** 0212 872 28 30

Hadımköy Yerleşkesi

Akçaburgaz Mevkii - Esenyurt / İST

Taksim Yerleşkesi

Siraselviler - Beyoğlu / İST. **Faks:** 0212 243 02 78

Beykent Üniversitesi Çağrı Merkezi

beykent.edu.tr - info@beykent.edu.tr

444 1997