

في هذا العدد

الخواص الانسيابية لعصير الرمان والتفاح مركزا لهما

In this Issue

Rheological Properties of Date Juice, Pomegranate Juice and their Concentrates

2022, 23, 1

العلوم الأساسية والتطبيقية

Basic and Applied Sciences

ISSN: 1658-0311 Online ISSN: 1658-8371

SJKFU

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University

Description

King Faisal University has two open-access refereed journals published bi-annually. The first is 'The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences' (ISSN: 1319-6944, E-ISSN: 1658-838x), issued in March and September and named in the Arab Impact Factor. The second is 'The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences' (ISSN: 1658-0311, E-ISSN: 1658-8371), which is published in June and December and indexed in Scopus. The two journals were founded in 2000 under the guidance of the Scientific Council of the University. Editors-in-chief are as follows: Prof. Khalid S. Al Abdulsalam (2000-2), Prof. Adel I. Al Afaleq (2002-14), Dr Muhammed S. Al Wasli (2014-15), Prof. Ghazi F. Basiouni (2015-2020) and Prof. Abdulrahman E. Al Lily (2020-present).

President

Mohammad Al Ohali, King Faisal University, Saudi Arabia

Vice-Rector for Higher Studies and Scientific Research

Majed Alshamari, King Faisal University, Saudi Arabia

Editor-in-Chief

Abdulrahman Al Lily, King Faisal University, Saudi Arabia

Consulting Editors

Shar Saad Al-Shihry, King Faisal University, Saudi Arabia

David L. Stoloff, Eastern Connecticut State University, USA

Donatella Persico, National Research Council, Italy

Hwansoo Lee, Dankook University, South Korea

Antoanela Naaji, Vasile Goldis Western University of Arad, Romania

Christine Powell, California Lutheran University, USA

Mohammad Santally, University of Mauritius, Mauritius

Mike Joy, University of Warwick, UK

C. June Maker, University of Arizona, USA

Bachira Tomeh, Université de Rouen, France

Sam Mohamad, International Business School (IBS), Hungary

Khalid A. Alhudaib, King Faisal University, Saudi Arabia

Shaher Rebhi Said Elayyan, Sohar University, Oman

Korrichi Fayçal, University Center of Aflou Laghouat, Algeria

María Cristina López de la Madrid, University of Guadalajara, Mexico

Nafisat Afolake Adedokun-Shittu, Fountain University Osogbo, Nigeria

Uyanga Sambuu, National University of Mongolia, Mongolia

Caroline Montagu, Retired, UK

Radim Badosek, University of Ostrava, Czech Republic

Helen Sara Farley, University of Southern Queensland, Australia

Isabella M. Venter, University of the Western Cape, South Africa

Wasfi Mohammad Alkhazaleh, Yarmouk University, Jordan

Caroline Montagu, Retired, UK

Radim Badosek, University of Ostrava, Czech Republic

Sue Gregory, University of New England, Australia

Jamal Ahmed Abbass, University of Kufa, Iraq

Wael Mohamed Abou Elmakarem El-Deeb, King Faisal University, Saudi Arabia

Mostafa M Ali Elharony, Helwan University, Egypt

Ibrahim Mohamed Alfaki Ahmed, Nile Valley University, Sudan

Habib Kechida Derouiche, King Faisal University, Saudi Arabia

Bassam Hassan Zaher, Tishreen University, Syria

Hany Amin Elsayy Mostafa, King Faisal University, Saudi Arabia

Maan Ali Ahmad Alkhateeb, Palestine technical University, Palestine

Majzoub Alamir, King Faisal University, Saudi Arabia

Yousif Yakoub Hilal, Mousul University, Iraq

Ahmed Ech-Cherif, King Faisal University, Saudi Arabia

Managing Editors

Adel Mostafa Abousalama, King Faisal University, Saudi Arabia

Ali Khaleifa Abdullatif, King Faisal University, Saudi Arabia

Abdelrahim Fathy Ismail, King Faisal University, Saudi Arabia

Editorial Assistants

Fadel Mohammad Al-Amer, King Faisal University, Saudi Arabia

Abd Rab Alameer S. Al-Boali, King Faisal University, Saudi Arabia

Husain Matouq Al-Hadlag, King Faisal University, Saudi Arabia

Ibrahim Jawad Al-Abdullah, King Faisal University, Saudi Arabia

Salah Abdulaziz Al-Mohameed, King Faisal University, Saudi Arabia

Correspondence

Editor-in-Chief, Scientific Journal of King Faisal University

P.O. Box 400 Al Ahsa, 31982, Saudi Arabia

00966135895238, 00966135895237

scijkfu@kfu.edu.sa

وصف المجلة

تصدر جامعة الملك فيصل مجلتين علميتين محكمتين نصف سنوية وذات "الوصول المفتوح". الأولى هي "المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الإنسانية والإدارية" (ردمد مطبوع: 1319-6944، ردمد إلكتروني: 1658-838x)، والتي تصدر في مارس وسبتمبر وهي مسجلة في قاعدة بيانات معامل التصنيف العربي. الثانية هي "المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية" (ردمد مطبوع: 1658-0311، ردمد إلكتروني: 1658-8371)، والتي تصدر في يونيو وديسمبر وهي مفسرة في سكوبس. بدأ إصدار المجلتين في عام 1420هـ (2000م)، تحت إشراف المجلس العلمي للجامعة. أول رئيس لهيئة التحرير أ.د. خالد سعد آل عبد السلام (12/4/1419هـ)، تلاه أ.د. عادل إبراهيم العفالق (12/6/1421هـ)، عقبه د. محمد سعد الوصالي (17/7/1432هـ)، وجاء بعده أ.د. غازي فيصل بسيوني (11/1/1433هـ)، وحالياً أ.د. عبد الرحمن عيسى الليلى (5/5/1441هـ).

رئيس الجامعة

محمد عبد العزيز العوهلي، جامعة الملك فيصل، السعودية

وكيل الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي

ماجد عادي الشمري، جامعة الملك فيصل، السعودية

رئيس هيئة التحرير

عبد الرحمن عيسى الليلى، جامعة الملك فيصل، السعودية

المحررون الاستشاريون

شار سعد الشهري، جامعة الملك فيصل، السعودية

ديفيد إل ستولوف، جامعة ولاية كونيتيكت الشرقية، الولايات المتحدة الأمريكية

دوناتيليا بيرسيكو، المجلس الوطني للبحوث، إيطاليا

هوانسو لي، جامعة دانكوك، كوريا الجنوبية

أنطوانا نايجي، جامعة فاسيلي غولديس الغربية بأراد، رومانيا

كريستين باول، جامعة كاليفورنيا للوثرة، الولايات المتحدة الأمريكية

محمد سانتالي، جامعة موريشيوس، موريشيوس

مايك جوي، جامعة وارويك، المملكة المتحدة

سي جون ميكر، جامعة أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية

بشيرة طعمة، جامعة روان، فرنسا

سام محمد، مدرسة إدارة الأعمال الدولية، هنغاريا

خالد عبدالله الهديب، جامعة الملك فيصل، السعودية

شاهر ربحي سعيد عليان، جامعة صحار، سلطنة عمان

فيصل قرنيشي، المركز الجامعي بأفلو الأغواط، الجزائر

ماريا كريستينا لوبيز دي لا مدريد، جامعة غوادالاخارا، المكسيك

نفيسة أفولكي أديدوكون شيتو، جامعة فاونتن أوسوجبو، نيجيريا

أويانغا سامبو، جامعة منغوليا الوطنية، منغوليا

كارولين مونتاجو، متقاعدة، المملكة المتحدة

راديم بادوسيك، جامعة أوسترافا، جمهورية التشيك

هيلين سارة فارلي، جامعة جنوب كوينزلاند، أستراليا

إيزابيلا إم فينتر، جامعة ويسترن كيب، جنوب إفريقيا

وصفي محمد الخزاعلة، جامعة اليرموك، الأردن

كارولين مونتاجو، متقاعدة، المملكة المتحدة

راديم بادوسيك، جامعة أوسترافا، جمهورية التشيك

سو جريجوري، جامعة نيو إنجلاند، أستراليا

جمال أحمد عباس، جامعة الكوفة، العراق

وائل محمد أبو المكارم الديب، جامعة الملك فيصل، السعودية

مصطفى محمد علي الحاروني، جامعة حلوان، مصر

إبراهيم محمد الفكي أحمد، جامعة وادي النيل، السودان

الحبيب كشيدة الدرويش، جامعة الملك فيصل، السعودية

بسام حسن زاهر، جامعة تشرين، سوريا

هاني أمين الصاوي مصطفى، جامعة الملك فيصل، السعودية

معن علي أحمد الخطيب، جامعة فلسطين التقنية، فلسطين

مجدوب رحمة الله عامر، جامعة الملك فيصل، السعودية

يوسف يعقوب هلال، جامعة الموصل، العراق

أحمد محمد الشريف، جامعة الملك فيصل، السعودية

مدير التحرير

عادل مصطفى أبو سلامة، جامعة الملك فيصل، السعودية

علي خليفة عبد اللطيف، جامعة الملك فيصل، السعودية

عبد الرحيم فتحي إسماعيل، جامعة الملك فيصل، السعودية

مساعدا التحرير

فاضل محمد العامر، جامعة الملك فيصل، السعودية

عبد رب الأمير سلمان البوعلي، جامعة الملك فيصل، السعودية

حسين معتوق الهدلق، جامعة الملك فيصل، السعودية

إبراهيم جواد العبدالله، جامعة الملك فيصل، السعودية

صلاح عبد العزيز المحميد، جامعة الملك فيصل، السعودية

المراسلات العامة

رئيس هيئة التحرير، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل

ص. ب 400 الاحساء 31982، المملكة العربية السعودية

00966135895237, 00966135895238

scijkfu@kfu.edu.sa



Table of Contents

جدول المحتويات

Article Title in English	Article Title in Arabic	Pages	Author Names in English	Author Names in Arabic
اسم الورقة بالإنجليزي	اسم البحث بالعربي	الصفحات	أسماء المؤلفين بالإنجليزي	أسماء المؤلفين بالعربي
1 Efficient and Cost-effective Service Broker Policy Based on User Priority in VIKOR for Cloud Computing	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	1-8	Mohammed Radi, Ali A. Alwan, Abedallah Zaid Abualkishik, Adam Marks, Yonis Gulzar	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
2 The Fourth Industrial Revolution and its Contribution to Urban Growth	الثورة الصناعية الرابعة ومساهمتها في النمو الحضري	9-16	Mehad Sayed Ibrahim Emara	مهاد سيد إبراهيم عمارة
3 Planning of Urban Quarters, Districts and Neighbourhoods in Islam's Holiest City: A Comparative Analytical Study	تخطيط المناطق والأحياء والمجاورات السكنية في أقدس مدينة في الإسلام: دراسة تحليلية مقارنة	17-25	Abdo Absi, Adel M. Binyaseen and Abdulghani Monawar	عبد العباسي، عادل بن ياسين و عبد الغني منور
4 Examples of Pomonoids of Full Transformations of a Poset	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	26-29	Bana Al Subaiei	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
5 Growth and Survival of Goldfish (Carassius auratus) Juveniles Fed Tubifex, Custard Meal and Commercial Feeds	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	30-35	Roshmon Thomas Mathew, Sudip Debnath, Pankaj Kundu, Yousef Ahmed Alkhamis, Md. Mostafizur Rahman, Md. Moshir Rahman, Md. Golam Sarower, Sheikh Mustafizur Rahman	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
6 Assessing the Effect of Building Skin Adaptability on Energy Consumption in Hot Arid Regions	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	36-43	Sara Khelil, Alla Eddine Khelil, Tallal Abdel Karim Bouzir, Djihed Berkouk, Nouredine Zemouri	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
7 Osteoclast Stimulatory Transmembrane Protein (OC-STAMP): A Key Regulator in Osteoclast Fusion	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	44-50	Mayyadah Abdullah Alkuwayti	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
8 Energy Efficiency Indicators and the First Design Stages for Commercial Centers after the Coronavirus Pandemic	تأثير استراتيجيات مراحل التصميم الأولية الجديدة للمراكز التجارية بعد جائحة كورونا على مؤشرات كفاءة الطاقة	51-57	Abdelrahman Marouf El-Sayed	عبد الرحمن معروف السيد
9 Determination of Soil Characteristics and Degradation Using Geospatial Technologies in the Al Ahsa Oasis	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	58-65	Amani Hussein Mohamed Hassan	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
10 The Reality of Cybersecurity and its Challenges in Saudi Arabia	واقع الأمن السيبراني وتحدياته في السعودية	66-74	Sami S. Alsemairi	سامي سعد السميري
11 Potential for Using EGFR Expression in Rhabdomyosarcoma, Osteosarcoma and Ewing's Sarcoma: Clinicopathological and Prognostic Significance	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	75-79	Hassan Fouad Huwait, Hatim Qasim Almaghrabi, Mariana Fouad Gayyed and Hanan Mohamed Abd Elmoneim	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
12 Detecting Hadith Authenticity Using a Deep-learning Approach	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	80-84	Eshrag Ali Refaee	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
13 Rheological Properties of Date Juice, Pomegranate Juice and their Concentrates: A Review	الخواص الانسيابية لعصير الرمان والتمر ومركباتهما: دراسة مرجعية	85-93	Ali Ibrahim Hobani, Moath Badr Othman Mahmoud Galal Elamshity	علي إبراهيم حوباني، معاذ بدر عثمان، محمود جلال الأمشيطي
14 Production of Carbonated Drink Using Reziz Date Dibs and Hulu-Mur Flavour	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	94-99	Mohamed Y. Babeker, Zafar Iqbal, S. H. Hamad, Hassan Ali Medawi, Rea Haroun Omer, Mohamed Salem Al Saikhan	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
15 In Silico Approaches for the Identification of Novel Inhibitors against Breast Cancer Up-Regulated Protein	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	100-105	Bandar Hamad Aloufi and Ahmed Mohajja Alshammari	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
16 A Sufficient Condition for the Global Convergence of Conjugate Gradient Methods for Solving Unconstrained Optimisation Problems	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	106-112	Osman O.O.Yousif, Awad Abdelrahman, Mogtaba Mohammed, Mohammed A. Saleh	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
17 Conservative Treatment of Odontogenic Keratocyst Using a Specially Designed Acrylic Stent-Obturator: A Case Report	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	113-115	Amjad Reda Al Ateyah, Mohammed M. Al Ali, Manaf Omar Al Habshi, Hussain Jafar Alshoulah, Abdulkader Abdulmadzhd and Mohammed H. Al Bahrani	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
18 Dietary Intake and Health Status in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Cross-Sectional Study	متوفر فقط باللغة الإنجليزية	116-119	Muneera Al-Mssallem and Sehad Al-Arifi	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
19 Lessons Learned from the Covid-19 Pandemic to Raise the Quality of Residential Neighbourhoods: The Saudi Context	دروس مستفادة من جائحة كورونا لرفع جودة الأحياء السكنية: السياق السعودي	120-128	Esam A. Haider and Ali Salem Bahammam	عصام عبد الوهاب أحمد حيدر و علي سالم عمر باهمام
- Author Instructions	تعليمات المؤلفين	-		



Efficient and Cost-effective Service Broker Policy Based on User Priority in VIKOR for Cloud Computing

Mohammed Radi¹, Ali A. Alwan², Abedallah Zaid Abualkishik³, Adam Marks⁴, Yonis Gulzar⁵

¹Department of Computer and Information Sciences, Faculty of Computers and Information Technology, Al-Aqsa University, Gaza, Palestine

²School of Theoretical and Applied Science, Ramapo College of New Jersey, New Jersey, United States of America

³College of Computer Information Technology, American University, Dubai, United Arab Emirates

⁴Higher Colleges of Technology, Dubai, United Arab Emirates

⁵Department of Management Information Systems, College of Business Administration, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/cmp/210032>

RECEIVED
29/04/2021

ACCEPTED
12/12/2021

PUBLISHED ONLINE
12/12/2021

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
8756

NO. OF PAGES
8

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Cloud computing has become a practical solution for processing big data. Cloud service providers have heterogeneous resources and offer a wide range of services with various processing capabilities. Typically, cloud users set preferences when working on a cloud platform. Some users tend to prefer the cheapest services for the given tasks, whereas other users prefer solutions that ensure the shortest response time or seek solutions that produce services ensuring an acceptable response time at a reasonable cost. The main responsibility of the cloud service broker is identifying the best data centre to be used for processing user requests. Therefore, to maintain a high level of quality of service, it is necessary to develop a service broker policy that is capable of selecting the best data centre, taking into consideration user preferences (e.g. cost, response time). This paper proposes an efficient and cost-effective plan for a service broker policy in a cloud environment based on the concept of VIKOR. The proposed solution relies on a multi-criteria decision-making technique aimed at generating an optimized solution that incorporates user preferences. The simulation results show that the proposed policy outperforms most recent policies designed for the cloud environment in many aspects, including processing time, response time, and processing cost.

KEYWORDS

Cloud computing, data centre selection, service broker, VIKOR, user priorities

CITATION

Radi, M., Alwan, A.A., Abualkishik, A.Z., Marks, A. and Gulzar, Y. (2022). Efficient and cost-effective service broker policy based on user priority in VIKOR for cloud computing. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 1–8. DOI: 10.37575/b/cmp/210032

1. Introduction

Nowadays, the amount of digital data is increasing dramatically, and it is expected to continue growing by more than 25% in the USA and more than 30% in Western Europe in one year. This indicates that the size of digital data will double every three years (Gantz and Reinsel, 2012). Big data is defined as a collection of a huge amount of data with a great variety of types, generated based on velocity. Various fields are involved in big data contexts, such as economics, social networks, e-Science, scientific disciplines, and web applications. It has been proven that adopting traditional data processing platforms to process big data is inadequate and undesirable for many reasons. This is due to the fact that big data has unique characteristics that lead to many difficulties when processing data using these traditional platforms (Chen and Zhang, 2014). Cloud computing has become a practical solution for big data applications. It has been argued that soon, around 40% of digital data will be hosted or processed by cloud computing (Gantz and Reinsel, 2012). Considering the significant growth in the volume, variety and velocity of data, cloud storage is a successful platform for servicing big data (Chen and Zhang, 2014).

Typically, cloud storage systems comprise several data centres (DCs) (Amazon S3, 2018; Google Cloud Storage, 2018; Windows Azure, 2018; IBM Cloud, 2018) connected through a network (Wu, 2016). In other words, DCs often contain many heterogeneous machines distributed around the world. The heterogeneity is derived from the different capabilities, varying communication channel specifications and diverse loads of DCs. The processing cost for each DC varies and is determined based on certain factors within the context of each particular DC. Among the factors that influence the processing cost of each DC are the type of job the client offers and the time at which the client's job was submitted for processing. Another factor that impacts the processing cost is the user preferences specified when the job is

submitted to the cloud broker. Certain users might prefer a plan that ensures the minimum cost for running a job, whereas other users might prefer a plan that accomplishes their request and guarantees the shortest response time or a plan that fulfils their request by balancing the processing cost and the response time. Thus, they are seeking a plan that offers running the given job at an affordable cost while maintaining an acceptable response time. Therefore, the main task of a service broker in the cloud computing paradigm is to identify and select the DC that offers the best plan in terms of improving the response time and minimizing the cost when carrying out users' jobs (Benlalia *et al.*, 2019; Khan, 2020; Manasrah and Gupta, 2019; Youssef, 2020).

Most of the service broker policies introduced in the literature focus on improving limited aspects, such as cost, response or time when running a user's job. However, other aspects, such as user preferences, are also important and should be reflected in the proposed plan for running the jobs. Nevertheless, it would be very challenging to identify and design an ideal service broker policy that fulfils both requirements, namely, minimum response time and minimum cost. From the literature, we can conclude that three groups of researchers work on service broker policies in cloud computing. The first group concentrates on designing service broker policies to minimize the response time of the user's job (Mehdi *et al.*, 2012; Radi, 2014; Sharma, 2014; Trabay *et al.*, 2021). The second group aims to produce service broker policies to reduce the processing cost when running users' jobs (Chudasama *et al.*, 2012; Rekha and Dakshayini, 2018; Sun *et al.*, 2019). The third group focuses on developing and incorporating service broker policies that offer a trade-off between the response time and the processing cost when processing users' jobs (Khan, 2020; Kofahi *et al.*, 2019; Manasrah *et al.*, 2017; Manasrah and Gupta, 2019; Mehdi *et al.*, 2012; Mehdi *et al.*, 2011; Subramanian and Savarimuthu, 2016). The work presented by Arya and Dave (2017) introduces a new service broker policy for the fog computing environment that identifies the best plan for DC selection,

taking into account desirable user preferences while maintaining a reasonable cost without compromising the performance of running users' jobs (Chauhan *et al.*, 2018).

From the reviewed literature, we observe that a limited number of previous works addressed the issue of incorporating the user's preferences when running the jobs (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019; Arya and Dave, 2017; Chauhan *et al.*, 2018; Manasrah and Gupta, 2019; Zakaria *et al.*, 2019). We argue that user preferences are an essential factor that should be considered when designing a service broker policy. This is due to the fact that the user preferences reflect the degree of satisfaction of the user, who is looking for a service with a high level of quality of service (QoS), which depends mainly on the user's preferences (Arya and Dave, 2017). Since the resources and services for cloud users is based are provided on a pay-per-use basis, it is important to take into consideration the user's priorities when selecting and assigning a DC to meet the user's requirement. It has been argued that many factors could optimize services in cloud computing. Therefore, dynamic policies are better suited to the ever-changing nature of cloud computing (Kofahi *et al.*, 2019).

From the literature, we observe that certain specific factors have been used to determine the best DC. These factors are cost, DC capacity, current load, communication channel specifications, and user requirements. We also noticed that most of the existing policies in the literature have considered a very limited number of these factors. It is essential to design a service broker policy that is capable of negotiating between cost and performance (response time and processing time) based on user priorities, also taking into account the most critical factors affecting the services in cloud paradigms, such as cost, DC capacity, current load, and communication channel specifications. This problem can be formulated as a multi-criteria decision-making (MCDM) problem.

This paper proposes an efficient and cost-effective service broker policy for DC selection in a heterogeneous cloud environment using VIKOR. The proposed policy relies on the idea of exploiting user priorities when assigning the service to the designated DC. The proposed service broker policy strategy takes into consideration the response time and the overall cost to optimize users' specified priorities. The proposed service broker policy has been developed using a cloud analyst simulator (Limhani and Oza, 2012) to evaluate its performance and efficiency. The experimental result demonstrates that our service broker policy solution outperforms the previous approaches in terms of the total cost, response time and DC processing time for different scenarios (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019; Arya and Dave, 2017; Manasrah and Gupta, 2019).

The remainder of the paper is organized as follows. Section 2 presents a detailed discussion of the previous works related to cloud service broker policies for DC selection. Section 3 explains the detailed steps of the proposed service broker policy based on users' specified priorities. Section 4 describes the experiment setting and the experimental results of the proposed approach compared to the most recent existing service broker policy approaches. Finally, Section 5 concludes the paper and outlines some potential future work directions.

2. Related Work

The main concerns, from the user's perspective, when selecting the best DC are the response time and the cost. It has been reported that producing the best plan to select a DC that best serves the user, with the shortest response time and the cheapest cost, is a challenging process (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019). In cloud computing, a large number of researchers have focused on developing service broker policies for optimum DC selection. One of the most famous static service broker

routing policies is the Proximity Service Broker policy, which routes the user's job to the closest DC. If many DCs have the same network delay, the algorithm randomly selects one of them (Limhani and Oza, 2012). Nevertheless, the proposed algorithm in Limhani and Oza (2012) ignored many critical factors, such as DC specification, cost, and DC overhead. Many research studies have attempted to further enhance the Proximity Service Broker policy by avoiding the random selection of a DC when many have the same delay. The work described in Chudasama *et al.* (2012) and Mishra *et al.* (2014) considers the cost of the DC and routes the job to the DC with lower cost if more than one DC has the same network delay. Additionally, the work presented in Al Sukhni (2016), Kapgate (2014) and Radi (2015) attempts to improve the performance by avoiding random selection. These proposed policies consider DC specification and use a round-robin policy with weights based on DC specifications to route the user jobs. The work presented in Rafieyan *et al.* (2020) modifies the randomization in the Proximity Service Broker policy. It attempts to select the DC via minimum distance based on the k-nearest neighbour. However, static policies do not consider the present state of the network or the status of the DC, which could increase the job response time.

The work proposed in Nandwani *et al.* (2016) aims to improve DC selection by giving specific weights to each DC depending on the number of virtual machines (VMs) and selecting the DC in a circular manner based on the weights. However, performance-aware static strategies lead to increased service cost, while cost-aware strategies increase the processing time. Moreover, none of the previous static strategies considered the issue of the dynamic changes in the cloud environment. Most importantly, none of these previous approaches considered the anticipation of the user preferences in designing a broker policy for DC selection in a heterogeneous cloud environment. Conversely, other researchers concentrate on dynamically evaluating the resources and the incoming jobs to reduce response and processing time by considering bandwidth, latency and the size of the job to route the job to a DC in the minimum time to transfer the job and the minimum expected processing time (Manasrah *et al.*, 2017). However, the work proposed by Manasrah *et al.* (2017) does not take into consideration the DC cost and user preferences. The work in Benlalia *et al.* (2019) suggests using the ratio of efficiency that depends on a set of efficiency parameters over the cost of the VM and threshold value to select the best DC with the lowest ratio and less than the threshold value. However, the idea of their approach relies on defining the threshold manually, which has a negative impact on the performance. Furthermore, their work does not consider the user preference, and the work lacks the experimental result to justify the effectiveness of the proposed solution. More recently, a dynamic service broker policy improved the DC selection process by using the concept of test jobs to evaluate the DCs and then used a vector space model and a multi-objective optimization technique to dynamically select the best DC (Kofahi *et al.*, 2019). Taking into account static and dynamic parameters, a normalization-based hybrid service broker (NHSB) approach is proposed by Khan (2020). The NHSB approach considers several factors, such as the number of VMs, VM image size, VM memory, VM bandwidth, cost per VM/s, cost per VM memory, storage cost, bandwidth cost/GB, total memory, total storage, machine bandwidth and total processor speed as static parameters. Moreover, it considers a set of dynamic parameters, such as request load, network delay, and last recorded processing time. The NHSB approach computes the normalized values of those static and dynamic parameters and then selects the DC with the minimum sum of normalized values for distributing load among the DCs. Additionally, a heuristic service broker policy approach is proposed by Rekha and Dakshayini (2018). The proposed approach aims to achieve an acceptable response time with a minimum processing

time and total cost. The approach is capable of selecting the DC based on the lowest network delay, expected processing time, and minimum cost. However, the idea of the work presented in Rekha and Dakshayani (2018) did not consider the user preferences. Additionally, the work proposed by Manasrah and Gupta (2019) attempts to trade-off the expected cost and the performance of the selected DC by introducing an optimized service broker policy using a differential evolution algorithm based on a set of parameters to select the DC where the response, processing time and total cost are optimized.

In this regard, various service broker algorithms that have been proposed in the literature incorporate user preference in their policies. The work proposed in Arya and Dave (2017) considers the users' priorities and the current load on the DCs to select the optimal DC in the fog computing environment. The idea of the proposed policy relies on calculating a value γ , based on users' priorities and DC characteristics, and selecting the DC with the highest value of γ for each. Moreover, the value of γ is dynamically changed when aiming to improve load balancing and reflecting the current latency of the DC. Similarly, the work in Al-Tarawneh and Al-Mous (2019) proposes an adaptive fuzzy-based cloud service broker (AFBSB) algorithm. The idea of their work relies on selecting the DC based on user cost and performance preference, request processing requirements, and currently available bandwidth. The algorithm focuses on user preference and does not balance cost and performance. Moreover, the proposed algorithm considers the heterogeneity of the DC and some important specifications of the DC, such as the number of processors and each processor's speed. The proposed work presented in this paper also considers the number of processors and the processor speed as crucial factors in selecting the best DC. Nevertheless, our work differs from that of Al-Tarawneh and Al-Mous (2019) in that it uses a multi-objective optimization approach to balance user cost and performance.

The main objective of a service broker policy is to balance cost and performance (response time and processing time) based on user priorities, also taking into account the most critical factors affecting the services in cloud paradigms, such as cost, DC capacity, current load, and communication channel specifications. However, the service broker policy process has multiple conflicting criteria. MCDM methods can be used to evaluate conflicting criteria to find the best solution. Recently, MCDM methods have been utilized in cloud computing to evaluate cloud services. For example, Patiniotakis *et al.* (2015) used the fuzzy analytical hierarchical process (AHP) method for ranking cloud services. Additionally, TOPSIS has been employed to compute the trust value of a cloud service provider (Sidhu and Singh, 2017), and TOPSIS with a triangular fuzzy number was employed to rank cloud services in Kumar *et al.* (2018). The VIKOR technique falls under the MCDM approach, which has been used by many researchers over various applications, and it is preferred due to its characteristic (Alabool *et al.*, 2013). Chauhan *et al.* (2018) and Otay and Yildiz (2021) utilized VIKOR methods to find ranks of given service alternatives within given QoS constraints.

Most of the service broker policies introduced in the previous works focused on optimizing certain parameters while ignoring other critical factors, such as specified user priorities. Unfortunately, an optimal service broker policy that meets both minimum response time and minimum cost has not yet been found. As mentioned previously, the objective of some users is to minimize the response time, while other users are interested in minimizing the total cost. It has been found that most of the previous works did not consider users' priorities. Since cloud providers offer resources to users on a pay-per-use basis, it is important to consider the user's priorities when selecting the DC to process the user's request. Since in cloud computing there are many factors to be considered to optimize the

process of running the user's task, the dynamic policies are more suitable for the continuously changing nature of cloud computing (Kofahi *et al.*, 2019). We have also noticed that a set of factors are used to select the best DC, such as cost, DC capability, current load, communication channel specification, and users' requirements. This paper aims to propose an efficient service broker policy that can trade-off between cost and performance (response time and processing time) based on user priorities considering the most important factors, such as cost, the DC's capability, current load and communication channel specifications.

3. The Proposed Service Broker Policy

This section presents and discusses the proposed service broker policy. The proposed approach has four components: Cloud Service Broker, Modelling Service Brokering Problems, Service Broker Policy Based on VIKOR, and VIKOR-based Service Broker Algorithm. These components are further elaborated in the following subsections.

3.1. Cloud Service Broker (CSB)

This component is responsible for identifying and determining the most suitable DCs that are located in different regions around the world to execute the requests submitted by clients. The process flow of this component works as follows. First, the user submits the request, based on the CSB, aiming to collect the current metadata of the factors for all DCs. Next, the brokering algorithm attempts to identify the best DC based on the collected information and the user's specified priorities. This user's request will be routed to the designated DC for execution. Finally, the cloud service broker attempts to send back the reply to the user who is requesting the service. Figure 1 illustrates the detailed process of the service broker policy component.

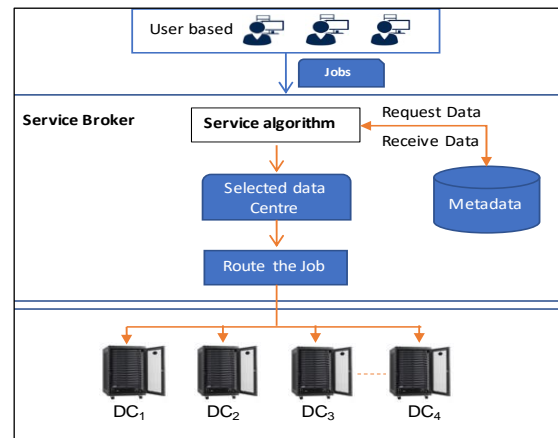


Figure 1: Service Broker Policy

3.2. Modelling Service Brokering Problem

The main function of this component is modelling the service brokering problem as a decision problem. It aims to determine the best DC among the alternative heterogeneous DCs that could be selected to run the given task, considering response time, cost or balance. Then, the alternatives, represented here by a set of DCs, leave various options open to the users to be considered in the decision. The criteria of a decision problem are a set of factors affecting the selection process. The alternative cloud DCs will be evaluated by comparing the factors (criteria) to measure their potential fit in the problem. In a heterogeneous cloud system, there is a collection of n DCs defined as a set: $DC = \{DC_1, DC_2, DC_3, \dots, DC_n\}$. Each DC is characterized by a set of criteria: Cost, DC Specification, Current Load, and Communication Channel Specifications. A detailed

explanation of these criteria is given below. Table 1 describes the criteria that have been adopted for the service broker decision problem.

Table 1: The criteria of a decision problem

Criteria	Symbol	Parameters	Aim
Cost	DCC	Data transfer cost and processing costs	Minimize
DC Specification	DCS	Processor speed and number of processors	Maximize
Current Workload	DCCL	Number and size of loaded jobs	Minimize
Communication Channel Specification	DCD	Transmission delay time	Minimize

These criteria are defined and computed as outlined below.

- **Cost:** Each DC has a different cost, which comprises the data transfer cost and the processing cost. The essential task of the service broker algorithm is to determine the DC that will introduce the lowest cost that accomplishes the user's request. The formula given in equation 1 describes the computation of the cost of the DC. The cost of the DC is computed by calculating the cost per VM in one hour's time and the cost of data transfer in GB.

$$DCC = \text{cost per VM } \$/\text{Hr} + \text{data Transfer cost } \$/\text{GB} \quad (1)$$
- **DC Specification:** DCs in the cloud have different hardware specifications, such as different processor speeds and a varying number of processors. Therefore, the proposed service broker algorithm attempts to determine the best DC that has the highest value of DC specification. Equation 2 represents the formula for computing the value of the DC specification for each active DC in the cloud.

$$DCS = \text{number of processors} \times \text{processor speed} \quad (2)$$
- **Current Workload:** The third criterion that has been taken into consideration for selecting a DC is the current workload. During the run time, each DC is loaded with a varying number of user requests, and the current workload is dynamically computed based on the service broker algorithm for each DC. The service broker algorithm aims to select the DC that produces the lowest workload.
- **Communication Channel Specification:** The last criterion considered in this component is the transmission delay between the user region and the DC region. The proposed service broker algorithm needs to compute the transmission delay time for each DC to determine the best DC. The algorithm chooses the DC that introduces the lowest transmission delay. The formula for the transmission delay time is given in equation 3.

$$DCD = \text{Delay_Matrix}(\text{User region}, \text{DC_Region}_i) \quad (3)$$

Since the decision matrix contains DCC, DCS, DCCL and DCD, which have different measurement units, computational problems can occur. Therefore, it is necessary to compute normalized values from the original value to perform attribute comparison. We use linear normalization, which scales the original value to be between [0, 1]. In linear normalization, the normalized values nor_{ij} of each attribute, x_{ij} , are calculated based on the formula given in equation 4.

$$nor_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2} \quad \text{where } i = 1 \dots m, j = \dots n \quad (4)$$

The values of DCS, DCC, DCCL and DCD are normalized based on equations 5, 6, 7, and 8, respectively.

$$norDCS_{ij} = \frac{DCS_{ij}}{\sum_{i=1}^m DCS_{ij}^2} \quad (5)$$

$$norDCC_{ij} = \frac{DCC_{ij}}{\sum_{i=1}^m DCC_{ij}^2} \quad (6)$$

$$norDCCL_{ij} = \frac{DCCL_{ij}}{\sum_{i=1}^m DCCL_{ij}^2} \quad (7)$$

$$norDCD_{ij} = \frac{DCD_{ij}}{\sum_{i=1}^m DCD_{ij}^2} \quad (8)$$

Finally, it is clear that the model service brokering problem favours a DC that introduces minimum cost and communication delay while maintaining the highest capability of workload to produce a fast response time. Therefore, it is necessary to evaluate the n DCs with more than one criterion to select the DC. This type of problem is called a multiple attribute decision-making (MADM) problem (Wickremasinghe *et al.*, 2010). This paper implements the VIKOR method to design a service broker policy, which is explained in the next subsection.

3.3. VIKOR-based Service Broker Policy

This section presents the proposed VIKOR-based technique to resolve the issue of multi-criteria optimization in complex systems. The idea of the proposed technique relies on employing a set of conflicting criteria to characterize, rank and select the best DC from the set of alternative DCs in the cloud. The VIKOR strategy produces a ranking index based on the measure of closeness to the ideal solution (Wickremasinghe *et al.*, 2010). There are n alternative DCs ($DC_1, DC_2, DC_3, \dots, DC_n$), and each DC is characterized by m criteria, in which m comprises up to four criteria: DCC, DCS, DCCL, and DCD. The preferred ratings of each DC (alternatives) in each criterion are described in Table 2.

Table 2: The preferred ratings of the data centres

Data Centre	Cost: DCC	DC Specification DCS	Current Workload DCCL	Communication Channel Specification DCD
	Weight = W_{DCC}	Weight = W_{DCS}	Weight = W_{DCCL}	Weight = W_{DCD}
DC_1	DCC_1	DCS_1	$DCCL_1$	DCD_1
DC_2	DCC_2	DCS_2	$DCCL_2$	DCD_2
DC_3	DCC_3	DCS_3	$DCCL_3$	DCD_3
DC_4	DCC_4	DCS_4	$DCCL_4$	DCD_4
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
DC_n	DCC_n	DCS_n	$DCCL_n$	DCD_n

Since all MADM-based methods assume that every criterion should have a predefined weight, the proposed VIKOR-based service broker policy assigns a predefined weight value for all the criteria. A subjective method has been incorporated to determine the weights for the considered criteria. The weight value for the criteria will be set by the client to reflect the preferred priorities, which could be one of the following: cost minimization, shortest response time, or balance between cost minimization and shortest response time. The proposed service broker policy sets the weight for each criterion based on the formula given in equation 9.

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1 \quad (9)$$

where W_j is the weight of the criterion j .

The detailed steps of the adopted VIKOR-based service broker algorithm to solve the service broker issue are shown in Figure 2 (Wickremasinghe *et al.*, 2010). The input of the algorithm comprises the details of the user-based (UB) properties and the weight details of DCC, DCS, DCCL and DCD for the available DCs, while the output of the algorithm identifies the most appropriate DC to be selected for the user's task. The algorithm starts by computing the given criteria pertaining to DCC, DCS, DCCL and DCD for each involved DC, using equations 1, 2, 3 and 4 in Section 3.2 (steps 1–5). Next, the values of these criteria for each DC are normalized based on equations 5, 6, 7 and 8 in Section 3.2 (steps 6–10). This is followed by determining the values of the best f_j^* and the worst f_j^- functions of all the criteria, $j = 1, 2, \dots, m$, as depicted in steps 11–19. It should be noted that if the j^{th} function represents a benefit, then $f_j^* = \max_k f_{jk}$ and $f_j^- = \min_k f_{jk}$. If the j^{th} function represents a cost, then $f_j^* = \min_k f_{jk}$ and $f_j^- = \max_k f_{jk}$. Since DCC, DCCL and DCD represent a cost function, then f_j^* and f_j^- are computed as shown in the algorithm:

- $f_1^* = DCC^* = \min (DCC_1, DCC_2, DCC_3, \dots, DCC_n)$
 - $f_3^* = DCCL^* = \min (DCCL_1, DCCL_2, DCCL_3, \dots, DCCL_n)$
 - $f_4^* = DCD^* = \min (DCD_1, DCD_2, DCD_3, \dots, DCD_n)$
 - $f_1^- = DCC^- = \max (DCC_1, DCC_2, DCC_3, \dots, DCC_n)$
 - $f_3^- = DCCL^- = \max (DCCL_1, DCCL_2, DCCL_3, \dots, DCCL_n)$
 - $f_4^- = DCD^- = \max (DCD_1, DCD_2, DCD_3, \dots, DCD_n)$
- Furthermore, the maximum and minimum values f_j^* and f_j^- of the function for DCS are computed as follows:

- $f_2^* = DCS^* = \max (DCS_1, DCS_2, DCS_3, \dots, DCS_n)$
- $f_2^- = DCS^- = \min (DCS_1, DCS_2, DCS_3, \dots, DCS_n)$

Steps 20–22 demonstrate the details of computing the values of S_k and R_k , $k = 1, 2, \dots, n$, using the formulas in equations 9 and 10, respectively:

$$S_k = \sum_{j=1}^m W_j |f_j^* - f_{jk}| / |f_j^* - f_j^-| \quad (10)$$

$$R_k = \max_j \{W_j |f_j^* - f_{jk}| / |f_j^* - f_j^-|, j = 1, 2, 3 \dots m\} \quad (11)$$

where W_j is the weight of the j^{th} criterion, S_k represents the utility measure and R_k represents the regret measure. The value of Q_k , $k = 1, 2, \dots, n$, is computed utilizing the formula in equation 11, as described in steps 23–24:

$$Q_k = \frac{v(S_k - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_k - R^*)}{R^- - R^*}, K = 1, 2, 3 \dots n \text{ alternatives} \quad (12)$$

where $S^* = \min_j S_k$, $S^- = \max_j S_k$, $R^* = \min_j R_k$, $R^- = \max_j R_k$, and v is the weight for the strategy of the 'majority of criteria', while $1 - v$ is the weight of the individual regret. In step 25, the values of S , R and Q are ranked in ascending order, producing three ranking lists. Finally, a compromise solution is produced and returned (step 26).

Input: requested user base, $W_{\text{DC}}, W_{\text{DCS}}, W_{\text{DCCL}}, W_{\text{DCD}}$	
Output: Target data centre name	
1.	For each data centre i
2.	$\text{DCC}_i = \text{cost per VM } \$/\text{Hr} + \text{data transfer cost } \$/\text{GB}$
3.	$\text{DCS}_i = \text{number of processors} \times \text{processor speed}$
4.	$\text{DCD}_i = \text{Delay_Matrix}(\text{User region}, \text{DC_Region}_i)$
5.	$\text{DCCl}_i = \text{number of current requests}$
6.	For each data centre i
7.	$\text{norDCS}_{ij} = \frac{\text{DCS}_{ij}}{\sum_{j=1}^m \text{DCS}_{ij}}$
8.	$\text{norDCC}_{ij} = \frac{\text{DCC}_{ij}}{\sum_{j=1}^m \text{DCC}_{ij}}$
9.	$\text{norDCCl}_{ij} = \frac{\text{DCCl}_{ij}}{\sum_{j=1}^m \text{DCCl}_{ij}}$
10.	$\text{norDCD}_{ij} = \frac{\text{DCD}_{ij}}{\sum_{j=1}^m \text{DCD}_{ij}}$
11.	Determine the best f_j^* and the worst f_j^-
12.	$f_1^* = \text{DCC}^* = \min(\text{norDCC}_1, \text{norDCC}_2, \text{norDCC}_3 \dots \text{norDCC}_n)$
13.	$f_2^* = \text{DCS}^* = \max(\text{norDCS}_1, \text{norDCS}_2, \text{norDCS}_3 \dots \text{norDCS}_n)$
14.	$f_3^* = \text{DCCl}^* = \min(\text{norDCCl}_1, \text{norDCCl}_2, \text{norDCCl}_3 \dots \text{norDCCl}_n)$
15.	$f_4^* = \text{DCD}^* = \min(\text{norDCCl}_1, \text{norDCCl}_2, \text{norDCCl}_3 \dots \text{norDCCl}_n)$
16.	$f_1^- = \text{DCC}^- = \max(\text{norDCC}_1, \text{norDCC}_2, \text{norDCC}_3 \dots \text{norDCC}_n)$
17.	$f_2^- = \text{DCS}^- = \min(\text{norDCS}_1, \text{norDCS}_2, \text{norDCS}_3 \dots \text{norDCS}_n)$
18.	$f_3^- = \text{DCCl}^- = \max(\text{norDCCl}_1, \text{norDCCl}_2, \text{norDCCl}_3 \dots \text{norDCCl}_n)$
19.	$f_4^- = \text{DCD}^- = \max(\text{norDCCl}_1, \text{norDCCl}_2, \text{norDCCl}_3 \dots \text{norDCCl}_n)$
20.	Compute the values S_k and R_k , $k = 1, 2, \dots, n$.
21.	$S_k = \sum_{j=1}^m W_j f_j^* - f_{jk} / f_j^* - f_j^- $
22.	$R_k = \max_j W_j f_j^* - f_{jk} / f_j^* - f_j^- , j = 1, 2, 3 \dots m$
23.	Compute the value Q_k , $k = 1, 2, \dots, n$.
24.	$Q_k = \frac{v(S_k - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_k - R^*)}{R^- - R^*}$
25.	Sorting the values S , R and Q in ascending order
26.	Return the first data centre in the Q -sorted list

Figure 2: VIKOR-based service broker algorithm

4. Results and Discussion

4.1. The Experimental Settings

To evaluate the performance and prove the efficiency of our proposed solution, the VIKOR-based service broker policy, in generating an optimized solution that incorporates user preferences when ranking and selecting the best DC from the set of alternative DCs in the cloud, several extensive experiments were designed. These experiments were conducted on an Intel Core i7 3.6GHz processor with 32GB of RAM on a Windows 8 Professional operating system. The proposed service broker policy was applied and tested using the Cloud Analyst simulator and then compared to the performance of two well-known broker policies, namely, the closest DC policy and the optimized routing policy. The comparison was based on three crucial parameters: total cost, total response time, and processing time. The comparison included five different cases, which were as follows:

- The first case used the closest DC.
- The second case used the optimal response time.
- The third case used the proposed approach with the high user priority to reduce total cost.
- The fourth case used the proposed approach with the high user

priority to reduce response time.

- The fifth case used the proposed approach to balance the response time and total cost.

For the simulation, there were six heterogeneous DCs and three user bases; the configurations for the DCs, user bases and other simulator parameters are outlined in Tables 3(a), 3(b), and 3(c), respectively. In addition, the default parameters were set for internet characteristics, and the evaluation process was in different configuration scenarios. In all the scenarios, the duration of the simulation was set as one day. The locations of the DC and the user base varied in each case. Below are the details of the three scenarios considered in this work.

- **First scenario:** Six heterogeneous DCs were located in the same region, while three UB DCs were distributed over three different regions.
- **Second scenario:** Six heterogeneous DCs were located in different regions, while three UB DCs were located in the same region.
- **Third scenario:** Six heterogeneous DCs and six UB DCs were distributed across all regions.

Table 3: The parameter settings of the simulation

(a) Data centre configurations									
DCs	Cost per VM \$/Hr	Memory Cost \$/s	Storage Cost \$/s	Data Transfer Cost \$/Gb	Physical HW Units	Memory (MB)	Storage (MB)	Available BW	Number of Processors
DC1	1.6	0.05	0.1	0.2	2	512	100,000,000	1,000	3
DC2	2.4	0.05	0.1	0.7	1	512	100,000,000	1,000	4
DC3	5	0.05	0.1	3	3	512	100,000,000	1,000	4
DC4	0.1	0.05	0.1	0.1	1	512	100,000,000	1,000	3
DC5	0.24	0.05	0.1	0.11	1	512	100,000,000	1,000	3
DC6	0.13	0.05	0.1	0.2	1	512	100,000,000	1,000	3

(b) User-based data centre properties					
UB	User Requests/Hour	Request Size (KB)	Start of UB's Peak Hours GMT	End of Peak Hours GMT	Avg Peak Users
UB1	120	1000	3	9	5000
UB2	60	100	3	9	1000
UB3	60	100	3	9	1500

(c) Other parameter settings	
Parameters	Value
User grouping factor	1000
Request grouping factor	50
Request size (bytes)	100
Load balancing policy	Throttled

4.2. The Experimental Results

This section presents the experimental results of the VIKOR-based service broker policy solution for DC selection in a heterogeneous cloud environment, in which the proposed policy identifies the most appropriate DC to handle the user-specified service based on the user's priorities. In the experiment, three crucial performance metrics involving various scenarios were considered, namely the response time, the overall cost and the DC processing, to measure and evaluate the performance and the efficiency of the proposed solution.

4.2.1. The Overall Response Time

In this section, we present the experimental results of both our proposed solution, the VIKOR-based service broker policy, and the previous approaches for the three scenarios considered in this paper concerning the overall response time. This set of experiments aimed to investigate the impact of incorporating user preferences (priorities) on the overall response time of the process of identifying and selecting the most appropriate DC among the available set of DCs to execute user tasks. Figures 3(a), 3(b), and 3(c) present the overall response time achieved by the proposed service broker policy strategy and the other previous strategies in the context of cloud computing based on scenario 1, scenario 2, and scenario 3, respectively. From the experimental results, it is evident that our proposed policy, the VIKOR-based service broker policy, outperformed the other policies in terms of the overall response time in all three scenarios. The results also demonstrate that the average improvements of 34.74% and 13.86% were obtained by the closest DC and optimized response time approaches, respectively. In the case where the user priority was to balance cost and response time, the proposed approach obtained an overall response time close to the best overall response time of 87%.

4.2.2. The Data Centre Processing Time

In this section, we discuss the effects of identifying user priorities as one of the crucial factors influencing DC processing time when selecting a DC. We aimed to examine the performance of the VIKOR-based service broker policy and its capability in handling the process of identifying and selecting DCs in the cloud paradigm. In this section, we also illustrate the experimental results of our proposed solution, the VIKOR-based service broker policy, in the three scenarios concerning the DC processing time. The experimental results for the overall DC processing time are presented in Figure 4. Figure 4(a) shows the performance of the VIKOR-based service broker policy based on the first scenario of the processing time of the DC. Similarly, Figures 4(b) and 4(c) illustrate the results of the experiments based on the second and third scenarios taking into consideration the DC processing times, respectively. The results indicate that the proposed solution, the VIKOR-based service broker policy, achieved the best results for both the first and second scenarios compared to the other approaches (closest DC, optimized response time, reduced cost, and balance). This is due to the fact that our proposed solution incorporated the user priority factor, which resulted in reducing the overall response time by producing a lower processing time for the DC in all three scenarios. In the case where the user priority was to balance cost and response time, the proposed approach obtained a DC processing time close to the best processing time.

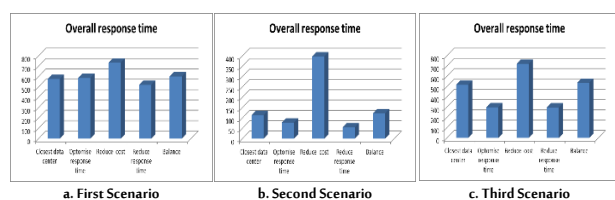


Figure 3: The results of overall response time of the three scenarios

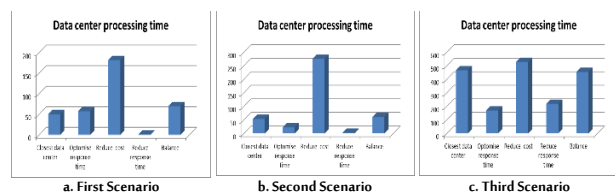


Figure 4: The results of data centre processing time of the three scenarios

4.2.3. The Total Cost

In this section, we illustrate the experimental results of our proposed solution, the VIKOR-based service broker policy, in the three scenarios with respect to the total cost. Figure 5 shows the results obtained for total cost corresponding to the three scenarios. Figure 5a, 5b, and 5c present the experimental results for the first scenario, the second scenario, and the third scenario, respectively. From the results, it is evident that the proposed approach, employing user priorities, led to a significant reduction in the total cost for all cases. The results also indicate that the proposed strategy steadily outperformed the other approaches by generating a lower cost for the three scenarios considered in this study. The average improvement of 54.55% and 73.8% were obtained by the closest DC and optimized response time approaches, respectively. Finally, from the results, it can be concluded that the proposed approach obtained total cost data that was better than the closest DC and optimized response time approaches in the case where the user's priority was to balance cost and response time.

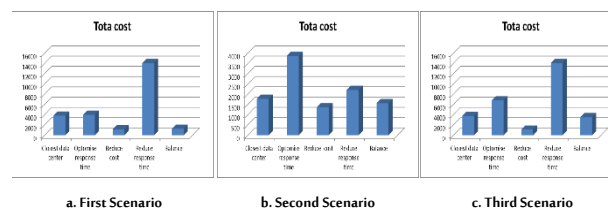


Figure 5: The results of the total cost for the three scenarios

4.2.4. Comparison with Other Policies

For evaluation purposes, the proposed approach was compared with the priority-based service broker policy (PBSBP) for a fog computing environment proposed by Arya and Dave (2017), the AFBSB algorithm (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019), and the optimized service broker routing policy (OSBRP) proposed by Manasrah and Gupta (2019). For simplicity and without loss of generality, our work followed the same experimental settings and other environment configurations in the experimental study as those in Arya and Dave (2017) and Manasrah and Gupta (2019). The details of the configurations for the DC, UB, and load balancing and grouping factor are described in Tables 4(a), 4(b), and 4(c), respectively.

Table 4: The configuration of the simulation for the comparison with other policies

(a) Data centre configuration							
DCs	Physical Hardware Units	Processor per Hardware Unit	Arch	OS	Cost per VM \$/Hr	Memory Cost	Processor Speed
FD1C1	2	3	x86	Linux	1.60	0.05	500-1000
FD1C2	1	4	x86	Linux	2.40	0.05	1000
FD1C3	3	4	x86	Linux	5.00	0.05	10000
FD1C4	1	3	x86	Linux	0.10	0.05	100
FD1C5	1	3	x86	Linux	0.24	0.05	2000

(b) User base configuration					
UB	User Requests/Hour	Peak Hours Start (GMT)	Peak Hours End (GMT)	Avg. Peak Users	Avg. Off-Peak Users
UB1	120	3	9	5000	500
UB2	60	3	9	1000	100
UB3	60	3	5	1500	150

(c) Load balancing and grouping factor configuration	
Parameters	Value
User grouping factor in userbases	1000
Request grouping factor in datacentres	50
Executable instruction length per request (bytes)	100
Load balancing policy across VMs in a single datacentre (default load balancing algorithm)	Throttled
Simulation duration	24 h
Available memory (MB)	512 MB
Storage	1 TB
Available bandwidth	1000
VM policy	TIME_SHARED
VM image size	10,000

Table 5 illustrates the results of the experiment that concentrates on comparing the proposed broker policy with the most recent broker policies, namely PBSBP (Arya and Dave, 2017), OSBRP (Manasrah and Gupta, 2019), and AFBSB (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019). The main reason for selecting these works is that these works match the objective of this work (i.e. minimizing response time, processing time and the overall cost). From the results, it is evident that our proposed approach outperforms the previous approaches in terms of the total cost, the overall average response time, and the average of the DC processing time.

Table 5: Comparison with other policies

Performance Parameters	PBSBP	OSBRP	AFBSB	Our Proposed Approach
Total cost	2000	1967.6	1125	1047
Overall response time (Avg.)	97	85.8	85.2	84.3
Data centre processing time (Avg.)	25	15.2	15.1	15

The results also demonstrate that the PBSBP technique (Arya and Dave, 2017) is the worst by incurring the highest total cost, the longest average overall response time and the longest average DC processing time. Furthermore, the results of the experiment indicate that the AFBSB technique (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019) is better than PBSBP (Arya and Dave, 2017) and OSBRP (Manasrah and Gupta, 2019) in terms of total cost, the average overall response time and the average DC processing time.

The results of the experiment illustrate a significant improvement in the proposed policy in terms of the average response time, the

average DC processing time and the total cost. Most importantly, the results also demonstrate that the idea of incorporating the user priority in the proposed broker policy led to a balance between the response time and the total cost, which, in turn, improved the efficiency while maintaining a low services cost. Similarly, Table 6(a) and 6(b) describes the experimental result for both cases, namely the third case and fourth case comparisons, for the proposed broker policy against PBSBP (fourth case) (Arya and Dave, 2017), and AFBSB (cost) (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019), respectively. It is clear that our proposed approach for the third case outperforms both PBSBP (fourth case) (Arya and Dave, 2017) and AFBSB (cost) (Al-Tarawneh and Al-Mous, 2019) in terms of the total cost, the average overall response time and the average DC processing time. The results shown in Table 6(a) denote that the PBSBP technique (fourth case) is the worst compared to AFBSB (cost) and our proposed approach (third case) by incurring the highest total cost, the longest overall response time and the longest DC processing time. Likewise, the experimental results reported in Table 6(b) indicate that our proposed technique (fourth case) is the best compared to PBSBP (third case) and AFBSB (performance) in total cost, the overall average response time, and the average DC processing time. Finally, we can conclude that the idea of exploiting the user priority in our proposed service broker policy is very beneficial by selecting the best DC that ensures a significant reduction in the total cost, the overall average response time and the average DC processing time.

Table 6: The result of the experiments for the third and fourth cases
(a) Third case comparison

Performance Parameters	PBSBP Case (iv)	AFBSB Cost	Our Proposed Approach Third Case
Total cost	1350	1150	951
Overall response time (Avg.)	190	520	499
Data centre processing time (Avg.)	110	215	368

(b) Fourth case comparison

Performance Parameters	PBSBP Case (iii)	AFBSB Performance	Our Proposed Approach Fourth Case
Total cost	16000	2400	1601
Overall response time (Avg.)	150	98	76
Data centre processing time (Avg.)	70	50	21

5. Conclusion

In the last decade, cloud computing has become a crucial practical solution for a huge number of big data applications. In a heterogeneous cloud environment, many DCs may implement different user jobs at different times and costs. In real-world environments, cloud users typically have different priorities. For instance, some users seek a solution that best serves their request for minimum cost. Conversely, other users seek a plan that processes the given jobs while ensuring minimum response time or are interested in carrying out their tasks at an affordable cost with an acceptable response time. The primary objective of the cloud service provider is to identify the most suitable DC to process the user request, ensuring a high level of QoS, which depends on the predefined user priorities. In this paper, we proposed an efficient and cost-effective service broker policy for DC selection in a heterogeneous cloud environment based on VIKOR, taking into consideration users' specified priorities. To this end, the proposed service broker policy endeavours to minimize the response time and the overall cost based on the users' specified priorities for user-oriented cloud systems. The results of the experiment, performed in various scenarios, demonstrated that the proposed solution outperformed the current policies in terms of response time, DC processing time and total cost in all cases.

Biographies

Mohammed Radi

Department of Computer and Information Sciences, Faculty of Computers and Information Technology, Al-Aqsa University, Gaza, Palestine, 00972599384779, moh_radi@alqsa.edu.ps

Dr Radi is a Palestinian Assistant Professor at the Faculty of Computers and Information Technology, Al-Aqsa University, Gaza. He obtained a PhD in Computer Science in 2009 from Universiti Putra Malaysia (UPM). Dr Radi is a former Head of the Computer and Information Sciences Department, and a former deputy dean for planning and development at Al-Aqsa University. His research interests include cloud computing, data storage management in cloud, disaster recovery in multi-cloud, job scheduling, fog computing, high-performance computing, and No-SQL databases.

Ali A. Alwan

School of Theoretical and Applied Science, Ramapo College of New Jersey, New Jersey, USA, 0060173546110, aaljuboo@ramapo.edu

Dr Alwan is an Iraqi Assistant Professor. He obtained a master's degree and a PhD in Computer Science from UPM in 2009, and 2013, respectively. Dr Alwan is an Assistant Professor of Computer Science at the School of Theoretical and Applied Science, Ramapo College of New Jersey, USA. His research interests include preference queries; skyline queries; probabilistic, incomplete and uncertain databases; query processing on incomplete data; location-based social networks (LBSN); recommendation systems; and data management in cloud computing.

Abedallah Zaid Abualkishik

Information Technology Management Department, College of Computer and Information Technology, American University, Dubai, United Arab Emirates, 00971501504133, abedallah.abualkishik@aue.ae

Dr Abualkishik is a Jordanian Associate Professor. He obtained a PhD in Software Engineering from Universiti Putra Malaysia in 2013. Dr Abualkishik is an IBM-certified trainer in Big Data, Data Science, Blockchain, and Artificial Intelligence. His research interests include software functional size measurement, software functional measures conversion, cost estimation, empirical software engineering, software reusability, database systems, data management in big data, and data science. He is serving the scientific community as a regular reviewer for several high-impact journals.

Adam Marks

Educational Technology Department, Higher Colleges of Technology, Dubai, United Arab Emirates, 0097144021785, amarks@hct.ac.ae

Dr Marks is an American professor. He obtained his PhD from the University of Central Florida, USA, in 2001. He is an academic and product advisor with Microsoft, Ellucian and Blackboard. He has worked in industry and academia in different leading capacities and roles, both nationally and internationally. Prof. Marks is a globally minded leader in higher education administration with expertise in developing and implementing strategic plans for higher education institutions, with the emphasis on growth, academic integrity, and efficiency.

Yonis Gulzar

Department of Management Information Systems, College of Business Administration, King Faisal University, Al-Ahsa, Saudi Arabia, 00966545719118, ygulzar@kfu.edu.sa

Dr Gulzar is an Indian Assistant Professor at King Faisal University, Saudi Arabia. He obtained a master's degree in Computer Applications from Bangalore University, India, in 2013. He obtained a PhD in Computer Science from the International Islamic University Malaysia in 2018. His research interests include preference queries, skyline queries, probabilistic and uncertain databases, query processing on incomplete data, data integration, LBSN, recommendation systems, data management in cloud computing, artificial intelligence, deep learning, and computer vision.

References

- Al Sukhni, E. (2016). K-nearest-neighbor-based service broker policy for data centre selection in cloud computing environment. *Int. Res. J. Electron. Comput. Eng.*, 2(3), 5–9.
- Al-Tarawneh, M. and Al-Mousa A. (2019). Adaptive user-oriented fuzzy-based service broker for cloud services. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, (Article in Press).
- Amazon S3. (2018). Available at: <https://aws.amazon.com/s3/> (accessed on 10/03/2020).
- Arya, D. and Dave, M. (2017). Priority based service broker policy for fog computing environment. pp. 84–93. In: *Proceedings of the International Conference on Advanced Informatics for Computing Research*, Jalandhar, India, 17–18/03/2017.
- Benlalia, Z., Beni-hssane, A., Abouelmehdi, K. and Ezati, A. (2019). A new service broker algorithm optimizing the cost and response time for cloud computing. *Procedia Computer Science*, 151(n/a), 992–7.
- Wickremasinghe, B., Calheiros, R.N. and Buyya, R. (2010). CloudAnalyst: A cloudaim-based visual modeller for analysing cloud computing environments and applications. p. 446–52. In: *Proceedings of the 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA 2010*, Perth, Australia, 20–23/04/2010.
- Chen, C.L.P. and Zhang, C.Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on big data. *Information Sciences*, 275(n/a), 314–47.
- Chudasama, D., Trivedi, N. and Sinha, R. (2012). Cost effective selection of data centre by proximity-based routing policy for service brokering in cloud environment. *International Journal of Computer Technology and Applications*, 3(6), 2057–9.
- Gantz, J. and Reinsel, D. (2012). *The Digital Universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East. IDC Iview: IDC Analyze The Future*, 1–16. Available at: <https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spring13/cos598C/idc-the-digital-universe-in-2020.pdf> (accessed on 24/06/2020)
- Google Cloud Storage. (2018). Available at: <https://cloud.google.com/storage/> (accessed on 24/06/2020).
- Kapgate, D. (2014). Efficient service broker algorithm for data centre selection in cloud computing. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(1), 355–65.
- Khan, M.A. (2020). Optimized hybrid service brokering for multi-cloud architectures. *The Journal of Supercomputing*, 76(1), 666–87.
- Kofahi, N.A., Alsmadi, T., Barhoush, M. and Moy'awiah, A. (2019). Priority-based and optimized data centre selection in cloud computing. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(11), 9275–90.
- Kumar, R.R., Mishra, S. and Kumar, C. (2018). A novel framework for cloud service evaluation and selection using hybrid MCDM methods. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(12), 7015–30.
- Limbani, D. and Oza, B. (2012). A proposed service broker policy for data centre selection in cloud environment with implementation. *International Journal of Computer Technology & Applications*, 3(3), 1082–7.
- Manasrah, A.M. and Gupta, B.B. (2019). An optimized service broker routing policy based on differential evolution algorithm in fog/cloud environment. *Cluster Computing*, 22(1), 1639–53.
- Manasrah, A.M., Smadi, T. and Almomani, A. (2017). A variable service broker routing policy for data centre selection in cloud analyst. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 29(3), 365–77.
- Mehdi, N.A., Ali, H., Alwan, A.A. and Abdul-Mehdi, Z.T. (2012). Two-Phase provisioning for HPC tasks in virtualized datacentres. pp. 29–35. In: *Proceedings of the International Conference on Emerging Trends in Computer and Electronics Engineering (ICETCEE'2012)*. Dubai, United Arab Emirates, 01/03/2012.
- Mehdi N.A., Mamat A., Alwan A.A. and Abdul-Mehdi, Z.T. (2011). Minimum completion time for power-aware scheduling in cloud computing. p. 480–9. In: *Proceedings of the International Conference of Developments in e-Systems Engineering (DeSE2011)*. Dubai, United Arab Emirates, 03/12/2011.
- Mishra, R.K., Kumar, S. and Naik, B.S. (2014). Priority based round-robin service broker algorithm for cloud-analyst. p. 878–81. In: *Proceedings of the 2014 IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*. Gurgaon, India, 21–22/02 2014.
- Nandwani, S., Achhra, M., Shah, R., Tamrakar, A., Joshi, K. and Raksha, S. (2016). Weight-based data centre selection algorithm in cloud computing environment. In: S.S. Dash, M.A. Bhaskar, B.K., Panigrahi, and S. Das, (eds.) *Artificial Intelligence and Evolutionary Computations in Engineering Systems*, 515–25. Switzerland: Springer.
- Otay, I. and Yildiz, T. (2021). Multi-criteria cloud computing service provider selection employing pythagorean fuzzy AHP and VIKOR. In: *Proceedings of the International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems*. Istanbul, Turkey 24–6/08/2021.
- Patiniotakis, I., Verginadis, Y. and Mentzas, G. (2015). Preference-based cloud service selection for cloud service brokers. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(1), 1–14.
- Radi, M. (2014). Weighted round robin policy for service brokers in a cloud environment. p. 45–9. In: *Proceedings of the International Arab Conference on Information Technology (ACIT2014)*, Nizwa, Oman, 9–11/12/2014.
- Radi, M. (2015). Efficient service broker policy for large-scale cloud environments. *International Journal of Computer Science Issues*, 12(1), 85–90.
- Rafieyan, E., Khorsand, R. and Ramezanpour, M. (2020). An adaptive scheduling approach based on integrated best-worst and VIKOR for cloud computing. *Computers & Industrial Engineering*, 140(5), 106272.
- Rekha, P.M. and Dakshayani, M. (2018). Dynamic cost-load aware service broker load balancing in virtualization environment. *Procedia Computer Science*, 132(n/a), 744–51.
- Chauhan, S.S., Pilli, E.S., Joshi, R.C. and Singh, G. (2018). UPB: User preference based brokering for service ranking and selection in federated cloud. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*. Indore, India, 16–19/12/2018.
- Sharma, V. (2014). Efficient data centre selection policy for service proximity service broker in cloudanalyst. *Int. J. Innovative Comp. Sci. Eng. (IJICSE)*, 1(1), 21–28.
- Sidhu, J. and Singh, S. (2017). Improved topsis method based trust evaluation framework for determining trustworthiness of cloud service providers. *Journal of Grid Computing*, 15(1), 81–105.
- Subramanian, T. and Savarimuthu, N. (2016). Application based brokering algorithm for optimal resource provisioning in multiple heterogeneous clouds. *Vietnam Journal of Computer Science*, 3(1), 57–70.
- Sun, L., Dong, H., Hussain, O.K., Hussain, F.K. and Liu, A.X. (2019). A framework of cloud service selection with criteria interactions. *Future Generation Computer Systems*, 94(n/a), 749–64.
- The IBM Cloud. (2018). Available at: <https://www.ibm.com/cloud/> (accessed on 28/06/2020).
- Trabay, D.W., El-Henawy, I. and Gharibi, W. (2021). *A Trust Framework Utilization in Cloud Computing Environment Based on Multi-Criteria Decision-Making Methods. The Computer Journal*. DOI: 10.1093/comjnl/bxaa138
- Windows Azure. (2018). Available at: <https://www.azure.cn/> (accessed on 13/05/2020).
- Wu, X. (2016). Data sets replicas placements strategy from cost-effective view in the cloud. *Scientific Programming*, 11(n/a), 1–13.
- Youssef, A.E. (2020). An integrated MCDM approach for cloud service selection based on TOPSIS and BWM. *IEEE Access*, 8(n/a), 71851–65.
- Zakaria B., Abderahim B., Karim A. and Abdellah E. (2019). A new service broker algorithm optimizing the cost and response time for cloud computing. *Procedia Computer Science*, 151(n/a), 992–7.

The Fourth Industrial Revolution and its Contribution to Urban Growth

Mehad Sayed Ibrahim Emara

Department of Architecture, Modern Academy of Engineering and Technology, Cairo, Egypt

الثورة الصناعية الرابعة ومساهمتها في النمو الحضري

مهاد سيد إبراهيم عمارة

قسم الهندسة المعمارية، الأكاديمية الحديثة للهندسة وتكنولوجيا البناء، القاهرة، مصر



LINK
الرابط
<https://doi.org/10.37575/b/eng/210076>

RECEIVED
الاستقبال
01/11/2021

ACCEPTED
القبول
24/12/2021

PUBLISHED ONLINE
النشر الإلكتروني
24/12/2021

ASSIGNED TO AN ISSUE
الإحالة لعدد
01/06/2022

NO. OF WORDS
عدد الكلمات
6120

NO. OF PAGES
عدد الصفحات
8

YEAR
سنة العدد
2022

VOLUME
رقم المجلد
23

ISSUE
رقم العدد
1

ABSTRACT

Technological transformation plays a crucial role in our world today. The Fourth Industrial Revolution (4IR) represents a significant transformation in many areas of industry in different countries. The rapid speed and scope of the transformation resulted in many urban development challenges, which will subsequently force cities to devise smart solutions to improve the standard of living of urban settlements to provide a better life for their residents. The research aims to discuss these challenges and explore how the 4IR affects the development, urbanisation and transformation of cities into smart ones by highlighting various technologies such as artificial intelligence (AI), robotics, blockchain and 3D printing. Furthermore, a group of specialists in the field (designers, planners and consultants) will be assessing the contributions of the 4IR that support smart cities and the challenges of achieving urban development and try to reach the relative importance of the participation of each application in achieving urban development and rearrange them according to their significance, to meet the proposed framework.

الملخص

يلعب التحول التكنولوجي دوراً مهماً للغاية في العالم اليوم وهو ما يطلق عليه بالثورة الصناعية الرابعة (4IR)، مما يمثل تحولاً كبيراً في العديد من مجالات الصناعة في مختلف البلدان، ويعد هذا التحول فريداً من نوعه وبداية لعصر جديد للنمو الحضري؛ وذلك بسبب تميزه بالسرعة الهائلة واتساع نطاقه، وبالتالي نتج عنه العديد من تحديات التنمية الحضرية التي بدورها ستفرض على المدن الاتجاه نحو ابتكار حلول ذكية لتحسين مستوى المعيشة والارتفاع الحضري لتوفير حياة أفضل لسكانها، وعليه يهدف البحث لمناقشة هذه التحديات واستكشاف كيفية تأثير الثورة الصناعية الرابعة (4IR) على تطوير وتحضر المدن وتحولها إلى مدن ذكية، من خلال تسليط الضوء على مجموعة من التقنيات مثل: الذكاء الاصطناعي (AI) والروبوتات وسلسلة الكتل والطباعة ثلاثية الأبعاد واختبار مساهمة ال (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية من قبل مجموعة من المختصين في المجال (المصممين – المخططين – الاستشاريين)، ومحاولة الوصول إلى الأهمية النسبية لمشاركة كل تطبيق في تحديات تحقيق التنمية الحضرية وإعادة ترتيبها تبعاً لأهميتها، وصولاً إلى إطار العمل المقترح.

KEYWORDS

الكلمات المفتاحية

Smart city, technological development, urban challenges, urban development, urban upgrading, 4IR applications

الارتفاع الحضري، التحديات الحضرية، التطور التكنولوجي، التنمية الحضرية، المدينة الذكية، تطبيقات (4IR)

CITATION

الإحالة

Emara, M.S.I. (2022). Althawrat alsinaeiat alraabieat wamusahamatuha fi alnumui alhadarii 'The fourth industrial revolution and its contribution to urban growth'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 9–16. DOI: 10.37575/b/eng/210076 [in Arabic]

عمارة، مهاد سيد إبراهيم. (2022). الثورة الصناعية الرابعة ومساهمتها في النمو الحضري. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*, 23(1)، 9-16.

1. المقدمة

1.1. عرض إشكالية الدراسة

مع تسارع وتيرة الثورة الصناعية الرابعة (4IR)، أصبحت الابتكارات أسرع وأكثر كفاءة، ويمكن الوصول إليها على نطاق أوسع من ذي قبل. أصبحت التكنولوجيا أيضاً مرتبطة ارتباطاً كبيراً بالعديد من الصناعات في مختلف المجالات، حيث يشهد العالم اليوم العديد من الاندماجات الرقمية والفيزيائية والبيولوجية، مما أدى إلى ظهور "مدن ذكية" تستخدم التكنولوجيا المتقدمة لتحسين الكفاءة وتعزيز الاستدامة وتعزيز القدرة التنافسية الاقتصادية، حيث غيّرت الثورة الصناعية الرابعة (4IR) المشهد العالمي في المنافسة في مجال التصنيع، ومع تزايد عدد السكان في الآونة الأخيرة تعاني العديد من المدن في جميع أنحاء العالم من عدة قضايا مثل: الازدحام المروري والاستهلاك الكبير للطاقة والبرامج غير الفاعلة في التخلص من النفايات، وبالنظر إلى المستقبل سيتعين على المدن إيجاد حلول أكثر ذكاءً لتحسين بنيتها التحتية (UN-Habitat, 2016)، وهنا تحدياً تلعب التكنولوجيا دوراً رئيسياً.

إن الفرصة كبيرة لاستخدام الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في التنمية الحضرية، ولواجهة التحديات الحضرية لبناء المدن الذكية من خلال تسخير تطبيقات التكنولوجيا مثل الذكاء الاصطناعي (AI) والروبوتات وسلسلة الكتل والطباعة ثلاثية الأبعاد (PwC, 2017)، التي تحدث تحولاً مؤثراً في النظم البيئية والاجتماعية والاقتصادية، وبالتالي تؤدي إلى إعادة

تصميم كيفية إدارتنا لبيئتنا العالمية المشتركة لتحقيق نتائج مستدامة، وعليه سوف تستكشف هذه الورقة قدرة الثورة الصناعية الرابعة (4IR) على إيجاد حلول سريعة ومتطورة للتحديات الحضرية للمدن الذكية، وذلك من خلال تسليط الضوء على مساهمات تطبيقات (4IR) في تحقيق التنمية الحضرية.

1.2. أهداف البحث:

يهدف البحث إلى الوصول لإطار عمل لتفهم مساهمة تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة في التعامل مع تحديات التنمية الحضرية لبناء المدن الذكية من خلال التعرف على المفاهيم الخاصة بتلك التطبيقات ومناقشة التحديات المحتملة لتطبيق التنمية الحضرية داخل المدن الذكية.

1.3. أهمية البحث:

التعرف على مفاهيم تطبيقات (4IR) والمدينة الذكية والتنمية الحضرية وأهمية الربط بينها للاستفادة بشكل أفضل من التطور التكنولوجي السريع لهذه التطبيقات في مجال التنمية الحضرية المستدامة والنهوض بالمجتمعات الحضرية.

1.4. حدود البحث:

- الحدود المكانية: مجموعة من المدن التي تطبق مفهوم المدن الذكية (العاصمة الإدارية في مصر، مدينة مصدر في أبوظبي).
- الحدود الزمنية: مع بدايات القرن الحادي والعشرين وتمتد لعشرات

استفادت بذلك من التغيير التكنولوجي السريع في (4IR)، حيث تجذب الاقتصادات الناشئة اليوم مواطنين حضرين أكثر من أي وقت مضى، ومن المتوقع أن تستوعب المدن في آسيا وأفريقيا 90٪ من سكان المدن الجدد في العالم البالغ عددهم 2.5 مليار بحلول عام 2050، وأدى ذلك التحضر إلى زيادة الإنتاجية وتعزيز الابتكار وزيادة الدخل لإنشاء مراكز قوة حضرية عالمية اليوم في كل من (دبي ولندن ونيويورك وسول وشنغهاي وسنغافورة) (Kitchin, 2016)، وأيضاً في المدن الناشئة مثل (أوجوت (كولومبيا) ولاغوس (نيجيريا) ومومباي (الهند)، ويرى العديد من البلدان النامية أن التحدي المتمثل في التوسع الحضري المستدام هو التحدي الأساسي (Ingwersen and Serrano-López, 2018) وفي كثير من الأحيان لم يتم تخطيط المدن أو إدارتها أو تمويلها بشكل جيد مما أدى إلى فشل توفير البنية التحتية والخدمات الحضرية لاحقاً في مواكبة احتياجات الناس والاقتصاد، وشملت العواقب مستويات مقلقة من الفقر والمرضى وعدم المساواة والأضرار البيئية.

وبالتالي يجب أن تتسارع عملية التنمية الحضرية بالدول بشكل كبير في هذه الفترة باعتبارها أسرع فترة ابتكار تكنولوجي على الإطلاق، وتقدم (4IR) وعداً كبيراً لتخطي التنمية التقليدية وتسريع الانتقال إلى مستقبل حضري أكثر استدامة، وتعتبر تقنيات (4IR) مثل (الذكاء الاصطناعي (AI) والمركبات ذاتية القيادة، والطائرات بدون طيار، وإنترنت الأشياء (IoT)، والمواد المتقدمة، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والتكنولوجيا الحيوية) من أهم التقنيات المستخدمة في إعادة تشكيل القطاعات الحضرية- بما في ذلك النقل والطاقة والنفايات والمياه والمباني (Nam and Pardo, 2011)، حيث يمكن للمدن تسخير هذه التقنيات الرائدة جنباً إلى جنب بعضها مع بعض ومع نماذج الأعمال الجديدة، ليس فقط لتعزيز الإنتاجية الاقتصادية الحضرية ولكن أيضاً لتقليل التأثير السلبي على البيئة وزيادة الرفاهية، ومع ذلك فإن (4IR) تعرض أيضاً مجموعة المخاطر الخاصة بها، حيث تحتاج المدن الناشئة إلى الاستثمار في تمكين البنية التحتية التكنولوجية والمهارات لضمان عدم تخلفها عن الركب، وتقليل الآثار الضارة غير المقصودة لـ (4IR).

2.2. التحديات الرئيسية التي تدعمها ابتكارات (4IR) لتحقيق التنمية الحضرية:

يمكن رصد عدد من التحديات الرئيسية التالية التي يلزم مواجهتها بشكل خاص لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة، ويمكن أن تدعمها ابتكارات (4IR) في المدن الناشئة، هذه التحديات تتمثل في الآتي (Klein and Kaefer, 2008):

- التخطيط والبناء الذي للاستفادة بشكل أفضل من البيئة المبنية.
- النقل المستدام والخدمات اللوجستية لزيادة التنقل والتوصيل.
- الطاقة النظيفة والمرافق لتحسين كفاءة النظم الحضرية والبيئة.
- الصحة والموارد الحضرية لخفض التلوث وتحسين المعيشة والقدرة على تحمل التكاليف.
- أنظمة حضرية مرنة لتمكين المدن من الاستعداد للصدمات والكوارث البيئية وتحملها.

2.3. تلخص أهم الحلول والابتكارات الحضرية للتحديات الرئيسية التي تدعمها ابتكارات (4IR) فيما يأتي (Castelino et al., 2015):

2.3.1. التخطيط والبناء الذي

- التخطيط الحضري الرقمي المتكامل، والتخطيط الشفاف لاستخدام الأراضي، والمراقبة والإدارة، وحقوق الملكية الواضحة التي تسمح بتطوير المساحات المشتركة.
- خلق مجتمعات أكثر كثافة ومتكاملة ومتعددة الاستخدامات بالقرب من عقد النقل.
- إنشاء مباني متعددة الوظائف تعمل على تحسين المساحة الأرضية على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع.
- تصميم أكواد البناء باستخدام التصميم الرقمي والمواد النانوية للحد بشكل جذري من الكربون المتجسد في عمليات الإنتاج.

السنين المستقبلية قد تصل إلى خمسين عاماً.

- **الحدود الموضوعية: التنمية الحضرية والتطور التكنولوجي والثورة الصناعية الرابعة.**

1.5. إجراءات البحث:

استخدم البحث المنهج الوصفي التحليلي في وصف وتحليل تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) وتحديات تحقيق التنمية الحضرية، والمنهج المسحي التطبيقي، وذلك من خلال تصميم استبيان موجه لمجموعة من الخبراء المتخصصين في المجال للوصول إلى إطار العمل المقترح لمساهمة تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في تحقيق التنمية الحضرية.

1.6. مصطلحات البحث:

- **التنمية الحضرية:** هي تحقيق التنمية لمختلف فئات المجتمع مما يضمن تحقيق النمو الاقتصادي والتوزيع العادل للموارد والمحافظة على البيئة وحمايتها واحترام التنوع الثقافي للمجتمع وتلبية متطلبات الأجيال الحالية دون المساومة على تلبية الأجيال القادمة (United Nations, 2014).
- **المدينة الذكية:** هي مدينة قادرة على جمع وتحليل كميات كبيرة من البيانات من مجموعة واسعة من الصناعات (من التخطيط الحضري إلى التخلص من النفايات) واستخدام هذه البيانات لتصبح عملية التنمية أكثر كفاءة (Serrano, 2018).
- **الثورة الصناعية الرابعة (4IR):** يشير مصطلح "ثورة" إلى التغيير المفاجئ والجذري. على مر التاريخ، أحدثت تقنيات الاختراق الجديدة العديد من هذه الفترات من التغيير المهم وغير الخطي الذي يغير النظم الاقتصادية والهياكل الاجتماعية بشكل عميق (Schwab, 2016)، ويعتبر وصول الثورة الصناعية الرابعة فترة جديدة من هذا النوع من التغيير التحويلي العميق. وترسخت الثورة الصناعية الثانية في عام 1890 مع ظهور الكهرباء واتباع مناهج جديدة للتصنيع على أساس خطوط التجميع والإنتاج الضخم. ظهرت الثورة الصناعية الثالثة في الستينيات من القرن العشرين مع ظهور أشباه الموصلات وانتشار أجهزة الكمبيوتر والإنترنت. أما اليوم فنحن نواجه ثورة صناعية رابعة (4IR) بناءً على التقنيات الرقمية للثورة الصناعية الثالثة (Pirvu and Zamfirescu, 2017)، يتم تشغيله من خلال مجموعة واسعة من الاختراقات الجديدة، ليس فقط في المجال الرقمي (مثل الذكاء الاصطناعي)، ولكن أيضاً في المجال المادي (المواد الجديدة) والمجال البيولوجي (الهندسة الحيوية)، حيث تعد هذه التقنيات الجديدة ثورية نظراً لسرعة واتساع وعمق التغيير المتوقع الذي سيحدث تغييراً جذرياً يتميز بخاصيتين أساسيتين وهما:

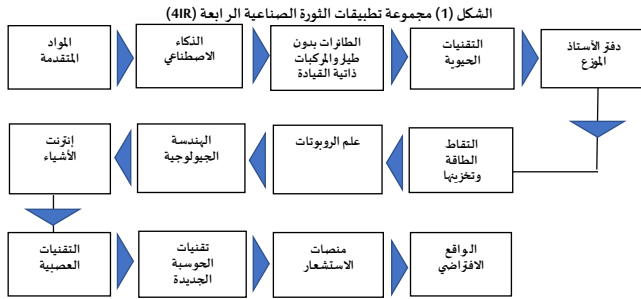
- **إتساع وعمق غير مسبوق:** من خلال الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في العديد من المجالات من خلال التقنيات الجديدة والتفاعل بينها وخلق طرق جديدة للإبداع والاستهلاك (Lambert, 2017)، وستغير طريقة تقديم الخدمات العامة والوصول إليها، وستتيح طرقاً جديدة للتواصل والحكم، وبالتالي سيتأثر كل جانب من جوانب حياتنا تقريباً من حيث: (الوظائف، ونماذج الأعمال، والهياكل الصناعية، والتفاعلات الاجتماعية، وأنظمة الحكم).

- **تسريع وتيرة التغيير:** حيث ظهرت التقنيات الجديدة ظهوراً كبيراً، ويتم تبنيها بشكل أسرع وتقدم تأثيراً أكبر من أي وقت مضى، وهناك العديد من العوامل التي تدعم الوتيرة المتسارعة للتغيير، مثل (التعلم الآلي والقيادة الذاتية وأجهزة الاستشعار عن بعد) وبالتالي فإن عملية تحليل البيانات الضخمة (Big Data) لم تعد تتطلب في كثير من الأحيان العنصر البشري (Prisecaru, 2016)، ويعتبر نتائج كل هذا التغيير هو أن تأثير الثورة الصناعية الرابعة سيمثل طفرة تحول عالمية إلى عصر التكنولوجي.

2. الإطار النظري للبحث (مراجعة الأدبيات)

2.1. أهمية الثورة الصناعية الرابعة (4IR) للتنمية الحضرية في المستقبل:

إن المدن الناشئة في العالم لديها القدرة على تقديم مستقبل مستدام إذا



2.4.1. طباعة ثلاثية الأبعاد

هي تقنيات التصنيع المضافة المستخدمة لإنشاء كائنات ثلاثية الأبعاد بناءً على "طباعة" طبقات متتالية من المواد (PwC and World Economic Forum, 2016).

2.4.2. المواد المتقدمة (بما في ذلك المواد النانوية)

هي مجموعة من التقنيات النانوية وغيرها من تقنيات علوم المواد، التي يمكن أن تنتج مواد ذات وظائف محسنة بشكل كبير أو جديدة تمامًا، بما في ذلك الوزن الخفيف، والمواد الأقوى والأكثر موصلة للكهرباء، والتخزين الكهربائي العالي (Vollath, 2008) (مثل المواد النانوية أو المواد البيولوجية أو الهجينة).

2.4.3. الذكاء الاصطناعي

هو خوارزميات تعلم علوم الكمبيوتر بحيث تكون قادرة على أداء المهام التي تتطلب عادةً ذكاءً بشرياً وما بعده (Adunadepo, 2016) (مثل الإدراك البصري والتعرف على الكلام واتخاذ القرار).

2.4.4. علم الروبوتات

هو استخدام الآلات الكهروميكانيكية والبيولوجية والهجينة التي يتم تمكينها بواسطة الذكاء الاصطناعي والتي تعمل على أتمتة الأنشطة البشرية أو زيادتها أو مساعدتها، بشكل مستقل أو وفقاً لتعليمات محددة (Boenig and Liptsin, 2017).

2.4.5. الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة

هو استخدام مركبات ذاتية القيادة، تعمل بواسطة الروبوتات ويمكنها العمل والتنقل مع القليل من التحكم البشري أو بدونها، مثل استخدام الطائرات بدون طيار التي تطير أو تتحرك في الماء بدون طيار ويمكن أن تعمل بشكل مستقل أو يمكن التحكم فيها عن بعد (Macrorie et al., 2019).

2.4.6. التقنيات الحيوية

هي التقنيات التي تشمل الهندسة الحيوية والهندسة الطبية الحيوية وعلم الجينوم وتحرير الجينات والبروتيوميات والمحاكاة الحيوية والبيولوجيا التركيبية، هذه المجموعة التكنولوجية لها تطبيقات في مجالات مثل الطاقة والمواد والكيميائية والصيدلانية والزراعية والصناعات الطبية (Kougias et al., 2019).

2.4.7. التقاط الطاقة وتخزينها ونقلها

تتراوح تقنيات الطاقة الجديدة من تقنيات البطاريات المتقدمة إلى الشبكات الافتراضية الذكية والخلايا الشمسية العضوية والوقود الحيوي السائل لتوليد الكهرباء ونقلها والانصهار النووي (Pirvu and Zamfirescu, 2017).

2.4.8. دفتر الأستاذ المؤم (Blockchain)

هو دفتر الأستاذ الإلكتروني المؤم الذي يستخدم خوارزميات برامج التشفير لتسجيل وتأكيده المعاملات و/أو الأصول الثابتة مع الموثوقية وإخفاء الهوية، وليس لديها سلطة مركزية وتسمح بالعقود الآلية التي تتعلق بتلك الأصول والمعاملات (العقود الذكية) (Peters, 2017).

- استخدام التصنيع خارج الموقع في الوقت المناسب، والتصنيع المعياري والمسبق، مما يحسن من كفاءة البناء وأجزاء البناء المرنة والقابلة لإعادة الاستخدام.
- إدارة المباني السكنية والتجارية الذكية للتقليل من تكاليف الاستخدام غير الفعال للطاقة والمياه.

2.3.2. النقل المستدام واللوجستيات

- استخدام أنظمة النقل واللوجستيات المتكاملة داخل المدن وفيما بينها، مما يقلل الحاجة إلى المركبات الخاصة وإدارة ومراقبة النقل والمرور في الوقت الحقيقي.
- استخدام مركبات كهربائية وحلول تنقل منخفضة الكربون تتيح للناس المشي وركوب الدراجات بحرية أكبر للاستفادة بشكل أفضل من الأشكال الحالية والجديدة للتنقل الجماعي المشترك والمستدام، على سبيل المثال (الدراجات والحافلات والمركبات المستقلة).
- تصميم الأحياء متعددة الاستخدامات والاستخدام الأفضل للخدمات المنزلية مما يحسن الوصول إلى السلع والخدمات.

2.3.3. الطاقة النظيفة والمرافق

- توليد الطاقة المتجددة واللامركزية مثل الطاقة الشمسية على الأسطح وشبكات تدفئة المدن وأنظمة الطاقة من نظير إلى نظير.
- استخدام مستشعرات درجة الحرارة والعدادات الذكية وأدوات التحكم في الركاب لتحقيق الكفاءة والتحكم في استخدام الطاقة والمياه.
- تساعد إدارة الشبكة الذكية والمرافق في مراقبة الأصول واستخدام النموذج وضمان عمليات فعالة من حيث التكلفة.
- استخدام البطاريات المتطورة لتخزين الطاقة والمركبات الكهربائية.
- تصميم محطات تحويل النفايات إلى طاقة بما في ذلك شبكات التدفئة والتبريد المرتبطة بها.

2.3.4. الصحة والموارد الحضرية

- استخدام مبادئ الاقتصاد التشاركي لتطوير الحلول الذكية وسلاسل التوريد الفعالة، التي يمكن أن تساعد في تلبية الاحتياجات البشرية ضمن الحد الأدنى من البصمات، وتحسين نوعية الحياة وتقليل الخسائر الاقتصادية من النفايات غير المدورة.
- تصميم الاقتصاد الدائري لإعادة التصنيع والتجديد وإعادة التدوير للحفاظ على تداول المكونات والمواد وتقليل الضرر وإدارة الآثار البيئية السلبية.
- الإدارة المتكاملة للنفايات البلدية والصناعية.
- تقييمات دورة الحياة لجودة المياه وإدارتها وإعادة استخدامها.
- عزل تلوث الهواء ومنقياته، بما في ذلك المرشحات الحيوية.
- تصميم واجهات المباني "الحية" والمساحات الخضراء والزراعة الحضرية.

2.3.5. أنظمة حضرية مرنة

- استخدام أنظمة إدارة حضرية متكاملة وقابلة للتكيف في الوقت الحقيقي وإدارة التغيير للتكيف بشكل أفضل مع الصدمات والتعلم منها والاستجابة لها.
- تعزيز مراقبة المخاطر والتنبؤ بها، جنباً إلى جنب مع تدابير الأمن الحديثة، من أجل وظائف مرنة في المدينة والمرافق وكذلك إدارة التأمين.
- تطوير البنية التحتية والمباني الحضرية الجاهزة للكوارث، وإضافة أنظمة الاستجابة الذكية للطوارئ للوقاية من الكوارث الطبيعية والتخفيف من حدتها والتعافي منها.

2.4. تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية:

تتضمن مجموعات تقنيات (4IR) وتأثيرها على المدن الذكية لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة كما هي موضحة بشكل (1): (Hollands, 2008).

2.4.9. الهندسة الجيولوجية

هي تدخلات واسعة النطاق ومتعمدة في النظم الطبيعية لكوكب الأرض، على سبيل المثال: تغيير أنماط هطول الأمطار أو خلق أشعة الشمس الاصطناعية أو تغيير الغلاف الحيوي (Nordrum, 2017).

2.4.10. إنترنت الأشياء

هي شبكة من أجهزة الاستشعار والمحركات المتقدمة في الأرض والجو والمحيطات والفضاء مدمجة مع البرامج والاتصال بالشبكة والكمبيوتر، يمكنها جمع البيانات وتبادلها عبر الإنترنت وتمكين الحلول الآلية لمجموعات المشكلات المتعددة (Marsal et al., 2016).

2.4.11. التقنيات العصبية

هي مجموعة التقنيات التي تمكن البشر من التأثير على الوعي والتفكير من خلال فك تشفير ما يفكرون فيه بمستويات دقيقة من التفاصيل من خلال مواد كيميائية جديدة تؤثر على العقول لتحسين الوظائف وتمكين التفاعل مع العالم بطرق جديدة (Zhang, 2017).

2.4.12. تقنيات الحوسبة الجديدة

هي تقنيات مثل: الحوسبة الكمومية ومحركات الأقراص الصلبة ذات الحالة الصلبة القائمة على الحمض النووي والجمع بين تقنيات الثورة الصناعية الثالثة (مثل البيانات الضخمة والسحابة) مع التقنيات الأخرى (مثل إنترنت الأشياء ومنصات الاستشعار المتقدمة)، حيث تستفيد أجهزة الكمبيوتر الكمومية بشكل مباشر من ظواهر ميكانيكا الكم مثل التشابك لإجراء عمليات حسابية واسعة النطاق لفئة معينة من المهام المستحيلة حاليًا من خلال مناهج الحوسبة التقليدية (Jules, 2017).

2.4.13. منصات الاستشعار المتقدمة (بما في ذلك الأقمار الصناعية)

أجهزة الاستشعار الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية المتقدمة الثابتة والمتحركة من أجل الاستشعار المباشر وغير المباشر (الاستشعار عن بعد) لعدد لا يحصى من متغيرات البيئة والموارد الطبيعية والأصول البيولوجية من المواقع الثابتة أو في المركبات المستقلة أو شبه المستقلة في الأرض والآلات والهواء والمحيطات والفضاء.

2.4.14. المواقع الافتراضي

محاكاة مولدة بالحاسوب لمساحة ثلاثية الأبعاد مغطاة بالواقع المعزز (AR) أو بيئة الواقع الافتراضي (VR) (Rosique et al., 2019). يمكن أيضًا أن تقلل خدمات اجتماعات الواقع الافتراضي والمعزز والمختلط في المساحات المشتركة من الحاجة إلى السفر لحضور الاجتماعات، مما يعزز الاتصال الأوسع والقدرة التنافسية للشركات الأصغر في المدن الناشئة.

3. الإطار العملي للبحث (الدراسة التطبيقية)

سيتم خلال هذا الجزء من البحث اختبار مساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية من قبل مجموعة من المختصين في المجال (المصممين - المخططين - الاستشاريين)، ومحاولة الوصول إلى الأهمية النسبية لمشاركة كل تطبيق في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة وإعادة ترتيبها تبعًا لأهميتها، وأيضًا سوف تُعرض خطوات التحليل المختلفة التي طُوِّرت النتائج من خلالها.

3.1. الطرق المستخدمة في تحليل البيانات:

3.1.1. الوزن النسبي المرجح أو الموزون Weighted Mean

يعد هذا المقياس من المقاييس المهمة للزعة المركزية، وهو من حيث الفكرة يماثل الوسط الحسابي الاعتيادي، ولكن الوسط الاعتيادي يعتبر مفردات العينة قيد الدراسة لها نفس الأهمية والتأثير في حساب أي مؤشر إحصائي، ولكن في بعض الحالات تكون بعض المفردات أكثر أهمية من غيرها، مما يستوجب استخدام مؤشر آخر لحساب المعدل مع الأخذ في الاعتبار أهمية

كل مفردة من مفردات العينة، وهذا المؤشر هو الوزن النسبي المرجح أو الموزون، ومن هنا تكون قيمة هذا الوسط أكثر دقة من الوسط الاعتيادي، غير أنه أقل استخدامًا منه.

3.1.2. طرق إيجاد الوزن النسبي المرجح: (البيانات الاعتيادية)

إذا كانت لدينا عينة عشوائية حجمها n ومفرداتها $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ على التوالي وأن $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ هي الأوزان المقابلة لمفردات العينة فإن الوسط الموزون يُحسب وفق الخطوات الآتية:

- إيجاد مجموع الأوزان.
- ضرب كل مفردة من مفردات العينة فيما يقابلها من الأوزان وإيجاد مجموع نواتج الضرب.
- حساب الوسط الموزون.

إذا كان لدينا توزيع تكراري عدد فئاته K تكراراته هي f_1, f_2, \dots, f_k وأن M_1, M_2, \dots, M_K تمثل مراكز فئات التوزيع وأن W_1, W_2, \dots, W_K تمثل الأوزان المقابلة لفئات التوزيع عندئذ يمكن إيجاد الوسط الموزون وفق الخطوات الآتية:

- إيجاد مراكز الفئات.
- ضرب كل تكرار بالوزن المقابل له وإيجاد مجموع نواتج الضرب.
- ضرب كل من مركز الفئة بالتكرار المقابل لها وبالوزن المقابل لها وإيجاد مجموع نواتج الضرب.
- حساب الوسط الموزون.

3.2. تصميم الاستبيان الابتدائي:

بعد تحديد مجموعة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة للتحويل نحو مدن ذكية ومستدامة، تم القيام بعمل دراسة استطلاعية متكاملة تشمل جميع مراحل البحث الميداني، ومن ثم عرض لطرق تحليل البيانات، صُمم استبيان ابتدائي للوصول إلى الأهمية النسبية لمشاركة كل تطبيق في تحديات تحقيق التنمية الحضرية.

3.2.1. الهدف من الاستبيان

- الوصول إلى تحديد الوزن النسبي المرجح لمجموعة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية.
- اختبار مدى ملاءمة استمارة الاستبيان للهدف المخصص لها، وتسجيل الملاحظات المتعلقة بتصميمها، مع ملاحظة درجة وضوح الأسئلة.
- تجربة الاستبيان على عينات البحث لدراسة المشكلات التي يمكن أن تواجه التطبيق.

3.2.2. تطبيق الاستبيان على عينات البحث

قد صُمم على ضوء الفروض الأولية استبيان مبدئي يطرح مجموعة من التساؤلات حول النموذج الإرشادي، وقد طُبِّق هذا الاستبيان على شريحة متنوعة من العينات الاستطلاعية للبحث (المخططين، المصممين، الاستشاريين).

3.2.3. تحديد عينات البحث

تم اختيار عينات البحث بغرض تطبيق الاستبيان عليهم كما هو موضح بالشكل (2).

جدول (2) ترميز تغيير كل خطوة في الآلية المقدمة لمساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة

الترميز	تقنيات (4IR)	التخطيط والبناء الذي	التقنيات المستدامة والخدمات اللوجستية	الطاقة النظيفة والمرافق	الصحة والموارد الحضرية	أنظمة حضرية مرنة
X1	طباعة ثلاثية الأبعاد					
X2	المواد المتقدمة (بما في ذلك المواد النانوية)					
X3	الدكاء الاصطناعي					
X4	الروبوتات					
X5	الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة					
X6	التقنيات الحيوية					
X7	التقاط الطاقة					
X8	التخزين والنقل					
X9	Blockchain (دوفتر)					
X10	الاستاذ (الموزع)					
X11	الهندسة الجيولوجية					
X12	إنترنت الأشياء					
X13	تقنيات الحوسبة الجديدة					
X14	منصات استشعار متقدمة					
X15	الواقع الافتراضي والمُعزّز والمختلط					

3.3.2. الخطوة الثانية

الوزن النسبي المرجح لتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة من خلال نتائج المشاركين:

- من خلال تحليل نتائج الاستبيان للمشاركين كما هو موضح بالجدول الآتي:
- معادلة التوزيع التكراري المرجح = العدد x الأهمية النسبية.
- الوزن النسبي المرجح = التوزيع التكراري المرجح / إجمالي التكرار المرجح.

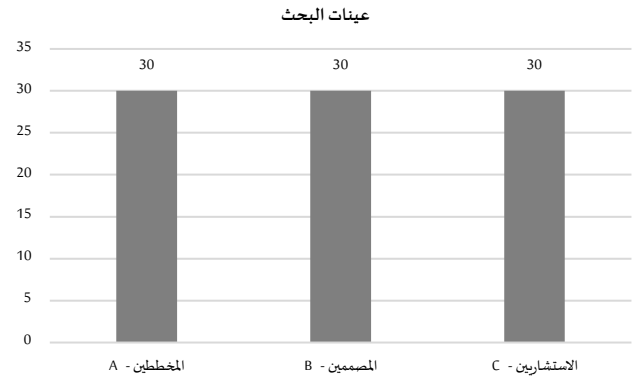
تم التعويض بالمعادلات السابقة من خلال الحصول على نتائج تحليل الاستبيان للحصول على التوزيع التكراري المرجح الخاصة بتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية وإعادة ترتيبها من حيث الأهمية في المشاركة في التحديات وكانت النتائج كما هي موضحة بالجدول (3) كالآتي:

جدول (3) الوزن النسبي المرجح لتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) وإعادة ترتيبها طبقاً لأهميتها من وجهة نظر المشاركين

الترتيب وفقاً للوزن النسبي	التخطيط والبناء الذي	التقنيات المستدامة والخدمات اللوجستية	الطاقة النظيفة والمرافق	الصحة والموارد الحضرية	أنظمة حضرية مرنة	الوزن النسبي المرجح
0.2	0.3	0.5	0.6	0.5	0.4	2%
0.3	4.5	4.5	0.9	0.3	0.5	2.5%
4.5	5	4.5	2	2.5	2.5	16%
2	2	5	0.5	3	0.5	11%
2	4.5	1.5	1.5	0.5	0.5	9%
1	0.8	0.6	0.6	0.2	0.4	3%
1	1.3	0.3	0.3	0.4	0.5	3.5%
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3	5%
1.5	1.5	1.5	0.6	0.4	0.5	4.5%
0	0.3	0	0	0.2	1	1.5%
4	3.5	3.5	1.5	2.5	2.5	14%
2.5	2.5	2.5	2	2	0.5	9.5%
3	1.5	1.5	1.5	0.7	1.3	8%
3.3	2	2	2	1.4	1.8	10.5%
						100%

ومن خلال تطبيق الدراسة التحليلية السابقة حُدِثت الأهمية النسبية لكل تطبيق من تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) وإعادة ترتيبها تبعاً للأهمية النسبية الناتجة من استبيان المشاركين، وعليه لوحظ الاختلاف في نتائج التطبيقات كما هو موضح بالشكل (4) الآتي:

شكل (2) يوضح عينات البحث النهائية



وقد طُبِّقَت الاستبيانات على عدد (60) استبياناً وذلك حتى يمكن الحصول على نتائج أفضل في تحليل البيانات، كما تمت زيادة العدد المطلوب إلى (80) استبياناً لتعويض أي استبيانات لم تستكمل أو بها بعض الأخطاء.

ومن خلال نتائج الدراسة الاستطلاعية رُوعي ما يأتي في مواصفات عينة البحث:

- أن يوجد تنوع في التعليم ما بين تعليم محلي أو بعثات علمية أوروبية مما يضمن اختلاف وجهات النظر واتجاهات التفكير.
- أن يوجد تنوع في الجنس حيث تشمل العينة على الجنسين معاً.
- أن يوجد تنوع في الخبرات ونوع الوظيفة في القطاعات الخاصة والحكومية المختصة بتخطيط وتصميم الموقع.

ومن خلال التحليل العام للعينة الإحصائية تم الوصول إلى نتائج المعدلات كما هي موضحة بالجدول (1):

الترقيم	تصنيف بيانات المبحوث	نتائج معدلات التحليل العام لعينة البحث
1	نسبة الذكور	60 % من إجمالي العينة
2	نسبة الإناث	40 % من إجمالي العينة
3	الأعمار المتوسطة من 30:50 سنة	57 % من إجمالي العينة
4	المستوى التعليمي	100 % حاملي مؤهلات عليا
5	عدد سنوات الخبرة من 7:20 سنة	55 % من إجمالي العينة

3.2.4. تطبيق وتصميم الاستبيان على العينات النهائية للبحث

صُمِّم الاستبيان من خلال طرح وصياغة مجموعة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية بعد إجراء كل التعديلات اللازمة على الاستبيان المبدئي؛ حتى يلائم الأغراض المطلوبة من البحث وحتى يمكن تجنب المشكلات التي واجهت التطبيق التجريبي في الدراسة الاستطلاعية، ومن ثم تصميم الاستبيان النهائي الخاص بالعينات النهائية للبحث بحيث يتناول الأجزاء الآتية:

- الجزء الأول: هو الجزء الخاص بالمبحوث وهو بيانات عامة عن مالى الاستبيان من المشاركين.
- الجزء الثاني: تحديد الأهمية النسبية للتطبيقات من وجهة نظر المشاركين.

3.3. خطوات التحليل:

لقد عُرِضَت جميع الخطوات والنتائج الخاصة بالتحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS التي أجراها الباحث لتحقيق الهدف الرئيسي للبحث، وهي كالآتي:

3.3.1. الخطوة الأولى

تعرض هذه الخطوة نتائج التحليل الإحصائي لاستبيان عينة المشاركين. أُعْطِيَ ترميز لكل خطوة في الآلية المقدمة لإطار العمل كما هو موضح بالجدول (2) الآتي:

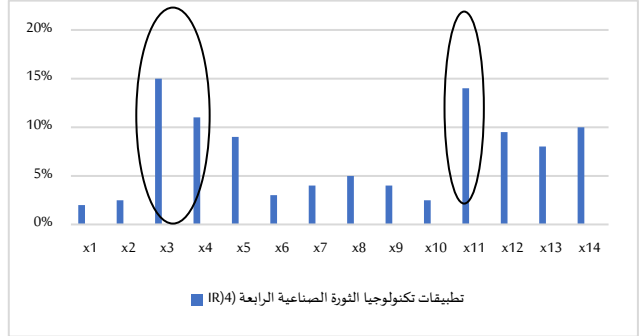
التقنيات الحيوية	محاكاة الطبيعة واستخدام مواد حيوية	الأشجار الاصطناعية التي تنقي الهواء	مصادر طاقة أكثر نظافة	استخدام البلاستيك الحيوي لتحسين إدارة المخلفات	المحاكاة الحيوية للبيئات المربنة
التقاط الطاقة	تخزين الطاقة المركزي	مصادر الطاقة المتقدمة	تخزين الطاقة من الجيل التالي	تخزين الطاقة من الجيل التالي	الطاقة التكيفية
التخزين والنقل	كفاءة البناء	شحن السيارات الكهربائية	الشبكات الذكية	كفاءة الموارد	طاقة الطوارئ المنقولة
(دفع الأستاذ المؤن)	عقود البناء الذكية	تتبع سلسلة التوريد	نظم الطاقة	الاقتصاد التشاركي	مدفوعات الإعانة
الهندسة الجيولوجية	التحسينات	الحد من تلوث الهواء	تخفيف من آثار تغير المناخ	تغيير نمط الطقس ضد الكوارث	
إنترنت الأشياء	مستشعرات داخل المباني وخارجها	إدارة تدفق حركة المرور وإدارة الأسطول الذكية	الشبكات القائمة على أجهزة الاستشعار	مستشعرات لرصد الأخطار الطبيعية	
تقنيات الجوسية الجديدة	نمذجة معلومات البناء فائقة الدقة (BIM)	لحامات الجوسية الكمية	تتبع ومراقبة التلوث بدقة عالية	مستشعرات لرصد الأخطار الطبيعية	
منصات استشعار متقدمة	مستشعرات كيميائية	تتبع الوقت الفعلي لتدفق الشحن	تتبع ومراقبة موارد المياه	مستشعرات لرصد الأخطار الطبيعية	
الواقع الافتراضي والمختلطة	الواقع الافتراضي للتخطيط الحضري	تجارب رحلة AR	تجارب VR / AR / MR لتغيير السلوك	مستشعرات لرصد الأخطار الطبيعية	

4.2 مناقشة نتائج البحث:

حُلِّل في هذه الورقة 14 تطبيقاً من تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) ورصد مساهمتها في بناء المدن الذكية في جميع أنحاء العالم والتعرف على أهم التحديات المتوقعة أمامها، حيث أصبحت هذه المدن الرائدة سابقاً للتوجهات المتنامية والمستقبلية، ويُمكن لتطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) والتقنيات الرقمية الأخرى المساهمة في التنمية الحضرية المستدامة، نظراً لقدرتها على زيادة الإنتاجية عبر جميع القطاعات، مما سيخلق أسواقاً جديدة، ويوفر فرصاً هائلة للازدهار، ومع ذلك فهناك حاجة إلى مزيد من البحث من النهج الاجتماعي التقني المتكامل لتحليل مختلف التحديات الاجتماعية الناشئة جنباً إلى جنب مع تعزيز مثل هذه التقنيات والممارسات في سياقات المدينة وذلك من خلال:

- وضع استراتيجيات تنمية المدن لـ IR4: محاولة الوصول إلى استراتيجيات واضحة ومصمم خاصة لسياقات المدن، ومتكاملة مع استراتيجيات منطقة المدينة، التي تشارك وتحظى بدعم القطاع الخاص والإقليمي.
- إنشاء وحدات ابتكار حكومية حضرية وطنية: لرعاية ومتابعة الابتكار وتطبيقات IR4 الخاصة بالسياق، حيث تحتاج المدن إلى إظهار القيادة والاستعداد للعمل وفقاً لأجندة التغيير، وتحقيق التوازن بين الطموحات ذات الرؤية المستقبلية بشأن المخاطر والتكاليف.
- السياسة والبيئة التنظيمية: لتمكين توسيع نطاق تقنيات IR4 وضمان تطويرها وتطبيقها بطريقة تراعي المناخ والبيئة وحوافز الأعمال واحتياجات المواطنين، تحتاج الحكومات إلى وضع سياسات ولوائح ومعايير شفافة وقابلة للتكيف وقابلة للتنفيذ.
- آليات تمويل مبتكرة: لمواءمة الحوافز وكذلك مخاطر تسليم القطاع الخاص لمشروع IR4 على مستوى المدينة ودعم تسويق المرحلة المبكرة. تحتاج الحكومات الحضرية والوطنية إلى توفير حلول الشراكة المبتكرة بين القطاعين العام والخاص من أجل الصالح العام وتطوير التكنولوجيا.
- منصات المعلومات والمشاركة: لضمان جمع البيانات ومشاركتها واتاحتها للجمهور، تحتاج المدن إلى القيادة في إنشاء منصات للتعاون.
- المبادرات وإعادة التدريب: لبناء الوعي الرقمي (والاستخدام) بين المواطنين، وكذلك لمواجهة الآثار السلبية للأتمتة على الوظائف، يجب على الحكومات الحضرية والوطنية تعزيز مهارات IR4 الجديدة وإعادة التدريب بعدسة الاستدامة.
- القيادة في الأعمال المسؤولة: لضمان أن الثورة الصناعية الرابعة هي ثورة مستدامة يجب على القطاع الخاص بالتحالف مع الحكومات أن يأخذ زمام المبادرة في تحسين عملياته من خلال تضمين مبادئ الاستدامة في تصميم التكنولوجيا وقرارات الاستثمار.
- رواد الابتكار الحضري: لحل المشكلات التي تهم المدن الناشئة، يجب على الشركات الناشئة وشركات التكنولوجيا الكبرى الاستثمار في الابتكار المستمر، فضلاً عن ابتكار نماذج تجريبية مدعومة لتطوير

الشكل (3) الوزن النسبي المرجح لتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) من وجهة المشاركين (المخططين - المصممين - الاستشاريين)



توضح نتائج الدراسة السابقة حصول الذكاء الاصطناعي (15%) والروبوتات (11%) وإنترنت الأشياء (14%) على أعلى نسبة في مشاركة التطبيقات لتحقيق التنمية الحضرية للمدن الذكية، مما يدعو إلى التركيز في الدراسات المستقبلية على إمكانيات كلٍّ من التطبيقات الثلاثة وكيفية تطويرها للوصول إلى النتائج المرجوة.

توضح الدراسة السابقة أنه يجب إعادة ترتيب التطبيقات لأهميتها كما هو موضح بالجدول (4)، من خلال تطوير التكامل بين كل من الـ (4IR) والتحديات الرئيسية لتحقيق التنمية الحضرية، وذلك للوصول إلى إسهامات تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في تطوير المدن الذكية.

تقنيات (4IR)	مساهمة (4IR) لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة
طباعة ثلاثية الأبعاد	إنشاء مبان جديدة متعددة الوظائف في الوقت المناسب وبطريقة أكثر كفاءة
المواد المتقدمة	إمكانية إنشاء أشكال بناء جديدة ومساحات عامة بتصميم بيئي والحد من إنتاج النفايات.
الذكاء الاصطناعي	مراقبة المساحات وتكييفها بناءً على طلبات المواطنين والمستهلكين المحليين وتحسين توليد الطاقة والطالب عليها
الروبوتات	تقييم الصحة وإصلاح العيوب في الأنابيب والشبكات وجميع النفايات وفرزها
الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة	استخدام المركبات ذاتية القيادة لخدمات النقل والخدمات اللوجستية المشتركة
التقنيات الحيوية	يمكن من خلال استخدام البلاستيك الحيوي تحسين إدارة مخلفات الميكروبية
التخزين والنقل	يمكن استخدام الوقود الحيوي الاصطناعي لتخفيف قيود الأراضي
دفع الأستاذ المؤن (Blockchain)	يمكن من خلال التقنية تخزين الطاقة واستخدامها كمصادر للطاقة المتجددة.
الهندسة الجيولوجية	يمكن إعادة استخدامها للسيارات الكهربائية ومنح المطارات تساعد في عمليات التخطيط والتطوير العقارية، وتقديم الخدمات خلال أوقات الذروة
إنترنت الأشياء	يمكن استخدام التقنية لإنشاء واجهات المباني الجيدة والمرار الحضرية
تقنيات الجوسية الجديدة	يمكن أن تساعد في تنظيف الهواء وخلق المزيد من المساحات الخضراء
منصات استشعار متقدمة	مراقبة حركة المرور وإزالة الازدحام بالمركبات على الطرق
الواقع الافتراضي	تحسين تخطيط المسار وتقليل وقت السفر وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة
	تتبع ومراقبة التلوث بدقة عالية والتحكم في جودة الطاقة وإدارة الفعالة
	التنبؤ وتوقع توليد النفايات وتحسين التخلص منها وإعادة التدوير.
	يوفر الواقع الافتراضي فرصاً للمدن لمحاكاة الكوارث.

4. المناقشة والنتائج والتوصيات

4.1 نتائج البحث (إطار العمل المقترح):

من خلال الدراسة النظرية والتطبيقية يمكن الوصول إلى إطار العمل المقترح لمساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة كما هو موضح بالجدول (5)، الذي يقترح مصفوفة تحدد المساهمات المختلفة لتطبيقات 4IR (موزعة في الصفوف) والتحديات المتوقعة (موزعة في الأعمدة) حيث تم اقتراح المساهمات الممكنة في الخلايا التي تتقاطع فيها التطبيقات مع التحديات.

جدول (5) إطار العمل المقترح لمساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة ومواجهة تحدياتها

تقنيات (4IR)	التخطيط والبناء	النقل المستدام	الطاقة النظيفة	الصحة والبيئة	أنظمة حضرية مرنة
طباعة ثلاثية الأبعاد	المباني المطبوعة ثلاثية الأبعاد	سيارات مطبوعة ثلاثية الأبعاد	بلاط سقف شمسي مطبوع ثلاثي الأبعاد	تغليف ذكي للطعام ومستشعرات لمراقبة التلوث	هياكل مطبوعة ثلاثية الأبعاد مقاومة للكوارث
المواد المتقدمة	خرسانة منخفضة الكربون	استخدام الطائرات المتقدمة	تطبيقات الجرافين لتوليد الطاقة	استخدام الرقائق ومواد بناء غير ملوثة	الغرسنة الذكية لتعزيز الهياكل المعرضة للخطر
الذكاء الاصطناعي	الكشف الآلي عن تغير الاستخدام	طرق عبور محسنة والتنبؤ الذي يطلبه	التنبؤ الذي يطلبه بالطاقة	الحد من هدر المنتج وإعادة توجيه حركة المرور	التنبؤ بمخاطر الكوارث
الروبوتات	المساعدة في تجميع المباني الجاهزة	إصلاح الأجزاء المعبية والصيانة	تقييم الصحة وإصلاح العيوب في شبكات الكفاءة	جمع النفايات وفرزها	دعم الاستجابة للكوارث
الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة	المساعدة في تجميع المباني الجاهزة	مركبات مستقلة	مراقبة وصيانة شبكات وأصول البنية التحتية	مراقبة البيئة الحضرية بما في ذلك جودة الهواء	شحنات الطائرات بدون طيار للاستجابة للكوارث

Boenig-Liptsin, M. (2017). AI and robotics for the city: Imagining and transforming social infrastructure. *The Journal of Field Actions Science Reports*, 17(n/a), 16–21.

Castelnovo, W., Misuraca, G., and Savoldelli, A. (2015). Citizen's engagement and value co-production in smart and sustainable cities. In: *International Conference on Public Policy*, Milan, Italy, 01/07/2015.

Jules, T.D. (Ed.). (2017). *Public Policy and Governance, The Global Educational Policy Environment in the Fourth Industrial Revolution: Gated, Regulated and Governed*. United Kingdom: Emerald Group Publishing Limited. DOI: 10.1108/S2053-76972016000026011

Hollands, R.G. (2008). Will the real smart city please stand up? City: Analysis of Urban Trend. *Culture, Theory, Policy, Action*, 12(3), 303–20. DOI: 10.1080/13604810802479126

Ingwersen, P. and Serrano-López, A.E. (2018). Smart city research 1990–2016. *International Journal of Scientometric Research*, 117(2), 12–16

Kitchin, R. (2016). *Reframing, Reimagining, and Remaking Smart Cities. Programmable City Working (P 20)*. Available at: <https://osf.io/preprints/socarxiv/cyjhg> (accessed on 1/08/2021)

Klein, C., and Kafer, G. (2008). From smart homes to smart cities: Opportunities and challenges from an industrial perspective. In: *International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking* St. Petersburg, Russia, 03-05/09/2008.

Kougias, I., Szabó, S., Nikitas, A. and Theodossiou, N. (2019). Sustainable energy modelling of non-interconnected Mediterranean islands. *Renewable Energy*, 133(n/a), 930–40.

Lambert, L. (2017). The four challenges of the fourth industrial revolution. *Journal of Economics and Development Studies*, 6(1), 190–1.

Macrorie, R., Marvin, S. and While, A. (2019). Robotics and automation in the city: A research agenda. *The Journal of Urban Geography*, 42(2), 12–4. DOI: 10.1080/02723638.2019.1698868.

Nam, T. and Pardo, T.A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In: *The 12th Annual International Conference on Digital Government Research*, (pp. 282-291), USA, 12/06/2011.

Nordrum, A. (2017). Govern by blockchain, Dubai wants one platform to rule them all, while Illinois will try anything. *IEEE Spectrum Magazine*, 54(10), 54–5.

Marsal-Llacuna, M.L., and Segal, M.E. (2016). The intelligenter method (II) for “smarter” urban policy-making and regulation drafting. *Cities*, 55(n/a), 127–38.

Peters, M.A. (2017). Technological unemployment: Educating for the fourth industrial revolution. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 5(1), 25–33. DOI: 10.22381/JSMES120172

PWC. (2017). *The Future is Coming: Index of Cities Readiness*. Available at: <https://www.pwc.ru/ru/assets/the-future-is-coming-english.pdf> (accessed on 15/07/2021).

PWC and World Economic Forum (2016), *Inspiring Future Cities and Urban Services*. Available at: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/government-public-services/public-sector-research-centre/publications/assets/pwc-wef-urban-services.pdf>

Pîrvu, B.C. and Zamfirescu, C.B. (2017). Smart factory in the context of 4th industrial revolution: Challenges and opportunities for Romania. In: *International Conference "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering"*, 05/08/2017. DOI:10.1088/1757-899X/227/1/012094

Prisecaru, P. (2016). Challenges of the fourth industrial revolution. *Christian University Bucharest*, 8(1), 57–62. Available at: <https://search-proquest-com.ezproxy.libraries.udmercy.edu:2443/docview/1793552558?acountid=28018> (accessed on 9/08/2021)

Rosique, F.J., Navarro, P., Fernández, C. and Padilla, A. (2019). A systematic review of perception system and simulators for autonomous vehicles research. *Sensors*, 19(648), 15.

Serrano, W. (2018). Digital systems in smart city and infrastructure: Digital as a service. *Smart Cities. International and Scientific Journal (Smart Cities)*, 1(1), 134–54. DOI: 10.3390/smartcities1010008

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. UK: Penguin Group. Available at: <https://www.penguin.co.uk/books/304/304971/the-fourth-industrial-revolution/9780241300756.html> (accessed on 12/08/2021).

UN-Habitat. (2016). *The new urban agenda*. In: *International Conference on Housing and Urban Development (Habitat III)*. Quito, Ecuador, 23/12/2016. Available at <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda> (accessed on 4/07/2021).

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2014). *World Urbanization Prospects*. Available at:

حلول مستدامة "ذكية".

• **الإبداع والتعاون:** للوصول إلى اتفاق وصياغة الحوكمة اللازمة لوضع المعايير ومشاركة البيانات ومجالات أخرى من مشاركة (4IR) على الصعيد المحلي، يحتاج القطاع الخاص إلى التعاون على نطاق واسع مع الهيئات الحكومية المحلية والمرافق والمواطنين.

4.3. توصيات البحث:

هناك فرص كبيرة لتطبيقات الثورة الصناعية (4IR) للقيام بالمزيد من أجل النمو الحضري والازدهار، والإجراءات الموصى بها في هذا البحث هي مجرد خطوة أولى نحو تحقيق هذه الإمكانيات ومواجهة التحديات، وسيكون التعاون المستمر بين الحكومات والأوساط الأكاديمية والصناعة ضروريًا لتنفيذ هذه التوصيات الآن، ومواصلة تقديم الإمكانيات المذهلة لتطبيقات الثورة الصناعية (4IR) في المستقبل.

يجب على الحكومة، بالاعتماد على خبرة الخدمات الرقمية الحكومية وشراكة علوم البيانات والخبراء الذين يعملون مع البيانات في الإدارات الأخرى، تطوير برنامج عمل لإعداد القطاع العام ونشر أفضل الممارسات لتطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) لتحسين العمليات وخدمات للمواطنين، ويمكن أن يشمل هذا البرنامج:

- إرشادات حول جعل البيانات جاهزة للاستخدام، بما في ذلك إدارة الخصوصية والأمان، ومنع التحييزات في بيانات التدريب.
- قواعد الممارسة الفنية لاستخدام تطبيقات (4IR).
- مبادئ توجيهية لضمان المعاملة العادلة والشفافية والإبلاغ عن الوظائف التي تحركها تطبيقات (4IR) خاصة عند استخدامها لدعم اتخاذ القرار.
- أطر اختبار التنوع في تطبيقات (4IR) ومجموعات البيانات.
- المشاريع التوضيحية، بما في ذلك توضيح كيف يمكن لتطبيقات (4IR) المساعدة في حماية مصالح الأفراد.
- معلومات لكبار صانعي القرار حول المكان الذي يمكن أن تضيف فيه تطبيقات (4IR) قيمة تنموية، وعن تقييم التكاليف والفوائد والمخاطر.
- المراقبة والاستعداد للتغيرات في ممارسات العمل، ورصد احتياجات تطوير المهارات، ودعم تنميتها.
- دعم المشاريع الإرشادية لتحديد وتقنين أفضل الممارسات.
- إحداث التوعية والإرشادات التي تساعد على ضمان أن تصبح الحكومة عملياً ذكياً لتطبيقات (4IR).

نبذة عن المؤلف

مهاد سيد عمارة

قسم الهندسة المعمارية، الأكاديمية الحديثة للهندسة وتكنولوجيا البناء، القاهرة، مصر.
00201099876428.engmehademara@gmail.com

د. عمارة مدرس مصري بقسم الهندسة المعمارية بالأكاديمية الحديثة بمصر، تخصص التصميم العمراني منذ عام 2018 حتى 2021، حصل على الدكتوراه في مجال التصميم العمراني تحت عنوان المجاورة السكنية من منظور الاستدامة الاجتماعية (نحو منهج لتقييم البعد الاجتماعي). نشر العديد من الأبحاث العلمية في مجالات محلية وعالمية في العديد من تخصصات مجال الهندسة المعمارية، وشارك بحضور مؤتمرات محلية وعالمية، وحضر أكثر من 10 دورات تدريبية وورش تعليمية في مجال التصميم العمراني، ولديه اهتمامات في الأبحاث الخاصة بدراسة مجالات التصميم الحضري وتأثيره على سلوك المستخدم، وتأثير التطور التكنولوجي على البيئة الحضرية.

المراجع

Adio-Moses, D. and Asaolu, O.S. (2016). Artificial Intelligence for Sustainable Development of Intelligent Buildings. In *Proceedings of the 9th CIDB Postgraduate Conference*, At University of Cape Town, South Africa, 01/2/2016.

<https://population.un.org/wup/publications/files/wup2014-report.pdf> (accessed on 4/07/2021)

Vollath, D. (2008). Nanomaterials: An introduction to synthesis, properties and application. *Environmental Engineering and Management Journal*, 7(6), 865–70.

Zhang, S. (2017). *The Application of the Internet of Things to Enhance Urban Sustainability*. Master's Dissertation, University of Michigan, Agora, USA.

Planning of Urban Quarters, Districts and Neighbourhoods in Islam's Holiest City: A Comparative Analytical Study

Abdo Absi, Adel M. Binyaseen and Abdulghani Monawar

Department of Islamic Architecture, College of Engineering and Islamic Architecture, Umm Al-Qura University, Makkah, Saudi Arabia

تخطيط المناطق والأحياء والمجاورات السكنية في أقدس مدينة في الإسلام: دراسة تحليلية مقارنة

عبد الله العبيسي، عادل بن ياسين و عبد الغني منور
قسم العمارة الإسلامية، كلية الهندسة والعمارة الإسلامية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية



LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/eng/210053	26/08/2021	07/01/2022	07/01/2022	01/06/2022
NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم العدد	ISSUE رقم العدد
8052	9	2022	23	1

ABSTRACT

Global experiences of planning urban areas are characterised by adopting hierarchical structures from large to small structures, i.e. residential quarter (large residential area), residential district and then residential neighbourhood. Each structure is characterised according to the area, the number of people and the services required for targeting a sustainable urban environment. This concept is a milestone in urban planning in Saudi Arabia. The research attempted to discuss the general trend of planning housing projects in Saudi Arabia and the extent of applying the hierarchical concept. Three models were chosen randomly in Makkah, showing such planning hierarchy. These are Al Shawqiyyah, Al Sharaie and Al Rabwah. These projects were planned four decades ago and became a reality. Through comparative analytical methods, findings revealed ambiguity of the hierarchical planning concept in these projects. Further, the traditional neighbourhood concept was prevalent in most neighbourhoods characterised by low-density development in planning but medium and high densities in reality. The problem is getting worse as cities grow horizontally and vertically. Consistent scientific analysis based on practice and continuous meta-analysis was used. The paper calls for the need to change the current premises of housing plans and reorganise the accumulated problems according to global experiences and local standards.

المخلص

تلخصت التجارب العالمية لتخطيط المناطق السكنية الحضرية باتباع تركيب هرمي لتخطيطها من الأكبر إلى الأصغر: منطقة سكنية كبرى - حي سكني - مجاورة سكنية، وربطت كل مستوى بالمساحة وعدد السكان والخدمات اللازمة لهم معيارياً، بهدف توفير بيئة سكنية حضرية مناسبة ومستدامة، وهي أسس أكدت عليها جميع معايير المملكة المتعلقة بتخطيط المدن والإسكان. وقد ركز البحث على مناقشة الاتجاه العام لتخطيط المشاريع السكنية بالمملكة ومدى تطبيقها لتلك الأسس من خلال تحليل ثلاثة نماذج تم اختيارها عشوائياً في مدينة مكة المكرمة، تمثل تلك التخطيطية الهرمية، وهي: المنطقة الكبرى (الشوقية) - الحي السكني (الشرائع) - المجاورة السكنية (مخطط الروابي)، وقد تم تخطيط هذه المشاريع قبل أربعة عقود وأصبحت واقعاً معاشاً. ومن خلال المقارنة تبين ضبابية تطبيق تلك التخطيطية الهرمية، واتباعها مفهوم المجاورة السكنية التقليدي تقريباً بكثافته المنخفضة جداً لتخطيطها، والكثافة المتوسطة والعالية تنفيذاً، في أكثر المخططات. وهي مشكلة تزداد سوءاً مع زيادة سكان المدن واستمرار التوسع الحضري والعمراني الأفقي والرأسي. ويهدف البحث إلى إبراز المشكلة والبحث عن الحلول الممكنة لها خاصة في تخطيط المشاريع الإسكانية الجديدة. وتم ذلك باتباع المنهج العلمي التطبيقي القائم على الممارسة والتحليل المستمر، لينتهي البحث بأهم التوصيات، وهي ضرورة تغيير المنطلقات الفكرية المتبعة حالياً في تخطيط الإسكان، وإعادة تنظيم مشاكله المتراكمة وفقاً لخلاصة التجارب العالمية المعاصرة والمعايير المحلية المرشدة لها.

KEYWORDS

الكلمات المفتاحية

Hierarchical structure, housing, urban planning, services, planning standards, land use

التركيب الهرمي، الإسكان، التخطيط الحضري، الخدمات، المعايير التخطيطية، استعمالات الأراضي

CITATION

الإحالة

Absi, A., Binyaseen, A. and Monawar, A. (2022). Takhtit almanatiq wal'ahya' walmujawarat alsakanat fi 'aqdas madinat fi al'islam: Dirasat tahlilihi muqaranatan 'Planning of urban quarters, districts and neighbourhoods in Islam's holiest city: A comparative analytical study'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 17–25. DOI: 10.37575/b/eng/210053 [in Arabic]

العبيسي، عبد الله وبن ياسين، عادل ومنور، عبد الغني. (2022). تخطيط المناطق والأحياء والمجاورات السكنية في أقدس مدينة في الإسلام: دراسة تحليلية مقارنة. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل*.

العلوم الأساسية والتطبيقية، 23(1)، 17-25.

1. مقدمة

شك أن تغير نظم الإسكان يحتم علينا تغيير مساحات ونسب أراضي الاستخدامات المختلفة لمحتوى تلك المشاريع (سكني- طرق - خدمات)، لارتباطها بها. لذا كان لكل نوع من نظم الإسكان تقسيمات ونسب مختلفة. وتثبيت بعضها أحياناً متغير مرتبط بنوعية نظم الإسكان، ودراسات خاصة متعلقة به.

ويتناول هذا البحث ثلاثة نماذج مختلفة في تركيبها الهيكلي لمشاريع سكنية تم تخطيطها واعتمادها، ومن ثم تنفيذها خلال العقود الأربعة الماضية لتصبح واقعاً معاشاً، فضلاً عن كونها اتخذت كنموذج لمشاريع إسكانية كثيرة في معظم المدن الرئيسية، وتلك المشاريع بإيجابياتها وسلبياتها يمكن اعتبارها مرجعية ومدرسة للتعليم، ومصدر إلهام لإعادة توجيه المشاريع الإسكانية الجديدة بأطراف المدن، أو تنظيم المخططات المعتمدة التي لم تنفذ بعد وتشكل في بعض المدن أكثر من 80% من المساحة العمرية (المرصد الحضري، 2010: 37). وقد بينَّ البحث أنه على الرغم من اختلاف تركيبها الهيكلي (مناطق كبرى- أحياء- مجاورة) فإن نسب تقسيم استعمالات أراضيها شبه متساوية، وهي مشكلة تخطيطية جوهرية يغلب عليها نجاح

رافق سرعة النمو الحضري والعمراني المعاصر تغيرات جوهرية كثيرة، أبرزها تلك الطفرة الهائلة في تغير أحجام المدن وتركيبها، مما ترتب عليه اختلال كبير بين المفاهيم الثقافية التقليدية، وبين ممارسات يومية فردية وجماعية سريعة التغيير أملت متطلبات التطور الحضري في المدن، المختلفة كلياً عن المفاهيم التقليدية.

ويفترض أن ينعكس ذلك التغيير بنفس السرعة على تخطيط المدن ومناطقها السكنية، وواقع تنفيذها، لكن يبدو في كثير من التطبيقات التخطيطية لنظم الإسكان أن مفاهيم التركيب الهيكلي لتخطيط المناطق السكنية ومعاييرها المقررة رسمياً لا زالت غير دقيقة في تطبيقاتها العملية، فضلاً عن كونها شبه مكررة منذ أربعة عقود، على الرغم من التغيرات الحضرية والثقافية والمفاهيمية الكبيرة في كل مجالات الحياة ومنها السكن.

وعموماً فإن تخطيط المناطق السكنية في المدن مرتبط بنظمه السكنية والمعايير المنظمة له، والمحددة بعدد السكان والكثافات ونصيب الفرد، ولا

أنظمة الإسكان والكثافات، ومقارنتها بالمعايير التخطيطية للأحياء والمجاورات السكنية بمدن المملكة، والتي اتبعت أفضل النظم المعيارية العالمية، سوف يستعرض البحث الجانب التطبيقي الفعلي للتركيب الهرمي لتخطيط الإسكان الحضري في بعض المدن الرئيسية، من خلال تحليل ثلاثة نماذج تخطيطية في مدينة مكة تم الحصول على معلومات عن مخططاتها الأساسية الرسمية، وهي معلومات ذات قيمة، تتمثل في صور عن مخططاتها الأصلية، وجدول مرفقة تبين المساحة ونسب استخدام أراضيها بين وظائفها المختلفة، وإرشادات تنفيذها على الواقع، وتاريخ اعتمادها، ودراساتها وتحليلها إلى جانب ما تم رصده ميدانياً من ملاحظات نظرية لواقع تنفيذها والخدمات المتعلقة بها، تبين أنها تمثل المستويات الثلاثة للتركيب الهرمي لتخطيط الإسكان (المنطقة السكنية الكبرى – الحي السكني – المجاورة السكنية). كل هذا كان دافعاً لكتابة هذا البحث باعتباره خلاصة تمثل تقريباً بعض مشاريع الإسكان في المدن الرئيسية.

3.1. المنطقة السكنية الكبرى:

إن مفهوم المنطقة السكنية الكبرى في سياق البحث، هي المنطقة التي تتكون من عدة أحياء سكنية وكل حي يحتوي على عدة مجاورات، وتحدها طرق رئيسية، وتحتوي على عدد سكاني كبير نسبياً، ومناسب لإنشاء بعض الخدمات الحضرية الأساسية، مثل مستوصف ونوادي رياضية وثقافية وغيرها من العناصر الكبرى الممكن توفيرها وإنشائها اقتصادياً، وفي هذا البحث تم اختيار مخطط منطقة الشوقية كنموذج (منور والعبيدي، 2020).

3.1.1. مخطط منطقة الشوقية - المحددات التخطيطية عند إعداد مخططة العام:

"مخطط أرض الشوقية" وهي التسمية التي سعى بها المخطط الذي يمثل بحجمه ومساحته وطريقة تقسيمه، وواقعه الراهن منطقة سكنية كبرى متكاملة بالمفهوم المعاصر للتركيب الهرمي لتخطيط المناطق السكنية، حيث يحتوي على عدد من الأحياء السكنية، وقدر عدد سكان المنطقة عند إعداد المخطط ما بين 20 و 30 ألف نسمة، على اعتباره سكاناً مستقلاً منخفض الارتفاع بنظام الفلل، وتم استنتاج ذلك من تحليل نظم الإسكان السائد في تلك الفترة الزمنية، بأعلى التوقعات.

3.1.1.1. الموقع والحدود:

يقع جنوب غرب الحرم ويبعد عنه 5.7 كم، ويحده من الشمال الطريق الدائري الثالث ومن الشرق طريق الليث، وكما يبينه المخطط المرفق بجدول (3).

3.1.1.2. تاريخ اعتماده:

تم اعتماد المخطط في 1975، أي قبل 45 سنة.

3.1.1.3. المساحة الإجمالية للمشروع:

تقدر المساحة الإجمالية للمشروع بـ 392.7 هكتار وهي بحسب معايير التقسيم الهيكلي لتخطيط الإسكان المتبع عالمياً، وأيضاً بحسب نظم ومعايير تخطيط الإسكان بالمملكة من حيث المساحة والتركيب الهرمي لتخطيطها وتقسيم شوارعها، ونظم سكانها ووضعها الراهن يمكن تسميتها منطقة سكنية كبرى، وهو ما يعني نظرياً إخضاعها لنظم تخطيط المناطق السكنية الكبرى، من حيث تقسيم استعمالات الأراضي وتوزيع نسبها بين العناصر المختلفة المكونة للمناطق السكنية المشار إليها ببعض المعايير العالمية والمحلية في بداية البحث، وتحدد وفقاً لنظم السكن الكثافات المخططة في المنطقة.

3.1.1.4. عدد سكان المنطقة عند التخطيط:

المخطط لم يبين عدد السكان، ولغرض التحليل تم استنتاجه بطريقتين:

- من النظام السكاني المتبع بمدن المملكة الذي كان سائداً في تلك الفترة – وما زال – وهو تقسيم المنطقة إلى قطع أراضي كل قطعة منها تحتوي على سكن مستقل منخفض الارتفاع لأسرة واحدة بعدد سكاني محدد. يمكن افتراض

جدول (1): التحكم بنسبة (%) استعمال أرض المنطقة السكنية – معايير تخطيط وتصميم المناطق السكنية

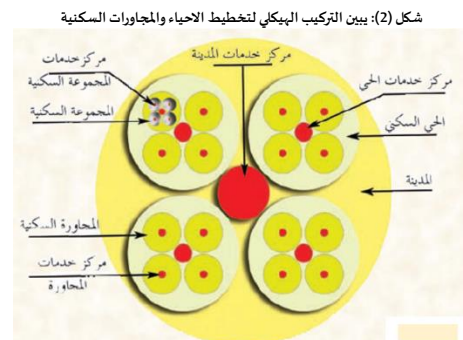
عناصر استعمال الأرض	المناطق السكنية (المنطقة السكنية) (%)	المناطق السكنية (المنطقة السكنية) (%)	المجموع السكاني (%)
1- الاستعمال السكني (R01)	60 - 50	65 - 55	70 - 80
2- المباني العامة (R02)	25 - 15	22 - 12	6 - 12
3- استعمال الطرق (R03)	10 - 18	9 - 17	7 - 15
4- المناطق الخضراء (R04)	7.5 - 18	5 - 15	3 - 6
إجمالي المساحة المستعملة للمنطقة السكنية (R)	100	100	100

المراجع: Chinese Urban Planning Standards (2004)

2.2. التركيب الهيكلي لتخطيط المناطق السكنية بالمملكة والمعايير المنظمة لها:

تبين القراءة السريعة للمعايير التخطيطية المتعلقة بتخطيط المناطق والمجاورات السكنية بمدن المملكة أنها تتشابه مع المعايير العالمية، كما تتشابه مع معايير الإسكان للدول الآسيوية حديثة التطور، مع أخذ البعد الزمني والمتغيرات الحضرية بعين الاعتبار؛ لأن مصدرهما واحد وهو معايير السكن في الدول الغربية، والتي يتضح أنها استخلصت من أفضلها، ومحتواها تقريباً شامل، وإن اتصف بعضها بالعمومية والمرونة الإيجابية الداعمة لتطور العمل التخطيطي، وتحسين البيئة التخطيطية والسكنية العامة بمختلف معاييرها، إلا أنه أحياناً يساء فهم تطبيقها، وهي بحاجة إلى إعادة تقييم تطبيقاتها خلال فترات زمنية معينة، لإصلاح أي ثغرات قانونية قد يستغلها المطورون لتمرير مخططاتهم الاستثمارية، وهي ظاهرة تكررت في كثير من الدول في مرحلة ما من النمو الحضري وتمت معالجتها.

وبين الشكل (2) التركيب الهرمي لتخطيط المناطق والمجاورات السكنية.



المصدر: وزارة الشؤون البلدية. 2005: 3

حي سكني ← مجاورة سكنية ← مجموعة سكنية

بينما يبين الجدول (2) نماذج مختصرة من معايير المناطق والمجاورات السكنية في المملكة (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2005: 12)، وهو ما يؤكد أنها استخلصت من أفضل المعايير العالمية، كما أن المعايير المطورة للخدمات الصادرة عام 2016 أكدت على اتباع منهجية التركيب التخطيطي الهرمي لتخطيط الإسكان نفسها، إلا أن تحليل تطبيقاتها على واقع التخطيط العملي لم يعكس ذلك بدقة (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2016).

جدول (2): التركيب الهرمي لتخطيط المناطق السكنية (مساحة وسكان) بالمعايير التخطيطية في مدن المملكة

العناصر	أحياء سكنية	المجاورة السكنية	المجموعة السكنية
السكان	15000-10000 (أص)	6000-3000 (أص)	1200-900 (أص)
المساحة (هكتار)	75-500 هكتار بمعدل 144 هكتار	25-100 هكتار بمعدل 36 هكتار (صه)	---
أهم الخدمات بالمرکز	شوارع، مدارس متوسطة، ثانوية، مساجد، جوامع، خدمات صحية - حديقة على مستوى الحي.	شوارع، مدرسة ابتدائية، جامع، مسجد، حديقة عامة، تجاري، أخرى	تجاري، مسجد محلي، حضائنة، منطقة مفتوحة
قطر الخدمة	---	500 م تقريباً	---

ملاحظات:

- 1- التركيب الهرمي لتخطيط الإسكان متشابه مع النظم العالمية.
- 2- تصنف المساحة والخدمات بالعمومية – وباجة إلى لائحة تفصيلية تربطها بنظم الإسكان.
- 3- يبينت المعايير بوضوح التركيب الهيكلي للخدمات بحسب وهو ما لم يتبع النماذج التي تم التطرق لها.
- 4- ربطت المعايير الكثافة بالمساحة والخدمات، لكن المخططات المنفذة لم تعكس ذلك.

المراجع: وزارة الشؤون البلدية والقروية. 2005: 3-5.

3. دراسة تحليلية لتخطيط المناطق والأحياء والمجاورات السكنية في مدينة مكة المكرمة

بعد أن تم استعراض مختصر للتركيب الهرمي لتخطيط المناطق السكنية عالمياً مدعماً بالشرح والأرقام، وارتباط تلك المعايير والنظم بعدد السكان

البناء في القطع المخصصة للمرافق والخدمات العامة. الخ.

جدول (3): يبين تقسيم مساحة ونسب استعمالات أراضي مخطط الشوقية الرسمي المعتمد مع مخططها المرفق بجانبيه

م	العنصر	المساحة	النسبة %
1	الشوارع والممرات ومواقف السيارات	1291888	32.9%
2	المساجد	51925	1.32%
3	المدارس	711557	1.81%
4	الحدائق	52085	1.33%
5	الخدمات والمرافق العامة	16680	0.42%
6	قطع الأراضي	2443218	62.22%
	المساحة الكلية للأرض	3926953	100%

ملاحظات: أعلاه هي نسب استخدام الأراضي كما أرفقت بالمخطط، ويلاحظ أن تخطيط المنطقة كاملة يشبه تخطيط مجاورة سكنية، من حيث تقسيم الأرض، وهي مشكلة تخطيطية تحتاج إلى تحليل أكثر لتتوازن مع المفاهيم المعيارية.

المصدر: وزارة الشؤون البلدية والقروية، 1975: سدي، 2019.

3.1.2. الوضع الراهن وتوقعات النمو العمراني والسكاني للمنطقة:

عند تقييم الوضع العمراني الراهن للمنطقة، يتضح أن عمران المنطقة قد تحول كلياً عما خطط له، وأن التغيير الأساسي الذي جرى عليه هو تحول نظم السكن من سكن مستقل (كل قطعة أرض لأسرة واحدة)، إلى عمارات سكنية متعددة الطوابق يصل بعضها إلى ستة طوابق في كل طابق شقتان في المتوسط، ورغم اعتماده نظاماً بأربعة طوابق (يشبه مخطط الربوة شكل c-4).

وهذا تغيير جوهري أثر كلياً على كافة الأفكار المثالية التي اتبعت عند التخطيط، كما أثر على أدنى متطلبات السكن المعياري داخل المسكن ومحيطه وعلى مستوى الحي والمنطقة. وأهم تلك التجاوزات تمثلت في عدد الوحدات السكنية وعدد السكان الذي تغير معه كل محددات التخطيط ومتطلباته.

وبحسب عدد الأدوار المسموحة نظامياً، وهو أربعة أدوار وشقتان بكل دور وبمتوسط عدد أفراد الأسرة الجديدة بـ 5.1 أفراد فقط، يستنتج أن عدد السكان لكل المنطقة 150300 نسمة تقريباً، وتخطيطياً فإن تغيير عدد السكان يؤدي إلى تغير كل نظم تخطيط المنطقة من حيث تقسيم الأراضي وتحديد المساحة والنسبة لكل استخدام لارتباط مساحة الخدمات معيارياً بعدد السكان.

وهذا الرقم لعدد السكان إضافة إلى طبيعة تخطيط المنطقة واختراقها بشوارع رئيسية هيكلية قسمته إلى أحياء كما يبينه المخطط المرفق بجانبيه جدول (3)، كل هذا يشير إلى أن مخطط منطقة الشوقية يتجاوز مفهوم المجاورة والحي السكاني، ولهذا سميت بمنطقة سكنية كبرى، لها معايير تخطيطية مختلفة كلياً عن معايير الحي والمجاورة التي تمت الإشارة إليها في الجدولين (1) و(2)، وتجنباً للخوض بالتفاصيل الحسابية المعقدة، التي تؤكد تلك الحقيقة، فإن نسبة قطع الأراضي في هذا النظام السكاني معيارياً يجب أن لا تزيد عن 40% من إجمالي مساحة المنطقة في حالة تحقيق متطلبات التخطيط المعياري والسكن الصحي. ويبدو أن وباء كورونا في بداية عام 2020م قد قرع جرس الإنذار لتطبيق المعايير المنظمة لتخطيط الإسكان، التي جاءت في الواقع خلاصة متراكمة لكثير من المخاطر كالحرائق والأوبئة.

ولتأكيد أهمية تلك المتغيرات فإن المسطحات الخضراء فقط المطلوبة لعدد السكان المتوقع بالمنطقة عند اكتمال بنائها والسكن بكل شققها وفقاً لأقل المعايير، يجب أن لا تقل عن 12 هكتاراً بمتوسط 0.8م²/شخص، وبنسبة 3.1% من إجمالي مساحة المنطقة، والتي يجب توزيعها على حديقة المنطقة وحدائق الأحياء والمجاورات. أما مساحة الأرض للتعليم الابتدائي المعياري بحده الأدنى يجب أن لا يقل عن 22 هكتاراً وبنسبة 5.6% من إجمالي المساحة، بينما لا يتجاوز إجمالي المساحة المحجوزة فعلياً للتعليم كاملاً 1.81%، مع العلم أنه كلما تغير عدد السكان تغيرت بالتالي مساحة الأرض المحجوزة للخدمات ونسبها.

3.2. النموذج الثاني: تخطيط حي سكني في منطقة الشرائع:

مفهوم الحي السكاني هو منطقة سكنية متوسطة تعتبر جزءاً من منطقة سكنية كبرى، ويتكون من عدة مجاورات سكنية. وجاء إنشاؤه بغرض توفير خدمات أكثر من مجرد مدرسة ابتدائية (وهو ما اتصفت به المجاورة السكنية في بداية انتشارها)، مثل مدارس ثانوية ومحلات تجارية وخدمية أكبر من خدمات المجاورة السكنية، وأصغر من خدمات المنطقة الكبرى، ومساحته

متوسط أفرادها (بمفهوم تلك الفترة الزمنية) بـ 8.2 شخص/أسرة، وتضمن المخطط 3684 قطعة أرض مختلفة المساحة، وهو ما ينتج عنه 30000 نسمة تقريباً، بكثافة سكانية 76 نسمة/هكتار تقريباً على مستوى المنطقة كاملة.

من مستوى الخدمات الأساسية للسكان المحجوزة بالمخطط معيارياً، ووفقاً للمعايير تعتبر الخدمات المحددة بالمخطط أقل بكثير من أدنى المعايير، فمثلاً الأرض المطلوب حجزها للتعليم بحسب المعايير وعدد السكان المستنتج أعلاه 12.8 هكتاراً، بينما المحجوزة بالمخطط 7.12 هكتار فقط، وهو ما يشير إلى أن عدد السكان المقدر معيارياً عند التخطيط كان لا يتجاوز 20 ألف نسمة. وعلى أساس المفهوم نفسه يمكن استنتاج باقي الخدمات الرئيسة على مستوى المنطقة كاملة.

3.1.1.5. تقسيم المخطط:

يبين التحليل أنه تم التعامل مع مخطط منطقة الشوقية كما في (شكل 3) والجدول (3) والذي يوضح استعمال وتقسيم أراضي المخطط كمجاورة سكنية ذات كثافة منخفضة، وأهم عدد السكان المتوقع، كما يبين أن نسبة مساحة قطع الأراضي بالمخطط تشكل 62.12% وهي نسبة عالية، تتجاوز كثيراً حد استعمال الأراضي لأغراض المجاورة بنظام السكن المنخفض الارتفاع (الفلل) وليس كمناطق سكنية لها نظمها المعيارية الخاصة، كما تبينه مساحة الخدمات ونسبها، والتي تقل كثيراً ليس على مستوى المناطق والأحياء فحسب، بل وحتى عن نظم الخدمات المفترضة معيارياً للمجاورات السكنية.

3.1.1.6. استعمالات الأراضي وشروط البناء: (كما أرفقت حرفياً بمخطط أرض الشوقية):

- سكاني ولا يسمح بالارتفاع لأكثر من دورين. (حالياً نظامياً يسمح بأربعة أدوار والواقع يتجاوز ذلك)
- يسمح بالأنشطة التجارية العادية عدا التخصصية والصناعية على الشوارعين التاليين:
 - شارع عرض 50متر المحور شمال جنوب الملتقي مع الطريق الدائري الثالث.
 - شارع عرض 50 متر المحور شرق غرب الملتقي مع طريق الليث.
- نسبة البناء 65% من الدور الأرضي و75% في الدور المتكرر. (نقطة 1 تؤكد نظامياً دورين فقط)
- الارتدادات الجانبية والخلفية 2م والارتداد الأمامي خمس عرض الشارع على أن يكون الارتداد أمام المحلات التجارية 6 م والبروز في الدور المتكرر 2 م.
- يجب توفير موقف للسيارات (موقف لكل وحدة سكنية وموقف واحد لكل 50م² تجاري).

شكل (3): مخطط الشوقية الرسمي المعتمد



كما أرفق بالمخطط بعض الاشتراطات مثل عدم تغير النشاط المحدد في المخطط المعتمد، وأنه لا يجوز تقسيم الأراضي إلى أجزاء أصغر ولا يجوز

3.3	5.44	54400	إجمالي المرافق والخدمات
1.5	2.48	4800	الحدائق
1.1	1.87	18700	المرافق
30.84	50.03	500300	الطرق والمواقف وفرغات
100	162.46	1624600	الإجمالي
	6.2	6200	أخرى
	168.66		الإجمالي

المصدر: وزارة الشؤون البلدية والقروية، 1982.

3.2.2. الوضع الراهن وتوقعات اتجاه تخطيطها العمراني مستقبلاً:

عند تحليل الوضع الراهن لتنفيذ مخطط الهي السكاني (شرائع المجاهدين رقم 3)، يتضح أنه تم تنفيذه تقريباً كما خطط له من حيث شق الشوارع بمستوياتها المختلفة، وتحديد أراضي الخدمات والفرغات العمرانية وقطع الأراضي السكنية بعددها ومساحتها المختلفة.

وقد لوحظ التغير الجوهري في نظم البناء السكاني، وتحول البناء على قطع الأراضي من سكن منخفض الارتفاع (الفلل المستقلة) لأسرة واحدة فقط على كامل الأرض، إلى النظام السكاني منخفض ومتوسط الارتفاع ذي الشقق المتعددة، لتحتوي كل عمارة على عدد من الشقق والأسر، تختلف باختلاف المساحة وعدد الأدوار.

ولتوضيح ذلك تم الرجوع للواقع التنفيذي لمعظم العمارات السكنية للهي ومجاورتها، وإلى اشتراطات البناء بالمنطقة بحسب الإجراءات القانونية الرسمية المتبعة في الوقت الراهن في تنظيم البناء في الهي السكاني والذي يتلخص على النحو التالي:

- مساحة الهي السكاني: مخطط شرائع المجاهدين، 162.5 هكتار
- تقسيم الهي السكاني: تم تقسيمه إلى أربع مجاورات سكنية ومركز للهي (شكل 4).
- عدد العمارات: إجمالي عدد الأراضي المخصصة للعمارات السكنية بالمجاورات 1656 + 48 (بالمركز) = 1704 أرضية.
- عدد الأدوار والشقق بكل عمارة: طابقان وملحق. إلا أن بعض العمارات تجاوز ارتفاعها أربعة أدوار (مثل مخطط الربوة شكل 5-C). وقد تم الافتراض بالمتوسط شقتين في كل دور، على الرغم من أن بعض الأراضي مساحتها تتجاوز 2م700، وتحتوي على ثلاث شقق وأكثر في كل دور.
- نظام البناء الرسمي: النظام القانوني دوران وملحق، إلا أنه لم يحدد نظم البناء (فلاً أو شققاً)، والبناء الغالب في الهي هو نظام العمارات السكنية ذات الشقق المتجاورة؛ لذا يمكن حساب عدد الوحدات السكنية بحسب النظام بمتوسط شقتين لكل دور وشقة بالملحق بمجموع 5 شقق في كل عمارة، أي أن إجمالي عدد الوحدات السكنية هو: 5*1704 = 8520 شقة، والذي ينتج عنه 42600 نسمة، بكثافة إجمالية 262 نسمة/هكتار.

هناك ازدياد مستمر في عدد الأدوار والشقق والسكان حالياً. والمتوقع أن يتضاعف عدد السكان والكثافات عما خطط له في المستقبل، بينما ستبقى الأراضي المخصصة للخدمات كما خطط لها، وإن كثف استثمار بعضها رأسياً؛ وهذا يعني أنها سوف تسير مستقبلاً بنفس مسار نمو منطقة الشوقية وغيرها من المناطق المشابهة.

شكل (4): مخطط شرائع المجاهدين رقم (3) الوضع الراهن.



3.3. النموذج الثالث: تخطيط منطقة الربوة بمدينة مكة المكرمة- مجاورة سكنية:

مخطط منطقة الربوة (أو زهرة كدى) هو عبارة عن مجاورة سكنية تمثل

مرتبطة بنظمه السكنية وعدد سكانه (Tao et al 2002)، وبحسب بعض المعايير العالمية يتراوح بين 30-50 ألف نسمة (Chinese Urban Standards, 2004)، بينما أشارت المعايير المحلية إلى أنه يحتوي على عدد من المجاورات تتراوح بين 3-5 مجاورة ويعدد سكان يتراوح بين 10000-15000 نسمة (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2005). وهي بهذا تشبه المعايير الإنجليزية في خمسينات القرن العشرين والتي تشير إلى جمع من 2 إلى 4 مجاورات بعدد سكاني يتراوح بين 17000 و 23000 نسمة (موسى، د.ت) بغرض توفير خدمات أكثر من مجرد مدرسة ابتدائية، وهو معيار قد يكون مناسباً في حالة الكثافة السكانية المنخفضة جداً. إلا أنه غير مناسب في حالة العمارات السكنية ذات نظام الشقق.

وسوف يتم مناقشة الهي السكاني من ناحيتين: الأولى محددات التخطيط العمراني للهي السكاني عند تخطيطه، والثانية الوضع الراهن للهي السكاني وتوقعات اتجاهه مستقبلاً.

3.2.1. الفكر التخطيطي الموجه لأعداد مخطط الهي السكاني عند تخطيطه:

تتلخص محددات التخطيط لأي منطقة أو حي أو مجاورة سكنية عند تخطيطها، بنوعية الإسكان والكثافات وعدد السكان المتوقع عند اكتمالها مستقبلاً، وبمعايير أراضي الخدمات ومبانيها المرتبطة بعدد السكان والمتطلبات البيئية والاستدامة. والهي الذي تم اختياره كنموذج لتأكيد ما أشار إليه محتوى البحث هو (مخطط شرائع المجاهدين رقم 3).

3.2.1.1. الموقع والحدود:

يقع الهي السكاني في منطقة الشرائع، تحت مسمى "مخطط شرائع المجاهدين رقم (3)"، شرق المسجد الحرام، ويبعد عنه 13.5 كم تقريباً، من ضمن منطقة سكنية كبرى، تتكون من عدد من الأحياء السكنية، تم تقسيمها الهرمي إلى أحياء ومجاورات بشكل احترافي أكثر وضوحاً من منطقة الشوقية، والتسمية العلمية له "هي سكاني"، يحتوي على أربع مجاورات ومركز شكل (3)، وتم اعتماده في 1982م.

3.2.1.2. المساحة الإجمالية للهي السكاني رقم (3):

إجمالي المساحة (162.46 هكتار تقريباً).

3.2.1.3. عدد سكان الهي السكاني:

لم تشر المرفقات بمخطط الهي إلى عدد السكان، ولغرض التحليل تم استنتاجه بنفس طريقة استنتاج عدد سكان منطقة الشوقية، مع التأكيد على أن النظام الهيكلي لتخطيط المنطقة هو تخطيط حي سكاني بما يحتويه من معايير، وتم تقدير عدد السكان من ناحيتين هما:

- النظام السكاني المتبع بالمنطقة: والذي كان سائداً في حينه (وما زال) وتم الإشارة إليه وهو عدد قطع الأراضي (1656 قطعة مختلفة المساحة (ومتوسط عدد أفراد الأسرة 8 أفراد، والذي يعطي 13250 نسمة تقريباً، وكثافة سكنية 82 نسمة/هكتار على مستوى الهي. وليس على مستوى المنطقة، كما أشير إليه في منطقة الشوقية. وهما مفهومان مختلفان، إلا أن نسب التقسيم متقاربة.
- مستوى الخدمات الأساسية للسكان المحجوزة بالمخطط معيارياً: بتحليل مساحة الأراضي المحددة للخدمات بناءً على عدد السكان المستنتج، وبعدد عن التفاصيل واختصاراً للبحث، يتضح أنها متساوية معها تقريباً في حال اعتبار المنطقة سكناً منخفض الارتفاع (نظام الفلل) كما خطط لها، بكثافات سكنية منخفضة، ومثال ذلك الخدمات التعليمية للهي، حيث يتضح أن الأرض المحجوزة للتعليم بمستوياته تتساوى تقريباً مع ما هو محجوز، ولا توجد مشكلة في ذلك.

وبين الشكل (4) والجدول رقم (4) المرفق بالمخطط مقارنةً بين تخطيط الهي السكاني واعتماده وبين واقعه الراهن.

جدول (4) تقسيم مساحة ونسب استعمال أراضي مخطط شرائع المجاهدين كما أرفق بالمخطط المعتمد مساحة المخطط 162.46 هكتار - عدد قطع الأراضي 1542

الاستعمال	المساحة		النسبة (%)
	هكتار	م2	
السكني	97.00	969500	59.67
التعليمي	5.5	50500	3.1
الديني	0.64	6400	0.4

عن مشروع الشوقية والشرائع، على الرغم من الاختلاف الشاسع بين مفاهيم التركيب الهرمي مع تلك المشاريع السكنية.

وتحليل المساحة المحددة للخدمات، بناءً على عدد السكان المقدر عند التخطيط المشار إليه أعلاه، يتضح أن بعضها مناسبة ومحقة نوعاً ما لتوسط المعايير، فعلى سبيل المثال نلاحظ أن عدد تلاميذ التعليم الابتدائي المقابل لعدد سكان المجاورة 560 تلميذ يحتاجون لمدرستين ابتدائية كل مدرسة 0.6 هكتار تقريباً وهكذا، والمساحة والنسبة المحقوقة بالمخطط والمذكورة بجدول استعمالات أرض المخطط الملحقة به محقة لعدد السكان المقدر.

ومن ذلك يتضح أنه قد تم تحديد مستوى جميع الخدمات ومساحتها وأنواعها بناءً على الفكر الموجه للتخطيط وعدد السكان المقدر مسبقاً، وكانت نسبة الخدمات الإجمالية 7.87%، ونسبة الطرق 26.13%، بينما النسبة الباقية 66%، وهي إجمالي مساحة قطع الأراضي المحددة لأغراض السكن، وهي نسبة مرتفعة جداً.

ولا يختلف ارتفاع نسبة مساحة أراضي السكن كثيراً عن مخططي الشوقية والشرائع، مع الفارق أن مساحتها صغيرة لم تحتج إلى تخطيط شوارع محيطية كبيرة، وهو ما رفع نسبة أراضي السكن نسبياً، وقلل نسبة الشوارع والخدمات، أي أن مفهوم الفكر التخطيطي كان متشابهاً مع أفكار تخطيط منطقة الشوقية الكبرى. وحى الشرائع. وقد يكون لذلك علاقة بالتركيز على تساوي استقطاعات النسب للخدمات، بغض النظر عن مفهوم التركيب الهرمي لطبيعة المخطط ومتطلباته المعيارية، أو أن التركيز كان على الجانب الاستثماري والاستحواذ على أكثر عدد من قطع الأراضي، على حساب الجانب التخطيطي المعياري السليم، وهو ما أدى إلى تقليل المساحة المستقطعة لأغراض الخدمات العامة وأثر على كفاءتها.

3.3.2. الوضع الراهن لمخطط الربوة وتوقعات مستقبلها:

تم التخطيط للمجاورة بالطريقة المشار إليها أعلاه تقريباً، ولحدثة التحضر وسرعته وحدثة المرحلة، ومحدودية المعلومات الحضرية المتعلقة بتوقعات تطورها مستقبلاً، جرى عليها ما جرى على غيرها من المخططات السكنية، فسرعان ما تغيرت نظمها السكنية بعد اعتماد تخطيطها، وتحول البناء عليها من سكن مستقل منخفض الارتفاع لأسرة واحدة (نظام الفلل)، إلى سكن متوسط الارتفاع (نظام الشقق) شكل (5-أ).

وقد أدى هذا إلى زيادة عدد السكان أضعاف ما خطط له، وأثر بالتالي على كفاءة التخطيط المعتمد، خصوصاً فيما يتصل بالنقص الحاد في مستوى أراضي المباني الخدمية والمساحات الخضراء والفراغات العمرانية للمجاورة. وعند تحليل عدد السكان وهو المعيار الأساس لقرارات تخطيط السكن وتقسيم استعمالات الأراضي. يلاحظ أن ارتفاعات المباني تتراوح بين 3-5 طوابق وأكثر أحياناً (الشكل (5-ب))، في كل دور بالمتوسط شقتان، والنظم المسموحة المتبعة قانونياً 4 أدوار من دون تحديد نوعية البناء، وعلى افتراض أن الدور الأرضي في كل العمارات غير سكني، ولاعتبارات أخرى فسوف يفترض حساب عدد السكان بناءً على أنها عمارات من ثلاثة أدوار فقط في كل دور شقتان، وحساب هذا يعطينا عدداً سكانياً هو: 19350 نسمة تقريباً. (علماً أنه من الناحية التخطيطية المعيارية الرسمية يفترض حسابه على نظام أربعة أدوار).

وهذا يعني تضاعف عدد السكان أربع مرات تقريباً عما خطط له، بينما ظلت الأراضي المخصصة لمختلف الخدمات كما هي في المخطط المعتمد دون تغيير، مما أخل بالتوازن التخطيطي المعياري للمجاورة بين عدد سكانها وكفاءة الخدمات بنسبة تتجاوز 300%. أي يجب أن تتوازن نسبة الخدمات المفترضة مع نسبة عدد السكان المتوقع.

النموذج رقم 3، لهرمية تخطيط المناطق السكنية، الذي سوف يتم مناقشته في هذه المقارنة، فإذا كان مخطط أرض الشوقية نموذجاً لمنطقة سكنية كبرى، ومخطط شرائع المجاهدين رقم 3 نموذجاً للأحياء السكنية، فإن مخطط الربوة يعتبر من حيث التسلسل الهرمي لتخطيط الإسكان مجاورة سكنية.

3.3.1. الفكر التخطيطي الموجه لأعداد "مخطط الربوة":

مخطط منطقة الربوة أو زهرة كدى، يمكن تسميته مجاورة سكنية من حيث التسلسل الهرمي لتخطيط المناطق السكنية، لأن مساحته وطريقة تخطيطه والشوارع الحدودية تؤكد ذلك؛ لذا فمخطط منطقة الربوة هو مخطط لمجاورة سكنية.

3.3.1.1. الموقع والحدود:

يقع مخطط الربوة جنوب الحرم المكي ويبعد عنه 4 كلم تقريباً، بالقرب من منطقة كدى شكل (4-ب). ويحده من الشمال طريق الدائري الثالث ومن الغرب طريق أم المؤمنين أم سلمة.

3.3.1.2. تاريخ التخطيط والاعتماد:

تم تخطيطه واعتماده عام 1986، أي بعد مخطط الشوقية بـ 11 سنة، وبعد مخطط الشرائع بـ 4 سنوات، وقد اتبع في تخطيطه التفصيلي نفس طريقة تخطيط المجاورة السكنية التقليدية، وإن كان تخطيط مجاورات حي الشرائع أكثر وضوحاً من حيث تقسيم المجموعات.

3.3.1.3. مخطط الربوة:

يبين الجدول (5) تفاصيل تقسيم استعمالات أرض مخطط الربوة الرسمي المعتمد والموضح عليه مساحة استعمالات أراضيها ونسبها للفعاليات المختلفة، ويتضح من مخططة الأولى أن مساحته 32 هكتاراً، وهي مختلفة عن واقع مساحته الفعلية التي تمت مراجعتها واعتمادها في مخطط شبكة الأمانة بنفس الجدول ليصبح 44.36 هكتاراً (سندي، 2019: 112-113). وقد تم التأكد من صحة المساحة من واقع خريطة جوجل إرث والبرامج المساحية الأخرى.

جدول (5) مخطط الربوة المعتمد والجدول المرفق له، بين تفاصيل استعمالات الأراضي (إجمالي عدد القطع السكنية بالمخطط 645 عدد السكان المتوقع 4000 نسمة)

الاستعمال	المخطط المعتمد 2م	النسبة %	شبكة الأمانة 2م	النسبة %
السكني	168412.16	%51.34	292768.3	%66
التعليمي	8210	%2.5	11708.53	%2.64
التجاري	5150	%1.56	4238.08	%0.95
الدينية	5712	%1.74	4590.33	%1.03
المرافق	2922	%0.89	3528.01	%0.79
الحدائق	8332.84	%2.53	10877.5	%2.45
إجمالي الخدمات	30327.84	%9.22	34942.45	%7.87
الطرق والمواقف	129450	%39.44	115931.5	%26.13
الإجمالي	328190	%100	443642.3	%100

المصدر: وزارة الشؤون البلدية، 1986؛ سندي، 2019: 113

وسيستخدم البحث لغرض المقارنة تقسيمات استعمالات الأرض ونسبها المحدد من شبكة الأمانة بغرض تحليل واقع تخطيط المجاورة الموضح استعمالاته بالجدول (المجرشي والعبيسي، 2020: 50).

3.3.1.4. مساحة المجاورة: 44.36 هكتاراً - عدد قطع الأراضي 645 قطعة بمتوسط مساحة 454 م² للأرضية. وتشكل مساحة قطع الأراضي 66% من إجمالي مساحة المجاورة. وهي نسبة مرتفعة جداً.

3.3.1.5. عدد السكان: لم يحدد المخطط عدد السكان إلا أنه تم استنتاجه من عدد قطع الأراضي، والنظام السكني الذي كان سائداً في حينه، وهو سكن منخفض الارتفاع مستقل (فلل). ومن مفهوم النظام التخطيطي السكني التقليدي للمجاورة، والذي يتراوح بين 3000 و5000 نسمة، وقد تم تحليل أراضي خدماته المعيارية وحقق متوسط ذلك، أي 4000 نسمة تقريباً.

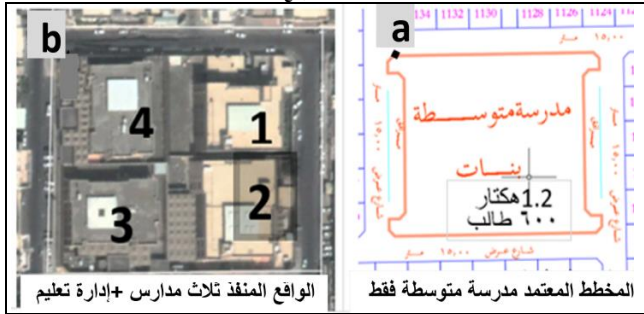
3.3.1.6. محددات المخطط عند إعداده والمعايير المتبعة: تشير النظرة العامة لتخطيط المنطقة إلى أنها خططت بنظام تقسيم الأراضي والبناء المستقل منخفض الارتفاع، وقد حددت كل أرض لأسرة واحدة، والذي نتج عنه 4000 نسمة تقريباً، بمتوسط كثافة سكنية إجمالية 90 نسمة/هكتار. وهو المعيار السكاني المقدر الناتج من مساحة أراضي المباني العامة ونسبها لخدمات المخطط، وهو افتراض نظري أتبع عند التخطيط لا يختلف كثيراً

لتلبية تلك المتطلبات، وحينها تهمل معايير الجودة والأمان والاحتياجات البيئية والاستدامة وغيرها من المتطلبات المعيارية.

وهذا ما حدث ويحدث في كثير من مشاريع المخططات السكنية المنتشرة في كثير من المدن الرئيسية، ومنها المشاريع السكنية التي تمت مناقشتها أعلاه. ولتوضيح ذلك نورد المثال التالي:

- في حي شرائع المجاهدين مخطط رقم 3 مجاورة رقم (c) شكل (c-4) عند تخطيط المجاورة، تم حجز أرض لمدرسة متوسطة بنات بمساحة 1.2 هكتار تقريبا (شكل a-5)، وهي معياريا تستوعب من 500 إلى 600 طالب، إلا أن تنفيذها الفعلي قد تغير، وتم تحويلها من مدرسة متوسطة بنات إلى مجمع مدارس (ثانوي – متوسط – ابتدائي - بنات)، إضافة إلى مكتب التربية بنات بمنطقة الشرائع (شكل b-6)، لعدم توفر الأراضي اللازمة لتلك المدارس، أو لعدم أخذها بالاعتبار عند التخطيط، وينطبق هذا المثل تقريبا على بعض أراضي الخدمات المحجوزة في النماذج الثلاثة المذكورة، وعلى كثير من المخططات المشابهة لها تقريبا.

شكل (6): تحول أرضية معتمدة لمدرسة متوسطة بنات إلى مجمع مدارس بنات (ثانوية، متوسطة، ابتدائية) مبنى لإدارة التربية بالشرائع



a- مساحة المدرسة المتوسطة المعتمدة كما خطط لها b- نفس مساحة المدرسة المتوسطة تم تقسمها إلى: 1- مدرسة متوسطة، بنات 2- مدرسة ثانوية بنات 3- مدرسة ابتدائية بنات 4- مكتب التربية - بنات

6. الخلاصة والاستنتاج

6.1. الخلاصة:

من مقارنة المشاريع الثلاثة مختلفة المستوى المذكورة أعلاه، يتبين أن عملية تخطيط المناطق السكنية في الأغلب لم يراع فيها التركيب التخطيطي الهرمي لُنظم الإسكان المتبعة عالميا والتي تؤكد عليها كل معايير تخطيط الإسكان المتمثلة في: تخطيط مناطق سكنية كبرى – أحياء سكنية – مجاورات سكنية – مجموعات سكنية جدول (2)، والذي يحدد متطلبات كل مستوى من الأراضي ومباني الخدمات الخاصة به، والمرتبطة بنظمه السكنية وبحجمه وعدد السكان والكثافات وغيرها من المتطلبات.

وقد بينت المقارنة أنه يتم في الأغلب تقسيم مساحات ونسب أراضي المخططات السكنية بين محتوى عناصرها المختلفة بغض النظر عن تركيبها الهرمي، بما يشبه مفهوم تخطيط المجاورات السكنية التقليدية ذات الكثافات المنخفضة جدا. والتي تتناقض نسب تنفيذها الفعلي في المدن الرئيسية باستمرار (الشدي، 2008: 12)، وهي حالة ربما كانت مناسبة قبل عقدين من الزمن، إلا أن النمو الاقتصادي الحضري والعمراني والمتطلبات البيئية المعاصرة، تحتم تغييرها لتتوازن مع المتطلبات الجديدة.

كما بينت المقارنة وجود نقاط مشتركة كثيرة تم اتباعها في توجيه منطلقات تخطيط النماذج السكنية الثلاثة التي تم مناقشتها، وتتمثل أهم تلك النقاط المشتركة في تخطيطها بالتالي:

- انطلقت أفكار ومحددات تخطيط النماذج الثلاثة المختلفة المستوى من مفهوم تخطيط المجاورة السكنية، بمفهوم تقليدي شبه ثابت، بغض النظر عن المفهوم العلمي المعاصر للتركيب الهرمي التخطيطي للمناطق السكنية الحضرية ومتطلباتها المتجددة، والمحدد من الأكبر للأصغر. وهي بحاجة للمراجعة نتيجة المستجدات وتغير المتطلبات الحضرية.
- برغم اختلاف أحجام المشاريع الإسكانية التي تتراوح بين مناطق سكنية كبرى وأحياء ومجاورات، فإن تقسيم نسب استعمال الأراضي بين العناصر الوظيفية المختلفة بالنماذج الثلاثة كان متساويا تقريبا، وهو ما يؤكد أن

شكل (5): بين الوضع الراهن للمخطط وموقعه ونماذج من واقع تنفيذ بعض عماراته



4. مقارنة تحليلية لاستعمالات مساحة ونسب أراضي المخططات السكنية الثلاثة

تؤكد جميع المعايير التخطيطية ومنها معايير تخطيط المناطق السكنية في المملكة على أهمية اتباع طريقة التركيب الهرمي لتخطيط المناطق السكنية، وفقا لمعايير استخدام الأرض ونسب تقسيمها بين مختلف الوظائف المنظمة لتخطيط كل مستوى من تركيبها الهرمي، (منطقة كبرى - حي - مجاورة)، والمرتبطة بنظم البناء السكاني وعدد السكان والكثافات والمتطلبات البيئية. مع التأكيد على اعتبار نصيب الفرد أساساً لمعيار تحديد الخدمات لكل مستوى: لارتباطه بمتغير عدد السكان، وعند مقارنة النماذج الثلاثة ذات المستويات المختلفة أعلاه يتضح أنها لا تعكس تلك المتطلبات المعيارية بوضوح، وربما تحتاج بعض المعايير المعتمدة إلى لوائح أكثر تفصيلاً، مساحةً وأرقاماً ونسباً وتعريفاً؛ لكي تأخذ مجراها التطبيقي الدقيق.

وتبين المقارنة أن التعامل مع مخططات الإسكان الثلاثة التي تم مناقشتها (كنموذج لمشاريع كثيرة مشابهة)، لم يبين تلك الهرمية التخطيطية بوضوح، وتم تخطيطها جميعاً بمفهوم المجاورة السكنية، من حيث تقسيم المساحات والنسب بين استعمالات الأراضي للوظائف المختلفة المكونة للمخططات السكنية المختلفة، وارتبطت الفوارق الطفيفة الموجودة بانخفاض نسب الاستعمالات السكنية في المناطق والأحياء السكنية ذات المساحات الكبيرة باحتياجاتها المختلفة لشوارع أكثر وأكبر ليس أكثر. والجدول (6) يوضح باختصار المقارنة بين نسب استعمالات الأراضي للنماذج الثلاثة المختلفة (منطقة كبرى - حي سكني - مجاورة سكنية).

مسمى المخطط المعتمد	المساحة العلي (هكتار)	عدد السكان (شخص) بالمخطط	كثافة متوقعة (فرد/هكتار)	نسبة استعمال السكني (%)
الشوقية	392.7	30000	147400	62.21
الشرائع رقم (3)	169	13250	42700	59.76
زهرة كدى	44.4	4000	19300	66

ملاحظات:

- 1- يلاحظ تقريبا تساوي نسب استخدام الأراضي في الأنواع الثلاثة، وارتفاع نسبة مساحة الطرق بكل من الشوقية والشرائع بسبب وضع ترتيبها التخطيطي الهرمي واحتوائها على شوارع كبيرة - كاحياء ومناطق.
- 2- تمثل النماذج التخطيطية الثلاثة أعلاه تقريبا الطرق التخطيطية المتبعة في تخطيط الإسكان في بعض المدن الرئيسية.
- 3- تم تخطيط المستويات الثلاثة من منطلق المجاورة السكنية نظام تقسيم الأراضي، وتم إهمال عدد السكان المتوقع.
- 4- يلاحظ أن الكثافة الاجمالية بتخطيط الوضع الراهن تقل عن كبر مساحة المشروع لارتباطها بنسب مساحة الشوارع الكبيرة.

5. أراضي الخدمات الأساسية بالمخططات ومعالجتها

أراضي الخدمات الأساسية المعيارية في المخططات السكنية، هي الأرض التي تحجز معياريا لأغراض المباني الخدمية في المخططات (بمختلف مستوياتها، المتوازنة مع عدد سكان المخطط المتوقع مستقبلاً وإن كانت في حدها الأدنى (تعليم، صحة، حدائق.. الخ)، إلا أنه نتيجة لقصور توقعات مستقبل بعض المخططات السكنية، ونتيجة للتغيرات الحضرية والتغير في نظم البناء السكاني لكثير من تلك المخططات، فإن المباني الخدمية المعيارية تفقد كفاءتها تدريجياً مع ازدياد عدد السكان، وعندما تسوء كفاءتها أكثر، وتزداد الاحتياجات الملحة لبعض الخدمات، تتدخل المعالجات بمختلف الوسائل

- العمل على ربط تخطيط المناطق السكنية بخطة مستقبلية بعيدة المدى في ضوء نوعية الإسكان ونظمه وعدد السكان والكثافات ونصيب الفرد، وفقا للتركيب الهرمي والمتغيرات المتسارعة في النمو الحضري والعمراني، والاستثمار المكثف للأراضي كما هو محدد بالمعايير.
- الابتعاد كليا عن النسب التقديرية المستقطعة للخدمات والشوارع من مشاريع الإسكان المفترض تخطيطها مستقبلا، وإخضاعها لمحددات المخطط العام الشامل للمدينة ولنوعية السكن ونظم الإسكان وعدد السكان والكثافات المتوقعة مستقبلا.
- إعادة النظر في طرق تقسيم الأراضي ومساحاتها والتأكيد على أهمية تحقيق السكن الصحي داخل المسكن وخارجه من تهوية وإضاءة وتظليل وخصوصية وفراغات عمرانية.
- تقسيم محتوى نسب الاستعمال السكني في كل مخطط مستقبلي بحاجة إلى دراسات علمية دقيقة يتم تحديدها وتأكيدتها معياريا؛ بغرض ربطها بالنظم السكنية المتوقعة.

نبذة عن المؤلفين

عبده ثابت محمد العبيسي

قسم العمارة الإسلامية، كلية الهندسة والعمارة الإسلامية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، atabsi@uqu.edu.sa, abdoabsi2003@yahoo.com, 00966595330644, 00966549272880

د. العبيسي (يمي)، أستاذ، دكتوراه من جامعة تونس، شنگهاي، جمهورية الصين الشعبية، 1995، عضو هيئة تحرير مجلة جامعة أم القرى للهندسة والعمارة سابقاً، الاهتمامات البحثية: التخطيط والتصميم العمراني والإسكان الحضري والموروث الثقافي، شارك بأوراق علمية بعدد من المؤتمرات منها ندوة الإسكان الثانية 2003، الرياض، المؤتمر الهندسي الدولي الثاني مارس 2020، الرياض، مؤلف كتاب نظريات الإسكان الحضري، له أكثر من 18 بحث منها التخطيط العمراني لمدينة مكة المكرمة كمدينة عالمية، النظام السكني في مدينة صنعاء الماضي والحاضر، شارك خلال دراسة الدكتوراه بتخطيط ثلاث مدن صينية. الموقع الشخصي: <https://uqu.edu.sa/atabsi/App/CV>

عادل محمد أحمد بن ياسين

قسم العمارة الإسلامية، كلية الهندسة والعمارة الإسلامية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، ambinyaseen@uqu.edu.sa, 00966555510676

د. بن ياسين دكتوراه (استراكتلايد)، سعودي، أستاذ، رئيس قسم العمارة الإسلامية ووكيل كلية الهندسة ثم عضواً في المجلس العلمي سابقاً، عمل رئيساً لتحرير مجلة العلوم والطب والهندسة، ثم رئيساً لتحرير مجلة الهندسة والعمارة بالجامعة، اهتماماته البحثية: في الأداء الفراغي والبيئي للمباني، تخطيط وتصميم الفراغ وإدارته، صمم العديد من المشاريع الاستثمارية والخيرية مثل مشروع جبل عمر، المخطط الجامعي، جمعية كافل، حرس الحدود، أبراج سكنية وفندقية. عمل في عدة قطاعات حكومية وأهلية كمستشار وكمدير مشاريع، أعماله وأبحاثه باللغة الإنجليزية والعربية. رقم الأوركيد (ORCID): 0000-0003-1230-0812. الموقع الشخصي: <https://uqu.edu.sa/ambinyaseen/App/CV>

عبد الغني حسن منور

قسم العمارة الإسلامية، كلية الهندسة والعمارة الإسلامية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، amonawar@uqu.edu.sa, 00966505520078

د. منور دكتوراه (نيو كاسل)، سعودي، أستاذ مشارك، رئيس قسم العمارة الإسلامية سابقاً، ثم وكيل كلية الهندسة والعمارة الإسلامية بجامعة أم القرى، شارك في تصميم العديد من المشاريع التنموية والاستثمارية، عضو اللجنة الفنية لتوسعة مطاف المسجد الحرام وتصميم مشروع مدينة الملك عبد الله للطاقة النووية والمتجددة، مسؤول ملف الجودة والاعتماد الأكاديمي بالكلية، أعماله وأبحاثه باللغة الإنجليزية والعربية، اهتماماته البحثية: في مجال التصميم البيئي، إدارة الطاقة، النمذجة والأداء الحراري، القيادة الأكاديمية، التخطيط الاستراتيجي. شارك في العديد من

المفهوم الغالب لتخطيط تلك المشاريع كان بمفهوم المجاورة السكنية، وأن الاختلافات البسيطة النسب هي نتيجة طبيعية لاختلاف اتساع مساحة الأراضي لبعض المخططات واحتياجاتها لطرق أكبر وأكثر لتتوافق مع كبرها، غير أنها متساوية النسب في المحصلة النهائية تقريباً.

- اتبع تخطيط المناطق السكنية بمختلف مستوياتها مفهوم تقسيم المخططات إلى قطع أراضي مختلفة المساحة لسكن منخفض الارتفاع مستقل لأسرة واحدة، بغض النظر عن حجم مخطط المنطقة وهرميتها ونوعية السكن والكثافات. وبينت الدراسة تغيراً كبيراً في نظم الإسكان، وتحولها إلى نظم سكن العمارات ذات الشقق المتجاورة، والفرق شاسع بين النظامين السكنيين. وهي ظاهرة مرافقة لتوسع المدن، رأسياً إلى جانب توسعها الأفقي يجب التسليم بها وعكسها بمخططات سكنية معيارية حضرية.
- أخيراً يستخلص من البحث أن نماذج تخطيط الإسكان الثلاثة التي تم مناقشتها، تقريباً تعكس تخطيط كثير من مشاريع الإسكان في بعض المدن الرئيسية، وإن تباينت الأرقام وطريقة التخطيط ومستوى تغير النظم السكنية.

كما بينت المقارنة نقاطاً خاصة بكل نموذج من المخططات الثلاثة المشار إليها لتلخص في التالي:

- مخطط أرض الشوقية: الاسم العلمي له تخطيط منطقة سكنية كبرى مساحته (392.7 هكتار) لاحتوائه على أحياء سكنية واضحة التقسيم، تحدها شوارع رئيسية كبرى، كل حي يحتوي على عدد من المجاورات، كما أن أقطار الخدمة المحددة بالمعايير على تقسيمها وتخطيطها، يفترض أن تحتوي على مركز خدمة على مستوى المنطقة (يمكن اعتبار سوق الكعكية بديلاً له حالياً) ومراكز للأحياء والمجاورات، خاصة فيما يتعلق بالخدمات الأساسية، وهو مالم يوضحه المخطط أو الواقع الراهن. ويتصف حالياً بازدهام سكاني شديد، ونقص حاد في الخدمات وانعدام بعضها أحياناً، كانعكاس لذلك التخطيط. والتوقعات تشير إلى احتمالية ازدياد ذلك.
- مخطط شرائع المجاهدين: الاسم العلمي له تخطيط حي سكني، وتخطيطه كحي سكني واضح جداً، وقد أتبعت الأسس العلمية السليمة في تحديد مركز الحي وتقسيم مجاوراته السكنية، إلا أن مفهوم مركز الحي الخدمي للأسف تحول وظيفياً إلى ما يشبه مجموعة سكنية، وتم تقسيمه إلى أراض سكنية مثله مثل المجموعات السكنية داخل المجاورات، وبذلك تم إلغاء مفهوم مركز الحي بخدماته الأساسية من مدارس ثانوية وحديقة عامة وغيرها من الخدمات الرئيسية على مستوى الحي، مما انعكس على جودة وكفاءة مستوى المباني الخدمية والترفيهية له (شكل 5).
- مخطط الربوة: الاسم العلمي له هو مجاورة سكنية من حيث المساحة والتخطيط، واتباع في تقسيم استعمالات نسب أراضيه مثل ما سبق. وارتفاع نسبة السكن به هي نتيجة لعدم وجود شوارع محيطة بها.

6.2. التوصيات:

تناول البحث جوهر مشكلة تخطيط المناطق السكنية في المدن الرئيسية بالمملكة العربية السعودية من خلال رؤية مستقبلية معاصرة، أخذاً بالاعتبار المستجدات الحضرية وتضخم المدن، وقد تم استخلاص محتوياته من التجارب المتراكمة السابقة لتخطيط المناطق السكنية، وتناول عموميات المشكلة، في حدود البحث على أمل فتح باب النقاش والبحث والتحصيص في المشاكل المتفرعة منها، واعتبار كل التجارب التخطيطية المتراكمة بمختلف مستوياتها ومراحلها الزمنية مدرسة تلخص كل التجارب ومنهلاً علمياً واقعياً يستفاد منه في تحديد مستقبل المدن والإسكان، بما يتوافق مع المتغيرات الحضرية والمفاهيمية، بدلاً من خوض الدراسات في الجانب النظري والمثاليات المنفصلة عن الواقع كليا. ومما تقدم يوصي البحث بعدة توصيات للجهات ذات العلاقة التي تلخص فيما يلي:

- أهمية تبني تخطيط الإسكان الحضري من خلال الأنظمة التخطيطية المنهجية العلمية المتبعة عالمياً، والتي تم استخلاصها وتأكيدتها في معايير تخطيط الإسكان في المملكة، وتتلخص في أن يتم التخطيط من الكل إلى الجزء، ومن المناطق السكنية الكبرى إلى الأحياء ثم المجاورات، كأساس لتخطيط أي منطقة سكنية، مهما كان حجمها، مع عمل آلية تخطيطية متوافقة معها لتسهيل ذلك أمام المطورين، والمشاريع الجديدة المتناثرة بضواحي المدن، مع تأكيد التسلسل الهرمي لمراكز الخدمات.

- Symposium on Affordable Housing, Riyadh, Saudi Arabia, 28–30/4/2008. [in Arabic]
- Chinese Urban Planning Standards. (2004). *Chinese Urban Planning Standards*. Beijing: Publishing House Architectural Books.
- Cindy, F. (2019). *Taqyim Mashru'eat Alaskan fi Almamlakat Alearabiat Alsaeudiat fi Daw' Almawru'ath Althaqafii Walajtimaeii Walbiyyiyi-Dirasat Muqaranati*, 'Evaluation of housing projects in the Kingdom of Saudi Arabia in light of the cultural, social and environmental legacy - a comparative study'. Master thesis, Umm Al Qura University, Makkah, Saudi Arabia. [in Arabic].
- Granottier, B. Translation: Al Fadali, A.B. (1987). *Al'iiskan Alhadariu , Alsakan Alhadariu fi Alealam Althaalith Almuskhilat Walhulul 'Urban Housing in the Third World, Problems and Solutions*. Alexandria, Egypt: Al Maarif Printing, Publishing & distribution. [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (1975). *Mukhatat 'Ard Alshwqiati' Al Shawqiah Land Scheme*, Makkah Al-Mukarramah, Saudi Arabia: Municipality of Holy Capital, General Administration of Urban Planning. [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (1982). *Mukhatat Sharayie Almujaahidina- Mukhatat Raqam 3 'Sharia Mujahideen Scheme - Scheme No. 3*, Makkah Al-Mukarramah, Saudi Arabia: Municipality of Holy Capital, General Administration of Urban Planning. [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (1986). *Mukhatat Alrabwati 'Al-Rabwa Scheme*, Makkah Al-Mukarramah, Saudi Arabia: Municipality of Holy Capital, General Administration of Urban Planning. [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (2005). *Dalil Takhtit Marakiz Alahya' Walmujaawarat alsakaniani 'Planning Guide for Neighborhood Centers and Residential Neighborhoods*, Riyadh, Saudi Arabia: Ministry Agency for city Planning, 3–14. [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (2016). *Aedad Almaeayir Altakhtitiat Likhadamat Aleamat Al'iqlimiati Walmahaliyat Wamustawayatiha Almukhtalifati: Mulakhas Almaeayir Altakhtitiat Almutawarat Likhadamat 'Preparing Planning Standards for Regional and Local Public Services and their Different Levels: Summary of Developed Planning Standards for Services*, Riyadh, Saudi Arabia: Ministry Agency for city Planning, 6–30. [in Arabic]
- Moussa, M.A. (n/a). *Muhadarat fi Altakhtit Aleumrani 'lectures in Urban Planning*. Assuit, Egypt: Assiut University Press. [in Arabic]
- Tao, S.L., Zip, H.G. and Shou, B.S. (2002). *Theories of City Planning*. 3rd edition. Wuhan, China: Wuhan Architecture Institute.
- The Urban Observatory of Makkah. (2010). *Natayij Almuashirat Alhadariat Li'iihya 'Makat Almu'aramat Nahw Biyat Hadariat Afdil 'The results of urban indicators for the revival of Makkah Al Mukarramah towards a better urban environment*. Makkah, Saudi Arabia: Holly Capital Municipality, 34–5. [in Arabic]

المؤتمرات المحلية والعالمية. الموقع الشخصي: <https://uqu.edu.sa/Profile/ahmonawar>

المراجع

- جرانوتييه، برنار. ترجمة: الفاضلي، علي بهجت. (1987). *الإسكان الحضري: السكن الحضري في العالم الثالث المشكلات والحلول*، الإسكندرية، جمهورية مصر العربية: منشأة المعارف.
- الدرديري، داليا حسين محمد. (2013). المعايير التخطيطية لتحقيق البعد الإنساني بالمدينة العربية- الحالة الدراسية مدينة الخبر. *مجلة جامعة الملك سعود للعمارة والتخطيط*، 25(2)، 67–115.
- سندي، فهد. (2019). *تقييم مشروعات الإسكان في المملكة العربية السعودية في ضوء الموروث الثقافي والاجتماعي والبيئي- دراسة مقارنة*، رسالة ماجستير، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- الشدي، وعد بنت عبد الله. (2008). *الشقة السكنية كنمط إسكان للعائلة السعودية: مدخل لتيسير الإسكان*. في: *الندوة الثانية للإسكان الميسر*، الرياض، المملكة العربية السعودية، 28–30/4/2008.
- العبيسي، عبده ثابت. (2009). *تخطيط مدن جنوب شرق آسيا ومدى الاستفادة منها، الصين نموذج، المعايير والتطبيقات*، *مجلة المهندس اليمني*، 1(2)، 38–51.
- المجرشي، عبد الرحمن والعبيسي، عبده. (2020). *دراسة مقارنة بين تخطيط المجاورات السكنية وواقع تنفيذها*، مخطط الربوة بمدينة مكة المكرمة نموذج، *مجلة جامعة أم القرى للهندسة والعمارة*، 11(2)، 48–56.
- المرصد الحضري لمكة المكرمة. (2010). *نتائج المؤشرات الحضرية لإحياء مكة المكرمة. الدورة الأولى: نحو بيئة حضرية أفضل*، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية: أمانة العاصمة المقدسة، 34–5.
- منور، عبد الغني والعبيسي، عبده. (2020). *تخطيط المناطق السكنية بمدينة مكة المكرمة*. في: *المؤتمر والمعرض الهندسي الدولي الثاني*، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2–5/3/2020.
- موسى، محمد عزمي. (د.ت). *محاضرات في التخطيط العمراني*، مطبعة جامعة أسيوط: أسيوط، جمهورية مصر العربية.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2005). *دليل تخطيط مراكز الأحياء والمجاورات السكنية*، وكالة الوزارة لتخطيط المدن، الرياض، المملكة العربية السعودية، 3–14.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2016). *إعداد المعايير التخطيطية للخدمات العامة الإقليمية والمحلية ومستوياتها المختلفة: ملخص المعايير التخطيطية المطورة للخدمات*، وكالة الوزارة لتخطيط المدن، الرياض، المملكة العربية السعودية، 6–30.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (1975). *مخطط أرض الشوقية*، أمانة العاصمة المقدسة، الإدارة العامة للتخطيط العمراني، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (1982). *مخطط شرائع المجاهدين- مخطط رقم 3*، أمانة العاصمة المقدسة، الإدارة العامة للتخطيط العمراني، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (1986). *مخطط الربوة*، أمانة العاصمة المقدسة، الإدارة العامة للتخطيط العمراني، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- Al Absi, A.T. (2009). *Takhtit mudun janub sharq 'asya wamadiy alaistifadat minha- alsayn namudhaju, almaeayir waltatbiqati 'Planning the cities of Southeast Asia and the extent to which it is benefited - China Model, Standards and Applications. Journal of the Yemeni Engineer*. 1(2), 38–51. [in Arabic]
- Al Absi, A. and Monawar, A. (2020). *Takhtit almanatiq alsakaniat bimadinat makat almukaramatu 'Planning of residential areas in Makkah Al-Mukarramah*. In *Second International Engineering Conference and Exhibition*, Riyadh, Saudi Arabia, 2–5/3/2020. [in Arabic]
- Al Dardiri, D.H.M. (2013). *Almaeayir altakhtitiat lithaqiq albu'ed al'iinsanii bialmadinat allearabiatalhalat aldirasiyat madinat alkhobar 'Planning standards to achieve the human dimension in the Arab city - case study of Al Khobar city*. *Journal of King Saud University: Architecture and Planning*, 25(2), 115–67. [in Arabic]
- Al Majrashi, A. and Al Absi, A. (2020). *Dirasat muqaranat bayn takhtit almujaawarat alsakaniat wawaqie tanfidhiha, mukhatat alrabwat bimadinat makat almukaramat namudhaju 'A comparative study between the planning of residential neighborhoods and the reality of its implementation, Al-Rabwa scheme in the city of Makkah Al-Mukarramah as a model. Umm Al-Qura University Journal of Engineering and Architecture*, 11(2), 48–56. [in Arabic]
- Al Shadi, W.A. (2008). *Alshaqat alsakaniat kanamat 'iiskan lileayilat alsaeudiat: madkhal litaysir al'iiskan 'Apartment as a housing pattern for the Saudi family: An Introduction to facilitate housing*. In *Second*



Examples of Pomonoids of Full Transformations of a Poset

Bana Al Subaiei

Department of Mathematics and Statistics, College of Science, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/sci/210068>

RECEIVED
05/10/2021

ACCEPTED
15/01/2022

PUBLISHED ONLINE
15/01/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
3290

NO. OF PAGES
4

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

In this research, the partially ordered monoid (simple pomonoid) full transformations of a poset $\mathcal{O}(X)$ is studied, and some related properties are examined. We show that when the poset X is not totally ordered, the pomonoid of all decreasing singular self-maps of a poset X (denoted by S^-) and the pomonoid of all increasing singular self-maps of a poset X (denoted by S^+) may not be generally isomorphic. Some specific partial ordered relations are considered, and the cardinalities of S^- and S^+ under these relations are found. The set of fixed, decreasing, and increasing points of mapping α in $\mathcal{O}(X)$ are also investigated.

KEYWORDS

Posets, pomonoids, full transformations

CITATION

Al Subaiei, B. (2022). Examples of pomonoids of full transformations of a poset. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 26–9. DOI: 10.37575/b/sci/210068

1. Introduction and Preliminaries

The semigroup of full transformations on a set has been studied extensively, and many research papers have been published on this subject, such as Howie (1966) and Howie (1971). The semigroup order-preserving (monotone) full transformations of a totally ordered set has also been investigated thoroughly, and substantial literature exists on this subject, such as Howie and Schein (1973), Schein (1975), and Kemprasit and Changphas (2000). The semigroup of all singular self-maps of a totally ordered set has also been studied in Gomes and Howie (1987), Gomes and Howie (1992), and Umar (1992a). As such, it is reasonable to present a new approach to the semigroup order-preserving full transformations of a totally ordered set based on order relations that are in increasing and decreasing orders. Therefore, in the 1990s, the study of semigroup order-increasing full transformations of a totally ordered set and the semigroup order-decreasing full transformations of a totally ordered set were investigated, see Umar (1992a), Umar (1992b), and Umar (1996). All of this research studied the order-preserving full transformations of a totally ordered set as a semigroup. Sohail (2010) considered the pomonoid full transformations of a poset in connection with the ordered representation of a pomonoid. The category of pomonoids has been considered more recently by many researchers, such as Gould and Shaheen (2010), Al Subaiei and Renshaw (2016), Ahanger and Shah (2020), and Al Subaiei (2021). This paper aims to study the order-preserving full transformations of a poset as a pomonoid without limiting the order on the poset for the total order relation.

A set X with a partial order relation is known as a poset. A map $f: X \rightarrow Y$ where X and Y are posets is called a monotone (order-preserving) whenever $x \leq x'$ then $xf \leq x'f$, where $x, x' \in X$ and $xf, x'f \in Y$. Throughout the study, for any map f , f will be written on the right of its argument as xf , and the set of images of f will be denoted by $\text{Img } f$.

A semigroup (resp. monoid) with a partial order relation is called a posemigroup (resp. pomonoid) whenever the partial order relation is compatible with the binary operation. This indicates the following: consider the posemigroup T and the partial order relation \leq , when $t \leq t'$, then $tt'' \leq t't''$ and $t''t \leq t''t'$ for all $t'' \in T$. An element t in a semigroup T is an idempotent if it satisfies the condition $t^2 =$

t . Readers can refer to Howie (1995) and Kilp *et al.* (2000) for basic information and terminology on semigroups and monoids and Sohail (2010) and Al Subaiei (2014) for posemigroups and pomonoids.

A full transformation of a set X is the set of all maps from X to X and is usually denoted by $\mathcal{T}(X)$. It is well known that $\mathcal{T}(X)$ is a monoid. The order-preserving full transformations of a poset X is the set of all monotone maps from X to X and is usually denoted by $\mathcal{O}(X)$. This set $\mathcal{O}(X)$ is a pomonoid where the binary relation is composition and the partial order relation is a point-wise order (for any $f, g \in \mathcal{O}(X)$, $f \leq g$ whenever $xf \leq xg$ for all $x \in X$). It is clear that the pomonoid $\mathcal{O}(X)$ is a submonoid of $\mathcal{T}(X)$. The pomonoid $\mathcal{O}(X)$ is known also as the pomonoid full transformations of a poset X .

Let X be a finite poset. The subsemigroup of all singular self-maps of X is

$$\text{Sing} = \{\alpha \in \mathcal{O}(X) : |\text{Img } \alpha| \leq |X| - 1\}.$$

It is clear that this subsemigroup with the point-wise order is a posemigroup. The set of all decreasing singular self-maps of X is

$$S^- = \{\alpha \in \text{Sing} : \forall x \in X, x\alpha \leq x\}$$

while the set of all increasing singular self-maps of X is

$$S^+ = \{\alpha \in \text{Sing} : \forall x \in X, x\alpha \geq x\}.$$

The set of shifting points of the mapping α in $\mathcal{O}(X)$ is

$$S(\alpha) = \{x \in X : x\alpha \neq x\}$$

and the cardinality of this set is called shift of α , usually denoted by $s(\alpha)$. The defect of α in $\mathcal{O}(X)$ is the cardinality of the set $Z(\alpha) = X \setminus \text{Img } \alpha$. The set of fixed points of mapping α in $\mathcal{O}(X)$ is defined as:

$$F(\alpha) = \{x \in X : x\alpha = x\}.$$

The cardinality of the set of fixed points of α , $F(\alpha)$, is denoted by $f(\alpha)$.

2. Results

The primary objective of this work is to study the pomonoid full transformations of a finite poset X , $\mathcal{O}(X)$. The aim is to examine some known results for the semigroup full transformations of a totally ordered set as in Umar (1992a) on the pomonoid full transformations of a poset, where the order on the poset is any partial order relation. As the analog of most properties in the category of

monoids has two versions in the category of pomonoids, the first with " $=$ " and the other with " \leq ", this will also apply to the set of fixed points. Therefore, the ordered versions will be as follows:

$$F(\alpha)^< = \{x \in X : x\alpha \leq x\}$$

and

$$F(\alpha)^> = \{x \in X : x\alpha \geq x\}.$$

The poset $F(\alpha)^<$ will be called the set of decreasing fixed points of mapping α , while the poset $F(\alpha)^>$ will be called the set of increasing fixed points of mapping α . The following result is straightforward to prove.

2.1. Lemma:

Let $\alpha \in \mathcal{O}(X)$. Then,

1. $F(\alpha) = F(\alpha)^< \cap F(\alpha)^>$.
2. When $\alpha \in S^-$ then $F(\alpha)^< = X$.
3. When $\alpha \in S^+$ then $F(\alpha)^> = X$.

2.2. Theorem:

The set S^- and S^+ are posemigroups.

Proof: It is obvious that S^- and S^+ are subsemigroups of $Sing$. We want to prove that S^- and S^+ are posemigroups; specifically, we want to prove that the partial order relation is compatible with the binary operation. Suppose that $\alpha, \beta \in S^-$ and $\alpha \leq \beta$. So, for all $x \in X$, we have $x\alpha \leq x\beta$. Then, for any $\gamma \in S^-$, we know from the definition of S^- that $\gamma \in Sing$. Hence, $\gamma \in \mathcal{O}(X)$, and so we get $x\alpha\gamma \leq x\beta\gamma$. Thus, $\alpha\gamma \leq \beta\gamma$. Now, since $x\gamma \in X$ and $x\alpha \leq x\beta$ for all $x \in X$, we get $x\gamma\alpha \leq x\gamma\beta$. Thus, $\gamma\alpha \leq \gamma\beta$. Therefore, S^- is a posemigroup. By using a similar process, we can show that S^+ is also a posemigroup. ■

Clearly, we can obtain the following corollary.

2.3. Corollary:

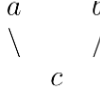
The set S^- and S^+ are subpomonoids of $Sing$.

It is known from Lemma 1.1 of Umar (1992b) that when the order of X is totally ordered, then S^- and S^+ are isomorphic; however, this is not true for any partial order relation as the following example shows.

2.4. Example:

Let $X = \{a, b, c\}$ be a poset with a partial order relation defined as:

Figure 1: The partial order relation of the poset X



$$\begin{aligned} \text{Then, } \mathcal{O}(X) = \{ & \gamma_1 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ a & b & c \end{pmatrix}, \quad \gamma_2 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ a & a & a \end{pmatrix}, \\ & \gamma_3 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ a & a & c \end{pmatrix}, \quad \gamma_4 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ b & b & c \end{pmatrix}, \quad \gamma_5 = \\ & \begin{pmatrix} a & b & c \\ b & b & b \end{pmatrix}, \quad \gamma_6 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ b & b & a \end{pmatrix}, \quad \gamma_7 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ b & a & c \end{pmatrix}, \\ & \gamma_8 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ c & c & c \end{pmatrix}, \quad \gamma_9 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ a & c & c \end{pmatrix}, \quad \gamma_{10} = \\ & \begin{pmatrix} a & b & c \\ b & c & c \end{pmatrix}, \gamma_{11} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ c & b & c \end{pmatrix}, \gamma_{12} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ c & a & c \end{pmatrix} \}. \end{aligned}$$

The subset of decreasing singular self-maps of X is $S^- = \{\gamma_8, \gamma_9, \gamma_{11}\}$, and the subset of increasing singular self-maps of X is $S^+ = \emptyset$. It is clear that these are not isomorphic.

2.5. Lemma:

Let X be a poset. Then,

1. If a_i is not comparable with any elements, then for any $\alpha \in S^-$, $a_i\alpha = a_i$.
2. If a_i is not comparable with any elements, then for any $\beta \in S^+$, $a_i\beta = a_i$.
3. If X has a minimum element a , then for any $\alpha \in S^-$, $a\alpha = a$.
4. If X has a maximum element b , then for any $\beta \in S^+$, $b\beta = b$.

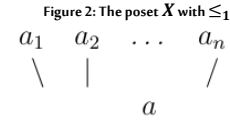
Proof:

1. Suppose that a_i is not comparable with any element and $\alpha \in S^-$. From the definition of S^- , we have $a_i\alpha \leq a_i$. Since a_i is not comparable with any element and the relation on X is a partial order relation, then $a_i\alpha$ must be equal to a_i .
2. The proof is obtained by using a similar argument to case (1).
3. Suppose that X has a minimum element a . From the definition of S^- $a\alpha \leq a$. Since a is a minimum element, then $a \leq a\alpha \leq a$. So, as the relation on X is a partial order relation, then $a\alpha$ must be equal to a .
4. The proof is obtained by using a similar argument to case (3). ■

In the following results, we will concentrate on some particular partial order relations and examine some related properties of the full transformations on the pomonoid full transformations of a poset.

2.6. Theorem:

Let $X = \{a_1, a_2, \dots, a_n, a\}$ be a finite set with a partial order relation \leq_1 defined such that

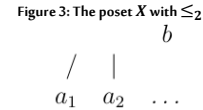


Then, $S^+ = \emptyset$.

Proof: Suppose that $\alpha \in S^+$. Then, $a_i\alpha \geq a_i$ and $a\alpha \geq a$ where $1 \leq i \leq n$. Since there are no elements greater than a_i , then $a_i\alpha = a_i$. From Lemma 2.5, we get that $a\alpha = a$. Hence, α will be the identity map and $\alpha \notin Sing$. Since this is a contradiction, there is no α in S^+ . ■

2.7. Theorem:

Let $X = \{a_1, a_2, \dots, a_n, a\}$ be a finite set with a partial order relation \leq_2 such that



Then, $S^- = \emptyset$.

The proof has a similar argument to the proof of Theorem 2.6.

2.8. Proposition:

Let X be a finite poset.

1. When $X = \{a_1, a_2, \dots, a_n, a\}$ is a poset with the partial order \leq_1 , then for any $\alpha \in S^-$ $a_i\alpha \in \{a, a_i\}$, for all $i = 1, 2, \dots, n$.
2. When $X = \{a_1, a_2, \dots, a_n, b\}$ is a poset with the partial order \leq_1 , then for any $\beta \in S^+$ $a_i\beta \in \{b, a_i\}$, for all $i = 1, 2, \dots, n$.

Proof:

1. Suppose that $\alpha \in S^-$. Hence, $a_i\alpha \leq a_i$ and $a\alpha \leq a$. Therefore, $a_i\alpha \in \{a_i, a\}$.
2. The proof is obtained by using a similar procedure to case (1). ■

2.9. Theorem:

Let X be a finite poset.

1. When $X = \{a_1, a_2, \dots, a_n, a\}$ is a poset with the partial order \leq_1 ,

2.13. Theorem:

Let $Y' = \{a_1, a_2, \dots, a_j, a_{j+1}, \dots, a_n\}$ be a poset with the partial order relation \leq_4 . Then, S^- and S^+ are isomorphic subposetsemigroups of $Sing Y'$.

The proof has a similar procedure to the proof of Theorem 2.12 above and Lemma 1.1 in Umar (1992b). We simply need to define the map $f: S^- \rightarrow S^+$ by $f(\alpha) = \alpha^*$ as the following:

- (i) $a_i \alpha^* = a_{n - \{a_{(n-i+1)} \alpha \rho\} + 1}$ when $1 \leq i \leq j$.
- (ii) $a_i \alpha^* = a_{j - \{a_{(j-i+1)} \alpha \rho\} + 1}$ when $j + 1 \leq i \leq n$.

where $a_i \rho = i$.

2.14. Proposition:

Let $Y' = \{a_1, a_2, \dots, a_j, a_{j+1}, \dots, a_n\}$ be a poset with the partial order relation \leq_3 . Then,

1. For any $\alpha \in S^-$, then $a_i \notin Z(\alpha)$ where $j + 1 \leq i \leq n$ and $1 \leq \text{defect of } \alpha \leq j$.
2. For any $\alpha \in S^+$, then $a_i \notin Z(\alpha)$ where $j + 1 \leq i \leq n$ and $1 \leq \text{defect of } \alpha \leq j$.

Proof.

1. From Lemma 2.5, we know that $a_i \alpha = a_i$ when $j + 1 \leq i \leq n$. Hence, $a_i \in \text{Im } f$. Therefore, $a_i \notin Z(\alpha)$. Since there are $n - j$ elements not in $Z(\alpha)$, then $1 \leq f(\alpha) \leq j$.
2. The proof of this case has a similar argument to case (1). ■

2.15. Remark:

It is known from Lemma 2.3.1 in Umar (1992a) that $F(\alpha\beta) = F(\alpha) \cap F(\beta)$. However, this is not true when the partial order relation is not totally ordered. In Example 2.4, we have $F(\gamma_4) \cap F(\gamma_7) = \{b, c\} \cap \{c\} = \{c\} \neq F(\gamma_4\gamma_7) = F(\gamma_3) = \{a, c\}$. Also, this result does not hold for the ordered version of the set of fixed points, which is the set of decreasing fixed points of α and the set of increasing fixed points of α . Furthermore, in Example 2.4, we have $F(\gamma_9)^< \cap F(\gamma_7)^< = \{a, b, c\} \cap \{c\} = \{c\} \neq F(\gamma_9\gamma_7)^< = F(\gamma_{10})^< = \{b, c\}$ and $F(\gamma_2)^> \cap F(\gamma_6)^> = \{a, c\} \cap \{b, c\} = \{c\} \neq F(\gamma_2\gamma_6)^> = F(\gamma_5)^> = \{b, c\}$. Therefore, in the pomonoid full transformations of a poset, we have the following general cases:

$$\begin{aligned} F(\alpha\beta) &\neq F(\alpha) \cap F(\beta) \\ F(\alpha\beta)^< &\neq F(\alpha)^< \cap F(\beta)^< \\ F(\alpha\beta)^> &\neq F(\alpha)^> \cap F(\beta)^> \end{aligned}$$

Moreover, it is known from Lemma 2.3.1 in Umar (1992a) that $F(\alpha\beta) = F(\beta\alpha)$. However, this is also not valid when the partial order relation is not totally ordered. In Example 2.4, we have $F(\gamma_4\gamma_7) = F(\gamma_3) = \{a, c\} \neq F(\gamma_7\gamma_4) = F(\gamma_4) = \{b, c\}$, $F(\gamma_9\gamma_7)^< = F(\gamma_{10})^< = \{b, c\} \neq F(\gamma_7\gamma_9)^< = F(\gamma_{12})^< = \{a, c\}$, and $F(\gamma_2\gamma_6)^> = F(\gamma_5)^> = \{b, c\} \neq F(\gamma_6\gamma_2)^> = F(\gamma_2)^> = \{a\}$. Therefore, in the pomonoid full transformations of a poset, we have the following cases in general:

$$\begin{aligned} F(\alpha\beta) &\neq F(\beta\alpha) \\ F(\alpha\beta)^< &\neq F(\beta\alpha)^< \\ F(\alpha\beta)^> &\neq F(\beta\alpha)^> \end{aligned}$$

2.16. Theorem:

Let $X = \{a_1, a_2, \dots, a_n, a\}$ be finite poset with the partial order relation \leq_1 . Then, any $\alpha \in S^-$ is an idempotent.

Proof. Suppose that $\alpha \in S^-$. From Lemma 2.5, we know that $a\alpha = a$. For all a_i , where $1 \leq i \leq n$, it is clear that $a_i\alpha \in \{a_i, a\}$. When $a_i\alpha = a_i$, then $a_i\alpha^2 = a_i$. While when $a_i\alpha = a$ then $a_i\alpha^2 = a$. Therefore, α is an idempotent. ■

By using a similar argument, we can obtain the following:

2.17. Theorem:

Let $X = \{a_1, a_2, \dots, a_n, a\}$ be a finite poset with the partial order relation \leq_2 . Then, any $\alpha \in S^+$ is an idempotent.

As known from Lemma 2.1.4 in Umar (1992a), α is an idempotent if $f(\alpha) = n - 1$. However, this is not true in general for any partial order relation. Consider the element γ_8 in Example 2.4 γ_8 is an idempotent and $f(\gamma_8) = 1 \neq 2$.

Biography

Bana Al Subaiei

Department of Mathematics and Statistics, College of Science, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, banajawid@kfu.edu.sa, 00966500816416

Dr. Al Subaiei is a Saudi assistant professor of mathematics and statistics. She has been a vice-dean of Preparatory Year Deanship from 2017 up to the present. She obtained her PhD and master's degrees from the University of Southampton, Southampton, United Kingdom. In addition, she has published some papers in ISI and Scopus journals. She joined various committees in the department, college, and university levels, such as the main committee of scientific chairs and the committee of development and quality assurance at the College of Science. ORCID ID: 0000-0001-6279-4959

References

- Ahanger, S.A. and Shah, A.H. (2020). On zigzag theorem for commutative pomonoids and certain closed and absolutely closed monoids and pomonoids. *Beitr Algebra Geom.*, **61**(1), 9–21.
- Al Subaiei, B. (2014). *Unitary Posets and Amalgamation of Pomonoids*. PhD Thesis, University of Southampton, Southampton, United Kingdom.
- Al Subaiei, B. and Renshaw, J. (2016). On free products and amalgams of pomonoids. *Communications in Algebra*, **44**(6), 2455–74.
- Al Subaiei, B. (2021). Connectivity, indecomposable and weakly reversible in S-posets. *Asian-European Journal of Mathematics*, **14**(8), 2150139-1–2150139-14.
- Gomes, G.M.S. and Howie, J.M. (1987). On the ranks of certain finite semigroups of transformations. *Math. Proc. Cambridge Phil. Soc.*, **101**(3), 395–403.
- Gomes, G.M.S. and Howie, J.M. (1992). On the ranks of certain semigroups of order-preserving transformations. *Semigroup Forum*, **45**(3), 272–82.
- Gould, V. and Shaheen, L. (2010). Perfection for pomonoids. *Semigroup Forum*, **81**(1), 102–27.
- Howie, J.M. (1966). The subsemigroup generated by the idempotents of a full transformation semigroup. *Journal London Math. Soc.*, **41**(1), 707–16.
- Howie, J.M. (1971). Products of idempotents in certain semigroups of transformations. *Proc. Edinburgh Math. Soc.*, **17**(2), 223–36.
- Howie, J.M. and Schein, B.M. (1973). Products of idempotents order-preserving transformations. *J. London Math. Soc.*, **7**(2), 357–66.
- Howie, J.M. (1995). *Fundamentals of Semigroup Theory*. New York, NY: Oxford Science Publications.
- Kemprasit, Y. and Changphas, T. (2000). Regular order-preserving transformation semigroups. *Bull. Austral. Math. Soc.*, **62**(3), 511–24.
- Kilp, M. Knauer, U. and Mikhalev, A.V. (2000). *Monoids, Acts and Categories*. Berlin: De Gruyter.
- Schein, B.M. (1975). Products of idempotent order-preserving transformations of arbitrary chains. *Semigroup Forum*, **11**(n/a), 297–309.
- Sohail, N. (2010). *On Amalgamation of Partially Ordered Monoids*. PhD Thesis, Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan.
- Umar, A. (1992a). *Semigroups of Order-decreasing Transformations*. PhD Thesis, St. Andrews University, Scotland, United Kingdom.
- Umar, A. (1992b). On the semigroups of order-decreasing finite full transformations. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A*, **120**(1–2), 129–42.
- Umar, A. (1996). Semigroups of order-decreasing transformations: The isomorphism theorem. *Semigroup Forum*, **53**(n/a), 220–4



Growth and Survival of Goldfish (*Carassius auratus*) Juveniles Fed *Tubifex*, Custard Meal and Commercial Feeds

Roshmon Thomas Mathew¹, Sudip Debnath², Pankaj Kundu², Yousef Ahmed Alkhamis^{1,3}, Md. Mostafizur Rahman⁴, Md. Moshir Rahman², Md. Golam Sarower², Sheikh Mustafizur Rahman²

¹Fish Resources Research Center, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

²Fisheries and Marine Resource Technology Discipline, Khulna University, Khulna, Bangladesh

³Department of Animal and Fish Production, College of Agricultural and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

⁴Disaster and Human Security Managements, Bangladesh University of Professionals, Dhaka, Bangladesh



LINK	RECEIVED	ACCEPTED	PUBLISHED ONLINE	ASSIGNED TO AN ISSUE
https://doi.org/10.37575/b/vet/210080	28/11/2021	12/02/2022	12/02/2022	01/06/2022
NO. OF WORDS	NO. OF PAGES	YEAR	VOLUME	ISSUE
5329	6	2022	23	1

ABSTRACT

An experiment was conducted to investigate suitable feed for *Carassius auratus* juveniles. 30-day-old juveniles (3.31 ± 0.14 cm and 0.84 ± 0.3 g) were reared in glass aquaria ($50 \times 30 \times 30$ cm³) at stocking density of 10 juveniles/aquaria in triplicates. The juveniles were fed four different feeds, *Tubifex*, egg custard, commercial feed, and aquarium feed, twice daily until satiation. After 28 days of trial, fish fed custard and *Tubifex* had significantly higher survival rates (91% and 88%) than those fed aquarium feed (81%, $P < 0.05$) and commercial fish feed (75%, $P < 0.05$). The final length, weight, absolute growth rate and metabolic growth rate were significantly varied among the treatments ($P < 0.05$). However, no significant differences were evident in weight gain and SGR ($P > 0.05$). The fish fed custard and *Tubifex* were comparable in terms of growth performance ($P > 0.05$) while a significantly lower growth rate was found in fish fed commercial feed ($P < 0.05$). Fish fed *Tubifex* and custard had significantly higher protein content (15.28% and 14.86%, respectively) than those fed commercial fish feed (13.41%) and aquarium feed (12.21%). The overall findings suggest that the formulated egg custard can promote growth and survival in goldfish.

KEYWORDS

Ornamental fish, *Tubifex*, egg custard, juveniles, growth performance

CITATION

Mathew, R.T., Debnath, S., Kundu, P., Alkhamis, Y.A., Rahman, M.M., Rahman, M.M., Sarower, M.G. and Rahman, S.M. (2022). Growth and survival of goldfish (*Carassius auratus*) juveniles fed *Tubifex*, custard meal and commercial feeds. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 30–5.

DOI:10.37575/b/vet/210080

1. Introduction

The rising interest in rearing ornamental fish has led to an increased international aquarium fish trade. Among the widely accepted ornamental fish, goldfish (*Carassius auratus*) is one of the commercially important species. It was originally popular from China to Eastern Europe and has now spread all over the world due to its wide range of morphological adaptation and diversity (Ota and Abe, 2016). Nowadays, this species is mostly reared in an intensive culture system where the growth of the fish largely depends on the nutritional quality and quantity of the food provided (Kaiser *et al.*, 2003). Food quality as well as availability affect the fish growth in all life stages and have a great influence on successful aquaculture. In a production cycle, the earlier life stage is considered the most crucial stage for most fish species (Abi-Ayad and Kestemont, 1994). The earlier life stage of goldfish requires specific environmental conditions including appropriate feeds to survive and grow (Kestemont, 1995).

The larval rearing of non-salmonid fish such as goldfish and carp largely relies on the culture of live feeds, although several efforts have been made to find suitable alternatives (Bryant and Matty, 1980). In general, living feed organisms contain higher crude protein (60–65%), moderate lipids (8–9%) and lower crude fiber (4–5%) (Sharma, 2020). Different live feeds, such as *Branchionus*, *Chironomus*, *Moina*, *Tubifex* and *Artemia* have long been used for rearing the larvae or juveniles of various fish species (Cruz and James, 1989; Evangelista *et al.*, 2005; Fermin and Recometa, 1988). Among the live feeds used in fish larvae culture, *Artemia* nauplii is the most widely used food item. However, the demand for *Artemia* cysts has exceeded the supply, and prices have risen exponentially, creating a bottleneck for the expansion of hatcheries (Lavens and Sorgeloos, 2000; Sorgeloos *et al.*, 2001) and increased problems for

developing countries in terms of affordability (Evangelista *et al.*, 2005). Thus, research leading to the use of an alternative feed or at least optimization of cyst usage can reduce production costs.

Tubifex is one of the potential live feed candidates because of its substantial use as a nutritious food commodity for fish larvae. Although it grows in waste water with health hazard issues and the risk of spreading certain protozoan diseases in fish (Brinkhurst, 1996), the availability and appropriate size make this candidate prominent in the aquarium business as well as the commercial fish business. Moreover, *Tubifex* is rich in protein and essential fatty acids such as n-3 (C18: 3n-3 and C20: 5n-3) and n-6 (C18:2n-6 and C20:4n-6) fatty acids (Görelşahin *et al.*, 2018; Yanar *et al.*, 2003). It has already been established to increase the growth performance of different fish species such as *Chitala chitala* (Sarkar *et al.*, 2007), *Clarius macrocephalus* (Santiago *et al.*, 2003), *Notopterus chitala* (Sontakke *et al.*, 2019), and *Sander lucioperca* (Bódis *et al.*, 2007). Furthermore, several studies reported *Tubifex* as an alternative to *Artemia* for different fish species such as catfish (Arslan *et al.*, 2009; Evangelista *et al.*, 2005). Beside live feeds, studies reported that formulated egg custards are also used for larval rearing of different fish species and attained better results than commercially available formulated feeds (Malla and Banik, 2015). Formulated feeds are specially aimed to achieve optimal growth of certain fish species with species-specific, appropriate and adequate nutritional composition (Sultan Mohideen *et al.*, 2014). Moreover, these feeds are also being targeted to attain lower conversion ratio to minimize the feed cost.

Hitherto, there is no study comparing the effect of live feed and egg custard on goldfish. Therefore, the present study was undertaken to investigate the effects of live feed (*Tubifex*), homemade egg custard and two commercial feeds (fish feed and aquarium feed) on growth, survivability, and body protein content of the goldfish (*C. auratus*).

2. Materials and Methods

2.1. Feeds:

Four experimental feeds, namely *Tubifex*, homemade egg custard, commercial fish feed (Quality Feeds Limited, Bangladesh) and aquarium feed (Sky Fish, China), were used in this study. Commercial fish feed was collected from the local feed market. Live *Tubifex* and aquarium feed commonly used for goldfish were collected from local aquarium shops. *Tubifex* was chopped into small pieces using a disinfected blade and scissors, and preserved in a refrigerator (-18°C) in the form of a small cube until use. The egg custard was prepared using several ingredients, as presented in Table 1. The ingredients were blended, and the mixture was boiled in an autoclave for 30 min. at 110–118°C. After cooling, it was cut into small pieces, individually wrapped with polyethylene film, and stored at -18°C until used. Moisture and protein contents of the experimental feeds are presented in Table 2.

Table 1: Ingredients (g/kg) used for preparing egg custard (Nik Sin and Shapawi, 2017).

Ingredients	Unit
Cornflower	50 g
Agar powder	20 g
Milk powder	500 g
Egg	325 g
Cod liver oil	5 g
Prawn meat	100 g

Table 2: Moisture (%) and protein (% dry weight basis) of four different dietary treatments.

Dietary treatments	Moisture (%)	Protein (%)
<i>Tubifex</i>	82.28±0.32	55.64±3.3
Custard	70.23±0.41	43.08±2.54
Commercial fish feed	11.45±0.27	29.17±0.54
Aquarium feed	11.26±0.19	18.80±0.73

2.2. Fish Rearing:

Thirty-day-old goldfish juveniles were collected from the local fish breeders of Khulna city, Bangladesh and transported in oxygenated polythene bags to the Fish Physiology Laboratory of the Fisheries and Marine Resource Technology Discipline, Khulna University, Khulna, Bangladesh. Fish were randomly stocked in 12 rectangular glass tanks (50×30×30 cm³) each containing 15 liters of water. All tanks were adorned with an air stone to ensure sufficient dissolved oxygen (DO). Key water quality parameters (temperature, pH, and DO) were checked regularly to maintain the water quality in optimum ranges (Table 3).

2.3. Experimental Procedures:

The experiment was conducted for 28 days. The four experimental feeds were randomly assigned in 12 tanks, resulting in 3 replications per treatment. In total, 10 fish with a mean initial length of 3.31±0.14 cm and weight of 0.84±0.3 g were randomly assigned to each of the 12 tanks from the common batch. About three-fourths of the water was changed twice a day before feeding (morning and afternoon). Adhered dirt inside the tank walls and small pieces of hose pipe used as fish shelters were cleaned twice a week.

The fish were hand-fed at their satiation level twice per day (8:00 am and 5:00 pm) and before every feeding, uneaten feed and feces were removed by siphoning. Before feeding, each *Tubifex* cube was thawed and given to the fish. Likewise, egg custard was thawed and crushed to make smaller pieces and sieved by a net with a 1 mm mesh size before feeding the fish.

2.4. Analytical Procedures and Calculations:

2.4.1. Fish Performance

At the end of the study, growth performances of individual fish were assayed by determining their weight and length gain, specific growth rate (SGR), and absolute and metabolic growth as described in Maas *et al.* (2021). Weight gain (g) was calculated as $W_f - W_i$, where W_f is the final weight of the fish, and W_i is the initial weight of the fish.

Likewise, length gain (cm) was calculated as $L_f - L_i$, where L_f is the final length of the fish and L_i is the initial length of the fish. Absolute growth rate (GR_{abs} , g d⁻¹) was calculated as $W_f - W_i / t$, where t is the duration of the experiment. Specific growth rate (SGR, % d⁻¹) was calculated as $100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / t$. Geometric mean body weight (W_g , g) and mean metabolic body weight (MBW_g , kg^{0.8}) were calculated as $\sqrt[3]{(W_f - W_i)}$ and $(W_g / 1000)^{0.8}$, respectively. Growth rate on metabolic weight (GR_{mbw} , g kg^{-0.8} d⁻¹) was calculated as $(W_f - W_i) / (MBW_g \times t)$. Survival rate (%) was calculated as $N_f / N_i \times 100$, where N_f is the number of fish at the end of the experiment and N_i is the number of fish at the beginning of the experiment.

2.4.2. Determination of Moisture and Protein

At the end of the growth trial, three fish from each tank were randomly sampled to determine their protein and moisture contents. Fish samples were stored at -20°C until further analysis. Fish and feed samples were analyzed using the same methods. The pellet feed samples were analyzed as whole pellets. Frozen fish samples were ground and homogenized, and then fresh ground fish samples were taken to determine moisture and crude protein. Moisture was determined by oven drying at 105°C for 24 hours until achieving constant weight. Crude protein (N×6.25) was determined according to the Kjeldahl method (AOAC, 1995).

2.5. Statistical Analysis:

Statistical analysis was performed using the IBM Statistical Package for the Social Science (SPSS) program (version 26.0; NY, USA) (IBM, 2019). Normality was checked using the Shapiro–Wilk test. To check homogeneity of variance, Levene's test was performed. To determine group differences in growth performance, survival, and body protein, data were subjected to one-way ANOVA. The Tukey post hoc test was performed for comparison of the mean among different groups. Significance was considered at $P < 0.05$.

3. Results

3.1. Water Quality Parameters:

The ranges of temperature, pH, and DO are shown in Table 3. The results show that water quality parameters did not show any significant ($P > 0.05$) differences among the dietary treatments and were in the optimal ranges for goldfish juveniles.

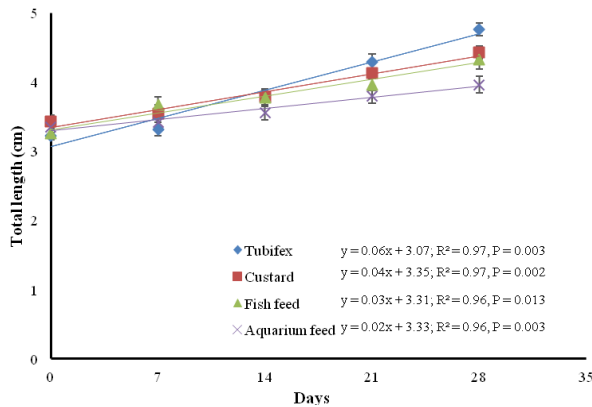
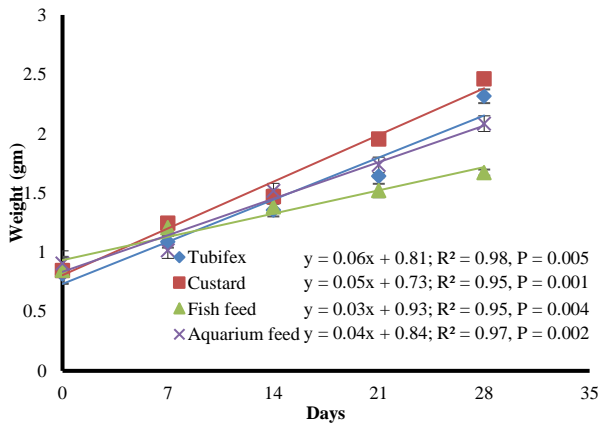
Table 3: Water quality parameters (Mean±SEM) measured during the experiment over 28 days.

Parameters	<i>Tubifex</i>	Custard	Fish feed	Aquarium feed
Temperature (°C)	26.05±0.08 ^a	26.35±0.22 ^a	27.21±0.61 ^a	26.26±0.14 ^a
pH	8.29±0.23 ^a	7.96±0.34 ^a	8.29±0.16 ^a	7.89±0.45 ^a
DO (mg/l)	7.85±0.26 ^a	7.59±0.21 ^a	6.89±0.27 ^a	7.33±0.33 ^a

The same superscripts in a row indicate no significant differences ($P > 0.05$)

3.2. Growth Performance:

The influences of four dietary treatments on growth performance parameters are presented in Table 4, and Figs. 1 and 2. Initial length and weight of goldfish juveniles did not vary significantly among the dietary treatments ($P > 0.1$). All fish significantly increased in length and weight during the experiment ($P < 0.05$; Figs. 1 and 2). After the 28-day feeding trial, significant differences were observed in final total length (cm), final weight (g), length gain (cm), weight gain (g), absolute growth rate (g d⁻¹), and metabolic growth rate (g kg^{-0.8} d⁻¹) ($P < 0.05$). There were no significant differences in growth performance parameters among fish fed custard and *Tubifex* except length gain. Fish fed custard had the numerically highest absolute growth rate (0.06 g d⁻¹) followed by those fed *Tubifex* (0.05 g d⁻¹) and aquarium feed (0.04 g d⁻¹). The lowest growth rate (0.03 g d⁻¹) was observed in fish fed commercial fish feed ($P < 0.05$). Similar patterns were also observed in metabolic growth rate (g kg^{-0.8} d⁻¹) and SGR (% d⁻¹).

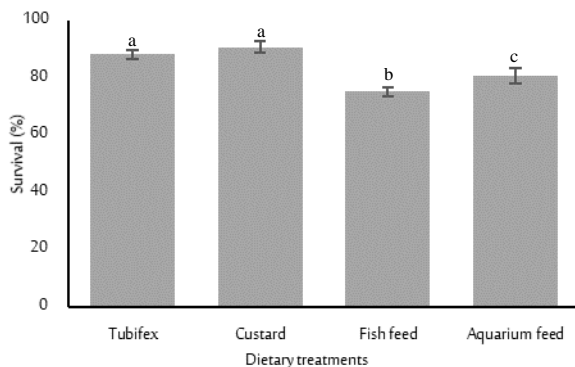
Figure 1: Mean length (\pm SEM) of goldfish fed different dietary treatments over 28 days.Figure 2: Mean weight (\pm SEM) of goldfish fed different dietary treatments over 28 days.Table 4: Growth performance parameters (Mean \pm SEM) of goldfish fed different dietary treatments.

	Tubifex	Custard	Fish feed	Aquarium feed	P-value
Length gain (cm)	1.54 \pm 0.12 ^a	1.00 \pm 0.08 ^{bc}	1.08 \pm 0.11 ^{bc}	0.62 \pm 0.04 ^d	0.001
Weight gain (g)	1.50 \pm 0.05 ^{ab}	1.61 \pm 0.07 ^a	0.82 \pm 0.09 ^d	1.18 \pm 0.08 ^c	<0.001
Weight gain (%)	183.59 \pm 4.03 ^a	199.56 \pm 33.53 ^a	104.84 \pm 28.55 ^d	135.35 \pm 21.58 ^c	0.087
SGR (% d ⁻¹)	3.69 \pm 0.05 ^a	3.85 \pm 0.40 ^a	2.48 \pm 0.47 ^d	3.03 \pm 0.34 ^c	0.081
GR _{abs} (g d ⁻¹)	0.05 \pm 0.00 ^{ab}	0.06 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.00 ^d	0.04 \pm 0.00 ^c	<0.001
GR _{mbw} (g kg ⁻¹ d ⁻¹)	10.35 \pm 0.18 ^a	10.91 \pm 1.09 ^a	6.56 \pm 1.20 ^d	8.33 \pm 0.90 ^c	0.037

SGR = Specific growth rate; GR_{abs} = Absolute growth rate; GR_{mbw} = Metabolic growth rate
 Different superscripts in the same row indicate significant differences ($P > 0.05$)

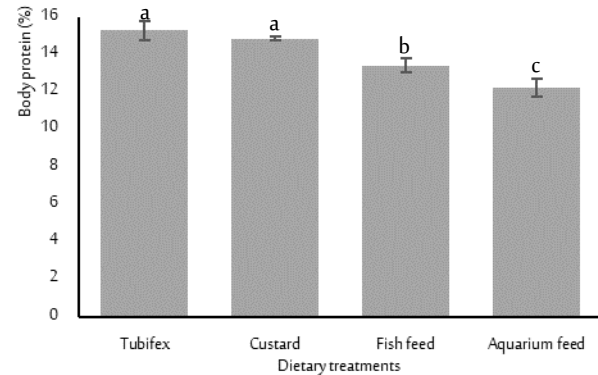
3.3. Survival:

The percentage of survival is shown in Fig. 3. The highest survival rate was recorded in fish fed custard (91%), which was higher in percentage than those fed *Tubifex* (88%), but significantly higher than those fed aquarium feed (81%) and commercial fish feed (75%). The lowest survival rate was found in fish fed commercial fish feed. Aquarium fed fish had significantly higher survival than those fed commercial fish feed ($P < 0.05$).

Figure 3: Survival of goldfish fed different dietary treatments. Different superscripts indicate significant differences among treatments ($P < 0.05$).

3.4. Protein Content in Fish Body:

Whole-body protein (% wet weight) is presented in Fig. 4. Like survival, there was no significant difference in body protein among fish fed *Tubifex* and custard ($P > 0.05$). However, fish fed *Tubifex* contained numerically higher body protein (15.28%) than those fed custard (14.86%). The lowest body protein (12.71%) was found in fish fed aquarium feed ($P < 0.05$).

Figure 4: Body protein (% wet weight) of goldfish fed different feeds. Different superscripts indicate significant differences among treatments ($P < 0.05$).

4. Discussion

Feeds and feeding are crucial elements in the culture of aquatic animals. Among the various life stages, the juvenile stage is considered one of the most sensitive phases during their life cycle. Juveniles of goldfish collected from the local market were reared for 28 days in this experiment to explore the effects of live and artificial feeds on growth performance and survival.

The results of the present study revealed that goldfish juveniles fed proteinaceous feed, *Tubifex* and custard, exhibited higher growth performance than those fed fish feed and aquarium feed. The higher growth achieved in juveniles fed *Tubifex* is similar to the findings of Mohanta and Subramanian (2002) and Mellisa *et al.* (2018) who found that goldfish fed *Tubifex* exhibited better growth performance. It has already been proved in different studies that *Tubifex* is one of the potential live feed candidates for larvae of different aquarium fish species such as zebrafish (*Brachydanio rerio*) (Bouguenec, 1992), guppy (*Poecilia reticulata*) (Görelşahin *et al.*, 2018), knifefish (*Chitala chitala*) (Sarkar *et al.*, 2006), Siamese fighting fish (*Betta splendens*) (Mandal *et al.*, 2010), and sailfin molly (*Poecilia latipinna*) (Mohideen *et al.*, 2014). Moreover, *Tubifex* also exhibited better performance in other fish species. South American catfish, surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*) juveniles fed *Tubifex*, for example, exhibited higher growth performance than those fed other formulated feeds (Arslan *et al.*, 2009). Likewise, higher growth performance by *Tubifex* was reported in two Asian catfish, *Pangasius bocourti* (Hung *et al.*, 2002) and *Clarias macrocephalus* (Evangelista *et al.*, 2005).

The differences in growth performance in the present study could be attributed to the nutrient composition in terms of protein content and the acceptability of the feeds, although many factors are related to making differences in growth performances. The adult goldfish can grow with vegetables matters, while juveniles of goldfish require a higher protein content in their feeds for better growth (Bandyopadhyay *et al.*, 2005). It has been reported that 40% protein is sufficient for optimal growth of goldfish (Mohanta and Subramanian, 2002). In the present study, the crude protein contents of the experimental feeds were 55.64, 43.08, 29.17, and 18.80% in *Tubifex*, custard, fish feed, and aquarium feed, respectively. Therefore, higher growth in *Tubifex*- and custard-fed

juveniles might be due to the presence of higher protein content in *Tubifex* and custard. The specific amino acids composition may play a great role in the growth performance of fish. *Tubifex* is rich in lysine (Yanar *et al.*, 2003), which acts as a growth promoter in juvenile goldfish, and it is reported that goldfish juveniles require feeds with high lysine content (Gatlin, 1987). Therefore, *Tubifex* could be a potential live feed candidate for goldfish juveniles. However, *Tubifex* is related to health hazard issues as it grows in waste water and also acts as a host of a myxozoan parasite, *Myxobolus cerebralis* (Brinkhurst, 1996). Although custard had lower protein content than *Tubifex*, fish fed custard showed numerically higher growth performance than those fed *Tubifex*. This may be due to the softness, palatability, and nutritional composition, as well as high consumption, which provided energy for fish growth. Therefore, homemade custard could be a promising alternative to *Tubifex* for ornamental fish species because the preparation of custard is easy for households. Moreover, the development of custard feed could reduce the dependency on live feeds as well as operational costs.

The poor growth rate observed in fish fed the pelleted feed suggests that the pellets used in this study were not suitable for optimal growth of goldfish juveniles. Formulated feeds can only be used for larval rearing of many finfish species if the level of acceptance is adequate and the particle intake per unit time per liter of water is high enough to prevent rapid disintegration of the feed (Pillay, 1993). In the present study, commercial fish pellet was used to compare the palatability with other feeds. The growth rate of fish with appropriate quality and adequate quantity of feed mostly depends on voluntary feed intake and assimilation of nutrients (Diana *et al.*, 1988; Sarkar *et al.*, 2007). It has been reported that feed acceptability is influenced by chemical stimuli created by the feed (Mackie and Adron, 1978). Moreover, feed intake largely depends on certain crucial factors, such as feed size, type, physical appearance, and attractiveness (Sarkar *et al.*, 2007). Although fish feed contained higher protein (29.17%) than aquarium feed (18.18%), the results showed that goldfish juveniles fed fish feed had significantly lower growth ($P < 0.05$). The crude protein present in the fish feed might have higher indigestible protein for goldfish, which, therefore, affected the feed utilization. Furthermore, it can be speculated that more energy was spent in processing the fish feed after ingestion resulted in poor growth.

Higher survival determines the success of any aquaculture operation. The survival rates were comparable between fish that consumed *Tubifex* and custard ($P > 0.05$) but significantly higher than those fed aquarium and fish feed ($P < 0.05$). In accordance with the present study, Mellisa *et al.* (2018) and Mohanta and Subramanian (2002) also recorded comparatively higher survival rates in goldfish juveniles fed *Tubifex*. The improvement in survival by *Tubifex* was also observed in *Pangasius bocourti* (Hung *et al.*, 2002), *Betta splendens* (Mandal *et al.*, 2010), *Pseudoplatystoma fasciatum* (Arslan *et al.*, 2009), *Poecilia latipinna* (Mohideen *et al.*, 2014), and *Poecilia reticulata* (Görelşahin *et al.*, 2018). Lower survival rates in goldfish juveniles fed fish feed may indicate the inappropriateness of commercial feeds for goldfish. Kaiser *et al.* (2003) also reported significantly lower survival rates in goldfish fed artificial feed than those fed live feed (*Artemia*) and combination, which is in line with the present study.

The findings of this study revealed that fish fed proteinaceous feeds had higher body protein content than those fed feed with lower protein levels. The highest body protein content was found in fish fed *Tubifex*, whereas the lowest body protein content was reported in fish fed aquarium feed. It is reported that goldfish can easily assimilate protein in their body and thus egest less nitrogen

(Bandyopadhyay *et al.*, 2005); however, it depends on feed quality. Bandyopadhyay *et al.* (2005) found that goldfish fed commercial feed had higher nitrogen and lipid excretion, and therefore, protein was not assimilated in the body, which resulted in poor feed utilization. Although *Tubifex* contained comparatively higher protein content than custard, the present study revealed numerically higher growth performance in fish fed custard than those fed *Tubifex*. In the present study, nitrogen balance was not investigated; therefore, further study is needed to solve this paradox.

5. Conclusions

The present study identified suitable feed for goldfish juveniles. In goldfish juveniles, custard meal and *Tubifex* yielded better growth than those fed fish feed and aquarium feeds. Custard meal and *Tubifex* not only reduced mortality but also improved the protein content in muscle. Considering the overall growth performances, availability, price, formulation, and ecological and economic benefits, custard meal could be a suitable feed for the juveniles of goldfish and other ornamental species. However, digestion and assimilation of the tested feeds in this study deserve further investigation.

Biographies

Roshmon Thomas Mathew

Fish Resources Research Center, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, rmathew@kfu.edu.sa, 00966552367650

Dr. Mathew is an Indian assistant professor. He obtained his PhD in Marine Biology from the Department of Studies in Marine Biology, Karnataka University, India. His research interests include multidisciplinary fields such as aquaculture, breeding of aquatic organisms, marine ecology, fisheries resources management, etc. He is a member of several aquaculture and marine conservation agencies and has published several articles in peer-reviewed journals. ORCID: 0000-0002-9292-7000

Sudip Debnath

Fisheries and Marine Resource Technology Discipline, Khulna University, Khulna, Bangladesh, sudip.fmrtd@ku.ac.bd, 008801719636883

Mr. Debnath is a Bangladeshi teaching assistant with an MSc in Aquaculture and Marine Resource Management from Wageningen University, The Netherlands. His research interests include fish biology, nutrition and various types of aquaculture systems. He has published several articles in Scopus indexed journals. ORCID: 0000-0003-3955-1777

Pankaj Kundu

Fisheries and Marine Resource Technology Discipline, Khulna University, Khulna, Bangladesh, pankajkundu02@gmail.com, 008801787623026

Mr. Pankaj is a Bangladeshi researcher and obtained his MSc in Aquaculture from Khulna University, Dhaka, Bangladesh. He is keen to understand the biology and production of aquatic living organisms. He is currently working as a fisheries development officer in the Suchana Programme of WorldFish, Dhaka, Bangladesh.

Yousef Ahmed Alkhamis

College of Agriculture and Food Science, King Faisal University, Kingdom of Saudi Arabia, yalkhamis@kfu.edu.sa, 00966135898724

Dr. Alkhamis is an assistant professor from Saudi Arabia. He is a faculty member in the College of Agriculture and Food Sciences and serving as the director in the Fish Resources Research Center of King Faisal University, Saudi Arabia. He has been working on multidisciplinary fields such as aquaculture, breeding of aquatic organisms, and marine phytoplankton. He obtained his PhD from

the School of Science and Engineering, Flinders University, Australia.
ORCID: 0000-0001-9796-2668

Md. Mostafizur Rahman

Department of Disaster and Human Security Management, Bangladesh University of Professionals, Dhaka, Bangladesh, mostafizur@bup.edu.com, 008801769028446

Dr. Mostafizur Rahman is a Bangladeshi assistant professor. He obtained his PhD in Coastal Engineering and Disaster Management from the University of the Ryukyus, Okinawa, Japan. He has been working on multidisciplinary fields such as aquaculture, aquatic environment, disaster risk reduction, public health, human behavior, etc. ORCID: 0000-0002-0732-9437

Md. Moshir Rahman

Fisheries and Marine Resource Technology Discipline, Khulna University, Khulna, Bangladesh, mrahmankufmrt@gmail.com, 008801764697000

Dr. Moshir Rahman is a professor from Bangladesh. He completed his PhD in fish behavioral ecology from the University of Western Australia. Currently, he is working on different projects for culture and conservation of endangered fish species at the University of California, Davis. He has several publications in high quality journals. ORCID: 0000-0001-8319-395X

Md. Golam Sarower

Fisheries and Marine Resource Technology Discipline, Khulna University, Khulna, Bangladesh, sarower@ku.ac.bd, 008801731443838

Dr. Sarower is a Bangladeshi professor working in the Fisheries and Marine Resource Technology Discipline at Khulna University where he has been a faculty member since 1997. He accomplished his PhD in 2004 from the University of Tokyo, Japan. His research interests lie in the area of molecular genetics, biochemistry, and microbiology, ranging from theory to research. He has a number of publications in renowned journals. Scopus ID: 6506794203

Sheikh Mustafizur Rahman

Fisheries and Marine Resource Technology Discipline, Khulna University, Khulna, Bangladesh, mustafizfmr@yahoo.com, 0088-01920-282-607

Dr. Mustafizur Rahman is a Bangladeshi professor with a PhD in Marine Sciences from Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan. He has successfully completed many funded projects and published several articles in peer-reviewed journals. His research interests include cryobiology, fish breeding, fish nutrition, plankton biology, aquaculture, and germ cell transplantation. ORCID: 0000-0001-6757-5472

References

- Abi-Ayad, A. and Kestemont, P. (1994). Comparison of the nutritional status of goldfish (*Carassius auratus*) larvae fed with live, mixed or dry diet. *Aquaculture*, **128**(1-2), 163–76. DOI: 10.1016/0044-8486(94)90111-2
- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16thed. Washington, DC, Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Arslan, M., Dabrowski, K. and Portella, M.C. (2009). Growth, fat content and fatty acid profile of South American catfish, surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*) juveniles fed live, commercial and formulated diets. *Journal of Applied Ichthyology*, **25**(1), 73–8. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2008.01154.x
- Bandyopadhyay, P., Swain, S.K. and Mishra, S. (2005). Growth and dietary utilisation in goldfish (*Carassius auratus* Linn.) fed diets formulated with various local agro-produces. *Bioresour Technol*, **96**(6), 731–40. DOI: 10.1016/j.biortech.2004.06.018
- Bódis, M., Kucska, B. and Bercs, M. (2007). The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. *Aquaculture International*, **15**(1), 83–90. DOI: 10.1007/s10499-006-9063-0
- Bouguenec, V. (1992). Oligochaetes (Tubificidae and Enchytraeidae) as food in fish rearing: a review and preliminary tests. *Aquaculture*, **102**(3), 201–17. DOI: 10.1016/0044-8486(92)90149-F
- Brinkhurst, R.O. (1996). On the role of tubificid oligochaetes in relation to fish disease with special reference to the myxozoa. *Annual Review of Fish Diseases*, **6**(1), 29–40. DOI: 10.1016/S0959-8030(96)90004-6
- Bryant, P.L. and Matty, A.J. (1980). Optimisation of Artemia feeding rate for carp larvae (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, **21**(3), 203–12. DOI: 10.1016/0044-8486(80)90131-3
- Cruz, E.M. and James, C.M. (1989). The effects of feeding rotifers (*Brachionus plicatilis typicus*) on the yield and growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture*, **77**(4), 353–61. DOI: 10.1016/0044-8486(89)90219-6
- Diana, J.S., Kohler, S.L. and Ottey, D.R. (1988). A yield model for walking catfish production in aquaculture systems. *Aquaculture*, **71**(1-2), 23–35. DOI: 10.1016/0044-8486(88)90270-0
- Evangelista, A.D., Fortes, N.R. and Santiago, C.B. (2005). Comparison of some live organisms and artificial diet as feed for Asian catfish *Clarias macrocephalus* (Günther) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, **21**(5), 437–43. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2005.00643.x
- Fermin, A.C. and Recometa, R.D. (1988). Larval rearing of bighead carp, *Aristichthys nobilis* Richardson, using different types of feed and their combinations. *Aquaculture Research*, **19**(3), 283–90. DOI: 10.1111/j.1365-2109.1988.tb00431.x
- Gatlin, D.M. (1987). Whole-body amino acid composition and comparative aspects of amino acid nutrition of the goldfish, golden shiner and fathead minnow. *Aquaculture*, **60**(3-4), 223–9. DOI: 10.1016/0044-8486(87)90289-4
- Görelşahin, S., Yanar, M. and Kumlu, M. (2018). The effects of stocking density, Tubifex feeding and monosex culture on growth performance of guppy (*Poecilia reticulata*) in a closed indoor recirculation system. *Aquaculture*, **493**(1), 153–7. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.05.004
- Hung, L.T., Tuan, N.A., Cacot, P. and Lazard, J. (2002). Larval rearing of the Asian Catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, pangasiidae): Alternative feeds and weaning time. *Aquaculture*, **212**(1), 115–27. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00737-2
- IBM Corp. Released. (2019). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0., Armonk, NY: IBM Corp
- Kaiser, H., Endemann, F. and Paulet, T.G. (2003). A comparison of artificial and natural foods and their combinations in the rearing of goldfish, *Carassius auratus* (L.). *Aquaculture Research*, **34**(11), 943–50. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2003.00948.x
- Kestemont, P. (1995). Influence of feed supply, temperature and body size on the growth of goldfish *Carassius auratus* larvae. *Aquaculture*, **136**(3-4), 341–9. DOI: 10.1016/0044-8486(95)00060-7
- Lavens, P. and Sorgeloos, P. (2000). The history, present status and prospects of the availability of Artemia cysts for aquaculture. *Aquaculture*, **181**(3-4), 397–403. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00233-1
- Maas, R.M., Verdegem, M.C.J., Debnath, S., Marchal, L. and Schrama, J.W. (2021). Effect of enzymes (phytase and xylanase), probiotics (B. amyloliquefaciens) and their combination on growth performance and nutrient utilisation in Nile tilapia. *Aquaculture*, **533**(1-4), 1–9. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.736226
- Mackie, A.M. and Adron, J.W. (1978). Identification of inosine and inosine 5'-monophosphate as the gustatory feeding stimulants for the turbot, *Scophthalmus maximus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A Physiology*, **60**(1), 79–83. DOI: 10.1016/0300-9629(78)90040-3
- Malla, S. and Banik, S. (2015). Larval rearing of an endangered catfish, *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794) with live and artificial diets: A preliminary study in Tripura, India. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, **2**(5), 16–21.
- Mandal, S.C., Sahu, N.P., Kohli, M.P.S., Das, P., Gupta, S.K. and Munilkumar, S. (2010). Replacement of live feed by formulated feed: Effect on the growth and spawning performance of Siamese fighting fish (*Betta splendens*, Regan, 1910). *Aquaculture Research*, **41**(11), 1707–16. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02564.x
- Mellisa, S., Rahimi, S.A.E. and Umia, U. (2018). The effect of different live feeds on the growth and survival of comet goldfish *Carassius auratus* larvae. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing*, **216**(1), 012025. DOI: 10.1088/1755-1315/216/1/012025
- Mohanta, K.N. and Subramanian, S. (2002). Effect of diets with protein

- from different sources on the growth of goldfish, *Carassius auratus*. *Israeli Journal of Aquaculture*, **54**(3), 134–140. DOI: 10.46989/001c.20321
- Mohideen, A.K.S., Sheriff, M.A. and Altaff, K. (2014). Effect of three different feeds on the growth and survival of sailfin molly *Poecilia latipinna* (Lesueur, 1821). *Revelation and Science*, **4**(1), 45–8. <https://journals.iium.edu.my/revival/index.php/revival/article/view/108>
- Nik Sin, N.N. and Shapawi, R. (2017). Innovative egg custard formulation reduced rearing period and improved survival of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, larvae. *Journal of the World Aquaculture Society*, **48**(5), 751–59. DOI: 10.1111/JWAS.12391
- Ota, K.G. and Abe, G. (2016). Goldfish morphology as a model for evolutionary developmental biology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology*, **5**(3), 272–95. DOI: 10.1002/wdev.224
- Pillay, T.V.R. (1993). *Aquaculture: Principles and Practices*. Cambridge, USA: Beekman Books Incorporated.
- Santiago, C.B., Gonzal, A.C., Ricci, M. and Harpaz, S. (2003). Response of bighead carp *Aristichthys nobilis* and Asian catfish *Clarias macrocephalus* larvae to free-living nematode *Panagrellus redivivus* as alternative feed. *Journal of Applied Ichthyology*, **19**(4), 239–43. DOI: 10.1046/j.1439-0426.2003.00454.x
- Sarkar, U.K., Deepak, P.K., Negi, R.S., Qureshi, T.A. and Lakra, W.S. (2007). Efficacy of different types of live and non-conventional diets in endangered clown knife fish *Chitala chitala* (Hamilton-Buchanan) during its early life stages. *Aquaculture Research*, **38**(13), 1404–10. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01803.x
- Sarkar, U.K., Lakra, W.S., Deepak, P.K., Negi, R.S., Paul, S.K. and Srivastava, A. (2006). Performance of different types of diets on experimental larval rearing of endangered *Chitala chitala* (Hamilton) in recirculatory system. *Aquaculture*, **261**(1), 141–50. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.06.051
- Sharma, M. (2020). Ornamental fish rearing and breeding-a new dimension to aquaculture entrepreneurship in Himachal Pradesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, **8**(2), 157–62.
- Sontakke, R., Chaturvedi, C.S., Saharan, N., Tiwari, V.K., Haridas, H. and Babitha Rani, A.M. (2019). Growth response, digestive enzyme activity and stress enzyme status in early stages of an endangered fish, *Notopterus chitala* (Hamilton, 1822) fed with live feed and formulated diet. *Aquaculture*, **510**(1), 182–90. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.05.042
- Sorgeloos, P., Dhert, P. and Candreva, P. (2001). Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*, **200**(1-2), 147–59. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00698-6
- Sultan Mohideen, A.K., Sheriff, M.A. and Altaff, K. (2014). Effect of three different feeds on the growth and survival of sailfin molly *Poecilia latipinna* (Lesueur, 1821). *Revelation and Science*, **4**(1), 45–8.
- Yanar, M., Yanar, Y. and Genç, M.A. (2003). Nutritional composition of *Tubifex tubifex* Müller, 1774 (Annelidae). *E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **20**(1-2), 103–10.



Assessing the Effect of Building Skin Adaptability on Energy Consumption in Hot Arid Regions

Sara Khelil¹, Alla Eddine Khelil², Tallal Abdel Karim Bouzir³, Djihed Berkouk¹, Noureddine Zemmouri¹

¹ Department of Architecture, University of Biskra, Biskra, Algeria

² Escuela Técnica Superior de Arquitectura, University of Seville, Seville, Spain

³ Institute of Architecture and Urban Planning, Blida University, Blida, Algeria



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/sci/210082>

RECEIVED
01/12/2021

ACCEPTED
12/02/2022

PUBLISHED ONLINE
12/02/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
6711

NO. OF PAGES
8

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Building skins have a vital role in energy efficiency, particularly in terms of the conservation or consumption of energy. Many factors must be considered by designers to prevent wasting significant quantities of energy, to preserve and provide internal air conditioning and lighting, particularly in hot dry locations where the integration of sun protection systems is highly recommended. This pilot study looks at the challenge of developing energy-efficient building skins in hot regions like Biskra city by applying a natural daylight strategy represented by a parameterised moveable shading component to the skin of a hospital patient's room. In this research, we aim to assess the adoption of building skin parameterisation as a beneficial technique for reducing energy consumption and improving internal temperature and lighting in this environment by developing and implementing a computational design methodology. Promising experimental results demonstrate the benefit of this proposal. The use of parameterisation in the design of patient's room skins, with moveable, tightly folded morphology, providing self-shading, are essential and effective techniques for ensuring good natural lighting and reducing both temperature and energy consumption.

KEYWORDS

Building's skin, energy efficiency, harvesting daylighting, hot and arid regions, kinetic architecture, parametric design

CITATION

Khelil, S., Khelil, A.E., Bouzir, T.A.K., Berkouk, D. and Zemmouri, N. (2022). Assessing the effect of building skin adaptability on energy consumption in hot arid regions. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 36–43. DOI: 10.37575/b/sci/210082

1. Introduction

In the context of climate change, energy efficiency, and renewable energy, we are looking for novel energy optimisation techniques leading to the identification of designs and technologies that will reduce energy use and maximise energy saving in hot and dry locations (Sansaniwal *et al.*, 2021).

To address this challenge, we are concentrating on the installation of energy-efficient technology, particularly in building skins (Huang *et al.*, 2020). Because they operate as intermediary filters between conditions in the external environment and the functional requirements of the internal occupants (Karaseva and Cherchaga, 2021), building skins play an essential role in the management and control of lighting, thermal comfort, and energy consumption (Bowman *et al.*, 2021; Kalousek, 2021; Jalloul, 2020).

Because of these critical functions, building skins have been the focus of several research studies in recent years (Knippers *et al.*, 2012; Kolarevic, 2015), with the aim of improving efficiency and performance in terms of energy, comfort, or structure (Attia *et al.*, 2020; Odiyur Vathanam *et al.*, 2021; Elchishcheva *et al.*, 2021; Alkhatib *et al.*, 2020).

One of the most important comfort aspects of a building's is the lighting, which has a direct and substantial impact on people's health (Frontczak and Wargocki, 2011). Lighting influences mood and human circadian cycles (Heschong, 2002), which go beyond the safety considerations of giving adequate illumination to see. Glare, headaches, skin problems, eyestrain, and different forms of sight loss can all be caused by poor illumination. Designers, building owners, and tenants must address these concerns (Mesloub *et al.*, 2019a; Bluysen, 2019).

Studies on natural lighting have traditionally concentrated on schools, offices, and commercial buildings, despite healthcare buildings being the most impacted, particularly considering people

who are bedridden (Ju-Yoon and Kyoo-Dong, 2017; Eijkelenboom *et al.*, 2020). Due to large internal loads, healthcare facilities are usually regarded as significant energy users (Sun *et al.*, 2020). This is worsened in dry locations by the high demand for cooling caused by intense sun exposure.

Designing for health has a long history, but it was addressed in many approaches and was labelled as alternative or supplementary medicine, affecting both staff and patient well-being (Baker and Koen, 2014; Eijkelenboom *et al.*, 2019). Design guidelines require the provision of external windows in these buildings (Boyce *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2012), providing daylight and access to the outside world (Sadatsafavi *et al.*, 2015), while also increasing sun penetration in hostile desert climates (Phiri and Chen, 2013; Quan *et al.*, 2011).

Careful design of windows and associated shading systems can aid in lowering total energy loads while maintaining aesthetic comfort (Roessler, 1980; El Sheikh, 2011). Virtual imitations of nature, natural lighting, artwork, soothing hues, and therapeutic music have been shown by scientific experts to substantially speed the healing process and provide a less stressful healthcare environment (Ulrich, 2001; Heerwagen and White, 1998; Barlow *et al.*, 2009; De Giuli, 2013; Mariëlle *et al.*, 2018).

Kinetic systems that react to different levels of solar radiation are by far the most common adaptive façade solution (Attia *et al.*, 2020). There are examples of micro, macro and combined systems, but computer-controlled macro systems are the most common. There are many different shapes and forms of adaptive solar shading systems. There are external shading devices like those proposed by Alkhatib *et al.* (2020), Karaseva and Cherchaga (2021) and Kalousek (2021) and internal systems as proposed by Bowman *et al.* (2021); different kinds of blinds and shutters but also more innovative examples both concerning shape and appearance and also in terms of the driving mechanism.

A common method to reduce solar heat gain is to use windows that have an additional coating as described by Kalousek (2021). These

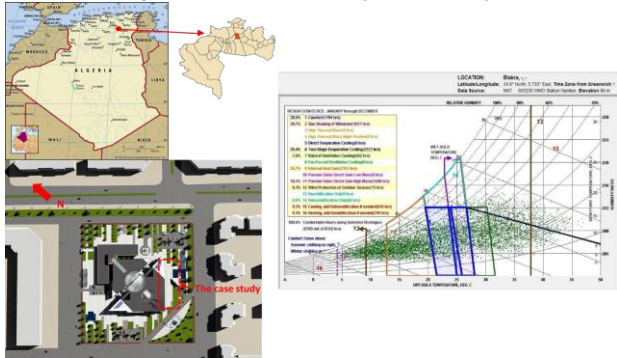
coatings can be of different kinds but have one thing in common, under influence of high levels of radiation, high temperature or an electric current they can change their transparency and thus reflect heat radiation, preventing it from entering the room. This is an example of a commonly used micro level system, but now it has the drawback that it cannot be overridden.

Karaseva and Charchaga (2021) presented another adaptive solution which is to allow the U-value of the walls to alter according to the heat load from the surroundings. This could be achieved in several different ways, for example by introducing controlled airflow in the wall cavity or using moveable insulation panels that can be repositioned to a configuration that is suitable for current external conditions.

There are several different concepts that use the response to water as a mechanism for change as stated by Cao *et al.* (2021). Material like the well-known fabric Gore-Tex does not change *per se* but behaves differently depending on the state of the water. It allows water vapour to penetrate but blocks the liquid form. Conversely, other materials called hygrodiodes exist that grant liquid water unlimited access while preventing the entry of water vapour. While Gore-Tex is a polytetrafluoroethylene (PTFE)-based polymer, a hygrodiode is a layered construction that allows water to penetrate by capillary suction through a felt-like material. There are also materials that alter their properties depending on the relative humidity of the surroundings.

The city of Biskra, Algeria (Figure 1), is in a hot, dry region. It has a harsh climate with very hot, dry summers and very cold winters (Khelil *et al.*, 2016). These characteristics challenge the achievement of thermal and visual comfort. The construction of building skins in this location must take many factors into account to prevent huge wastage of energy to maintain interior comfort.

Figure 1: Location and bioclimatic analysis of the case study



According to the bioclimatic analysis of Biskra (Figure 1), the city is outside the thermal comfort zone for most of the year (only 20.5 percent of the year is naturally comfortable). Shielding from direct solar radiation is one of the most common strategies to achieve thermal comfort (Ioannou and Itard, 2017) and minimise energy consumption in buildings in this location during the summer season (Shariful *et al.*, 2010; Mesloub *et al.*, 2019).

We conducted a research project in this region to develop sustainable and energy efficient architecture. The most crucial design challenges in hot, arid regions involve thermoregulation and light harvesting (Cao *et al.*, 2021; Naglaa, 2016; Laracuente, 2015). We applied a kinetic shading system to the building skin and proposed a novel system to optimise heat gain, daylight harvesting and energy efficiency. This study is an examination of the efficiency of the proposed dynamic building skin, in a south-east facing patient's room.

The room in the case study has rectangular geometry with

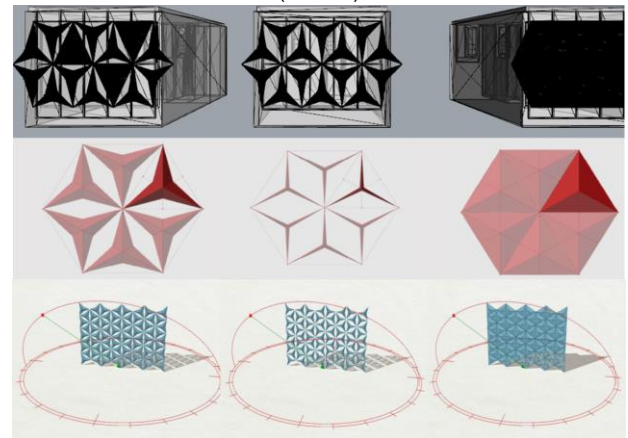
dimensions of 8.30 m x 5.50 m and a height of 4.00 m. The window facing south-east is 3.00 m in length and 1.40 m in height and from the windowsill to the floor is 0.85 m. The surface reflectances are 20% for the floor, 90% for the ceiling, 50% for the walls and 80% for the window glass. This study seeks to assess the proposal's daylight harvesting, thermal and energy performance, and the introduction of detection systems and adaptiveness to building skins.

This system can change its configuration in response to the surroundings using established design criteria. When it is dark, the entire system can be shut down, but when daylight is good, the system is fully operational.

The shading panels open and close as follows (Figure 2):

- Maximum opening of the shade panel when it is in the shade: 100% radiation penetrating inside the building
- Partial opening of the shade panel when it is partially exposed to the sun 25–50% of radiation penetrating inside the building
- Total closure of the shade panel when fully exposed to the sun: 0% radiation entering the building

Figure 2: The reference model showing different configurations in response to solar radiation (Rhinceros)



2. Materials and Methods

In this section, we present the experimentation protocol (parametric performance evaluation of the proposal) to assess the environmental performance of the kinetic shading device, using the following parametric modelling tools: Grasshopper for Rhino, Ladybug plugin, Honeybee plugin, Energy plus, Diva and Ecotect.

Because of the complex proposal's geometry and the relatively easy management of geometric variables, the proposed shading device was modelled in a parametric environment. Some of the most interesting elements of parametric tools include data manipulation, interaction with other tools, and simulation possibilities, and this led us to create the geometry of the base-case patient's room and the integrated kinetic shading device in Rhinceros. All the elements of the model were parametrically controlled in Grasshopper, using the plugin Honeybee, to connect it to specialist simulation software.

For the assessment of the shading system with the optimum performance, a combination of thermal, lighting (visual) comfort, and energy indices was used under dynamic conditions. Four evaluations were produced:

- Thermal behaviour of the patient's room
- Patient's room illumination analysis, daylight factor, daylight autonomy and radiation
- Estimation and optimisation of the solar gain
- Energy consumption of the patient's room

The evaluation was carried out by comparing the cooling/heating loads as well as the energy consumption of the case study patient's room with and without the integrated building skin. All the materials

were determined from Honeybee's Radiance material component database and allocated to each surface. To facilitate the evaluation of the proposal three contraction patterns have been considered 25%, 50% and 75%.

Two experimental design days, design day 1 (DD1) and design day 2 (DD2), were selected for the simulation. Their selection was based on daily averages of solar radiation (Table 1) and temperature variables (Table 2). DD1 was the day with the highest (maximum) temperature (t) and highest (maximum) solar radiation (during the hot period), and DD2 was the day with the lowest temperature (t) and lowest solar radiation (during the cold period). The challenge for this research is to cover the range of temperatures and solar radiation levels over a 365-day period. The days DD1 and DD2 were chosen to measure these two criteria at their maximum and minimum values, respectively.

In the problem of design day selection, multi-objective optimisation techniques are used to concurrently optimise (maximise or minimise) these criteria. DD1 is 22nd July, which represents the brightest and hottest day. DD2 is 1st January, which represents the most overcast and coldest day.

Table 1: Average daily and monthly solar radiation, in Biskra city

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average daily radiation	6.3	8.2	9	9.7	10.3	11.2	12.4	11.5	10.5	8.2	7	7
Average monthly radiation	216	230	278	290	320	337	383	355	314	254	210	219

Table 2: High and Low Temperature in Biskra city

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
High	15°C	19°C	22°C	26°C	31°C	37°C	40°C	39°C	34°C	28°C	21°C	17°C
Low	6°C	9°C	12°C	15°C	20°C	25°C	28°C	28°C	24°C	18°C	12°C	8°C

3. Results and Discussion

In this section, we present the simulation results. Outcomes are represented graphically in each case for clarity, ease of understanding and comparison purposes. The results are categorised into four sections as listed in the Materials and Methods (Section 2)

3.1. Thermal Behaviour of the Theoretical Base Case Patient's Room

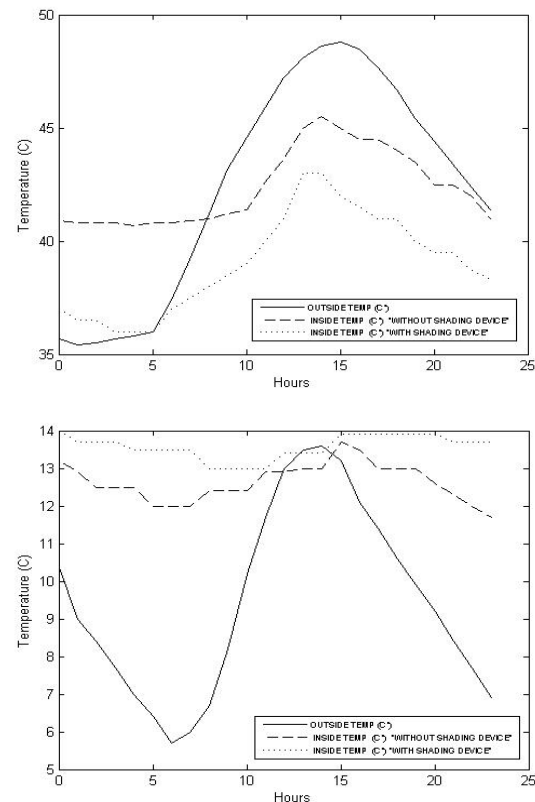
As explained in the previous section, we evaluated the thermal behaviour of the theoretical case study patient's room. The indoor air temperature and the optimisation of temperature control during the overheating period were analysed before and after implementation of the proposed system.

The graphs (Figure 3) compare three temperature profiles for the experimental design days (DD1 and DD2) to assess the thermal efficiency and performance of the proposed system:

- The current case: interior temperatures without integration of the proposed system
- The interior temperatures after the implementation of the proposed system
- External temperatures

By interpretation of the graphs, we notice an improvement of the temperatures for the two design days in the case of the patient's room with the proposed system, where the difference registered between the two cases for DD1 is of 4° and for DD2 is of 2°.

Figure 3: Comparison of indoor air temperatures of the base-case (with and without the proposed system) Top: During DD1. Bottom: During DD2.



Due to the implementation of the suggested system in the case study, an optimisation of temperature control during the overheating period is seen, leading to a significant temperature drop of between 3°C and 3.7°C, which is important for the building's energy performance. It should also be noted that, despite the use of this technology to reduce the temperature during the overheating period that defines the hot, arid local environment, overheating has not been completely eliminated. This minor problem is because the device is not integrated with any other cooling solutions.

3.2. Patient's Room Illuminance Analysis, Daylight Factor, Daylight Autonomy and Radiation

DIVA for Rhino software was used to evaluate natural lighting in the case study. A series of simulations was carried out to study the influence of kinetic facades on the lighting of healthcare facilities. The aim was to show the effect of intelligent kinetic shading on buildings with glass facades. The shading device must be able to adapt to the specific environmental conditions at its location. The weather files for Biskra on the two specified design days were used for this analysis.

Based on the results obtained on DD1, we observe that with the presence of the proposed kinetic shading device, 62% of the area was between 200 and 500 lux. In the subject area, 8% of the area had more than 500 lux while 30% had less than 200 lux with clear skies. On the same day and without the kinetic shading system, 68% of the area was between 200 and 500 lux, 13% of the area received illuminance levels above 500 lux and 19% received illuminance levels less than 200 lux (Table 3).

However, for DD2, with the proposed kinetic shading device, 67% of the area was between 200 and 500 lux. In the subject area, 22% of the area had more than 500 lux while 11% had less than 200 lux with clear skies. On the same day and without the kinetic shading system, 65% of the area was between 200 and 500 lux, 7% of the area received

illuminance levels above 500 lux and 28% received illuminance levels less than 200 lux (Table 3).

Table 3: Illuminance levels for DD1 and DD2 with clear skies

Illuminance level (lux)	DD1		DD2	
	Percentage of the Subject area without shading device %	Percentage of the Subject area with shading device %	Percentage of the Subject area without shading device %	Percentage of the Subject area with shading device %
200- 500	68	62	65	67
Above 500	13	8	7	22
Below 200	19	30	28	11

A remarkable enhancement in the illuminance values is revealed, in the case of the patient's room with the responsive shading device, where we had the ability to reach the recommended illuminance values for normal purposes in the patient's room in the region of Biskra.

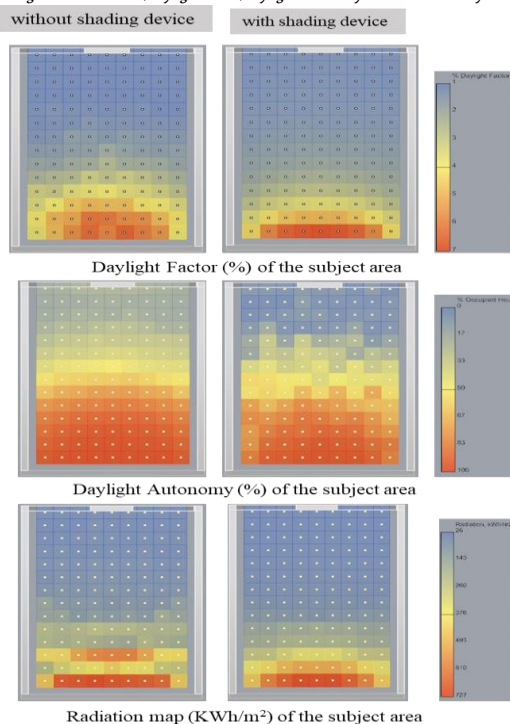
Concerning the daylight factor, 68% of all illuminance sensors have a daylight factor of 5.2% during the occupancy period for the case of the subject area without shading device (Figure 4). However, in the case of the subject area with the shading device, 38% of the illuminance sensors have a daylight factor of 3%.

For daylight autonomy (DA), in the case of the model without the shading device (Figure 4), about 50.8% of the studied area had a spatial DA of 300 lux for more than 60% of the occupied hours. For the second case of the study (with the shading device), 46% of the space has a spatial DA of 360 lux for more than 60% of the occupied hours.

When analysing the radiation maps of the subject area, with and without the shading device, we distinguish an enhancement of the solar penetration in the second case, which is favourable in such climatic contexts for thermal comfort.

Based on the simulation results obtained, it appears that the suggested shading device should be regarded as a passive method for ensuring adequate natural lighting in the patient's room, where the kinetic shading device's functionality is directly dependent on the sun's path. Comparison of the patient's room with and without a kinetic shading system, reveals a performance gap that allows an ideal solution to be considered that meets the requirement for improved lighting.

Figure 4: Illuminance, daylight factor, daylight autonomy and radiation analysis



3.3. Estimation and Optimisation of the Solar gain:

Very strong solar radiation characterises the city of Biskra with an insolation exceeding 3500 Wh / year and a direct solar radiation of 900 to 1100 W / m² vertically. In this section, we present simulation results concerning the monthly averages of the annual loads for the case study before and after the integration of the proposed system. Secondly, we present how the orientation of the building could affect the solar gain in the case study (with and without the bio-kinetic system).

3.3.1. Monthly Averages of the Annual Loads (Direct Solar gain)

Figure 5 presents an estimation of monthly averages for the solar gain throughout the year for the case study with and without the kinetic shading device. In the research, we have defined the amount of incident solar radiation for the city of Biskra at 613W / m² (ASHRAE, 2009). This value represents the direct radiation threshold and therefore all values above this value have the periods of undesirable solar gain. Using this threshold and according to the presented results, we notice that an optimisation of monthly averages of direct solar gain in the case study with the proposed system, where the period of undesirable solar gain is decreased.

In the base-case without the kinetic system, the period of undesirable solar gain is eight months, from March to October. However, for the base-case with the proposed system this period is decreased to five months, from May to September.

Figure 5: Monthly averages of Direct Solar gain (Top: case study with shading device / Bottom: case study without shading device)

HOURLY	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

HOURLY	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3.2. Impact of Orientation on the Optimisation of Solar Gain

The amount of solar gain is strongly related to the building's orientation. In this section, we present the results of the solar gain simulation for the base-case in three orientations (east-, south-, and west-facing) and for four scenarios:

- 1: Case study without shading panel (glazing only)
- 2: Case study with shading panel 25% opened
- 3: Case study with shading panel 50% opened
- 4: Case study with shading panel 75% opened

Table 4 presents the comparison of the simulation results for the base case annual gains for the east-, south- and west-facing orientations under the different shading panel scenarios. From the results obtained, we see that the south-facing orientation has the most intense solar gain (22.4%) relative to the west-facing orientation (14.5%) and the east-facing orientation (9.7%), for the base-case without the kinetic shading device. Solar gain is intense in the summer period for all the presented cases.

For the second scenario, with the shading panel 25% opened, we see a reduction in the amount of solar gain especially for the south-facing orientation (4%) but also for the east- (1%) and west-facing orientations (2%). The third scenario, with the shading panel 50% opened, presents a reduction of 7.3% for the south-facing orientation. However, a reduction of 1.4% is obtained for the east- and 2.4% for the west-facing orientations. Concerning the last scenario, with the shading panel 75% opened, we see a significant reduction of solar gain: 8.5% for the south-, 2.1% for the east- and (4%) for the west-facing orientations.

Based on these results, we find that the south-facing orientation is the most critical orientation in terms of solar gain, especially in the summer. The fourth scenario, with shading panel 75% opened, seems to be the most optimal case.

Table 4: Comparison of annual estimated solar gain for the case study with and without the shading panel

Orientation	Without shading panel %	With shading panel %		
		Opened 25%	Opened 50%	Opened 75%
East	9.7	8.3	8.3	7.8
South	22.4	19	15.7	14.9
West	14.5	12.6	12.2	10.7

3.4. Energy Consumption of the Patient's Room

The energy analysis was based on a 1-hour energy simulation for each of the four modelled building skin scenarios with the three orientations (south-, east-, and west-facing). The calculated daily load was for the case study patient's room and was based on the previously selected simulated design days. The patient's room was considered thermally controlled between 08:00 and 17:00 hours.

Figure 6 presents the energy consumption simulation results of all the scenarios. In summary, Tables 5 and 6 were developed to collate the results for all configurations in terms of their energy consumption during the period of their activation.

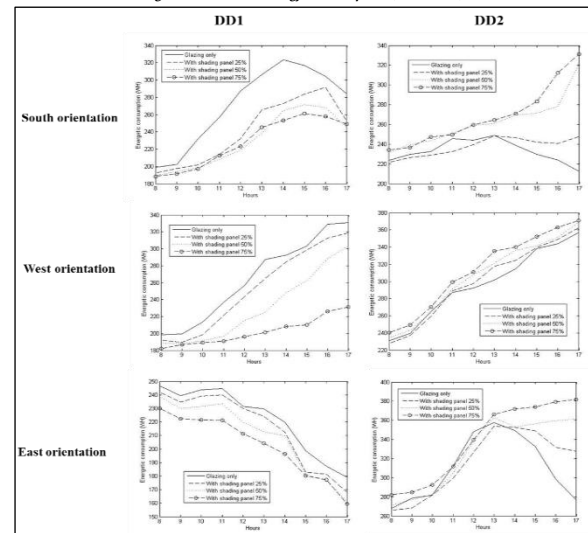
For the south-facing orientation, it is observed that for DD1 there is a decrease in energy consumption with a slight difference between the different scenarios. The fourth scenario seems to be the most optimal for this case. However, for DD2, it is shown that there is an increase in energy consumption. This difference is slightly higher for the third and fourth scenario; however, the second scenario seems to be the most optimal.

In the energy consumption simulation results for the west-facing orientation, we notice that the energy consumption for DD1 decreases while using the proposed secondary skin. If the opening of the system increases, the energy consumption decreases. However, the difference in energy consumption between using the proposed kinetic system and glazing only is marginal for DD2.

It is observed in the energy consumption simulation results for the east-facing orientation for DD1 that the energy consumption for the first hours of the day is high and it starts to decrease at 11:00 for all the scenarios. The results obtained show an improvement in energy consumption in the second, third and fourth scenarios. However, for DD2, we notice a slight difference in the energy consumption between the four scenarios until 13:00, where no significant improvements are noticed. After 13:00, we see the energy consumption for the first scenario decreases. However in the three remaining scenarios it increases. The fourth scenario presents the

highest energy consumption.

Figure 6: Base-case energy consumption (DD1, DD2)



The results in the tables (Tables 5 and 6) show efficient outcomes during DD1 and DD2. When compared to buildings with the shading device (25%, 50% or 75% open), the static configuration (glazing only) has inefficient energy performance. In addition, the glazing-only scenario does not accommodate the daily solar cycle, and so does not improve the internal environment. It is useful at certain times and altitudes, but not throughout the entire day.

Therefore, the suggested kinetic shading device is primarily designed to respond to climatic and environmental variables, whereas glazing only is unable to react to these variables.

Table 5: Comparison of the energy consumption of the different secondary skin configurations (DD1)

Secondary skin configuration		Watt Hours consumption of all skin configurations									
		Dynamic simulation DD1									
		8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H
East orientation	Glazing only	246.7	239.2	243.8	244.7	231.3	229.6	219.8	198.6	187.3	179
	With shading device 25% open	242.1	234.6	239	239.9	230	224	212.3	183	181.3	167.9
	With shading device 50% open	238.7	229.9	231.3	233.4	219.7	212.8	209.8	181.2	176.8	161.2
	With shading device 75% open	230	222.3	221.5	221.2	211.3	204.3	196.3	180.2	177.2	159.6
South orientation	Glazing only	198.7	202.3	231.7	256.8	287.2	306.1	323.2	316.8	304.1	283.9
	With shading device 25% open	192.3	197.4	201.7	213.9	232.1	265.3	272.9	283.5	291.6	252.3
	With shading device 50% open	189.5	194.3	198.6	208.5	218.9	238.4	264.3	271.3	268.3	245.3
	With shading device 75% open	188.4	191.3	197.3	212.3	223.4	245.3	253.2	261.3	257.8	248.9
West orientation	Glazing only	198.4	199.2	213.4	236.9	256.7	287.5	292.4	303.2	328.9	331
	With shading device 25% open	192.1	189.4	198.4	221.3	243.5	264.8	284.5	298.4	312.4	318.9
	With shading device 50% open	188.6	188.2	191.3	196.4	215.3	225.3	248.5	262.1	288.5	303.1
	With shading device 75% open	182.1	186.8	189.2	191.2	196.3	201.3	208.5	210.4	226.3	231.4

Table 6: Comparison of the energy consumption of the different secondary skin configurations (DD2)

Secondary skin configuration (scenarios)		Watt Hours consumption of all skin configurations									
		Dynamic simulation DD2									
		8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H
East orientation	Glazing only	267.9	278.8	282.1	312.1	348.2	357.6	349.3	332.6	298.6	276.8
	With shading device 25% open	265.9	268.4	281.9	299.6	326.7	353.9	352.6	348.9	332	327.9
	With shading device 50% open	271.3	276.9	282.4	304.9	338.6	362.8	353.1	356.2	359.5	361.3
	With shading device 75% open	282.1	284.8	292.7	311.6	339.5	366.3	372.1	374	379.3	381.9
South orientation	Glazing only	223.4	229.6	232.7	245.7	243.9	249.1	238.6	229.7	224	212.6
	With shading device 25% open	221.4	226.3	228.9	232.7	239.4	248.6	246.3	242.1	240.7	247.8
	With shading device 50% open	231.4	239.6	243.5	251.3	258.9	261.3	269.3	271.3	278.5	321.3
	With shading device 75% open	234.3	236.7	247.4	249.7	259.4	264.3	271.1	283.5	312.4	331.3
West orientation	Glazing only	231	239.4	265	287	292.1	301.8	314.6	337.9	343.8	356.9
	With shading device 25%	227.8	237.3	259.5	288.9	297.4	317.4	324.5	339.5	348.9	362.5
	With shading device 50%	234.2	243.1	263.6	291.4	307.9	321.4	336.1	341.3	351.4	369.1
	With shading device 75%	240.2	249.4	270.1	299.1	311.2	335.4	340.1	352.2	363.1	371

In this study, we explained how the integration of kinetic skins with the thermal regulation and lighting systems of buildings can increase energy efficiency and enhance indoor comfort. The main contribution of this research is a dual methodology for the design and evaluation of kinetic skins, using parametric design as an alternative platform for designers to improve, validate and make informed decisions during early design development while offering unprecedented ways to explore design options and strategies to optimise kinetic facades for environmental performance.

The parametric tools were useful in determining the best combination of the different design elements to achieve a balance of the performance objectives. The findings also aided in understanding the combined influence of the design elements on performance. However, computational software alone was insufficient since we needed to manually adjust the selected outcomes to improve their performance further. This underlines the importance of the architect, even in a design method that is mainly computational.

4. Conclusion

Throughout this research, we aimed to test the reliability and environmental performance of the proposed kinetic shading device to assess the effect of the adaptability and parameterisation of a building's skin on energy consumption, while optimising internal temperatures and access to daylight.

When the results of the energy consumption, thermal and daylighting simulations are combined, the proposed parameterised kinetic shading system clearly has a significant influence on thermal comfort, access to daylight, and energy consumption. When the outcomes of DD1 and DD2 are compared, it is clear that DD1 (representing the hot period) achieves more savings than DD2 (representing the cold period). One cause for this disparity might be that direct entry of solar radiation plays a key role in heat transfer in buildings during the winter, but heat transfer into buildings during the summer is mostly owing to the temperature differential between the interior and outdoors.

The daily energy savings are around 13% in the summer and 9% in the winter. This level of energy saving is because, as compared to a building skin with glazing only, the dynamic skin system with its open device configuration can still allow entry of indirect daylight. The results shown that the moveable, tightly folded morphology, which enables parametric self-shading, is crucial to lower temperatures, allow daylight entry, and optimise energy use.

This research covers several subjects. It has only been possible to touch on each to develop a high-level interdisciplinary knowledge. Further research into multidisciplinary and interdisciplinary, kinetics, building interactions, the use of parametric design and more would ultimately enrich this research further. Ideally, all this research should be expanded by an interdisciplinary team of experts. There are many avenues for future research on both theoretical and practical levels:

- Verify the results obtained using physical prototypes.
- Investigate the application of biologically inspired materials, different morphologies and geometrical designs.
- Consider other research strategies. During the planning stages of this research, an alternative research method was considered that would test the acceptability of the concept to various relevant social groups using models for participants to observe. This research would highlight any preconceived notions people have about architecture that is adaptable, responsive, kinetic and/or transformable.
- Consider post occupancy analysis to understand how occupants react to such buildings and their performance effectiveness.
- Train designers further on computer modelling to help them understand the performance characteristics of different building skin strategies.
- Formulate a new vocabulary, develop a new type of construction method and describe a new aesthetic. Kinetic architecture has begun.

- Generate useful inputs such as life cycle assessments, business models and marketing strategies
- Develop monitoring-based benchmarks in order to inform the professional and research communities of requirements and needs for adaptive facade assessment.

Biographies

Sara Khelil

Department of Architecture, University of Biskra, Biskra, Algeria, sara.khelil@univ-biskra.dz, 00213558226702

Dr. Khelil is an Algerian associate professor, responsible for the Architecture Department at the University of Biskra. Her scientific interests focus on biomimicry, parametric design, daylight and energy efficiency. She is involved in many collaborative research projects. Dr. Khelil teaches undergraduate architecture courses and advanced courses for graduate students. She is a member of many international organisations and the leader in many environmental design and sustainable urban planning research projects. She is an author of several journal papers and publications in indexed international conference proceedings. She participates in undergraduate and graduate thesis committees throughout the country. ORCID: 0000-0002-2098-2107

Alla Eddine Khelil

Escuela Técnica Superior de Arquitectura, University of Seville, Seville, Spain, khelilallaeddine@gmail.com, 00213558125010

Mr Khelil is an Algerian has an Architecture MA, obtained from the University of Biskra-Algeria and an Innovation in Architecture: Technology and Design MA from Escuela Técnica Superior de Arquitectura, University of Seville, Spain. He is a member of the research project 'The use of parametric design in urban design' supervised by Prof. Cubukcu Ebru from Dokuz Eylul University - Izmir Turkey. He is an author of several journal papers and publications in indexed international conference proceedings.

Tallal Abdel Karim Bouzir

Department of Architecture, Institute of Architecture and Urban Planning, Blida University, Blida, Algeria, bouzirtallal@gmail.com, 00213770596619

Dr. Bouzir is an Algerian associate professor at the Institute of Architecture and Urbanism of the University of Blida, Algeria. His areas of research interest cover urban planning, noise pollution, soundscape studies, urban morphology and environmental issues and architectural and urban atmospheres. He has a background in architecture and environmental sciences (MA and PhD). He is the author of several journal papers and publications in indexed international conference proceedings. ORCID: 0000-0002-1902-1800

Djihed Berkouk

Department of Architecture, University of Biskra, Biskra, Algeria, d.berkouk@univ-biskra.dz, 00213770720140

Dr. Berkouk is an Algerian associate professor at Biskra University, Algeria. His research interests include studying the relationship between the physical environment and space occupance, human comfort, temperature and lighting control, soundscape, noise pollution, and urban morphology. Berkouk regularly participates at international conferences, and he has contributed to research articles published in reputable national and international journals.

ORCID: 0000-0002-2925-3015

Nouredine Zemmouri

Department of Architecture, University of Biskra, Biskra, Algeria and Laboratory of Design and Modelling of Architectural and Urban Forms (LACOMOFA), Biskra, Algeria, noureddine.zemmouri@univ-biskra.dz, 00213550856373

Prof. Zemmouri is an Algerian professor, vice director responsible for

post-graduates and research, director of LaCoMoFa Laboratory, president of the scientific board and director of the graduate programme Building Science and Sustainability at the Department of Architecture. A Fulbright programme visiting professor at the MBS programme at the University of Southern California School of Architecture in Los Angeles USA, and a distinguished speaker at the Graduate School of Human Environment Studies, Kyushu University Japan. ORCID: 0000-0001-8400-5690

Acknowledgements

This study was supported by the Ministry of Higher Education and Scientific Research of Algeria.

References

- Alkhatib, H., Lemarchand, P., Norton, B. and O' Sullivan, D. (2020). Deployment and control of adaptive building facades for energy generation, thermal insulation, ventilation and daylighting: A review. *Applied Thermal Engineering*, **185**(n/a), 10–6.
- Attia, S., Lioure, R. and Declaude, Q. (2020). Future trends and main concepts of adaptive facade systems. *Energy Science and Engineering*, **8**(9), 3255–72.
- Baker, N. and Koen, S.K. (2014). *Daylight Design of Buildings: A Handbook for Architects and Engineers*. London: Routledge. DOI: 10.4324/9781315073750
- Barlow, J., Köberle-Gaiser, M., Moss, R., Stow, D., Scher, P. and Noble, A. (2009). *Adaptability and Innovation in Healthcare Facilities: Lessons from the Past for Future Development*. London: The Howard Goodman Fellowship Report.
- Bluyssen, P.M. (2019). Towards an integrated analysis of the indoor environmental factors and its effects on occupant. *Intelligent Buildings International*, **12**(1), 1–9. DOI: 10.1080/17508975.2019.1599318.
- Bowman, M., Kesawan, S., Sivapalan, S. and Sivaprakasam, T. (2021). *Investigation into Application of Artificial Intelligence to Facade*. Singapore: Springer.
- Boyce, P., Hunter, C. and Howlett, O. (2003). *The Benefits of Daylight through Windows*. Troy: Rensselaer Polytechnic Institute.
- Cao, S., Li, X., Yang, B. and Li, F. (2021). A review of research on dynamic thermal comfort. *Building Services Engineering Research and Technology*, **42**(4), 435–48. DOI: 10.1177/01436244211003028
- Choi, J., Beltran, L. and Kim, H. (2012). Impacts of indoor daylight environments on patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility. *Building and Environment*, **50**(n/a), 65–75.
- De Giuli, V. (2013). Measured and perceived indoor environmental quality: Padua Hospital case study. *Building and Environment*, **59**(n/a), 211–26.
- Eijkelenboom, A.M., Dong Hyun, K. and Bluyssen, P.M. (2020). First results of self-reported health and comfort of staff in outpatient areas of hospitals in the Netherlands. *Building and Environment*, **177**(2020), 106871. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.106871.
- Eijkelenboom, A., Blok, G.A. and Bluyssen, P.M. (2019). Comfort and satisfaction of patients, visitors and staff with patient rooms at inpatient wards, a pilot study. In: *E3S Web Conference*, Delft University of Technology, Faculty of Architecture and the Built Environment, the Netherlands, 26/05/2019.
- El Sheikh, M.M. (2011). *Intelligent Building skins: Parametric-Based Algorithm for Kinetic Facades Design and Daylighting Performance Integration*. California: University of Southern California.
- Elchishcheva, T., Afonin, V., Erofeeva, I., Zaharova, E. and Atmanzin, A. (2021). Biostability of facade systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **1079**(6), 062031.
- Frontczak, M. and Wargocki, P. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, **46**(4), 922–37.
- Heerwagen, J. and White, R. (1998). *Nature and Mental Health. Biophilia and Biophobia*. London: Routledge.
- Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. *Ashrae Journal*, **44**(6) 65–7.
- Huang, H.Y., Lin, L.C., Ke, M.T., Sathesh, T. and Lee, W.-S. (2020). Energy performance evaluation for benchmarking school buildings using dynamic clustering analysis and particle swarm optimisation. *Building Services Engineering Research and Technology*, **41**(4), 429–40. DOI: 10.1177/0143624419879001
- Ioannou, A. and Itard, L. (2017). In-situ and real time measurements of thermal comfort and its determinants in thirty residential dwellings in the Netherlands. *Energy and Buildings*, **139**(n/a), 487–505.
- Jalloul, H. (2020). *Sustainable and Adaptive Architecture: Rethinking the Capabilities of Cost-Efficient Intelligent Facades in Extreme Climates*. Beirut, Lebanon: Faculty of Architectural Engineering. Beirut Arab University.
- Ju-Yoon, L. and Kyoo-Dong, S. (2017). The Daylighting Effects in Hospital for Healing Patients. In: *Proceedings of the International Conference on Sustainable Building Asia*, Seoul, Korea. 27–29 /01/2007
- Kalousek, M. (2021). Solar facade for climatic condition in the Czech Republic. *Slovak Journal of Civil Engineering*, **17**(1), 1–6.
- Karaseva, L. and Cherchaga, O. (2021). Conceptual designs of kinetic facade systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **1079**(4), 042053. DOI: 10.1088/1757-899X/1079/4/042053. March 2021.
- Knippers, J., Scheible, F., Oppe, M. and Jungjohann, H. (2012). Kinetic media facade consisting of GFRP louvers. In: *International conference on FRP Composites in Civil Engineering CICE 2012*, Rome. 13–15/06/2012.
- Kolarevic, B. (2015). Towards architecture of change. In: B. Kolarevic, and V. Parlac (Eds.) *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change*. Abingdon, OX: Routledge.
- Mariëlle, P., Aarts, J., Janny, C. and Toine, A. (2018). Exploring the impact of natural light exposure on sleep of healthy older adults: A field study. *Journal of Daylighting*, **5**(1), 14–20 DOI: 10.15627/jd.2018.2.
- Mesloub, A., Mohd, Z.K. and Yaik-Wah, L. (2019a). Experimental investigation of overall energy performance in Algerian office building integrated photovoltaic window under semi-arid climate. *Journal of Daylighting*, **6**(1), 23–41. DOI: 10.15627/jd.2019.3.
- Mesloub, A., Yaik-Wah, L. and Mohd Zin, K. (2019b). Optimum glazing configurations for visual performance in Algerian classrooms under Mediterranean climate. *Journal of Daylighting*, **6**(1), 11–22 DOI: 10.15627/jd.2019.2.
- Naglaa, A.M. (2016). Understanding kinetic architecture: Typology, classification, and design strategy. *Architectural Engineering and Design Management*, **13**(2), 130–46. DOI: 10.1080/17452007.2016.1203676.
- Laracuenta, N.B.M. (2015). *Performance Software Approaches for Kinetic Architecture: Programmable Matter Based Simulations*. PhD thesis, University of Barcelona, Catalonia, Spain.
- Odiyur Vathanam, G.S., Kalyanasundaram, K., Elavarasan, R.M., Hussain, S., Subramaniam, U., Pugazhendhi, R., Ramesh, M. and Gopalakrishnan, R.M. (2021). A review on effective use of daylight harvesting using intelligent lighting control systems for sustainable office buildings in India. *Sustainability*, **13**(n/a), 49–73. DOI: 10.3390/su13094973
- Phiri, M. and Chen, B. (2013). *Sustainability and Evidence-Based Design in the Healthcare Estate*. Switzerland AG: Springer Nature.
- Quan, X., Joseph, A., Malone, E. and Pati, D. (2011). *Healthcare Environmental Terms and Outcome Measures: An Evidence-Based Design Glossary, Phase 1 Report*. Concord, CA: The Center for Health Design.
- Roessler, G. (1980). The psychological function of windows for the visual communication between the interior of rooms with permanent supplementary artificial lighting and the exterior. *Lighting Research & Technology*, **12**(3), n/a. DOI: 10.1177/096032718001200306.
- Khelil, S., Khelil, N. and Zemouri, N. (2016). Design day selection based on pareto multiobjective optimisation. In: *The 6th International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing META'16*, Marrakech, Morocco, 27–31/10/2016.
- Sadatsafavi, H., Walewski, J. and Shepley, M.M. (2015). Factors influencing evaluation of patients' areas, workspaces, and staff areas by healthcare professionals. *Indoor Built Environment*, **24**(4), 439–56 DOI: 10.1177/1420326X13514868.
- Sansaniwal, S.K., Kumar, S., Jain, N., Mathur, J. and Mathur, S. (2021). Towards implementing an indoor environmental quality standard in buildings: A pilot study. *Building Services Engineering Research and Technology*, **42**(4), 449–83. DOI: 10.1177/0143624421997989
- Shariful, H., Monjur, M. and Andrew, D. (2010). Optimisation of a daylight-window: hospital patient room as a test case. In: *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building*

Engineering, Nottingham, 30/06-02/07/2010.

- Sun, K., Specian, M. and Hong, T. (2020). Nexus of thermal resilience and energy efficiency in buildings: A case study of a nursing home. *Building and Environment*, **177**(2020), 106842. ISSN 0360-1323, DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.106842.
- Ulrich, R.S. (2001). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, **224**(4647), 420–1.



Osteoclast Stimulatory Transmembrane Protein (OC-STAMP): A Key Regulator in Osteoclast Fusion

Mayyadah Abdullah Alkuwayti

Department of Biological Sciences, College of Science, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/sci/210071>

RECEIVED
24/10/2021

ACCEPTED
12/02/2022

PUBLISHED ONLINE
12/02/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
6361

NO. OF PAGES
7

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

The integrity of bone mass depends on the balance between osteoblastic bone formation and osteoclastic bone resorption. Osteoclasts derived from hematopoietic stem cells in bone marrow via a mechanism mediated mainly by two cytokines: the receptor activator of nuclear factor- κ B ligand (RANKL) and macrophage colony-stimulating factor (M-CSF). Osteoclast stimulatory transmembrane protein (OC-STAMP) is a newly identified master fusogen that functions as a regulator of osteoclastogenesis. It is considered a key factor during macrophage fusion and differentiation. Osteoclast formation is mediated by a variety of factors and mechanisms other than OC-STAMP. Furthermore, numerous preclinical studies have investigated drugs that could target osteoclast differentiation, to allow better management of pathological bone metabolism. To improve understanding of osteoclast fusion and differentiation processes, this review will discuss recent findings on OC-STAMP and related signalling pathways.

KEYWORDS

Osteoblasts, osteoclastogenesis, RANKL, differentiation, DC-STAMP, osteoclast fusion molecules

CITATION

Alkuwayti, M.A. (2022). Osteoclast stimulatory transmembrane protein (OC-STAMP): A key regulator in osteoclast fusion. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 44–50. DOI: 10.37575/b/sci/210071

1. Introduction

Bone remodelling is a metabolic process that plays a critical role in bone homeostasis. The remodelling of bone is controlled by the interactions of three cell types: bone synthesising cells (osteoblasts), bone degrading cells (osteoclasts) and mechanosensing cells (osteocytes) that originate from osteoblasts and are embedded within the bone matrix (Chambers, 2000; Kylmaoja *et al.*, 2016; Parfitt, 2002). An imbalance between bone formation and resorption can lead to several bone diseases including osteoporosis, rheumatoid arthritis, multiple myeloma, periodontal disease and metastatic cancers (Boyle *et al.*, 2003).

Bone production is carried out by osteoblasts, which are mononucleate cuboid cells. Immature mesenchymal stem cells give rise to osteoblasts. A giant Golgi apparatus and an abundance of rough endoplasmic reticulum appear when they are active (Caetano-Lopes *et al.*, 2007). During bone development, osteoblasts form the components of bone matrix and regulate osteoclasts and the deposition of minerals (Florencio-Silva *et al.*, 2015).

Osteoclasts are multinucleated cells derived from monocyte/macrophage precursor cells (Teitelbaum and Ross, 2003). Osteoclasts are characterised by bone resorption properties and are uniquely capable of forming a ruffled membrane during contact with bone, allowing the cells to absorb the bone matrix (Blair *et al.*, 1989; Boyce, 2013).

Osteoclast fusion is considered one step in osteoclastogenesis, a complicated process consisting of several stages: differentiation of the progenitor, mononuclear pre-osteoclasts, fusion to form multinucleated mature osteoclasts and activation of these osteoclasts to resorb bones (Xing *et al.*, 2012). Several studies have demonstrated that osteoclast stimulatory transmembrane protein (OC-STAMP) plays a crucial role in osteoclast fusion (Ishii *et al.*, 2018; Miyamoto *et al.*, 2012; Witwicka *et al.*, 2015).

OC-STAMP is a multi-pass transmembrane protein with six-transmembrane helical domains, consisting of 498-amino acids with a putative glycosylation site known to be important for protein stability. Both its N- and C-termini face the cytosol (Witwicka *et al.*,

2015).

It has been shown that OC-STAMP is essential for macrophage differentiation and polarisation (Yuan *et al.*, 2017). The role of OC-STAMP during cell differentiation was first demonstrated in an in vivo study of osteoclastogenesis by Yang *et al.* in 2008. Further investigations conducted by Miyamoto *et al.* (2012) identified the involvement of OC-STAMP in osteoclast fusion. Most tissues express OC-STAMP, which suggests it also has functions in other tissues (Kim *et al.*, 2011).

Dendritic cell-specific transmembrane protein (DC-STAMP) is also considered an important regulator of osteoclastogenesis (Zhang *et al.*, 2014). OC-STAMP and DC-STAMP share several common features in terms of their structure and function. For example, both are transmembrane proteins, play an important role in osteoclast fusion and are stimulated by the receptor activator of osteoclast fusion, RANKL. (Chiu and Ritchlin, 2016). This paper reviews the current knowledge of OC-STAMP, focusing primarily on its regulation of osteoclast fusion, its interaction with other signalling pathways and its structure.

2. The Mechanism of Osteoclast Formation and Fusion

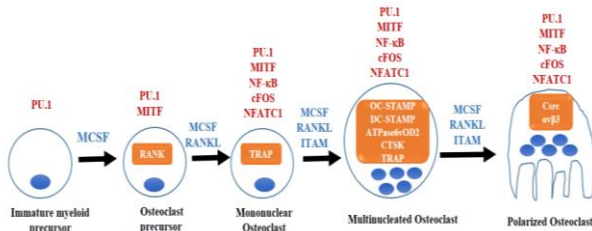
During embryogenesis, the early stages of bone formation involve cellular fusion. Remodelling of bone depends on bone resorption by multinucleated cells (osteoclasts). Therefore, osteoclast cell–cell fusion is a key process during osteoclastogenesis to guarantee effective bone resorption.

The mononuclear precursor osteoclast cells differentiate into mature multinucleate osteoclasts due to activation by two cytokines: RANKL and M-CSF, also known as colony stimulating factor 1 (CSF-1). Osteoclast differentiation occurs via multiple rounds of cell fusion (Charles and Aliprantis, 2014). The proliferation and survival of osteoclast progenitor cells depends on M-CSF receptor activation (Dai *et al.*, 2002). RANKL is a critical regulator of osteoclastogenesis. It is a member of the tumour necrosis factor (TNF) family and

activates RANK (Dougall *et al.*, 1999).

The formation of osteoclasts from immature myeloid precursor cells is a complex process involving several stages. These include precursor cell proliferation, cell fusion to form multinucleated cells, cellular polarisation, attachment to bone and activation of functional resorption. These stages are controlled by many factors, specifically those affecting the two transmembrane proteins DC-STAMP and OC-STAMP, that induce cell–cell fusion by reorganising the cell membrane structure (Ishii *et al.*, 2018); see Figure 1.

Figure 1: Osteoclast formation



Immature myeloid precursor cells give rise to osteoclasts. They upregulate RANK when activated by M-CSF and afterwards generate mononuclear osteoclasts that merge into multinucleate cells when stimulated by M-CSF and RANKL. The multinucleated osteoclasts become effective bone resorbing cells when they polarise and attach to bone. The stimuli needed for osteoclast formation to progress are shown in blue on Figure 1. Transcription factors for osteoclast formation are shown in red. Critical osteoclast genes are highlighted in orange boxes. Abbreviations: PU.1, PU box-binding protein; M-CSF, macrophage colony-stimulating factor; MITF, microphthalmia-associated transcription factor; RANKL, nuclear factor kappa-B ligand-receptor activator; ITAM, immunoreceptor tyrosine-based activation motif; NF-κB, nuclear factor KB; NFATc1, nuclear factor of activated T cells; RANK, receptor-activating NFκB; OC-STAMP, osteoclast stimulatory transmembrane protein; DC-STAMP, dendritic cell-specific transmembrane protein; ATP6V0d2 ATPase, H⁺-transporting, lysosomal 38 kDa, V0 subunit d2; TRAP tartrate resistant acid phosphatase; CTSK, cathepsin K.

OC-STAMP knockdown suppressed the formation of multinucleated osteoclasts and reduced the expression of the cell-fusion-related protein meltrin-α (Kim *et al.*, 2011). Additionally, myeloid precursor cells from OC-STAMP-knockout mice do not form mature multinucleated osteoclasts when induced by RANKL in vitro (Miyamoto *et al.*, 2012). Continued research into aspects of OC-STAMP-knockouts provides insight into the vital role of this protein in pre-osteoclast fusion (Witwicka *et al.*, 2015).

3. OC-STAMP as a Regulator of Cellular Fusion in the Formation of Osteoclasts and Foreign Body Giant Cells

Cell–cell fusion is a regulated biological phenomenon that is necessary in mammals for various processes including fertilisation, skeletal muscle growth, placenta formation and development of the immune system. It also involves several different cell types and tissues, such as cells from the macrophage lineage including osteoclasts and foreign body giant cells (FBGCs) (Blumenthal *et al.*, 2003; Hernandez *et al.*, 1996).

Monocyte/macrophage cells originating from bone marrow can merge to generate FBGCs. This is triggered by foreign body reactions that occur at either implantation or infection sites (Miyamoto *et al.*, 2012). FBGCs also act to loosen implanted medical substances, including artificial joints and other devices. Interleukin (IL)-4 and the granulocyte–macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) are

both essential for FBGC generation (McNally and Anderson, 1995). However, IL-4 prevents osteoclasts from facilitating the differentiation of monocyte/macrophages into FBGCs (Bendixen *et al.*, 2001). GM-CSF has a dual effect on osteoclasts depending on the length of exposure. Short-term osteoclast progenitor exposure to GM-CSF contributes to increased osteoclast formation, whereas long-term osteoclast exposure decreases their formation (Hodge *et al.*, 2004).

Although osteoclasts and FBGCs are functionally different, they share many common features. Both are formed from the macrophage cell lineage. They are positive for tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP) staining, which is an important osteoclast activity marker (Anazawa *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2013). They play a role in peri-implantitis and express the cell surface receptor proteins DC-STAMP and OC-STAMP (Yagi *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2008).

OC-STAMP has been identified as a multi-pass transmembrane protein that plays an important role in osteoclast formation. It has been demonstrated that OC-STAMP regulates both osteoclast fusion and differentiation (Ishii *et al.*, 2018; Miyamoto *et al.*, 2012; Witwicka *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2008). Its mRNA is highly upregulated in pre-osteoclast primary cell cultures and RAW264.7 cells, a cell line of macrophage/osteoclast mouse precursors, when the cells are stimulated with RANKL (Yang *et al.*, 2008). Further studies using either OC-STAMP knockdown or OC-STAMP antibody approaches continue to support the essential role of OC-STAMP in osteoclast fusion. A study conducted by Kim *et al.* (2011) identified that expression of OC-STAMP might be needed for the entire formation process of multinucleated osteoclasts. This is based on observations in RAW264.7 cells and mouse bone marrow-derived macrophages (BMMs), that RANKL induction of OC-STAMP causes OC-STAMP mRNA, to be detectable throughout osteoclastogenesis. In addition, they demonstrated that the knockdown of OC-STAMP did not affect the viability of the cell. However, OC-STAMP inhibited the bone resorption activity of osteoclasts, highlighting the involvement of OC-STAMP expression in the formation of multinucleated osteoclasts.

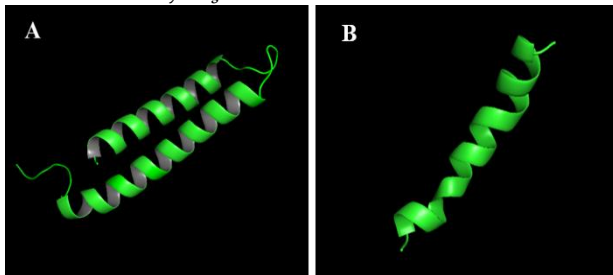
It was claimed that OC-STAMP induces cell fusion to form osteoclasts and FBGCs. The expression of OC-STAMP was shown to be upregulated with the activation of osteoclast and FBGC formation. OC-STAMP-deficiency in both cell types resulted in the complete abolition of fusion (Miyamoto *et al.*, 2012). Interestingly, OC-STAMP expression that was exogenous to either osteoclasts or FBGCs in OC-STAMP-deficient mice restored the OC-STAMP cell–cell fusion activity. Khan *et al.* (2013) have consistently indicated that inhibition of OC-STAMP by anti-OC-STAMP antibody leads to reduced fusion during osteoclast and FBGC formation. However, osteoclasts and FBGCs, in turn, exhibited increased expression of OC-STAMP compared with macrophages in this study. OC-STAMP knockout (OC-STAMP-KO) bone marrow mononuclear cells (BMMCs) reveal a total failure of osteoclast precursors to fuse, yet this deficiency was recovered by OC-STAMP expression (Witwicka *et al.*, 2015). Additionally, restoring OC-STAMP expression in OC-STAMP-KO BMMCs increased both osteoclast fusion and their resorbing activity. All the above authors have suggested that OC-STAMP plays an important role in cell fusion.

4. Transmembrane Proteins of Osteoclasts: OC-STAMP and DC-STAMP Relationship and Cooperation

DC-STAMP was initially defined as a seven-transmembrane protein expressed in dendritic cells, subsequently found in macrophages and osteoclasts and induced by IL-4 (Hartgers *et al.*, 2000; Staeger *et al.*, 2001; Yagi *et al.*, 2005). DC-STAMP's role during cell fusion in

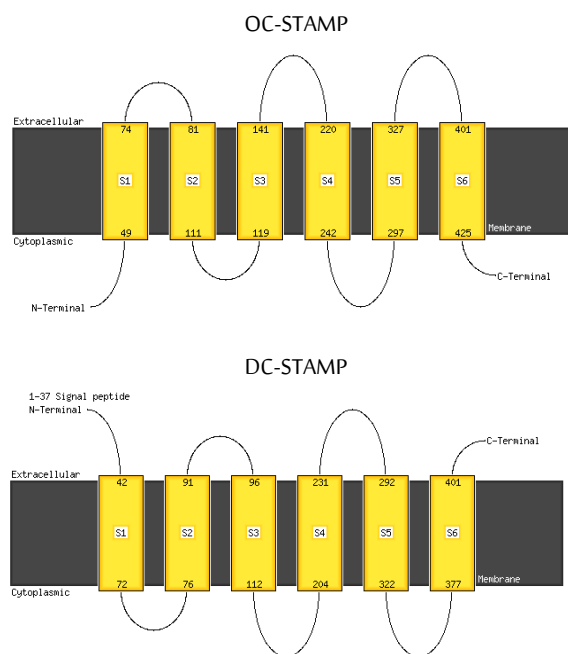
osteoclastogenesis was first demonstrated in an in-vitro study (Kukita *et al.*, 2004). Both DC-STAMP and OC-STAMP have common characteristics; for instance, based on its structure, DC-STAMP is considered to belong to the G-protein-coupled receptor (GPCR) superfamily (Mensah *et al.*, 2010). Additionally, based on its homology with DC-STAMP, OC-STAMP may also belong to the GPCR family (Witwicka *et al.*, 2015). Both are expected to be multi-pass transmembrane proteins without much direct homology between amino acids, and thus, significant similarity in the secondary structure is expected (Yang *et al.*, 2008). Furthermore, OC-STAMP possesses an amino acid residue at position 193, corresponding to a DC-STAMP family consensus, whereas overall there is just 17% homology between OC- and DC-STAMP. (Yang *et al.*, 2008). According to predictions by the PHYRE 2 server, the 3D structures of the two STAMPs are different (see Figure 2).

Figure 2: The PHYRE 2 server generated the predicted 3D structure of the OC-STAMP (NP_083297) (A) and the predicted 3D structure of the DC-STAMP (NP_083698) (B). The molecular modelling tool PyMOL generated the final structure of both STAMPs



Although most transmembrane structure predictions for OC- and DC-STAMP identified six-transmembrane domains with the amino- and carboxy-termini on the cytosolic side, a seven-pass transmembrane structure for DC-STAMP was predicted in some studies (Hartgers *et al.*, 2000). In contrast, the PHYRE 2 server predicted six transmembrane helices for both OC- and DC-STAMP, with intracellular locations for both OC-STAMP termini and extracellular locations for both DC-STAMP termini. See Figure 3.

Figure 3: Predicted transmembrane helix regions of OC-STAMP and DC-STAMP by PHYRE 2



The grey shaded region represents the cell membrane. S1–S6 are the transmembrane domains. The N- and C-termini of OC-STAMP are predicted to be intracellular, while both DC-STAMP termini are

predicted to be extracellular.

In addition to their structural similarity, the STAMPs have similar functions. Both OC-STAMP and DC-STAMP were shown to be involved in the fusion and differentiation of osteoclasts. RANKL induced expression of both OC- and DC-STAMP causing the concentration of both proteins to increase during the fusion process. When RANKL was suppressed by siRNA or antibody this hindered the formation of multinucleated osteoclasts, whereas the differentiation of multinucleated osteoclasts was encouraged by the overexpression of both STAMP proteins (Kukita *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2008). It was shown in vitro that isolated osteoclast precursor cells from each STAMP's knockout (KO) mice are unable to develop mature multinucleated osteoclasts under RANKL stimulation (Miyamoto *et al.*, 2012). It was demonstrated that both STAMPs are involved in facilitating bone lytic diseases, including periodontitis, by upregulating osteoclast fusion during osteoclastogenesis. The role of both STAMPs in periodontitis has been investigated using anti-DC-STAMP- and anti-OC-STAMP-mouse monoclonal antibodies to block the action of the STAMPs, resulting in suppression of the large multinuclear osteoclasts (TRAP+) fusion and pit formation (Ishii *et al.*, 2018; Wisitrasameewong *et al.*, 2017).

Although both STAMPs are structurally and functionally quite similar, these proteins are distinct, cannot be interchanged and are expressed independently of each other. For example, normal expression of DC-STAMP in both OC-STAMP-deficient mice osteoclasts and FBGCs was observed and vice versa. This indicates that OC- and DC-STAMP can independently regulate cell fusion in osteoclasts and FBGCs (Miyamoto *et al.*, 2012). In addition, when the OC- or DC-STAMP deficient cell cultures were mixed, the fusion conditions of osteoclast and FBGC cells were not induced. In adult mice, DC-STAMP-KO mice exhibit an osteopetrotic bone phenotype but OC-STAMP-KO mice do not. However, osteoclasts from both STAMP knockout mice had major deficiencies in resorption. Unexpectedly, OC-STAMP-KO lacked a skeletal phenotype while DC-STAMP-KO mice increased the volume of cancellous bone tissue (Miyamoto *et al.*, 2012; Yagi *et al.*, 2005). Overexpression of OC-STAMP cannot complement DC-STAMP deficiency. Correspondingly, DC-STAMP overexpression is unable to complement OC-STAMP deficiency (Chiu and Ritchlin, 2016). Therefore, it remains to be determined whether OC-STAMP and DC-STAMP can interact with each other during osteoclastogenesis.

5. Regulation of OC-STAMP Expression

Ligands for OC-STAMP have not been identified. Therefore, the entire landscape of the downstream signalling pathways remains to be discovered (Kodama and Kaito, 2020). However, it was demonstrated that RANKL significantly induces OC-STAMP mRNA expression in several tissues (Kim *et al.*, 2011).

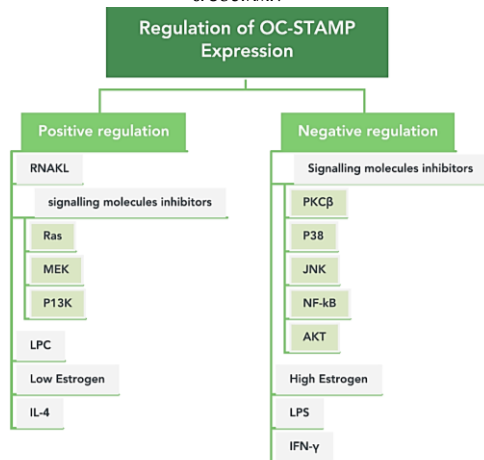
The effect of several signalling pathways associated with the initial stage of osteoclastogenesis, such as the protein kinase C β (PKC β), p38 mitogen-activated protein kinase, c-jun N-terminal kinase (JNK) and nuclear factor kappa B (NF- κ B) pathways, have been tested for their effect on the expression of OC-STAMP mRNA induced by RANKL. It was found that the PKC β , p38 and NF- κ B pathways can totally inhibit the expression of OC-STAMP mRNA, whereas the JNK pathway suppressed the expression of OC-STAMP mRNA only slightly. Furthermore, other inhibitory signalling pathways associated with mature osteoclast survival, such as Ras, mitogen-activated kinase (MEK), phosphatidylinositol 3-kinase (PI3K) and protein kinase B (AKT), also known as PKB, can be grouped into two categories based on their impact on the expression of OC-STAMP mRNA induced by RANKL. The first group, including Ras, MEK and

PI3K, improved the expression level of OC-STAMP, whereas AKT inhibited OC-STAMP mRNA expression (Kim *et al.*, 2011); see Figure 3.

It has been demonstrated that some steroid hormones, including oestrogens, regulate osteoclastogenesis to enhance bone density and reduce bone resorption (Boyle *et al.*, 2003; Sipos *et al.*, 2009). Kim *et al.* (2011) have shown that the expression level of OC-STAMP mRNA in the ovary was lower than in other tissues, indicating it may be down-regulated by oestrogen. Further investigations have revealed a dual effect of Estradiol on OC-STAMP mRNA expression: low concentrations of 17β -Estradiol (E2) results in an upregulation of OC-STAMP expression, whereas high concentrations of E2 result in a down-regulation of OC-STAMP expression. However, continuous analysis of the action of oestrogens on the regulation of OC-STAMP remains to be carried out.

In addition, OC-STAMP is sensitive to inflammatory mediators which correlate closely with bone loss in several clinical and experimental conditions. For example, RAW264.7 cells exhibited a fourfold increase of OC-STAMP following treatment with the pro-inflammatory lipid lysophosphatidylcholine for two hours. Furthermore, it was observed that OC-STAMP was significantly reduced by lipopolysaccharide (LPS) and cytokine interferon- γ (IFN- γ) activation but improved by IL-4 treatment (Yang *et al.*, 2008); see Figure 4.

Figure 4: Diagram summarising the regulation of OC-STAMP expression. Positive regulatory factors improve the expression of OC-STAMP. Negative regulatory factors inhibit/decrease the expression of OC-STAMP.



6. RANKL as an Inducer of OC-STAMP to Promote Osteoclast Differentiation

The receptor activator of osteoclast fusion RANKL (TNFSF11/osteoprotegerin ligand OPG) has been identified as a type II transmembrane protein expressed on the cell surface of bone marrow stromal cells, pro-B cells and T cells (Anderson *et al.*, 1997). However, osteoblast cells are considered the main cell type that expresses RANKL to assist osteoclastogenesis (Nakashima *et al.*, 2011). RANKL interacts with the osteoclast and osteoclast precursor surfaces exclusively via RANK and then activates many signalling pathways (Takagi *et al.*, 2017a; Xiong *et al.*, 2011). RANKL is a critical factor for the regulation of osteoclastogenesis and protection of mature osteoclasts (Fuller *et al.*, 1998). Additionally, it is considered an essential bone remodelling regulator (Charles and Aliprantis, 2014).

The cell–cell interactions between osteoclast precursor cells and both osteoblasts and bone marrow stromal cells in bone induces osteoclast differentiation in vitro (Chambers *et al.*, 1993; Takayanagi, 2007). RANKL, which was identified as a membrane-bound ligand, also

induced differentiation of the osteoclast in its soluble form (Miyamoto, 2013). The soluble form of RANKL, and M-CSF, a crucial cytokine for osteoclastogenesis, have been used to generate osteoclasts. M-CSF can stimulate the conversion of progenitor cells into osteoclast precursors, which can ultimately be transformed into mature osteoclasts. (Willkomm and Bloch, 2015). Furthermore, RANKL can substitute for bone marrow stromal factors in collaboration with CSF-1 to facilitate the differentiation of osteoclasts from myeloid precursors (Dougall *et al.*, 1999b).

OC-STAMP can facilitate osteoclast differentiation due to its role in osteoclast fusion. Several experiments confirmed that RANKL induces the expression of OC-STAMP protein in osteoclasts. Microarrays and real-time RT-PCR experiments have shown that in RANKL-induced osteoclast differentiation, the mRNA of OC-STAMP increases from relatively low levels to extremely high levels (Yang *et al.*, 2008). This result was confirmed using mouse OC-STAMP northern blots. Recent research has confirmed that sulforaphane (a sulphur-containing compound, SFN) strongly suppressed osteoclast differentiation (Takagi *et al.*, 2017a, b). Several proteins, including OC-STAMP, were down-regulated after SFN treatment. In addition, OC-STAMP mRNA-expression was inhibited by SFN during osteoclast differentiation (Takagi *et al.*, 2017a). OC-STAMP is thus regarded as an essential gene product for the regulation of the differentiation of osteoclasts.

7. Regulation of OC-STAMP by Factors in the RANKL Signalling Pathway

7.1. OC-STAMP Expression Requires Nuclear Factor of Activated T cells (NFATc1) in Osteoclasts:

NFATc1, also known as NFAT2 or NFATc, is a central regulatory factor of osteoclast differentiation and the downstream gene of RANKL (Song *et al.*, 2009). RANKL induces NFATc1 via the TNF receptor associated factor 6 and c-Fos signalling pathways. However, despite the inducing effect of RANKL, NFATc1 embryonic stem cell deficiency leads to failure of osteoclast differentiation, indicating that NFATc1 functions as a central modulator of osteoclastogenesis (Takayanagi *et al.*, 2002).

NFATc1 induces the expression of its target genes by binding to their promoter regions. In addition, NFATc1 can bind to its own promoter during RANKL-induced osteoclast differentiation, leading to an enhanced expression level of NFATc1 (Asagiri *et al.*, 2005). Miyamoto *et al.* (2012) have demonstrated that the mouse OC-STAMP promoter, which contains two binding sites for NFATc1, is required to induce OC-STAMP expression. In the presence of the NFAT inhibitor, FK506, NFATc1 expression was suppressed in wild type osteoclasts. Correspondingly, FK506 greatly inhibited OC-STAMP expression, indicating that OC-STAMP expression might be induced directly by NFATc1. In addition, it has been reported that OC-STAMP can be upregulated by lysophosphatidic acid (LPA) via NFATc1, indicating a direct correlation between NFATc1 and OC-STAMP (Hwang *et al.*, 2014). However, several inhibitors completely prevented RANKL-induced OC-STAMP expression, whereas the NFATc1 activation inhibitor III had no impact, indicating that the regulation of OC-STAMP mRNA expression may be independent of the NFAT signalling pathway (Kim *et al.*, 2011). Furthermore, NFATc1 mRNA expression levels of wild type and OC-STAMP knockout mice have not been reported to show any differences (Witwicka *et al.*, 2015).

7.2. Role of CD9 in Regulation of OC-STAMP:

CD9 is a membrane glycoprotein and a member of the tetraspanin protein superfamily, which is involved in a range of cell processes,

including muscle–cell fusion, myotube homeostasis, formation of myelinated axons and cell–cell fusion (Ishibashi *et al.*, 2004; Kaji and Kudo, 2004; Tachibana and Hemler, 1999). In addition, CD9 was determined to play an important role during mammalian fertilisation (Kaji *et al.*, 2002). The members of the tetraspanin superfamily that facilitate cell fusion include CD9, CD63 and CD81.

RANKL stimulated the expression of CD9 in a particular membrane lipid raft of mouse cells. It has been reported that inducing CD9 expression targeted to a specific lipid raft membrane microdomain by RANKL is crucial for cell fusion during osteoclastogenesis. Furthermore, inhibition of CD9 by a neutralising antibody or RNA interference decreases osteoclast formation, whereas over-expression of CD9 promotes cell fusion events in the absence of RANKL (Ishii *et al.*, 2006).

It has been demonstrated that OC-STAMP can potentially contribute to promoting osteoclast fusion for pathogenic bone resorption in periodontitis via upregulation of CD9 that is expressed in osteoclast precursor cells. Furthermore, reduced CD9 expression induced by RANKL was observed in osteoclast precursor cells in OC-STAMP-KO mice (Ishii *et al.*, 2018).

8. Role of OC-STAMP in Macrophage Polarisation through Signal Transducer and Activator of Transcription (STAT)6 and STAT1

The STAT family has seven members that are needed for the transduction of cytokine signals, including STAT1 and STAT6.

STAT6 expression is triggered by cytokines IL-4 and IL-13, which can facilitate macrophage fusion (Miyamoto, 2013). STAT6 is also necessary for cell–cell fusion during the formation of FBGCs, and its deficiency has been shown to inhibit their formation (Moreno *et al.*, 2007). In STAT6-deficient FBGCs, the expression of OC-STAMP was strongly inhibited. The absence of STAT6 enhanced the activation of STAT1, greatly inhibited cell–cell fusion and reduced the expression of OC-STAMP in FBGCs induced by IL-4. STAT1 deficiency in macrophages, by comparison, increased cell–cell fusion in FBGCs and raised the expression of OC-STAMP. This suggests that STAT1 and STAT6 regulate the expression of OC-STAMP and are fusogenic in FBGCs (Miyamoto, 2013).

The polarisation of macrophages has a complex mechanism that is regulated by interactions between several signalling pathways including JAK/STAT, Notch, PI3K/Akt, JNK and B7-H3/STAT3 (Szanto *et al.*, 2010). Macrophages are needed to sustain homeostasis from an immunological perspective. There are two main types of macrophages: M1 and M2. M1 macrophages intensify inflammation and tissue damage, mediate resistance to pathogens and have effective microbicidal properties (Liu *et al.*, 2014). In combination with lipopolysaccharide LPS, M1 macrophage activation is caused by cytokine IFN- γ . M2 macrophages play a crucial role in the suppression of inflammation and the facilitation of tissue repair (Mills, 2015). M2 macrophages are activated by the cytokines IL-4 and IL-13.

OC-STAMP was shown to trigger macrophage polarisation via STAT6. Knockdown OC-STAMP enhanced STAT1 activation during stimulation by LPS and the cytokine IFN- γ , while OC-STAMP overexpression raised STAT6 phosphorylation in RAW 264.7 cells. STAT1 phosphorylation was increased when OC-STAMP was knocked down in RAW264.7 cells under IL-4 induction (Yuan *et al.*, 2017). Furthermore, overexpression of OC-STAMP could substantially suppress the M1 pro-inflammatory state. Therefore, knocking down OC-STAMP could increase the number of M1 macrophages. These findings suggest that OC-STAMP controls

macrophage polarisation through STAT6 and STAT1.

9. OC-STAMP Structure and Localisation

Currently, information regarding the structure of OC-STAMP is still incomplete. Recent studies consider OC-STAMP to be a significant diagnostic or therapeutic target; therefore, it is worthwhile to clarify its structure and localisation to improve that development. Microarray studies of mouse primary bone marrow cells and RAW264 detected OC-STAMP for the first time. The OC-STAMP gene is located on mouse chromosome 2H3 (Yang *et al.*, 2008b). Orthologous proteins are found in all mammalian species for which sequence is accessible. A variety of transmembrane prediction programmes suggest that OC-STAMP is a multi-pass transmembrane protein. OC-STAMP is reported to cross the plasma membrane six times with three extracellular loops and four intracellular sections. The intracellular locations of both C- and N-termini were detected using antibodies linked either to 3X FLAG Peptide or green fluorescence protein (GFP) tags, and both termini were found in the cytosol (Witwicka *et al.*, 2015).

In addition to other potential subcellular locations, CELLO2GO, a web-based system for subcellular protein localisation, classified OC-STAMP as a plasma membrane protein as shown in Table 1. The fusion protein signal was also observed in the endoplasmic reticulum and Golgi apparatus. Therefore, the precise localisation of OC-STAMP requires further investigation.

Table 1: CELLO2GO predicted OC-STAMP subcellular localisation

Localisation	Score
Extracellular	0.755
Plasma membrane	3.553
Cytoplasmic	0.096
Cytoskeletal	0.006
ER	0.067
Golgi	0.023
Lysosomal	0.082
Mitochondrial	0.195
Chloroplast	0.018
Peroxisomal	0.057
Vacuole	0.008
Nuclear	0.139

It has been shown that almost all the OC-STAMP genes found in the database have a putative N-linked glycosylation site. Additionally, the glycosylated extracellular loop would be on the plasma membrane side, as predicted by the transmembrane analysis programme. Glycosylation appears to be unnecessary for fusion under experimental conditions. It was shown that replacement of asparagine (N162) in the glycosylation loop by aspartic acid (D) made no differences to OC-STAMP in terms of its ability to rescue defective fusion in the OC-STAMP-KO osteoclasts.

10. Conclusion

This review has outlined the role of OC-STAMP in osteoclast cell–cell fusion and differentiation and macrophage polarisation. Current evidence suggests that OC-STAMP is not only a master regulator of cell fusion but may also have other important roles because it is expressed in most tissues. Determining the structure, localisation and ligands of OC-STAMP will complete the landscape and offer excellent potential to treat bone diseases by the regulation of OC-STAMP-mediated osteoclastogenesis.

Biography

Mayyadah Abdullah Alkuwayti

Department of Biological Sciences, College of Science, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, 00966504913032, malkwaiti@kfu.edu.sa

Dr Alkuwayti is a Sheffield graduate, Saudi assistant professor, vice dean of the Veterinary College, member of the American Society for Biochemistry and Molecular Biology (ASBMB) and member of the Saudi Association for Voluntary Work (Takatuf). She achieved sixth

place in the excellence awards in Ohio University's programme for the development of new faculty members at King Faisal University (KFU). She was a winner of the College of Science faculty member excellence award. She has published ISI/Scopus-indexed articles with the largest international publishers, including Elsevier. She has participated as an advisor on a food security hackathon at KFU. She has attended several international conferences in the UK and USA. ORCID: 0000-0002-8048-7378

References

- Anazawa, U., Hanaoka, H., Morioka, H., Morii, T. and Toyama, Y. (2004). Ultrastructural cytochemical and ultrastructural morphological differences between human multinucleated giant cells elicited by wear particles from hip prostheses and artificial ligaments at the knee. *Ultrastruct Pathol*, **28**(5–6), 353–9.
- Anderson, D.M., Maraskovsky, E., Billingsley, W.L., Dougall, W.C., Tometsko, M. E., Roux, E.R., Teepe, M.C., DuBose, R.F., Cosman, D. and Galibert, L. (1997). A homologue of the TNF receptor and its ligand enhance T-cell growth and dendritic-cell function. *Nature*, **390**(6656), 175–9.
- Asagiri, M., Sato, K., Usami, T., Ochi, S., Nishina, H., Yoshida, H., Morita, I., Wagner, E.F., Mak, T.W., Serfling, E. and Takayanagi, H. (2005). Autoamplification of NFATc1 expression determines its essential role in bone homeostasis. *J Exp Med*, **202**(9), 1261–9.
- Bendixen, A.C., Shevde, N.K., Dienger, K.M., Willson, T.M., Funk, C.D. and Pike, J.W. (2001). IL-4 inhibits osteoclast formation through a direct action on osteoclast precursors via peroxisome proliferator-activated receptor gamma 1. *Proc Natl Acad Sci USA*, **98**(5), 2443–8.
- Blair, H.C., Teitelbaum, S.L., Ghiselli, R. and Gluck, S. (1989). Osteoclastic bone resorption by a polarized vacuolar proton pump. *Science*, **245**(4920), 855–7.
- Blumenthal, R., Clague, M.J., Durell, S.R. and Epand, R.M. (2003). Membrane fusion. *Chem Rev*, **103**(1), 53–69.
- Boyce, B.F. (2013). Advances in osteoclast biology reveal potential new drug targets and new roles for osteoclasts. *J Bone Miner Res*, **28**(4), 711–22.
- Boyle, W.J., Simonet, W.S. and Lacey, D.L. (2003). Osteoclast differentiation and activation. *Nature*, **423**(6937), 337–42.
- Caetano-Lopes, J., Canhao, H. and Fonseca, J.E. (2007). Osteoblasts and bone formation. *Acta Reumatol Port*, **32**(2), 103–10.
- Chambers, T.J. (2000). Regulation of the differentiation and function of osteoclasts. *J Pathol*, **192**(1), 4–13.
- Chambers, T.J., Owens, J.M., Hattersley, G., Jat, P.S. and Noble, M.D. (1993). Generation of osteoclast-inductive and osteoclastogenic cell lines from the H-2KbA58 transgenic mouse. *Proc Natl Acad Sci USA*, **90**(12), 5578–82.
- Charles, J.F. and Aliprantis, A.O. (2014). Osteoclasts: More than 'bone eaters'. *Trends Mol Med*, **20**(8), 449–59.
- Chiu, Y.H. and Ritchlin, C.T. (2016). DC-STAMP: A Key Regulator in Osteoclast Differentiation. *J Cell Physiol*, **231**(11), 2402–7.
- Dai, X.M., Ryan, G.R., Hapel, A.J., Dominguez, M.G., Russell, R.G., Kapp, S., Sylvestre, V. and Stanley, E.R. (2002). Targeted disruption of the mouse colony-stimulating factor 1 receptor gene results in osteopetrosis, mononuclear phagocyte deficiency, increased primitive progenitor cell frequencies, and reproductive defects. *Blood*, **99**(1), 111–20.
- Dougall, W.C., Glaccum, M., Charrier, K., Rohrbach, K., Brasel, K., De Smedt, T., Daro, E., Smith, J., Tometsko, M.E., Maliszewski, C.R., Armstrong, A., Shen, V., Bain, S., Cosman, D., Anderson, D., Morrissey, P.J., Peschon, J.J. and Schuh, J. (1999). RANK is essential for osteoclast and lymph node development. *Genes Dev*, **13**(18), 2412–24.
- Florencio-Silva, R., Sasso, G.R., Sasso-Cerri, E., Simoes, M.J. and Cerri, P.S. (2015). Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells. *Biomed Res Int*, **2015**(n/a), 421746.
- Fuller, K., Wong, B., Fox, S., Choi, Y. and Chambers, T.J. (1998). TRANCE is necessary and sufficient for osteoblast-mediated activation of bone resorption in osteoclasts. *J Exp Med*, **188**(5), 997–1001.
- Hartgers, F.C., Vissers, J.L., Looman, M.W., van Zoelen, C., Huffine, C., Figdor, C. G. and Adema, G.J. (2000). DC-STAMP, a novel multimembrane-spanning molecule preferentially expressed by dendritic cells. *Eur J Immunol*, **30**(12), 3585–90.
- Hernandez, L.D., Hoffman, L.R., Wolfsberg, T.G. and White, J.M. (1996). Virus-cell and cell-cell fusion. *Annu Rev Cell Dev Biol*, **12**(n/a), 627–61.
- Hodge, J.M., Kirkland, M.A., Aitken, C.J., Waugh, C.M., Myers, D.E., Lopez, C.M., Adams, B.E. and Nicholson, G.C. (2004). Osteoclastic potential of human CFU-GM: Biphasic effect of GM-CSF. *J Bone Miner Res*, **19**(2), 190–9.
- Hwang, Y.S., Ma, G.T., Park, K.K. and Chung, W.Y. (2014). Lysophosphatidic acid stimulates osteoclast fusion through OC-STAMP and P2X7 receptor signaling. *J Bone Miner Metab*, **32**(2), 110–22.
- Ishibashi, T., Ding, L., Ikenaka, K., Inoue, Y., Miyado, K., Mekada, E. and Baba, H. (2004). Tetraspanin protein CD9 is a novel paranodal component regulating paranodal junctional formation. *J Neurosci*, **24**(1), 96–102.
- Ishii, M., Iwai, K., Koike, M., Ohshima, S., Kudo-Tanaka, E., Ishii, T., Mima, T., Katada, Y., Miyatake, K., Uchiyama, Y. and Saeki, Y. (2006). RANKL-induced expression of tetraspanin CD9 in lipid raft membrane microdomain is essential for cell fusion during osteoclastogenesis. *J Bone Miner Res*, **21**(6), 965–76.
- Ishii, T., Ruiz-Torruella, M., Ikeda, A., Shindo, S., Movila, A., Mawardi, H., Albassam, A., Kayal, R.A., Al-Dharrab, A.A., Egashira, K., Wisitrasameewong, W., Yamamoto, K., Mira, A.I., Sueishi, K., Han, X., Taubman, M.A., Miyamoto, T. and Kawai, T. (2018). OC-STAMP promotes osteoclast fusion for pathogenic bone resorption in periodontitis via up-regulation of permissive fusogen CD9. *FASEB J*, **32**(7), 4016–30.
- Kaji, K. and Kudo, A. (2004). The mechanism of sperm-oocyte fusion in mammals. *Reproduction*, **127**(4), 423–9.
- Kaji, K., Oda, S., Miyazaki, S. and Kudo, A. (2002). Infertility of CD9-deficient mouse eggs is reversed by mouse CD9, human CD9, or mouse CD81; polyadenylated mRNA injection developed for molecular analysis of sperm-egg fusion. *Dev Biol*, **247**(2), 327–34.
- Khan, U.A., Hashimi, S.M., Bakr, M.M., Forwood, M.R., and Morrison, N.A. (2013). Foreign body giant cells and osteoclasts are TRAP positive, have podosome-belts and both require OC-STAMP for cell fusion. *J Cell Biochem*, **114**(8), 1772–8.
- Kim, M.H., Park, M., Baek, S.H., Kim, H.J. and Kim, S.H. (2011). Molecules and signaling pathways involved in the expression of OC-STAMP during osteoclastogenesis. *Amino Acids*, **40**(5), 1447–59.
- Kodama, J., and Kaito, T. (2020). Osteoclast Multinucleation: Review of Current Literature. *Int J Mol Sci*, **21**(6), 5685.
- Kukita, T., Wada, N., Kukita, A., Kakimoto, T., Sandra, F., Toh, K., Nagata, K., Iijima, T., Horiuchi, M., Matsusaki, H., Hieshima, K., Yoshie, O. and Nomiyama, H. (2004). RANKL-induced DC-STAMP is essential for osteoclastogenesis. *J Exp Med*, **200**(7), 941–6.
- Kylmaja, E., Nakamura, M. and Tuukkanen, J. (2016). Osteoclasts and remodeling based bone formation. *Curr Stem Cell Res Ther*, **11**(8), 626–33.
- Liu, Y.C., Zou, X.B., Chai, Y.F. and Yao, Y.M. (2014). Macrophage polarization in inflammatory diseases. *Int J Biol Sci*, **10**(5), 520–9.
- McNally, A.K. and Anderson, J.M. (1995). Interleukin-4 induces foreign body giant cells from human monocytes/macrophages. Differential lymphokine regulation of macrophage fusion leads to morphological variants of multinucleated giant cells. *Am J Pathol*, **147**(5), 1487–99.
- Mensah, K.A., Ritchlin, C.T. and Schwarz, E.M. (2010). RANKL induces heterogeneous DC-STAMP(lo) and DC-STAMP(hi) osteoclast precursors of which the DC-STAMP(lo) precursors are the master fusogens. *J Cell Physiol*, **223**(1), 76–83.
- Mills, C.D. (2015). Anatomy of a discovery: M1 and m2 macrophages. *Front Immunol*, **6**(n/a), 212.
- Miyamoto, H., Suzuki, T., Miyauchi, Y., Iwasaki, R., Kobayashi, T., Sato, Y., Miyamoto, K., Hoshi, H., Hashimoto, K., Yoshida, S., Hao, W., Mori, T., Kanagawa, H., Katsuyama, E., Fujie, A., Morioka, H., Matsumoto, M., Chiba, K., Takeya, M., Toyama, Y. and Miyamoto, T. (2012). Osteoclast stimulatory transmembrane protein and dendritic cell-specific transmembrane protein cooperatively modulate cell-cell fusion to form osteoclasts and foreign body giant cells. *J Bone Miner Res*, **27**(6), 1289–97.
- Miyamoto, T. (2013). STATs and macrophage fusion. *IAKSTAT*, **2**(3), e24777.
- Moreno, J.L., Mikhailenko, I., Tondravi, M.M. and Keegan, A.D. (2007). IL-4 promotes the formation of multinucleated giant cells from macrophage precursors by a STAT6-dependent, homotypic mechanism: Contribution of E-cadherin. *J Leukoc Biol*, **82**(6), 1542–53.
- Nakashima, T., Hayashi, M., Fukunaga, T., Kurata, K., Oh-Hora, M., Feng, J. Q., Bonewald, L.F., Kodama, T., Wutz, A., Wagner, E.F., Penninger, J.M. and Takayanagi, H. (2011). Evidence for osteocyte regulation of bone homeostasis through RANKL expression. *Nat Med*, **17**(10), 1231–4.
- Parfitt, A.M. (2002). Targeted and nontargeted bone remodeling: Relationship to basic multicellular unit origination and progression. *Bone*, **30**(1), 5–7.
- Sipos, W., Pietschmann, P., Rauner, M., Kersch-Schindl, K. and Patsch, J.

- (2009). Pathophysiology of osteoporosis. *Wien Med Wochenschr*, **159**(9-10), 230–4.
- Song, I., Kim, J.H., Kim, K., Jin, H.M., Youn, B.U. and Kim, N. (2009). Regulatory mechanism of NFATc1 in RANKL-induced osteoclast activation. *FEBS Lett*, **583**(14), 2435–40.
- Staeger, H., Brauchlin, A., Schoedon, G. and Schaffner, A. (2001). Two novel genes FIND and LIND differentially expressed in deactivated and Listeria-infected human macrophages. *Immunogenetics*, **53**(2), 105–13.
- Szanto, A., Balint, B.L., Nagy, Z.S., Barta, E., Dezso, B., Pap, A., Szeles, L., Poliska, S., Oros, M., Evans, R.M., Barak, Y., Schwabe, J. and Nagy, L. (2010). STAT6 transcription factor is a facilitator of the nuclear receptor PPARgamma-regulated gene expression in macrophages and dendritic cells. *Immunity*, **33**(5), 699–712.
- Tachibana, I. and Hemler, M. E. (1999). Role of transmembrane 4 superfamily (TM4SF) proteins CD9 and CD81 in muscle cell fusion and myotube maintenance. *J Cell Biol*, **146**(4), 893–904.
- Takagi, T., Inoue, H., Takahashi, N., Katsumata-Tsuboi, R. and Uehara, M. (2017a). Sulforaphane inhibits osteoclast differentiation by suppressing the cell-cell fusion molecules DC-STAMP and OC-STAMP. *Biochem Biophys Res Commun*, **483**(1), 718–24.
- Takagi, T., Inoue, H., Takahashi, N., Katsumata-Tsuboi, R. and Uehara, M. (2017b). Sulforaphane attenuates multinucleation of pre-osteoclasts by suppressing expression of cell-cell fusion-associated genes DC-STAMP, OC-STAMP, and Atp6v0d2. *Biosci Biotechnol Biochem*, **81**(6), 1220–3.
- Takayanagi, H. (2007). Osteoimmunology: Shared mechanisms and crosstalk between the immune and bone systems. *Nat Rev Immunol*, **7**(4), 292–304.
- Teitelbaum, S.L. and Ross, F.P. (2003). Genetic regulation of osteoclast development and function. *Nat Rev Genet*, **4**(8), 638–49.
- Willkomm, L. and Bloch, W. (2015). State of the art in cell-cell fusion. *Methods Mol Biol*, **1313**(n/a), 1–19.
- Wisitrasameewong, W., Kajiya, M., Movila, A., Rittling, S., Ishii, T., Suzuki, M., Matsuda, S., Mazda, Y., Torruella, M.R., Azuma, M.M., Egashira, K., Freire, M.O., Sasaki, H., Wang, C.Y., Han, X., Taubman, M.A. and Kawai, T. (2017). DC-STAMP Is an Osteoclast Fusogen Engaged in Periodontal Bone Resorption. *J Dent Res*, **96**(6), 685–93.
- Witwicka, H., Hwang, S.Y., Reyes-Gutierrez, P., Jia, H., Odgren, P.E., Donahue, L. R., Birnbaum, M.J. and Odgren, P.R. (2015). Studies of OC-STAMP in osteoclast fusion: A new knockout mouse model, rescue of cell fusion, and transmembrane structure. *PLoS One*, **10**(6), e0128275.
- Xing, L., Xiu, Y. and Boyce, B.F. (2012). Osteoclast fusion and regulation by RANKL-dependent and independent factors. *World J Orthop*, **3**(12), 212–22.
- Xiong, J., Onal, M., Jilka, R.L., Weinstein, R.S., Manolagas, S.C. and O'Brien, C.A. (2011). Matrix-embedded cells control osteoclast formation. *Nat Med*, **17**(10), 1235–41.
- Yagi, M., Miyamoto, T., Sawatani, Y., Iwamoto, K., Hosogane, N., Fujita, N., Morita, K., Ninomiya, K., Suzuki, T., Miyamoto, K., Oike, Y., Takeya, M., Toyama, Y. and Suda, T. (2005). DC-STAMP is essential for cell-cell fusion in osteoclasts and foreign body giant cells. *J Exp Med*, **202**(3), 345–51.
- Yang, M., Birnbaum, M.J., MacKay, C.A., Mason-Savas, A., Thompson, B. and Odgren, P.R. (2008). Osteoclast stimulatory transmembrane protein (OC-STAMP), a novel protein induced by RANKL that promotes osteoclast differentiation. *J Cell Physiol*, **215**(2), 497–505.
- Yuan, H., He, J., Zhang, G., Zhang, D., Kong, X. and Chen, F. (2017). Osteoclast stimulatory transmembrane protein induces a phenotypic switch in macrophage polarization suppressing an M1 pro-inflammatory state. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*, **49**(10), 935–44.
- Zhang, C., Dou, C.E., Xu, J. and Dong, S. (2014). DC-STAMP, the key fusion-mediating molecule in osteoclastogenesis. *J Cell Physiol*, **229**(10), 1330–5.

Energy Efficiency Indicators and the First Design Stages for Commercial Centers after the Coronavirus Pandemic

Abdelrahman Marouf El-Sayed

Department of Architecture, College of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt

تأثير استراتيجيات مراحل التصميم الأولية الجديدة للمراكز التجارية بعد جائحة كورونا على مؤشرات كفاءة الطاقة

عبد الرحمن معروف السيد

قسم عمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، الجيزة، مصر



LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/eng/210026	07/04/2021	12/02/2022	12/02/2022	01/06/2022
NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
4487	7	2022	23	1

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic, which emerged in the last quarter of 2019, has seriously affected the global economy, including sectors such as the energy and building industries. Studies of COVID-19 transmission indicate a direct relationship between the number of occupants in a building and the risk of infection. The aims of this study were to focus on workplace density strategies as a primary, overlooked factor that can affect energy consumption and the risk of transmission of viruses within buildings and to determine optimal workplace density strategies to reduce energy consumption, especially in commercial buildings. To this end, the practical approach was used by applying COVE.TOOL technology and data from COVID-19 tracking projects to the proposed occupant density after new design considerations for the food court of the Mall of Arabia – the most famous shopping mall in Egypt. This approach was also used to evaluate customer visits to reduce the spread of disease and improve their energy efficiency.

المخلص

أثرت الجائحة العالمية كوفيد-19 التي ظهرت في الربع الأخير من 2019 على الاقتصاد العالمي مما أدى إلى تعرض العديد من القطاعات مثل الطاقة والمباني والصناعات لتأثيرات خطيرة جراء الوباء، فلم تعد الاعتبارات التصميمية الاعتيادية للمباني تتماشى مع استراتيجيات استهلاك الطاقة وتقليل انتشار الأوبئة داخلها. وقد أشارت الدراسات التي أجريت على انتقال كوفيد-19 إلى وجود علاقة مباشرة بين عدد الشاغلين وخطر الإصابة بالعدوى. تهدف هذه الدراسة إلى التركيز على استراتيجية كثافة الإشغال باعتبارها أحد العوامل الرئيسية التي تم التفاوض عنها والتي تؤثر على استهلاك الطاقة وخطر انتقال الفيروسات داخل المباني وتحديد كثافة الإشغال المثلى لتقليل استهلاك الطاقة في المباني خاصة المباني التجارية. لتحقيق هذه الغاية، تم استخدام المنهج التطبيقي عن طريق استخدام برنامجي التحليل والتقييم COVE.TOOL و COVID Occupancy Score tool لتطبيق كثافة الإشغال المقترحة بعد الاعتبارات التصميمية الجديدة على منطقة ساحة الطعام بأشهر المراكز التجارية في مصر وهو مول العرب وتقييم كفاءتها لتقليل انتشار الأوبئة وترشيد الطاقة بها.

KEYWORDS

الكلمات المفتاحية

Design standards, occupant density, retrofitting buildings, energy consumption, COVID-19, COVE.TOOL

الاعتبارات التصميمية، كثافة الإشغال، تحديث المباني، استهلاك الطاقة، كوفيد - 19، أداة COVE.TOOL

CITATION

الإحالة

El-Sayed, A.M. (2022). Nahw astiratiijaat jadidat limarahil altasmim al'uwlaa baed kuruna watathiriha ealaa muashirat kafa'at altaaqat bialmarakiz altijaria 'Towards new strategies for the first design stages after Corona and their impact on energy efficiency indicators in commercial centers'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 51–7. DOI: 10.37575/b/eng/210026 [in Arabic]

السيد، عبد الرحمن معروف. (2022). نحو استراتيجيات جديدة لمراحل التصميم الأولى بعد كورونا وتأثيرها على مؤشرات كفاءة الطاقة بالمراكز التجارية. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*, 23(1)، 51-57.

1. المقدمة

أثرت الجائحة العالمية كوفيد-19 الذي ظهر في الربع الأول من 2020 على الاقتصاد العالمي مما أدى إلى تعرض العديد من القطاعات مثل الطاقة والمباني والصناعات لتأثيرات خطيرة جراء الوباء (Qarnain et al., 2020)، وطبقا لما ذكرته الهيئة العامة للإحصاء السعودي بلغ الانخفاض في معدل نمو القطاع الخاص 10.1% كما أن إجراءات العزل العام المرتبطة بمكافحة تفشي كوفيد-19 أضرت الاقتصاد السعودي بشدة في الربع الثاني، وكان القطاع غير النفطي الأكثر تضررا، حيث انكمش 8.2% (Barbuscia, 2021).

كشفت مصادر مسؤولة في وزارة الكهرباء والطاقة عن تراجع استهلاك القطاعين الصناعي والتجاري من الطاقة الكهربائية خلال شهر مارس الماضي مقارنة مع شهر فبراير، وأوضحت أن استهلاك القطاع التجاري تراجع بنحو 5.7% ليسجل خلال مارس نحو 492 مليون كيلووات ساعة، مقارنة مع شهر فبراير الذي سجل نحو 522 مليون كيلووات ساعة (Salem, 2021). كل هذه التغييرات التي طرأت على العالم وغيرت مساري الاقتصاد والطاقة جعلت إدارة الطاقة أكثر أهمية من ذي قبل. ونظرا لأن المباني تمثل نسبة تقارب من 30% إلى 40% من طلب المجتمع على الطاقة، فإن لديها القدرة على التخفيف من المشكلات المتعلقة بالطاقة (Fesanghary et al., 2012).

2. المشكلة البحثية

مع انتشار وباء كوفيد-19 وتأثيره السلبي على الطاقة في المباني فلم تعد مؤشرات استهلاك الطاقة التقليدية تتماشى مع طرق التصميم الاعتيادية لتلك المباني وأهم تلك الاعتبارات التي تركز عليها هذه الدراسة هي كثافة الإشغال ودورها في ترشيد استهلاك الطاقة وتقليل انتشار الأوبئة داخل المراكز التجارية.

2. أهمية الدراسة

تساهم الدراسة على تقليل معدل انتشار الأوبئة داخل المراكز التجارية وتطوير مؤشرات استهلاك الطاقة داخلها، كما تقدم مقترحا لتقييم كفاءة تلك المباني لمواجهة الأوبئة عن طريق برامج المحاكاة البيئية والتصميم البارامتري.

3. هدف الدراسة

التأكد من كفاءة كثافة الإشغال والمساحة الاحترازية اللازمة لكل شخص والموصي بها من مركز السيطرة على الأمراض من جهة وترشيد استهلاك الطاقة داخل تلك المباني من جهة أخرى.

4. منهجية الدراسة

يتكون البحث من محورين رئيسيين تسلسلاً لتحقيق هدفه. بحيث يخصص المحور الأول من البحث المنهج النظري للتعريف بالمشكلة البحثية وطرح إطار نظري لها ومناقشة محدداتها واستقراء ما تناولته الأبحاث العلمية السابقة في نطاق هذه المشكلة واستخراج مجموعة من الاستراتيجيات التي سوف يتم استخدام جزء منها في المحور الثاني وهو المنهج التطبيقي لبيان مدى تأثير هذه الاستراتيجيات في حل المشكلة البحثية.

5. تغيير استراتيجيات التصميم لمواجهة انتشار الأوبئة وتأثيرها على الطاقة

عمل وباء كوفيد-19 على تغيير طريقة تصميم المباني، فالعديد من المشاريع سواء في مراحل التصميم الأولية أو في المراحل المتقدمة تبحث في إعادة التصميم مع التركيز على تقليل انتشار الفيروس، كما حددت منظمة الصحة العالمية وسلطات أخرى الاستنشاق أو الاتصال المباشر بقطرات الفيروس، والاتصال غير المباشر من خلال الرذاذ مع الأسطح الملوثة، باعتبارهما السببان الرئيسان للانتشار السريع للفيروس وللتوضيح أدت إجراءات الإغلاق والتباعد وتحديد ساعات الإشغال في المراكز التجارية - محل الدراسة - إلى تخفيض استهلاك الطاقة داخل تلك المراكز بصورة واضحة ولكن على النقيض تسبب ذلك في الارتفاع الشديد في استهلاك الطاقة في المباني السكنية والعلاجية فبالنظر إلى استهلاك الطاقة العام مرتفع لذلك تسبب انتشار كوفيد-19 إلى زيادة استهلاك الطاقة بينما تقترح الدراسة بعض الاستراتيجيات التي تعيد إلقاء الضوء على عناصر استهلاك الطاقة وبالبدايل المتاحة لإعادة هيكلة المراكز التجارية من حيث التصميم وعناصر استهلاك الطاقة.

فيما يلي استراتيجيات رئيسية لتقليل الانتشار داخل المباني وتأثيرها على كثافة استخدام الطاقة في المبني (EUI):

5.1. استراتيجية كثافة الإشغال:

كان لكوفيد-19 آثار مدمرة على جميع جوانب الحياة اليومية ويهدف الحد من انتشار هذا الوباء، أصدرت المراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها (CDC) إرشادات توصي بأن يمارس الأشخاص التباعد الاجتماعي (الحفاظ على الفصل الجسدي على الأقل 6 أقدام بين شخصين [ما يعادل 183 سم]) (Centers for Disease Control and Prevention, 2021). فمن منظور تصميمي، يوصى بتخيل دائرة بطول 6 أقدام مخصصة لكل زائر، فإن الحد الأدنى من المساحة اللازمة لكل شخص لممارسة التباعد الاجتماعي هي:

$$\text{radius} * \text{radius} * \pi * (\text{نق} \times \text{نق}) \text{، والتي تصل إلى } 113.04 \text{ قدمًا مربعًا} [10.50]^2$$

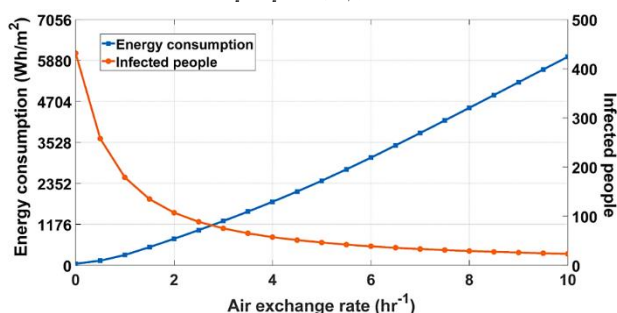
لذلك أي مبنى تجاري يوفر تلك المساحة (على الأقل) لكل شخص سيكون قادرًا على الحفاظ على التباعد الاجتماعي داخل هذا الفراغ. وفقًا لدليل استخدام كود الطاقة الأمريكي "ASHRAE 2019 IECC equivalent" (Qarnain, Sattanathan, Sankaranarayanan and Ali, 2020)، يجب أن توفر مباني

المراكز التجارية من 50-100 قدم²/شخص ~ [4-9 م²/شخص]. وطبقًا لاشتراطات البلدية للأسواق والمراكز التجارية بالمملكة يتم تخصيص مساحة لا تقل عن 10 م² لكل زائر (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2020). لذلك، إذا تم تطبيق قواعد التباعد الاجتماعي على فراغات المبني، سيلزم زيادة المساحة لكل شخص في المبني إلى 113.04 قدم²/شخص [10.50 م²].

5.2. استراتيجية التحكم في جودة الهواء الداخلي:

كشف كوفيد-19 المستمر عن مدى تأثير جودة الهواء الداخلي الرديئة في زيادة آثار الفيروسات المحمولة جوا بدلًا من تعزيز الصحة، وفي الكثير من الأحيان تتسبب بيئتنا المبنية في تدهور الهواء الداخلي عن طريق قلة سبل التهوية الطبيعية وتجديد الهواء ومواصفات مواد البناء والتشطيبات (Wagdi, 2015) بالإضافة إلى التلوث الناتج عن أنظمة التبريد والتكييف، وتوضح العديد من الدراسات أهمية دمج استراتيجيات تحسين جودة الهواء في الأماكن المغلقة في تصميم المبني وتقليل الاعتماد على أنظمة التكييف إلى أقل مستوى لما يساهم ذلك في تقليل استهلاك الطاقة والحد من انتشار الأوبئة (Sloan Brittain et al., 2020) كما (بالشكل 1)، كما يوجد أنظمة مثل Demand Controlled Ventilation - DCV وهذه التقنية تقوم على إعادة تدوير الهواء وتساهم هذه التقنية في ترشيد استهلاك الطاقة (O'Neill et al., 2020).

شكل 1: يوضح العلاقة بين معدل تبادل الهواء مع الطاقة المستهلكة في أنظمة التبريد HVAC وعدد الزوار المتوقع أصابهم بكوفيد 19 في المباني



المصدر:

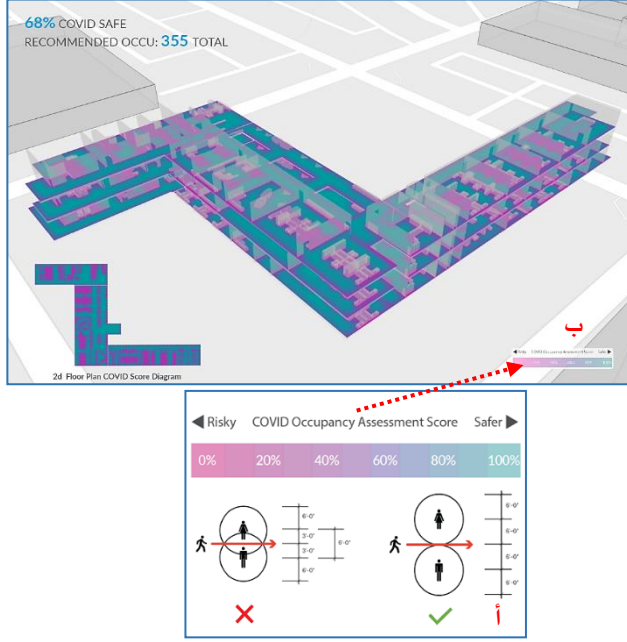
Mokhtari, R. and Jahangir, M.H. (2021). The effect of occupant distribution on energy consumption and COVID-19 infection in buildings: A case study of university building. *Building and Environment*, 190, 107561

ولكن - بفضل الله - أثبتت العديد من الدراسات أن معدل انتشار كوفيد-19 لا يزداد بازدياد معدل التكييف حيث ساهمت تكنولوجيا الترشيد الموجودة داخل أنظمة التكييف الحديثة والتي في تطور مستمر من الحد من انتشار أغلب الفيروسات، وقد وصلت العديد من الدراسات حالياً إلى الوصول إلى أجهزة تبريد تقضي على كوفيد-19 وليس فقط تمنع انتشاره مثل مكيف الهواء "IVP" (M. Post, 2021).

يجب إعطاء الأولوية لاستخدام استراتيجيات التصميم السلبي لتشجيع التهوية الطبيعية وتوزيع الهواء ويعرف بالتصميم الذي يستفيد من المناخ للحفاظ على درجة حرارة مريحة في المبني. ومن تقنيات التصميم السلبي: الفناء الداخلي، أبراج التهوية، أنفاق التهوية الأرضية، التبريد التبخيري. كما يقلل التصميم السلبي أو يلغي الحاجة إلى التدفئة أو التبريد الإضافي "الميكانيكي"، وهو ما يمثل نسبة كبيرة لاستخدام الطاقة في المباني. يستخدم التصميم السلبي المصادر الطبيعية للتدفئة والتبريد، مثل الشمس والنسيم البارد. ويتحقق ذلك من خلال توجيه المبني بشكل مناسب على موقعه وتصميم غلاف المبني "السقف والجدران والنوافذ والأرضيات"، وهذا للتقليل من كسب أو خسارة الحرارة غير المرغوب فيها. لذلك إذا كانت هذه التدابير لتوجيه عملية صنع القرار المعماري وتم تصميمها وفقاً للمناخ المحلي وظروف الموقع، فيمكن تقليل الاعتماد على الحلول الميكانيكية الإضافية، مثل أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC).

ففي السنوات الأخيرة، تم تحسين أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) لمحاكاة التهوية الطبيعية وتوزيع الهواء داخل المبني والمناطق المحيطة به بشكل مستمر. ولقد سهلت التطورات في نمذجة معلومات البناء (BIM) أدوات محاكاة تدفق الهواء للتصميم البيئي للمبني (Gan et al., 2019).

شكل 2: أ- توضيح مفتاح نسب الإشغال ب- درجة تقييم إشغال COVID على المساقط الأفقية لأحد المباني



المصدر: (Aguirre, 2021)

يحلل (تقييم إشغال COVID) مساحة أرضية المبنى بأكمله لتقديم توصيات للحد الأقصى لعدد شاغلي المبنى (لكل مستوى وللمبنى بأكمله)، كما هو موضح في (الشكل 2-ب) والنسبة المئوية لمساحة الأرضية التي يمكن فيها لشاغلي المبنى ممارسة التباعد الاجتماعي بأمان، وتصور الخريطة الحرارية للمواقع المحفوفة بالمخاطر (بنفسي)؛ تلك الأقل احتمالاً أن يحافظ شخصان على التباعد الموصى به) والمواقع الآمنة (الأزرق والأخضر؛ تلك التي بها مساحة غير معوقة كافية لشخصين للحفاظ على مسافة 6 أقدام بشكل كافٍ).

وفي هذا الجزء سيتم توضيح طريقة حساب نقاط (COVID Score) ثم ينتقل النقاش إلى شرح كيفية تفسير النتائج، بما في ذلك خريطة التمثيل اللوني أو الخريطة الحرارية Heatmap. وأخيراً، سيتم تقديم حالتين (الوضع الحالي وأفضل البدائل المقترحة) لتوضيح كيف يمكن استخدام هذه الطريقة عملياً.

6.1 منهجية تقييم كثافة الإشغال:

تقييم إشغال COVID هو تحليل قائم على شبكة مديولية. أولاً، ينقسم كل طابق من المبنى الذي تم تحليله إلى وحدات مديولية 1 قدم × 1 قدم. بعد ذلك، من مركز كل وحدة مديولية، يتم فحص وجود العوائق، أي الجدران والنوافذ والأثاث، في جميع الاتجاهات. في حالة وجود عائق، يتم تحديد المسافة من مركز الوحدة أو الخلية إلى العائق، ويتم استخدام هذه المعلومات في حساب نقاط (COVID Score) لهذه الوحدة المديولية أو الخلية.

بعد حساب نقاط COVID لكل خلية من الوحدات المديولية إلى أن يكتمل المسقط الأفقي للطابق بالكامل ثم يتم تحويل الدرجات إلى ألوان لإنشاء الخريطة الحرارية. الغرض من هذه الخريطة الحرارية هو توفير تمثيل مرئي لدرجات كوفيد (COVID Score) للطابق بأكمله كما (بالشكل 3-أ).

يتم حساب متوسط درجات COVID لكل وحدات الشبكة المديولية لكل طابق على حدة، مما يجعل نقاط COVID لهذا الطابق (COVID-floor = متوسط شبكة كوفيد COVID-grids). يتم بعد ذلك حساب متوسط درجات COVID لجميع الطوابق لاستنتاج مجموع نقاط كوفيد للمبنى (COVID-building = متوسط طوابق كوفيد COVID-floor). تُستخدم نتائج COVID للطوابق وللمبنى أيضاً لتقديم توصيات بشأن الحد الأقصى للإشغال لكل طابق وللمبنى بالكامل، على التوالي.

في المواقع ذات المستويات العالية من التلوث المحيط، حيث تمثل التهوية الطبيعية تحديات كبيرة، يمكن ترشيح الهواء الداخل للمبنى باستخدام مرشحات هواء جسيمات عالية الكفاءة (High-Efficiency Particulate Air) (HEPA) ذات الحجم المناسب لإزالة الجزيئات والملوثات الفيروسية (Christopherson et al., 2020) والأهم من ذلك تقليل خطورة انتشار كوفيد-19 أو حتى دخوله عبر المرشحات (Li et al., 2020).

بالنسبة لمعظم أنماط المباني وخاصة المباني التجارية، يجب على المصممين تجنب الاعتماد فقط على الترشيح الميكانيكي لأنه يتطلب طاقة إدخال ثابتة وغالباً ما يتم تجاهل متطلبات الصيانة الخاصة به. هناك مجموعة من الدراسات التي تقوم على أنظمة تنقية الهواء الداخلية الطبيعية، مثل المرشحات الحيوية بمساعدة النباتات أو الطحالب، قيد التطوير حالياً، ومع ذلك، هناك حاجة إلى مزيد من البحث من حيث فعاليتها في إزالة ملوثات الهواء وتأثيراتها على الرطوبة النسبية. في حين أن استخدام النباتات لتحسين جودة الهواء الداخلي قد انتشر في السنوات الأخيرة، إلا أنه من غير العملي تطبيقها على حجم البناء كاملاً، كوسيلة عزل وترشيح طبيعية (Cummings and Waring, 2020).

6. التحكم في كثافة الإشغال لمواجهة انتشار الأوبئة وتأثيرها على الطاقة

إن المبادئ التوجيهية للتباعد الاجتماعي التي وضعها مركز السيطرة على الأمراض (CDC) تطرح تحديات جديدة، فضلاً عن إثارة تساؤلات، في الوقت الذي يحاول فيه المجتمع العودة إلى "وضع طبيعي جديد". وبمجرد أن يرتبط هذا التحدي بتصميمات المباني، وخاصة المباني العامة والمراكز التجارية، حيث يبدأ الناس في العودة إلى روتين حياتهم اليومية. هل ستمكن تصميم المباني الحالية الناس من العودة بأمان إلى أعمالهم الروتينية مع الحفاظ على 6 أقدام [ما يعادل 183 سم] الموصى بها؟ عند تصميم مبنى جديد، هل يعزز التصميم المخطط له التباعد الاجتماعي؟ وللعالجة هذه الأسئلة، تم استخدام أداة التحليل Cove.Tool (Aguirre, 2021) وبها طريقة تحليلية جديدة - يتم تنصيبها على العديد من البرامج مثل Grasshopper for Rhino - RIVET وتركز على التباعد الاجتماعي وتقييم المباني لبيان مدى كفاءتها في مواجهة الأوبئة العالمية مثل كوفيد-19.

توفر الطريقة التي تم تطويرها حديثاً مقياساً كمياً للمباني، يُسمى درجة تقييم إشغال كوفيد (COVID Score)، والتي تعكس إمكانية الحفاظ على التباعد الاجتماعي داخل تصميم مبنى معين. يمكن استخدام هذا المقياس لتحسين رسومات المساقط الأفقية للطوابق بحيث تشجع على التباعد الاجتماعي إلى أقصى حد ممكن.

كما (بالشكل 2-أ). على سبيل المثال، تشير الدرجة 7/100 للأرضية إلى أنه في كل نقطة على ذلك الطابق، سيكون بإمكان شخصين الحفاظ على مسافة 6 أقدام على الأقل في جميع الاتجاهات المحيطة بكل نقطة.

يعتمد هذا المقياس أو هذه الأداة على مجموعة من الاعتبارات الموجودة في نظم تقييم عالمية مثل: أداة تقييم إعادة الإشغال من "AIA Re-occupancy Assessment Tool" ونظام التقييم التجريبي LEED Safety First: Re-Enter Your "Workspace" لحساب الإشغال وفقاً لإرشادات التباعد الاجتماعي وهي نظم أخذت في الاعتبار نسب وكثافة الإشغال وتناولت معدلات الإشغال لكل فراغ ودرجة تقييمه طبقاً لكثافة الإشغال داخله وخصوصاً بعد وباء كوفيد-19 (U.S. Green Building Council, 2021).

الأشخاص، بل إن المواقع الأكثر خطورة هي تلك التي لديها إمكانية أقل للحفاظ على التباعد الاجتماعي. توفر النسب المئوية مجموع النقاط لكل طابق وللمبنى بأكمله، وتمثل هذه النسب المئوية إمكانية الحفاظ على التباعد الاجتماعي. فمن الأسهل قراءة المخطط كما لو أن كل وحدة مديولية تمثل شخصاً يقف في منتصفها، كما هو موضح في (الشكل 3-ج).

هناك ثلاثة شروط تحاكي السيناريوهات الرئيسية لسلامة الشاغلين أو الزوار:

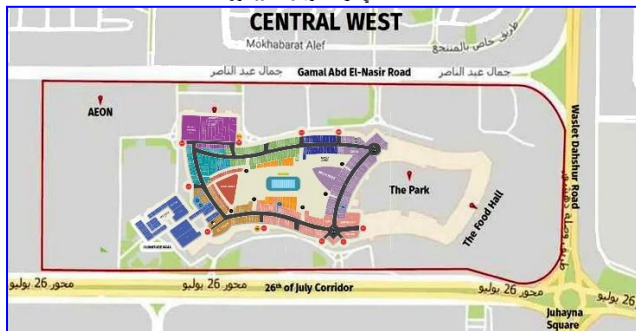
- إذا لم يكن هناك ما يعوق حدود الدائرة حول الوحدة المديولية أو خلية الشبكة، فستحصل خلية الشبكة هذه على درجة 100%. إذا كان هناك شيء يعوق الدائرة، فستتلقى خلية الشبكة هذه درجة أقل من 100% وفقاً لمدى العرقلة.
- في الحائط الداخلي، الشبكة مسدودة بنسبة 50%؛ وبالتالي تحصل خلية الشبكة المجاورة لجدار داخلي على درجة 50%.
- تحتوي العوائق أيضاً على نصف قطر فعال يحاكي إمكانية إعاقة الشخص من الحفاظ على التباعد الاجتماعي، ولكن لا يمنعه بشكل مباشر من القيام بذلك.

7. الدراسة التطبيقية

7.1. منطقة الدراسة:

تمت الدراسة التطبيقية في مول العرب وهو مول ومركز تجاري كبير يقع في جمهورية مصر العربية بمدينة السادس من أكتوبر بميدان جبهة وهو أكبر مول بالمدينة وتم افتتاحه في 24 ديسمبر 2010 وتملكه شركة المراكز المصرية للتطوير العقاري التي يملكها بالتساوي ثلاثة أشقاء من عائلة الحكير بالملكة العربية السعودية، ويضم هذا المول عدداً من المحلات التجارية وشركات الاتصالات والسينيمات وأماكن الألعاب والرياضة والبنوك وناقورة راقصة وصالة مطاعم كبيرة FOOD COURT ومجالات أخرى كثيرة عالمية ومحلية.

شكل 3 د - مسقط أفقي لمول العرب والمحاور الرئيسية المحيطة



شكل 3 هـ - مسقط أفقي لمنطقة الطعام FOOD COURT



المصدر: الباحث

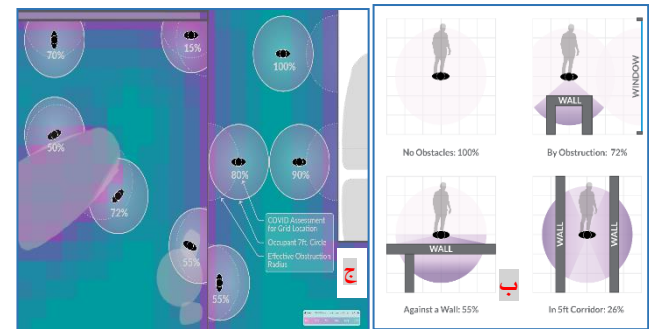
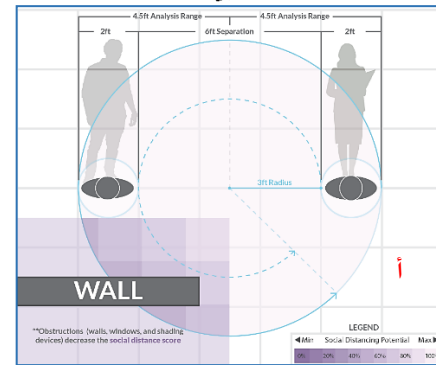
7.2. منهجية الدراسة:

استند البحث في إجراء دراسته العملية على منهجية تطبيق الاعتبارات التصميمية الموصي بها في بروتوكول التباعد الاجتماعي وتقييم إمكانية تطبيقها في منطقة ساحة الطعام FOOD COURT بمول العرب Mall of Arabia في مصر، حيث تم تقييم الوضع الحالي والبدل المقترح بعد استخدام المعدلات الجديدة باستخدام ميزة تقييم أشغال كوفيد في أداة Cove.Tool وبرنامج

تعتمد هذه الطريقة على حقيقة أن مساحة الدائرة التي يبلغ نصف قطرها 6 أقدام هي 113.097 قدمًا مربعًا (x^2 نق 2)، وهي أكبر من مساحة غرفة 10 أقدام 10 أقدام (100 قدم مربع) [9.29م²]. نصف قطر 6 أقدام، الذي يمثل الفصل المادي الموصي به للتباعد الاجتماعي، يسمح بالوصول البشري (أي الانتقال) عبر المساحة التي تشكلها الدوائر الماسة للدائرة التي شكلها نصف القطر.

علاوة على ذلك، يمكن استخدام هذا المبدأ كدليل لتحديد أماكن إشغال المبنى للمساعدة في تطبيق كود الحريق أيضاً، بالإضافة إلى مستويات شاغل، والتي ستأثر باستخدام مسافة التباعد الاجتماعي الموصي بها من مركز السيطرة على الأمراض CDC والتي تبلغ 6 أقدام (Gorbunov, 2021). وفي (الشكل 3-ب) مجموعة من الأمثلة لتبسيط العمليات الحسابية ولأغراض هذه التجربة، يتم استخدام مساحة افتراضية تبلغ 100 قدم مربع لكل شخص بدلاً من مساحة دائرة نصف قطرها 6 أقدام (113.097 قدمًا مربعًا) [10.50م²]، كمقارنة بالنسبة لمستويات الإشغال المسموح بها في كود البناء.

شكل 3 أ - رسم بياني يوضح درجات تقييم كوفيد 19 في المسقط الأفقي COVID Score ب - مجموعة من الأمثلة المختلفة للنسب المئوية ج - النسب المئوية للحفاظ على التباعد الاجتماعي لكل وحدة مديولية يتمركز بها شخص على الخريطة الحرارية



المصدر: (Aguirre, 2021)

6.2. تحليل نتائج برنامج المحاكاة:

يوفر تقييم كوفيد نتيجتين، الأولى هي درجة كوفيد COVID Score، والتي يتم تقديمها كنسبة مئوية، وهي تمثل مقدار المساحات المفتوحة لكل طابق وللمبنى بأكمله الأكثر قدرة على الحفاظ على التباعد الاجتماعي بين الزوار. والثانية هي نسبة الإشغال الموصي بها، وهو الحد الأقصى المقترح للأشغال لكل طابق ويتم توفيره كمجموع إجمالي للمبنى بأكمله للحفاظ بأمان على إجراءات التباعد الاجتماعي المناسبة لكل زائر. يتم تحليل كل طابق على حدة ويتم ترميزه بالألوان باستخدام شبكة الخريطة الحرارية لتبين مواقع خطرة (أرجوانية) إلى مواقع آمنة (زرقاء وخضراء). تختلف القيم الناتجة ومخطط الخريطة الحرارية وفقاً لكثافة كل طابق ورسم أماكن الحوائط والأثاث الداخلي.

6.3. نقاط كوفيد والخريطة الحرارية Heatmap:

فيما يتعلق بالخريطة الحرارية لنقاط COVID، لوحظ أن الهدف الرئيس من الرسم التخطيطي ليس الإشارة إلى الأماكن التي لا ينبغي أن يتواجد فيها

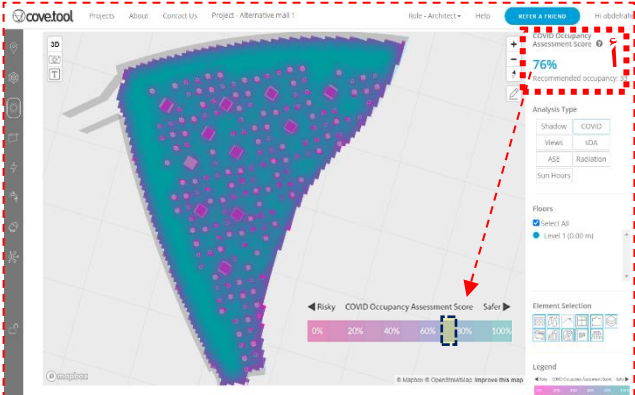


المصدر: الباحث

7.4. البديل الأمثل وتقييمه:

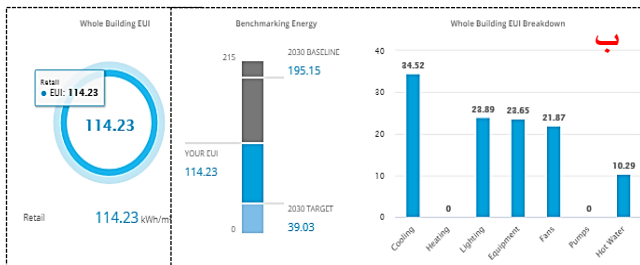
لتحقيق أعلى قدر من الأمان وتقليل انتشار العدوى تم تطبيق مسافات التباعد الاجتماعي الموصى بها بين عناصر فرش ساحة الطعام FOOD COURT باستخدام أداة Cove. Tool للوصول إلى أفضل نسبة إشغال وتقليل استهلاك الطاقة تم الوصول إلى عدد 800 شخص كما (بالشكل 5-ج) نتج عنه تقييم إشغال كوفيد يكافئ 76% كما هو موضح بالمسقط الأفقي (بالشكل 5) وتأثير ذلك على استهلاك الطاقة نتيجة انخفاض نسبة الطاقة الحرارية المنبعثة من الزوار وما يترتب عليه من انخفاض الطاقة المستهلكة في التبريد وبالتالي انخفاض "كثافة استخدام الطاقة" EUI بمعدل 114.23 كيلووات. ساعة/م²/سنة. ويوضح (الشكل 6) ملخص المقارنة بين الوضع الحالي وأفضل البدائل المقترحة.

شكل 1: يوضح أ- نسبة تقييم إشغال كوفيد بعد تقليل وإعادة توزيع عناصر الفرش وتطبيق التباعد الاجتماعي حيث أن ارتفاع النسبة يدل على الاقتراب من الوضع الأمثل



المصدر: الباحث

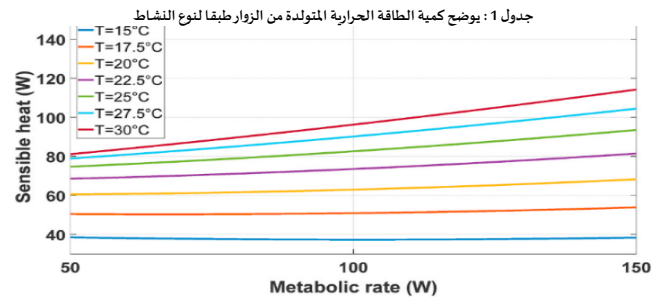
شكل 2: يوضح ب- انخفاض كثافة استخدام الطاقة نتيجة التعديل ج- أعداد الزوار حين تم تقليله وتأثيره على تقييم إشغال كوفيد وأيضا مواعيد إشغال المول.



Grasshopper for Rhino لتحقيق ترتيب وعدد مقاعد الأثاث الأكثر أمناً ومعدل الإشغال الذي يمكن أن يحافظ على مسافة آمنة بين الزوار ويقلل أيضا استهلاك الطاقة. من المفترض أن تستوعب ساحة الطعام حوالي 2146 شخصا حيث إن مساحتها الإجمالية 4293 م² بتخصيص 2 م² لكل شخص (زوين، 2010) طبقا للاعتبارات القديمة وخلال الزيارات الميدانية تبين أن الأثاث الموجود يكفي حتى 2400 شخصا وتطبيق الاعتبارات الموصى بها من مركز السيطرة على الأمراض CDC والتي تبلغ 6 أقدام [10.50 م²] توصلت الدراسة الى مجموعة من النتائج كما يلي:

7.3. نتائج الدراسة:

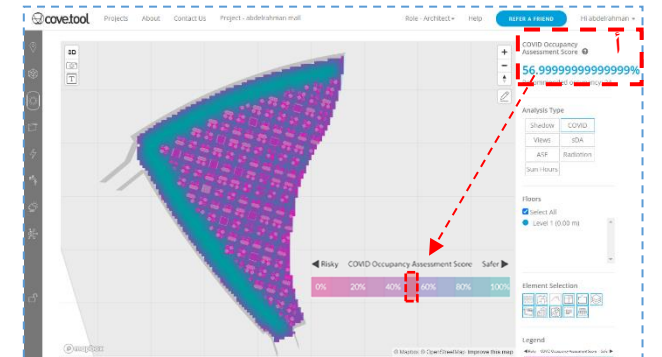
أظهرت نتائج تحليل الوضع الأساسي قبل إضافة التعديلات إن تقييم إشغال كوفيد يكافئ 56% وهي نسبة خطيرة بسبب توزيع عناصر الفرش وزيادة عددها الى 2400 مقعد وزيادة استهلاك طاقة EUI أو "كثافة استخدام الطاقة" بمعدل 190.61 كيلووات. ساعة/م² سنة نتيجة أجهزة التكييف والإضاءة كما (بالشكل 4). حيث إن وجود شاغلين في ساعات مختلفة من اليوم يجعل الطلب على الكهرباء يتفاوت خلال هذه الساعات ، بحيث تزداد كمية الحرارة المتولدة من قبل الشاغلين مع زيادة كثافة الزوار في المناطق الحرارية المختلفة ، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة من قبل أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء لتحقيق الراحة الحرارية. تم إجراء المحاكاة على فترات مختلفة بحيث يتضح تأثير وجود شاغلين في كل وقت على استهلاك الكهرباء لأنظمة التهوية وتكييف الهواء (Mokhtari and Jahangir, 2021).



Level of Activity	Typical Application	Heat Gain / Person bruh
Seated, at rest	Theatre	SHG (qs) 245 LHG (ql) 105
Seated, light work	Office	245 155
Moderate office work	Office	250 200
Standing, walking slowly	Retail Sales	250 250
Light bench work	Factory	275 475
Dancing	Nightclub	305 545
Heavy work	Factory	580 870

المصدر: (Thomas, 2021)

شكل 4: يوضح أ- نسبة تقييم إشغال كوفيد للوضع الحالي لعناصر الفرش بمنطقة FOOD COURT من حيث التوزيع والعدد ب- كثافة استخدام الطاقة الحالي ج- عناصر الطاقة المستفيدة وخاصة طاقة التبريد ونسبة التبريد المثالي للاستهلاك طبقا لهذا الوضع د- لفظة منظورية توضح الخريطة الحرارية لعناصر الفرش ودرجات الإشغال للوضع الحالي هـ - صورة للوضع الحالي



نبذة عن المؤلف

عبد الرحمن معروف السيد

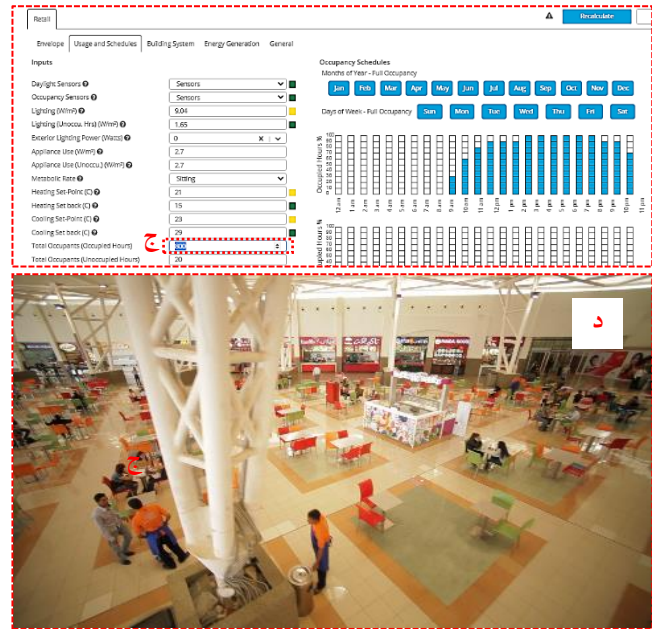
قسم عمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، الجيزة، مصر، 000201020880123،
abdmrouf89@xed.aucegypt.edu

م.م السيد ماجستير (جامعة القاهرة)، مصري، مدرس مساعد بمعهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا ومتدرب بقسم تكنولوجيا البناء، جامعة القاهرة، باحث في مجال التصميم البيئي وكفاءة استهلاك الطاقة وربطها بالتصميم البارامتري باستخدام برامج المحاكاة البيئية، شارك ونظم العديد من ورش العمل المتعلقة بالتصميم الخوارزمي والاستدامة والحفاظ على البيئة، شارك بمشروع استدامة المدينة والحفاظ على ملامحها بالتعاون مع منظمة "Kevin Murray Associates" شارك في العديد من الكتب والمجلات المعمارية في مجال تكنولوجيا البناء.

المراجع

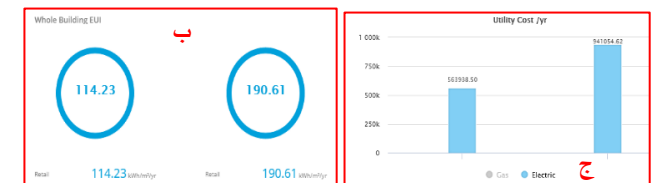
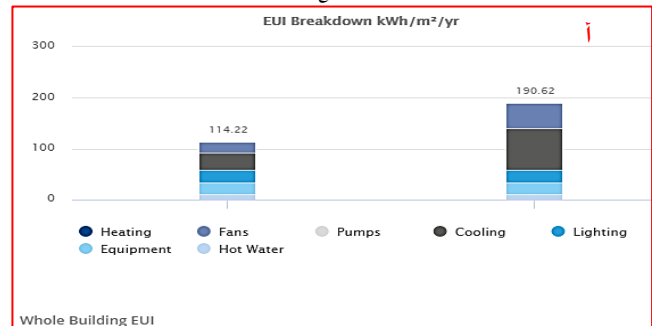
- زوين، م محمد أسامة. (2010). نحو منهج لتحديث الأسس التصميمية للمراكز التجارية: في ضوء تأثير السلوك الشرائي للمستهلك. رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، القاهرة، مصر.
- سالم، عمر. (2020). «كورونا» يخفض استهلاك القطاعين الصناعي والتجاري من الكهرباء خلال مارس. متوفر بموقع: <https://cut.ly/mx9mnej> (تاريخ الاسترجاع 2021/03/30).
- وزارة الشؤون البلدية والقروية (2020). *الإجراءات الاحترازية للمراكز التجارية*. متوفر بموقع: <https://www.momra.gov.sa/ar/news/3597> (تاريخ الاسترجاع 2021/03/30).
- Aguirre, M. (2021). *What is Cove Tool?* Available at: <http://help.covetool.com/en/articles/4507930-what-is-cove-tool> (accessed on 26 /03/ 2021).
- Aguirre, M. (2021). COVID Occupancy Assessment. Available at: <http://help.covetool.com/en/articles/4295290-covid-occupancy-assessment> (accessed on 29 /03/ 2021).
- Barbuscia, D. (2021). *Saudi Economy Shrank by 7% in Second Quarter as Coronavirus Hit*. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-saudi-gdp/saudi-economy-shrank-by-7-in-second-quarter-as-coronavirus-hit-idUKKBN26L0YK> (accessed on 29 /3/ 2021).
- Centers for Disease Control and Prevention. (2021). *COVID-19 and Your Health*. Available at: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/social-distancing.html> (accessed on 26 /3/ 2021).
- Christopherson, D., Yao, W., Lu, M., Vijayakumar, R. and Sedaghat, A. (2020). High-efficiency particulate air filters in the era of COVID-19: Function and efficacy. *Otolaryngology- Head and Neck Surgery*, **163**(6), 1153–5. Doi: 10.1177/0194599820941838
- Cummings, B. and Waring, M. (2020). Potted plants do not improve indoor air quality: a review and analysis of reported VOC removal efficiencies. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, **30**(2), 253–61. Doi: 10.1038/s41370-019-0175-9
- Fesanghary, M., Asadi, S. and Geem, Z. (2012). Design of low-emission and energy-efficient residential buildings using a multi-objective optimization algorithm. *Building and Environment*, **49**(1), 245–50. Doi: 10.1016/j.buildenv.2011.09.030
- Gan, V., Deng, M., Tan, Y., Chen, W. and Cheng, J. (2019). BIM-based framework to analyse the effect of natural ventilation on thermal comfort and energy performance in buildings. *Energy Procedia*, **158**(n/a), 3319–24. Doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.971
- Gorunov, B. (2021). Aerosol Particles Generated by Coughing and Sneezing of a SARS-CoV-2 (COVID-19) Host Travel over 30 m Distance. *Aerosol and Air Quality Research*, **21**(3), 200468. Doi: 10.4209/aaqr.200468
- Li, H., Xu, X., Dai, D., Huang, Z., Ma, Z. and Guan, Y. (2020). Air pollution and temperature are associated with increased COVID-19 incidence: A time series study. *International Journal of Infectious Diseases*, **97**(n/a), 278–82. Doi:10.1016/j.ijid.2020.05.076
- M. Post, N. (2021). Developer's novel virus-killing air filter ups standard for indoor air quality. [online] Enr.com. Available at: <https://www.enr.com/articles/51556-developers-novel-virus-killing-air-filter-ups-standard-for-indoor-air-quality> (accessed on 10 /06/2021).
- Mokhtari, R. and Jahangir, M. (2021). The effect of occupant distribution on energy consumption and COVID-19 infection in buildings: A case study of university building. *Building and Environment*, **190**(n/a), p.107561.

تابع شكل 5:



المصدر: الباحث

شكل 3: بوضوح أ- الانخفاض في كثافة استهلاك الطاقة ونسب عناصر استهلاك الطاقة في الحالتين ب- مقارنة بين إجمالي كثافة استهلاك الطاقة قبل وبعد التعديل ج- إجمالي التكلفة السنوية للطاقة المطلوبة للوضع الحالي وبعد تطبيق البديل المقترح



صورة للبديل المقترح



صورة للوضع الحالي

المصدر: الباحث

- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (2018). *Al'ijra'at alaihtiraziat lilmarakiz altijaria* 'Precautionary Measures for Commercial Centers'. Available at: <https://www.momra.gov.sa/ar/news/3597> (accessed on 29 /03/ 2021) [in Arabic]
- O'Neill, Z., Li, Y., Cheng, H., Zhou, X. and Taylor, S. (2020). Energy savings and ventilation performance from CO₂-based demand controlled ventilation: Simulation results from ASHRAE RP-1747 (ASHRAE RP-1747). *Science and Technology for The Built Environment*, 26(2), 257–81. Doi: 10.1080/23744731.2019.1620575
- Qarnain, S., Muthuvel, S. and Bathrinath, S. (2020). Review on government action plans to reduce energy consumption in buildings amid COVID-19 pandemic outbreak. *Materials Today*, 45(2), 1264–8, Doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.723.
- Qarnain, S., Sattanathan, M., Sankaranarayanan, B. and Ali, S. (2020). Analysing energy consumption factors during coronavirus (COVID-19) pandemic outbreak: a case study of residential society. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, n/a(n/a), 1–20, doi:10.1080/15567036.2020.1859651.
- Salem, O. (2021). *Corona Yukhfad Aistihlak Alqitaeayn Alsanaaea Waltajaraa Min Alkahraaba' Khilal Maris* 'Corona Reduces the Consumption of Electricity in the Industrial and Commercial Sectors during March'. Available at: <https://cutt.ly/mx9mnej> (accessed on 29/03/2021) [in Arabic]
- Sloan Brittain, O., Wood, H. and Kumar, P. (2020). Prioritising indoor air quality in building design can mitigate future airborne viral outbreaks. *Cities and Health*, n/a(n/a), 1–4. Doi:10.1080/23748834.2020.1786652
- Thomas, V. (2021). *Internal Heat Gains (IHG)*. Available at: <https://energy-models.com/internal-heat-gains-ihg> (accessed on 30 /3/ 2021).
- U.S. Green Building Council, (2021). *Safety First: Re-enter Your Workspace*. Available at: <https://www.usgbc.org/credits/safety-first-136-v4.1> (accessed on 29 /03/ 2021).
- Wagdi, D. (2015). *Effect of Building Materials on Indoor Air Quality in Residential Buildings in Egypt: A Pre Occupancy Assessment*. Master's Thesis, the American University in Cairo, Egypt.
- Wang, C., Wu, Y., Shi, X., Li, Y., Zhu, S., Jin, X. and Zhou, X. (2020). *Dynamic occupant density models of commercial buildings for urban energy simulation*. *Building and Environment*, 169(n/a), 106549. Doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106549
- Zwen, M.O. (2010). *Nahw Munahaj Litahdith Al'usus Altsmymyt Lilmarakiz Altijarit: Fa Daw' Tathir Alsuluk Alsharayaa Lilmustahlik* 'Renew the Design Criteria of Shopping Malls: In Sight of Purchasing Behavior of Consumer'. PhD Thesis, Cairo University, Cairo, Egypt. [in Arabic]

Determination of Soil Characteristics and Degradation Using Geospatial Technologies in the Al Ahsa Oasis

Amani Hussein Mohamed Hassan

Department of Social Studies, Faculty of Arts, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia
Department of Geography, Faculty of Arts, Assiut University, Assuit, Egypt



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/agr/210070>

RECEIVED
10/12/2021

ACCEPTED
12/02/2022

PUBLISHED ONLINE
12/02/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
7846

NO. OF PAGES
8

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Soil degradation associated with wind and water erosion and physical and chemical deterioration is increasing at an alarming rate worldwide. This research identified soil characteristics and spatial distribution of soil degradation risks in the Al Ahsa Oasis. Several quantitative analytical approaches used geospatial techniques, namely, ArcGIS, Erdas Imagine10, and ENVI 5.3. Six selected remote sensing indices were used, i.e. the salinity index (SI), normalised difference salinity index (NDSI), brightness index (BI), normalised differential vegetation index (NDVI), vegetation soil salinity index (VSSI), and soil adjusted vegetation index (SAVI) software. Field verification monitored the degradation of different types of soil. Samples were collected in May 2019 and processed using satellite images and mechanical and chemical laboratory analysis for 36 samples. The Universal Soil Loss Equation and climatic data were used to measure the annual soil loss rate in the Al Ahsa Oasis. Integration of these datasets resulted in a map of soil degradation values. The results show that the sampled oasis soils have degraded physically, chemically, and biologically. The average physical degradation was 9.93 g/cm²/year, the average biological degradation was 2.93%/year, and the average chemical degradation was 36.36 mmhos/cm.

KEYWORDS

Biological degradation; chemical degradation; sand dunes; physical degradation; urban sprawl; soil drift

CITATION

Hassan, A.H.M. (2022). Determination of soil characteristics and degradation using geospatial technologies in the Al Ahsa oasis. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 58–65. DOI: 10.37575/b/agr/210070

1. Introduction

Soil degradation is one of the serious environmental challenges affecting agricultural production. Overpopulation, poverty, overgrazing, poor agricultural practices, and lack of appropriate are considered some elements that lead to land degradation (Drechsel *et al.*, 2001; Duraipappah, 1998), but little is known about the interactions between these drivers and the biophysical environment, including biophysical stability domains (Gunderson, 2003).

Integrating a geographic information system (GIS) and remote sensing applications has helped employ a comprehensive methodology of calculating several variables included in statistical equations (Mohamed *et al.*, 2014). The equations and models used for assessing soil erosion and soil degradation and the possibility of estimating losses through the Global Rate of Loss of Soil (RUSL) model are examples.

Remote sensing is a tool recommended for detecting, mapping, and monitoring the problems of different degradation types (Sujatha *et al.*, 2000; Zizala *et al.*, 2018). These problems include the degree of spread and range effects over time (Abdelrahman, 2008).

A GIS is a flexible and powerful tool that can store large volumes of data sets and manipulate and combine different data sets into other sets. These sets can be presented in thematic maps (Al-Mashreki *et al.*, 2010). A GIS can help in measuring soil degradation. A GIS and GPS are combined to provide a good platform for storing a database and presenting the results and development of a user interface.

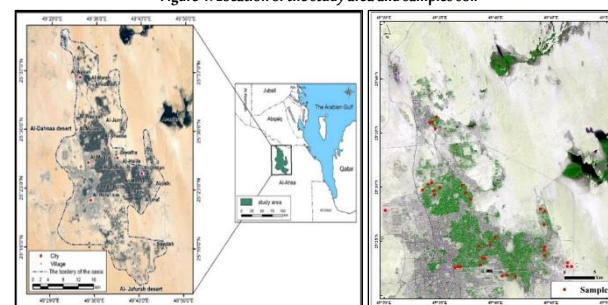
These techniques were used to process the information that characterises and quantifies spatial variation of rational interpolation. Additionally, they were applied to estimate the variance of interpolated values (Stenger *et al.*, 2002).

2. Materials and Methods

2.1. Study Area:

Al Ahsa Oasis is one of the important agricultural areas in Saudi Arabia, covering an area of about 225,000 km². The cultivated land is approximately 75,970 km². The oasis is located within the tropical desert between Latitudes 25° 10' and 25° 45' N and Longitudes 49° 30' and 49° 50' E (Fig. 1-A). The oasis is bordered by the Al- Dahnaa desert to the west, the marsh of Umm Al-Hamam to the north, the Al-Jafurah desert and the marsh of Al-Tarfa to the south, and the Al-Asfar sabkha and Gulf shore to the east (Al-Barrak, 1993).

Figure 1: Location of the study area and samples soil



A. Location of the study area

B. Locations of samples soil

2.2. Methodology:

Different analyses, including remote sensing, GIS-assisted spatial modelling, and method validating, were used to determine the feasibility of using remote sensing and a geographical information system to map soil salinity and soil degradation directly from the soil, indirectly from vegetation, and with a questionnaire from farmers.

2.2.1. Sampling and soil analysis

A survey was conducted in addition to several field visits. Thirty-six samples of disturbed soil (0–30 cm) were collected from 12 sites (Fig.

1-B). Three samples were taken from each site and put in plastic bags using hand tools.

The samples were taken to the Faculty of Agriculture Laboratory at King Faisal University to determine the type of degradation. Many environmental variables, including Landsat image analysis, elevation, and slope, were considered. This method uses input variables to split sample points into N intervals of equal probability. All samples were air-dried then sieved using a 2 mm sieve. The soil texture, percentage of soft silt, coarse silt, clay, pH, organic material ratio, calcium carbonate, electrical conductivity (EC), and total solids were measured in the saturated paste extracts. EC in the soil was measured to know whether soluble salts exist. In this study, 250 g of air-dried soil was weighed, and deionized water was then added to saturate the soil sample.

2.2.2. Satellite image and software

A Sentinel-2B and Landsat 8 OLI satellite image Level 1T product radiometrically corrected and co-registered to a cartographic projection and terrain corrections was acquired on 22 March 2021, with a resolution of 30 m. The radiometric calibration tool and FLAASH atmospheric correction model of the ENVI 5.3 were applied to the radiometric calibration and atmospheric correction of the satellite images. The geological variation in the area under study is very low. All satellite images were processed by ENVI 5.3. The image was analysed using ArcGIS 10.5, ERDAS Imagine 10, ENVI 5.3, and SPSS statistical software Version 10.

2.2.3. Modelling vegetation and degradation indices

Stressed vegetation can be an indirect sign of degradation in the soil. Six selected remote sensing indices, such as the salinity index (SI), normalised difference salinity index (NDSI), brightness index (BI), normalised differential vegetation index (NDVI), vegetation soil salinity index (VSSI), and soil adjusted vegetation index (SAVI), were used to discriminate and map degradation soils.

2.2.4. Questionnaire from farmers

Fifty questionnaire forms were distributed to farmers to identify the types of chemical fertilizers and pesticides used to control crop insects and to know the sources and types of irrigation used in agricultural land in the Al Ahsa Oasis.

3. Results (Patterns of Agricultural Soil Degradation in the Al Ahsa Oasis)

Patterns of indicators of soil degradation in the Al Ahsa Oasis are variable when considered as an environmental problem. Among those patterns are the high level of groundwater, the high salinity and alkalinity of the soil, and soil exposure resulting from the degradation of the vegetation cover. When wind erosion is activated, the wind erodes the disjointed upper layer of soil, which removes the fine layer of granules containing organic matter, leaving behind the coarse constituents (Al-Bana, 2000). Because of the importance of this topic, FAO has developed a method for directly assessing land degradation by monitoring changes in certain soil specifications (Zucca *et al.*, 2009).

By studying the agricultural soils of the study area, it has been possible to monitor their degradation and verify them in the laboratory by investigating a series of chemical, physical, and biological properties that reflect the regression in the optimal properties of non-degraded soils. The patterns of land degradation can be illustrated as follows.

3.1. Physical Degradation:

Physical degradation is high apparent density g/cm³/year or low permeability cm/hour/year. Waterlogging and irrigation affect the physical degradation of soil along with crop failure of the whole land surface, heavy machinery use, wasteful irrigation, and rice cultivation. A guide can be used to quantify the physical state of the soil (Balbaa and Naseem, 1994):

$$\frac{ZF + ZC}{C} \quad (1)$$

ZF = Percentage of soft silt (2–20 microns)

ZC = Percentage of coarse silt (20–50 microns)

C = Percentage of clay

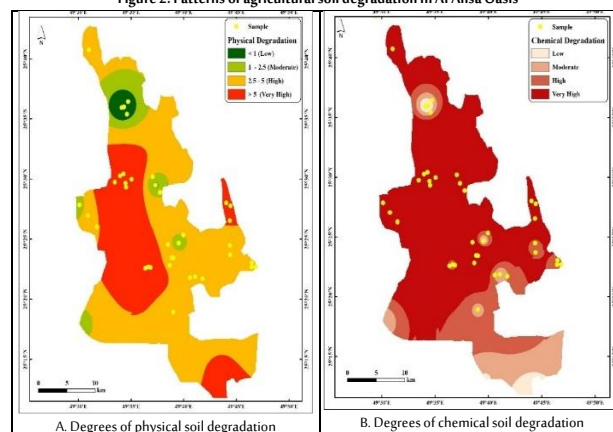
There is a quantitative indication of the physical state of the soil, which is less than 1.5 g/cm³/year for soils with an on-surface crust and greater than 2.5 g/cm³/year for soils of large capacity to form a surface crust. Applying Balbaa and Naseem's 1994 equation and based on the results of laboratory analysis (Table 1), the obtained result ranges from 0.87 to 64.29 g/cm³/year (Table 2), suggesting that the soil of the study area suffers from physical degradation and is susceptible to the formation of a solid shell that is largely impermeable on the surface.

This degradation leads to a decline in soil productivity due to the degradation of its physical characteristics. In fact, this degradation is caused by soil shedding, construction disorder, pore blockage, and the formation of a dried crust. There are many forms of physical degradation, namely, surface crust formation, pore clogging, sand accumulation, and sand dune movement with the poor cover of natural plants. These degradation types include areas exposed to sand creep and deposition and have resulted in the migration of people from these areas due to their desertification. This includes the villages of Al-Omran, Al-Muqam, Jawatha, Al-Kalabiyya, Al-Kawkeeb, Wasit, and Abu Al-Hassa in the northern and northeastern regions of the oasis, with an area of 193.08 km² (Fig. 2-A) using the vegetation soil salinity index (VSSI) and the normalised differential vegetation index (NDVI).

Table 1: Mechanical and chemical analysis of samples from the soil of Al Ahsa Oasis

Sample Source	Silt %	Clay %	Sand %	(1:1) PH	EC mmhos/cm	Organic Material Ratio%	Calcium Carbonate%
Al-Jalier	38	12.56	49.44	8.54	3.75	8.04	20.21
Al-Omran	31	4.28	64.72	8.60	53.6	4.67	21.56
Al-Mansura	58	4.56	37.44	8.80	12.9	5.70	24.28
Al-Battalia	26	8.56	65.44	8.89	13.0	6.56	15.62
Al-Mubriz	30	16.56	53.44	9.14	1.7	5.51	14.94
Al-Shaeba	18	20.56	61.44	8.74	43.3	6.05	15.96
Al-Halila	50	16.56	33.44	9.03	6.4	4.47	16.34
Al-Jurn	62	4.56	33.44	8.51	129.6	4.37	52.98
Al-Waziyah	42	8.56	49.44	9.38	94.4	5.21	14.77
Al-Ayoun	22	12.56	65.44	9.15	1.28	4.46	11.88
Al-Fudhul	56	20.38	23.62	8.62	75.2	5.78	15.11
Al-Marah	36	0.56	63.44	9.62	1.15	6.05	11.37
Average	39.08	10.85	50.39	8.91	36.36	5.57	19.58

Figure 2: Patterns of agricultural soil degradation in Al Ahsa Oasis



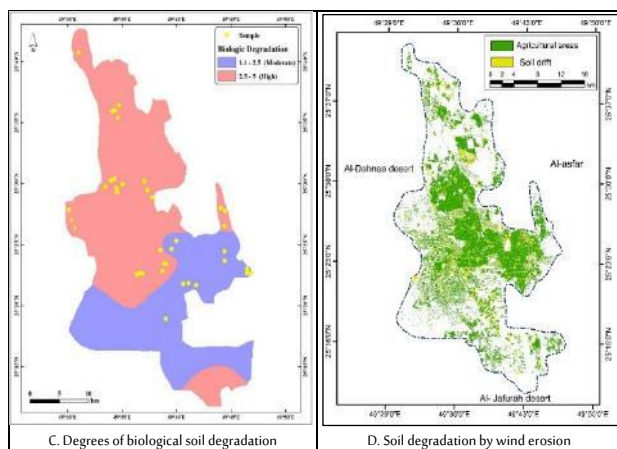


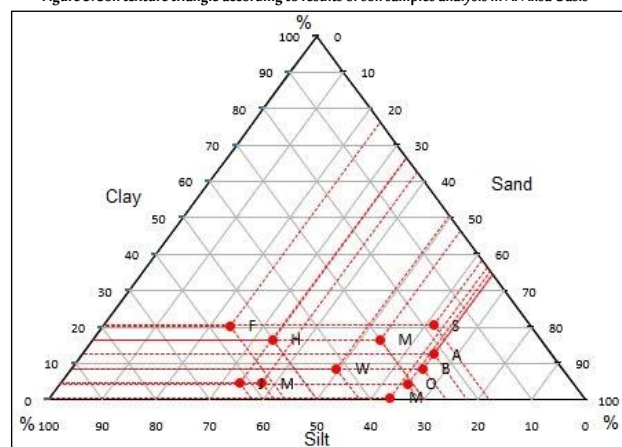
Table 2: Degrees of physical degradation in the soil of Al Ahsa Oasis

Sample Source	Soft Silt %	Coarse Silt %	Clay %	Result	Physical State of Soil*	Degrees of Physical Degradation*
Al-Shaeba	7	11	20.56	0.87	>1.5	Low
Al-Mubriz	18	12	16.56	1.81	1.6–2.5	High
Al-Ayoun	5	19	12.56	1.91		
Al-Omran	15	16	4.28	7.24		
Al-Jalir	18	20	12.56	3.02		
Al-Mansura	26	32	4.56	12.72		
Al-Battalia	13	13	8.56	3.04		
Al-Halila	23	27	16.56	3.02		
Al-Jurn	31	31	4.56	13.59		
Al-Waziyah	21	21	8.56	4.91		
Al-Fudhul	28	28	20.28	2.76		
Al-Marah	10	26	0.56	64.29		
Average	17.92	21.33	10.85	9.93		

*Balbaa and Naseem, 1994

Based on the laboratory analysis results (Table 1 and Fig. 3), it was found that the predominant texture is loam, sandy loam, and silt loam. The clay average was 10.85%, and the sand average was 50.39% of the analysed samples, which indicates that soil in the study area is in the middle category in terms of degradation and erosion processes.

Figure 3: Soil texture triangle according to results of soil samples analysis in Al Ahsa Oasis



3.2. Chemical Degradation:

The manifestations of the chemical degradation of soil characteristics are salinisation, acidosis, alkalinity, and possibly the hardening of the soil surface crust (Balbaa and Naseem, 1994). Saline soils contain relatively large amounts of highly dissolved chloride, calcium sulphate, sodium, and magnesium salts, with electrical conductivity higher than 4 mmhos/cm, a pH of less than 8.5, and osmotic pressure impeding plant growth (Biswas and Mukhejee, 1994).

The laboratory analysis results of soils from the study area are shown in Table 1. The soil texture has the same texture as the sandy loam and silt loam according to the ratios of the three main constituents: silt, clay, and sand. Due to the interference of the three elements, varying degrees of soil overlap are observed in the oasis. The loamy

structure texture that is more recognised is considered a good soil in terms of fertility. The soil of the oasis does not have an acidity problem, as the pH value has not fallen below 8.5 in any of the samples (Table 1).

The level of soil degradation can be chemically measured by comparing the levels of salt accumulation, as illustrated in the case of the Al Ahsa Oasis soil (Table 3).

Table 3: Degrees of chemical degradation in the soil of Al Ahsa Oasis

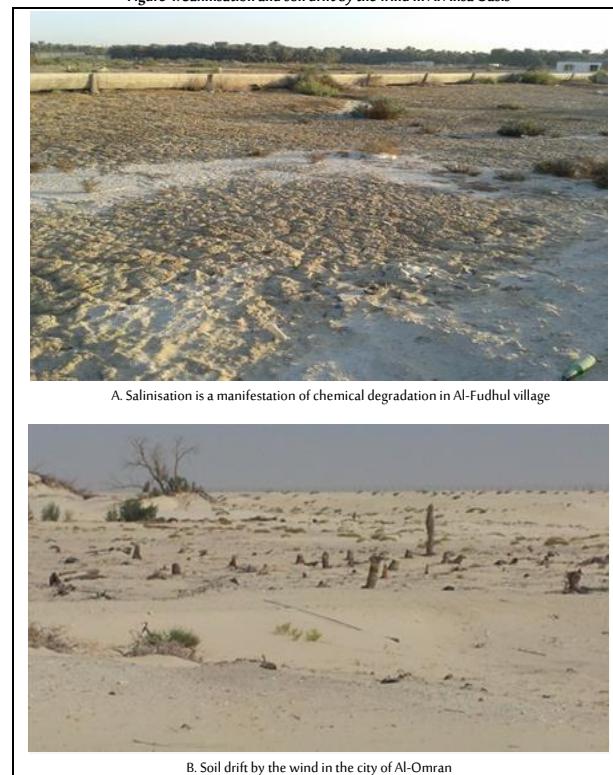
Sample Source	EC mmhos/cm	Electrical Conductivity*	Degrees of Chemical Degradation *
Al-Mubriz	1.7	>2 mmhos/cm	Low
Al-Ayoun	1.28		
Al-Marah	1.15		
Al-Jalir	3.75	3–5 mmhos/cm	High
Al-Omran	53.6		
Al-Mansura	12.9	5 mmhos/cm	Very High
Al-Battalia	13.0		
Al-Shaeba	43.3		
Al-Halila	6.4		
Al-Jurn	129.6		
Al-Waziyah	94.4		
Al-Fudhul	75.2		
Average	36.36		

*Source: Morgan, 1995

The electrical conductivity values in the soil of the studied area range from 1.15 to 129.6 mmhos/cm, indicating a high level of salt accumulation. The highest value of 129.6 mmhos/cm was reported in the sample collected from the village of Al-Jurn. The lowest value of 1.15 mmhos/cm was represented by the sample from the village of Al-Marah (Fig. 2-B), using the normalised difference salinity index (NDSI), brightness index (BI), and vegetation soil salinity index (VSSI).

The study concluded that the soil of the study area has saline characteristics as a manifestation and evidence of the chemical degradation of the soil, along with the hardening of the surface crust of the soil in most of the Al Ahsa Oasis. These areas include the villages of Al-Waziyah, Al-Halila, Al-Fudhul, and Al-Mansura (Fig. 4) and the cities of Al-Ayoun and Al-Omran. These soils suffer from a moderate degree of salinity extending from the city of Al-Ayoun to the villages of Al-Mutairfi, Al-Jalila, and Al-Tarf, east of Al-Mubarraz and south of Al-Hofuf, with a total area of 20.53 km².

Figure 4: Salinisation and soil drift by the wind in Al Ahsa Oasis



B. Soil drift by the wind in the city of Al-Omran

The salted soil is also highly prevalent in the villages of Beni Ma'an, Al-Batalia, Al-Mansoura, Al-Qur'in, Al-Jiljila, Al-Shaqiq, Al-Jafer, and Al-Tweithir and the city of Al-Ayoun, with an area of 61.65 km². In addition, the soil suffers from very high salinisation to the east of Jebel Al-Garah and the surrounding area of Al-Tahimiya village as well as the area around Al-Jisha village and the area north of the villages of Al-Jayjal and Al-Qurn up to the northern covering borders of the oasis, an area of 79.85 km².

3.3. Biological Degradation:

The direct result of biological deterioration is the lack of organic matter in the soil, causing physical degradation, nutrient deficiency, and drift. This is caused by any non-drifted dissolution of organic material. The rate of loss of organic matter resulting from the impact of terrestrial calcium carbonate is estimated in accordance with the Reny and Marin equation (Balbaa and Naseem, 1994).

$$K_2 = \frac{1200}{(A + 200)(C + 200)} \times 100$$

K_2 = Annual rate of loss of organic matter

A = Percentage of clay

C = Percentage of calcium carbonate

Application of this equation to the soil samples of the study area (Table 4) indicated that the soil suffers from a high degree of biological degradation according to Balbaa and Naseem's 1994 estimates, with an annual loss rate of organic material ranging between 0.8–5.1%, with the city of Al-Jafer being low, Al-Mubarras and Al-Batalia medium, and Al-Omran and Al-Ayoun the highest along with the villages of Al-Mansura, Al-Shaeba, Al-Halila, Al-Waziyah, Al-Fudhul, and Al-Marah. The highest rate was found in Al-Jurn (Fig. 2-C).

Table 4: Degrees of biological degradation in the soil of Al Ahsa Oasis

Sample Source	Clay %	Carbonate %	Annual Rate of the Loss of the Organic Material %	Loss of the Organic Material*	Degrees of Biological Degradation *
Al-Jafer	12.56	20.21	0.8	>1%/year	Low
Al-Batalia	8.56	15.62	2.4	1–2.5%/year	Medium
Al-Mubriz	16.56	14.94	2.2		
Al-Omran	4.28	21.56	2.6	2.5–5%/year	High
Al-Mansura	4.56	24.28	2.7		
Al-Shaeba	20.56	15.96	3.2		
Al-Halila	16.56	16.34	3.1		
Al-Waziyah	8.56	14.77	4.2		
Al-Ayoun	12.56	11.88	2.9		
Al-Fudhul	20.28	15.11	3.3		
Al-Marah	0.56	11.37	2.6	<5%/year	Very High
Al-Jurn	4.56	52.98	5.1		
Average			2.93		

*Source: Balbaa and Naseem, 1994

3.4. Soil Drift by Wind:

This type of degradation is the most important and widespread degradation process in the study area, resulting in sand creep at a rate of 5–9 metres, with an annual average of 6.8 metres (Abdelhamid, 2007). The north, northeast, northwest, and south wind gusts cause the loss of fertile topsoil that spreads in Al-Omran (Fig. 4), Al-Muqaddam, Jawath, Al-Kalabiya, Al-Koekb, Wasit, and Abu al-Hass (Abu al-Khair, 1984). It spreads in the flat layer or riparian plains and sandy soil. The soil drift occurs when strong winds blow into unprotected soil, intensifying dry and disjointed soil. Figure 2-D displays the distribution of lands affected by soil drift, constituting a total area of 66.99 km².

4. Discussion

4.1. Causes of Soil Degradation in the Al Ahsa Oasis:

Many physical and human factors have contributed to the soil degradation in the Al Ahsa Oasis; they are presented as follows.

4.1.1. Soil characteristics

The soil of the Al Ahsa Oasis is a sedimentary formation from the quaternary that consists of sandstone, limestone, clay, and loam (Al-

Taher, 1999). Based on the laboratory analysis of soil samples, it was found that the dominant texture is loam, sandy loam, and silt loam, which is in the middle group based on classification (Husenbiuiler, 1985). This means that the value of the soil's drift varies from 105–195 ton/ha/year.

The drifting potential of soils can also be determined according to the prevailing texture through indicators suggested by FAO. Based on the laboratory analysis results (Table 5), it was found that the average clay ratio was about 10.85%. In comparison, the average sand ratio reached 50.39% of the components of the samples analysed, indicating that soils of the study area are in the middle category in terms of probability of degradation and drift. The study concluded that some factors lead to the rapid degradation and erosion of the soil; these factors depend on the structural and textual characteristics of the soil.

Table 5: Percentage of clay and sand in samples from the soil of Al Ahsa Oasis

Sample Source	Clay %	Sand %	Sample Source	Clay %	Sand %
Al-Jafer	12.56	49.44	Al-Halila	16.56	35.44
Al-Omran	4.28	64.72	Al-Jurn	4.56	33.44
Al-Mansura	4.56	37.44	Al-Waziyah	8.56	49.44
Al-Batalia	8.56	65.44	Al-Ayoun	12.56	67.44
Al-Mubriz	16.56	53.44	Al-Fudhul	20.28	23.62
Al-Shaeba	20.56	61.44	Al-Marah	00.56	63.44

4.1.2. Climatic factors

Climatic factors contribute to increasing the effectiveness of soil degradation. The data of the Al Ahsa meteorological station, located at Latitude 25 17 53 N and Longitude 49 29 11 E and at the height of 178.17 metres, where an influence extends 50 km, shows the following results (Table 6):

- The minimum temperature values are 8.5°C and decrease during the winter months to an average of -0.5°C, while the maximum temperatures are 45.7°C and rise during the summer months. The significant difference between the minimum and maximum values in the summer and winter average temperatures and the large quarterly temperature range of about 37.2°C has a considerable effect on salinisation processes and, therefore, the chemical degradation of the soil in the oasis.
- The average annual rainfall is 6.9 mm, while the annual evaporation rate is 12.8 mm. The environment is arid, with high evaporation rates not allowing for any runoff level, thus leading to soil degradation.
- The maximum daily amount of rain is about 56.2 mm, the annual wind speed rate is 7 knots, and the maximum wind speed is 80 knots; this causes the soil surface layer to drift.

Table 6: Monthly averages of some climatic elements of Al Ahsa station

Month	Temperature (°C)		Vapor		Surface Wind (Knots)		Rainfall (mm)	
	MX	MN	M	M	Max Speed	M	24-Hour Total (Ext.)	
01	21.2	8.5	9.2	7	36	15.0	50.6	
02	24.2	10.6	9.5	8	40	11.6	28.9	
03	28.9	14.3	10.5	8	60	16.2	56.2	
04	35.1	19.6	12.7	7	80	10.7	21.1	
05	41.5	24.9	13.1	7	45	2.1	15.3	
06	44.4	27.6	12.6	8	40	0.0	.3	
07	45.7	29.4	14.2	8	42	0.0	1.1	
08	45.4	28.9	17.7	7	39	0.9	19.4	
09	42.3	25.3	16.0	6	38	0.0	.0	
10	37.6	21.1	14.7	5	40	0.6	6.7	
11	29.9	15.6	12.4	6	41	5.1	27.9	
12	23.4	10.5	10.5	7	39	21.1	51.9	
Maximum	45.7				80			
Mean			12.8	7		6.9		

Source: General Authority for Meteorology and Environmental Protection, 1985–2018

4.1.3. Terrain factors

The Al Ahsa Oasis is surrounded by the rocky edge of the Ghawar Desert in the west and sand dunes covering the adjacent plain in the east. Most parts of the oasis lie between 100–250 m above the mean sea level. This plain slopes towards the east with a slight gradient of about 1 km (Al-Sayaria and Zotl, 1978). The surface of the Al Ahsa Oasis is even with a gradual decline to the east and northeast from 250 metres above sea level at the Othmaniyah mountain and Shadqam to the west of the Al Ahsa Oasis. The Al Ahsa Oasis also declines from 150 metres at the western boundary of the oasis to 125 metres at the eastern boundary down to 25 metres at the Al-Uqair

near the western coast of the Arabian Gulf (Al-Taher, 1999).

Consequently, the morphological features of the oasis allowed natural drainage by moving the irrigation water excess in the oasis in the general slope direction. This has led to the groundwater level being elevated in the oasis's agricultural fields, sabkha and swamps forming within and around the agricultural land from the east, north, and south, soil salinity increasing, and waterlogging, resulting in the deterioration of soil properties.

4.1.4. Irrigation water

The Al Ahsa Oasis is characterised by an excess of groundwater, with hydrological estimates indicating a contribution of 141.9 million m³/year, with 887 wells and 102 springs (Irrigation and Drainage Authority, 2019). Groundwater salinity values in the oasis vary from one aquifer to another. In general, salt concentrations in groundwater formations of the oasis increase from west to east in the direction of the groundwater flow due to long-term interaction between water and rock formations in high temperatures and a low recharge and high pumping rate (Al-Khatib, 1980). The salinity values of the groundwater range from 1,036 to 7,601 ppm with the Neogene, Umm Al-Radhma, and Al-Wasie formations in the Al Ahsa Oasis (Irrigation and Drainage Authority, 2019).

In general, when method salts accumulate in the soil after the water evaporates, the groundwater can cause land degradation and desertification due to using groundwater for irrigation by inundation. The excessive use of irrigation water by farmers also causes groundwater levels to rise to the level of the capillary property so that water containing salts moves to the surface. Under high evaporation conditions, salts are deposited in the pores of the soil and on the surface (Al-Zubeidi, 1994). When formed, the salt crust is weathered by the wind, then gravity causes it to fall downward, affecting the soil formation in the vicinity (Briggs *et al.*, 1997).

The water system in the Al Ahsa Oasis was naturally balanced, but in the early 1960s, with the discovery of oil, the oasis experienced excessive well drilling, causing some springs to dry up, and water balance in the area began to deteriorate (Al-Gabr, 2002).

It should be noted that domestic, industrial, and agricultural demands for water in the Al Ahsa region doubled from 10.125 m³/sec to 20.689 m³/sec during the period from 1977 to 2010 (Irrigation and Drainage Authority, 2019). The annual flow rates of the main springs also varied from 229.016 million cubic metres to 213.541 million cubic metres during the period from 1974 to 1983 (Al-Gabr, 2002). The adverse effects also began with the depletion of natural springs followed by a large number of the wells during the period from 1990 to 2002, with lower and deeper nutritional gaps. This has resulted in significantly reducing the contribution of the irrigation and drainage project from 7.1 m³/sec to 2.4 m³/sec (Kuwaity and Ahmed, 2003).

Consequently, because of increased water consumption in the study area in addition to climatic conditions (in terms of temperature rise and an increase in evaporation capacity), low flow rates, and the depletion of several springs and wells, the soil condition has been affected and salinisation has increased, especially in the total root area of plants during droughts between irrigation. This ultimately led to the degradation of soil characteristics.

4.1.5. Sand dune creep

Sand and sand dune creep play an important role in increasing soil degradation, as the biological capacity of agricultural soil decreases or disappears once and for all (Ghanimi, 1997). The sand dunes cover large areas in the study area, namely, the Jafurah Desert, which is on the northern, eastern, and southern boundaries of the Al Ahsa Oasis. Sand dunes in the study area move at a rate of 5–9 m/year, with an annual average of 6.8 metres, where the eastern and central regions

are the most mobile and active (Abdul Hamid, 2007). The yearly average amount of sand drift is 12.7 m³/m (Al-Taher, 1996).

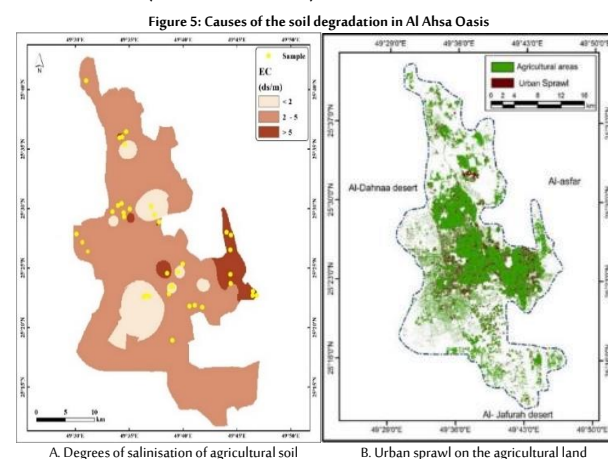
Sands around the oasis have become vulnerable to creep as a result of northern, northeastern, northwestern, and southern winds affecting the oasis because of its geographic location in the middle of the desert, thus invading cultivated areas in the northern and northeastern sides, such as Al-Omran, Jawatha, and Al-Kalabiyia. The Wakutty survey in 1963 shows that the total cultivated area in the oasis was 80.94 km², which decreased to 40.45 km² in 1965. This situation is apparently a result of sand dune creep and the deteriorating condition of the soil (Al-Gabr, 2002). Generally, sand creep devours about 0.23 km² of farmland annually (Irrigation and Drainage Authority, 2019).

4.1.6. Soil salinisation

As a result of the worldwide expansion of dryland farming, salinisation and waterlogging are recognised as signs of land degradation. Salinisation problems are associated with poor drainage and soil erosion (Williams and Balling, 1996). A study by Al-Dakheel (2011) indicates that the salinity-affected land area of the Al Ahsa Oasis is constantly increasing over time due to the excess of the salinity of irrigation water. The shortage of water required for irrigating the cultivated lands, resulting in the reuse of agricultural wastewater in many areas of the oasis at varying mixing rates and sometimes with no mixing, leads to wastewater irrigation.

This is in addition to the high salinity of groundwater in the Al Ahsa Oasis due to excessive and uncentred pumping from water-bearing layers, increasing the salinity of wells and salt accumulation in agricultural soil.

Based on the use of the salinity index (SI), normalised difference salinity index (NDSI), and the vegetation soil salinity index (VSSI), figure 5-A shows that the sandy soil structure of the studied area has a very high salinity (more than 5 mmhos/cm) concentrated in the areas east of Mount Al-Qarah and the surrounding area, around the village of Al-Omran, and the area north of the villages of Al-Jiljila and Al-Qurn up to the Al-Ayoun city boundaries. The areas of high salinity (2–5 mmhos/cm) are in Al-Jefer, Al-Asfar, and some areas around the villages of Al-Shuqaiq and Al-Jalilah. The other three categories are limited, where the least affected zones are around the Umm Khodod and Ain Umm Sabaa. This indicates the severe degradation of the soil condition in the Al Ahsa Oasis and its subsequent exposure to desertification (Al-Dakheel, 2011).



4.1.7. Population growth

According to the most recent census (2019), the oasis has more than 1.51 million inhabitants, while in 1986, the total population was only 237,721 (Al Ahsa Municipality, 2020). This rapid population growth (0.61%) will undoubtedly result in population pressure on water

resources and attempts to intensify usage of agricultural soil, leading to the degradation of soil characteristics.

4.1.8. Urban sprawl

The extension of urban blocks at the expense of agricultural land is a pause and reduction in the biological productivity of agricultural soil, making it one of the most important causes of agricultural soil degradation and desertification (Thomas and Middleton, 1994).

The Governorate of Al Ahsa's 1435 census indicated that 598 new families had been added since the 1905 census. Thus, free-load lots are needed to set housing facilities for accommodation. Agricultural lands in the outskirts of cities have been a targeted area for providing more housing units. While the number of households increased by 37.9% between 1905 and 2019, the amount of farmland decreased from 113.31 km² to 68.70 km² during the same period (General Authority for Statistics, 2020). While not all the agricultural land of 17.20 km² has been reserved for residential purposes, there are other agricultural land uses. Yet urban sprawl has shaped most of the agricultural land.

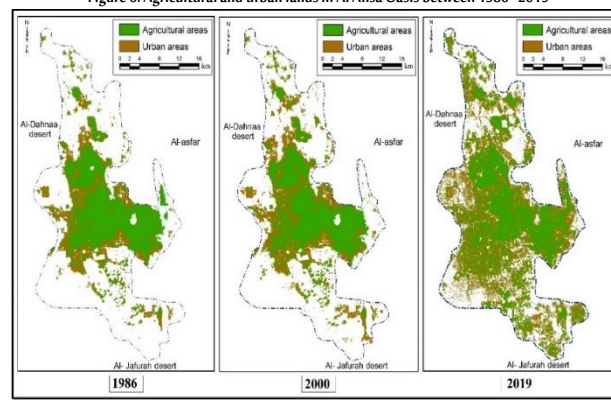
It should be noted that urban sprawl on agricultural land is carried out by the government, which can be regarded as an official urban encroachment of the government and local administration. This alone cut out some 43.75 km² of agricultural land for urban uses between 2000 and 2019 (Fig. 5-B). Examples of urban growth at the expense of agricultural land include the plantation scheme in the southeast of the Al Ahsa Oasis and the Munifa residential scheme in the city of Al-Hofuf.

According to the Survey and Planning Authority (2019) data, 1974 witnessed a reduction in the cultivated area, from 71.43 km² in 1969 to 59.76 km² in 1974. Even though it increased to 71.79 km² in 1980, it declined to 71.32 km² in 2019. This fluctuation is because there are areas in the oasis where agricultural lands have shrunk, namely, the areas between the cities of Al-Hofuf and Al-Mubarraz, represented by Al-Seifah, Umm Khrisan, Ain Al-Zawawi, Ain Al-Morjane, and Al-Qilaybat. The cultivated area was 3.04 km², which has been reduced by half due to urban expansion at the expense of agricultural land.

From the field survey and interviews with farmers in the study area, it has been found that agricultural areas located south of Al-Hofuf city that existed in 1971 have completely disappeared, including Ain Umm Al-Hamir, Asilah, Tawilibiyah, and Sarafiyah. The area, which is about 0.04 km², was turned into residential areas carrying the same names and is now located in the centre of the city of Al-Hofuf, including Al-Thalithiya, Al-Mazruia, Al-Sindiya, Al-Murabdiyah, and Al-Wasitah. As for Al-Raqqa, the area had more than 40 hand-dug wells, and about 2.53 km² grain-cultivated land had been converted into residential houses and blocks of the same name; Al-Sharafiyah area and southwest of Ain Al-Haara east of Al-Mubarraz. Urbanism above the ground became the dominant manifestation after the disappearance of agricultural land.

These results were confirmed by the study and analysis of satellite scenes in 1986, 2000, and 2019. The decline in cultivated areas was observed in contrast to the increase in urban areas (Fig. 6). The area under cultivation was 145.47 km² in 1986, while it became 114.43 km² in 2000 and decreased to 82.92 km² in 2019. The area is growing steadily in terms of urban areas, from 157.6 km² to 167.85 km² to 231.77 km² in 1986, 2000, and 2019, respectively.

Figure 6: Agricultural and urban lands in Al Ahsa Oasis between 1986–2019



4.1.9. Agricultural practices

Farmers in the study area rely on some agricultural practices that increase rates of qualitative soil degradation. The most important one is submerged irrigation resulting in increased soil salinity (Al-Zubeidi, 1994), characteristic of most dry and semi-dry areas. This happens because of increased evaporation/evapotranspiration and less precipitation. Salts then accumulate because there is insufficient rain to wash the soil. Inundation leads to high groundwater levels approaching the earth's surface, which means that the plant's root area is saturated with water and cannot get sufficient air for respiration. These elements lead to a deterioration in agricultural soil characteristics, gradually reducing its productivity.

The increased irrigation by farmers has also resulted in increased water and soil salinity due to doubling irrigation to twice a week in winter and from three to four times in summer (Al-Zubeidi, 1994). This irrigation system has prevailed because of the water requirements of the main crops of palms and rice. The poor water retention of sandy soil and high evapotranspiration also lead to the same result. These environmental risks of irrigation increase if irrigation water quality decreases, such as the high salt concentration (1,430 to 6,440 ppm) of groundwater used for irrigation (Ministry of Environment, Water, and Agriculture, 2019).

The study area suffers from groundwater pollution (Irrigation and Drainage Authority, 2019). Since wells are the only water source, continuous pumping from groundwater aquifers has led to low groundwater levels and high concentrations of dissolved salts and iron and manganese salts. The first leads to salinisation and desertification of soil. Iron salts in the water of the wells reached more than 7,601 ppm, causing a serious problem when modern irrigation systems are applied. This is because of blocking sludge due to the deposition of iron salts. Soluble salts in water also erode pipes used for spray irrigation, thus deteriorating agricultural soil, ultimately leading to unsuccessful agriculture.

Digging irrigation canals at higher levels than the agricultural soil is an improper irrigation method, increasing the degradation process, especially in permeable soils. It salinises the soil, causing poor biological capacity that may reach full infertility, becoming a biologically dead soil, a very severe state of desertification. This has occurred in the villages of Al-Weziyah, Al-Mutarifi, Al-Halila, and Al-Ayoun, where the water level is insufficient for irrigation water supply and transport by gravity. It is, therefore, necessary to transport irrigation water manually, exposing the soil to saline infiltration, degradation of its properties, and subsequent desertification.

In addition, farmers in the oasis grow several crops, the most important of which are rice, vegetables, and fruits, cultivated simultaneously with palms. Thus, soil saturation is increased, especially in the case of the near-surface caterpillar layer, leading to

waterlogging, salinisation, and degradation.

4.1.10. Soil pollution

The study area suffers from soil contamination resulting from chemical fertilizers and pesticides where farmers use nitrogen and phosphate fertilizers. Nitrogen is considered the main chemical ingredient that needs to be added to the soil. The oasis consumes about 3,129.6 tons/year of azotic fertilizer and about 506 tons of phosphate fertilizer, where phosphate is used during the land preparation stage (Directorate of Agriculture, 2019). The excessive fertilizer amount not used by plant roots is estimated as 25% (El-Amrawi, 1997). In other words, the loss of nitrogen fertilizers is about 782.4 tons, and that of phosphate fertilizers is about 126.5 tons during a single agricultural season. Farmers also use animal waste as an organic fertilizer, estimated at 89.15 tons, which varies from one farmer to another (Directorate of Agriculture, 2019).

Although adding organic fertilizers can increase production, improve the soil's physical quality, and provide important nutrients such as nitrogen, phosphate, and potassium, it causes contamination of heavy metals and salts. Additionally, the soil and crops will be subject to bacteria and pathogenic microbes infection.

Pesticides pollute the soil because of the excessive unregulated use by farmers during pest resistance. In the study area, it was concluded that the surveyed sample of farmers used six types of pesticides: organic phosphorus, manufactured pyrethroids, carbamates, growth organisation pesticides, manufactured nicotine, and acaricides to control crop-harmful insects (Tayseer and Al-Saikh, 2011). Thus, the irrational use of chemical fertilizers, pesticides, and agricultural sewage water can be regarded as land degradation problems in the study area.

4.2. Proposals to Protect Soil from Degradation:

Based on the field survey, several attempts have been made by oasis farmers and governmental agencies to resist land degradation. These methods are illustrated below.

The wind is one of the main factors that causes soil drift and sand creep in the Al Ahsa Oasis, in addition to a lack of vegetation cover. Therefore, governmental agencies sought to resist soil degradation in the study area by constructing the sand reservation project northeast of the oasis in 1962, which is 20 km long and 250–750 m wide. This protects the southeastern parts of the oasis.

The various protection methods in the project are mechanical. These include using equipment to transport the sand, digging trenches to break and settle the sand, building dry fences from palm plumage, putting polyethylene, block, or cement walls, and growing green belts using drought-tolerant, saline, and high wind-resistant trees. Eighteen species are grown in the project, the most important of which are Tamarix, Prosopis, Eucalyptus, Casuarina, and Acacia. One chemical method is spraying asphalt, raw oil, or chemicals on sand dunes. It should be noted that these methods are also used throughout the oasis (Al Ahsa National Park Administration, Al Ahsa, 2019).

The soil of the Al Ahsa Oasis is fragile, of low depth, and poor in organic matter; therefore, farmers apply the following methods to preserve soil:

- Establishing a specific programme for drilling and monitoring wells to avoid problems arising from dried wells and reduced water levels
- Rationalising the use of irrigation water by introducing sophisticated and economical irrigation systems such as drip irrigation in some parts of the oasis, including in the city of Al-Omran and the villages of Al-Weziya, Al-Jarn, and Al-Bataliah
- Rehabilitating agricultural soil degraded by salinisation by washing and adding soil conditioners such as gypsum (farmers are given four excess irrigations to remove salts from the soil sector), by constructing

banks, and by obligating farmers to work out exposed field banks inside their farms to collect salts from wastewater

- Treating the waterlogging of soil resulting from poor drainage in the oasis by draining the wet sabkhas, raising the efficiency of field drains and linking them to the main drains, and cleaning the main drains to prevent the return of water back to the farms, or by adding gypsum to the waterlogged soil before washing, as in the case of the village of Al-Marrah

Based on the above, the study recommends several ways to reduce land degradation in the oasis:

- Trend towards land reclamation in the Al Ahsa Oasis, especially in the west, and use a new agricultural cycle to reduce soil degradation
- Use mechanical barriers with biological barriers to combat sand creep and sand dunes in agricultural soil
- Use biological pest resistance and return to organic fertilizers to combat chemical soil pollution and degradation
- Conserve available water resources through the rationalisation of irrigation processes and human uses to reduce the depletion of wells
- Resist soil degradation through soil drift control, sand creep resistance, and regulating of agricultural processes, as seen in the Al Ahsa Oasis

5. Conclusions

Through discussion and analysis based on the use of geospatial techniques and field verification, the following were identified:

- The soil suffers from three types of degradation. The first is physical deterioration. There is evidence of from 0.87 to 64.29 g/cm³/year in the villages of Al-Shaeba and Al-Marrah; therefore, the soil is exposed to the formation of a solid crust that is not implemented on the surface. The second is chemical degradation, evidence of which was the electrical conduction of the soil of the research area ranges from 15 to 129.6 mmhos/cm¹. This indicates a high level of salt accumulation in these areas, especially in the villages of Al-Marrah, Al-Waziyah, Al-Mansura, and Al-Fadhul. And the third is the biological degradation of the soil that expresses the loss of and the high suffering from the organic matter in the soil, 0.8–5.1% annually, meaning that it experiences elevated degradation in Al-Omran, Al-Ayoun, and Al-Jurn.
- The highly degraded soil covers an area of about 277 km², which accounts for 0.36% of the total cultivated area of the oasis. The average degraded soil area is 149 km², accounting for 0.20% of the total area of the oasis. The lower degraded soil area is about 174 km², which accounts for 0.23% of the total area of the oasis.
- The factors affecting land degradation were the human factor of population growth at an average rate of 0.61% per year, putting pressure on agricultural resources; poor agricultural practices using submerged irrigation and growing water-intensive crops; the urban sprawl on agricultural land as a result of the 19.6% increase in the number of households during the period from 1986–2019; using nitrogen fertilizers (3,129 tons), phosphates (1,506 tons), and organic fertilizers (89.15 tons) resulting in soil and groundwater pollution; and natural factors, including characteristics of the water and soil, climatic conditions, the drying up of wells, and salts at 7,601 parts per million.

Acknowledgement

The author extends their appreciation to the Deanship of Scientific Research at King Faisal University for its financial support of this research work through the project number (206208).

Biography

Amani Hussein

Department of Social Studies, Faculty of Arts, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia; Department of Geography, Faculty of Arts, Assiut University, Assiut, Egypt
amhassan@kfu.edu.sa, 00966569343198

Dr Hassan (PhD, Assiut University) is an Egyptian associate professor with a research interest in the fields of environment, desertification, and environmental impact assessment. She has published 14 papers in scientific journals, some of which are indexed in Scopus or ISI. She has participated in research projects and scientific conferences inside and

outside Egypt and is a member of several scientific societies specialising in geography in Egypt and Kuwait. She is a member of the Environment Unit at the King Faisal University Agency for Graduate Studies and Scientific Research. ORCID ID: 0000-0002-0677-9938.

References

- Abdelrahman, M.A., Tahoun, S.A., Abdel Bary, E.A. and Arafat, S.M. (2008). Detecting land degradation processes using geo statistical approach in Port Said, Egypt. *Zagazig. J. Agric. Res.*, **35**(6), 1361–79.
- Abdul Hamid, A.M. (2007). The integration of remote sensing and field auditing data in the study of sand dunes (Middle - Singapore field - East Saudi Arabia). *Series of Geographical Messages*, **n/a**(330), 1–60.
- Abulkhair, Y.M. (1984). Sand crawl in Al Ahsa. *Series of Geographical Messages*, **n/a**(64), 1–31.
- Al Ahsa Municipality. (2020). *Population Data*. Saudi Arabia: Al Ahsa Municipality.
- Al Ahsa National Park Administration. (2019). *Annual Report*. Saudi Arabia: Al Ahsa National Park Administration.
- Al-Bana, A. (2000). *Environmental Problems, and the Conservation of Natural Resources, Study Models in Applied Geography*. Cairo: Arab House of Thought.
- Al-Barrak, S.A. (1993). *Characteristics of Al Ahsa Agriculture Lands*. Al Ahsa: Al-Hussein Modern Press.
- Al-Dakheel, Y.Y. (2011). Assessing NDVI spatial pattern as related to irrigation and soil salinity management in of Al-Hassa Oasis, Saudi Arabia. *J. Ind. Soc. of RS*, **39**(2), 171–80. DOI: 10.1007/s12524-010-0057-z.
- Al-Gabr, M.A. (2002). *Agricultural Status in the Oasis of Charity - A Showcase for Development*. Riyadh: King Fahd National Library.
- Al-Khatib, A. (1980). *Seven Hooks*. Saudi Arabia: Ministry of Agriculture and Water.
- Al-Mashreki, M.H., Akhir, J.B.M., Abd Rahim, S., Desa, K.M.D. and Rahman, Z.A. (2010). Remote sensing and GIS application for assessment of land suitability potential for agriculture in the IBB governorate, the Republic of Yemen. *Pakistan. J. Biol.Sci.*, **13**(23), 1116–28. DOI: 10.3923/pjbs.2010.1116.1128.
- Al-Sayari, S.S. and Zotl, J.G. (1978). *Quaternary Period in Saudi Arabia*. New York: Springer-Verlag Wien.
- Al-Taher, A.A. (1996). Dust and dust Storms and their Impact on the soil of agricultural fields in Al Ahsa Oasis, Saudi Arabia. *Geographical Research Series*, **24**(1996), 1–52.
- Al-Taher, A.A. (1999). *Al Ahsa - Geographical Study*. Al Ahsa: King Fahd National Library.
- Al-Zubeidi, A.H. (1994). Land reclamation in the Arab World. *J. Arab Nation Agriculture and Development*, **13**(1), 42–65.
- Balba, A. and Naseem, M.G. (1994). *Land is a Global Arab Problem*. 2nd edition. Alexandria: Knowledge Facility.
- Biswas, T.D. and Mukherjee, S.K. (1994). *Textbook of Soil Science*. New York: Tata, Mc-Graw-Hill.
- Briggs, D., Smithson, P., Addison, K. and Atkison, K. (1997). *Fundamentals of Physical Environment*. 2nd edition. London: Routledge.
- Directorate of Agriculture. (2019). *Annual Report*. Al Ahsa, Saudi Arabia: Directorate of Agriculture.
- Drechsel, P., Gyiele, L., Kunze, D. and Cofie, O. (2001). Population density, soil nutrient depletion, and economic growth in sub-Saharan. *Africa. Ecol. Econ.*, **38**(2), 251–8. DOI: 10.1016/S0921-8009(01)00167-7.
- Duraiappah, A. (1998). Poverty and environmental degradation: a review and analysis of the nexus. *World Development*, **26**(12), 2169–79. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00100-4](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00100-4).
- El-Amrawi, M.I.T. (1997). *Environmental Problems in Al-Daqlayyah Governorate. Study in Applied Geography*. Master's Dissertation, Mansoura University, Mansoura, Egypt.
- General Authority for Meteorology and Environmental Protection. (1985-2018). *Reports from 1985-2018*. Al Ahsa, Saudi Arabia: GAMEP.
- General Authority of Statistics. (2020). *Report of 2020*. Al Ahsa, Saudi Arabia: GAS.
- Ghanimi, Z.M. (1997). *Environment and Human -A Study of Human Problems with the Environment*. 2nd edition. Alexandria, Egypt: Knowledge Facility.
- Gunderson, L.H. (2003). Ecological resilience — in theory and application. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **31**(n/a), 425–39.
- Husenbiuiler, R.L. (1985). *Soil Science, Principles, and Practices*. New York: Browne publishers.
- Irrigation and Drainage Authority. (2019). *Annual Report*. Al Ahsa, Saudi Arabia: Department of Water and Soil.
- Kuwaity, K.A. and Ahmed, S.S. (2003). Hydrogen onitoring of the formation of neogin within the scope of the Al Ahsa irrigation and drainage project. In: *Sixth Gulf Water Conference*, Riyadh, Saudi Arabian, 02-04/05/2003.
- Ministry of Environment, Water and Agriculture. (2019). *Annual Report*. Al Ahsa, Saudi Arabia Ministry of Environment, Water and Agriculture.
- Mohamed, H.A., Balbisi, H.H. and Abu Samur, H. (2014). Neck and measure change in the area of the Dead Sea using applications remote sensing and information systems. *Journal Dirasat: Humanities and Social Sciences*, **41**(2), 376–91.
- Morgan, R.P.C. (1995). *Soil Erosion and Conservation*. 2nd edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Stenger, R., Priesack, E. and Beese, F. (2002). Spatial variation of nitrate-N and related soil properties at the plot-scale. *Geoderma*, **105**(3), 259–75. DOI: 10.1016/S0016-7061(01)00107-0.
- Sujatha, G., Dwivedi, R.S., Sreenivas, K. and Venkataratnam, L. (2000). Mapping and monitoring of degraded lands in part of Jaunpur district in Uttar Pradesh using temporal spaceborne multispectral data. *Int. J. Remort Sens.*, **21**(3), 519–31. DOI: 10.1080/014311600210722.
- Survey and Planning Authority. (2019). *Unpublished Data*. Al Ahsa, Saudi Arabia: Survey and Planning Authority.
- Tayseer, M.G. and Al-Saykhan, M.S. (2011). Present situation of insecticides and acaricides use and their residues in tomato fruits in Al Ahsa oasis. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **12**(2), 42–51.
- Thomas, D. and Middleton, N. (1994). *Desertification: Exploding the Myth*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Williams, M.A., and Balling, R.J. (1996). *Interaction of Desertification and Climate*. London: Headline Group.
- Zizala, D., Juřicová, A., Zádorová, T., Zelenková, K. and Minařík, R. (2018). Mapping soil degradation using remote sensing data and ancillary data: South-East Moravia, Czech Republic. *Eur. J. Remort Sens.*, **52**(3), 1–15. DOI: 10.1080/22797254.2018.1482524
- Zucca, C., Biancalani, R., Hamrouni, R., Attia, R., Bunning, S., and Land and Water Division. (2009). *Guidelines for the Identification, Selection, and Description of Nationally Based Indicators of Land Degradation and Improvement*. Rome: FAO.

The Reality of Cybersecurity and its Challenges in Saudi Arabia

Sami S. Alsemairi

Information Technology Programs Department, Institute of Public Administration, Jeddah, Saudi Arabia

واقع الأمن السيبراني وتحدياته في السعودية

سامي سعد السميري

قسم برامج تقنية المعلومات، معهد الإدارة العامة، جدة، المملكة العربية السعودية



LINK
الرابط
<https://doi.org/10.37575/b/cmp/210075>

RECEIVED
الاستقبال
01/11/2021

ACCEPTED
القبول
04/03/2022

PUBLISHED ONLINE
النشر الإلكتروني
04/03/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
الإحالة لعدد
01/06/2022

NO. OF WORDS
عدد الكلمات
7933

NO. OF PAGES
عدد الصفحات
9

YEAR
سنة العدد
2022

VOLUME
رقم المجلد
23

ISSUE
رقم العدد
1

المخلص

Recent technological developments have led to an increasingly wide use of electronic devices, platforms and applications. These technologies are now an important factor in the digital transformations taking place in many governmental agencies. In parallel with these technological advancements, new cybercrime techniques have been developed, making them a complex and highly prioritized national security issue for many countries around the world. To address this challenge, the Saudi Arabian government, through a royal decree, has urged government agencies to create internal cybersecurity departments to safeguard their information and technical assets. This makes cybersecurity a critical element of the Kingdom's 2030 Vision. This study aims to shed light on the reality of cybersecurity and its challenges in the Kingdom of Saudi Arabia. The researcher designed a questionnaire to measure several dimensions, including cybersecurity management, addressing cyber threats and risks, security techniques, and future (strategic) challenges. A sample of 98 IT employees working in different government agencies participated in this study. The results of the data analysis show that the level of cybersecurity against cyber threats and risks is high in the government agencies of Saudi Arabia.

يشهد العالم اليوم تسارعاً في التطورات التقنية، حيث ساهمت هذه التطورات في الاستخدام المتزايد للأجهزة والمنصات والتطبيقات الإلكترونية، إذ أصبحت هذه التقنيات من العناصر المهمة في التحول الرقمي للعديد من الجهات الحكومية. لذلك صاحب هذه التطورات التقنية تطورات مماثلة في تقنيات الجرائم السيبرانية، تلك التي أضحت قضية دولية تحظى بالمزيد من الاهتمام وإحدى أولويات الأمن الوطني على صعيد العديد من دول العالم. ولأهمية هذه القضية، صدر أمر سامي كريم بإنشاء إدارة للأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية وهدفها الرئيس حماية الأصول المعلوماتية والتقنية، ذلك ما يجعل الأمن السيبراني أحد أهم العناصر في تحقيق رؤية المملكة 2030. تأتي هذه الدراسة لتسليط الضوء على واقع الأمن السيبراني وتحدياته في المملكة، ولتحقيق أهداف هذه الدراسة تم تصميم استبانة إلكترونية تشمل المحاور الرئيسة التالية: إدارة الأمن السيبراني، تعامل إدارة الأمن السيبراني مع التهديدات والمخاطر السيبرانية، التقنيات أو الأساليب الأمنية المتبعة لإدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية، والتحديات المستقبلية (الاستراتيجية) لإدارة الأمن السيبراني. وبعد التحقق من صدق الاستبانة وثباتها، تم إرسالها إلكترونياً إلى عينة الدراسة، وقد شارك في الاستبانة (98) من موظفي تقنية المعلومات ممن يعملون في جهات حكومية مختلفة. وقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائية أن مستوى واقع الأمن السيبراني في المملكة مرتفع لمواجهة التهديدات والمخاطر السيبرانية.

KEYWORDS

الكلمات المفتاحية

Cybersecurity, cyberspace, cyber risks management, cyber threats and risks, cyber warfare
الأمن السيبراني، الحرب السيبرانية، الفضاء السيبراني، التهديدات والمخاطر السيبرانية، إدارة المخاطر السيبرانية

CITATION

الإحالة

Alsemairi, S.S. (2022). Waqie al'amn alsaybiranii watahadiyatuh fi alsaeudia 'The reality of cybersecurity and its challenges in Saudi Arabia'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 66 –74. DOI: 10.37575/b/cmp/210075 [in Arabic]
السميري، سامي سعد. (2022). واقع الأمن السيبراني وتحدياته في السعودية. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*, 23(1)، 66-74.

1. المقدمة

أرامكو السعودية والذي كلف المملكة العربية السعودية خسائر مالية ومادية مرتفعة. ولحماية أصول تقنية المعلومات والخدمات الإلكترونية شرعت حكومة المملكة العربية السعودية لتأسيس هيئة وطنية للأمن السيبراني لجعلها المرجع الوطني لكل ما يتعلق بشؤون الأمن السيبراني، إذ فرضت "على الجهات الحكومية إنشاء إدارة مستقلة بالأمن السيبراني" أمن المعلومات" تستقل في عملها عن إدارة تقنية المعلومات، على أن يشغل رئاسة الإدارة موظف ذو كفاءة عالية في مجال الأمن السيبراني"، حتى يعمل على تحسين مستوى الأمن السيبراني للجهة الحكومية وحماية الشبكات والأنظمة والبيانات الإلكترونية. فضلاً عن التزام كل جهة حكومية بما تصدره الهيئة من سياسات وأطر ومعايير وضوابط وإرشادات (الهيئة الوطنية للأمن السيبراني، 2018). أنه وفقاً ما تقدم، فإن الدراسة الراهنة تأتي لرصد الواقع المرتبط بالأمن السيبراني في الجهات الحكومية في المملكة العربية السعودية، مع التركيز بشكل خاص على إدارة الأمن السيبراني والتهديدات والمخاطر السيبرانية التي تواجهها، وذلك من خلال تطبيق المنهج الوصفي التحليلي على عينة من موظفي تقنية المعلومات في مجموعة من الجهات الحكومية داخل المملكة العربية السعودية وذلك من خلال استبانة إلكترونية صُممت لهذا الغرض.

يشهد العالم هذه الأيام تسارعاً مستمراً يكاد لا يتوقف على صعيد تطور التقنيات الإلكترونية، والتي أصبح استخدامها ضرورة من ضروريات العصر الحالي، بل وأداة من الأدوات المهمة في التحول الرقمي، وهو ما فرض سعي أغلب الجهات الحكومية في المملكة العربية السعودية لتقديم الخدمات إلكترونياً من أجل تحسين أداء الجهات الحكومية لتصبح أكثر كفاءة وفعالية (يسر، 2016). نتيجة لذلك فقد انتشر استخدام الأجهزة والمنصات والتطبيقات الإلكترونية في المملكة العربية السعودية، وزاد معها نسبة انتشار خدمات الانترنت بمعدلات عالية خلال السنوات الماضية حيث ارتفع المعدل من 82% عام 2017 إلى 93% في نهاية عام 2018 (هيئة الاتصالات وتقنية المعلومات، 2018). وإذا كان الواقع المعيش يشهد بوجود التسارع في التطور التقني واستخداماته فإنه في المقابل تطورت تقنيات التهديدات والمخاطر السيبرانية، فوفق دراسة للأمم المتحدة (UNODC، 2013)، تظهر أن نسبة مستخدمي الإنترنت الذين يقعون ضحايا المخاطر السيبرانية تتراوح بين 1 و17% وهذه النسبة تزداد في الدول النامية. والواقع أن ما أصاب كثيراً من الدول من خسائر نتيجة المخاطر السيبرانية المتطورة، وما حدث في المملكة العربية السعودية خير شاهد على ذلك، حيث حدث عام 2012 هجوم سيبراني باستخدام فيروس "شمعون"⁽¹⁾ على شركة

¹ عبارة عن برنامج ضار يثبت نفسه على جهاز الضحية لحذف محتويات القرص الصلب.

2. إشكالية الدراسة

تُعد الجرائم السيبرانية من أبرز التحديات الأمنية التي تواجه دول العالم بشكل عام مُشكلة تهديد وخطر سيبراني على الأصول المعلوماتية والتقنية، حيث تتصاعد معدلات الجرائم السيبرانية عاماً بعد عام مع تصاعد استخدام التقنيات الإلكترونية الحديثة مما يزيد من الخسائر المالية والتقنية، فوفق تقرير "الجرائم السيبرانية لعام 2019" الصادر عن Cybersecurity Ventures⁽²⁾، أن تكلفة الجرائم السيبرانية المالية المتوقعة في العالم أكثر من 6 تريليون دولار بحلول عام 2021.

وحيث أن الجهات الحكومية في المملكة العربية السعودية -في واقعنا الحالي- تعتمد بطريقة شبه كلية على التقنيات الإلكترونية من أجل أتمتة الأعمال الإدارية، وتقديم الخدمات الإلكترونية والتكامل مع الجهات الحكومية الأخرى. لذا أصبحت هذه التقنيات (الأصول المعلوماتية والتقنية) محوراً أساسياً في تحقيق الجهات الحكومية لأهدافها، مما جعلها هدفاً للجرائم السيبرانية من قبل أفراد مارقين أو منظمات تخريبية، مستخدمين في ذلك أدوات تقنية غير شرعية من أجل تنفيذ أهدافهم الإجرامية.

إن انتشار الجرائم السيبرانية وطبيعة تنفيذها من حيث عبورها للحدود الجغرافية للدول، يُلزم الجهات الحكومية ممثلة بإدارتها للأمن السيبراني على وضع آليات لتصدي لهذا الجرائم ومنع حدوثها، وذلك من أجل الحد من الهدر المالي والمعلوماتي، حيث ذكرت شركة IBM⁽³⁾ في تقرير "تكلفة خرق البيانات لعام 2019"، أن متوسط تكلفة الاختراق في المملكة العربية السعودية بلغ 6 ملايين دولار.

لذا، تأتي هذه الدراسة لتسليط الضوء على واقع الأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية والتحديات التي تواجهها في التصدي للجرائم السيبرانية.

3. أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة في تسليط الضوء على واقع الأمن السيبراني وتحدياته في المملكة العربية السعودية. وتوضح أهداف الدراسة في النقاط التالية:

- التعرف على الدور المهم الذي تقوم به إدارة الأمن السيبراني في حماية الأصول المعلوماتية والخدمات الإلكترونية.
- تبين التقنيات أو الأساليب الأمنية المستخدمة لإدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية.
- الوقوف على تعامل (تفاعل) إدارة الأمن السيبراني مع التهديدات والمخاطر السيبرانية.
- رصد أبرز التحديات المستقبلية في التصدي للتهديدات والمخاطر السيبرانية.

4. أهمية الدراسة

أصبح موضوع الأمن السيبراني من بين أبرز المواضيع التي نالت اهتمام الدول في الوقت الحاضر وجزءاً أساسياً من سياساتها الوطنية، لاسيما أن الحرب السيبرانية أصبحت جزءاً لا يتجزأ من التكتيكات الحديثة للحروب بين الدول. لذا تكمن أهمية هذه الدراسة في الكشف عن واقع الأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية والكشف كذلك عن الدور المهم الذي تقوم به إدارات الأمن السيبراني للجهات الحكومية في حماية أصول تقنية المعلومات والخدمات الإلكترونية، الأمر الذي قد يُسهم في رفع مستوى الحماية من خطر الحرب السيبرانية وتحقيق مستوى عالي وملائم من الأمن.

تُعتبر مهمة حماية أصول تقنية المعلومات والخدمات الإلكترونية مهمة شاقة لتغللها العديد من التحديات المعقدة التي يمكن حصر أبرزها في ضرورة وجود إدارة فعالة وقادرة على التغلب على تحديات الأمن السيبراني لضمان استدامة أصول تقنية المعلومات والخدمات الإلكترونية، وهذا ما أولته المملكة العربية السعودية بالاهتمام لتنمية الجانب التقني وحماية الأصول المعلوماتية من التهديدات والمخاطر السيبرانية باعتباره أحد الركائز الاستراتيجية الأساسية لرؤية المملكة 2030، وهو ما توجه في صدور أمر

ملكي رقم 6801 وتاريخ 2017/10/31، بتأسيس الهيئة الوطنية للأمن السيبراني لتكون المرجع الوطني لكل ما يتعلق بشؤون الأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية (الهيئة الوطنية للأمن السيبراني، 2018).

5. تساؤلات الدراسة

يتحدد تساؤل الدراسة في التساؤل الرئيس التالي: ما الدور الفعلي والمستقبلي لإدارة الأمن السيبراني في الجهات الحكومية في المملكة العربية السعودية في مواجهة التهديدات والمخاطر السيبرانية؟ وللإجابة على هذا التساؤل قام الباحث بتجزئته إلى أربعة تساؤلات رئيسية هي:

- ما هو واقع إدارة الأمن السيبراني في الجهات الحكومية في المملكة العربية السعودية؟
- ما التقنيات أو الأساليب الأمنية المتبعة لإدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية؟
- كيف تتعامل (تتفاعل) إدارة الأمن السيبراني مع التهديدات والمخاطر السيبرانية؟
- ما هي التحديات المستقبلية (الاستراتيجية) لإدارة الأمن السيبراني؟

6. الإطار النظري

ثمة مفاهيم وموضوعات متعددة تفرض نفسها في تناول موضوع الدراسة الراهنة وهي:

6.1 مفهوم الأمن السيبراني:

تطرق العديد من الباحثين والدارسين في الآونة الأخيرة إلى مفهوم الأمن السيبراني محاولين الوصول إلى صيغة موحدة، وقد حظي بمجموعة من التعريفات شأنها شأن العديد من تعاريف تقنيات المعلومات. فحسب التعريف الصادر من الهيئة الوطنية للأمن السيبراني لعام 2018 بأنه حماية الشبكات وأنظمة تقنية المعلومات وأنظمة التقنيات التشغيلية، ومكوناتها من عتاد وبرمجيات، وما تقدمه من خدمات، وما تحويه من بيانات، من أي اختراق أو تعطيل أو تعديل أو دخول أو استخدام أو استغلال غير مشروع، ويشمل مفهوم الأمن السيبراني أمن المعلومات والأمن الإلكتروني والأمن الرقمي ونحو ذلك.

كما يعرف (Schatz et al., 2017) الأمن السيبراني بأنه مجموعة الأدوات، والسياسات، والمفاهيم الأمنية، والضمانات الأمنية، والتوجهات، ونهج إدارة المخاطر، والإجراءات، والتدريب وأفضل الممارسات، والضمان والتقنيات التي يمكن استخدامها لحماية البيئة السيبرانية والمنظمة والأصول.

ويعرفها الاتحاد الدولي للاتصالات في تقرير "اتجاهات الإصلاح في الاتصالات لعام 2010-2011" فقد تم تعريف مصطلح الأمن السيبراني بأنه "مجموعة من المهام، مثل تجميع وسائل وسياسات وإجراءات أمنية ومبادئ توجيهية لإدارة المخاطر، وتدريب وأفضل الممارسات والتقنيات التي يمكن استخدامها لحماية البيئة السيبرانية وموجودات المؤسسات والمستخدمين".

وكذلك يعرفها Amoroso (2006) بأنها الحد من المخاطر الضارة على البرامج وأجهزة الحاسبات والشبكات، باستخدام أدوات للكشف عن الاقتحام وإيقاف الفيروسات ومنع الوصول الخبيث وفرض المصادقة وتمكين الاتصالات المشفرة.

وبناءً على ما سبق، يمكن تعريف "الأمن السيبراني" بطريقه إجرائية من منطلق هذه الدراسة بالتالي: "... بأنه العمل أو النشاط الذي يحى الجهة الحكومية المرتبطة بالفضاء السيبراني، والحد من أضرار المخاطر والتهديدات السيبرانية باستخدام أفضل السياسات والإجراءات والتقنيات، وإعادة استمرارية العمل فوراً حال وقوع الخطر السيبراني ...".

³ شركة استشارية وتقنية إمركية

² شركة إمركية رائدة في أبحاث الأمن السيبراني على مستوى العالم.

6.2. الأمن السيبراني في المملكة:

أصبح استخدام التقنيات الإلكترونية لأهداف غير شرعية "إجرامية" خلال السنوات الماضية، يُشكل هاجس للمملكة العربية السعودية بل ولكل دول العالم، لذا أصبحت مواجهة هذه الجرائم السيبراني تحدياً على الصعيد الدولي. وأمام هذا التحدي، توکأت المملكة في تعزيز أمنها السيبراني للحد والتقليل من آثار هذه الجرائم على التالي:

- تأسيس المركز الوطني الإرشادي لأمن المعلومات عام 2006، لرفع مستوى الوعي بمخاطر أمن المعلومات ويعمل بالتعاون مع الجهات والأطراف المؤثرة على تنسيق جهود الوقاية والتصدي للتهديدات والمخاطر الإلكترونية في المملكة.
- إنشاء مركز التميز لأمن المعلومات عام 2008، بغرض تقديم الخدمات الاستشارية للجهات الحكومية في مجال أمن المعلومات.
- المركز الوطني للأمن الإلكتروني والذي تأسس عام 2012، للاستجابة للحوادث الإلكترونية، وحماية الفضاء الإلكتروني للمملكة ضد التهديدات الإلكترونية.
- ولادة الاتحاد السعودي للأمن السيبراني والبرمجة والدرونز عام 2017، لكي يعمل على بناء قدرات محلية واحترافية في مجال الأمن السيبراني بناءً على أفضل الممارسات والمعايير العالمية.
- قيام الهيئة الوطنية للأمن السيبراني والذي تأسس عام 2017، لكي تقوم على إعداد الاستراتيجية الوطنية للأمن السيبراني، والإشراف على تنفيذها، وضع السياسات وآليات الحوكمة والأطر والمعايير والضوابط والإرشادات المتعلقة بالأمن السيبراني، ومتابعة الالتزام بها، وتحديثها.

وعلى الرغم من هذه الجهود الحثيثة في إطار تحقيق الأمن السيبراني فإن التقرير الإحصائي لمركز الأمن الوطني في المملكة عن التهديدات والمخاطر السيبرانية للربع الأول من عام 2018 بين أن هناك زيادة في عدد التهديدات والمخاطر بنسبة 13.5% مقارنة بالربع الأول من عام 2017. وهو ما فرض صك سياسات وإجراءات أمنية وطنية تضع ضمن أولوياتها واستراتيجياتها تحقيق الأمن السيبراني (الهيئة الوطنية للأمن السيبراني، 2018).

6.3. التهديدات والمخاطر السيبرانية:

لا توجد جهة حكومية سواء كانت الجهة داخل المملكة العربية السعودية أو خارجها مرتبطة بالفضاء السيبراني، محصنة بشكل تام ضد التهديدات والمخاطر السيبرانية، حيث من الممكن أن تُستغل الثغرات الأمنية من قبل المخبرين للهجوم على الأصول المعلوماتية والخدمات الإلكترونية للجهة الحكومية وتدميرها. حيث يُعرف (Rusi and Lehto (2017 التهديدات السيبرانية بأنها إمكانية المحاولة الضارة لتدمير أو تعطيل شبكة أو نظام حاسب آلي. ويُعرف (Andress (2014 المخاطر السيبرانية بأنها مجموعة من التهديدات التي يمكن أن تؤثر سلباً على الفضاء السيبراني، مما يؤدي إلى خسائر مادية ومالية ومعنوية على حد سواء.

إن عملية الحماية من المخاطر السيبرانية ليست باليسيرة، وإنما هي عملية صعبة ومعقدة تتكون من ثلاث عناصر رئيسية هي: السرية، السلامة والتوافر، ذلك ما يجعل كل إجراءات الحماية من التهديدات والمخاطر السيبرانية تهدف إلى هدف واحد وهو إيصال المعلومات والبيانات والخدمات الإلكترونية إلى الأشخاص المناسبين وفي الوقت المناسب، والمحافظة على سرّيتها وسلامتها وهذا لا يعني شيئاً ما لم يستطع الأشخاص المخولين الوصول إليها.

وبناءً على ما سبق، يُعرف مفهوم "التهديدات والمخاطر السيبرانية" في الدراسة الراهنة بالتالي: "... بأنه نشاط سيبراني غير شرعي (إجرامي) ضد الجهة الحكومية المرتبطة بالفضاء السيبراني، حيث أن هدفها في الغالب تدمير الأصول المعلوماتية والخدمات الإلكترونية ...".

6.4. إدارة المخاطر السيبرانية:

خلال السنوات الماضية، أسست الجهات الحكومية البنية التحتية الرقمية المتصلة بشبكة الإنترنت، وازداد اعتمادها على تقديم الخدمات الإلكترونية بشكل كبير. إذ أصبحت أصول تقنية المعلومات والخدمات الإلكترونية للجهات الحكومية معرضة للمخاطر السيبرانية من أفراد مارقين أو

منظمات غير شرعية. لذا ينبغي على الجهات الحكومية أن تدرك مدى المسؤولية في إدارة هذه المخاطر السيبرانية.

قبل الخوض في توضيح مفهوم "إدارة المخاطر السيبرانية"، ينبغي التطرق لتوضيح مصطلح "الإدارة"، فالإدارة عُرفت منذ القدم بالعديد من التعريفات، حيث عرفها (Taylor (1911 بتحديد العمل المطلوب القيام به من قبل العاملين، والتأكد من أدائها بأفضل السبل وأقل التكاليف. كما عرفها (Fayol (1949 بأن ممارسة الإدارة تشير إلى التنبؤ بالمستقبل والتخطيط بناءً عليها وإصدار الأوامر والتنسيق والمراقبة.

ومن المتداول في الأدبيات المرتبطة بالإدارة، أن هناك من يقودها في إطار تفعيل ممارساتها، ولكي أقف على المراد بها، يتوجب الإشارة إلى أن هناك جمع من التعريفات حول مفهوم "القادة" تتعدد بتعدد أغراض الدراسة وتوجهاتها المعرفية، وذلك ما يجعلها لا تأتي بتعريفه موحد.

وحيث أن موضوع الدراسة يفرض التعامل معها في سياق معرفي معين، فإن الباحث سوف يركز على بعض التعاريف في القادة. فعلى سبيل المثال عرفها (Northouse (2010 بأنها "عملية يؤثر من خلالها فرد واحد على مجموعة من الأفراد بهدف تحقيق أهداف مشتركة". ويعرفها كنعان (2009) بأنها "عمل يقوم به شخص ما، ثم ينجزه آخرون حسب توجهات هذا الشخص".

وفي الدراسة الراهنة يُشار إلى تعريف "القادة" بطريقه إجرائية بالتالي: "... أنها العمل الذي تمارسه قادة الأمن السيبراني في الجهة الحكومية لتوجيه وتحفيز أفراد الجهة من أجل تحقيق أقصى درجات الحماية الأمنية لأصول تقنية المعلومات والخدمات الإلكترونية من المخاطر السيبرانية ...".

وإذا كان المراد من مفهوم إدارة الأمن السيبراني هو تعزيز السلامة وتحقيق أقصى درجات السرية والحماية والأمان، المعهد الوطني للتقنية والمعايير (NIST) في إصداره رقم (39-800) يوصي من أجل الوفاء بما تقدم بضرورة مشاركة القادة (الإدارة العليا) في إدارة مخاطر تقنية المعلومات (NIST، 2011)، بهدف تحقيق الأمن من الجرائم السيبرانية، وإيجاد السبل الوقائية التي تمكنها من التعامل مع التهديدات السيبرانية، وتقليل خطورتها لكي تتمكن من القيام بوظائفها وأهدافها على الوجه الصحيح. كما حدد المعهد أربعة عناصر لإدارة مخاطر تقنية المعلومات وهي كالتالي: إطار المخاطر، تقييم المخاطر، الاستجابة للمخاطر، ومراقبة المخاطر.

وحرى بنا أن نسجل ها هنا، أن إتيان المعهد السالف الإشارة له بكل الاحترازاات السابقة لتغليف البيانات بالسرية، فإنه يعود إلى ما تتمتع العقول المدبرة للجرائم السيبرانية ببراعة تقنية مكافئة لنظرائهم في مجال الأمن السيبراني مما يزيد من خطورة التهديدات والمخاطر السيبرانية يوماً بعد يوم، لذا كان لزاماً على قادة الأمن السيبراني زيادة المعرفة والتعامل مع هذه التهديدات والمخاطر وفق خطوات مدروسة بأفضل الأساليب وبتطبيق أحدث تقنيات الأمن السيبراني. وفقاً لتقرير pwc لعام 2018، يُخطط 27% من قادة المنظمات للاستثمار في تقنيات الأمن السيبراني التي تستخدم الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي من أجل الحماية من الجرائم السيبرانية.

أنه وفق ما تقدم فإن الباحث يشير في الدراسة الراهنة إلى مفهوم "إدارة المخاطر السيبرانية" بالتالي: "... أنها مجموعة الإجراءات والأعمال الإدارية والتقنية المدروسة والمركزة على التخطيط السليم، والتنظيم الصحيح، والتوجيه المدروس، والقيادة الحكيمة وأخيراً الرقابة الصائبة، من قبل القيادات التقنية، لمواجهة النشاط السيبراني غير الشرعي ...".

7. الدراسات السابقة

حظيت القضايا المرتبطة بمخاطر الأمن السيبراني بمناقشات واسعة النطاق في العديد من الدراسات السابقة خلال السنوات القليلة الماضية. ومع تزايد المخاوف بشأن هذه القضايا، بدأت العديد من الجهات الحكومية، سواء داخل المملكة أو خارجها، في التعامل مع هذه القضايا وفق أساليب فعالة من أجل حماية أصول تقنية المعلومات والخدمات الإلكترونية. الدراسة التي أجراها (Rothrock et al. 2018) حددت بعض الأنظمة وأدوات المراقبة التي تُنفذها المنظمات للتعامل مع هذه القضايا،

بالهيكل التنظيمي لمركز المعلومات الوطني. كما أوضح الباحث بأن المركز يقوم بتحديث البنية التحتية باستمرار وفقاً للسياسات الأمنية المتبعة فيه. بالإضافة إلى استخدام برامج أمنية من أجل استكشاف وتتبع الاختراقات وتحليلها عند تقييم المخاطر. كما أشار الباحث باهتمام المركز بتطوير الوعي الأمني لدى الموظفين والحاقهم بالمزيد من الدورات المتخصصة في مجال أمن المعلومات.

قدم مجموعة من الباحثين (Hathaway *et al.*, 2015) إطار عمل منهجي لتقييم الجاهزية الإلكترونية لمائة وخمسة وعشرين دولة، هذه المنهجية قائمة على سبعة عناصر رئيسية هي: الاستراتيجية الوطنية، والتعامل مع الحوادث، والجريمة الإلكترونية وتطبيق القانون، ومشاركة المعلومات، والاستثمار في البحث والتطوير، والدبلوماسية والتجارة، والدفاع والتعامل مع الأزمات، تلك التي من خلالها وضعوا تصنيفاً لمدى جاهزية الدول لبعض المخاطر الإلكترونية المحددة، فضلاً عن تعيين المجالات التي يمكن تحسينها من خلال تطوير السياسات والمعايير والقوانين للحفاظ على الأمن الإلكتروني.

وألفت دراسة كلارك وكينيك (2011) الضوء على التهديدات والمخاطر الإلكترونية المحيطة بالفضاء الإلكتروني في دول الخليج، كما ناقشت نقاط ضعف الشبكات وإمكانية استهدافها لألحاق الضرر بها، وأخيراً تضع الدراسة خارطة طريق لفضاء أمن إلكتروني. ولتأمين الفضاء السيبراني، وضعت الولايات المتحدة الأمريكية استراتيجية وطنية بهذه الخصوص عام 2003، ثم وسعت الاستراتيجية لتصبح استراتيجية دولية في عام 2011 (The White House, 2011).

كما سلطت دراسة بانقا (2019) الضوء على أهمية المخاطر السيبرانية وأثارها الاقتصادية وكيفية إدارتها، وذكرت نماذج دولية تأثرت بالهجمات السيبرانية، ثم حللت وقيمت أوضاع دول مجلس التعاون الخليجي كدراسة حالة. وهدفت الدراسة إلى زيادة الإهتمام بالأمن السيبراني واستدراك الثغرات في التخطيط الاقتصادي لمجابهة هذه المخاطر.

أما دراسة Herhalt (2011) فبيّنت أن الاتصالات عبر الانترنت أصبحت قاعدة أساسية في هذا العصر، مما يسبب للحكومات مخاطر متزايدة من أن تصبح هدفاً للهجمات السيبرانية. ولمحاربة هذه الجرائم ذكرت الدراسة بأنه ينبغي على الحكومات التعاون لتطوير نموذج فعال الذي من شأنه السيطرة على هذه الجرائم. ولتخفيف من هذا الجرائم السيبرانية قدم Mylrea *et al.* (2017) إطار عمل للأمن السيبراني، هذا الإطار يزود المنظمات بمجموعة من أفضل ممارسات الأمن السيبراني، والسياسات والإجراءات من أجل تحسين وضع الأمن السيبراني.

وإذا كان الجزء النظري للأدبيات المرتبطة بموضوع الدراسة الراهنة يكشف عن مدى تباين موضوعاتها وأهدافها ونتائجها، لذلك يسلط الباحث الضوء في هذه الدراسة على الواقع الفعلي والمستقبلي للأمن السيبراني، ناهيك عن تصديها للكشف عن التحديات التي تواجه الجهات الحكومية في المملكة العربية السعودية.

8. منهج الدراسة

في ضوء طبيعة الدراسة الراهنة، فإن الباحث يعتمد إلى استخدام المنهج الوصفي، حيث يُعتبر هذا المنهج من أكثر مناهج البحث ملائمة لهذه الدراسة بسبب إمكانية استقصاء آراء الموظفين من مختلف الجهات الحكومية. حيث تعتمد هذه الدراسة على توظيف البيانات (الأرقام) في دراسة الواقع ووصفه بشكل دقيق. وحتى يتمكن الباحث من الحصول على البيانات، فإن الباحث قام بتصميم أداة الاستبانة التي تم توجيهها إلى عينة الدراسة من موظفي تقنية المعلومات في الجهات الحكومية من أجل التعرف على الدور الفعلي والمستقبلي لإدارة الأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية في مواجهة التهديدات والمخاطر السيبرانية. حيث شملت الاستبانة على الأبعاد التالية:

- **البُعد الإداري:** وتضمنت العبارات الخاصة بإدارة الأمن السيبراني والبالغ عددها 10 عبارات.
- **البُعد الأمني:** وتضمنت العبارات الخاصة بالتقنيات أو الأساليب الأمنية

والتي تشمل منع تسرب البيانات، وإدارة كلمات المرور، وأنظمة مراقبة المحتوى، وجدار حماية للدفاع عن حدود الشبكة الخارجية. فوفقاً لهذه الدراسة، أن هذه الأساليب توفر حلولاً تقنية لقضايا الأمن السيبراني، ولكن ليست فعالة بما فيه الكفاية للحماية الكاملة. دراسة (Miranda 2018) بينت بأن التدريب الأمني للموظفين من الأساسيات في إدارة قضايا الأمن السيبراني وتحديداً إدارة المخاطر السيبرانية. كما أوصى (Bauer *et al.* 2017) بأن تقوم المنظمات بتخصيص الوعي بالأمن السيبراني وبرامج التدريب على أساس مستوى الموظف ومجال المسؤولية. لذلك يُعد الوعي والتدريب الأمني جزءاً مهماً من سياسات الأمن السيبراني ويجب أن تحدث بشكل متكرر لتحسين الوعي الأمني (Mamonov and Benbunan-Fich, 2018).

ركزت دراسة Alzubaidi (2021) على قياس المستوى الحالي للوعي بالأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية، من حيث ممارسات الأمن السيبراني، ومستوى الوعي، والإبلاغ عن الحوادث، من خلال استبانة إلكترونية شارك في تعبئتها 1230 مشاركاً. أظهرت نتائج الاستبانة أن (31.7٪) من المشاركين استخدموا شبكة Wi-Fi عامة للوصول إلى الإنترنت، و (51٪) استخدموا معلوماتهم الشخصية لإنشاء كلمات المرور الخاصة بهم، و (32.5٪) ليس لديهم أي فكرة عن هجمات التصيد الاحتيالي، و (21.7٪) كانوا ضحية للجرائم السيبرانية بينما (29.2٪) منهم أبلغوا عن الجريمة، مما يعكس مستوى وعيهم. وتُختتم الدراسة بتقديم توصيات مبنية على تحليل النتائج لتعزيز مستوى الوعي.

ومن خلال دراسة الشمري (2015) تم استعراض واقع حماية الفضاء الإلكتروني في المملكة العربية السعودية. بالإضافة إلى توضيح بمخاطر الفضاء الإلكتروني على سيادة المملكة العربية السعودية، والوقوف على طبيعة وعي المسؤولين عن أمن المعلومات بالمملكة من مخاطر الفضاء الإلكتروني. دراسة (Hu *et al.* 2012) استنتجت أن مشاركة الإدارة العليا في مبادرات أمن المعلومات لها تأثير قوي على العاملين بتوجه نحو الالتزام بالسياسات الخاصة بأمن المعلومات.

وتمحور اهتمام دراسة طاش (2015) على واقع أمن المعلومات في هيئة التحقيق والادعاء العام بالمقر الرئيس في المملكة العربية السعودية. ولخصت الدراسة نتائجها بأن إجراءات سياسات أمن المعلومات، والأمن المعلوماتي للموارد البشرية في المقر الرئيس هيئة التحقيق والادعاء العام بالرياض مرتفعة التطبيق. أما إجراءات تقنيات الأمن المعلوماتي، وتنظيم الأمن المعلوماتي، وبيئة الأمن المعلوماتي في المقر الرئيس بالهيئة فأنها متوسطة التطبيق. وأوصت الدراسة بمجموع من التوصيات لإنشاء إدارة ذات هيكل إداري وتنظيمي لأمن المعلومات داخل الهيئة، بالإضافة إلى تدريب وتأهيل الكوادر الوطنية في إدارة أمن المعلومات. كما أوصت بتحديد المخاطر وتقييم الثغرات الأمنية التي يمكن أن تهدد أمن المعلومات داخل الهيئة. وأخيراً أوصت بتوعية العاملين بأمن المعلومات.

دراسة الشهري (2019) عرفت طبيعة الجرائم الإلكترونية وأسبابها، ووضحت المهددات والمخاطر التي تعترض الأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية للوصول إلى رؤية استراتيجية تحد من الجرائم الإلكترونية وتعزز الأمن السيبراني. واستنتجت الدراسة بأن التقنيات الحديثة والإنترنت أدت لانتشار الجرائم الإلكترونية، وأن انتهاك السياسات الأمن السيبراني يمثل أهم التهديدات والمخاطر التي تواجه الفضاء السيبراني للمملكة.

دراسة (Amanullah and Khan 2019) ذكرت أن الموقع الاستراتيجي للمملكة العربية السعودية في المنطقة يجعل من البنية التحتية للتقنية والمعلومات والاتصالات في القطاعين العام والخاص مهددة باستمرار للحوادث السيبرانية، مما يؤثر على الإستقرار الاقتصادي والسياسي. كما قدمت هذه الدراسة لمحة شاملة عن رحلة المملكة في مجال الأمن السيبراني والمؤشرات التقنية المختلفة مثل الاختراقات التقنية، والقدرات السيبرانية، والحوادث السيبرانية، والاستثمارات والمبادرات الناتجة عن أبحاث الأمن السيبراني. وأخيراً، اختتمت الدراسة بإطار عمل للأمن السيبراني للمملكة، ووصت بزيادة القدرات السيبرانية الحالية من أجل إقتصاد أمن رقمياً.

وقام العويمر (2018) بالوقوف على واقع إدارة المخاطر بمركز المعلومات الوطني، وأظهرت نتائج الدراسة وجود إدارة متخصصة لإدارة المخاطر

الكلية للاستبانة فإنها تراوحت بين (0.884) و (0.969) وذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha = 0.01$)، مما يعني وجود درجة مرتفعة من صدق الاستبانة.

10.3. ثبات الأداة:

يقصد بثبات الاستبانة: أي أنها تُعطي نفس النتيجة عند توزيعها على عينة الدراسة أكثر من مرة في فترات زمنية معينة. ولقياس ثبات أداة الدراسة تم استخراج معامل الثبات باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach Alpha)، ليتضح بأن قيم معامل الثبات لمجاور الدراسة تتراوح بين (0.689) و (0.888)، وبلغت قيمة معامل كرونباخ ألفا للأربعة مجاور (0.814)، حيث بلغت قيمة معامل كرونباخ ألفا للأربعة مجاور أكبر من (0.60) وهو الحد الأدنى الموصى بها من قبل الإحصائيين (Sekaran and Bougie, 2006)، ليتضح مما سبق صدق وثبات أداة الدراسة.

11. المعالجة الإحصائية للبيانات

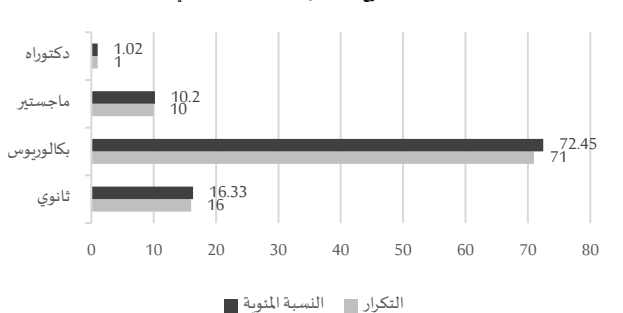
وفقاً للاستجابات التي تم الحصول عليها من أفراد عينة الدراسة البالغ عددهم (98) فرداً، فإن قياس الاستجابات على عبارات الاستبانة، تم باستخدام مقياس ليكرت الخماسي، حيث تم حساب المدى (مدى الدرجة)، وذلك بطرح الوزن الأدنى من الوزن الأعلى للمقياس (4=1-5)، ومن ثم تقسيمه على الوزن الأعلى للمقياس (0.8=5÷4). وبعد ذلك، يُضاف ناتج القسم إلى أدنى وزن في المقياس ليصبح طول الدرجات كما هو موضح في الجدول رقم (1):

التقدير اللفظي لدرجة الموافقة	التقدير الكمي (الوزن)	من	إلى	النسبة المئوية (نسبة الموافقة)
أوافق بشدة (مرتفعة جداً)	5	4.21	5	84.2%-100%
أوافق (مرتفعة)	4	3.41	4.20	68.2%-84%
محايد (متوسطة)	3	2.61	3.40	52.2%-68%
لا أوافق (منخفضة)	2	1.81	2.60	36.2%-52%
لا أوافق بشدة (منخفضة جداً)	1	1	1.80	3.6%-36%

وحري بنا أن نشير هنا إلى أنه يتم حساب المتوسطات الحسابية على مقياس ليكرت والانحرافات المعيارية والنسبة المئوية لاستجابات أفراد عينة الدراسة حول درجة الموافقة لكل بُعد من أبعاد الدراسة.

وحيث أن هذه الدراسة تم إجراؤها على نوعية معينة من موظفي تقنية المعلومات، فإن خصائصهم تتحدد من خلال شكل رقم (1) الذي يكشف عن أن نحو (72.45%) من عينة الدراسة يحملون درجة البكالوريوس في التخصص، وهم يمثلون أعلى الاستجابات، بينما يأتي في المرتبة الثانية من يحملون شهادة الثانوية (16.33%)، ويأتي في المرتبة الثالثة من يحملون شهادة الماجستير (10.2%)، بينما يحتل المرتبة الأخيرة من يحملون شهادة الدكتوراه (1.02%).

شكل (1): توزيع عينة الدراسة حسب المؤهل العلمي



وإذا ما أردنا الوقوف على طبيعة سنوات الخبرة في مجال تقنية المعلومات، لارتباطها بعملية تطبيق قواعد ومعايير الأمن السيبراني، يتضح من شكل رقم (2) أن خبرات عينة الدراسة في إطار تقنية المعلومات قد تنوعت بتنوع سنوات الخبرة، فنجد أن من هم من عشر سنوات إلى أقل من خمس عشر سنة قد سجلوا نسبة (34.69%)، ثم يليها نسبة (25.51%) وكانت من نصيب الذي

- المتبعة لإدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية والبالغ عددها 10 عبارات.
- البُعد التفاعلي: وتشمل العبارات الخاصة بتعامل (بتفاعل) إدارة الأمن السيبراني مع التهديدات والمخاطر السيبرانية والبالغ عددها 10 عبارات.
- البُعد الاستراتيجي: ويحتوي على العبارات الخاصة بالتحديات المستقبلية (الاستراتيجية) لإدارة الأمن السيبراني والبالغ عددها 10 عبارات.

9. مجتمع وعينة الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من جميع إدارات تقنية المعلومات في الجهات الحكومية في المملكة العربية السعودية، ونظراً لأن مجتمع الدراسة موزعين على جميع مناطق المملكة العربية السعودية، لذا تم الاعتماد على أسلوب المعاينة العشوائية البسيطة ليتسنى الحصول على العينة الأكثر تمثيلاً لهذا المجتمع، حيث قام الباحث بتوزيع استمارة الدراسة إلكترونياً على مجموعة من موظفي تقنية المعلومات ممن يعملون في جهات حكومية مختلفة موزعة على جميع مناطق المملكة، والذين تلقوا التدريب في بعض البرامج التدريبية التقنية في معهد الإدارة العامة⁽⁴⁾ خلال الفترة من أكتوبر 2018 إلى يناير 2019، إذ وفد إليه نحو (120) استمارة منها (98) استمارة مكتملة تمثل عينة الدراسة.

10. صدق وثبات أداة الدراسة

تم قياس صدق وثبات أداة الدراسة على النحو التالي:

10.1. الصدق الظاهري:

تعتبر الاستبانة الأداة الرئيسة لهذه الدراسة والتي تتكون من أربعة مجاور، حيث يشمل كل محور على 10 عبارات. وللتحقق من صدق الاستبانة عُرضت بعد صياغتها الأولية على مجموعة من المحكمين في مجال البحوث وتقنية المعلومات من منسوبي معهد الإدارة العامة؛ لمعرفة مراثيهم حيال عبارات الاستبانة ومعرفة مدى صحة عباراتها لغوياً. وبناءً على ملاحظاتهم تم إعادة صياغة بعض العبارات.

10.2. صدق البناء:

بعد التأكد من الصدق الظاهري للاستبانة قام الباحث بحساب معاملات الارتباط بيرسون (Pearson) لمعرفة الصدق الداخلي للاستبانة من حيث مدى اتساق درجة كل عبارة من عبارات الاستبانة مع الدرجة الكلية للبُعد التي تنتمي إليه هذه العبارة.

وحيث أننا أخضعنا عبارات أداة الدراسة للقياس، حيث تبين عن معاملات الارتباط بين درجة كل عبارة من عبارات البُعد الأول (البُعد الإداري) والدرجة الكلية للبُعد موجبة حيث تراوحت بين (0.624) و (0.920) وذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01) وبذلك يعتبر البُعد الإداري صادق لما وضع لقياسه.

ولتبيان معامل الارتباط بين كل عبارة من عبارات أداة الدراسة وفق بُعدها الأمني الذي تنتمي إليه العبارة، تبين أن معاملات الارتباط موجبة حيث تراوحت بين (0.650) و (0.909) وذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01) وبذلك يعتبر البُعد الأمني صادق لما وضع لقياسه.

وللوقوف على درجة كل عبارة من عبارات البُعد التفاعلي (البُعد الثالث) تبين أن معاملات الارتباط موجبة حيث تراوحت بين (0.834) و (0.960) وذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01) وبذلك يعتبر البُعد التفاعلي صادق لما وضع لقياسه.

ولتوضيح معامل الارتباط بين كل عبارة من عبارات البُعد الرابع (البُعد الاستراتيجي) والدرجة الكلية للبُعد، فإنه تبين أن معاملات الارتباط موجبة حيث تراوحت بين (0.867) و (0.969) وذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01) وبذلك يعتبر البُعد الاستراتيجي صادق لما وضع لقياسه.

ما إذا أردنا أن نقف على قيم معاملات الارتباط لأبعاد الاستبانة مع الدرجة

⁴ يشترط معهد الإدارة العامة للقبول على هذه البرامج أن يكون الموظف متخصص في تقنية المعلومات وممارس لهذا التخصص بما لا يقل عن سنة.

اسم المستخدم وكلمة المرور"، ويعزو الباحث ذلك إلى كونها إحدى العناصر المهمة في أنظمة التحكم بالوصول. بينما جاءت أقل نسبة بمقدار (67.14%) لعبارة "لا يُسمح للأجهزة الشخصية الخاصة بالعاملين بالارتباط بشبكة الجهة الحكومية"، ويعزو الباحث ذلك إلى تطبيق الإدارة لضوابط الأمن السيبراني الخاصة بأمن الأجهزة الشخصية من أجل عدم تشكيل نقطة ضعف في الشبكة قد تُستغل من القرصنة بنشاط غير شرعي مسببة خطر سيبراني.

جدول (3): درجة الموافقة للبُعد الأمني حسب استجابات عينة الدراسة

م	عبارات التقنيات أو الأساليب الأمنية المتبعة لإدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية (البُعد الأمني)	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة المئوية (نسبة الموافقة)	درجة الموافقة	ترتيب العبارة
1	توجد لدى الجهة الحكومية أنظمة وتطبيقات إلكترونية من مصادر مرخصة (على سبيل المثال: أنظمة مكافحة الفيروسات)	4.20	1.04	84.08	مرتفعة	2
2	يتم فحص نقرات الشبكات والأنظمة والتطبيقات الإلكترونية الممنوعة ضمن المخاطر السيبرانية وتعالج فوراً إن وجدت	3.98	1.10	79.59	مرتفعة	5
3	تحدث حزم الأنظمة والتطبيقات الإلكترونية دورياً	3.92	1.09	78.37	مرتفعة	6
4	تستخدم تقنيات البريد الإلكتروني في تحليل وتصفية رسائل البريد الإلكتروني خصوصاً الرسائل مجهولة المصدر	3.90	1.20	77.96	مرتفعة	7
5	يتم عمل نسخ احتياطية للبيانات بشكل دوري	4.03	1.07	80.61	مرتفعة	8
6	تطبق متطلبات الأمن السيبراني لحماية صفحات الموقع الإلكتروني للجهة الحكومية (على سبيل المثال: استخدام بروتوكولات آمنة مثل بروتوكول https)	4.08	0.94	81.63	مرتفعة	3
7	توفر إدارة الأمن السيبراني الاحتياجات اللازمة لحماية الأصول المعلوماتية والتقنية من الفقد والسرقة والتخريب	3.78	1.13	75.51	مرتفعة	8
8	يتم حماية أجهزة الحاسب الآلي من خلال التحقق من هوية المستخدم (على سبيل المثال: استخدام اسم المستخدم وكلمة المرور)	4.27	1.01	85.31	مرتفعة جداً	1
9	يتم تغيير كلمات المرور للعاملين في الجهة الحكومية دورياً (على سبيل المثال: طلب تغيير كلمة المرور كل 90 أو 180 يوم)	3.69	1.30	73.88	مرتفعة	9
10	لا يسمح للأجهزة الشخصية الخاصة بالعاملين بالارتباط بشبكة الجهة الحكومية إجمالاً البُعد الأمني	3.36	1.47	67.14	متوسطة	10
		3.92	1.14	78.41	مرتفعة	

12.3. بشأن البُعد التفاعلي (التساؤل الثالث للدراسة):

لتبيان مدى تعامل (تفاعل) إدارة الأمن السيبراني مع التهديدات والمخاطر السيبرانية حسب استجابات عينة الدراسة، فإنه من خلال الجدول رقم (4) (البُعد التفاعلي) جاء درجة الموافقة مرتفعة وذلك بمتوسط حسابي مقداره (3.48) وانحراف معياري مقداره (1.25) ونسبة موافقة مقدارها (69.61%). وجاءت أعلى نسبة بمقدار (73.06%) لعبارة "تستفيد إدارة الأمن السيبراني من المخاطر السيبرانية السابقة لتجنب الوقوع فيها مرة أخرى"، ويعزو الباحث ذلك إلى تعرف الإدارة على الثغرات الأمنية المسببة للخطر ومعالجتها لمنع تكرارها واعتبارها كدروس مستفادة. بينما جاءت أقل نسبة بمقدار (65.31%) لعبارة "تُنفذ إدارة الأمن السيبراني تجارب عملية تحاكي وقوع خطر سيبراني"، ويعزو الباحث ذلك إلى عدم وضع خطة استراتيجية لبعض إدارة الأمن السيبراني من أجل اكتشاف نقاط الضعف الأمنية الغير معروفة والتي قد تؤدي إلى تهديدات ومخاطر سيبرانية.

جدول (4): درجة الموافقة للبُعد التفاعلي حسب استجابات عينة الدراسة

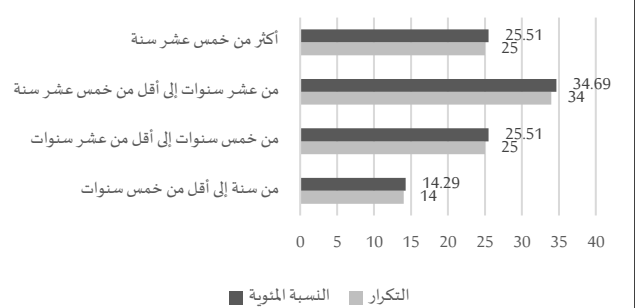
م	عبارات تعامل إدارة الأمن السيبراني مع التهديدات والمخاطر السيبرانية (البُعد التفاعلي)	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة المئوية (نسبة الموافقة)	درجة الموافقة	ترتيب العبارة
1	تمتلك إدارة الأمن السيبراني الخبرة الكافية في إدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية	3.54	1.28	70.82	مرتفعة	3
2	تمتلك إدارة الأمن السيبراني المبرارة المناسبة في تحليل التهديدات والمخاطر السيبرانية ومعرفة سبب نشوئها	3.49	1.23	69.8	مرتفعة	4
3	تعمل إدارة الأمن السيبراني على استثمار جميع الإمكانيات المادية والبشرية لإدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية	3.44	1.24	68.78	مرتفعة	8
4	تمتلك إدارة الأمن السيبراني القدرة على التكيف مع الخطر السيبراني المفاجئ	3.46	1.24	69.18	مرتفعة	7
5	توجد لدى إدارة الأمن السيبراني خطة لتوزيع المهام على العاملين أثناء الخطر السيبراني	3.40	1.25	67.96	متوسطة	9
6	تعتمد إدارة الأمن السيبراني على الحلول الحديثة في التعامل مع التهديدات والمخاطر السيبرانية	3.47	1.22	69.39	مرتفعة	5
7	يتم إدارة الأمن السيبراني بالتنبؤ بالتهديدات والمخاطر السيبرانية وتضع برامج للتعامل معها	3.47	1.27	69.39	مرتفعة	6
8	تُنفذ إدارة الأمن السيبراني تجارب عملية تحاكي وقوع خطر سيبراني	3.27	1.33	65.31	متوسطة	10
9	تقوم إدارة الأمن السيبراني بتوعية العاملين بالتهديدات والمخاطر السيبرانية دورياً	3.62	1.26	72.45	مرتفعة	2
10	تستفيد إدارة الأمن السيبراني من المخاطر السيبرانية السابقة لتجنب الوقوع فيها مرة أخرى	3.65	1.16	73.06	مرتفعة	1
	إجمالي البُعد التفاعلي	3.48	1.25	69.61	مرتفعة	

12.4. بخصوص البُعد الاستراتيجي (التساؤل الرابع للدراسة):

في ضوء ارتباط البُعد الاستراتيجي بالتحديات المستقبلية لإدارة الأمن السيبراني فإنه من خلال الجدول رقم (5) يتضح أن البُعد الاستراتيجي حظي

يحظون بخبرات من خمس سنوات إلى أقل من عشر سنوات وكذلك نفس النسبة من نصيب الذين يحظون بخبرات أكثر من خمس عشر سنة، بينما يأتي في المرتبة الأخيرة من سنة إلى أقل من خمس سنوات بحوالي (14.29%).

شكل (2): توزيع عينة الدراسة حسب سنوات الخبرة



12. تحليل نتائج الدراسة

إذا كنا قد أشرنا في إطار منهج الدراسة عن الأبعاد الرئيسية التي تضمنتها الاستبانة الإلكترونية، فإنه من خلال تحليلها، يمكننا الإشارة إلى ما يلي:

12.1. فيما يرتبط بالبُعد الإداري (التساؤل الأول للدراسة):

لوقوف على طبيعة البُعد الإداري في إطار تفاعلات عينة الدراسة معه فإنه يتضح من الجدول رقم (2) أن إدارة الأمن السيبراني (البُعد الإداري) جاء بدرجة موافقة مرتفعة وذلك بمتوسط حسابي مقداره (3.52) وانحراف معياري مقداره (1.36) ونسبة موافقة مقدارها (70.39%). وجاءت أعلى نسبة بمقدار (80.62%) لعبارة "المكان المخصص لأجهزة ربط الشبكة (غرفة الخوادم) مؤمن ولا يُسمح لغير المختصين بالوصول إليه"، ويعزو الباحث ذلك إلى الإجراء الإداري الذي تتبناه إدارة الأمن السيبراني في الجهات الحكومية لحماية الأصول المعلوماتية (غرفة الخوادم) لتحقيق إحدى أهم عناصر الأمن والمذكورة سابقاً ألا وهو السرية.

بينما جاءت أقل نسبة بمقدار (65.15%) لعبارة "توجد لجنة إشرافية متخصصة بالجهة الحكومية لمتابعة كل ما يتعلق بالأمن السيبراني"، ويعزو الباحث ذلك إلى حداثة تطبيق الأمن السيبراني في الجهات الحكومية.

جدول (2): درجة الموافقة للبُعد الإداري حسب استجابات عينة الدراسة

م	عبارات إدارة الأمن السيبراني (البُعد الإداري)	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة المئوية (نسبة الموافقة)	درجة الموافقة	ترتيب العبارة
1	توجد لدى الجهة إدارة مستقلة للأمن السيبراني	3.52	1.47	70.31	مرتفعة	5
2	يحظى القادة المعنويون بالأمن السيبراني بكفاءة عالية في الأمن السيبراني	3.47	1.34	69.48	مرتفعة	6
3	يتمتع العاملون بإدارة الأمن السيبراني بمهارات وكفاءات عالية في مجال الأمن السيبراني	3.42	1.31	68.45	مرتفعة	7
4	يتدرب العاملون بإدارة الأمن السيبراني على المهارات الأساسية اللازمة لرفع مستوى الكفاءة	3.54	1.40	70.72	مرتفعة	3
5	توجد لدى إدارة الأمن السيبراني هيكل تنظيمي معتمد	3.33	1.48	66.60	متوسطة	9
6	توجد لدى إدارة الأمن السيبراني سياسات وإجراءات للأمن السيبراني	3.53	1.36	70.52	مرتفعة	4
7	تحدد الأدوار والمسؤوليات لجميع العاملين بإدارة الأمن السيبراني	3.34	1.40	66.80	متوسطة	8
8	توجد لجنة إشرافية متخصصة بالجهة الحكومية لمتابعة كل ما يتعلق بالأمن السيبراني	3.26	1.45	65.15	متوسطة	10
9	تطبق معايير الأمن السيبراني المعترف بها محلياً ودولياً داخل الجهة الحكومية (على سبيل المثال: المعايير الأمنية لجدار الحماية)	3.76	1.27	75.26	مرتفعة	2
10	المكان المخصص لأجهزة ربط الشبكة (غرفة الخوادم) مؤمن ولا يُسمح لغير المختصين بالوصول إليه	4.03	1.15	80.62	مرتفعة	1
	إجمالي البُعد الإداري	3.52	1.36	70.39	مرتفعة	

12.2. فيما يتصل بالبُعد الأمني (التساؤل الثاني للدراسة):

من خلال عينة الدراسة، فإنه يتضح من الجدول رقم (3) أن التقنيات أو الأساليب الأمنية المتبعة لإدارة التهديدات والمخاطر السيبرانية (البُعد الأمني) جاء بدرجة موافقة مرتفعة وذلك بمتوسط حسابي مقداره (3.92) وانحراف معياري مقداره (1.14) ونسبة موافقة مقدارها (78.41%). وجاءت أعلى نسبة بمقدار (85.31%) لعبارة "يتم حماية أجهزة الحاسب الآلي من خلال التحقق من هوية المستخدم (على سبيل المثال: استخدام

وانحراف معياري بمقدار بالقيمة (1.31) ونسبة موافقة مقدارها (68.84%)، وهذا يعني أن إدارات الأمن السيبراني في الجهات الحكومية تهتم بالجانب الاستراتيجي بدرجة مرتفعة.

ثانياً: فيما يرتبط بالنتائج العامة، فقد توصل الباحث إلى النتائج التالية:

- وفق استجابات عينة الدراسة إلى أن الواقع الفعلي للأمن السيبراني يتم تطبيقه في الجهات الحكومية بدرجة مرتفعة من وجهة نظر موظفي تقنية المعلومات في الجهات الحكومية في المملكة؛ وذلك بمتوسط عام مقدار بالقيمة (3.59)، وانحراف معياري بمقدار بالقيمة (1.27) ونسبة موافقة مقدارها (71.81%)؛ مما يدل على إدراك إدارات الأمن السيبراني للتهديدات والمخاطر السيبرانية التي تواجه الجهات الحكومية في المملكة، إذ تراوحت المتوسطات الحسابية لأبعاد الدراسة بين (3.44) و (3.92) وجميعها بدرجة مرتفعة، وهذا ما يعكس التحسن الحاصل في وضعية المملكة العربية السعودية في الترتيب العالمي حسب مؤشر الرقم القياسي العالمي للأمن السيبراني الذي أصدره الاتحاد الدولي للاتصالات لعام 2018 (ITU, 2018) مقارنة بتقرير ذات الاتحاد لعام 2020 (ITU, 2020) حيث كشف تقرير عام 2018 عن احتلال المملكة المرتبة 13 عالمياً في مستوى التأهب لتهديدات ومخاطر الأمن السيبراني، بمؤشر قياس عالمي مقدارها (0.881). أما في تقرير عام 2020، احتلت المملكة المرتبة 2 عالمياً بمؤشر قياس عالمي مقدارها (0.9954) حسب التزامها بالمعايير التي يحددها مؤشر الرقم القياسي العالمي للأمن السيبراني والذي يهتم برصد خمسة محاور عند التقييم وهي التي تتمثل في المعايير التالية:
 - المعايير التشريعية.
 - المعايير التقنية.
 - المعايير التنظيمية.
 - بناء القدرات.
 - التعاون الدولي.

ذلك ما يعني إن جهود المملكة العربية السعودية في الأمن السيبراني ساهمت في ارتفاع مؤشر الرقم القياسي للأمن السيبراني لعام 2020 عن المؤشر لعام 2018، إذ تبوّأت المملكة العربية السعودية مكانة متقدمة على مستوى الترتيب العالمي في أمنها السيبراني.

- تحتل الجوانب الأمنية والإدارية الأولوية لدى إدارات الأمن السيبراني بهدف تطبيق أفضل التقنيات الأمنية في التصدي للجرائم السيبرانية، بالإضافة إلى تعزيز وتحسين أداء العمل الإداري وذلك بتطبيق المعايير الدولية والإقليمية والمحلية في مجال الأمن السيبراني.
- احتل البُعد الاستراتيجي المرتبة الأخيرة من أبعاد الدراسة.
- يصعب الوصول لفضاء سيبراني آمن بمستوى مرتفع جداً بين الجهات الحكومية، حيث تبقى مستويات الأمان متفاوتة، فأى جهة تعمل على تأمين ذاتها بشكل أكبر من التهديدات والمخاطر السيبرانية يرتفع مستوى الأمن السيبراني بشكل ملحوظ.

13. توصيات الدراسة

في ضوء تحقيق أهداف الدراسة وما نتج من تحليل لنتائج الدراسة نضع مجموعة من التوصيات كالتالي:

- تشكيل لجنة إشرافية متخصصة في مجال الأمن السيبراني بكل جهة حكومية لمتابعة تقييم إدارة الأمن السيبراني بضوابط الأمن السيبراني الصادرة من الهيئة الوطنية للأمن السيبراني.
- تحسين التعامل مع التهديدات والمخاطر السيبرانية من خلال تنفيذ تجارب عملية تحاكي وقوع خطر سيبراني، وذلك من أجل تقييم ومعرفة مدى جاهزية الأمن السيبراني في الجهة الحكومية.
- تأهيل موظفي الأمن السيبراني وتدريبهم بشكل دائم على التقنيات الحديثة في مجال الأمن السيبراني من أجل مراقبة الأصول المعلوماتية والتقنية وتحليل التهديدات والمخاطر السيبرانية والتصدي لها.
- ضرورة اهتمام إدارة الأمن السيبراني بالبُعد الاستراتيجي كأحد أبعاد الأمن السيبراني لتتواكب مع رؤية المملكة 2030، ومراقبة التقدم المحرز في تنفيذ الخطط الاستراتيجية.

بدرجة موافقة مرتفعة وذلك بمتوسط حسابي مقدارها (3.44) وانحراف معياري مقدارها (1.31) ونسبة موافقة مقدارها (68.84%) وجاءت أعلى نسبة بمقدار (71.84%) لعبارة "توفر إدارة الأمن السيبراني الأدوات التقنية الحديثة للمساعدة في حماية شبكة الجهة الحكومية (على سبيل المثال: استخدام الجيل الحديث من جدران الحماية NGFW)"، ويعزو الباحث ذلك إلى أن الواقع الحالي يفرض على إدارة الأمن السيبراني الاهتمام بالتقنيات الأمنية الحديثة التي تزيد من حماية الأصول المعلوماتية ضد التهديدات والمخاطر السيبرانية. بينما جاءت أقل نسبة بمقدار (66.53%) لعبارة "تصميم إدارة الأمن السيبراني خطة تدريب للعاملين في مجال الأمن السيبراني للحصول على الشهادات المهنية الاحترافية (على سبيل المثال: التحليل الجنائي في مجال الأمن السيبراني)"، ويعزو الباحث ذلك إلى عدم وجود خطة استراتيجية مستقبلية لبعض الجهات الحكومية في التطوير الاحترافي لمهارات موظفيها العاملين بالأمن السيبراني وهذا ما كان واضحاً في النسبة المنوية للعبارة الأولى من عبارات البُعد الاستراتيجي والمقدرة بالقيمة (67.35%).

جدول (5): درجة الموافقة للبُعد الاستراتيجي حسب استجابات عينة الدراسة

م	عبارات التحدّيات المستقبلية (الاستراتيجية لإدارة الأمن السيبراني (البُعد الاستراتيجي))	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة المئوية (نسبة الموافقة)	درجة الموافقة	ترتيب العبارة
1	توجد خطة استراتيجية لإدارة الأمن السيبراني واضحة ومكتوبة	3.37	1.34	67.35	متوسط	8
2	تمتلك إدارة الأمن السيبراني رؤية ورسالة استراتيجية تعمل على تحقيقها	3.43	1.32	68.57	مرتفعة	6
3	تتواءم الخطط الاستراتيجية لإدارة الأمن السيبراني مع رؤية المملكة 2030	3.52	1.37	70.41	مرتفعة	2
4	توجد بإدارة الأمن السيبراني كفاءات في التعامل مع التحدّيات المستقبلية	3.45	1.21	68.98	مرتفعة	5
5	تضع إدارة الأمن السيبراني بدائل استراتيجية للتعامل مع الأحداث المفجرة والطارئة	3.50	1.27	70	مرتفعة	3
6	توفر إدارة الأمن السيبراني الأدوات التقنية الحديثة للمساعدة في حماية شبكة الجهة الحكومية (على سبيل المثال: استخدام الجيل الحديث من جدران الحماية NGFW)	3.59	1.25	71.84	مرتفعة	1
7	تصمم إدارة الأمن السيبراني خطة تدريب للعاملين في مجال الأمن السيبراني للحصول على الشهادات المهنية الاحترافية (على سبيل المثال: التحليل الجنائي في مجال الأمن السيبراني)	3.33	1.38	66.53	متوسطة	10
8	توجد مقاييس لتقييم أداء ومستوى الأمن السيبراني من أجل إجراء تحسينات في المستقبل القريب	3.35	1.35	66.94	متوسطة	9
9	توجد خطة استجابة للحوادث الأمنية	3.41	1.28	68.20	مرتفعة	7
10	تقوم إدارة الأمن السيبراني بتحديث الخطط الاستراتيجية للتعامل مع التحدّيات السيبرانية دورياً	3.48	1.30	69.59	مرتفعة	4
	إجمالي البُعد الاستراتيجي	3.44	1.31	68.84	مرتفعة	

الجدول (6): المتوسطات والانحرافات المعيارية لتقديرات عينة الدراسة على درجة الموافقة لأبعاد الدراسة

أبعاد الدراسة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	النسبة المئوية (نسبة الموافقة)	درجة الموافقة	الترتيب
البُعد الإداري	3.52	1.36	70.39	مرتفعة	2
البُعد الفني	3.92	1.14	78.41	مرتفعة	1
البُعد التفاعلي	3.48	1.25	69.61	مرتفعة	3
البُعد الاستراتيجي	3.44	1.31	68.84	مرتفعة	4
المتوسط العام	3.59	1.27	71.81	مرتفعة	

وإذا ما أردنا الوقوف على موقف عينة الدراسة وتقديراتهم للأبعاد الخاصة المتضمنة في الاستبانة الإلكترونية، فإنه من خلال الجدول رقم (6) يتضح لنا ما يلي:

أولاً: فيما يرتبط بدرجة الموافقة على كل بُعد من أبعاد الدراسة فإننا يمكن أن نستدل على ما يلي:

- بشأن البُعد الإداري لإدارة الأمن السيبراني: فإن استجابات عينة الدراسة جاءت على مجمل عبارات هذا البُعد بدرجة موافقة مرتفعة بمتوسط حسابي بمقدار بالقيمة (3.52) وانحراف معياري بمقدار بالقيمة (1.36) ونسبة موافقة مقدارها (70.39%)، وهذا يعني أن إدارات الأمن السيبراني في الجهات الحكومية تهتم بالجانب الإداري بدرجة مرتفعة.
- وحول البُعد الأمني لإدارة الأمن السيبراني: فإن استجابات عينة الدراسة على مجمل عبارات يكشف عن درجة موافقة مرتفعة بمتوسط حسابي بمقدار بالقيمة (3.92) وانحراف معياري بمقدار بالقيمة (1.14) ونسبة موافقة مقدارها (78.41%)، وهذا يعني أن إدارات الأمن السيبراني في الجهات الحكومية تهتم بالجانب الأمني بدرجة مرتفعة.
- فيما يرتبط بالبُعد التفاعلي لإدارة الأمن السيبراني في مواجهة التهديدات والمخاطر السيبرانية: فإن استجابات عينة الدراسة توضح أن درجة الموافقة مرتفعة بمتوسط حسابي بمقدار بالقيمة (3.48) وانحراف معياري بمقدار بالقيمة (1.25) ونسبة موافقة مقدارها (69.61%)، وهذا يعني أن إدارات الأمن السيبراني في الجهات الحكومية تهتم بالجانب التفاعلي بدرجة مرتفعة.
- أما البُعد الاستراتيجي لإدارة الأمن السيبراني: فإن استجابات عينة الدراسة تبين أن درجة الموافقة مرتفعة بمتوسط حسابي بمقدار بالقيمة (3.44)

نبذة عن المؤلف

سامي سعد السميري

قسم برامج تقنية المعلومات، معهد الإدارة العامة، جدة، المملكة العربية السعودية،
semairis@ipa.edu.sa.00966503686862

د. السميري حاصل على درجة الدكتوراه من جامعة ميرلاند - مقاطعة بالتيمور بالولايات المتحدة الأمريكية، سعودي، أعمل حالياً أستاذ مساعد ورئيساً لقسم برامج تقنية المعلومات بمعهد الإدارة العامة بمنطقة مكة المكرمة في المملكة العربية السعودية، أعمالي البحثية باللغتين (العربية والإنجليزية)، مؤسس 5 تقنيات لحماية الشبكات اللاسلكية الاستشعارية (CoDa, HART, CMBA, ASRA and BAMT)، قمت بنشر الأبحاث في المؤتمرات العالمية (IEEE WCNC, IEEE IWCNC, IEEE GLOBECOM, and IEEE WiMob) والمجلة العالمية (Wiley). اهتماماتي البحثية في مجال أمن الشبكات والاتصالات (الأمن السيبراني).

المراجع

- الشمري، حامد قنيفذ. (2015). *رؤية إستراتيجية لحماية الفضاء الإلكتروني للمملكة العربية السعودية*. رسالة ماجستير، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، السعودية.
- الشهري، علي زايد. (2019). *رؤية إستراتيجية للحد من الجرائم الإلكترونية لتعزيز الأمن السيبراني في المملكة العربية السعودية*. رسالة دكتوراه، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، السعودية.
- العويمر، محمد حمد. (2018). *دور تقييم المخاطر في أمن المعلومات*. رسالة ماجستير، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، السعودية.
- كنعان، نواف سالم. (2005). *القيادة الإدارية*. عمان، الأردن: دار الثقافة والنشر والتوزيع.
- الهيئة الوطنية للأمن السيبراني. (2018). *الضوابط الأساسية للأمن السيبراني*. متوفر بموقع: <https://nca.gov.sa/files/ecc-ar.pdf> (تاريخ الاسترجاع: 2019/01/08).
- بانقا، علم الدين. (2019). *مخاطر الهجمات الإلكترونية (السيبرانية) وأثارها الاقتصادية: دراسة حالة دولة مجلس التعاون الخليجي*. الكويت: المعهد العربي للتخطيط.
- برنامج التعاملات الإلكترونية الحكومية (يسر). (2016). *الخطة التنفيذية الثانية للتعاملات الإلكترونية الحكومية*. متوفر بموقع: <https://www.yesser.gov.sa/for-government/digital-government-strategy-2012> (تاريخ الاسترجاع: 2019/01/23).
- طارش، أحمد علي. (2015). *رؤية إستراتيجية لتحقيق الأمن المعلوماتي في هيئة التحقيق والادعاء العام في المملكة العربية السعودية*. رسالة ماجستير، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، السعودية.
- كلارك، ريتشارد وكينيك، روبرت. (2011). *حماية الفضاء الإلكتروني في دول مجلس التعاون الخليجي العربية*. الإمارات العربية المتحدة: مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية.
- هيئة الاتصالات وتقنية المعلومات. (2018). *مؤشرات الأداء لقطاع الاتصالات وتقنية المعلومات*. متوفر بموقع: <https://www.citc.gov.sa/ar/indicators/Pages/ICTInd2018.aspx> (تاريخ الاسترجاع: 2019/04/27).
- Alowaimer, M.H. (2018). *Dawr Taqyim Almakhatir fi 'Amn Almaelumat* 'Role of Risk Assessment in Information Security'. Master's Dissertation, Naif Arab University for Security Sciences, Riyadh, Saudi Arabia. [in Arabic]
- Alshammari, H.Q. (2015). *Ruyat 'Istiratijiati Lihimayat Alfada' Al'iliktrunii Lilmlakat Alearabiat Alsaudia* 'A Strategic Vision to Protect the Cyberspace of the Kingdom of Saudi Arabia'. Master's Dissertation, Naif Arab University for Security Sciences, Riyadh, Saudi Arabia. [in Arabic]
- Alshehri, A.Z. (2019). *Ruyat Astiratijiati Lihadi min Aljarayim Al'iliktruniat Ltaeziz Al'amn Alsibiranii fi Almamlakat Alearabiat Alsaudia* 'A Strategic Vision to Minimize Cybercrimes and enhance Cybersecurity in the Kingdom of Saudi Arabia'. PhD Thesis, Naif Arab University for Security Sciences, Riyadh, Saudi Arabia. [in Arabic]
- Alzubaidi, A. (2021). Measuring the level of cyber-security awareness for cybercrime in Saudi Arabia. *Heliyon*, 7(1), e06016.
- Amanullah, Q. and Khan M.K. (2019). *Cybersecurity Challenges of the Kingdom of Saudi Arabia: Past, Present and Future*. Global Foundation for Cyber Studies and Research. Available at: <https://www.gfcyber.org/cybersecurity-challenges-of-the-ksa-past-present-and-future/> (accessed on 20/2/2020) [in English].
- Amoroso, E. (2006). *Cyber Security*. New Jersey: Silicon Press.
- Andress, J. (2014). *The Basics of Information Security - Understanding the Fundamentals of InfoSec in Theory and Practice*. 2nd edition. USA:
- Bannaga, A. (2019). *Makhatir Alhajamat Alalkitrunia (Alsiybiraniati) Watharuha Alaiqtisadiat: Dirasat Halat Dual Majlis Altaeawun Alkhaliji* 'The Risks of Cyber Attacks and Their Economic Impacts: The Case of the Gulf Cooperation Council Countries'. Kuwait: Arab Planning Institute. [in Arabic]
- Bauer, S., Bernroider, E.W.N. and Chudzikowski, K. (2017). Prevention is better than cure! Designing information security awareness programs to overcome users' non-compliance with information security policies in banks. *Computers and Security*, 68(n/a), 145–59.
- Clarke, R. and Knake, R. (2011). *Himayat Alfada' Al'iliktrunii fi Dual Majlis Altaeawun Alkhalij Alearabia* 'Securing the Gulf Cooperation Council in cyberspace'. The United Arab Emirates: The Emirates Center for Strategic Studies and Research [in Arabic]
- Communications and Information Technology Commission. (2018). *Muashirat Al'ada' Liqitae Alaitisalat Watiqniat Almaelumat* 'Performance Indicators for Communications and Information Technology Sector'. Available at: <https://www.citc.gov.sa/ar/indicators/Pages/ICTInd2018.aspx> (accessed on 27/04/2019) [in Arabic].
- e-Government Program (Yesser). (2016). *Alkhatat Altanfidihiat Althaaniat Litaemulat Al'iliktruniat Alhukumia* 'The Second Operational Plan for E-Government Transactions'. Available at: <https://www.yesser.gov.sa/for-government/digital-government-strategy-2012> (accessed on 23/01/2019) [in Arabic].
- Fayol, H. (1949). *General and Industrial Management*. London, UK: Pitman.
- Hathaway, M., Demchak C., Kerben, J., McArdle, J. and Spidaleri, F. (2015). *Cyber Readiness Index 2.0, A Plan for Cyber Readiness: A Baseline and an Index*. Potomac Institute for Policy Studies. Available at: <https://www.potomac institute.org/images/CRIndex2.0.pdf> (accessed on 16/01/2019).
- Herhalt, J. (2011). Cyber Crime – A Growing Challenge for Governments. *KPMG Issues Monitor*, 8(n/a), 1–24.
- Hu, Q., Dinev, T., Hart, P. and Cooke, D. (2012). Managing employee compliance with information security policies: The critical role of top management and organizational culture. *Decision Sciences*, 43(4), 615–59.
- International Telecommunication Union (ITU). (2018). *Global Cybersecurity Index (GCI) Report*. Available at: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2018-PDF-E.pdf (accessed on 09/03/2019) [in English].
- International Telecommunication Union (ITU). (2020). *Global Cybersecurity Index (GCI) Report*. Available at: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2021-PDF-E.pdf (accessed on 29/06/2021) [in English].
- Kanaan, N.S. (2005). *Alqiadat Al'iidaria* 'Administrative Leadership'. Amman, Jordan: Dar Althaqafa. [in Arabic]
- Mamonov, S. and Benbunan-Fich, R. (2018). The impact of information security threat awareness on privacy-protective behaviors. *Computers in Human Behavior*, 83(n/a), 32–44.
- Miranda, M.J. (2018). Enhancing cybersecurity awareness training: A comprehensive phishing exercise approach. *International Management Review*, 4(2), 5–10.
- Mylrea, M., Gouriseti, S.N.G. and Nicholls, A. (2017). An introduction to building cybersecurity framework. *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*. Honolulu, Hawaii, USA, 27/11-01-12/2017 [in English].
- National Cybersecurity Authority. (2018). *Aldawabit Al'asasat Lil'amn Alsibiranii* 'Essential Cybersecurity Controls'. Available at: <https://nca.gov.sa/files/ecc-ar.pdf> (accessed on 08/01/2019) [in Arabic].
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2011). *Managing Information Security Risk Organization, Mission, and Information System View*. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-39.pdf> (accessed on 13/01/2019).
- Northouse, P. (2010). *Leadership: Theory and Practice*. 5th edition. Thousand Oaks, California: SAGE.
- Tash, A.A. (2015). *Ruyat 'Istiratijiati Litahqiq Al'amn Almaelumatii fi Hayyat Tlathqiq Walaidia' Aleami fi Almamlakat Alearabiat Alsaudia* 'A Strategic Vision to Achieve Information Security in the Bureau of Investigation and Public Prosecution in the Kingdom of Saudi Arabia'. Master's Dissertation, Naif Arab University for Security Sciences, Riyadh, Saudi Arabia. [in Arabic]
- Taylor, F. (1911). *The Principles of Scientific Management*. New York, NY: Harper & Brothers.
- The White House. (2011). *International Strategy for Cyberspace*. Washington

- DC, USA. Available at: https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/rss_viewer/international_strategy_for_cyberspace.pdf (accessed on 21/11/2018) [in English].
- Rothrock R.A., Kaplan, J. and Van Der Oord, F. (2018). The board's role in managing cybersecurity risks. *MIT Sloan Management Review*, 59(2), 12–5.
- Rusi, T. and Lehto, M. (2017). Cyber threats mega trends in cyber space, In: *ICCWS- Proceedings of 12th the International Conference on Cyber Warfare and Security*. Academic Conferences International. Dayton, United States, 02-03/03/2017 [in English].
- Schatz, D., Bashroush, R. and Wall, J. (2017). Towards a more representative definition of cyber security. *Journal of Digital Forensics, Security and Law*, 12(2), 53–74.
- Sekaran, U. and Bougie, R. (2006). *Research Methods for Business A Skill-Building Approach*. 6th Edition. New York: Wiley.
- United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). (2013). *Comprehensive Study on Cybercrime*. Available at: https://www.unodc.org/documents/organized-crime/UNODC_CCPCJ_EG.4_2013/CYBERCRIME_STUDY_210213.pdf (accessed on 10/02/2019) [in English].



Potential for Using EGFR Expression in Rhabdomyosarcoma, Osteosarcoma and Ewing's Sarcoma: Clinicopathological and Prognostic Significance

Hassan Fouad Huwait¹, Hatim Qasim Almaghrabi^{2,3}, Mariana Fouad Gayyed⁴ and Hanan Mohamed Abd Elmoneim^{1,4}

¹Department of Pathology, Faculty of Medicine, Umm Al-Qura University, Makkah, Saudi Arabia

²Department of Pathology and Laboratory Medicine, King Abdulaziz Medical City, King Saud bin Abdulaziz University for Health Science, Jeddah, Saudi Arabia

³King Abdullah International Research Center, Jeddah, Saudi Arabia

⁴Department of Pathology, Faculty of Medicine, Minia University, Minia, Egypt



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/med/220003>

RECEIVED
19/01/2022

ACCEPTED
07/04/2022

PUBLISHED ONLINE
07/04/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
4277

NO. OF PAGES
5

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Sarcomas are a heterogeneous group of malignant tumors that arise from mesenchymal cells and can arise anywhere in the body, whether it is soft tissue or bone. Epidermal growth factor receptor (EGFR) expression in pediatric sarcomas is explored in the current study. A key feature of EGFRs is their general involvement in signal transduction and oncogenesis, making them one of the most studied receptor protein-tyrosine kinase families. The study included 104 archived formalin-fixed paraffin-embedded blocks assessed using immunohistochemical stains for EGFR expression in rhabdomyosarcoma, osteosarcoma, and Ewing's sarcoma. EGFR gene copy number was analyzed by dual silver in situ hybridization (DISH). EGFR was positively expressed in 56.7% of pediatric sarcoma. Immunostaining for EGFR was significantly associated with deep large tumors, stage, and histologic grade. Significantly, lower chances of overall survival were observed with elevated levels of EGFR five years post-diagnosis. EGFR staining identified independent risk factors for poor patient outcomes. The results of in situ hybridization did not indicate EGFR gene amplification in any of the cases assessed. EGFR overexpression was an independent predictor of pediatric sarcoma outcome, which is highly associated with histologic grade and stage. Results indicate EGFR inhibitors should be potentiated and directed against pediatric sarcoma.

KEYWORDS

EGFR, Ewing's sarcoma, osteosarcoma, rhabdomyosarcoma

CITATION

Huwait, H.F., Almaghrabi, H.Q., Gayyed, M.F. and Abd Elmoneim, H.M. (2022). Potential for using EGFR expression in rhabdomyosarcoma, osteosarcoma and Ewing's sarcoma: Clinicopathological and prognostic significance. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 75–9. DOI: 10.37575/b/med/220003

1. Introduction

Sarcomas are a heterogeneous group of malignant tumors that arise from mesenchymal cells and can arise anywhere in the body, whether it is soft tissue or bone. The data collected by the Saudi Cancer Registry concerning bone sarcoma shows lower incidence rates of pediatric sarcomas than those reported worldwide. It has been thought that factors contributing to this are underreporting by hospitals, a smaller population, and a failure to assess local risk factors (Aljuhani *et al.*, 2021). The prevalence of osteosarcoma, Ewing's sarcoma, and rhabdomyosarcoma in patients younger than 18 is a widespread problem in the Middle Eastern, North African, and West Asian regions (Steliarova-Foucher *et al.*, 2017; Basbous *et al.*, 2021).

In the data collected by the Saudi Cancer Registry, there were high mortality rates for rhabdomyosarcoma (RMS) and about 30% of patients died despite improving treatment outcomes. RMS comprises two main subtypes, embryonal rhabdomyosarcoma (ERMS) (approximately 60%) and alveolar rhabdomyosarcoma (ARMS) (approximately 20%). These two subtypes are similar in morphology but completely different in biological characters, and differentiated upon basis of histopathological, immunohistochemical (IHC) and molecular markers (Rudzinski *et al.*, 2021). An accurate diagnosis of RMS is made by evaluating not just morphology, but also by evaluating ancillary studies, including immunohistochemistry, to reflect the underlying nature of the tumor (Rudzinski *et al.*, 2021).

For bone sarcoma in children and adolescents, osteosarcoma (OS) is the most common of diagnosed cases. It has a bimodal incidence, being rare in children less than five years old, then increases its incidence with age with a peak of incidence during childhood, another peak during adolescence, and then it decreases its incidence again in adulthood (Yang *et al.*, 2021).

Ewing's Sarcoma (ES) has a strong pediatric predilection with high mortality and morbidity among children and young adults. It is a frustrating type of sarcoma with poor prognoses in bone and soft tissue. ES is the second most common type of malignant bone tumor in children and adolescents after osteosarcoma (Zöllner *et al.*, 2021).

A key feature of epidermal growth factor receptors (EGFRs) is their general

involvement in signal transduction and oncogenesis, making them one of the most studied receptor protein-tyrosine kinase families. The alteration of EGFRs during cancer progression demonstrates their role as an effective oncogenic driver. EGFRs are membrane-bound receptor tyrosine kinase proteins that are frequently overexpressed in many cancers (Roskoski, 2019). Cancer therapeutics have been developed in part by targeting EGFR's kinase activity, namely with small molecules that target the EGFR ATP binding pocket and monoclonal antibodies that target EGFR ligand binding domains (Roskoski, 2019; Thomas and Weihua, 2019; Kaufman *et al.*, 2021). EGFR proteins are highly expressed in soft tissue sarcoma; therefore, analysis of the activity of EGFR signaling in sarcoma is needed for the detection of predictive markers of patient outcome and survival, and to enhance future strategies of targeted therapy (Yang *et al.*, 2017). EGFR amplification is associated with constant membrane staining, however, IHC markers are not reliable predictors of treatment response, but they are important when performing silver-enhanced in situ hybridization analyses (SISH), that is, identifying tumor areas with highest EGFR gene copy number (GCN) (Ålgars *et al.*, 2011).

The main goal of this study is to reevaluate the prognostic and predictive relevance of EGFR relating to clinicopathological parameters and survival rates in pediatric sarcoma. Herein, the expression of EGFR is assessed by immunohistochemical staining in formalin-fixed paraffin-embedded blocks and gene amplification status from primary tumor or metastases for rhabdomyosarcoma, osteosarcoma, and Ewing's sarcoma.

2. Materials and Methods

2.1. Patients:

Archived formalin-fixed paraffin-embedded blocks were obtained from 104 patients with rhabdomyosarcoma, osteosarcoma, or Ewing's sarcoma. Patients were diagnosed and treated between December 2015 and January 2021. Blocks were retrieved from the pathology files of the National Guard Hospital in Jeddah, Saudi Arabia.

All archival blocks of patients admitted for first diagnosis, metastatic or

recurrent tumors were selected, but archival blocks belonging to patients with incomplete clinical data or missing follow-up data were excluded. Clinical records included age, gender, type of tumor, date of presentation of illness, history of clinical illness, tumor size, tumor localization, treatment regimen, and patients' response rate to treatments at the end of the study. Relevant clinical data reflecting aggressiveness of the disease or clinical and radiological data of the patients during treatment were evaluated during the follow-up period. Patients were categorized into three groups: complete remission, partial remission, or tumor progression. Two pathologists reviewed all Hematoxylin and Eosin (H&E) stained slides from all cases to determine the sarcomas' histological diagnoses and their subtypes according to the World Health Organization classification (Choi and Ro, 2021).

The study protocol was approved by the Institutional Review Board of the Umm Al-Qura University. Data follow-up began at diagnosis and the median follow-up was 60 months post-diagnosis. Overall survival is defined as the time to death post-diagnosis due to disease-related causes.

2.2. Immunohistochemical Analysis of EGFR:

Immunohistochemical (IHC) staining was conducted on formalin-fixed paraffin-embedded blocks. The paraffin-embedded material was cut into 4 μ m sections, dewaxed with xylene, and rehydrated with graded ethanol. The sections were then microwave-irradiated in EDTA buffer for antigen retrieval. After endogenous peroxidase inhibition, sections were subjected to the primary antibody overnight at 4°C, and then stained with a streptavidin-biotin-peroxidase kit. Finally, sections were immersed in 3,3'-diaminobenzidine, counterstained, and mounted. In accordance with the manufacturer's instructions contained with the EGFR detection system, immunohistochemical staining of the paraffin block sections for EGFR (EGFR pharm Dx kit, DakoCytomation, Glostrup, Denmark) was performed using the anti-EGFR monoclonal antibody, clone E30 diluted at 1/100. With each run, negative controls were also included without the primary antibody. Breast carcinomas were used as the positive controls for the anti-EGFR antibody.

In the IHC scoring process, tissue control slides were typically compared with scored slides and two pathologists oversaw the procedure; in addition, a highly circumscribed scoring system was used because of its ease of use. To grant validity to any conclusions based on EGFR staining, a modified score was used that incorporated the fact that EGFR is localized to the membrane and not the nucleus or cytoplasm. Scores were based on the intensity of staining combined with the distribution of the staining. The proper immunohistochemical score of a tumor was based on intensity: 0 = no staining; 1+ = weak staining; 2+ = moderate staining; 3+ = strong staining. The percentage of positive cells was also recorded to impart the diffuse or focal nature of positive cells: sporadic (positive cells < 10%); focal (11% < positive cells < 50%); diffuse (positive cells \geq 50%). Slides with immunohistochemical scores of 2+ and 3+ with focal to diffuse distribution were considered as positive for EGFR. The location of the EGFR-positive staining was noted as membranous and cytoplasmic (Sato *et al.*, 2005; Salgado *et al.*, 2020).

2.3. Dual Silver-Enhanced In Situ Hybridization (DISH):

On parallel sections of a thickness of 5 μ m, the EGFR gene was detected with the Ventana/Roche DNA Probe (EGFR gene) and the Chromosome 7 gene was detected with the Ventana/Roche oligonucleotide Probe (Chr-7 gene). DISH was performed by using the ultra-view SISH Detection Kit (Ventana/Roche). In the area of highest immunohistochemical reactivity from each tumor, Gene Copy Number (GCN) was measured, and Chr-7 numbers (the number of chromosome copies per cell) were counted. The EGFR gene (or centromere 7) was visualized as a single black dot in the nucleus after

the silver precipitation was deposited. On the EGFR SISH slides, 20 nuclei from three areas were counterstained, creating a total of 60 nuclei to be analyzed. The copy number ratio of EGFR:Chr-7 was also calculated, in addition to EGFR/Chr-7 averages. The presence of nuclei with a EGFR:Chr-7 ratio of >2 was considered an intensified sample of EGFR (Gaiser *et al.*, 2009).

2.4. Statistical Methods:

Data analysis was performed using Statistical Package for the Social Science (SPSS: An IBM Company, Version 21.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA). The chi-square test was used to evaluate the association between EGFR expression and clinicopathological variables. To estimate the rate ratios for possible factors associated with adverse events, a Cox proportional-hazards regression analysis with forward selection of variables was used. For evaluating the association between overexpression of EGFR and overall survival, Kaplan-Meier plots and log-rank tests were applied. *P* values ≤ 0.05 were regarded as significant.

3. Results

Clinical and pathological characteristics were compiled from medical records. Table 1 summarizes the clinical and pathological characteristics of the 104 patients in this study. At the time of analysis, all patients had a median follow-up period of 60 months (95% confidence interval). The study group included 38 cases of rhabdomyosarcoma, 35 cases of osteosarcoma and 31 cases of Ewing's sarcoma.

Table 1: Patients Characteristics

Clinicopathological Characteristics		No.	%
Histopathological type	Ewing's sarcoma	31	(29.8%)
	Osteosarcoma	35	(33.7%)
	Rhabdomyosarcoma	38	(36.5%)
Gender	Male	68	(65.4%)
	Female	36	(34.6%)
Age	0–10	34	(32.7%)
	10–19	70	(67.3%)
	Trunk	57	(54.8%)
Site	Extremities	47	(45.2%)
	≤ 5 cm	29	(27.9%)
Size	> 5 cm	75	(72.1%)
Depth	Superficial	41	(39.4%)
	Deep	63	(60.6%)
Grade	Grade 1	22	(21.2%)
	Grade 2	25	(24.0%)
	Grade 3	57	(54.8%)
Stage	Stage 1	24	(23.1%)
	Stage 2	27	(26.0%)
	Stage 3	53	(51.0%)
Vascular invasion	Absent	73	(70.2%)
	Present	31	(29.8%)
Metastasis	Absent	71	(68.3%)
	Present	33	(31.7%)
5 Year Survival	Survival	76	(73.1%)
	Death	28	(26.9%)
Recurrence	Absent	59	(56.7%)
	Present	45	(43.3%)
EGFR	Negative	45	(43.3%)
	Positive	59	(56.7%)

The age range was 0–19 years old showing a median age of 15 at the time of diagnosis, with a striking predominance of males (M:F = 17:9). The primary tumor location was axial in 57 cases (54.8%); the remaining 47 patients (45.2%) had tumors localized in the extremities. Seventy-one patients (68.3%) had the disease locally advanced at the time of diagnosis. The patient characteristics are shown in Table 1.

3.1. Relationships of EGFR Expressions with Clinicopathological Features:

Regarding EGFR-immunostaining, positive cytoplasmic and membranous expression was observed in 59 of 104 (56.7%) patients, which included 17 of 31 (89%) cases of Ewing's sarcoma, 22 of 38

(57.9%) cases of rhabdomyosarcoma and 20 of 35 (57.1%) cases of osteosarcomas. Representative examples of immunohistochemistry staining for EGFR can be seen in Figures 1–3.

Figure 1: Immunohistochemical pattern of EGFR expression in rhabdomyosarcoma showing strong membranous and diffuse staining. (Magnification X 400).

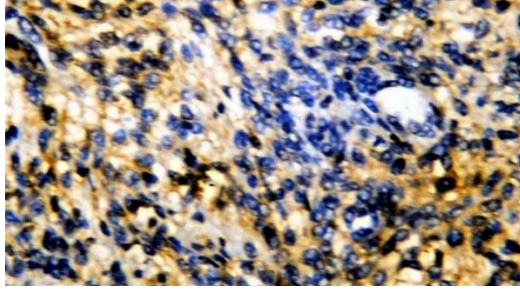


Figure 2: Immunohistochemical pattern of EGFR expression in osteosarcoma showing moderate membranous and diffuse staining. (Magnification X 400).

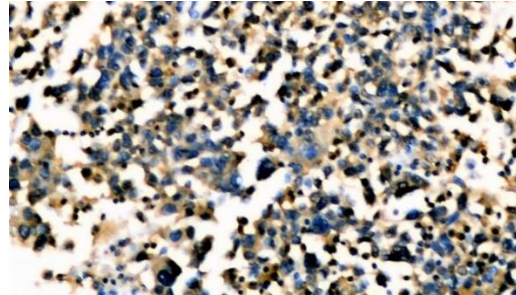
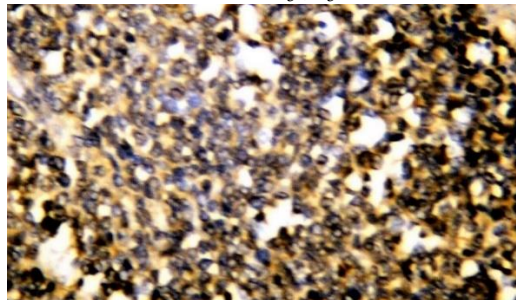


Figure 3: Immunohistochemical pattern of EGFR expression in Ewing's sarcoma showing moderate membranous and diffuse staining. (Magnification X 400).



There was a higher frequency of positive immunostaining for EGFR in deeper ($P < 0.001$) and larger tumors ($P = 0.002$). Overexpression of EGFR was significantly correlated with tumor stage and histological grade ($P < 0.001$). Age, gender, and anatomic location were not significantly associated with EGFR-positivity. In 104 patients, high levels of EGFR were significantly associated with a lower five-year survival rate. Correlation of the IHC expression of EGFR was performed with different clinicopathological features, as shown in Table 2.

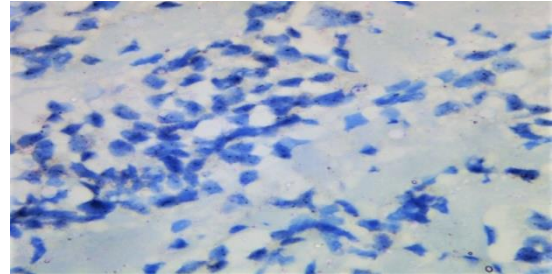
Table 2: Correlation between EGFR and different clinical and pathological factors of pediatric sarcoma

Clinicopathological Characteristics		EGFR		P value
		Negative	Positive	
Type	Ewing's sarcoma	14 (45.2%)	17 (54.8%)	0.966
	Osteosarcoma	15 (42.9%)	20 (57.1%)	
	Rhabdomyosarcoma	16 (42.1%)	22 (57.9%)	
Gender	Male	30 (44.1%)	38 (55.9%)	0.488
	Female	15 (41.7%)	21 (58.3%)	
Age	0–10	18 (52.9%)	16 (47.1%)	0.207
	10–19	27 (38.6%)	43 (61.4%)	
	Trunk	23 (40.4%)	34 (59.6%)	0.554
Site	Extremities	22 (46.8%)	25 (53.2%)	
	Deep	20 (69.0%)	9 (31.0%)	0.002
Size	≤ 5 cm	25 (33.3%)	50 (66.7%)	
	> 5 cm	31 (75.6%)	10 (24.4%)	0.000
Depth	Superficial	14 (22.2%)	49 (77.8%)	
	Deep	17 (77.3%)	5 (22.7%)	0.001
Grade	Grade 1	10 (40.0%)	15 (60.0%)	
	Grade 2	18 (31.6%)	39 (68.4%)	
	Grade 3	15 (62.5%)	9 (37.5%)	0.002
Stage	Stage 1	15 (55.6%)	12 (44.4%)	
	Stage 2	15 (28.3%)	38 (71.7%)	
	Stage 3	8 (25.8%)	23 (74.2%)	0.030
Vascular invasion	Absent	37 (50.7%)	36 (49.3%)	
	Present	8 (25.8%)	23 (74.2%)	0.010
Metastasis	Absent	37 (52.1%)	34 (47.9%)	

Recurrence	Present	8 (24.2%)	25 (75.8%)	0.000
	Absent	36 (61.0%)	23 (39.0%)	
5 Year Survival	Present	9 (20.0%)	36 (80.0%)	0.007
	Survival	39 (51.3%)	37 (48.7%)	
	Death	6 (21.4%)	22 (78.6%)	

In all 59 cases evaluated, there was no evidence of genomic amplification at either of the test loci, as no EGFR gene copy number signal ratio > 2 could be observed, as can be seen in Figure 4.

Figure 4: Dual-color SISH of the EGFR (black signal) and Chr 7 (red signal) in tissues with no EGFR amplification. (Magnification X 650)



3.2. Survival Analysis:

To examine whether several variables affected survival, univariate analyses showed that tumor stage, histologic grade, depth, metastases, recurrences, vascular invasion, and positive EGFR staining were significant predictors. Based on multivariate analyses, tumor stage, histologic grade, recurrence, and positive EGFR staining were independent risk factors for poor outcomes, as can be seen in Table 3.

Table 3: Univariable and multivariable analysis with respect to five-year disease-free survival in 104 cases of pediatric sarcoma

Clinicopathological Characteristics		Univariable cox model				Multivariable cox model			
		P Value	HR	(95% CI)		P Value	HR	(95% CI)	
Gender	Male	0.779	0.893	0.403	1.976				
	Female								
Age	0–10	0.190	1.776	0.752	4.194				
	10–19								
Site	Trunk	0.311	0.675	0.315	1.445				
	Extremities								
Size	≤ 5 cm	0.349	1.539	0.624	3.797				
	> 5 cm								
Depth	Superficial	0.004	5.926	1.788	19.646	0.087	6.772	0.760	60.360
	Deep								
Grade	Grade 1	0.094							
	Grade 2	0.564	1.611	0.319	8.130	0.013	2.166	1.181	3.973
	Grade 3	0.051	3.337	0.997	11.172				
Stage	Stage 1	0.003							
	Stage 2	0.317	2.384	0.436	13.046	0.022	2.475	1.141	5.369
	Stage 3	0.005	8.186	1.916	34.970				
Vascular invasion	Absent	0.000	4.478	2.106	9.523	0.507	1.733	0.342	8.778
	Present								
Metastasis	Absent	0.000	4.508	2.119	9.588	0.386	1.961	0.427	8.998
	Present								
Recurrence	Absent	0.000	0.151	0.061	0.376	0.033	3.217	1.098	9.429
	Present								
EGFR	Positive	0.012	3.194	1.289	7.914	0.070	2.438	0.929	6.398
	Negative								

4. Discussion

Rhabdomyosarcoma, Ewing's sarcoma and osteosarcoma account for 34.8% of all childhood cancers (Capasso *et al.*, 2020). Several pediatric sarcomas express the surface proteins with the epidermal growth factor receptor. Although surgical resection is performed and adjuvant therapy is started with early diagnosis of pediatric sarcomas, poor prognoses are expected, so targeted personalized therapies are needed without delay (Pilbeam *et al.*, 2017).

In the current study, high incidence of RMS, ES, and OS occurred during the periods of childhood and adolescence, at a median age of 15 and with male predominance. Rhabdomyosarcoma is most commonly found in male children, who display higher incidence of RMS than females based on the findings of El Demellawy *et al.* (2017). OS and ES also demonstrate these age-related sarcomas during adolescence. An enhanced pubertal growth period may play a role in vulnerability to pediatric sarcoma (Martin-Giacalone *et al.*, 2021).

In this study, there was significant overexpression of EGFR in 59 out of 104 (56.7%) tissue samples of different histologic types. This finding is supported by other studies, suggesting that soft tissue sarcomas are generally over-

expressed with EGFR (Yang *et al.*, 2017; Thomas and Weihua, 2019). Osteosarcoma cells exhibit EGFR-signaling, which could be used as a therapeutic target (Ji and He, 2019). Epidermal growth factor may interact with intracellular protein kinase pathways to enhance cell proliferation and survival and regulate senescence. High EGFR expression is coupled with high proliferation activity and invasion (Pilbeam *et al.*, 2017). In Ewing's sarcoma, inhibition of EGFR changed the cell cycle, prompting arrest in G1 and aggregation of the sub-G1 population. Eventually, polyploidy reduction and accumulation of senescent cells increased (Kersting *et al.*, 2018).

In the current investigation, there was a higher frequency of positive immunostaining for EGFR in deep and larger tumors. This is in contrast with other studies that have concluded that there is no association between EGFR expression and tumor size or site (Sato *et al.*, 2005; Kersting *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2006).

The overexpression of EGFR being significantly correlated with tumor stage and histological grade found in this study agrees with other studies that have concluded that EGFRs are significantly associated with higher histologic grade and clinical stage (Sato *et al.*, 2005; Kersting *et al.*, 2006). The expression of EGFRs and their associated downstream signal transducers was associated with sarcoma progression, suggesting that EGFR downstream signaling pathways may jointly support sarcoma cell survival (Yang *et al.*, 2017). Other authors have revealed the expression of EGFR in 78% of soft tissue sarcoma cases but in those studies the EGFR was not correlated significantly with histological grade and stage (Yang *et al.*, 2006; Teng *et al.*, 2011).

Herein, age, gender, and anatomic location were not significantly associated with EGFR-positivity. These results have also been observed in another report showing no correlation between EGFR expression and metastasis, age, gender, sarcoma histological classification, or anatomic location (Borgatti *et al.*, 2017).

In the present study, increased levels of EGFR were significantly associated with a decreased probability of overall survival at five years post-diagnosis. This suggests that cancer cells expressing the wild type of EGFR aren't dependent on kinase activity but are dependent upon its presence in order to survive, regardless of its tyrosine kinase activity (Thomas and Weihua, 2019). EGFR has historically been associated with poor outcomes in pediatric sarcoma patients treated with EGFR-targeting based on expression in RMS and ES cells (Oh *et al.*, 2018). Expression of the EGFR protein has no association with the tumor-specific patient survival, but low expression of the EGFR protein in conjunction with their RNA analyses were associated with poor patient survival of sarcoma (Rot *et al.*, 2018). The expression of EGFR by tumors typically means a more aggressive type of sarcoma (Braun *et al.*, 2018). Patient gender, location of the primary lesion, and an absence of invasion at diagnosis each had an independent favorable effect on patient survival (Jagodzińska-Mucha *et al.*, 2021). Seventy percent of patients with osteosarcomas and tumors that have spread locally to extremities can survive long-term (Kager *et al.*, 2017).

Based on the multivariate analyses, there were several independent predictors of poor outcomes, including tumor stage, histologic grade, recurrence, and presence of positive EGFR staining. Based on the current data, activated EGFR is an independent predictor for overall survival. In cancer cells, epidermal growth factor and related ligands bind to EGFR and phosphorylate tyrosine kinase residues result in the triggering of other signal transduction pathways. Cancer cells are dependent on mitochondrial metabolism for glucose generation due to their high energetic requirements. These enzymes act in conjunction with the growth factors MAPK, PI3K/Akt, and JAK/STAT, which block cell death (Wang *et al.*, 2020). Inactivation of signaling in several downstream EGFR pathways such as PI3K/AKT and JAK/STAT3 has also been incriminated in osteosarcoma progression and metastasis (Yang *et al.*, 2021).

Anti-EGFR therapies with improved specificity could be selected for patients based on the results of EGFR gene amplification and immunohistochemistry in the treatment of esophageal squamous cell carcinoma and gastric adenocarcinomas (Sunpaweravong *et al.*, 2005; Oyama *et al.*, 2015; Birkman *et al.*, 2016).

All sarcoma tumors in this study group were negative for EGFR amplification using DISH. In a similar study on rhabdomyosarcoma, some cases expressed the EGFR protein, but there was no evidence of chromosome amplification

(Ganti *et al.*, 2006). Although this data provides important biological insight, it does not completely rule out the possibility of using EGFR inhibitors with anti-tyrosine kinase activity to treat pediatric sarcoma. Despite the lack of mutations in the EGFR kinase domain in a subset of patients with recurrent malignant glioma, EGFR inhibitors were effective in some cases; PTEN loss and increased signaling through the PI3K-Akt-mTOR pathway were associated with such a response (Nadeem Abbas *et al.*, 2019). It has been recognized that an EGFR mutation is tied to tyrosine kinase inhibitors' reaction in cancer and this reaction is a crucial parameter for cancer patients harboring EGFR mutations (Shi *et al.*, 2018). Using immunohistochemistry, high levels of EGFR in soft tissue undifferentiated round cell sarcomas during infancy were detected, but not accompanied by EGFR amplification, suggesting that protein expression may not be augmented by gene copy number changes (Salgado *et al.*, 2020).

5. Conclusion

A high level of EGFR overexpression in pediatric sarcoma is a significant prognostic factor, independent of the histological grade and stage. The current data concluded a highly frequent EGFR expression and significant association with poor prognostic parameters in pediatric sarcoma. EGFR inhibitors are potential therapeutic agents that can be developed and directed at pediatric sarcomas displaying EGFR protein and gene expression.

Biographies

Hassan Fouad Huwait

Department of Pathology, Faculty of Medicine, Umm Al-Qura University, Makkah, Saudi Arabia, 00966505503134, hfuwait@uqu.edu.sa

Dr. Huwait is a Saudi assistant professor who received his Ph.D. in pathology from the University of British Columbia, Vancouver, Canada. He is a Fellow of the Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. He served as Chairman of the Pathology Department at Umm Al-Qura University. He is a surgical pathology consultant at Umm Al-Qura University and National Guard Hospital in Jeddah, Saudi Arabia. He is also an anatomical pathology consultant in the Department of Pathology at Security Force Hospital, Makkah, Saudi Arabia, and in the Department of Pathology at King Abdulaziz Medical City, Jeddah, Saudi Arabia. Hassan has published 21 ISI/Scopus-indexed scientific papers with special research interests in breast, bone, and soft tissue pathology, dermatopathology, and surgical pathology. ORCID: 0000-0002-0336-7639.

Hatim Qasim Almaghrabi

Department of Pathology and Laboratory Medicine, King Abdulaziz Medical City, King Saud bin Abdulaziz University for Health Science, Jeddah, Saudi Arabia
King Abdullah International Research Center, Jeddah, Saudi Arabia
00966565733999, maghrabyha@ngha.med.sa

Dr. Almaghrabi is a Saudi assistant professor who received his fellowship from the Royal College of Physicians and Surgeons of Canada and Canadian Board of Anatomical Pathology (FRCPC). He served as a lecturer of pathology at King Saud bin Abdulaziz University for Health Science, Jeddah, Saudi Arabia. He is a program director of the anatomical pathology residency program at King Abdulaziz Medical City, Jeddah. Hatim has published 22 ISI/Scopus-indexed scientific papers. Hatim has special interest in cytopathology, liver, and kidney surgical pathology. ORCID: 0000-0002-0074-2245.

Mariana Fouad Gayyed

Department of Pathology, Faculty of Medicine, Minia University, Minia, Egypt, 00201001143941, mariana.gaid@mu.edu.eg

Prof. Gayyed is an Egyptian Professor of Pathology in the Faculty of Medicine, Minia University, Minia, Egypt. Mariana received her M.D. in pathology from the Department of Pathology in the Faculty of Medicine at Minia University. She served as a lecturer in the Department of Pathology at the Faculty of Medicine, University of Minia. She is also a pathology consultant at the National Cancer Institute, Minia. Mariana has published 28 ISI/Scopus-indexed scientific papers with special research interests in breast pathology, gastrointestinal pathology, thyroid pathology, and molecular pathology. ORCID: 0000-0002-9455-2257.

Hanan Mohamed Abd Elmoneim

Department of Pathology, Faculty of Medicine, Umm Al-Qura University, Makkah, Saudi Arabia

Department of Pathology, Faculty of Medicine, Minia University, Minia, Egypt
00966594455902, hmnour@uqu.edu.sa

Prof. Abd Elmoneim is an Egyptian professor who received his Ph.D. in pathology from Glasgow Caledonian University, Scotland, United Kingdom. She served as lecturer and associate professor in the Department of Pathology in the Faculty of Medicine at the University of Minia, Egypt until 2011. In 2012, she was a professor of pathology and elected as head of the Department of Pathology in the Faculty of Medicine at Minia University. Currently, she is a professor of pathology in the Faculty of Medicine at Umm Al-Qura University, Makkah, Saudi Arabia and a pathology consultant at Umm Al-Qura University Medical Center. Hanan has published 35 ISI/Scopus-indexed scientific papers with special research interests in breast, urogenital, and molecular pathology. ORCID: 0000-0003-1715-5060.

References

- Ålgars, A., Lintunen, M., Carpen, O., Ristamäki, R. and Sundström, J. (2011). EGFR gene copy number assessment from areas with highest EGFR expression predicts response to anti-EGFR therapy in colorectal cancer. *Br J. Cancer*, **105**(2), 255–62.
- Aljuhani, W.S.A., Alanazi, A.M. and Alghafees, M.A. (2021). Primary bone sarcomas in KSA: A Saudi tumor registry review. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, **16**(1), 77–85.
- Basbous, M., Al-Jadiry, M., Belgaumi, A., Sultan, I., Al-Haddad, A., Jeha, S. and Saab, R. (2021). Childhood cancer care in the Middle East, North Africa, and West/Central Asia: A snapshot across five countries from the POEM network. *Cancer Epidemiol*, **71**(Pt B), 101727.
- Birkman, E.M., Ålgars, A., Lintunen, M., Ristamäki, R., Sundström, J. and Carpen, O. (2016). EGFR gene amplification is relatively common and associates with outcome in intestinal adenocarcinoma of the stomach, gastro-oesophageal junction and distal oesophagus. *BMC Cancer*, **16**(1), 406–6.
- Borgatti, A., Koopmeiners, J.S., Sarver, A.L., Winter, A.L., Stuebner, K., Todhunter, D., Rizzardi, A.E., Henriksen, J.C., Schmechel, S., Forster, C.L., Kim, J.-H., Froelich, J., Walz, J., Henson, M.S., Breen, M., Lindblad-Toh, K., Oh, F., Pilbeam, K., Modiano, J.F. and Valleria, D.A. (2017). Safe and effective sarcoma therapy through bispecific targeting of EGFR and uPAR. *Mol Cancer Ther*, **16**(5), 956–65.
- Braun, A.C., de Mello, C.A.L., Corassa, M., Abdallah, E.A., Urvanegia, A.C., Alves, V.S., Flores, B., Díaz, M., Nicolau, U.R., Silva, V.S.E., Calsavara, V., Paterlini-Brechot, P. and Chinen, L.T.D. (2018). EGFR expression in circulating tumor cells from high-grade metastatic soft tissue sarcomas. *Cancer Biol Ther*, **19**(6), 454–60.
- Capasso, M., Montella, A., Tirelli, M., Maiorino, T., Cantalupo, S. and Iolascon, A. (2020). Genetic predisposition to solid pediatric cancers. *Frontiers in Oncology*, **10**(n/a), 590033.
- Choi, J.H. and Ro, J.Y. (2021). The 2020 WHO classification of tumors of soft tissue: Selected changes and new entities. *Adv Anat Pathol*, **28**(1), 44–58.
- El Demellawy, D., McGowan-Jordan, J., de Nanassy, J., Chernetsova, E. and Nasr, A. (2017). Update on molecular findings in rhabdomyosarcoma. *Pathology*, **49**(3), 238–46.
- Gaiser, T., Waha, A., Moessler, F., Bruckner, T., Pietsch, T. and von Deimling, A. (2009). Comparison of automated silver enhanced in situ hybridization and fluorescence in situ hybridization for evaluation of epidermal growth factor receptor status in human glioblastomas. *Modern Pathology*, **22**(9), 1263–71.
- Ganti, R., Skapek, S.X., Zhang, J., Fuller, C.E., Wu, J., Billups, C.A., Breitfeld, P.P., Dalton, J.D., Meyer, W.H. and Khoury, J.D. (2006). Expression and genomic status of EGFR and ErbB-2 in alveolar and embryonal rhabdomyosarcoma. *Mod Pathol*, **19**(9), 1213–20.
- Jagodzińska-Mucha, P., Raciborska, A., Kosela-Paterczyk, H., Kozak, K., Bilska, K., Świątaj, T., Falkowski, S., Dawidowska, A., Rutkowski, P. and Ługowska, I. (2021). Age as a prognostic factor in patients with ewing sarcoma-The Polish sarcoma group experience. *Journal of Clinical Medicine*, **10**(16), 3627.
- Ji, X. L. and He, M. (2019). Sodium cantharidate targets STAT3 and abrogates EGFR inhibitor resistance in osteosarcoma. *Aging*, **11**(15), 5848–63.
- Kager, L., Tamamyan, G. and Bielack, S. (2017). Novel insights and therapeutic interventions for pediatric osteosarcoma. *Future Oncol*, **13**(4), 357–68.
- Kaufman, N.E.M., Dhinra, S., Jois, S.D. and Vicente, M.d.G.H. (2021). Molecular targeting of epidermal growth factor receptor (EGFR) and vascular endothelial growth factor receptor (VEGFR). *Molecules (Basel, Switzerland)*, **26**(4), 1076.
- Kersting, C., Packeisen, J., Leidinger, B., Brandt, B., von Wasielewski, R., Winkelmann, W., van Diest, P.J., Goshger, G. and Buerger, H. (2006). Pitfalls in immunohistochemical assessment of EGFR expression in soft tissue sarcomas. *J Clin Pathol*, **59**(6), 585–90.
- Kersting, N., Kunzler Souza, B., Araujo Vieira, I., Pereira Dos Santos, R., Brufatto Olguins, D., José Gregorian, L., Tesainer Brunetto, A., Lunardi Brunetto, A., Roesler, R., Brunetto de Farias, C. and Schwartzmann, G. (2018). Epidermal growth factor receptor regulation of ewing sarcoma cell function. *Oncology*, **94**(6), 383–93.
- Martin-Giacalone, B.A., Weinstein, P.A., Plon, S.E. and Lupo, P.J. (2021). Pediatric rhabdomyosarcoma: Epidemiology and genetic susceptibility. *Journal of Clinical Medicine*, **10**(9), 2028. doi: 10.3390/jcm10092028.
- Nadeem Abbas, M., Kausar, S., Wang, F., Zhao, Y. and Cui, H. (2019). Advances in targeting the epidermal growth factor receptor pathway by synthetic products and its regulation by epigenetic modulators as a therapy for glioblastoma. *Cells*, **8**(4), 350. DOI: 10.3390/cells8040350.
- Oh, F., Todhunter, D., Taras, E., Valleria, D.A. and Borgatti, A. (2018). Targeting EGFR and uPAR on human rhabdomyosarcoma, osteosarcoma, and ovarian adenocarcinoma with a bispecific ligand-directed toxin. *Clin Pharmacol*, **10**(n/a), 113–21.
- Oyama, T., Okamoto, K., Nakamura, R., Tajiri, R., Ikeda, H., Ninomiya, I. and Ooi, A. (2015). Overexpression and gene amplification of both ERBB2 and EGFR in an esophageal squamous cell carcinoma revealed by fluorescence in situ hybridization, multiplex ligation-dependent probe amplification and immunohistochemistry. *Pathology International*, **65**(11), 608–13.
- Pilbeam, K., Wang, H., Taras, E., Bergerson, R.J., Ettestad, B., DeFor, T., Borgatti, A., Valleria, D.A. and Verneris, M.R. (2017). Targeting pediatric sarcoma with a bispecific ligand immunotoxin targeting urokinase and epidermal growth factor receptors. *Oncotarget*, **9**(15), 11938–47.
- Roskoski, R., Jr. (2019). Small molecule inhibitors targeting the EGFR/ErbB family of protein-tyrosine kinases in human cancers. *Pharmacol Res*, **139**(n/a), 395–411.
- Rot, S., Taubert, H., Bache, M., Greither, T., Würfl, P., Holzhausen, H.-J., Eckert, A.W., Vordermark, D., and Kappler, M. (2018). Low HIF-1 α and low EGFR mRNA expression significantly associate with poor survival in soft tissue sarcoma patients; the proteins react differently. *Int J Mol Sci*, **19**(12), 3842.
- Rudzinski, E.R., Kelsey, A., Vokuhl, C., Linardic, C.M., Shipley, J., Hettemer, S., Koscielniak, E., Hawkins, D.S. and Bisogno, G. (2021). Pathology of childhood rhabdomyosarcoma: A consensus opinion document from the children's oncology group, European pediatric soft tissue sarcoma study group, and the cooperative weichteilsarkom studien-gruppe. *Pediatr Blood Cancer*, **68**(3), e28798.
- Salgado, C.M., Zin, A., Garrido, M., Kletska, I., DeVito, R., Reyes-Múgica, M., Bisogno, G., Donofrio, V. and Alaggio, R. (2020). Pediatric soft tissue tumors with BCOR ITD express EGFR but not OLIG2. *Pediatr Dev Pathol*, **23**(6), 424–30.
- Sato, O., Wada, T., Kawai, A., Yamaguchi, U., Makimoto, A., Kokai, Y., Yamashita, T., Chuman, H., Beppu, Y., Tani, Y. and Hasegawa, T. (2005). Expression of epidermal growth factor receptor, ERBB2 and KIT in adult soft tissue sarcomas: a clinicopathologic study of 281 cases. *Cancer*, **103**(9), 1881–90.
- Shi, Z., Chen, J., Guo, X., Cheng, L., Guo, X. and Yu, T. (2018). In silico identification of potent small molecule inhibitors targeting epidermal growth factor receptor 1. *J Cancer Res Ther*, **14**(1), 18–23.
- Steliarova-Foucher, E., Colombet, M., Ries, L.A.G., Moreno, F., Dolya, A., Bray, F., Hesselting, P., Shin, H.Y. and Stiller, C.A. (2017). International incidence of childhood cancer, 2001–10: a population-based registry study. *The Lancet. Oncology*, **18**(6), 719–31.
- Sunpaweravong, P., Sunpaweravong, S., Puttawibul, P., Mitarnun, W., Zeng, C., Barón, A.E., Franklin, W., Said, S. and Varella-Garcia, M. (2005). Epidermal growth factor receptor and cyclin D1 are independently amplified and overexpressed in esophageal squamous cell carcinoma. *J Cancer Res Clin Oncol*, **131**(2), 111–9.
- Teng, H.W., Wang, H.W., Chen, W.M., Chao, T.C., Hsieh, Y.Y., Hsieh, C.H., Tzeng, C.H., Chen, P.C. and Yen, C.C. (2011). Prevalence and prognostic influence of genomic changes of EGFR pathway markers in synovial sarcoma. *J Surg Oncol*, **103**(8), 773–81.
- Thomas, R. and Weihua, Z. (2019). Rethink of EGFR in cancer with its kinase independent function on board. *Frontiers in oncology*, **9**(n/a), 800.
- Wang, X., Yeo, R.X., Hogg, P.J., Goldstein, D., Crowe, P., Dilda, P.J. and Yang, J.-L. (2020). The synergistic inhibitory effect of combining therapies targeting EGFR and mitochondria in sarcomas. *Oncotarget*, **11**(1), 46–61.
- Yang, J.-L., Gupta, R.D., Goldstein, D. and Crowe, P.J. (2017). Significance of phosphorylated epidermal growth factor receptor and its signal transducers in human soft tissue sarcoma. *Int J Mol Sci*, **18**(6), 1159.
- Yang, J.L., Hannan, M.T., Russell, P.J. and Crowe, P.J. (2006). Expression of HER1/EGFR protein in human soft tissue sarcomas. *Eur J Surg Oncol*, **32**(4), 466–8.
- Yang, M., Zhang, T., Zhang, Y., Ma, X., Han, J., Zeng, K., Jiang, Y., Wang, Z., Xu, J., Hua, Y., Cai, Z. and Sun, W. (2021). MYLK4 promotes tumor progression through the activation of epidermal growth factor receptor signaling in osteosarcoma. *J Exp Clin Cancer Res*, **40**(1), 166.
- Zöllner, S.K., Amatruda, J.F., Bauer, S., Collaud, S., de Álava, E., DuBois, S.G., Harges, J., Hartmann, W., Kovar, H., Metzler, M., Shulman, D.S., Streibbürger, A., Timmermann, B., Toretzky, J.A., Uhlenbruch, Y., Vieth, V., Grünwald, T.G.P. and Dirksen, U. (2021). Ewing sarcoma- diagnosis, treatment, clinical challenges and future perspectives. *Journal of Clinical Medicine*, **10**(8), 1685.



Detecting Hadith Authenticity Using a Deep-learning Approach

Eshrag Ali Refaee

Department of Information Technology and Security, College of Computer Sciences and Information Technology, Jazan University, Jazan, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/sci/210084>

RECEIVED
19/12/2021

ACCEPTED
14/04/2022

PUBLISHED ONLINE
14/04/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
4860

NO. OF PAGES
5

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Hadith is a collection of texts containing sayings of the prophet Muhammad, which, along with accounts of his daily practice, constitute the second major source of legislation for Muslims after the Holy Koran. The Hadith collection comprises thousands of text pieces transferred over the years by many narrators with varying degrees of credibility. Hadith scholars are faced with the challenge of assessing the degree of a specific Hadith's authenticity to classify the Hadith as Sahih (fully authentic and accepted) or Daif (rejected). Automatic Hadith classification has been addressed in the literature; however, the results vary and are not directly comparable, as no dataset has been made available for benchmarking. In addition, no previous work has utilised deep-learning (DL) approaches for Hadith classification. This work contributes by 1) collecting and publicly releasing a benchmark Hadith dataset of almost 4,000 Hadith texts to facilitate future research, 2) exploring DL model performance on binary Hadith classification tasks, and 3) benchmarking traditional machine learning against DL models. Our best results were recorded with an ARBERT DL model that provided an accuracy score of 91.56%.

KEYWORDS

Hadith classification; deep learning; Classical Arabic; machine learning; Hadith science; Hadith authenticity

CITATION

Refaee, E.A. (2022). Detecting Hadith authenticity using a deep-learning approach. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 80–4. DOI: 10.37575/b/sci/210084

1. Introduction

According to the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation UNESCO (2021), Arabic is the language of more than 400 million people around the world. Arabic can be divided into three major classes: Classical Arabic (CA), Modern Standard Arabic, and Dialectal Arabic (Habash, 2010). Hadith is one of the most well-known CA texts. The literal meaning of the word Hadith in Arabic is “anything spoken or told among people” (Al Ma’ni Online Dictionary, 2021). The Oxford Dictionary definition of Hadith is “a collection of traditions containing sayings of the prophet Muhammad which, with accounts of his daily practice, constitute the major source of guidance for Muslims apart from the Koran”. Hadith science is a branch of the Islamic sciences concerned with studying the sayings and actions of the prophet Mohammad (Al Ma’ni Dictionary, 2021). It is crucial since Hadith is the second primary source of legislation, namely a constitution, after the Holy Koran for almost 1.6 billion Muslims worldwide (Desilver and Masci, 2017). The Hadith corpus is vast and has been recognised in the universal European Language Resources Association catalogue (European Language Resources Association, 2021). Each Hadith consists of two main parts: a Matn, which is the body text of the Hadith, and an Isnad, which is the chain of narrators who have transmitted the referenced Hadith from the days of the prophet until the day that the Hadith was documented in one of the significant Hadith books (Duderrija, 2021). The most well-known Hadith books are *Imam Al Bukhari*, *Imam Muslim* and *Ibn Majah*. During Hadith collection and before any Hadith is written in one of the crucial Hadith books, Hadith collectors perform an extensive verification process, checking the degree of Hadith authenticity to avoid documenting any Hadith that is not genuine. Due to the Hadith's vital role as a leading source of legislation, the Hadith collectors – *Imam Al Bukhari*, *Imam Muslim* and *Ibn Majah*, among others – take their responsibility for verifying Hadith authenticity seriously. For instance, they check whether all the chains of narrators of a particular Hadith are reliable, that is, they verify the absence of a reason to doubt their credibility. They also identify any gap between narrators, for example, if the lives of two consecutive narrators

overlap and whether they have met in their lifetime (Azmi *et al.*, 2019). Based on its level of authenticity, the Hadith corpus can be classified into three major categories: Sahih, which is fully verified to be genuine; Hasan, which is highly likely to be genuine and usually accepted by most scholars but does not qualify to be Sahih because of a minor issue; and Daif, or weak Hadith. The latter category refers to Hadith that does not have the qualifications of the Sahih or Hasan Hadiths. Weak Hadith is not used as evidence since at least one of its narrators has committed a transgression or been accused of lying or another act that negatively affects the narrator's credibility.

In this work, the focus is on the automatic classification of Hadith based on its level of authenticity. Specifically, a deep-learning (DL) approach is employed to perform automatic classification to determine whether a specific Hadith text is Sahih, namely genuine, or Daif. To do this, a publicly available dataset of the Hadith corpus is utilised. To the best of our knowledge, no previous work has focused on the use of DL models for automatic detection and classification of Hadith categories based on the Hadith's level of authenticity. This work also contributes to the literature by making the collected and pre-processed dataset publicly available for further research. To the best of our knowledge, there is no publicly available benchmark Hadith dataset that has been prepared for this task.

The remainder of this paper is structured as follows. A review of previous natural language processing (NLP) research that focuses on Hadith science is provided in section 2. The subsequent section outlines the dataset used in this work and the experimental setup. This is followed by the methodology section, which describes our methodology in detail, explains the experimental results, and discusses error analysis. The final section summarises the main findings and highlights potential directions for future research.

2. Related Work

Computational NLP research has approached Hadith science in several ways, including automatic Hadith topic classification, automatic Hadith question answering systems, and a graphing narration tree designed to ascertain how the Hadith text spread (Azmi

et al., 2019). In this work, the investigation is focused on exploring the use of a machine learning-based approach that utilises DL models to classify a specific Hadith as Sahih or Daif automatically, a task typically completed manually by Hadith scholars. To perform such classifications, the Hadith scholars must study several circumstantial factors, such as narrators' biographies and their levels of reliability and credibility.

Ghazizadeh *et al.* (2008) report their work on a dataset of 999 Hadiths collected from three books: *Sahih Al-Bukhari*, *Jamiu Al-Termithi*, and *Silsilat Al-Ahadith Al-Daeifah Wal Al-Mawdu'ah*. The authors employed a fuzzy system that utilised a set of rules extracted from their dataset. The system was implemented using expert system software. Subsequently, the collected Hadith sample was inserted into the database to be assessed utilising documentary information. The best performance achieved by this system included an accuracy rate of 94%. Similar work was conducted by Najeeb (2021); however, the author did not provide the results.

Aldhaln *et al.* (2012) used the decision tree (DT) algorithm C4.5 to extract classification rules. This step was followed by applying Naïve Bayes (NB) with the goal of improving overall performance. The authors reported that the best accuracy rate achieved by their system was 97%, with a similar finding reported by Aldhaln *et al.* (2012b).

Fadele *et al.* (2021) proposed a taxonomy of four levels. Their approach included a document classification phase that used features extracted in the form of keywords to train the model. In addition, a keyword list was created at each stage of hyperactive rectangle tree formation. Thus, the keyword lists that correlated with the document categories were combined and fed into the classifier for document category prediction. Finally, a classification technique was applied to each document to determine the authenticity of a specific Hadith.

Table 1 summarises previous studies that investigated various methods of automatic Hadith authenticity detection. A comprehensive review of Hadith-related NLP tasks is presented in Azmi *et al.*'s (2019) paper.

Table 1: Summary of previous Hadith classification studies

Paper	Dataset	Performance	Approach
Ghazizadeh <i>et al.</i> (2008)	KAFI dataset	94% accuracy	Fuzzy system, extracted rules
Aldhaln <i>et al.</i> (2012a)	999 Hadiths	Recall: 97%, accuracy: 97%	DT C4.5 for rule extraction and NB
Aldhaln <i>et al.</i> (2012b)	999 Hadiths	Recall: 97%, accuracy: 97%	DT C4.5
Najeeb (2021)	Not reported	Not reported	Association rule mining
Najiyah <i>et al.</i> (2017)	Sample of 346 Hadiths	False negative = 0%, False positive = 0.097%	Expert system and DT algorithm
Abelaal <i>et al.</i> (2019a)	Hadith collection	93.69% accuracy	DT, linear support vector classifier (linear SVC), Stochastic Gradient Descent (SGD) classifier
Abelaal <i>et al.</i> (2019b)	Hadith collection	93.75% accuracy	NB
Fadele <i>et al.</i> (2021)	Not reported	Not reported	Taxonomy, keyword extraction, classifier

3. Experimental Framework

This section describes the experimental dataset, architecture and parameters used in this study and reviews the parameter tuning performed. Figure 1 shows our workflow pipeline and indicates the significant data pre-processing steps and the DL algorithms employed.

3.1. Data Collection:

This study utilised a publicly available Hadith dataset. It is worth mentioning that the datasets used in previous work were not available for result benchmarking. As such, random Hadith samples were collected from *Sahih Al-Bukhari* and *Daif Ibn Majah* to represent our Sahih vs Daif binary classes.

3.1.1. Example of Hadith Sahih

Hadathana alhumaydiu eabd allah bn alzubayr qal hadathana sufyan qal hadathana yahyaa bn saeid al'ansari qal 'akhbarani muhamad bn 'ibrahim al'taymiu 'anah samie ealqamat bn waqaas allaythia yaqul samiet eumar bn alkhataab radaa allah eanh ealaa alminbar qal samiet rasul allah salaa allah ealayh wasalam yaqul "iinama al'aemal bialniyaat wa'iinama likuli amri ma nawaa faman kanat hijratuh 'ilaa dunya yusibuha 'aw 'ilaa amra 'at yankihuha fahijratuh 'ilaa ma hajar 'ilayh". (Source: Al-Bukhari)

3.1.2. Example of Hadith Daif

Hadathana suid bin saeid hadathana aibn 'abi alrijal ean eabd alrahman bin eamrw al'awzaei ean eabdat bin 'abi libabat ean eabd allah bin eamriw bin aleas qal samieat rasul allah salaa allah ealayh wasalam yaquli: "lam yazal 'amr bni 'israyiyl muetadilaan hataa nasha fihim aalmualadun 'abna'an sabaya aal'umam faqaluu bialraay fadaluwa 'adahlwa". (Source: 4760, Daif ibn Majh)

The dataset was split as follows: 70% training, 15% validation, and 15% test. Statistics that relate to the dataset collected are provided in Table 2. As one of the contributions of this work, the dataset used in this set of experiments, with the same training-validation-test distribution, is being released to allow replication and benchmarking of our results. The dataset distribution shows that Sahih Hadith instances are the majority class and constitute almost 76% of the dataset. This is common, as data are imbalanced or skewed towards a majority class in many real-world applications (Avati *et al.*, 2018). The preliminary experiments found no significant impact of class imbalance on the overall performance. As such, no class balancing mechanisms were employed during the experiments described in this paper.

Table 2: Dataset description

Dataset	No. of instances	No. of Sahih instances	No. of Daif instances	Total
Training	2761	2100	661	5522
Validation	592	450	142	1184
Test	591	450	141	1182
Total	3944	3000	944	

3.2. Data Pre-processing:

The obtained data were pre-processed using computationally motivated steps designed to reduce the feature space:

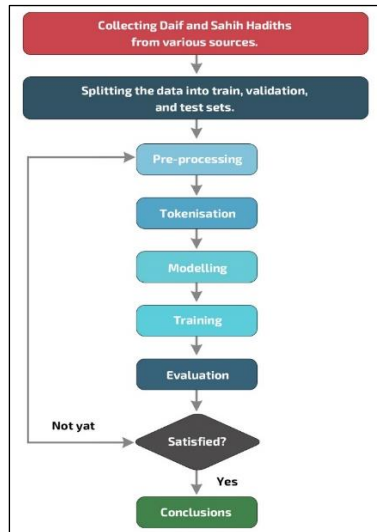
- Normalising exchangeable Arabic letters: Mapping letters with various forms – Alef, Hamza and Yaa – to their representative characters. The data was pre-processed using the AraBERT-base pre-processor (Antoun *et al.*, 2020).
- Text segmentation: This step was performed to separate tokens based on spaces and punctuation marks. The dedicated tokenisers were used for BERT-base, ARBERT and ARABER. For classical machine learning (ML) models, the tokeniser provided by the PyArabic¹ package was employed (Zerrouki, 2010).
- Removing special characters and punctuation that separate Matn from Isnad.
- Text stemming: This is a further text pre-processing step that aims to alleviate the high dimensionality of the text data by using reduced forms of words such as stems. Previous work has shown the importance of employing such a technique (Refaee, 2017). The problem of high dimensionality becomes very pronounced when dealing with a morphologically rich and highly derivative language like Arabic. Refaee (2017) highlights the significance of this text pre-processing step and argues that Arabic text classification tasks can be problematic when the compressed forms of words are not used, as trained models can be exposed to many previously unseen features (words) that might actually be present in training and testing but in different forms. This study employed the ARLStem2² Arabic light stemmer (Abainia and Rebbani, 2019).

The following step in our workflow pipeline involved extracting numerical features from tokens using the term frequency-inverse document frequency with n-grams from one to four (see Figure 1). Each instance is represented as a 50,000-dimensional vector.

¹ PyArabic is a publicly available Python library explicitly designed for the Arabic language. Available at: <https://pypi.org/project/PyArabic/> and accessed on 20/10/2021

² The implementation of the ARLStem2 Arabic stemmer is available at: https://www.nltk.org/_modules/nltk/stem/arlstem2.html

Figure 1: Workflow pipeline



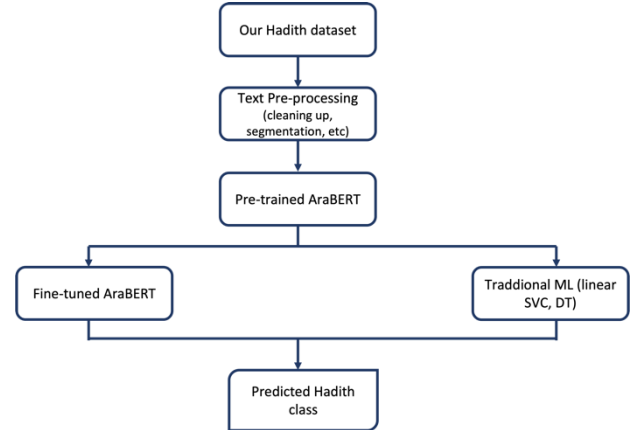
3.3. ML Models:

This section describes the ML models used in this work. To the best of our knowledge, no previous work has utilised DL models to perform automatic classification of Hadith texts based on their degree of authenticity, namely Sahih or Daif. As such, several state-of-the-art Arabic DL models were employed, specifically, the AraBERT model with a classification layer on top of it (Antoun *et al.*, 2020). In addition, and to have common ground with previous work that used traditional ML models (see Section 2), several traditional models were used. It is argued that having comparative results for traditional vs DL ML models on a benchmark dataset is important in exploring potential Hadith classification performance variation. The datasets used in previous studies were not available for the purpose of conducting comparative investigations; therefore, this paper presents a comprehensive set of experiments that cover traditional vs DL models and clarifies how different categories of ML models perform.

First, experiments were conducted with AraBERT, a common DL model (Antoun *et al.*, 2020). The model was fine-tuned using two stages. The first stage included freezing the AraBERT model and training only the classification layer using the following configuration settings: a maximum sequence length of 128, a batch size of 32, 10 epochs, a learning rate of 0.0001, and dropouts for the attention and feed forward layers of 0.3. In the second stage, the best model was selected – based on its F1 score on the validation set – from the previous stage, and AraBERT was unfrozen using a learning rate of 0.00001. Following El-Alami *et al.* (2021), AraBERT as a pre-trained model was used and fine-tuned for Arabic Hadith text classification. The text representation was computed using the contextual pre-trained AraBERT to introduce Arabic text into a fixed-length vector. This was accomplished by connecting the AraBERT output to an additional layer involving the Softmax classifier to predict the Hadith class. First, each text was tokenised to N tokens, and an input representation was generated for each token constructed by adding the vector embeddings corresponding to the token, the segment, and the token position. Then, the generated vectors were fed into the AraBERT model.

The second set of experiments were conducted using several traditional ML models, specifically, LinearSVC with a Radial Basis Function (RBF) kernel and a DT. This second set of experiments sought to compare the results from DL models – used for the first time in this work – with those from a few traditional ML models – used in previous work but without data provided to enable reproduction of results. Figure 2 shows the overall system architecture of our Hadith classification approach.

Figure 2: The Arabic Hadith classification system architecture



3.4. Evaluation Metrics:

The following evaluation measures were used to assess ML model performance:

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

$$F1 - score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision+Recall} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

True positive (TP) and true negative (TN) denote numbers of positive and negative examples that are classified correctly, while false negative (FN) and false positive (FP) represent the number of misclassified positive and negative examples, respectively.

In classification problems, the overall performance is measured by identifying the success rate, which is the proportion of correctly classified instances divided by the entire set of instances. The results are reported using two metrics: the macro-F-score and accuracy. The F-score is defined as the harmonic average of precision and recall; accuracy is one of the most widely reported metrics in the literature.

A simple problem formulation was used, treating Hadith classification as a single-level or flat binary classification. Previous studies wherein the major task was to determine whether a given Hadith is genuine (i.e. Sahih) treated the Hadith classification problem as a binary classification. Alternatively, the classification can be performed as a two-level, multi-way classification. In the latter method, the Hadith is first classified as genuine or not. Whenever a Hadith is classified as genuine, its text is then classified based on its degree of authenticity, such as Hasan. This work experimented with the first setting, namely using binary classification, as it seems that the major concern of Hadith scholars is to distinguish Sahih vs Daif. Since Hadith is a major source of legislation for millions of Muslims globally, the ability to distinguish Sahih Hadith vs Daif is a vital task for Hadith scholars (Azmi *et al.*, 2019). As such, this work focuses on the task of binary classification of Hadith into Sahih and Daif (Baru *et al.*, 2017).

4. Results

This section presents the results of the experimental investigations conducted using our Hadith dataset. This work studied the binary classification of Hadith text into Sahih vs Daif using DL models. Various experiments were performed to investigate several DL models. Table 3 presents the main findings of the first set of experiments. The ARBERT model achieves the best performance, with

91.56% accuracy and an F-score of 88.64%, using embeddings and two encoder layers. Figure 2 shows the performance variation among various DL models and different settings within the same model. To the best of our knowledge, no previous work has utilised DL models for Hadith classification; therefore, the current results are considered a benchmark for future work, especially since our dataset is being released as a part of this publication.

Most previous work has focused on using the entire Hadith, namely Matn + Isnad (see Introduction). Therefore, the impact of isolating Matn from Isnad on the overall performance of our top-performing model was studied to determine whether Isnad has the positive impact of being informative for the model.

Example of Hadith Sahih with Matn + Isnad

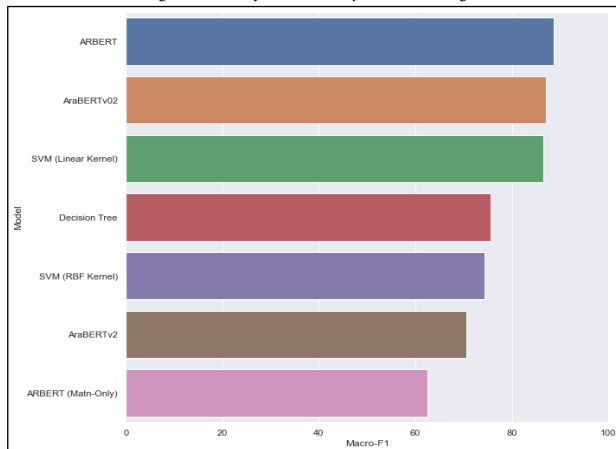
Hadathana alhumaydiu eabd Allah bn alzubayr qal hadathana sufyan qal hadathana yahya bn saeid al'ansari qal 'akhbarani muhamad bn 'ibrahim al'aymiu 'anah samie ealqamat bn waqaas allaythia yaqul samiet eumar bn alkhataab radaa Allah eanh ealaa alminbar qal samiet rasul Allah salaa Allah ealayh wasalam yaqul " 'iinama al'aemal bialniyaat wa 'iinama likuli amri ma nawaa faman kanat hijratuh 'iilaa dunya yusibuha 'aw 'iilaa amra'at yankihuha fahijratuh 'iilaa ma hajar 'iilayh ". (Source: Al Bukhari)

Example of Hadith Sahih with Matn only

Yaqul " 'iinama al'aemal bialniyaat wa 'iinama likuli amri ma nawaa faman kanat hijratuh 'iilaa dunya yusibuha 'aw 'iilaa amra'at yankihuha fahijratuh 'iilaa ma hajar 'iilayh ". (Source: Al Bukhari)

The last row of Table 3 indicates a significant drop in performance as a result of eliminating Isnad and experimenting with only Matn. This finding is in line with the theories formulated by Hadith scholars that highlight the vital role of Isnad in detecting Hadith authenticity (Azmi *et al.*, 2019). This suggests that better performance is expected if an additional set of features that show whether a narrator has been discredited by Hadith scholars can be linked and utilised.

Figure 3: Summary of the main experimental findings



In the last set of experiments, to place our findings in a meaningful context alongside previous works, this work experimented with a number of traditional ML algorithms, namely LinearSVC, a support vector machine (SVM) with an RBF kernel function, and a DT. The maximum depth for the DT was set to 20 to avoid overfitting. For the LinearSVC and the SVM with an RBF kernel, the random seed was 42. A simple majority baseline algorithm for majority class prediction was used. The algorithm achieved an accuracy score of 76.14% and an F-score of 43.23%. Table 4 shows that the best performance is achieved by the LinearSVC, which achieves an accuracy score of 90.69% and an F-score of 86.55%, as shown in Figures 2 and 3. It is interesting to note that previous work has also reported that the SVC is among the best-performing models on the same Hadith classification task (see Table 1). Overall, DL models achieve better performance than traditional ML

models, as shown in Figure 3, which is probably due to the advances that DL models, such as ARBERT, achieve by learning from a huge number of word features. This is in line with recent findings that DL can notably outperform traditional ML models on many NLP tasks, such as sentiment analysis (Patwa *et al.*, 2020). Figure 4 shows the precision and recall scores attained by all the models employed and reflects a steady and gradual performance improvement achieved by the DL models, with a slightly varying performance achieved by traditional ML models, especially DT. Overall, DL models show a better tendency for further improvements, for example, by utilising larger datasets or more tuning of the models. Traditional ML models, on the other hand, seem to attain a flat performance, which has been reported in previous text classification tasks with the same traditional ML models (Patwa *et al.*, 2020).

Figure 4: Comparative summary of DL and traditional ML model results

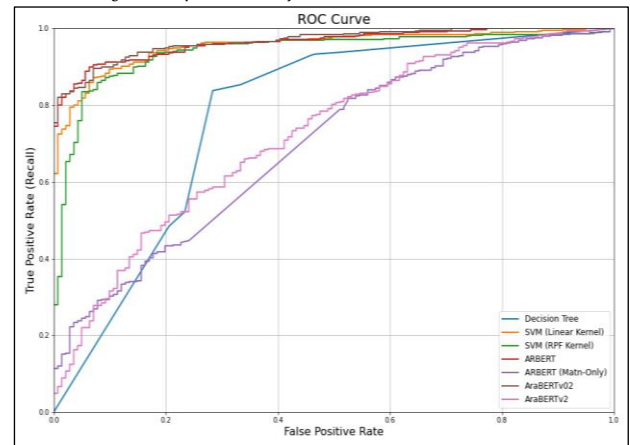


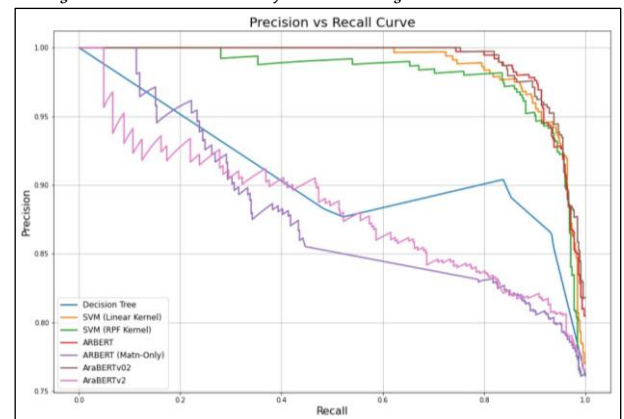
Table 3: Results of binary Hadith classification using DL models

Trial No.	Model	Frozen layers	Dropout	Performance
1 (Isnad + Matn)	AraBERTv2	None	0.3	79.5% Acc. 70.60% F1
2 (Isnad + Matn)	AraBERTv02	Embeddings + 2 encoder layers	0.1	88.32% Acc. 85.12% F1
3 (Isnad + Matn)	AraBERTv02	None	0.1	89.85% Acc. 87.00% F1
4 (Isnad + Matn)	ARBERT	None	0.1	91.03% Acc. 88.34% F1
5 (Isnad + Matn)	ARBERT	Embeddings + 2 encoder layers	0.1	91.56% Acc. 88.64% F1
6 (Isnad + Matn)	ARBERT	Embeddings + 4 encoder layers	0.1	90.86% Acc. 88.00% F1
7 (Isnad + Matn)	ARBERT	Embeddings + 6 encoder layers	0.1	89.17% Acc. 85.70% F1
8 (Matn only)	ARBERT	Embeddings + 2 encoder layers	0.1	75.30% Acc. 62.53% F1

Table 4: Results of binary classification using traditional ML models

Data	Traditional ML Model	Performance
Isnad + Matn	DT	83.76% Acc. 75.51% F1
Isnad + Matn	LinearSVC	90.69% Acc. 86.55% F1
Isnad + Matn	SVC with RBF kernel	84.60% Acc. 74.32% F1

Figure 5. Precision and recall of binary classification using DL and traditional ML models



5. Conclusion and Future Work

This work explored the NLP task of classifying Hadith text as Sahih or Daif based on its authenticity. A dataset of almost 4,000 Hadith samples was collected and pre-processed. It was not possible to obtain datasets from previous work on the same task; therefore, by collecting Hadith samples, this work created a dataset, which is divided into training, validation and test data, that is available as a testbed to facilitate research. Two different sets of experiments were performed: DL models with various settings, and traditional ML models to determine whether they could compete with the DL models. This work also experimented with two different dataset settings: Isnad + Matn and Isnad only. The best performance was achieved using a DL model (ARBERT) trained on the Isnad + Matn dataset, which achieved an accuracy score of 91.56%.

Future research directions may include experimenting on an English dataset of Hadith text. It would be interesting to determine whether model performance can be improved further by experimenting with English translations of Hadith text. Another direction may involve expanding more features regarding Isnad. Specifically, it is expected that better results can be achieved by using information – features – available from Hadith science regarding the status of the narrator. One of the reasons that Hadith can be treated as Daif is the presence of a narrator who has been chastened as having a weak memory or has been discredited. Such information can be utilised to provide informative features that may help to improve the model's ability to distinguish Sahih from Daif. Another future direction may involve expanding Hadith classification from binary to three-way classification by including the third category of Hadith Hasan. It is anticipated that the dataset collected and cleaned as a part of this work will be helpful for future research by providing a testbed for exploring further tools, methodologies, and approaches.

Biography

Eshrag Ali Refaee

Department of Information Technology and Security, College of Computer Sciences and Information Technology, Jazan University, Jazan, Saudi Arabia

Dr Refaee is a Saudi assistant professor and has a PhD in Computer Sciences (in computational linguistics) from Heriot-Watt University, Edinburgh, UK. She is the head of the Information System department and vice dean of the college. She has published 16 peer-reviewed papers and a book chapter titled Sematic Analysis in the book "Introduction to Computational Linguistics" published by King Abdullah International Centre for the Arabic Language. Her research interests include Arabic NLP, text mining, and ML. She has participated in several international competitions in NLP and achieved first place in SemEval-16, Arabic sentiment analysis track, San Diego, USA. ORCID: 0000-0003-2344-0693.

References

- Abainia, K. and Rebbani, H. (2019). Comparing the effectiveness of the improved ARLstem algorithm with existing Arabic light stemmers. In: *Proceedings of the 2019 International Conference on Theoretical and Applicative Aspects of Computer Science (ICTAACS)*, (pp. 1–8), Skikda, Algeria, 15–6/12/2019.
- Abdelaal, H.M., Ahmed, A.M., Ghribi, W. and Alansary, H.A.Y. (2019a). Knowledge discovery in the Hadith according to the reliability and memory of the reporters using machine learning techniques. *IEEE Access*, 7(n/a), 157741–55.
- Abdelaal, H.M. and Youness, H.A. (2019b). Hadith classification using machine learning techniques according to its reliability. *Science and Technology*, 22(3), 259–71.
- Duderija, A. (2009). Evolution in the canonical Sunni Hadith body of literature and the concept of an authentic Hadith during the formative period of Islamic ought as based on recent Western scholarship. *Arab Law Quarterly*, 23(4), 389–415.
- Al Ma'ani Dictionary. (n/a). In *Al Ma'ani Dictionary*. Available at: <https://www.almaany.com/en/dict/ar-en/hadith/> (Accessed on 10/10/2021).
- Aldhlan, K., Zeki, A., Zeki, A. and Alreshidi, H. (2012a). Improving knowledge extraction of Hadith classifier using decision tree algorithm. In: *Proceedings of the 2012 International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management*. (pp. 148–152), Kuala Lumpur, Malaysia, 13–5/03/2012.
- Aldhlan, K.A., Zeki, A.M., Zeki, A.M. and Alreshidi, H.A. (2012b). Novel mechanism to improve Hadith classifier performance. In: *Proceedings of the 2012 International Conference on Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT)*. (pp. 512–517), Kuala Lumpur, Malaysia, 13–15/03/2012.
- Antoun, W., Baly, F. and Hajj, H. (2020). AraBERT: Transformer-based model for Arabic language understanding. In: *Proceedings of LREC 2020 Workshop Language Resources and Evaluation Conference*. (p. 9), Marseille, France, 13–5/05/2020.
- Avati, A., Jung, K., Harman, S., Downing, L. and Ng, A. (2018). Improving palliative care with deep learning. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18(4), 55–64.
- Azmi, A.M., Al-Qabbany, A.O. and Hussain, A. (2019). Computational and natural language processing-based studies of Hadith literature: A survey. *Artificial Intelligence Review*, 52(2), 1369–414.
- Baru, R., Omar, S.H.S., Ag, I.M., Fuad, A.N. and Mohd, M.F. (2017). Consolidation of Ulum Al-hadith to the society. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(10), 2222–6990.
- Desilver, D. and Masci, D. (n/a). *World's Muslim Population*, Pew Research Centre. Available at: <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2017/01/31/worlds-muslim-population-more-widespread-than-you-might-think/> (Accessed on 12/11/2021).
- El-Alami, F.Z., El Alaoui, S.O. and Nahnahi, N.E. (2021). Contextual semantic embeddings based on fine-tuned AraBERT model for Arabic text multi-class categorization. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, In press.
- European Languages Resources Association (ELRA). (n.d.). *ELRA Universal Catalogue: ELRA-WC0134*. Available at: http://universal.elra.info/product_info.php?cPath=42_43_and_products_id=353/ (Accessed on 03/11/2021).
- Fadele, A.A., Kamsin, A., Ahmad, K. and Hamid, H. (2021). A novel classification to categorise original Hadith detection techniques. *International Journal of Information Technology, n/a(n/a)*, 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41870-021-00649-3>
- Ghazizadeh, M., Zahedi, M.H., Kahani, M. and Bidgoli, B.M. (2008). Fuzzy expert system in determining Hadith validity. In: *Advances in Computer and Information Sciences and Engineering* (pp. 354–359). Bridgeport, CT, USA. 03–12/12/2007.
- Habash, N. (2010). *Introduction to Arabic Natural Language Processing*. United States: Synthesis Lectures on Human Language Technologies, Morgan and Claypool Publishers.
- Johnson, J.M. and Khoshgoftaar, T.M. (2019). Survey on deep learning with class imbalance. *Journal of Big Data*, 6(1), 1–54.
- Najeeb, M.M. (2014). Towards innovative system for Hadith isnad processing. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 18(6), 257–59.
- Najiyah, I., Susanti, S., Riana, D. and Wahyudi, M. (2017). Hadith degree classification for Shahih Hadith identification web based. In: *Proceedings of the 2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)* (pp. 1–6), Denpasar, Indonesia, 08–10/08/2017.
- Patwa, P., Aguilar, G., Kar, S., Pandey, S. and PYKL, S. (2020). Semeval-2020 task 9: Overview of sentiment analysis of code-mixed tweets. In: *Proceedings of the Fourteenth Workshop on Semantic Evaluation*. (pp. 774–790). Barcelona, Spain, 12–3/12/2020.
- Refaee, E. (2017). Sentiment analysis for micro-blogging platforms in Arabic. In: *Proceedings International Conference on Social Computing and Social Media* (pp. 275–294). Proceedings: Cham, Springer, Vancouver, Canada, 15–20/07/2017.
- UNESCO. (n.d.). *UNESCO: World Arabic Language Day*. Available at: <https://en.unesco.org/commemorations/worldarabiclanguage> (Accessed on 02/10/2021).
- Zerrouki, T. (2010). *PyArabic, an Arabic Language Library for Python*. Available at: <https://pypi.org/project/PyArabic/> (Accessed on 25/09/2021).

Rheological Properties of Date Juice, Pomegranate Juice and their Concentrates: A Review

Ali Ibrahim Hobani, Moath Badr Othman Mahmoud Galal Elamshity
Department of Agricultural Engineering, College of Food and Agricultural Sciences, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

الخواص الانسيابية لعصير الرمان والتمر ومركزاتهما: دراسة مرجعية

علي إبراهيم حوباني، معاذ بدر عثمان، محمود جلال الأمشيطي
قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية



LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/agr/220004	26/01/2022	14/04/2022	14/04/2022	01/06/2022
NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم العدد	ISSUE رقم العدد
9216	9	2022	23	1

ABSTRACT

This review aims to investigate the rheological properties of date juice, pomegranate juice and their concentrates and to identify their flow behaviour. There are many rheological properties that have been studied, including viscosity, coefficient of flow behaviour index, type, and cohesion coefficient. Knowing the rheological properties of date juice and pomegranate and their concentrates is of paramount importance in various food processing operations. The flow behaviour index, activation energy and cohesion coefficient of date and pomegranate juices ranged between 0.605–0.988 and 0.776–1.45 J/mol, 1.9×10^4 – 3.3×10^4 and 32200–54430, 0.002–0.102 and 0.0013–0.075 Pa.s, respectively. Both date juice and pomegranate juice with their distinct concentrations, have a non-Newtonian, semi-plastic behaviour that varies according to the type and variety of the fruit. There are several models have been used to describe the flow behaviour of date and pomegranate juices. The most important factors that affect the rheological properties and flow behaviour of the date and pomegranate juices are the temperature and the concentration of dissolved solids in the juice. Arrhenius equation is used to express the effect of temperature on the rheological properties of date and pomegranate juice and their various concentrates. Also, the apparent viscosity increases with rising concentration of dissolved solids and decreasing temperature.

المخلص

تهدف هذه الدراسة المرجعية إلى الاستقصاء عن خواص الانسيابية لكل من عصير التمر والرمان ومركزاتهما والتعرف على سلوك السريان لهما. تم تداول العديد من خواص الانسيابية، ومنها اللزوجة، ومعامل دليل سلوك السريان ونوعه، ومعامل التماسك؛ حيث تعد معرفة خواص الانسيابية لعصير التمر والرمان ومركزاتهما ذات أهمية قصوى في عمليات التصنيع الغذائي المختلفة. إن دليل سلوك السريان وطاقة التنشيط ومعامل التماسك لعصير التمر والرمان تراوحت بين 0.605–0.988 و 0.776–1.45 و 32200–54430 (جول/مول)، 0.002–0.102 و 0.0013–0.075 (باسكال ثانية)، على التوالي. إن كلا من عصير التمر وعصير الرمان بمركزاتهما المختلفة لها سلوك غير نيوتوني شبه بلاستيكي؛ إذ يختلف حسب نوع وصنف الفاكهة. توجد العديد من النماذج التي استطاعت وصف سلوك السريان لعصير التمر والرمان أهمها النموذج الأسّي $T = k \gamma^n$. تُعد درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة الذائبة في عصير التمر والرمان من أهم العوامل المؤثرة على خواص الانسيابية وسلوك السريان. تستخدم معادلة أرهينياس للتعبير عن تأثير درجة الحرارة على الخواص الريولوجية لعصير التمر والرمان ومركزاتهما المختلفة. كما أن اللزوجة الظاهرية تزيد بزيادة تركيز المواد الصلبة الذائبة وانخفاض درجة الحرارة.

KEYWORDS

الكلمات المفتاحية

Date juice, pomegranate juice, rheological properties, flow behaviour, cohesion coefficient

عصير التمر، عصير الرمان، خواص الريولوجية، سلوك السريان، معامل التماسك

CITATION

الإحالة

Hobani, A.I., Othman, M.B. and Elamshity, M.G. (2022). Alkhaswasu alriyulujiat lieasir alruman waltamratihima: Dirasat marjieia 'Rheological properties of dates and pomegranate juices and their concentrates: A review'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 85–93. DOI: 10.37575/b/agr/220004 [in Arabic]

حوباني، علي إبراهيم وعثمان، معاذ بدر والأمشيطي، محمود جلال. (2022). الخواص الريولوجية لعصير الرمان والتمر ومركزاتهما: دراسة مرجعية. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، 23(1)، 85-93.

1. المقدمة

(1999). كما أن معرفة خواص الانسيابية أساسية للتنبؤ بالمعاملات الهندسية مثل معاملات انتقال الكتلة والحرارة لتطوير المنتجات وتصميم وتقييم عمليات التصنيع المختلفة فضلاً عن عمليات التعبئة والتغليف والتخزين (Abdulagatov *et al.*, 2008; Dogan and Kokini 2007). وقد أجريت العديد من الدراسات لتحديد خواص الانسيابية لهريس الفواكه، وعصائر الفاكهة، وهريس الخضراوات (Krokida *et al.*, 2001; Steffe *et al.*, 1986)، إلا أن الدراسات المتعلقة بخواص الانسيابية لعصائر التمر والرمان قليلة جداً. وتهدف هذه الدراسة المرجعية إلى إعطاء نظرة عامة شاملة عن أحدث النتائج في خواص الانسيابية لعصائر التمر والرمان.

يتم إنتاج عصير التمر ومركزاته عن طريق إضافة المياه إلى التمر؛ لكي تذوب السكريات والمكونات الأخرى، ثم تلها عملية الاستخلاص، وفيها يتم الحصول على أكبر قدر من المواد المذابة في التمر في صورة مستعلق، ثم عملية الترشيح، وفيها يتم فصل الشوائب في المستعلق للحصول على عصير صافٍ، ثم عملية التبخير للحصول على مركزات التمر، في حين أن عملية إنتاج عصير الرمان ومركزاته تتطلب هرس وترشيح بذور الرمان، وإنتاج عصير الرمان، ومن ثم تخضع لسلسلة من العمليات الصناعية لإنتاج

يُعرف علم مبحث انسياب الأغذية بأنه العلم الذي يدرس تشوه المادة الغذائية وانسيابها تحت فعل القوى المؤثرة عليها. كما عرف اليونانيون كلمة (Rheology) بأنها كلمة تعني علم السريان. ونظراً لأهمية خواص الانسيابية في وصف ظاهرة تدفق الموائع الغذائية؛ حيث تنقسم إلى موائع نيوتونية وموائع غير نيوتونية (شبه بلاستيكي، وديلاتيني، وبنجهايمي)؛ فإنه يمكن استخدام العديد من المفاهيم الخاصة بهذه الظاهرة منها اللزوجة، ومعامل دليل سلوك السريان ونوعه، ومعامل التماسك. يوجد العديد من العوامل المؤثرة على خواص الانسيابية في الأغذية السائلة وشبه السائلة أهمها مكونات المادة الغذائية، والطور الذي فيه، ودرجة الحرارة، وتركيز المواد الصلبة فيها، والمحتوى الرطوبي، والتفاعلات الكيميائية والميكروبية التي تحدث في المنتجات الغذائية (Kuria, 2020).

تعد دراسة خواص الانسيابية للمواد الغذائية، وبخاصة السائلة منها، مهمة جداً في مناولة وتصنيع ومراقبة الجودة والتقييم الحسي لها (Rao, 2007).

مركزاتها (El-Nagga and Abd El-Tawab, 2012; Sadeghi et al., 2009).

3. الرمان

تنتشر زراعة فاكهة الرمان (*Punica granatum* L.) في المناطق الغربية والشمالية الغربية والجنوبية من المملكة؛ حيث يبلغ انتاجها من الرمان حوالي 29 ألف طن على مساحة 1.6 ألف هكتار (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2020). وعالمياً في بلاد وسط آسيا إلى جبل الهمالايا شمال الهند، وتُعد منطقة البحر الأبيض من أكثر المناطق زراعة لفاكهة الرمان (Bassiri- Jahromi, 2018). تتكون فاكهة الرمان من قشرة خارجية سمكية تختلف سمكتها حسب نوع وصنف الرمان والظروف البيئية والمناخية؛ حيث تحتوي على 25%-28% مواد عضوية. كما يوجد في الثمرة مجموعة كبيرة من الحبوب موجودة في لب الرمان؛ حيث تحتوي الحبوب على مواد سكرية، وحمض الستريك، وماء بنسبة 80%، وفيتامينات وعناصر معدنية مثل الفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والحديد، ومواد دهنية (Humeida and Hobani, 1993; Cevik et al., 2014).

يُعد استهلاك فاكهة الرمان على هيئة حبوب طازجة أو على صورة عصير طازج من خلال عمليات العصر لحبوب الرمان. يحتوي الجزء الصالح للأكل من فاكهة الرمان على نسبة عالية من الأحماض والسكريات والفيتامينات ومضادات الأكسدة، كما يُعد الرمان مصدراً غنياً بالمركبات الفينولية التي ثبت أن لها نشاطاً مضاداً للأكسدة والالتهابات (Sadeghi et al., 2009). عادة يتم استخدام مركز عصير الرمان على السلطات، وفي كثير من الأطباق (Maskan, 2006). زاد الاهتمام في الآونة الأخيرة بالعمليات التصنيعية للرمان؛ حيث جرى تصنيع العصائر ومركزاتها والمساقي والمكملات الغذائية؛ ويعود السبب في ذلك إلى وجود العديد من التقارير حول الفوائد الصحية للرمان (Tzulker et al., 2007; Altan and Maskan, 2005). كما يمكن استخدامه في إنتاج المربى والدبس، ويدخل في صناعة بعض المشروبات، كما يستخدم كملون ومحسن نكهة لبعض المنتجات الغذائية. أظهرت الدراسات السابقة أنه تم قياس خواص الانسيابية لعصير الرمان بتركيزاته المختلفة في نطاق درجة حرارة تصل إلى 90°م، وتركيزات مواد صلبة ذائبة (17.5-70 بركس) عند الضغط الجوي (Altan and Maskan, 2005; Kamisli and Mohammed, 2019).

4. طريقة إنتاج عصير التمر ومركزاته

يُعرف عصير التمر بأنه عبارة عن سائل يحتوي على مواد ذائبة ناتجة من عملية الاستخلاص لثمار بعض أصناف التمر غير المستهلكة مباشرة، ويحتوي على نسب عالية من السكريات والفيتامينات والعناصر المعدنية (Alanazi, 2010).

يوجد العديد من العوامل المؤثرة على زيادة كفاءة استخلاص عصير التمر ومركزاته منها صنف ودرجة النضج للتمر ودرجة الحرارة المعامل بها (Al-Hilphy et al., 2021). يمتاز عصير التمر ومركزاته بأنه يمكن إنتاجه بجودة عالية وتكلفة اقتصادية منافسة، فالعمليات الصناعية اللازمة لإنتاج عصير التمر بمركزاته متوفرة وتقنيات عالية (Ahdno and Jafarizadeh, 2017). عند صناعة عصير التمر ومركزاته المختلفة يفضل استخدام التمر الأقل سعراً من أصناف التمر المتميزة، بالإضافة إلى التمر التي من الدرجة الثانية؛ حيث يتم الحصول عليها من وحدات فرز التمر في مصانع التمر (حسن، 2008).

يُعد دبس التمر أحد المنتجات التحويلية المتميزة للتمر، ونظراً لعدم وجود أي تعقيدات تقنية لإنتاجه على المستوى الصناعي؛ فإن إنتاجه سيكون بجودة عالية وجودة اقتصادية ناجحة للاستهلاك المحلي والتصدير، ويتطلب ذلك -بطبيعة الحال- الاهتمام باستخدام أفضل التقنيات المستخدمة في تصنيعه، وفي التعبئة والتغليف (حسن، 2008). تختلف مسميات عصير التمر بمركزاته من منطقة إلى أخرى في الوطن العربي؛ حيث يسمى مركز التمر في المملكة العربية السعودية والعراق بالدبس، في حين يسمى عسل التمر في مصر، كما تختلف طرق إنتاج عصير التمر بمركزاته المختلفة (Al-Hilphy et al., 2021).

يحتوي دبس التمر على السكريات المتحولة، وتشكل حوالي 80-90% من المواد الصلبة الذائبة، ونسبة ضئيلة من البروتينات، وعناصر معدنية مثل

تُعد درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة من أهم العوامل المؤثرة على اللزوجة وتدفق المنتجات الغذائية ومدى تأثيرها على خواص الانسيابية. يمكن التعبير عن تأثير درجة الحرارة على لزوجة عصير التمر والرمان ومركزتهما، وذلك باستخدام معادلة أرهينياس أو النماذج المشابهة. تعد معرفة معامل التماسك ودليل سلوك السريان وطاقة التنشيط من أهم خواص الانسيابية لعصائر التمر والرمان ومركزتهما، وإيجادها عن طريق النمذجة الريولوجية وتقدير اللزوجة الظاهرية عند درجات حرارة مختلفة (Bodbodak et al., 2013; Kamisli and Mohammed, 2019).

تأتي أهمية دراسة خواص الانسيابية لعصير التمر والرمان ومركزتهما في التعرف على تأثيرها أثناء عملية نقل وتداول المواد الغذائية، وفهم هندسة التصنيع الغذائي؛ حيث تساعد هذه الخواص في التعرف على متطلبات الطاقة اللازمة لإتمام عملية التصنيع الغذائي وتحديد كمية الحرارة المتولدة أثناء عملية التسخين، كما أن هذه الخواص تستخدم في تطوير المنتجات الغذائية وإعطاء صفات مرغوبة في المنتج النهائي. سلوك السريان له أهمية لدى مهندسي التصنيع الغذائي؛ وذلك لتأثيره المباشر أثناء عمليات التصنيع مثل الاستخلاص، الترشيح، التبخير، الفصل، والغليان. يوجد العديد من العوامل المؤثرة على سلوك السريان أهمها تركيز المواد الصلبة ودرجة الحرارة (Hassan and Hobani, 2002).

2. تمر النخيل

تُعد أشجار نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) من أهم الأشجار الاقتصادية والصناعية والغذائية في الوطن العربي بعامه والمملكة العربية السعودية بخاصة. وتعد المملكة العربية السعودية من أهم الدول المنتجة للتمر في العالم، ويقدر إنتاجها بأكثر من 1.5 مليون طن، وتشغل مساحة حوالي 152 ألف هكتار. يوجد في المملكة العربية السعودية ما يزيد عن 450 صنفاً من التمر التي تنتشر في أرجاء المملكة (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2020).

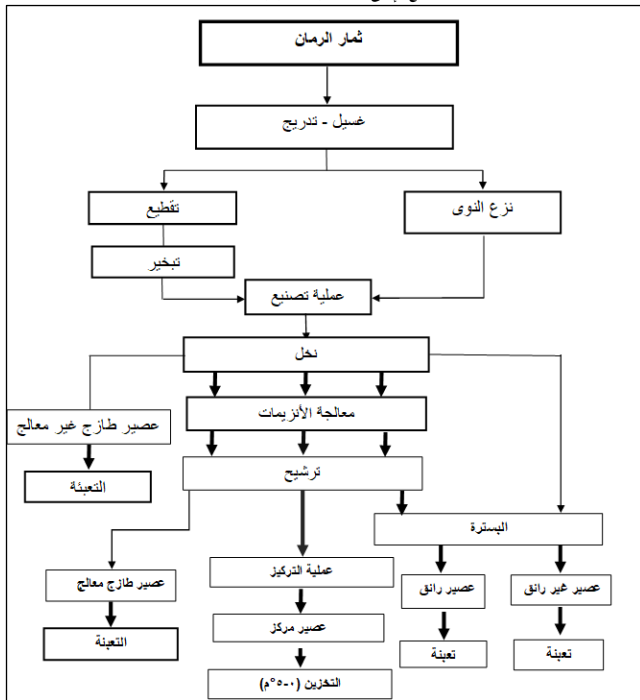
تتميز معظم مناطق المملكة العربية السعودية بملائمة بيئتها الحارة لزراعة النخيل. تُعد التمر من أكثر أنواع الفاكهة انتشاراً؛ حيث تستهلك بصورة مباشرة أو منتجات ثانوية من خلال العمليات التصنيعية المختلفة (Vayalil, 2012). ذكر الحمدان (2008) بأن التمر كاملة النضج يتم تخزينها إما بواسطة المستهلكين أنفسهم أو بواسطة بعض بائعي ومنتجي التمر، أو يتم تصنيعها وتعبئتها في مصانع التمر الحديثة. أما التمر رديئة النوعية أو مخلفاتها فتستخدم كأعلاف للحيوانات. اتجهت بعض مصانع التمر حديثاً إلى إنتاج تجاري من الصناعات التحويلية المشتقة من التمر مثل الخل، والدبس، ورحيق التمر، فضلاً عن معجون التمر.

تطورت صناعة التمر في المملكة العربية السعودية بشكل كبير من مرحلة الصناعة غير التحويلية إلى مرحلة الصناعات التحويلية مثل إنتاج دبس التمر وعصير التمر ومعجون التمر والخل والخميرة والسكر السائل. وعلى الرغم من التطورات الكبيرة في هذا المجال، فإن العمليات الأساسية مثل الفرز هي الأساسية لجميع العمليات الصناعية المختلفة (El-Nagga and Abd El-Tawab, 2012). تمتاز فاكهة التمر بأن السعرات الحرارية لديها تصل إلى 80 %، وتحتوي على نسبة عالية من الفيتامينات والعناصر المعدنية والألياف، وهي غنية بصورة استثنائية بالبوتاسيوم ومنخفضة بالصوديوم (Habibi-Najafi and Alaei, 2006; El-Nagga and Abd El-Tawab, 2012). كما تمتاز بأن لها حلاوة طبيعية تستطيع استخدامها في العديد من التطبيقات الصناعية المختلفة. كما تحتوي فاكهة التمر على العديد من المركبات الغذائية التي تجعلها من المنتجات التي تستخدم في علاج العديد من الأمراض مثل السعال، والروماتزم، وأمراض الجهاز التنفسي، والحمى، وارتفاع الضغط. كما أثبتت بعض الدراسات تأثيرها في الحد من خطر الإصابة بالعديد من الأمراض العصبية (Bureau et al., 2009; Gad et al., 2010).

الغذائية اقتصادياً؛ حيث يستخدم لونه ونكهته على مجموعة واسعة من المنتجات الغذائية (Al-Maiman and Ahmad, 2002; Alper and Acar, 2004). يتميز عصير الرمان بأنه شراب منعش ومغذي، ويحتوي على نسبة عالية من السكريات، الفيتامينات، خصوصاً فيتامين سي والأملاح المعدنية. يحتوي عصير الرمان على 85% ماء، 10% سكريات (سكريات أحادية وثنائية)، أحماض عضوية (أسكوربيك، سيتريك، حمض المالكليك)، أحماض دهنية، وأحماض أمينية، وغيرها من المركبات النشطة بيولوجياً (Altan and Maskan, 2005). ذكر Legua *et al.* (2000) أن عصارة الرمان تحتوي على السكريات من 8% إلى 20%؛ حيث تعدّ السكريات السائدة في الرمان الجلوكوز والفركتوز والماء بنسبة 80%، والبروتين بنسبة 1%، والدهون بنسبة 0.5%، والرماد بنسبة 2%، والألياف بنسبة 8% إلى 19%. يتميز عصير الرمان باحتوائه على نسبة مرتفعة من الأحماض العضوية، ومنها حامض المالكليك والستريك، وهما السائدان في العصير؛ حيث تساعد على هضم الدهون والوقاية من العديد من الأمراض (Vegara *et al.*, 2014)، كما يحتوي الرمان على مواد مضادة للأوكسدة تعادل ثلاثة أضعاف الموجودة في الشاي الأخضر. ذكر (Negi *et al.*, 2003) بأن عصير الرمان يتميز باحتوائه على مركبات فينولية، بالتالي فإن له قيمة طبية وصناعية عالية، ويعود السبب في ذلك؛ لأنه مضاد للأوكسدة والالتهابات، وبالتالي فإنه مضاد لتصلب الشرايين.

يتم استخلاص عصير الرمان، وذلك عن طريق غسل الثمار بالماء. ثم تقطع كل ثمرة إلى جزأين متساويين لاستخراج العصير. تم استخدام طريقتين لاستخراج عصير الرمان (Usman *et al.*, 2018; Salehi, 2020)، ففي الطريقة الأولى يتم تقشير الفاكهة يدوياً وفصل البذور واستخراج العصير بواسطة جهاز طرد مركزي. أما الطريقة الأخرى فيتم تقطيع الثمار إلى نصفين، ومن ثم استخلاص العصير على الفور باستخدام مكبس ميكانيكي. ثم يرشح العصير الناتج من كل عملية استخلاص بواسطة قطعة قماش. يلاحظ بعد عملية العصر أنها تعطي مظهرًا عكرًا يجعل حفظه صعبًا، ويكون عرضة للفساد، بالتالي يحتاج إلى عملية تصفية لزيادة قابلية الحفظ للمنتج والحفاظ على اللون الأحمر لعصير الرمان. بعد الانتهاء من عملية العصر يوضع العصير في درجة حرارة 4 درجات مئوية لحفظه. وبين الشكل (2) الخطوات التصنيعية لعصير الرمان بتركيزاته المختلفة (Conidi *et al.*, 2020).

شكل (2): مخطط عملية تصنيع وإنتاج عصير الرمان بمركيزات مختلفة (Conidi *et al.*, 2020).



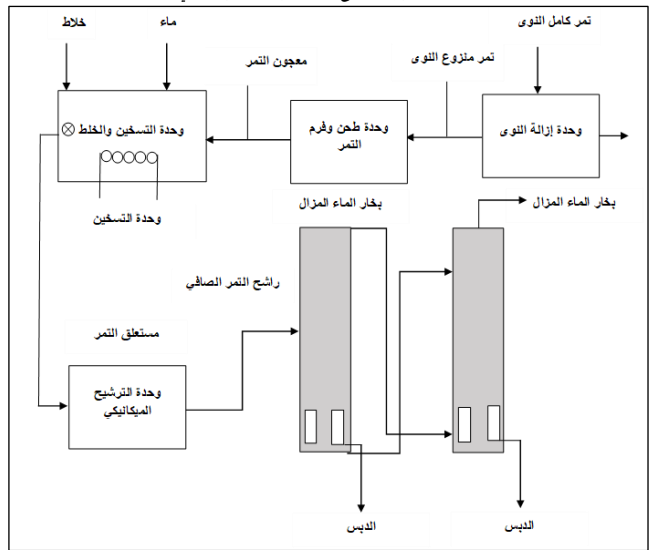
الشكل معدل على المرجع الأصلي

الحديد، الصوديوم، الكالسيوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، المنجنيز، اليود. ونسبة عالية من الفيتامينات، ومحتوى رطوبي في الدبس بحدود 22.41-31.080% (Al-Hilfi *et al.*, 2019; Al-Hilphy *et al.*, 2021).

تبدأ عملية إنتاج عصير التمر ومركزاته بإزالة النوى، وذلك عن طريق فصلها في صورة جافة، يلي ذلك عملية طحن وفرم التمر منزوع النوى، مع إضافة القليل من الماء أو بخار الماء للحصول على معجون تمر متجانس؛ ليصبح المادة الخام الرئيسة لاستخلاص المواد الذاتية. تتم عملية الخلط الميكانيكي لمعجون التمر مع كمية محدودة من الماء عند درجة حرارة وزمن محددين للحصول على المواد الذاتية، ومنها السكريات، والأملاح المعدنية، وبعض الفيتامينات في صورة مستعلق مائي كما هو مبين في الشكل (1). تلها عملية فصل عصير التمر من المواد الصلبة غير الذاتية، ثم تبدأ عملية التركيز تحت التفريغ (حسن، 2008).

يُعدّ دبس التمر من مشتقات التمور التي يمكن إنتاجها بجودة عالية، وهو عبارة عن المستخلص المركز للمواد الصلبة الذاتية في التمور، وهو سائل غليظ القوام يصل تركيز السكريات فيه بحدود 70-85% (Al-Hilfi *et al.*, 2019). ويمتاز بنكهة ممتازة. يتفاوت لونه حسب لون لبّ التمر، ودرجة تعرضه للحرارة من اللون الذهبي الرائق إلى اللون الكراميل الداكن (Hobani, 1989).

شكل (1): العمليات المتكاملة الرئيسة لإنتاج دبس التمر على مستوى تجاري (حسن، 2008).



الشكل معدل عن المرجع الأصلي.

حالياً يتجه العالم نحو تقليل تكاليف استهلاك الطاقة في العمليات التصنيع الغذائية المختلفة. توجد العديد من الدراسات قام الباحثين فيها باستخلاص عصير التمر ومركزاته بطرق تعتمد على استخدام الطاقة البديلة منها دراسة (Eltawil *et al.*, 2021) حيث قام باستخلاص عصير التمر المركز (الدبس) باستخدام الطاقة الشمسية. تم تصميم نظامين مبتكرين يعتمدان على الطاقة الشمسية مع نظام الضغط الهيدروليكي لاستخلاص عصير التمر. تم استخدام النظام لتسخين استخلاصه عصير التمر باستخدام الضغط الهيدروليكي حيث بلغ الضغط المستخدم 7 بار. كما تم استخدام حمام مائي شمسي وحمام شمسي هوائي ملحق معه مخزن للسخور. بلغت درجة حرارة التمر داخل خزان الاستخلاص بين 49-54°م. تم تقييم جودة وكمية الدبس المستخلصة بهذه الطرق. أظهرت النتائج أن كفاءة الاستخلاص باستخدام طريقة الحمام المائي الشمسي 48.87% وفي الطريقة الأخرى 13.16%. كما أن طريقة الحمام المائي الشمسي المائي وفرت الوقت بمعدل 38% وزادت الإنتاجية بمعدل 36%. أوصى الباحثين باستخدام طريقة الحمام المائي الشمسي وذلك لأنه تحافظ على البيئة وتوفر في استهلاك الطاقة.

5. طريقة إنتاج عصير الرمان ومركزاته

يُعدّ عصير الرمان من أهم المنتجات التجارية التي تهتم قطاعات الصناعات

6. خواص الانسيابية

يعرف علم مبحث انسياب الأغذية بأنه العلم الذي يهتم بدراسة تشوه المواد الغذائية وانسيابها تحت تأثير القوى المؤثرة عليها؛ حيث تختلف خواص الانسيابية للمواد الغذائية السائلة بناءً على الصورة المتواجدة بها، فمنها المائع أو المستعلق (Ahmed *et al.*, 2016).

هناك العديد من الخواص الهندسية التي يجب أخذها بالحسبان عند دراسة خواص الانسيابية للمواد الغذائية منها اللزوجة واللزوجة الظاهرية؛ حيث تعد من أهم العوامل المؤثرة على العمليات التصنيعية للعصائر مثل التركيز، والتبخير، والضخ، والتجانس للحصول على مركبات عالية الكثافة (Assiry and Elansari, 2002). تعرف اللزوجة بأنها عبارة مقاومة السائل لحركة الجزيئات ويمثلها معامل اللزوجة؛ حيث يستخدم مصطلح اللزوجة في التصنيع الغذائي كمعلم أساسي لقياس مدى تماسك المادة الغذائية تحت ظروف معينة. توجد العديد من المعادلات الرياضية المستخدمة في قياس لزوجة السوائل والمستعلقات. ففي حالات الموائع التي تحتوي على مواد صلبة غير ذائبة يمكن استخدام المعادلة التالية (Zhong and Daubert, 2013).

$$\mu = \mu_L(1 + 2.5X_C) \quad (1)$$

حيث

X_C تركيز الجسيمات في صيغة عشرية.

μ_L لزوجة السائل.

في حين أن اللزوجة الظاهرية في حالة السوائل غير النيوتينية هي لزوجة السائل النيوتيني الذي يبدي نفس المقاومة للانسياب عند اجهاد القص أو معدل القص الذي يجري اختياره. يتم إيجادها عن طريق ميل الخط المستقيم الذي يصل النقطة الممتازة في المنحنى غير الخطي بنقطة الأصل. يوجد العديد من العوامل المؤثرة على اللزوجة منها الطور الذي فيه المادة الغذائية أثناء عملية التصنيع، وخصائص التدفق للمادة الغذائية، وتركيب الغذاء. أثناء عملية التصنيع الغذائي، تكون أغلب المنتجات الغذائية على هيئة مستعلقات أو محاليل مركزة عند نقطة معينة من عمليات التصنيع. عند دخول المنتج الغذائي في العملية التصنيعية يكون على صورة مستعلق، وبالتالي لا بد من نقله على هذه الصورة. وتعد عملية نقله بهذه الصورة صعبة؛ وذلك لصعوبة نقلها بالسرمان الطبقى، وبالتالي تتكون رواسب في جدران الأنابيب وأجهزة النقل (Ahmed *et al.*, 2016).

كما يوجد العديد من الأجهزة التي يمكن استخدامها في قياس خواص الانسيابية للسوائل الخفيفة أو السوائل ذات التركيز المرتفع منها أجهزة قياس اللزوجة ذات السريان الشعري، وأجهزة قياس اللزوجة من النوع الفوهة وذات الكرة الساقطة، وأجهزة قياس اللزوجة الدورانية وذات الأسطوانة المتمركزة، وغيرها من الأجهزة (Sahin and Sumnu, 2006).

تكمُن أهمية دراسة خواص الانسيابية للأغذية في توفير معلومات تساعد في فهم عملية انتقال الحرارة والكتلة (Kaur *et al.*, 2002)، والتعرف على خواص الجودة للمنتجات الغذائية وتقييمها، وفهم سلوك السريان للأغذية، وفي إجراء الحسابات الهندسية للتصميم المناسب للوحدات التصنيعية عن طريق تقدير معدلات انتقال الحرارة والكتلة، وتحديد معدل الضخ في المضخة ومتطلبات الطاقة، والتعرف على النماذج الرياضية التجريبية التي يمكن استخدامها حسب نوع المنتج الغذائي، كما يمكن استخدامها في عمل اختبارات التقييم الحسي وخواص الجودة للغذاء (Sahin and Sumnu, 2006; Razavi *et al.*, 2007).

6.1. خواص الانسيابية لعصير التمر ومركزاته:

تعتمد خواص الانسيابية لعصير التمر على العديد من العوامل أهمها كمية المواد الصلبة الذائبة، وكمية الماء فيها، ودرجة الحرارة، ومكونات ثمرة التمر. وتوجد العديد من طرق القياس لهذه الخواص منها ملاحظة التشوه الناتج عن تسليط قوة في خلال زمن معين (Marcotte *et al.*, 2001).

لا بد من معرفة خواص الانسيابية لعصائر التمور، وفهم خصائص التدفق

لها على درجات الحرارة والتركيزات المختلفة. جرى استخدام العديد من النماذج الرياضية لتمثيل سلوك السريان لعصير التمر ومركزاته وبعض المنتجات السائلة وشبه السائلة للتمور مثل نموذج (Power law)، ونموذج (Herschel-Bulkley)، ونموذج (Bingham)، ونموذج (Cross). درس Razavi *et al.* (2007) الخواص الريولوجية لمعجون السمسم وعصير التمر قليل المحتوى الدهني بدلالة التغير في المحتوى الدهني ودرجة الحرارة. ولاحظ أن معجون السمسم مع عصير التمر يسلك سلوكاً غير نيوتيني، وأن نموذج (Power law) مثله بشكل صحيح. في حين قام Ahmed *et al.* (2005) بالتحقق من تأثير درجة الحرارة على خواص الانسيابية لعجينة التمر، وأظهرت النتائج أن لزوجة عجينة التمر تقل مع انخفاض درجة الحرارة.

توجد العديد من الدراسات التي قامت بقياس وتقدير خواص الانسيابية لعصير التمر بمركزاته المختلفة منها (Gabsi *et al.*, 2013). حيث قام بقياس وتقدير خواص الانسيابية لعصير التمر المركز. وذلك عند أربع درجات حرارة مختلفة (20، 40، 60، 80°م) على أربعة تراكيز مختلفة (17، 24، 31، 39 برنس) بمعدل إجهاد من 10-100 ثانية⁻¹. كما تم استخدام النموذج الرياضي ليوضح العلاقة بين إجهاد القص ومعدل القص، وأظهرت النتائج أن معامل التماسك، ومعامل التدفق لهما تأثير كبير على التغيرات الناتجة من تأثير درجة الحرارة والتركيز. كما أظهرت النتائج أن اللزوجة الظاهرية تزيد بزيادة تركيز المواد الصلبة في عصير التمر، ومع انخفاض درجة الحرارة.

كما درس Habibi-Najafi and Alaei (2006) خواص الانسيابية لعصير التمر مع مزيج عجينة السمسم؛ حيث استخدم تراكيز مختلفة لعصير التمر من المواد الصلبة (60، 65 برنس)، كما تم خلط عجينة السمسم بمعدل (45، 50، 55 %). تم قياس اللزوجة للخليط على درجة حرارة (25، 35، 45°م). تم الحصول على اللزوجة الظاهرية، كما تم استخدام السرعة لوصف سلوك السريان باستخدام نموذج (power law). تم قياس دليل التماسك لجميع العينات، وقد لوحظ أنه ($k > 1$) بمعدل 4.11-8.2 (باسكال. ثانيةⁿ).

كما قام Kamisile and Mohammed (2019) بدراسة خواص الانسيابية لدبس التمر المخلوط مع عجينة السمسم؛ حيث تمت معاملته على نسبة مواد صلبة (20-55%)، بدرجات حرارة (25-60°م)، باستخدام جهاز قياس لزوجة دوراني ذي أسطوانتين متداخلة عند معدل قص في حدود (2.5-30 ثانية⁻¹). وأظهرت النتائج أن جميع التراكيز المدروسة بين الدبس وعجينة السمسم سلكت السلوك الانسيابي عند جميع درجات الحرارة. تم إيجاد اللزوجة الظاهرية بالاعتماد على نموذج (Power-law)، ومعامل دليل سلوك السريان (n)، ودليل التماسك (k) بالاعتماد على البيانات التجريبية.

كما قام الأمشيطي (2017) بدراسة إنتاج دبس التمر من صنف تمر السكري والخلص على المستوى المعمل التجريبي. واشتملت العمليات المتكاملة الرئيسية على إزالة النوى والفرم الميكانيكي لإنتاج عجينة التمر، والخلط والتسخين لعجينة التمر مع الماء المضاف لإنتاج مستعلق التمر المتجانس، ومن ثم ترشيح المستعلق لإنتاج عصير التمر الصافي، الذي جرى تركيزه تحت تفريغ لإنتاج دبس التمر عالي الجودة. وقد جرى قياس العديد من الخواص الهندسية من ضمنها خواص الانسيابية؛ إذ تم قياسها بجهاز لزوجة دوراني، وكانت حدود معدلات القص 0.000-200 ثانية⁻¹، وحدود درجات الحرارة 5-80°م، وقد تمت مواءمة النتائج التجريبية للقياسات الانسيابية بنجاح كبير باستخدام معادلة قانون الأس. كما جرى قياس خواص الانسيابية الأساسية لمشروب الحليب المنكه بدبس التمر عند درجات الحرارة 5 و 10 و 25 و 40 و 60 و 80°م في حدود معدلات القص 0.00 - 200 ثانية⁻¹. وكما هو متوقع فقد انخفضت قيم اللزوجة لجميع العينات بزيادة درجة الحرارة. وقد تمت مواءمة النتائج التجريبية للقياسات الانسيابية بنجاح كبير باستخدام معادلة قانون الأس. قدرت متوسطات اللزوجة الظاهرية لمشروب الحليب المنكه بدبس التمر على مدى معدلات القص التي تم تطبيقها (0.00-200 ثانية⁻¹)، وتم حسابها بدلالة درجة الحرارة في الحدود 5-80°م؛ حيث قلت قيمها بارتفاع درجة الحرارة. وقد تفاوتت قيم اللزوجة المتوسطة في الحدود 1.350-5.750 و 1.080-4.230 و 1.500-5.790 و 0.970-3.800 مل. باسكال. ثانية لمشروب حليب البقر بدبس السكري (15%)، وحليب البقر بدبس الخلاص (10%)، وحليب النوق بدبس السكري (15%)، وحليب النوق بدبس الخلاص (10%) على الترتيب. كما تمت

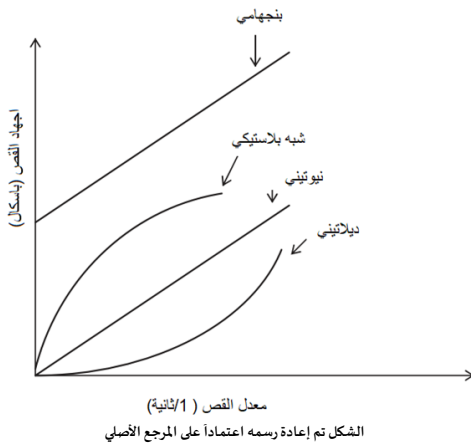
ديس الرمان مخلوط مع عجينة السهم	60,50,40,30,25	55,40,30,20	30-25	أظهرت النتائج أن اللزوجة الظاهرية تزيد بزيادة تركيز المواد الصلبة وانخفاض درجة الحرارة، وأن (Power Law Model) وصف سلوك السريان لجميع التركيزات كان بشكل جيد. كما اقترحت هذه الدراسة استخدام أربع معادلات لوصف تأثير درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة، ولوحظ أن هذه المعادلات استطاعت التنبؤ بترتيب جودة المنتج.	Kamisli and Mohammed (2019)
--	----------------	-------------	-------	--	-----------------------------

7. سلوك السريان الانسيابي

تصنف المواد الغذائية السائلة وشبه السائلة من حيث سلوك السريان إلى مجموعتين هما: مجموعة ذات سلوك نيوتوني، ومجموعة ذات سلوك غير نيوتوني. يبين الشكل (3) رسم تخطيطي للعلاقة بين إجهاد القص ومعدل القص لمجموعة من المواعن النيوتونية وغير النيوتونية. توجد العديد من المعادلات المستخدمة لوصف سلوك سريان التدفق للمنتجات الغذائية منها الخطية، وهي تستخدم في حالة المواعن ذات السريان النيوتوني، ومنها الأسّي، وتستخدم في حالة سريان بنجهامي أو شبه البلاستيكي (Marcotte *et al.*, 2001).

تعرف المادة الغذائية السائلة ذات السلوك النيوتوني بأنها المادة التي تكون لزوجتها مستقلة عن معدل القص (Sahin and Sumnu, 2006). أما المواد الغذائية السائلة ذات السلوك غير النيوتوني فإن لزوجتها تعتمد على معدل القص، ويمكن تصنيفها إلى صنفين: مواد غذائية ذات السريان غير نيوتونية والمعتمدة على الزمن، وأخرى غير معتمدة على الزمن (Assiry and Elansar, 2002). كما تصنف المواد الغذائية ذات السلوك غير النيوتوني والمعتمدة على الزمن إلى سائل هلامي، وتتميز بأنها عند قياس اللزوجة عند مستوى منخفض فإنها تتناقص مع مرور الزمن، تفقد هذه السوائل لزوجتها عند معدل قص ثابت مثل معجون التمر. بينما السوائل غير النيوتونية وغير المعتمدة على الزمن فإن اللزوجة لا تتغير فيها مع الزمن. ويوجد ثلاثة أشكال منها السريان شبه البلاستيكي، وسريان بنجهامي (Sahin and Sumnu, 2006).

شكل (3): رسم تخطيطي تمثيلي يوضح العلاقة بين معدل القص وإجهاد القص للمواعن النيوتونية وغير النيوتونية (Sahin and Sumnu, 2006).



الشكل تم إعادة رسمه اعتماداً على المرجع الأصلي

يوجد العديد من العوامل المؤثرة على سلوك السريان للمادة الغذائية منها تركيز المواد الصلبة في المادة الغذائية السائلة، ودرجة الحرارة، وبعض خواص الانسيابية مثل اللزوجة الظاهرية التي تعرف بأنها الخاصية المعبرة عن مقاومة السريان عند معدل قص محدد (Alanazi, 2010). بينت الدراسات السابقة أن اللزوجة الظاهرية تتناقص مع زيادة معدل القص بالنسبة للسوائل النيوتونية. أما بالنسبة للسوائل غير النيوتونية سواء المستعقات أو المركزات فإنه تحدث بعض التعقيدات في قياس اللزوجة الظاهرية لها، وقد تم اقتراح العديد من النماذج الرياضية لاستخدامها في قياس هذه الخاصية، ففي حالة السلوك نوع بنجهامي (Ahmed *et al.*, 2016).

$$\tau = k \left[-\frac{dv}{dy} \right]^n \quad (2)$$

حيث

k معامل القوام (باسكال. ثانيةⁿ)
 n مؤشر سلوك السريان.

أما بالنسبة للسوائل ذات السريان غير النيوتونية شبه البلاستيكي، والتي

مواءمة النتائج التجريبية للزوجة المتوسطة لكل من العينات الأربع لمشروب الحليب بالديس بمعادلة أسية تعبر عن اللزوجة المتوسطة بدلالة درجة الحرارة، وكانت المواءمة الرياضية ممتازة بقيم معاملات ارتباط (R^2) في الحدود 0.937-0.969. الجدول (1) يوضح ملخص أهم الدراسات عن خواص الانسيابية لعصير التمر ومركزاته.

جدول (1): ملخص عن أهم الدراسات في خواص الانسيابية لعصير التمر ومركزاته

المنتج	درجة الحرارة (°م)	الصلبة (بركس)	معدل القص (ثانية ⁻¹)	النتائج	المرجع
مركز عصير التمر	80,60,40,20	39,31,24,17	100-10	أظهرت النتائج أن اللزوجة الظاهرية تزيد بزيادة تركيز المواد الصلبة وانخفاض درجة الحرارة في مركز عصير التمر، كما أن سلوك السريان لجميع التركيزات يكون (Power Law Model) استطاع وصف سلوك السريان لجميع التركيزات.	Gabsi <i>et al.</i> (2013)
عصير التمر/مزيج عجينة السهم	25,35,45,55	60,65	100-10	أظهرت النتائج أن معامل التماسك لجميع العينات المدروسة أكبر من 1. ومعامل التدفق (n) أقل من 1. كما أن معادلة أرهينياس وصفت تأثير درجة الحرارة والتركيز بشكل جيد.	Habibi-Najafi and Alaei (2006)

6.2. خواص الانسيابية لعصير الرمان ومركزاته:

تعتمد خواص الانسيابية لعصير الرمان على العديد من العوامل أهمها نوع الصنف، ومدى نضجه، والمكونات الكيميائية للرمان، وتركيز المواد الصلبة في العصير، ودرجة الحرارة. تعتمد قيم معامل سلوك السريان على العديد من العوامل أهمها معامل التماسك، وطاقة التنشيط، ودليل سلوك السريان (Cevik *et al.*, 2014). هناك العديد من الدراسات التي قامت بالتحقق من خواص الانسيابية لعصير الرمان ومركزاته، منها دراسة (Hobani, 1994) حيث قام بدراسة خواص الانسيابية لعصير الرمان، ودراسة سلوك السريان لثلاثة أنواع من عصيرات الرمان (الطائفي، والبناي، والمنفلوطي) باستخدام جهاز قياس لزوجة دوراني ذي أسطوانتين متداخلتين في حدود تركيزات مستخلصة (13.7-0.65 بركس)، وحدود معدلات قص (10-979 ثانية⁻¹)، وحدود درجات حرارة (25-70°م). وأظهرت النتائج أن معادلة القانون الأسّي ($\tau = k\dot{\gamma}^n$) مناسبة لوصف سلوك العصائر المختلفة، كما أظهرت النتائج أن قيم دليل سلوك السريان (n) في حدود أقل من 1، كما أن تأثير درجة الحرارة على اللزوجة الظاهرية لعصائر الرمان كان واضحاً في خفض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة، بينما كان دليل التماسك (k) مختلفاً اختلافاً معنوياً بالنسبة لأنواع الرمان الثلاثة. كما درس Cevik *et al.* (2014) التغيرات في خواص الانسيابية لعصير الرمان أثناء عملية التركيز، وفي هذه الدراسة، تم التحقق من التغيرات التي تحدث لخواص الانسيابية خلال عملية التبخير؛ ليبين تأثير العمليات الحرارية على المواد الصلبة في العصير؛ إذ تمت الدراسة عند تركيز مواد صلبة ذاتية (20، 30، 40، 50 %). حيث تم استخدام المبخر الدوار، وتم قياس خواص الانسيابية عند معدل قص (0-264 ثانية⁻¹) باستخدام جهاز قياس اللزوجة الأسطواني الدوار. أظهرت النتائج أن اللزوجة الظاهرية تزداد مع زيادة تركيز المواد الصلبة؛ حيث بلغت اللزوجة الظاهرية 0.0024 باسكال. ثانية للعصير الطازج. في حين زادت القيمة مع زيادة تركيز المواد الصلبة؛ حيث بلغت عند زيادة تركيز المواد الصلبة 50% (0.01342) باسكال. ثانية. كما تم استخدام أربعة نماذج رياضية لملاحظة أفضل نموذج توائم مع النتائج التجريبية، وهي (Newton model, Power Law model, Bingham model and Herschel – Bulkley model). وقد لوحظ أن نموذج (Power Law) أفضل نموذج لوصف النتائج التجريبية، كما أن بيانات خواص الانسيابية المتحصل عليها في هذه الدراسة يمكن أن تفيد عملية صناعية أخرى مثل نظم الضخ. الجدول (2) يوضح ملخص أهم الدراسات عن خواص الانسيابية لعصير الرمان ومركزاته.

الجدول (2): ملخص عن أهم الدراسات في خواص الانسيابية لعصير الرمان ومركزاته

المنتج	درجة الحرارة (°م)	الصلبة (بركس)	معدل القص (ثانية ⁻¹)	النتائج	المرجع
عصير الرمان	70-25	0.65-13.7	10-979	أظهرت النتائج أن معادلة القانون الأسّي ($\tau = k\dot{\gamma}^n$) مناسبة لوصف سلوك العصيرات المختلفة. كما أظهرت النتائج أن قيم دليل سلوك السريان (n) في حدود أقل من 1، وأن تأثير درجة الحرارة على اللزوجة الظاهرية لعصيرات الرمان كان واضحاً في خفض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة.	Hobani (1994)
عصير الرمان	20,30,40,50	264-0	264-0	أظهرت النتائج أن قيمة اللزوجة الظاهرية تزداد مع زيادة تركيز المواد الصلبة؛ حيث بلغت اللزوجة الظاهرية.	Cevik <i>et al.</i> (2014)

في الحدود 0.032–0.06 باسكال. ثانية⁻¹ و 0.789–1.000. وكذلك ازدادت قيم معامل التماسك بصورة منتظمة مع انخفاض درجة الحرارة، في حين لم يتبع دليل سلوك السريان نمطاً منتظماً.

كما استنتج الأمشيطي (2014) أن مشروبي حليب البقر مع دبس السكري (15%) وحليب البقر مع دبس الخلاص (10%) يتبعان سلوكاً غير نيوتوني لمعظم درجات الحرارة التي جرى اختبارها. وقد تفاوتت قيم معامل التماسك وقيم دليل سلوك السريان لكلا المشروبين في الحدود 0.144–0.013 باسكال. ثانية⁻¹ و 0.672–1.000، ولم يتبع كل من معامل التماسك ودليل سلوك السريان نمطاً منتظماً مع تغير درجة الحرارة. أما مشروب حليب النوق مع دبس السكري (15%) فقد اتبع سلوكاً نيوتونياً (n=1.00) عند درجتي الحرارة 25 و 40 °م، وسلوكاً غير نيوتوني عند درجات الحرارة 5 و 10 و 60 و 80 °م، وتفاوتت قيم معامل التماسك ودليل سلوك السريان للمشروب في الحدود 0.017–0.086 باسكال. ثانية⁻¹ و 0.902–1.000 على التوالي. وأظهر مشروب حليب النوق مع دبس الخلاص (10%) أ سلوكاً نيوتونياً (n=1.00) عند درجات الحرارة 5 و 10 و 25 و 40 °م، وسلوكاً غير نيوتوني عند درجتي الحرارة 60 و 80 °م. وفي حدود درجات الحرارة 5–80 °م، تفاوتت قيم معامل التماسك ودليل سلوك السريان في الحدود 0.014–0.047 باسكال. ثانية⁻¹ و 0.681–1.000. يوضح الجدول (3) ملخصاً عن أهم الدراسات عن سلوك السريان الانسيابي لعصير التمر ومركزاته.

الجدول (3): يوضح ملخصاً عن أهم الدراسات عن سلوك السريان الانسيابي لعصير التمر ومركزاته

المرجع	سلوك السريان	المنتج
Hobani (1998)	عند تركيز 20,30 بركس يسلك سلوكاً نيوتونياً، وفي باقي التراكيز يسلك سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي.	عصير تمر (الخضري، السري، الصفري)
Hassan and Hobani (2002)	جميع الأنصاف تسلك سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي.	معجون تمر (صفري وسري)
Gabisi et al. (2013)	يسلك سلوكاً غير نيوتوني.	عصير التمر المركز
Gadallah et al. (2015)	يسلك سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي.	مربي تمر البرقي مع هريس الجوز والبقلطن
الجمدان (2000)	يسلك سلوكاً غير نيوتوني.	مشروب الحليب بدبس التمر (خلاص، نيوت سيف والسكري)

7.2. سلوك السريان لعصير الرمان ومركزاته:

إن معرفة سلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان ومركزاته مهم للعديد من عمليات التصنيع الغذائي ومراقبة الجودة والتقييم الحسي والتطبيقات الهندسية أثناء تصميم المنشآت الصناعية، وأيضاً في تحديد متطلبات الطاقة اللازمة للضخ. توجد العديد من العوامل المؤثرة على سلوك السريان لعصير الرمان أهمها تركيز المواد الصلبة، ودرجة الحرارة، والتركيب الكيميائي له؛ حيث يتكون العصير من مواد صلبة ذائبة. كما أن المعاملات الحرارية تؤثر على سلوك السريان لعصير الرمان، بالتالي لابد من دراسة الخواص الطبيعية والحرارية والديناميكية الانسيابية للعصير؛ من أجل فهم عمليات إنتاج عصير الرمان والتحكم به (Salehi, 2020).

يوجد العديد من الدراسات التي قامت بوصف سلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان ومركزاته اعتماداً على مكونات العصائر، ونسبة المواد الصلبة الذائبة، وتأثير درجة الحرارة والضغط؛ حيث استخدم العديد من الباحثين النموذج النيوتوني لوصف سلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان ومركزات (Cevik et al., 2014; Altan and Maskan, 2004; Hobani, 1994). وتطرق هذه الدراسات لسلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان بتركيزاته المختلفة في نطاق درجة حرارة 20–90 °م، وتركيزات 75–17.5 بركس. كما توجد العديد من الدراسات التي قامت بدراسة سلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان منها دراسة (Hobani, 1994)، والتي كانت عن سلوك السريان لعصيرات الرمان، وأظهرت النتائج أن عصير الرمان يسلك سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي؛ حيث تم استخدام ثلاثة أنواع من الرمان (الطائفي، والبناي، والمنفلوطي) في حدود تركيزات مستخلصة 0.65–13.7 بركس، وحدود معدلات قص 10–979 ثانية⁻¹، وحدود درجات حرارة 25–70 °م. كما قام Altan and Maskan (2005) بدراسة سلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان في حدود تراكيز 17.5–75 بركس، وعلى حدود درجة حرارة 10–55 °م باستخدام طريقة التراكيز، وأظهرت النتائج أن طريقة التركيز لم تؤثر على سلوك التدفق عند مستوى معنوية (P > 0.05)، كما أن عصير الرمان يسلك سلوك النيوتوني. كما قام Srorr and Helmy (2016) بدراسة سلوك السريان لعصير الرمان أثناء عملية التبخير بتركيزات مواد صلبة ذائبة (23، 30، 40، 50، 60، 70%)، ودرجات حرارة مختلفة (30، 40، 50، 60، 70 °م)، ومعدلات قص تتراوح من 9.30 إلى 39 ثانية⁻¹. وأظهرت النتائج أن عصير الرمان يسلك

تمثل أغلب السوائل مثل مستعلق التمر، ومركز الرمان، فإن الموائع بعد وصولها إلى نقطة الخضوع الابتدائية سيكون لها استجابة. يمكن وصف السوائل شبه البلاستيكية باستخدام المعادلة التالية (Sahin and Sumnu, 2006).

$$\tau = k \left[-\frac{dv}{dy} \right]^n + \tau_y \quad (3)$$

تم تمثيل الأنواع المختلفة لأشكال سريان المواد الغذائية السائلة وشبه السائلة باستخدام نموذجين؛ الأول يكون مستقلاً لا يعتمد على الزمن، وفي حين يعتمد الآخر على الزمن. النماذج الرياضية المستقلة عن الزمن غالباً ما تستخدم لتحديد الخواص المميزة للسوائل مثل قانون نيوتن، والقانون الأسّي، وقانون هرشل-بلكي (Assiry and Elansari, 2002). تأتي أهمية معرفة سلوك السريان لعصائر الفاكهة؛ لأنه يلعب دوراً مهماً في التعرف على التغيرات التي تحصل للهيكل التركيبي لعصير المادة الغذائية أثناء تعرضها للحرارة (Ahmed et al., 2016).

7.1. سلوك السريان الانسيابي لعصير التمر:

بعد معرفة سلوك السريان لعصير التمر ومركزاته مهماً لدى مهندسي التصنيع الغذائي؛ وذلك لتأثيره المباشر على العديد من العمليات التصنيع الغذائي مثل الترشيح، والتبخير، والفصل، والغليان. توجد العديد من المعادلات المستخدمة لوصف سلوك التدفق لعصير التمر ومركزاته منها النيوتوني أو الأسّي أو بنجهايمي (Marcotte et al., 2001).

يوجد العديد من العوامل المؤثرة على سلوك السريان لعصير التمر ومركزاته أهمها تركيز المواد الصلبة، ودرجة الحرارة، وتركيب المادة الغذائية، وكمية الماء فيه (Hassan et al., 2002). إن معرفة سلوك السريان الانسيابي لعصائر الفاكهة يساعد في فهم عمليات انتقال الحرارة والكتلة، كما أن المعلومات المتعلقة بسلوك السريان للأغذية تساعد في زيادة تطور عمليات التصنيع الغذائي (Hobani, 1998).

يوجد العديد من الدراسات التي قامت بدراسة سلوك السريان لعصير التمر ومركزاته المختلفة منها دراسة (Hobani, 1998)، والتي كانت عن سلوك السريان لمركز التمر- الماء لثلاثة أنصاف من التمر (الخضري، صفري، وسري) بتركيز (20، 30، 40، 50، 60، 70 بركس). تم استخدام جهاز قياس اللزوجة الدوراني ذي الأسطوانات المتداخلة، وأظهرت النتائج أنه عند تركيز 20 و 30 بركس فإنه يسلك سلوكاً نيوتونياً عند درجة حرارة بحدود 25–85 °م، في حين عند تركيز (40، 50، 60، 70 بركس) فإن مركز التمر والماء سلك سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي. كما درس Hassan and Hobani (2002) خصائص السريان لمستعلقات معاجين التمر؛ حيث قاموا بتقدير خصائص السريان لمستعلقات معاجين صنف (صفري، وسري) تجريبياً. في حدود معدلات القص من 50 إلى 500 (ثانية⁻¹)، ودرجات الحرارة من 5 إلى 55 °م، وتراكيز من 22.34 إلى 29.79 مواد صلبة كلية %. وأظهرت النتائج أنه يسلك سلوكاً غير نيوتوني (شبه بلاستيكي) لجميع مستعلقات معاجين التمر، وأن قيم دليل سلوك السريان (n) تراوحت في الحدود من 0.266 إلى 0.445. ومعامل التماسك (k) ومن 0.949 إلى 7.302 باسكال. ثانية⁻¹. كما قام Mohamed and Hassan (2016) بدراسة خواص الانسيابية لمركز التمر؛ حيث تم استخدام مركز تمر البرقي. أظهرت النتائج أن مركز التمر سلك سلوكاً غير نيوتوني (thixotropic) من الرتبة الأولى.

كما درس الأمشيطي (2014) سلوك السريان لعينات دبس التمر من صنف (السكري، والخلاص)؛ حيث تم قياسها بجهاز لزوجة دوراني، وكانت حدود معدلات القص 0.000–200 ثانية⁻¹، وحدود درجات الحرارة 5–80 °م. وقد تمت مواءمة النتائج التجريبية للقياسات الريولوجية بنجاح كبير باستخدام معادلة قانون الأس. وقد أوضحت النتائج أن دبس السكري يتبع سلوكاً غير نيوتوني تفاوتت فيه قيم معامل التماسك وقيم دليل سلوك السريان في الحدود 0.970–38.944 باسكال. ثانية⁻¹ و 0.759–0.922 على التوالي؛ حيث ازدادت قيم معامل التماسك بصورة منتظمة مع انخفاض درجة الحرارة، في حين لم يتبع دليل سلوك السريان نمطاً منتظماً مع تغير درجة الحرارة. أما دبس الخلاص فقد اتبع سلوكاً نيوتونياً عند درجات الحرارة العالية 40 و 60 و 80 °م، وسلوكاً غير نيوتوني عند درجات الحرارة 5 و 10 و 25 °م. وقد تفاوتت قيم معامل التماسك وقيم دليل سلوك السريان

تركيز المواد الصلبة وانخفاض درجة الحرارة. كما تم وصف العلاقة بين معامل التماسك والتركيز لجميع نسب الخلط باستخدام النموذج الأساسي؛ حيث يستخدم النموذج لتوضيح تأثير درجة الحرارة والمواد الصلبة الذائبة في الدبس على اللزوجة الظاهرة. يبين الجدول (5) طاقة التنشيط ودليل سلوك السريان ومعامل التماسك لعصير التمر والرمان ومركزتهما لبعض الدراسات.

الجدول (5): طاقة التنشيط ودليل سلوك السريان ومعامل التماسك لعصير التمر والرمان ومركزتهما.

المنتج	طاقة التنشيط (جول/مول)	دليل سلوك السريان	معامل التماسك (باسكال. ثانية)	المرجع
معجون التمر لصفي الصفري والسري	16780-13701.5	-0.266 0.445	7.302-0.949	Hassan and Hobani (2002)
عصير التمر/مزيج عجينة السمسم	29478-22366.32	0.7-0.34	8.2-4.11	Habibi-Najafi and Alaei (2006)
عصير التمر (الخضري، صفري، سري)	33000-19000	-0.605 0.988	0.102-0.002	Hobani (1998)
عصير الرمان (الطافني، البتاني والنفلوطي)	-	-0.776 0.974	0.53-0.0032	Hobani (1994)
عصير الرمان الملبزي	24.05-9.07	1.45-0.97	0.075-0.0013	Bodhodak et al (2013)
عصير الرمان	32.2-5.34	-	-	Altan and Maskan (2003)

9. النمذجة الرياضية لخواص الانسيابية

تهدف النمذجة الرياضية إلى دراسة سلوك السريان لعصائر الفاكهة؛ مما يساعد في تطوير التقنيات المختلفة بشكل أسرع وأوفر من التجارب العملية المكلفة. يمكن وصف سلوك التدفق لعصائر الفواكه، وذلك باستخدام العديد من النماذج الرياضية بالاعتماد على طبيعة العصائر. النماذج الرياضية المستقلة عن الزمن غالباً ما تستخدم لتحديد خواص الانسيابية المميزة للعصائر من هذه القوانين قانون نيوتن معادلة (6)، وقانون الأس معادلة رقم (7)، وقانون هرشل بلكي معادلة رقم (8).

$$\tau = \mu \gamma \quad (6)$$

$$\tau = K \gamma^n \quad (7)$$

$$\tau = \tau_0 + K \gamma^n \quad (8)$$

حيث

τ إجهاد القص (Pa)؛ γ معدل القص 1/ثانية؛ μ اللزوجة (Pa.s)؛ K معامل التماسك (باسكال. ثانيةⁿ)، n مؤشر سلوك التدفق، τ_0 الإجهاد العائد (Pa).

تم استخدام النماذج الرياضية السابقة على نطاق واسع من معدلات القص، وفي مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأغذية السائلة وشبه السائلة، في حين تم استخدام النموذج الأخير (هرشل بلكي) ليناسب سلوك السريان الانسيابي للأغذية المختلفة. وبسبب تعرض عصائر الفاكهة لدرجات حرارة وضغوط وتركيزات مختلفة أثناء العمليات التصنيعية المختلفة مثل التخزين، والتركيز، والتبخير، والتسويق، والاستهلاك؛ لابد من دراسة تأثير اللزوجة كدالة لدرجة الحرارة والضغط والتركيز؛ حيث تختلف عصائر فاكهة التمر والرمان اختلافاً كبيراً في سلوكها الريولوجي.

توجد العديد من الدراسات التي قامت بعمل نمذجة رياضية للخواص الانسيابية لعصير التمر والرمان ومركزتهما منها دراسة الحمدان (2000)؛ إذ قام بعمل نمذجة رياضية تجريبية للخواص الانسيابية لمشروب الحليب بنكهة دبس التمر، وتمت دراسة السلوك الانسيابي لمشروب الحليب بالدبس؛ حيث أضيف الدبس لثلاثة أصناف من التمر (خلاص، ونبوت سيف، وسكري) بمعدل 2.5-15 مل/100 مل حليب باستخدام جهاز قياس لزوجة ذي محور دوراني مخروطي عند حدود درجات حرارة 5-65 °م. وعند معدل قص صفر-500 ثانية⁻¹. تراوحت قيم اللزوجة الظاهرية بين 0.02 إلى 1.06 باسكال. تم استخدام نموذجين رياضيين (الأسّي، وانحداري أو لوغاريثمي) للتعبير عن اللزوجة الظاهرية بدلالة كمية الدبس المضافة للحليب. ووجد أن النموذج الأسّي يعبر عن بيانات اللزوجة الظاهرية بشكل أفضل، فقد تراوح معامل الارتباط ما بين 0.943 و 0.989. كما تم استخدام نموذجين رياضيين آخرين أكثر شمولاً؛ ليتضمنتا تأثير اللزوجة الظاهرية بكل من درجة الحرارة، ومعدل القص، وكذلك كمية الدبس المضافة للحليب. وقد أظهرت النتائج أن النموذجين يعبران عن البيانات التجريبية بشكل جيد. كما قام Hassan and Hobani (2002) بعمل نمذجة رياضية لمعجون التمر، وتم تقييم نموذجين رياضيين للتنبؤ باللزوجة الظاهرية لمستقلات

سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي. يوضح الجدول (4) ملخصاً عن أهم الدراسات عن سلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان ومركزتهما.

جدول (4): يوضح ملخصاً عن أهم الدراسات عن سلوك السريان الانسيابي لعصير الرمان ومركزتهما

المنتج	سلوك السريان	المرجع
عصير الرمان	يسلك سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي.	Hobani, (1994)
عصير الرمان	يسلك سلوكاً النيوتوني	Altan and Maskan (2005)
عصير الرمان المركز	يسلك سلوكاً غير نيوتوني شبه بلاستيكي.	Sorror and Helmy (2016)

8. تأثير درجة الحرارة والمواد الصلبة الذائبة على خواص الانسيابية لعصير التمر والرمان

تعدُّ درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة في عصائر الفاكهة من أهم العوامل المؤثرة على خواص الانسيابية وسلوك سريان التدفق للأغذية. يجب معرفة تأثير هذه العوامل على خواص الانسيابية للأغذية؛ حيث تتعرض معظم المواد الغذائية إلى درجة الحرارة أثناء عملية التصنيع الغذائي المختلفة مثل البسترة، والتعقيم، وغيرها من العمليات (El-Mansy et al., 2005). يمكن التعبير عن تأثير درجة الحرارة على خواص الانسيابية للسوائل النيوتونية وغير النيوتونية من خلال معادلة أرهينياس أو النماذج المشابهة له (El-Mansy et al., 2005). تستخدم معادلة أرهينياس معادلة رقم (4) عموماً لربط درجة الحرارة مع خواص الانسيابية للأغذية (اللزوجة، واللزوجة الظاهرية، ومعامل القوام). توجد العديد من الدراسات التي استخدمت هذه المعادلة في التعرف على تأثير درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة على خواص الانسيابية لعصير التمر والرمان ومركزتهما (Cevik et al., 2014; Hobani, 1998; Mohamed and Hassan, 2016).

$$\mu_a = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (4)$$

حيث

A ثابت، E_a طاقة التنشيط، R ثابت الغاز العام، T درجة الحرارة المطلقة. يمكن تحديد العوامل (4)، (E_a)، وذلك بقياس اللزوجة الظاهرية عند درجات حرارة مختلفة (Cevik et al., 2014).

تتعرض عصائر الفاكهة أثناء عملية التصنيع والتخزين لدرجة حرارة مرتفعة أو إضافة مكونات تزيد من تركيز المواد الصلبة في العصائر. يمكن معرفة تركيز المواد الصلبة الغذائية تقديرياً من خلال معرفة سلوك السريان، وذلك عن طريق معرفة دالة اللزوجة (Bodhodak et al., 2013).

يوجد العديد من النماذج الرياضية التي يمكن استخدامها للتعبير عن تأثير درجة الحرارة على لزوجة السوائل النيوتونية ومعامل القوام للسوائل غير النيوتونية. تم اقتراح نموذج متعدد الحدود، والذي يُعدُّ كدالة في المحتوى الكلي للمواد الصلبة ودرجة الحرارة (الحمدان، 2000م).

$$\log \mu = A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + (B_0 + B_2 t^2) s + (C_0 + C_2 t^2) s^2 \quad (5)$$

من خلال البحث والاطلاع على الدراسات السابقة، لوحظ أن المعلومات عن تأثير درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة الذائبة على خواص الانسيابية لعصير التمر والرمان قليلة ونادرة؛ حيث قام (Ahmed et al., 2005) بالتحقق من تأثير درجة الحرارة على خواص اللزوجة وحركية التغير في اللون. كما تم تطوير نموذج للتنبؤ باللزوجة الظاهرية بالاعتماد على درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة. كما قام Habibi-Najafi and Alaei (2006) في دراسته بوصف تأثير درجة الحرارة على اللزوجة لعصير التمر الممزوج بعجينة السمسم باستخدام معادلة أرهينياس؛ حيث بلغت طاقة التنشيط (22.366-29.478 كجول/مول). أما بالنسبة لتأثير معدل القص على خواص التدفق فقد تبين أنه يكون من الرتبة الأولى، وبالتالي تم التنبؤ بسلوك السريان. كما بينت دراسة (Gabsi et al., 2013) أن تأثير تركيز المواد الصلبة ودرجة الحرارة على خواص الانسيابية لعصير التمر المركز يكون مختلفاً، وقد تم التعبير عنها باستخدام نموذج (Power Law)، وأن اللزوجة الظاهرية تزيد مع زيادة تركيز عصير التمر، وتتناقص مع ارتفاع درجة الحرارة عند جميع مستويات التركيز بالنسب للعصير.

ذكر Kamişle and Mohammed (2019) في دراسته لسلوك السريان الانسيابي لدبس التمر مع عجينة السمسم، أن قيمة اللزوجة الظاهرية تزيد مع زيادة

00966533130450, melamshity@ksu.edu.sa

م. الأمشيطي، مصري الجنسية، باحث مساعد بمعهد بحوث الهندسة الزراعية، ش نادي الصيد، الدقي، الجيزة، مركز البحوث الزراعية، وزارة الزراعة، جمهورية مصر العربية. حالياً طالب دكتوراة قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية. الاهتمامات البحثية مجالات هندسة التصنيع الغذائي المختلفة، ويشمل الخصائص الطبيعية والحرارية للمواد الغذائية، وتأثير ظروف التخزين على فترة صلاحية المنتجات الغذائية. والاهتمام بتقنيات وتصنيع التمر وخواصها المختلفة والصناعات التحويلية للتمر، والاهتمام بتطوير المنتجات الغذائية، واستخدام التقنيات الحديثة في مصانع الأغذية.

المراجع

الأمشيطي، محمود جلال قطب. (2014). *تطوير مشروب مغذي من حليب البقر والنوق بديس التمر*. رسالة ماجستير، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية.

الأمشيطي، محمود جلال قطب، حسن، بكري حسين، الخليفة، عبد الرحمن صالح، والحمدان، عبد الله محمد. (2017). الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية للحليب المنكه بديس التمر. *مجلة الجمعية السعودية للغذاء والتغذية*. جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية، 11(2)، 15-31.

حسن، بكري حسين. (2008). إنتاج دبس التمر وسكر التمر العالي الفركتوز على مستوى صناعي. في: *علي إبراهيم حوياني وعبد الرحمن عبد العزيز الجنوبي (محرران) تطبيقات هندسية في تصنيع التمر*. جامعة الملك سعود، الرياض: النشر العلمي والمطابع.

الحمدان، عبد الله محمد. (2000). *نمذجة رياضية تجريبية للخواص الانسيابية لمشروب الحليب بنكهة دبس التمر*. مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الزراعية، جامعة عين شمس، القاهرة، 19(1)، 35-55.

الحمدان، عبد الله محمد. (2008). صناعة التمر في المملكة بين الماضي والحاضر والمستقبل. في: *علي إبراهيم حوياني وعبد الرحمن عبد العزيز الجنوبي (محرران) تطبيقات هندسية في تصنيع التمر*. جامعة الملك سعود، الرياض: النشر العلمي والمطابع.

المركز الوطني للنخيل والتمر. (2020). *التقرير السنوي*. الرياض، المملكة العربية السعودية.

وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2020). *الكتاب الإحصائي*. إدارة الدراسات الاقتصادية والإحصاء، الرياض.

Abdulagatov, A., Magerramov, M., Abdulagatov, I. and Azizov, N. (2008). Effect of temperature, pressure and concentration on the viscosity of fruit juice: Experimental and modeling. In: J. Cantor (ed.) *Progress in Food Engineering Research and Development*. New York, USA: Nova Science Publishers.

Ahdno, H. and Jafarizadeh-Malmiri, H. (2017). Development of a sequenced enzymatically pre-treatment and filter pre-coating process to clarify date syrup. *Food and Bioprocess Processing*, 101(n/a), 193–204.

Ahmed, J., Ptaszek, P. and Basu, S. (2016). *Advances in Food Rheology and its Applications*. USA: Woodhead Publishing.

Ahmed, J., Ramaswamy, H.S. and Khan, A.R. (2005). Effect of water activity on glass transitions of date pastes. *Journal of Food Engineering*, 66(2), 253–58.

Al Hilfi, M.K., Al-Fekaiki, D.F. and Al-Hilphy, A.R. (2019). Identification and determination of metal elements of dates syrup extracted from various varieties using SEM-EDS technique. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 32(2), 126–34.

Alamshiti, M.J.Q. (2014). *Tatwir Mashrub Mughadhiy min Halib Albaqr Walnuwq Bidibs Altamura* 'Development of a Nutritional Drink from Cow's and Camel's Milk with Date Syrup'. Master Thesis, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia. [in Arabic].

Alamshiti, M.J.Q., Hassan, B.H., Alkhalifah, A. and Al Hamdan, A.M. (2017). Al-khosais al-vizyukimiya walhasia lehlib monke bedbes al-tamar 'Physicochemical and sensory characteristics of milk flavored with date syrup (Dibbs)'. *Journal King Saud University*, 11(2.1), 15–31. [in Arabic].

Alanazi, F.K. (2010). Utilization of date syrup as a tablet binder, comparative study. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(2), 81–9.

Alhamdan, A.M. (2000). Namdhaja radiate tajriba of alkhawas alainsiabia of the mashrub alhalib binakhat dabs altamr 'Experimental mathematical modelling of the rheological properties of the milk drink flavored with dates dibs'. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 9(1), 35–55. [in Arabic].

Alhamdan, A.M. (2008). Sinaeat altamr in Saudi Arabia between almadi and alhadir and almustaqbal 'The date industry in the Kingdom between the past, the present and the future'. In: A.I. Hobani and A.A. Al Janobi (eds.) *Tatbiqat Handasia in Tasnie Altommoore* 'Engineering

معاجين التمر لكل صنف كدالة للتركيز، ودرجة الحرارة، ومعدل القص. وقد عبر النموذجان الرياضييان بدرجة عالية عن كل النتائج التجريبية التي تم قياسها. كما قام (Hobani (1998)، بعمل نمذجة رياضية لوصف سلوك السريان الانسيابي لمركز التمر- الماء عند حدود درجة حرارة (25-95 °م). وأظهرت النتائج أن النموذج الأسّي استطاع توصيف مركز التمر والماء بشكل جيد. كما قام (Bodbodak et al., 2013)، بعمل نمذجة رياضية للخواص الانسيابية لعصير الرمان الماليزي؛ حيث تم عمل مواءمة للنتائج التجريبية باستخدام نموذج هرشل-بلكي، وأظهرت النتائج أن قيم دليل سلوك السريان (n) بين 0.97 و 1.45 عند جميع درجات الحرارة والتركيز وحدود معدلات قص الطبيعة. تم تطوير نموذج رياضي لوصف تأثير درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة على معامل التماسك لعصير الرمان وفقاً لظروف الدراسة. كما أظهرت النتائج أن تأثير تركيز المواد الصلبة على اللزوجة يمكن وصفها باستخدام النموذج الأسّي. كما قام (Magerramov (2007 في دراسته باستخدام العديد من النماذج الرياضية (نماذج الأسّي، قانون القوة).

10. الاستنتاجات

تُعدُّ عصائر التمر والرمان ومركزتهما من المنتجات شائعة الاستهلاك؛ لصفاتهما الحسية والتغذوية. يوجد العديد من الخواص الريولوجية التي تم قياسها والتنبؤ بها باستخدام النماذج المختلفة. تبين من الدراسة أن سلوك السريان لعصير التمر والرمان يكون غير نيوتوني شبه بلاستيكي. كما تبين أنه مع زيادة تركيز المواد الصلبة وانخفاض درجة الحرارة تزيد اللزوجة الظاهرية. تم التعبير عن تأثير درجة الحرارة على اللزوجة الظاهرية بشكل عام من خلال علاقة أرهينياس. يوجد العديد من النماذج الرياضية التي يمكن استخدامها لوصف دليل السريان. يُعدُّ النموذج الأسّي $\tau = k\dot{\gamma}^n$ هو النموذج الذي وصف سلوك السريان لعصير التمر والرمان.

نبذة عن المؤلفين

علي إبراهيم حوياني

قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية. 00966505770696, hobani@ksu.edu.sa

أ.د. حوياني حصل على درجتي الماجستير والدكتوراه في تخصص هندسة تصنيع الأغذية من جامعة كرانفيلد بإنجلترا عامي 1985 و 1989، على التوالي، وتمت ترقيته إلى درجة أستاذ دكتور عام 2002م. أعد وترجم 7 كتب في مجال التخصص كما نشر أكثر من 30 بحثاً علمياً في مجلات محلية وعالمية باللغتين العربية والإنجليزية، وله أكثر من 12 بحثاً في مؤتمرات محلية وعالمية. أشرف على وناقش 15 رسالة ماجستير، ويشرف حالياً على رسالة دكتوراه، له اهتمامات بحثية في العمليات المتكاملة في هندسة التصنيع الغذائي، البثق الحراري للأغذية، والخواص الهندسية للمواد الغذائية.

معاذ بدر عبده عثمان

قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية. 00966508290501, moath204@hotmail.com

م. عثمان يماني الجنسية، بكالوريوس في الهندسة الزراعية (جامعة صنعاء) وماجستير قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود. حالياً طالب دكتوراه قسم الهندسة الزراعية كلية علوم الأغذية والزراعة جامعة الملك سعود. يعمل محاضراً في قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة والبيئة جامعة صنعاء، اليمن. الاهتمامات البحثية في المعاملات الحرارية المختلفة وتأثيرها على الخواص الطبيعية والحرارية والميكانيكية للمنتجات الغذائية، وخصوصاً للحوم والاهتمام بالتقنيات الحديثة في مجال هندسة تصنيع الغذائي، التسخين الأومي، والميكروويف، والمعاملات الحرارية المستمرة للأغذية مثل البسترة والتعقيم.

محمود جلال الأمشيطي

قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية.

- fruits. *Journal of King Saud University Agricultural Science*, 5(2), 165–75.
- Kamişle, F. and Mohammed, D.A. (2019). Determination of rheological behavior of some molasses-sesame blends. *Turkish Journal of Science and Technology*, 14(1), 23–32.
- Krokida, M., Maroulis, Z., Saravacos, G. (2001). Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: Compilation of literature data. *International Journal of Food Properties*, 4(2), 179–200.
- Kuria, K.P. (2020). Food rheology using dynamic mechanical analysis; A short review. *International Journal of Research Publications*, 44(1), 1–4.
- Legua, P., Melgarejo, P., Martinez, M. and Hernández, F. (2000). Evolution of sugars and organic acid content in three pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.). *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, 42(n/a), 99–104.
- Magerramov, M.A., Abdulagatov, A. I., Azizov, N.D. and Abdulagatov, I.M. (2007). Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 476–89.
- Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T. and Ramaswamy, H.S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34(8), 695–703.
- Maskan, M. (2006). Production of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate by various heating methods: Colour degradation and kinetics. *Journal of Food Engineering*, 72(3), 218–24.
- Ministry of Environment, Water and Agriculture. (2020). AL kitab Alihsay 'Statistical Book'. Riyadh: Department of Economic Studies and Statistics. [in Arabic]
- Mohamed, I.O. and Hassan, E. (2016). Time-dependent and time-independent rheological characterization of date syrup. *Journal of Food Research*, 5(2), 13–22.
- National Center for Palms and Dates. (2020). Altaqir Alsanawi 'Annual Report'. Riyadh, Saudi Arabia: NCPD. [in Arabic]
- Negi, P.S., Jayaprakasha, G.K. and Jena, B.S. (2003). Antioxidant and antimutagenic activities of pomegranate peel extracts. *Food chemistry*, 80(3), 393–7.
- Rao, M. (1999). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods*. USA: Aspen Publication.
- Razavi, S.M., Najafi, M.B.H. and Alae, Z. (2007). The time independent rheological properties of low-fat sesame paste/date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21(2), 198–202.
- Sadeghi, N., Jannat, B., Oveisi, M., Hajimahmoodi, M. and Photovat, M. (2009). Antioxidant activity of Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) seed extracts. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11(5), 633–8.
- Sahin, S. and Sumnu, S.G. (2006). *Physical Properties of Foods*. USA: Springer Science and Business Media.
- Salehi, F. (2020). Physicochemical characteristics and rheological behavior of some fruit juices and their concentrates. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5), 2472–88.
- Sorour, M.A. and Helmy, M.M. (2016). Effect of temperature on flow behavior during evaporation process of pomegranate concentrate (DIBS). *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 4(8), 745–53.
- Steffe, J.F., Mohamed, I.O. and Ford, E.W. (1986). Rheological properties of fluid foods: Data compilation. In: M. Okos (ed.) *Physical and Chemical Properties of Foods*. St. Joseph, MI, USA: American Society of Agricultural Engineers.
- Tzulkar, R., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Holland, D., Aviram, M. and Amir, R. (2007). Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(23), 9559–70.
- Usman, S., Rahim, H., Ahmad, S., Khan, Z., Jan, I., Khan, M.A. and Haris, M. (2018). Physio chemical properties of pomegranate varieties collected from Peshawar local market. *Agri Res & Tech*, 14(1), 7–11.
- Vayalil, P.K. (2012). Date fruits (*Phoenix dactylifera* Linn): An emerging medicinal food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(3), 249–71.
- Vegara, S., Martí, N., Lorente, J., Coll, L., Streitenberger, S., Valero, M., and Saura, D. (2014). Chemical guide parameters for *Punica granatum* cv. 'Mollar' fruit juices processed at industrial scale. *Food chemistry*, 147(n/a), 203–8.
- Zhong, Q. and Daubert, C.R. (2013). Food Rheology. In: M. Kutz (ed.) *Handbook of Farm, Dairy, and Food Machinery Engineering*. USA: Academic Press.
- Applications in Date Manufacturing'. King Saud University, Riyadh: Scientific Publishing and Printing Press. [in Arabic]
- Al-Hilphy, A.R., Al-Fekaiki, D.F., Al Hilfi, M.K., Lee, P.H., Mousavi Khaneghah, A. and Gavahian, M. (2021). Pilot-scale hydraulic-pressure extraction of sukari date honey (*Phoenix dactylifera* L.) to enhance resource efficiency: Effects of processing parameters on bioactive compounds and physicochemical quality. *Journal of Food Process Engineering*, 44(n/a), 1–14.
- Al-Maiman, S.A. and Ahmad, D. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. *Food Chemistry*, 76(4), 437–41.
- Alper, N. and Acar, J. (2004). Removal of phenolic compounds in pomegranate juices using ultrafiltration and laccase-ultrafiltration combinations. *Nahrung/Food*, 48(3), 184–7.
- Altan, A. and Maskan, M. (2005). Rheological behavior of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice and concentrate. *Journal of Texture Studies*, 36(1), 68–77.
- Assiry, A.M. and A.M. Elansari. (2002). Effect of temperature and concentration on rheological properties of camel milk. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 20(2), 268–84.
- Bassiri-Jahromi, S. (2018). *Punica granatum* (Pomegranate) activity in health promotion and cancer prevention. *Oncology Reviews*, 12(1), 345–52.
- Bodbodak, S., Kashaninejad, M., Hesari, J. and Razavi, S.M.A. (2013). Modeling of rheological characteristics of "Malas Yazdi" (*Punica granatum* L.) pomegranate juice. *J. Agr. Sci. Tech*. 15(5), 961–71.
- Bureau, S., Ruiz, D., Reich, M., Gouble, B., Bertrand, D., Audergon, J.M. and Renard, C.M. (2009). Rapid and non-destructive analysis of apricot fruit quality using FT-near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 113(4), 1323–8.
- Cevik, M., Sabancı, S., İcier, F. and Yildiz, H. (2014). Changes on rheological properties of pomegranate (*Punica granatum* L., cv. Hicaznar) juices during concentration process. *Bulgarian Chemical Communications*, 46(n/a), 87–91.
- Conidi, C., Drioli, E. and Cassano, A. (2020). Perspective of membrane technology in pomegranate juice processing: A review. *Foods*, 9(7), 889–914.
- Dogan, H., Kokini, J. (2007). Rheological properties of foods. In: D. Heldman and D. Lund (eds.) *Handbook of Food Engineering*. USA: CRC Press.
- El-Mansy, H.A., Sharoba, A.M., Bahlol, H.E.L. M. and El-Desouky, A.I. (2005). Rheological properties of mango and papaya nectar blends. *Annals of Agric. Sc.*, Moshtohor, 43(2), 665–86.
- El-Nagga, E.A. and Abd El-Tawab, Y.A. (2012). Compositional characteristics of date syrup extracted by different methods in some fermented dairy products. *Annals of Agricultural Sciences*, 57(1), 29–36.
- Eltawil, M.A., Algonai, A.A. and Amer, B.M. (2021). Innovative extraction process for date fruits syrup (Dibs) using electro-thermal solar energy. *Solar Energy*, 221(24), 521–35.
- Ewaidah, E.H. (1987). Nutrient composition of Taifi pomegranate (*Punica granatum* L.) fragments and their suitability for the production of jam. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 5(3), 367–78.
- Gabsi, K., Trigui, M., Barrington, S., Helal, A.N. and Taherian, A.R. (2013). Evaluation of rheological properties of date syrup. *Journal of Food Engineering*, 117(1), 165–172.
- Gad, A.S., Kholif, A.M. and Sayed, A.F. (2010). Evaluation of the nutritional value of functional yogurt resulting from combination of date palm syrup and skim milk. *American Journal of Food Technology*, 5(4), 250–9.
- Gadallah, M.G., Al-Hassan, A.A. and Abd El-Hady, E.S.A. (2016). Quality characteristics and rheological properties of barhi date (*Phoenix dactylifera* L.) jams with addition of carrot and pumpkin purees. *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 8(2), 113–26.
- Habibi-Najafi, M.B. and Alaei, Z. (2006). Rheological properties of date syrup/sesame paste blend. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 1(1), 1–5.
- Hassan, B.H. (2008). Intaj Dibs Altamr and Sukar Altamr Alea ALfructose on Mustawa Sinaeay 'Production of date molasses and high-fructose date sugar at an industrial level'. In: A.I. Hobani and A.A. Al Janobi (eds.) *Tatbiqat Handasia in Tasnie Atomooore 'Engineering Applications in Date Manufacturing'*. King Saud University, Riyadh: Scientific Publishing and Printing Press. [in Arabic]
- Hassan, B.H. and Hobani, A.I. (2002). Flow properties of date pastes suspensions. *Journal King Saud University*, 14(1), 43–54.
- Hobani, A.I. (1994). Rheological properties of pomegranate juices. *J. King Saud. Univ. Agric. Sci.*, 6(2), 203–18.
- Hobani, A.I. (1998). Rheological behaviour of date-water concentrates. *Journal of Food Engineering*, 36(3), 349–57.
- Humeida, M.A. and Hobani, A.I. (1993). Physical properties of pomegranate



Production of Carbonated Drink Using Reziz Date Dibs and Hulu-Mur Flavour

Mohamed Y. Babeker^{1,2}, Zafar Iqbal³, S. H. Hamad¹, Hassan Ali Medawi⁴, Rea Haroun Omer⁵, Mohamed Salem Al Saikhan⁶

¹Food and Nutrition Sciences Department, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

²Agricultural Central Laboratories, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

³Central Laboratories, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

⁴Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, University of Khartoum, Khartoum, Sudan

⁵Department of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology and Fish Sciences, University of Alneelain, Khartoum, Sudan

⁶Department of Arid Land Agriculture, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/agr/220008>

RECEIVED
27/02/2022

ACCEPTED
14/04/2022

PUBLISHED ONLINE
21/03/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
6347

NO. OF PAGES
6

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Valorisation of raw foods can substantially improve the resilience of the food chain, thereby mitigating the escalating food crisis. As date fruits contain most of the essential ingredients, it could serve as an unprecedented source of functional food production. This study aimed at valorising the commercially less valued date fruit, reziz, to prepare a carbonated drink. The collected reziz date fruit was subjected to date syrup (dibs) extraction using a specifically designed apparatus, Dibs 10101, at 4 different pressures, 1000, -1.4, -2.8 and -5.5 millibar (mbar). However, the dibs extracted at -5.5 mbar yielded better clear dibs and thus was used in downstream production. Hulu-Mur (sweet and sour), a nutrient-rich flavouring agent derived from sorghum and Sudanese spices extract, was used as a flavour enhancer. To produce the carbonated drink "Abridate," a different proportion of Hulu-Mur extract (1:5 w/v) and carbon dioxide were blended and subjected to a 10-point hedonic organoleptic evaluation. The results demonstrated that the superior Abridate was obtained by blending 6.89% of Hulu-Mur flavour extract with 11.8 TSS dibs at 4-bar carbon dioxide pressure. Abridate was comparable to commercially available carbonated beverages and held a substantial advantage over hazardous carbonated drinks due to its organic nature.

KEYWORDS

Abridate, carbonated drink, date palm, dibs, Hulu-Mur, reziz, soft drink

CITATION

Babeker, M.Y., Iqbal, Z., Hamad, S.H., Medawi, H.A., Omer, R.H. and Al Saikhan, M.S. (2022). Production of carbonated drink using reziz date dibs and hulu-mur flavour. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 94–9. DOI: 10.37575/b/agr/220008

1. Introduction

Date palm (*Phoenix dactylifera* L., family Arecaceae) is a monocotyledon, dioecious, perennial woody fruit tree with a genome size of ~650 Mbp (Al-Mssallem *et al.*, 2013; Mathew *et al.*, 2014). This majestic and holistic plant also referred to as the "tree of life," has the oldest cultivation history, which can be traced up to 7000 BC (Ahmed *et al.*, 1995). Date palm is native to Arabian Peninsula, possibly originated from Iraq and being cultivated in Mauritania, Pakistan, Iran (Pintaud *et al.*, 2011), sub-Saharan African countries, Australia, the United States (California), Peru, and a few other warmer parts of the world. With a total production of circa 8.5 million tons, the worldwide area under date palm cultivation is 1.5 million hectares (ha) (FAOSTAT, 2020). Kingdom of Saudi Arabia (KSA) ranked fourth in date palm production with 1.54 thousand tons of date fruit production from circa 152 thousand hectares of cultivated area (FAOSTAT, 2020). Worldwide diversity of date palm comprises circa 300 varieties, which are grown in Saudi Arabia (El-Habba and Al-Mulhim, 2013); nonetheless, only 50–60 cultivars are consumed at commercial scale, while other cultivars have very limited utilities with almost zero commercial values.

Date palm is strongly associated with the socio-economic values of the people in the Arabian Peninsula and serves as a livelihood for the natives, providing the raw material for housing, timber, handicrafts, and shelter. In addition, it had been a source of wine production and consumption among the Ancient Egyptians. Date palm tree starts fruiting at circa 5 years with an average production of about 70–140 kg/tree/year and continues to produce for up to 60 years (Al-Alawi *et al.*, 2017). The five stages of pre-maturation, maturation, and ripening of date are Hababauk, Kimri, Khalal, Rutab, and Tamer (Al-Mssallem *et al.*, 2013). Date palm fruits have highly nutritious ingredients and are strongly fortified with carbohydrates (44–88%), lipids (1.5–4%), fat (0.2–0.5%), protein (2–5%), moisture (11%), fibre (4–6%), nutrients including calcium (55.60 mg/100g), magnesium (53.24 mg/100g), Iron (0.1–

0.5%), Potassium (440.18 mg/100g), sodium (10.05 mg/100g), phosphorous (70.24 mg/100g), manganese (0.26 mg/100g), copper (0.21 mg/100g), zinc (0.29 mg/100g), and vitamins including A (10–150 IU), B6 (10%), C (0.3–0.8%) and K (2.7 µg) (Booij *et al.*, 1992; Al-Shahib and Marshall, 2002; Habib *et al.*, 2011; El-Sharnouby *et al.*, 2014; and Assirey, 2015). Date palm fruits are berries containing a single seed and usually vary in their physical, organoleptic and chemical characteristics (Al-Qarawi *et al.*, 2004).

Although a total of 1.4 million tons of date fruit are produced worldwide, quite unfortunately, only 1.1 million tons are marketed and circa 305 thousand tons of fruit get wasted. The major utilities of marketed date fruits in KSA include direct consumption, paste production, dibs, vinegar, feed and production of medical-grade alcohol (Aleid *et al.*, 2015). However, a huge amount of date palm fruit gets wasted in KSA, primarily because of poor taste, shape and hard texture and such dates are referred to as second-grade dates. In fact, with an average of 427 kg/capita amount of food wastage, KSA ranked top in the world. Ironically, the country that is relying on the import of food (~80–90%) has limited arable land and scarcity of water (Baig *et al.*, 2019). Such aggravating issues demand a wise use of available food to meet the sustainability of food production.

The surplus and less valued dates are excellent stuff for yielding refined sugar, confectionery pastes, concentrated juice, fermented products and most importantly, soft drinks (Samarawira, 1983). Soft drinks fall among the most demanded globally, especially in teenagers; in addition, the availability of soft drinks in various tastes and flavours has tremendously increased their global consumption. The population of KSA is about 34.2 million, and about 45% of them are in their youth (General Authority for Statistics, Saudi Arabia [https://www.stats.gov.sa/en/43]). Furthermore, natives of the Arabian peninsula have a strong religious and social affiliation towards the date palm, so this scenario favours a great potential for marketing date palm-based soft drinks. Reziz dates are highly enriched with

carbohydrates and other nutrients; therefore, in KSA, these dates are consumed to prepare dibs (date juice). Nonetheless, preparing dibs from reziz dates is of less advantageous than making the soft drink, as liquid sugar obtained from Reziz dates has more sucrose content, it would, therefore, be ideal to substitute refined sugar in various food combinations such as carbonated soft drinks, confectionery and sweets (Mikki 1998). This will ultimately lead to value-addition and help in meeting the increasing demands of soft drinks, contribute to food sustainability, reduce the environmental hazards associated with spoilage of dates and minimise the health hazards associated with the soft drinks consumption.

Recently, innovative date by-products have been produced to manufacture value-added items with higher nutritional content. Production of high-quality natural sweeteners from date by-products for sucrose replacement in food formulations was a prime goal. Nonetheless, the production of an economical, nutritious, and functional beverage (soft drink) was a prime target of the present study. In 1991, the concept of functional food was coined by Japanese researchers who deemed the relationship between nutrition, sensory acceptance, fortification and physiological system variation and obtained a legal status from Food for Specified Health Use (FOSHU) (Burdock *et al.*, 2006).

The present study aimed at valorising the less commercial value date, reziz, to produce a soft drink. To meet the objectives of this investigation, a modified and efficient method of dibs production was opted to yield good quality and clear dibs from reziz dates and mixed with Sudanese local flavouring agents (Hulu-Mur) to prepare a carbonated drink, referred to as Abridate. Abri is a Sudanese drink that is consumed widely especially during the holy month of Ramadan (Dirar, 1993) and has three different types, white Abri, colored Abri and Hulu-Mur. Hulu-Mur is prepared in flakes from fermented sorghum, spices, and herbs such as lesser galangal (*Alpinia officinarum*), cardamom, cinnamon, coriander, ginger, mugwort (*Artemisia*), date paste and tamarind.

2. Materials and Methods

2.1. Materials:

2.1.1. Sample Collection

During 2017, fully ripened reziz dates, at the tamr stage, were collected from the local market of Al Ahsa, KSA. After washing, the collected date fruits were air-dried at room temperature, packed into plastic containers and stored at 4°C until used in dibs production. All the work was carried out in the fermentation technology lab, Central laboratories, college of Agricultural and Food Sciences, King Faisal University, KSA.

2.1.2. Commercial Reziz Dibs

To compare extracted reziz dibs, commercial-scale reziz fruit dibs was purchased from Golden Dibs Factory, KSA. The compared parameters include total soluble solids (TSS), pH, colour, minerals, clearness and recovery of soluble solids (RSS).

2.1.3. Preparation of Hulu-Mur and its Proximate Analysis

In the present study, 10 grams (g) of Hulu-Mur flakes were soaked for 6 hours in 50ml of water at room temperature, then the extract filtered through filter paper, Wattman No. 1, then stored in a clean air tight glass container in the refrigerator at 4°C until use.

Proximate analysis of Hulu-Mur was performed using Kjeldhal's method to assess the total proteins (Kirk, 1950) using Kjelflex K-360 (Switzerland). Moisture estimation was performed in the moisture analyser (HG63 halogen, Mettler Toledo, Switzerland). Ash and oil contents (percentages) were determined according to AOAC (2005). The Nutrients in Hulu-Mur flavour were quantified by an atomic

absorption spectrophotometer (AA-7000 Shimadzu, Kyoto, Japan) after following the procedure (Meligy, 2018).

2.1.4. Reziz Date Syrups (Dibs) Production

To extract the reziz dibs, collected reziz dates with stones (ca 1 kg) were washed with distilled water, air-dried and then the clean dates were soaked in four-litres of water at 75°C for 30 minutes. Soaked dates were then transferred to the Dibs 10101 and blended for 20 minutes at 1000 rpm. The Dibs 10101 is a specially designed machine to yield the maximum amount of clear dibs with less fibre and polymer contents (M. Yousif unpublished data). The resultant raw date syrup was then vacuum extracted at four different pressure (1000, -1.4, -2.8 and -5.5 mbar) followed by an array of four filtrations using different filter sizes (1, 0.25, 0.112 and 0.011mm) to yield the clear dibs. The finally yielded reziz dibs were mixed with water in a 1:4 ratio to yield the required brix. This Dibs 10101 based method offers wonderful utilities over its competitor techniques to avoid date crushing using a pitched blade. So, the resultant dibs were very clear and contained fewer date fibre and stone endocarp layers.

2.1.5. Carbon Dioxide (CO₂)

The CO₂ used in the study was of food-grade quality and was obtained from the Second Industrial City of Dammam, KSA.

2.2. Soft Drink Formulation:

The extracted reziz dibs were diluted to 11.8 Brix using an abbe refractometer (Milton Roy, USA), followed by pasteurisation at 85°C for 30 minutes (Triowin, PT-20P, China). The pasteurised dibs were then flavoured with the Hulu-Mur (Hulu-Mur flavour extracted out 10g Abri flakes/50 ml water). Finally, the dibs were carbonated (Triowin, TW-FC 01, China) at three different pressures (3, 4 and 5 bar) to yield the carbonated drink, Abridate.

2.3. Physicochemical Analysis of the Hulu-Mur Flakes, Hulu-mur Extract and Reziz Dibs:

Hulu-Mur flakes were subjected to physicochemical analysis to assess moisture contents, oil, ash, protein contents and minerals (AOAC, 2005). In addition, Hulu-Mur extract was tested for pH, colour, TSS, acidity, total sugars, phenolic content, and minerals. The Reziz dibs were also tested for TSS, pH, total sugars and minerals. Furthermore, TSS (Brix) (RFM-960, Bellingham Stanley UK), reducing sugar (Blakeney and Mutton, 1980), total phenolic contents (Biglari *et al.*, 2008), and the colour through a Chroma meter (Konica Minolta-CR-410-Japan) was also assessed.

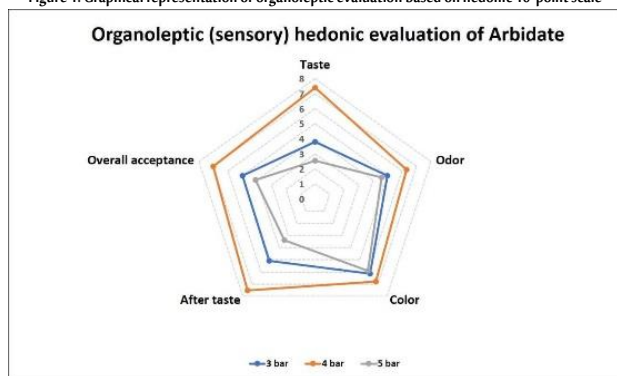
2.4. Organoleptic Evaluation:

Abridate, the reziz dibs based soft drink, was carbonated under three different carbon dioxide pressures (3, 4 and 5 bar) (Figure 1), and then subjected to organoleptic (sensory) evaluation using a standard 10 points hedonic scale (Table 1) after paired comparison evaluation (Ramadan, 1995). In the organoleptic evaluations, 15 staff members of the College of Agricultural & Food Sciences, King Faisal University, Saudi Arabia, were included to evaluate aroma, taste, odour, and colour (Figure 1; Table 1). The obtained scoring data were statistically analysed using analysis of variance (ANOVA) and the least significant difference (LSD) at 0.5% probability according (Lawless and Heymann, 2010).

Table 1: Organoleptic (sensory) evaluation and panelist evaluation layout

Treatment Code:									
Sample Code:									
Panelist name:									
9= Like extremely: Desirable:									
1= Dislike extremely: Undesirable									
Evaluation degree	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Taste									
Odour									
Colour									
After taste									
Overall acceptance									

Figure 1: Graphical representation of organoleptic evaluation based on hedonic 10-point scale



2.5. Microbiological Analysis of Abridate:

To assess the presence of viable microbial count, the standard plate count method was opted and a serial dilution of Abridate was used. Coliforms were determined on violet red bile agar plates (VRBA, CM107, Oxoid) after incubation at 37°C/24 hours. While yeast and mould were counted on potato dextrose agar plates, the plates were incubated at 30°C for 3 days spread on to count agar (CM0325, Oxoid) and then at 37°C/16 hours (Tournas *et al.*, 2001).

3. Results

3.1. Physiochemical Analysis:

3.1.1. Reziz Dibs

The extracted reziz dibs (using Dibs 10101) were analysed and the results revealed that all the tested parameters (pH, colour, clearness and TSS) differ significantly ($p \geq 0.05$) except TSS, which were comparable in both dibs (Table 2).

Table 2: Analysis of Reziz syrup extracted under different pressures.

Pressure (mbar)	TSS (Brix)	pH	Sugar (%)	ΔE
1000	14.93 ^a	5.41 ^a	48.80 ^a	42.80 ^a
-1.4	14.63 ^a	5.38 ^a	47.23 ^a	43.25 ^a
-2.8	14.70 ^a	5.39 ^a	48.85 ^a	46.38 ^a
-5.5	14.87 ^a	6.03 ^a	48.14 ^a	47.54 ^a

The letters mentioned in the superscript are statistically significantly different ($p \leq 0.05$) if have different letters and vice versa (Fisher's least significant difference test). The higher the color measurement, the highest the fruits clear.

In addition, the comparative minerals analysis pinpointed that the level of K, Na, Zn, Fe, Cu, Ca, and Cr was higher ($p \leq 0.05$) in all extracted reziz dibs than the commercial dibs (Table 3). While the levels of Mn and Mg were comparable in both types of dibs. Nonetheless, a significantly higher amount of all the minerals was achieved at -0.014 and -0.028 mbar pressure (Table 3).

Table 3: Micro/macronutrients in the Reziz dibs extracted at different pressures in comparison to commercial dibs

Tested dibs at different pressure (mbar)	Cr	Fe	Cu	Zn	Mg	Ca	Na	K	Mn
Commercial dibs	26.65 ^a	32.55 ^a	15.79 ^a	6.44 ^a	268.33 ^a	159.44 ^a	45.47 ^a	1045.96 ^a	17.53 ^a
Extracted dibs at 1000	32.96 ^a	32.55 ^a	20.92 ^a	19.78 ^a	266.96 ^a	197.27 ^a	56.06 ^a	1169.55 ^a	17.77 ^a
Extracted dibs at -1.4	30.36 ^a	45.57 ^a	17.57 ^a	19.84 ^a	271.87 ^a	261.56 ^a	55.47 ^a	1168.67 ^a	17.18 ^a
Extracted dibs at -2.8	31.02 ^a	46.15 ^a	19.13 ^a	15.29 ^a	265.59 ^a	236.33 ^a	58.33 ^a	1151.74 ^a	17.34 ^a
Extracted dibs at -5.5	28.21 ^a	42.54 ^a	19.23 ^a	24.58 ^a	261.64 ^a	212.73 ^a	47.03 ^a	1108.74 ^a	16.91 ^a

Values having different letters (mentioned in superscript) are statistically significantly different at $p \leq 0.05$ (Fisher's least significant difference test).

3.1.2. Analysis of Hulu-Mur and its Extracted Flavour

The proximate analysis of Hulu-Mur flakes revealed 8.3% moisture content, 1.07% fats content, 2.16% ash, and 13.87% of total protein (Table 4).

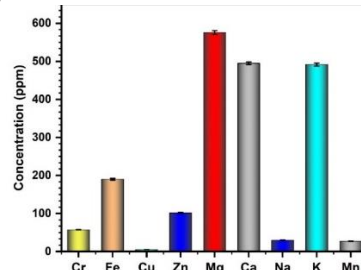
In the minerals' analysis, the most abundant minerals were Mg with ca 575 ppm concentration, followed by Ca (ca 495 ppm), K (ca 491 ppm), Fe (ca 190 ppm), Cr (ca 57 ppm), Na (ca 30 ppm), Mn (ca 27

ppm), and Cu (ca 5.1 ppm) on dry matter basis (Figure 2).

Table 4: Proximate analysis of Hulu-Mur Flakes

Proximate analysis	Mean \pm std
Moisture	8.30 \pm 0.01
Oil%	1.07 \pm 0.04
Ash	2.16 \pm 0.01
Protein	13.87 \pm 0.21

Figure 2: Estimation of micro- and macronutrients in Hulu-Mur flakes



Sugar content measured in Hulu-Mur flavour, after following Blakeley and Mutton (1980), was 211.1 g/kg sugar content (Table 5). The phenolic content as Gallic acid (as GAE) obtained was 519.17 per 100g after following the Folin-Ciocalteu assay. In the chemical analysis of Hulu-Mur flavour, pH was found to be acidic 3.73 with an acidity percentage of 0.21, whereas moisture level was quite high (above 92%). The colour and TSS values were found to be 75.61% and 7.43%, respectively (Table 5).

Table 5: Chemical and physical analysis of Hulu-Mur extract

Parameters	Value
pH	3.73 \pm 0.06
ΔE	75.61 \pm 2.13
Moisture (%)	92.57 \pm 0.08
TSS (%)	7.43 \pm 0.08
Acidity (%)	0.21 \pm 0.003
Sugar (g/kg)	211.07 \pm 0.03
Phenolic (conc. GAE/100g)	519.17 \pm 0.07

3.2. Organoleptic Evaluation of Abridate:

The preliminary sensory evaluation based on hedonic criterion revealed that Abridate obtained at carbonation under 4 bar and the addition of the 6.98% Hulu-Mur extract earned significantly ($p \leq 0.05$) high desirability with a cumulative acceptance score of 25.4 out of 40 points (Figure 1). All other combinations got less desirability scores in the order: 5 bar (score 22.47) > 3 bar (19.87), respectively (Figure 1). The chemical analysis of Abridate showed no significant differences ($p \leq 0.05$) in Abridate produced at three different carbonation pressures (Table 6). Almost all the tested parameters (including pH, colour, moisture, TSS and acidity) were comparable to each other except for minor changes that were statistically insignificant. The pH of all Abridates was mildly acidic with a range of 4.36-to-4.43, while the titratable acidity values were ca 0.19%, and no significant difference in the colours of the Abridates were observed (Table 6).

3.3. Microbiological Analysis:

The total viable microbial counts (yeast and mould, total count and faecal coliform) of all the formulated Abridates were performed prior to organoleptic evaluations (Table 6). The results demonstrated that the highest number of yeast and mould was (44 cfu/ml) in 3 bar carbonated Abridate followed by 5 bar (24 cfu/ml) and 4 bar (17 cfu/ml). However, the highest total count was (26 cfu/ml) at 5 bar and the least (13 cfu/ml) was 4 bar pressure (Table 6). Interestingly, no viable coliform could be detected in the carbonated Abridates.

Table 6: Chemical, physical and microbial analysis of Abridate

Pressure bar	ΔE	Acidity%	TSS%	Moisture%	pH	ΔE	Yeast & Molds cfu/ml	Coliform cfu/ml	Total counts cfu/ml
3	73.66 ^a	0.19 ^a	13.59 ^a	86.41 ^a	4.36 ^a	72.91 ^a	44	Not Detected	23
4	70.93 ^b	0.18 ^a	13.26 ^b	86.65 ^a	4.36 ^a	72.38 ^a	17	Not Detected	13
5	71.22 ^{ab}	0.19 ^a	13.56 ^{ab}	86.44 ^a	4.43 ^a	72.22 ^a	24	Not Detected	26

4. Discussion

The use of date syrup (dibs) or date powder as a sugar substituent in the preparation of different kinds of food had been an old practice and has been exploited in yogurt preparation (Hariri *et al.*, 2018 and Amerinasab *et al.*, 2015), soft drink (Hariri *et al.*, 2017), fibre (Hashim *et al.*, 2009), dairy cream (Ahmed *et al.*, 2016), milk (Ardali *et al.*, 2014 and Kazemalilou and Alizadeh, 2017), tomato ketchup (Mikki *et al.*, 1987) and powder. Although high sugar contents in date fruit are an excellent source, nonetheless, the major faced challenges in obtaining high-quality dibs are taste, texture, phenolics, flavonoids and polymers that can affect the reformulated products. To deal with such problems, a new modified machine, the Dibs 10101, was used to extract reziz dibs under vacuum conditions. The obtained reziz dibs was of high quality with higher sugar content, good texture, low phenolics, and low polymers. Importantly, this method was devoid of heating or enzymes usage which ultimately led to cost-effectiveness. After achieving dibs through an array of filters, clear dibs were achieved which showed that clarification steps removed all unwanted substances except the sugars. The pH of the dibs was in a range of 5.38-to-6.03, that was slightly higher to 4.24 (Farahnaky *et al.*, 2016), 5.26 (Hariri *et al.*, 2019), and 4.91 (El-Sharnouby *et al.*, 2014) than earlier extracted dibs and concur with Abekhti *et al.*, 2013. This increase in pH demonstrated that extracted dibs might contain a higher percentage of sucrose as the pH of sucrose solutions are usually in the range of 7.3-7.9 or this may be attributed to the reduction in organic acids which usually are present in date fruit or produced during processing. While the pH of Abridate was reduced to ca 4.36, which was obviously due to the presence of carbonic acid. The reduction in pH corroborated by researchers, who reported that pH in all sorts of soft drinks is in the acidic range (Lin *et al.*, 2003; Hariri *et al.*, 2017).

The moisture content decides the shelf-life of the materials. As a rule of thumb, the lower the moisture level, the longer the shelf-life, so moisture content is a significant quality indicator. Abridate moisture content was slightly lower (circa 87%), owing to less chances of microbial growth. The low moisture content accompanied with the high soluble solid contents of Abridate explained its longer shelf life without spoilage (Mintah *et al.*, 2011). The microbial count revealed that the best Abridate, achieved at 4 bar pressure, contained small amounts of microbes. The total yeast and moulds count was 17 cfu/ml and the total coliform count was 13 cfu/ml, while faecal coliform could not be detected. Our data deciphered that the total viable microbial count was significantly lower than the earlier report by Hariri and his colleagues, who reported that the average total viable count in the produced soft drink was in the range of 8.8×10^4 for control to 12×10^4 cfu/ml (Hariri *et al.*, 2017). In organoleptic evaluation, Abridate carbonated at 4 bar pressure got the highest desirability, the fewer microbial counts could also be the reason. The significant reduction of the microbial count in Abridate may likely be due to the presence of phenolics or tannins. Phenolic compounds are plant secondary oxidation products and possess antioxidant activity that not only inhibits microbial growth but also plays a pivotal role in delaying chronic diseases such as cardiovascular diseases, cancer, bowel syndrome and Alzheimer's (Chun *et al.*, 2005). The presence of a higher amount of phenolics linked to the reduction of microbial activity has been reported in yoghurt (Şengül *et al.*, 2012) and date fruit (Chaira *et al.*, 2009). Although, the presence of phenolics is good, up to a certain threshold limit and beyond that limit, these compounds trigger taste and colour to rot. Our phenolics concentration (519.17 as GAE/100g; Table 6) was comparable to previously reported levels of phenolics of 453.04 (as GAE/100g sample) (Farahnaky *et al.*, 2016) and 368.35–529.29 (as GAE/100g) (Abbès *et al.*, 2013). The small discrepancy between studies is most

likely due to differences in the date varieties used or the method of extraction. These results indicated that the extraction method could either reduce or eliminate the natural functional compounds present in the dibs.

The minerals contents in reziz dibs and Hulu-Mur was assessed and presented (Table 3 and 4), respectively. In reziz dibs, a comparative analysis was also made with the commercially available reziz dibs, which deciphered that almost all the tested minerals had more in reziz dibs. It could be attributed to the Dibs 10101 machine, which thoroughly chopped all the date fruits and released the maximum amount of minerals, or we can speculate that our opted method is devoid of heating steps and heating could degrade the minerals. In reziz dibs, the highest amount of potassium was found, followed by magnesium, calcium, sodium, and iron. Similar findings had previously been discovered by (Farahnaky *et al.*, 2016) and (El-Sharnouby *et al.*, 2014) with the highest potassium level followed by magnesium, sodium, calcium and iron. Nonetheless, another study recorded the maximum concentration of sodium accompanied by potassium, calcium and magnesium (Al-Hooti *et al.*, 2002). Reziz dibs contained a relatively small amount of sodium, hence taking into consideration the additional regular consumption of sodium for diabetic and hypertension users, lower sodium concentrations of the date concentrate and in particular, the liquid sugar may be beneficial for the formulation of Abridate. In Hulu-Mur, the highest amount of magnesium (576 ppm), followed by calcium (495) and potassium (491ppm), was detected. Despite the exception of magnesium, the Hulu-Mur equivalent produces a slightly higher mineral content ($p \leq 0.05$) (Na, K, Ca, and Fe) than commercial non-alcoholic carbonated beverages (Baidab *et al.*, 2016). Among the analysed minerals, Abridate contained a higher amount of almost all the essential minerals than standard non-alcoholic beverages. Therefore, the established carbonated drink, Abridate, will provide children with some important minerals for proper growth and healthy life.

Analysis for Hulu-Mur in this study revealed that there are a high protein and ash content as compared to previous findings (Baidab *et al.*, 2016). In addition, Hulu Mur flakes contained high phenolic content and mineral contents than the findings of Mahgoub *et al.*, (1999) in the fermented Hulu-Mur, which may be due to surface soil contamination or the effect to the stone milling machine (Mahgoub *et al.*, 1999).

The tested shelf life of Abridate was found to be not much longer. After just one-week of storage, the taste of the Abridate changed slightly, so here we assume that the main causative agent would be some impurities such as pectins or tannins in dibs. Such impurities were observed in Abridate when stored in the refrigerator for more than a week. The other possible reasons for bitter taste could be some microbial growth or reactions that took place between Hulu-Mur flavour, reziz dibs and carbon dioxide.

5. Conclusions

Dibs 10101 yielded clear reziz dibs with higher TSS and minerals, indicating that it can be used to extract dibs on a pilot or industrial scale and the extracted dibs can be used to substantially substitute sugar in various kinds of functional foods, including soft drinks. The produced Abridate was comparable to commercially available soft drinks, however, its organic nature makes it superior over synthetic and hazardous soft drinks. In addition, it contained reducing sugar (Glucose and Fructose) and valuable supplements; thereby, if commercialised properly with improved shelf-life, it holds a tremendous potential to substitute soft drinks.

Biographies

Mohamed Yousif Babeker

Food and Nutrition Sciences Department, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

Agricultural Central Laboratories, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, 00966595401029, mohaansar@kfu.edu.sa

Dr. Babeker, a Sudanese lecturer/researcher, received his PhD in Food Technology from Al-Neelain University, Sudan. He has over 15 years of research experience related to the chemical and microbial analysis of food, soil, water, sewage treatment environment and agricultural products. He has been involved in a number of research projects sponsored by King Abdulaziz City for Science and Technology. ORCID: 0000-0002-5031-570.

Zafar Iqbal

Central Laboratories, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, 0096580776536, zafar@kfu.edu.sa

Dr Iqbal, a Pakistani national, is working as an assistant professor. He secured his PhD from Pakistan Institute of Engineering and Applied Sciences, Pakistan. His main area of research is biotechnology, molecular plant virology, host-pathogen interaction and plants' defence role against biotic and abiotic stresses. He has published more than 40 research articles and 6 book chapters in peer-reviewed journals/books. ORCID: 0000-0001-7185-4060.

S. H. Hamad

Food and Nutrition Sciences Department, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, 00249923094285, siddighamad@yahoo.com

Dr. Hamad, Sudanese Professor, of food microbiology. He secured his PhD from Berlin Technology University. He has served as an Associate Professor at College of Agriculture, University of Khartoum, Sudan. He has published many research papers and has won the Almarai Prize. Additionally, he has two patents: first on production of yeast using date syrups and a second on production of medical alcohol from dates as raw material.

Hassan Ali Medawi

Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, University of Khartoum, Khartoum, Sudan, 00249912174656, hamudawi@gmail.com

Dr. Medawi, a Sudanese Assistant Professor of food technology, completed his PhD from Berlin Technology University. He is associate professor at the College of Agriculture University of Gezira and associate professor at the College of Agriculture Omar Al-Mukhtar Libya. He has many research papers published in local, regional and international journals in the field of food preservation, food canning and food chemistry.

Rea Haroun Omer

Department of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology and Fish Sciences, University of Alneelain, Khartoum, Sudan, 00249918031399, reaho2006@yahoo.com

Dr. Omer, a Sudanese Professor, is working as head of the Food Technology Department, in the Faculty of agricultural Technology and fish sciences, AL Neelain University, Sudan. He completed his PhD (Dairy Technology) from Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Khartoum. Sudan. He has published many research papers in regional and international journals.

Mohamed Salem Al Saikhan

Department of Arid Land Agriculture, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia
Central Laboratories, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, msaikhan@kfu.edu.sa

Prof. Al Saikhan, a Saudi professor, secured his PhD from Texas A&M University, USA. Currently, he is a professor. His major area of research is horticulture with a keen focus on post-harvest physiology. He has published several research and review articles in different

peer-reviewed international journals.

References

- Abbès, F., Kchaou, W., Blecker, C., Ongena, M., Lognay, G., Attia, H. and Besbes, S. (2013). Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup. *Industrial Crops and Products*, **44**(1), 634–42.
- Abekhti, A., Zerour, K., Boulal, A., Benmechernene, Z., Mebrouk, K. and Zarour, K. (2013). Evaluation of microbiological quality of the date fruit product "Btana" produced in Adrar South Algeria. *Journal of Microbiology Research. J. Micr. Res.*, **3**(5), 163–70.
- Ahmed, H., Nawel, O., Ghalem, R.B., Zouaoui, B. and Djilali, B. (2016). Effect of total or partial substitution of cacao and sucrose by date powders variety H'lowa on some quality of dairy cream dessert. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, **6**(7), 100–8.
- Ahmed, I.A., Ahmed, A.W.K. and Robinson, R.K. (1995). Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chemistry*, **54**(3), 305–9.
- Al-Alawi, R.A., Al-Mashiqri, J.H., Al-Nadabi, J.S.M., Al-Shihi, B.I. and Baqi, Y. (2017). Date palm tree (Phoenix dactylifera L.): Natural products and therapeutic options. *Frontiers in Plant Science*, **8**(n/a), 845. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00845>.
- Aleid, S.M., Al-Khayri, J.M. and Al-Bahrany, A.M. (2015). Date palm status and perspective in Saudi Arabia. In: J.M. Al-Khayri, S.M. Jain and D. V. Johnson (eds.) *Date Palm Genetic Resources and Utilization: Volume 2: Asia and Europe*. Netherlands: Springer Dordrecht. (pp. 49–5).
- Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M. and Al-Othman, A. (2002). Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. *Food Chemistry*, **79**(2), 215–20.
- Al-Mssallem, I.S., Hu, S., Zhang, X., Lin, Q., Liu, W., Tan, J., Yu, X., Liu, J., Pan, L., Zhang, T., Yin, Y., Xin, C., Wu, H., Zhang, G., Ba Abdullah, M.M., Huang, D., Fang, Y., Alnakhi, Y.O., Jia, S., Yin, A., Alhuzimi, E.M., Alsaihati, B.A., Al-Owayyed, S.A., Zhao, D., Zhang, S., Al-Otaibi, N. A., Sun, G., Majrashi, M.A., Li, F., Tala, Wang, J., Yun, Q., Alnassar, N. A., Wang, L., Yang, M., Al-Jelaifi, R.F., Liu, K., Gao, S., Chen, K., Alkhaldi, S. R., Liu, G., Zhang, M., Guo, H. and Yu, J. (2013). Genome sequence of the date palm Phoenix dactylifera L. *Nature Communications*, **6**(4), 2274.
- Al-Qarawi, A.A., Mousa, H.M., Ali, B.H., Abdel-Rahman, H. and Elmougy, S. A. (2004). Protective effect of extracts from dates (Phoenix dactylifera L.) on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *International Journal of Applied Research and Veterinary medicine*, **2**(3), 176–80.
- Al-Shahib, W. and Marshall, R.J. (2002). Dietary fibre content of dates from 13 varieties of date palm Phoenix dactylifera L. *International Journal of Food Science and Technology*, **37**(6), 719–21.
- Amerinasab, A., Labbafi, M., Mousavi, M. and Khodaiyan, F. (2015). Development of a novel yoghurt based on date liquid sugar: Physicochemical and sensory characterization. *Journal of Food Science and Technology*, **52**(10), 6583–90.
- AOAC (2005). *Determination of Moisture, Ash, Protein and Fat: Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists*. 18th edition. Washington DC: AOAC.
- Ardali, R.F., Rahimi A. E., Tahery, S. and Shariati, M.A. (2014). Production of a new drink by using date syrup and milk. *Journal of Food Biosciences and Technology*, **4**(2), 67–82.
- Assirey, E.A.R. (2015). Nutritional composition of fruit of 10 date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for Science*, **9**(1), 75–79.
- Baidab, S., Hamad, S., Halim, A., Ahmed, R. and Mohamed Ahmed, I. (2016). Preparation of Hulu-mur flavored carbonated beverage based on Feterita sorghum (Sorghum bicolor) malt. *International Journal of Food Studies*, **5**(2), 120–130.
- Baig, M. B., Gorski, I. and Neff, R.A. (2019). Understanding and addressing waste of food in the Kingdom of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **26**(7), 1633–48.
- Biglari, F., AlKarkhi, A. F., and Easa, A. M. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (Phoenix dactylifera) fruits from Iran. *Food Chemistry*, **107**(4), 1636–41.
- Blakeney, A. B. and Mutton, L. L. (1980). A simple colorimetric method for the determination of sugars in fruit and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **31**(9), 889–97.
- Booi, I., Piombo, G., Risterucci, J. M., Coupe, M., Thomas, D. and Ferry, M. (1992). Study of the chemical composition of dates at various

- stages of maturity for varieties characterization of various of date palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). *Fruits*, **47**(1), 667–77.
- Burdock, G. A., Carabin, I. G. and Griffiths, J.C. (2006). The importance of GRAS to the functional food and nutraceutical industries. *Toxicology*, **221**(1), 17–27.
- Chaira, N., Smaali, M.I., Martinez-Tomé, M., Mrabet, A., Murcia, M. A. and Ferchichi, A. (2009). Simple phenolic composition, flavonoid contents and antioxidant capacities in water-methanol extracts of Tunisian common date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **60**(7), 316–29.
- Chun, S.-S., Vatter, D.A., Lin, Y.T. and Shetty, K. (2005). Phenolic antioxidants from clonal oregano (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*. *Process Biochemistry*, **40**(2), 809–16.
- Dirar, H.A. (1993). *The Indigenous Fermented Foods of the Sudan*. Wallingford, UK: CAB International.
- El-Habba, M.S. and Al-Mulhim, F. (2013). The competitiveness of the Saudi Arabian date palm: An analytical study. *African Journal of Agriculture*, **8**(43), 5260–7.
- El-Sharnouby, G., Aleid, S. and Al-Otaibi, M.M. (2014). Production of liquid sugar from date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Advances in Environmental Biology*, **8**(10), 93–100.
- FAOSTAT (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division*. Available at: <http://faostat3.fao.org/home/E>. (Accessed on 19/02/2022).
- Farahnaky, A., Mardani, M., Mesbahi, G. and Majzoobi, M. (2016). Some physicochemical properties of date syrup, concentrate, and liquid sugar in comparison with sucrose solutions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, **18**(3), 657–68.
- General Authority of Statistics, Kingdom of Saudi Arabia. Available at: <https://www.stats.gov.sa/en/43> (accessed on 12/12/2019).
- Habib, H. M. and Ibrahim, W.H. (2011). Nutritional quality of 18 date fruit varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **62**(5), 544–51.
- Hariri, A., Ouis, N. and Bouhadi, D. (2017). Effect of substitution of sugars by date powders variety H'lowa on the quality of the soft drinks. *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering*, **3**(6), 450–7.
- Hariri, A., Ouis, N., Bouhadi, D. and Benatouche, Z. (2018). Characterization of the quality of the steamed yoghurts enriched by dates flesh and date powder variety H'lowa. *Banat's Journal of Biotechnology*, **9**(17), 19–28.
- Hariri, A., Ouis, N., Bouhadi, D. and Benatouche, Z. (2019). Quality characteristics and consumer acceptance of soft drinks manufactured by clarified date liquid sugars. *Banat's Journal of Biotechnology*, **10**(20), 19–28.
- Hashim, I., Khalil, A. H. and Afifi, H. (2009). Quality characteristics and consumer acceptance of yogurt fortified with date fiber. *Journal of Dairy Science*, **92**(11), 5403–7.
- Kazemalilou, S. and Alizadeh, A. (2017). Optimization of sugar replacement with date syrup in prebiotic chocolate milk using response surface methodology. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, **37**(3), 449–55.
- Kirk, P. L. (1950). Kjeldahl method for total nitrogen. *Analytical Chemistry*, **22**(2), 354–8.
- Lawless, H. and Heymann, H. (2010). Data relationships and multivariate applications. In: H. Lawless and H. Heymann (eds.) *Sensory Evaluation of Food*. Food Science Text Series, 433–49. NY, NY: Springer.
- Lin, C., Joseph, A., Chang, C., Wang, Y. and Lee, Y. (2003). Estimation of caffeine in tea samples by spectrophotometrically. *Anal Chimica Acta*, **481**(2), 175–80.
- Mahgoub, S.E.O., Ahmed, B.M., Ahmed, M.M.O. and Agib, E.N.A.A.E. (1999). Effect of traditional Sudanese processing of kiswa bread and hulumur drink on their thiamine, riboflavin and mineral contents. *Food Chemistry*, **67**(2), 129–33.
- Mathew, L.S., Spannagl, M., Al-Malki, A., George, B., Torres, M.F., Al-Dous, E.K., Al-Azwani, E.K., Hussein, E., Mathew, S., Mayer, K.F.X., Mohamoud, Y.A., Suhre, K. and Malek, J.A. (2014). A first genetic map of date palm (*Phoenix dactylifera*) reveals long-range genome structure conservation in the palms. *BMC Genomics*, **15**(1), 285–94.
- Meligy, A.M.A. (2018). Comparative study of element contents in seven isolates of entomopathogenic nematodes. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, **28**(1), 1–7.
- Mikki, M., Al-Taisan, S. and Abdul Aziz, A. (1987). Incorporation of date pulp for the manufacture of Tomato ketchup. *Date Palm Journal (FAO/NENADATES)*, **5**(2), 215–26.
- Mintah, B.K., Eliason, A.E., Barimah, J. and Oldham, J.H. (2011). Development of syrup and “malt-like” drink from *Raphia hookeri* sap. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, **11**(5), 5203–19.
- Pintaud, J. C., Ludeña, B., Aberlenc-Bertossi, F., Zehdi, S., Gros-Balthazard, M., Ivorra, S., Terral, J. F., Newton, C., Tengberg, M., Abdoukader, S., Daher, A., Nabil, M., Saro Hernández, I., González-Pérez, M.A., Sosa, P., Santoni, S., Moussouni, S., Si-Dehbi, F. and Bouguedoura, N. (2013). Biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae): Insights on the origin and on the structure of modern diversity. *International Symposium on Date Palm*, **994**(1), 19–38.
- Samarawira, I. (1983). Date palm, potential source for refined sugar. *Economic Botany*, **37**(2), 181–6.
- Şengül, M., Erkaya, T., Şengül, M. and Yildiz, H. (2012). The effect of adding sour cherry pulp into yoghurt on the physicochemical properties, phenolic content and antioxidant activity during storage. *International Journal of Dairy Technology*, **65**(3), 429–36.
- Tournas, V., Stack, M.E., Mislevic, P., Koch, H. and Bandler, R. (2001). *BAM: Yeasts, Molds and Mycotoxins*. In *Bacteriological Analytical Manual. Food and Drug Administration (FDA), USA*. Available at: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-yeasts-molds-and-mycotoxins>. Accessed on 12/12/2019



In Silico Approaches for the Identification of Novel Inhibitors against Breast Cancer Up-Regulated Protein

Bandar Hamad Aloufi and Ahmed Mohajja Alshammari

Department of Biology, Faculty of Science, University of Hail, Hail, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/sci/220009>

RECEIVED
01/03/2022

ACCEPTED
18/04/2022

PUBLISHED ONLINE
18/04/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
4705

NO. OF PAGES
6

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Breast cancer is a type of cancer that develops in the breast tissues. When some breast cells begin to grow abnormally, breast cancer develops. These cells grow and divide at a faster rate than healthy cells and continue to grow, generating a lump or mass. Cancer cells in the breast may spread to lymph nodes or other places of the body. The hormone estrogen encourages cancer growth when it binds to the receptor of the targeted protein. The purpose of this study is the rational screening of a 15,000 phytochemicals library against the estrogen receptor alpha protein. The library was employed for molecular docking to find the binding affinities and simulation analysis of the top-selected compounds. The top four compounds, Mangostenone E, Exiguaflavanone M, Sanggenon A, and Flaccidine were identified as direct inhibitors of estrogen receptors as evident from their high binding affinity and occupancy of specific binding sites. Mangostenone E was the leading phytochemical that showed a high docking score—15.97 (kcal/mol)—and bonding interaction at the active site of Mangostenone E. Leading phytochemicals were subjected to analysis for drug-like properties that further reinforced their validation. Potential molecules identified in this study can be considered lead drugs for the treatment of breast cancer.

KEYWORDS

Bioinformatics, docking, drug candidates, molecular dynamic simulation, phytochemicals, protein data bank

CITATION

Aloufi, B.H. and Alshammari, A.M. (2022). In silico approaches for the identification of novel inhibitors against breast cancer up-regulated protein. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 100–5. DOI: 10.37575/b/sci/220009

1. Introduction

Breast cancer is the most frequent type of cancer in women (Parkin, 2001), and early identification is a critical component of cancer treatment effectiveness (Michaelson *et al.*, 2022). Cancer is one of the most common causes of death in the modern world, accounting for around one-third of all deaths. The condition is extremely complicated, multifaceted, and linked to oxidative stress, as is the case with most human diseases (Tiwari, 2004).

The most prevalent type of cancer in women is mammary gland cancer, which originates in the gland itself. In developed countries, a woman's lifetime chance of developing breast cancer is estimated to be between 1 in 7 and 1 in 10. In Catalonia (Spain), the most recent estimates indicate that the cumulative lifetime risk of acquiring breast cancer is 1 in 11, with a 1 in 33 chance of dying from the disease (González *et al.*, 2005).

Breast cancer affects roughly 10% of females at some point in their lives (Feuer *et al.*, 1993). Around 30–40% of these people will die from this disease, mostly due to metastases, an irreversible condition in most cancers (Kleeff *et al.*, 2016). Breast cancer is one of the most significant health issues in our society because of its high incidence, complexity, and the financial implications of treatment. Over the previous two decades, there has been a noticeable decrease in the rate of breast cancer-specific death (Cléries *et al.*, 2006).

Patients' survival rates have been increasing in recent years, which might be due to both earlier diagnosis and increased treatment efficacy. Western countries have introduced widespread population-based screening programs during the last thirty years. As a result, the disease is being diagnosed at an earlier stage, with higher rates of curability (Brocklehurst *et al.*, 2013). Breast cancer treatment has improved due to better staging procedures, as well as developments in surgery and radiotherapy, which has resulted in higher local control rates while decreasing mutilation and the number of side

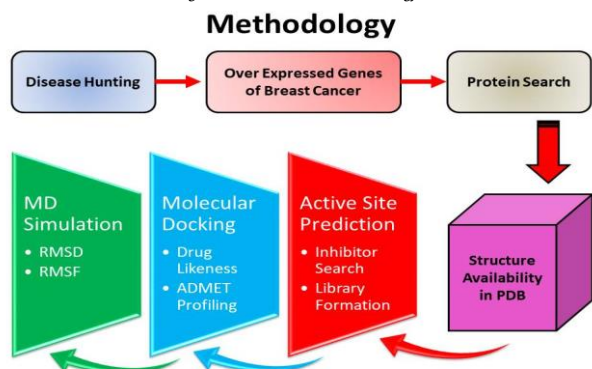
effects associated with the disease. Improved systemic treatments have resulted in a significant breakthrough in patient outcomes, even when the disease is recognized as a systemic disease in its early stages (McDonald *et al.*, 2016). Chemotherapy and targeted techniques involving hormonal manipulations and anti-Her-2/neu medications are mainly used as systemic therapies in curative settings. Hormone therapy has the best-documented role in adjuvant settings for most patients, as well as the best toxicity/efficacy profile (Urruticoechea, 2008).

The number of molecular factors that are employed recently in diagnosis and treatment against breast cancer. Estrogen receptor alpha (ER- α) is the most used molecular marker for breast cancer. ER- α is a member of the nuclear receptor family that controls several physiological processes. Estrogen is the ligand of ER which activates the estrogen receptor. Overexpression of ER- α is seen in breast cancer (Joy *et al.*, 2001).

Computer-aided drug discovery is one of the most important methods for determining a drug's actions using computational structure-based drug discovery, and it is gaining popularity. Physics-based equations in various software programs were used to study how various chemicals interacted with their respective binding sites (Podlogar *et al.*, 2001). In several docking studies, breast cancer proteins, particularly ER- α , have been targeted in the hope of identifying the amino acids that are critical for the interactions in the active site in breast cancer. However, this has been unsuccessful. The use of medicinal plants and their extracts as a source of medication is widespread. Plants are used to make 25 percent of all medications in affluent countries, whereas the percentage in underdeveloped countries is substantially greater (Joy *et al.*, 2001). Phytochemicals are substances found in plants that control the disease. This study aimed to find effective bioactive chemicals that could be future ER- α inhibitors and potentially prevent breast cancer.

2. Materials and Methods

Figure 1: Flowchart of the methodology



2.1. Preparation of Protein:

From the Protein Data Bank, (RCSB PDB, <http://www.rcsb.org>) we obtained the crystal structure of breast cancer with the PDB ID: 1a52 (Berman *et al.*, 2000). After that, Discovery Studio 2019 was used to remove water molecules and heteroatoms and add polar hydrogens to the ER- α crystal structure in preparation for docking simulations.

2.2. Preparation of Compound Bank:

A library of 15,000 drug-like molecules was collected from ZINC PubChem, Mdp, and PubChem databases, and their structures were downloaded. Before docking, these structures were optimized using the Gaussian 09 software using the B3LYP/6-31g basis set, which was then used to dock them (Frisch *et al.*, 2016). The Molecular Operating Environment (MOE) performed all computational operations, including ligand and protein synthesis and molecular docking (Vilar *et al.*, 2008).

2.3. Molecular Docking Studies:

The docking procedure was confirmed by redocking co-crystallized ligands into the protein structure using the MOE. Molecular docking studies are useful in determining the conformations and interactions that a ligand can have with a protein of interest (Venkatesan *et al.*, 2010 and Alamri *et al.*, 2021). The MOE found the active pocket on the receptor protein molecule. The MOE software was used to screen a library of 15,000 phytochemicals against the ER- α protein interaction residues. The MOE software used the "Triangular Matcher" technique to verify correct ligand confirmation before using it as the default ligand insertion approach (Vilar *et al.*, 2008). The London dG scoring algorithm in MOE was utilized to rescore simulated poses. The phytochemicals with the top and best conformations were identified once docking was completed based on their root mean square deviation (RMSD) values and S-score binding affinity. The MOE LigX tool was used to analyze and interpret two-dimensional plots of ligand-receptor interactions. The MOE was also used to make 3-D images of protein-inhibitor complexes.

2.4. Drug Toxicity Prediction:

The absence of toxicity of the chosen compound is regarded as a significant element in the selection of a component as a potential therapeutic (Segall and Barber, 2004). The current study examined the screened compounds' toxicity, including carcinogenicity, cytotoxicity, and mutagenicity. The Protox tool was used to assess the compounds' toxicity (Kumar *et al.*, 2018 and Sadeghi *et al.*, 2020).

2.5. Pharmacological Evaluation of the Chosen Compounds:

The evaluation of the pharmacological properties of the finalized compounds is the most critical and significant step in the in silico study process. The Lipinski parameter was used to investigate the compounds. The selected components met the Lipinski parameter's requirements and were tested for adsorption. The Lipinski characteristics of the selected components were assessed using the SwissADME database at <http://www.swissadme.ch/index.php> (Yalcin, 2020).

2.6. Molecular Dynamics Simulation:

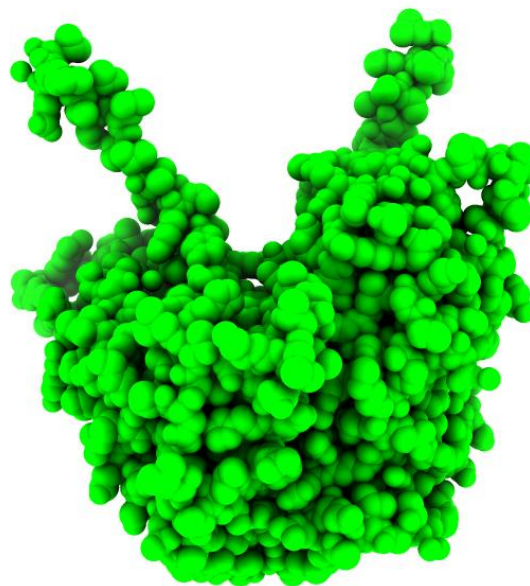
Molecular dynamics (MD) simulation is a successful in silico method for studying the dynamic behavior and stability of protein-ligand complexes under various conditions (Komanduri *et al.*, 2000). Molecular dynamics simulation of the best ligand poses was performed using the Desmond v3.6 program to verify the docking performance, as mentioned earlier (Srivastava *et al.*, 2021). The TIP3P solvent model was used in conjunction with an orthorhombic designed boundary box. By introducing Na⁺ salt, the OPLS-2005 forcefield was used to counter the process. A hybrid algorithm of gradient descent and LBFGS algorithms was used to decrease the protein-ligand system (Blessy and Sharmile, 2015 and Sweke *et al.*, 2020). After docking, the MD simulation was run at 100 ns on Desmond for early confirmation of the protein-ligand complexes.

3. Results

3.1. Structural Retrieval:

The three-dimensional structure of estrogen receptor alpha was retrieved from the PDB database having PDB IDs: 1a52 as shown in Figure 2. The structure was chosen as a target because it has a higher resolution than other PDB structures. The resolution of 1a52 was 2.8 Å. The structure was optimized and then used as a receptor.

Figure 2: 3D visualization of the Estrogen Receptor Alpha

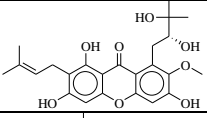
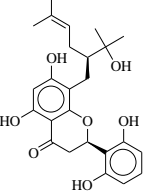
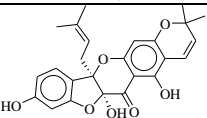
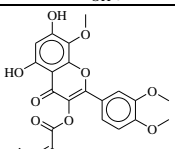


3.2. Molecular Docking:

This section involves the results obtained through docking the receptor protein structures with the phytochemicals library using MOE software. Ten different conformations were obtained for each compound. All these compounds' conformations were sorted based on binding affinity (S score), RMD values, and bonding interaction

with the active sites of the protein. The top four compounds Mangostenone E, Exiguaflavanone M, Sanggenon A, and Flaccidine were selected from each receptor protein for further analysis based on the lowest *S* value. These selected compounds have shown strong interactions with the binding pockets of the proteins and have minimum binding energies with the scoring function of each docked ligand as shown in Table 1.

Table 1: Detailed interactions and docking scores of the top four bioactive phytochemicals against Estrogen Receptor Alpha along with the reference drug

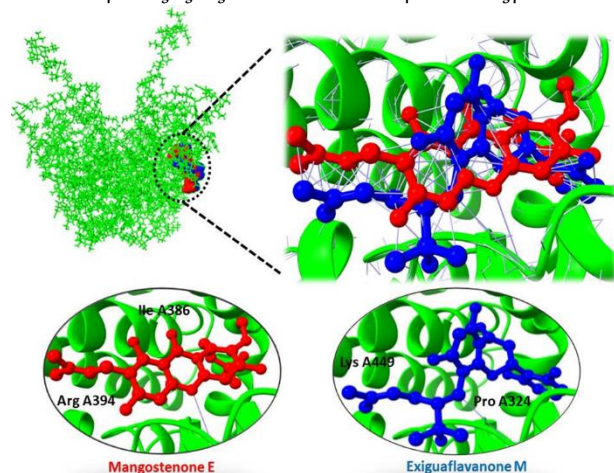
PubChem ID	Compound Name	Compound Structure	Docking Score	RMSD Value	Interacting Residues
11495983	Mangostenone E		-15.97	1.41	Arg A394 Ile A386
42607846	Exiguaflavanone M		-14.66	1.33	Lys A449 Pro A324
156707	Sanggenon A		-14.02	1.31	Leu A327 Arg A394 TrpA393
44260021	Flaccidine		-11.84	2.47	Arg A394 Lys A 449

3.3. Receptor-Ligand Interaction:

The ligand interactions of these top four compounds were checked with the receptor protein. The LigX tool was used to analyze the 2D plots of receptor-ligand interactions with the highest docked complexes to check their interactions.

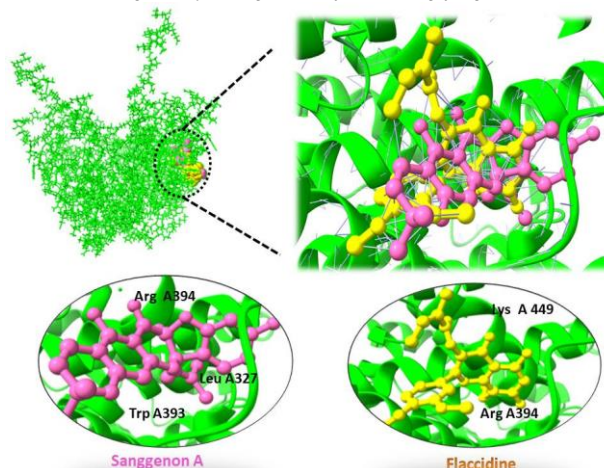
When the integral- α -6 protein was docked with the ready-to-dock library of 15,000 phytochemicals, the Mangostenone E docked complex showed good interaction. It was ranked at the top due to its lowest docking score of $-15.97 \text{ kcal mol}^{-1}$ and has shown potential interactions with Arg A394 and Ile A386. Exiguaflavanone M, which was ranked next to the Mangostenone E, and showed interactions with Lys A449 and Pro A324 with a binding score of $-14.66 \text{ kcal mol}^{-1}$ as shown in Figure 3.

Figure 3: Docked Mangostenone E and Exiguaflavanone M with Estrogen Receptor Alpha side chains atoms of Arg A394, Ile A386, Lys A449, and Pro A324 making hydrogen bonds. Docked poses of compound highlighting the most active residues of a protein's binding pocket



Moreover, Sanggenon A demonstrated the binding affinity of $-14.02 \text{ kcal mol}^{-1}$ and interaction with the sites Leu A327, Arg A394, and TrpA393. Flaccidine showed strong binding with Arg A394 and Lys A449 via hydrogen bonds, having a docking score of $-11.84 \text{ kcal mol}^{-1}$ as shown in Figure 4. All top four compounds showed great potential with the active site of the receptor protein.

Figure 4: Docked Sanggenon A & Flaccidine with Estrogen Receptor Alpha side chains atoms of Leu A327, Arg A394, Trp A393 Arg A394, and Lys A 449 making hydrogen bonds.



3.4. Drug-Likeness:

A drug scanning was performed via the Molinspiration server to evaluate the drug-likeness properties of the top compounds. Lipinski's Rule of Five was used as a standard. This rule illustrates the significant properties of the drugs like pharmacokinetics properties, interactions with metabolism in the human body, and excretion. Selected compounds displayed zero-violations according to Lipinski's five rules and exhibited considerable drug-like properties, i.e., molecular weight (Table 2).

Table 2: Interacting compounds examined for the Lipinski rule of five by molinspiration

Compound ID	Molecular Weight (g/mol)	Number of Hydrogen Bond Acceptor	Number of Hydrogen Bond Donor	mLogP
11495983	444.48	8	5	4.18
42607846	442.51	7	5	5.55
156707	436.46	7	3	4.60
44260021	442.42	9	2	3.32

3.5. Pharmacological Evaluation/Drug Toxicity:

The Swiss ADME and ADMETSar tools were utilized to forecast different types of pharmacokinetic features. The ADME and toxicity of the top therapeutic candidate molecules can be predicted using pharmacokinetic variables as shown in Table 3. The ADMET properties of derived phytochemicals are important for both targets. Because of poor pharmacokinetic qualities and toxicity, many medications do not involve this mechanism in their development. Early drug discovery relies on high-performance and quick ADMET profiling tests to identify active lead compounds. The ADMET profiling revealed that none of the candidate compounds had any absorption negative effects.

Table 3: ADMET profiling of Estrogen Receptor Alpha (includes drug-like properties such as absorption, metabolism, and toxicity)

Compounds IDs	11495983	42607846	156707	44260021
Gastro-Intestinal Absorption	Low	Low	High	High
Blood-Brain Barrier	No	No	No	No
P-glycoprotein-substrate	No	No	No	No
CYP1A2 Inhibitor	No	No	No	No
CYP2C19 Inhibitor	No	No	Yes	No
CYP2C9 Inhibitor	No	No	Yes	Yes
CYP2D6 Inhibitor	Yes	No	No	No
CYP3A4 Inhibitor	No	Yes	Yes	Yes
Toxicity				
Carcinogens	Non-Toxic	Non-Toxic	Non-Toxic	Non-Toxic
Cytotoxicity	Non-Cytotoxic	Non-Cytotoxic	Non-Cytotoxic	Non-Cytotoxic
Mutagenicity	No	No	No	No
Rat Acute Toxicity (LD50)	3.62 mol/kg	2.00 mol/kg	2.50 mol/kg	2.58 mol/kg

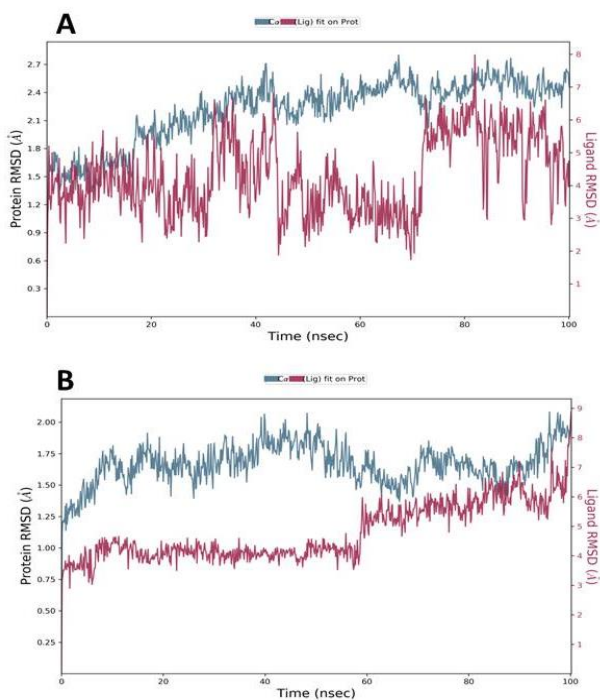
3.6. MD Simulation:

Docking analysis was performed to choose the best pose where the ligand can bind strongly with the receptor. Moreover, MD simulation was performed to determine the interaction patterns of ligands with the target protein Estrogen Receptor Alpha. Real-time MD simulation was performed by Desmond. In Desmond, the system builder used an overt aqueous medium to bring the complexes to the least energy level followed by the complex minimization step. The whole simulation process runs on three real-time simulations at 100 ns. Each of these simulations explicated the interaction patterns and stability of the complexes in terms of protein ligands RMSD and RMSF. RMSD was calculated during 100 ns simulations for each complex. The RMSD was used as a function of time for the best ligands (Mangostenone E and Exiguaflavanone M) with Estrogen Receptor Alpha protein.

3.7. Root Mean Square Deviation:

The RMSD results revealed that MD simulation was equilibrated, and conformational changes varied between 1.2 Å and 2.1 Å for Mangostenone E/ ER- α ; these conformational changes are tolerable for small globular protein as shown in Figure 5A. These RMSD results signify that estrogen receptor alpha did not undergo large conformational changes. The RMSD plot of the Exiguaflavanone M/ ER- α suggested that it showed a minor deviation of 0.75 Å up to 50 ns after that it becomes stable during simulation with respect to the protein binding pocket as shown in Figure 5B.

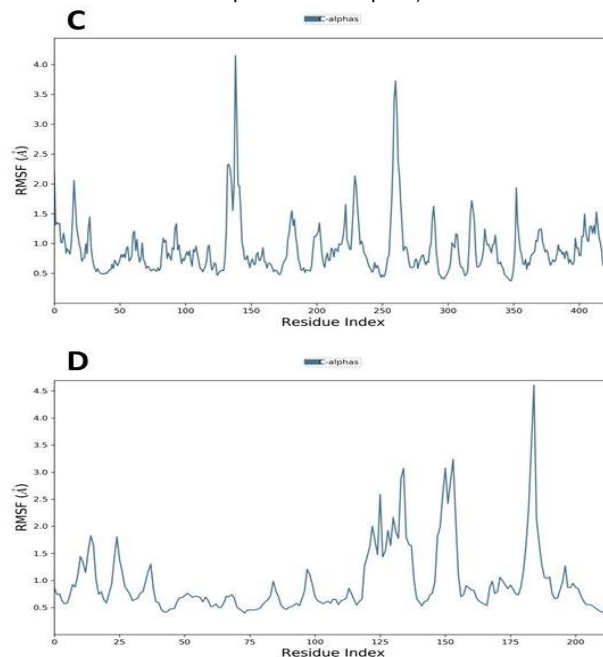
Figure 5(A,B): Statistical investigation of the intermolecular stability and dynamics of the two ER- α protein complexes using molecular dynamics simulations. The stability of the compounds is indicated by the Root Mean Square Deviation (A) Mangostenone E/ ER- α complex (B) Exiguaflavanone M/ ER- α complex.



3.8. Root Mean Square Fluctuation (RMSF):

The complex Mangostenone E/ ER- α study showed RMSF values ranging from 1.3 Å to 1.6 Å up to the residues number four hundred, as shown in the Figure 6C, while the complex Exiguaflavanone M/ ER- α revealed that its value ranges from 0.7 Å to 1.0 Å as shown in Figure 6D.

Figure 6(C,D): (C) RMSF plot trajectories of Mangostenone E/ ER- α complex, (D) Exiguaflavanone M/ ER- α complex reveals the RMSF plot trajectories



4. Discussion

Estrogen receptors have been known to play a role in the development of a high percentage of breast cancers (Ali and Coombes, 2000). Furthermore, the presence of elevated ER α receptors in breast epithelium appears to be associated with a greater risk of breast cancer, implying that ER α may play a key role in the beginning and progression of breast cancer (Tecalco-Cruz and Ramírez-Jarquín, 2017). Endocrine therapy does not work for all ER-positive cancers, and the majority of those that do respond become resistant over time (Zhao *et al.*, 2011). Most resistant tumors are ER-positive and react well to alternative endocrine therapy, indicating that ER continues to play a role in breast cancer cell proliferation (Skliris *et al.*, 2008). The problem of resistance has led to the search for and development of a variety of hormonal medications to block ER action, while research into the mechanisms that underpin resistance has revealed cellular mechanisms that control ER function with ligand binding.

In silico analysis has changed the drug formation method by the effective decrease in the expenditures as compared to the conventional drug formation procedure with the advancement in the bioinformatics field tools. Software developed by using these approaches targets for different drugs (Sliwoski *et al.*, 2014). Due to the development in the field of chemoinformatics, in silico compound libraries are present even though the modern computational methods screened the properties of these compounds for drug-likeness (Terstappen and Reggiani, 2001).

In this study, we used molecular docking for the overexpressed proteins against Estrogen Receptor Alpha for structure prediction of receptor-ligand complexes even though a protein receptor and ligand may be a small compound to attach to a receptor to show its activity (Kuntz *et al.*, 1982). Molecular docking studies were explored as a tool used for drug discovery and lead optimization of those compounds that are attached to the proteins (Levinthal *et al.*, 1975 and Salemme, 1976). An in silico approach for molecular docking is also used to prescreen the virtual compounds database.

All these protein molecules were docked in the same pocket. Four compounds were chosen from a library of 15,000 molecules and the

interaction analysis was used to further assess them. Lipinski's Rule of Five was applied to all the completed molecules (Chen *et al.*, 2020). Four completed compounds demonstrated the qualities required for a therapeutic candidate. The four compounds had a lower docking value and more stable bonding with the overexpressed Estrogen Receptor Alpha protein, according to the current study.

In the current studies, the selected compounds showed the best docking scores along with closer interactions with the Estrogen Receptor Alpha protein as compared to the compounds first reported. Our studies showed that a comprehensive and integrated approach to the identification of novel inhibitors based on inhibitors of the Estrogen Receptor Alpha can serve as a starting point for the efficacy of these compounds for the in vitro test target. However, a more extensive description of compounds that interrelate is needed along with the permitted vibrant conformations over 100 ns MD simulations. These approaches are initially used to ensure safer and more practical inhibitors for the prevention of breast cancer.

5. Conclusion

In the current study, Mangostenone E, Exiguaflavanone M, Sanggenon A, and Flaccidine were identified as potential phytochemicals exhibiting good binding capability with Estrogen Receptor Alpha and found to possess all drug-like properties. Our present findings can be useful in designing and developing novel compounds with improved inhibitory action against breast cancer. However, in vitro and in vivo experimental analyses are strongly recommended to test for this study's effectiveness.

Biographies

Bandar Hamad Aloufi

Biology Department, College of Sciences, University of Hail, Hail, Saudi Arabia, 00966503306711, bandar.aloufi@yahoo.com

Dr. Aloufi (Saudi) has been awarded his Ph.D. in the field of physiology. He is an expert in animal and molecular physiology and biotechnology, and his research interests in systematic biology and bioinformatics relate to biological and physiological studies. Dr. Aloufi has authored many articles in reputed journals. He has also published many textbooks in biology and physiology. He has participated in various national and international conferences and is a member of many national and international academic associations. ORCID: 0000-0003-3387-9034.

Ahmed Mohajja Alshammari

Biology department, College of sciences, University of Hail, Hail, Saudi Arabia, 00966551355555, dr.mohajja@gmail.com

Dr. Alshammari (Saudi) is an associate professor of biology and has a Ph.D. in zoology in the field of ecological sciences. His research interests in systematic biology and bioinformatics relate to biological, toxicological, and physiological studies. He is the author of six books and forty manuscripts (including published and submitted). He has published many books in biology and physiology. He has participated in various national and international conferences and is a member of many national and international academic associations. ORCID: 0000-0003-2926-0861.

References

Alamri, M.A., Tahir ul Qamar, M., Afzal, O., Alabbas, A.B., Riadi, Y. and Alqahtani, S.M. (2021). Discovery of anti-MERS-CoV small covalent inhibitors through pharmacophore modeling, covalent docking and molecular dynamics simulation. *Journal of Molecular Liquids*, 330(n/a), 115699. DOI: 10.1016/j.molliq.2021.115699

- Ali, S. and Coombes, R.C. (2000). Estrogen receptor alpha in human breast cancer: Occurrence and significance. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 5(3), 271–81. DOI: 10.1023/A:1009594727358 gg–g
- Berman, H.M., Westbrook, J., Feng, Z., Gilliland, G., Bhat, T.N., Weissig, H., Shindyalov, I.N. and Bourne, P.E. (2000). The Protein data bank. *Nucleic Acids Research*, 28(1), 235–42. DOI: 10.1093/nar/28.1.235
- Blessy, J.J. and Sharmila, D.J.S. (2015). Molecular simulation of N-acetylneuraminic acid analogs and molecular dynamics studies of cholera toxin-Neu5Gc complex. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 33(5), 1126–39. DOI: 10.1080/07391102.2014.931825
- Brocklehurst, P., Kujan, O., O'Malley, L., Ogden, G.R., Shepherd, S. and Glenny, A.-M. (2013). Screening programmes for the early detection and prevention of oral cancer. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, n/a(11), CD004150 DOI: 10.1002/14651858.CD004150.pub4
- Chen, X., Li, H., Tian, L., Li, Q., Luo, J. and Zhang, Y. (2020). Analysis of the physicochemical properties of acaricides based on Lipinski's rule of five. *Journal of Computational Biology*, 27(9), 1397–406. DOI: 10.1089/cmb.2019.0323
- Clèries, R., Ribes, J., Esteban, L., Martinez, J.M. and Borràs, J.M. (2006). Time trends of breast cancer mortality in Spain during the period 1977–2001 and bayesian approach for projections during 2002–2016. *Annals of Oncology*, 17(12), 1783–91. DOI: 10.1093/annonc/mdl303
- Feuer, E.J., Wun, L.-M., Boring, C.C., Flanders, W.D., Timmel, M.J. and Tong, T. (1993). The lifetime risk of developing breast cancer. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 85(11), 892–7. DOI: 10.1093/jnci/85.11.892
- Frisch, M.J., Trucks, G.W., Schlegel, H.B., Scuseria, G.E., Robb, M.A., Cheeseman, J.R., Scalmani, G., Barone, V., Petersson, G.A., Nakatsuji, H., Li, X., Caricato, M., Marenich, A.V., Bloino, J., Janesko, B. G., Gomperts, R., Mennucci, B., Hratchian, H.P., Ortiz, J.V., Izmaylov, A.F., Sonnenberg, J.L., Williams-Young, D., Ding, F., Lipparini, J., Egidi, F., Goings, J., Peng, B., Petrone, A., Henderson, T., Ranasinghe, D., Zakrzewski, V.G., Gao, J., Rega, N., Zheng, G., Liang, W., Hada, M., Ehara, M., Toyota, K., Fukuda, R., Hasegawa, J., Ishida, M., Nakajima, T., Honda, Y., Kitao, O., Nakai, H., Vreven, T., Throssell, K., Montgomery, J.A., Jr., Peralta, J.E., Ogliaro, F., Bearpark, M.J., Heyd, J.J., Brothers, E.N., Kudin, K.N., Staroverov, V.N., Keith, T.A., Kobayashi, R., Normand, J., Raghavachari, K., Rendell, A.P., Burant, J.C., Iyengar, S.S., Tomasi, J., Cossi, M., Millam, J.M., Klene, M., Adamo, C., Cammi, R., Ochterski, J.W., Martin, R.L., Morokuma, K., Farkas, O., Foresman, J.B., Fox, D.J. (2016). *Gaussian 16 Rev. C. 01*. Wallingford, CT: Gaussian Inc.
- González, J.R., Moreno, V., Fernández, E., Izquierdo, A., Borràs, J., Gispert, R., and Grupo de Investigación sobre el Impacto del Cáncer en Cataluña (2005). *Probabilidad de desarrollar y morir por cáncer en Cataluña en el período 1998-2001* 'Probability of developing and dying of cancer in Catalonia during the period 1998-2001'. *Medicina clínica [in Spanish]*, 124(11), 411–14. DOI: 10.1157/13072840
- Joy, P.P., Thomas, J., Mathew, S. and Skaria, B.P. (2001). Medicinal Plants. In: Bose, T.K., Kabir, J., Das, P. and Joy, P.P. (eds.) *Tropical Horticulture*. Calcutta, India: Naya Prokash, 449–632.
- Kleeff, J., Korc, M., Apte, M., La Vecchia, C., Johnson, C.D., Biankin, A.V., Neale, R.E., Tempero, M., Tuveson, D.A., Hruban, R.H. and Neoptolemos, J.P. (2016). Pancreatic cancer. *Nature Reviews Disease Primers*, 2(1), 1–22. DOI: 10.1038/nrdp.2016.22
- Komanduri, R., Chandrasekaran, N. and Raff, L.M. (2000). MD simulation of indentation and scratching of single crystal aluminum. *Wear*, 240(1), 113–43. DOI: 10.1016/S0043-1648(00)00358-6
- Kumar, A., Behera, P.C., Rangra, N.K., Dey, S. and Kant, K. (2018). Computational tool for immunotoxic assessment of pyrethroids toward adaptive immune cell receptors. *Pharmacognosy magazine*, 14(53), 124–8. DOI: 10.4103/pm.pm_62_17
- Kuntz, I.D., Blaney, J.M., Oatley, S.J., Langridge, R. and Ferrin, T.E. (1982). A geometric approach to macromolecule-ligand interactions. *Journal of Molecular Biology*, 161(2), 269–88. DOI: 10.1016/0022-2836(82)90153-X
- Levinthal, C., Wodak, S.J., Kahn, P. and Dadivanian, A. K. (1975). Hemoglobin interaction in sickle cell fibers. I: Theoretical approaches to the molecular contacts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 72(4), 1330–4. DOI: 10.1073/pnas.72.4.1330
- McDonald, E.S., Clark, A.S., Tchou, J., Zhang, P. and Freedman, G. M.

- (2016). Clinical diagnosis and management of breast cancer. *Journal of Nuclear Medicine*, **57**(Supplement 1), 9S–16S. DOI: 10.2967/jnumed.115.157834
- Michaelson, J.S., Silverstein, M., Wyatt, J., Weber, G., Moore, R., Halpern, E., Kopans, D.B. and Hughes, K. (2002). Predicting the survival of patients with breast carcinoma using tumor size. *Cancer*, **95**(4), 713–23. DOI: 10.1002/cncr.10742
- Parkin, D.M. (2001). Global cancer statistics in the year 2000. *The Lancet Oncology*, **2**(9), 533–43. DOI: 10.1016/S1470-2045(01)00486-7
- Podlogar, B.L., Muegge, I. and Brice, L.J. (2001). Computational methods to estimate drug development parameters. *Current Opinion in Drug Discovery & Development*, **4**(1), 102–9.
- Sadeghi, M., Miroliaei, M. and Shorakai, Z. (2020). In silico investigation of flavanone compounds' inhibitory effects on alpha-amylase enzyme and predicting their inhibitory role in diabetes progression. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*, **10**(4), 2786–95.
- Salemme, F.R. (1976). An hypothetical structure for an intermolecular electron transfer complex of cytochromes c and b5. *Journal of Molecular Biology*, **102**(3), 563–8. DOI: 10.1016/0022-2836(76)90334-X
- Segall, M.D. and Barber, C. (2014). Addressing toxicity risk when designing and selecting compounds in early drug discovery. *Drug Discovery Today*, **19**(5), 688–93. DOI: 10.1016/j.drudis.2014.01.006
- Skliris, G.P., Leygue, E., Watson, P.H. and Murphy, L.C. (2008). Estrogen receptor alpha negative breast cancer patients: Estrogen receptor beta as a therapeutic target. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, **109**(1), 1–10. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2007.12.010
- Sliwoski, G., Kothiwale, S., Meiler, J. and Lowe, E. W. (2014). Computational methods in drug discovery. *Pharmacological Reviews*, **66**(1), 334–95. DOI: 10.1124/pr.112.007336
- Srivastava, N., Garg, P., Srivastava, P. and Seth, P.K. (2021). A molecular dynamics simulation study of the ACE2 receptor with screened natural inhibitors to identify novel drug candidate against COVID-19. *PeerJ*, **9**(N/A), e11171. DOI: 10.7717/peerj.11171
- Sweke, R., Wilde, F., Meyer, J., Schuld, M., Fahrman, P.K., Meynard-Piganeau, B. and Eisert, J. (2020). Stochastic gradient descent for hybrid quantum-classical optimization. *Quantum*, **4**(n/a), 314. DOI: 10.22331/q-2020-08-31-314
- Tecalco-Cruz, A.C. and Ramírez-Jarquín, J.O. (2017). Mechanisms that increase stability of estrogen receptor alpha in breast cancer. *Clinical Breast Cancer*, **17**(1), 1–10. DOI: 10.1016/j.clbc.2016.07.015
- Terstappen, G.C. and Reggiani, A. (2001). In silico research in drug discovery. *Trends in Pharmacological Sciences*, **22**(1), 23–6. DOI: 10.1016/S0165-6147(00)01584-4
- Tiwari, A.K. (2004). Antioxidants: New-generation therapeutic base for treatment of polygenic disorders. *Current Science*, **86**(8), 1092–102.
- Urruticoechea Ribate, A. (2008). *Description and Pre-clinical Validation of Dynamic Molecular Determinants of Sensitivity to Aromatase Inhibitors in Breast Cancer*. PhD Dissertation, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain.
- Venkatesan, S.K., Shukla, A.K. and Dubey, V.K. (2010). Molecular docking studies of selected tricyclic and quinone derivatives on trypanothione reductase of *Leishmania infantum*. *Journal of Computational Chemistry*, **31**(13), 2463–75. DOI: 10.1002/jcc.21538
- Vilar, S., Cozza, G. and Moro, S. (2008). Medicinal chemistry and the molecular operating environment (MOE): Application of QSAR and molecular docking to drug discovery. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, **8**(18), 1555–72. DOI: 10.2174/156802608786786624
- Yalcin, S. (2020). Molecular docking, drug likeness, and ADMET analyses of passiflora compounds as P-glycoprotein (P-gp) inhibitor for the treatment of cancer. *Current Pharmacology Reports*, **6**(6), 429–40. DOI: 10.1007/s40495-020-00241-6.
- Zhao, Y., Deng, C., Wang, J., Xiao, J., Gatalica, Z., Recker, R.R. and Xiao, G.G. (2011). Let-7 family miRNAs regulate estrogen receptor alpha signaling in estrogen receptor positive breast cancer. *Breast Cancer Research and Treatment*, **127**(1), 69–80. DOI: 10.1007/s10549-010-0972-2.

A Sufficient Condition for the Global Convergence of Conjugate Gradient Methods for Solving Unconstrained Optimisation Problems

Osman O.O.Yousif¹, Awad Abdelrahman¹, Mogtaba Mohammed², Mohammed A. Saleh³

¹Department of Mathematics, Faculty of Mathematical and Computer Sciences, University of Gezira, Wad Madani, Sudan

²Department of Mathematics, College of Science, Majmaah University, Zulfi, Saudi Arabia

³Department of Computer, College of Science and Arts in Ar Rass, Qassim University, Ar Rass, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/sci/220013>

RECEIVED
15/03/2022

ACCEPTED
18/04/2022

PUBLISHED ONLINE
18/04/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
5805

NO. OF PAGES
7

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Due to their remarkable convergence properties and performance in practice, conjugate gradient (CG) methods are widely used for solving unconstrained optimisation problems, especially those of large scale. From the 1950s until now, many studies have been carried out to propose new ones to improve existing CG methods. In this paper, we present a condition that guarantees the global convergence of CG methods when they are applied under the exact line search. At the same time, based on this condition, we did a minor modification on the CG methods of Polak-Rebiere-Polyak (PRP) and of Hestenes-Stiefel (HS) to propose new modified methods. Furthermore, to support the theoretical proof of the global convergence of the modified methods in practical computation, a numerical experiment based on comparing the proposed methods with other well-known CG methods was done. It has been found that the new modified methods have the fewest number of iterations and require the shortest time for solving the problems. In addition, they have the highest percentage of the test problems that solved successfully. Hence, we conclude that they can be used successfully for solving unconstrained optimisation problems.

KEYWORDS

Unconstrained optimisation problems; conjugate gradient methods; exact line search; global convergence

CITATION

Yousif, O.O.O., Abdelrahman, A., Mohammed, M., Saleh, M.A. (2022). A sufficient condition for the global convergence of conjugate gradient methods for solving unconstrained optimisation problems. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 106–12. DOI: 10.37575/b/sci/220013

1. Introduction

The conjugate gradients (CG) methods are one of the most widely used methods for solving unconstrained optimisation problems, especially those of large scale. The general formula of an unconstrained optimisation problem is

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} f(x) \quad (1.1)$$

where $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ is a continuously differentiable function. Starting from an initial point $x_0 \in \mathbb{R}^n$, a nonlinear conjugate gradient method generates a sequence of approximation points $\{x_k\}$ using the iterative formula

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k d_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (1.2)$$

where $\alpha_k > 0$ is a step length that is obtained by means of a one-dimensional search direction method called line search, and d_k is the search direction which is computed as follows:

$$d_k = \begin{cases} -g_k, & \text{if } k = 0, \\ -g_k + \beta_k d_{k-1}, & \text{if } k \geq 1, \end{cases} \quad (1.3)$$

where β_k is known as the conjugate gradient coefficient and $g_k = \nabla f(x_k)$ is the gradient of the function f at x_k .

If the line search is exact, the step length α_k is obtained in the direction d_k by the rule

$$f(x_k + \alpha_k d_k) = \min_{\alpha \geq 0} f(x_k + \alpha d_k) \quad (1.4)$$

which the orthogonality condition

$$g_k^T d_{k-1} = 0, \quad (1.5)$$

is satisfied.

In addition, we note

$$g_k^T d_k = -\|g_k\|^2, \quad (1.6)$$

that is, by combining (1.3) and (1.5) together.

There are other rules for finding $\alpha_k > 0$ that guarantee the global convergence of a CG method. These rules are called the inexact line search methods. The most popular one is expressed by Wolfe conditions (Wolfe, 1969; Wolfe, 1971).

Different choices for the coefficient β_k lead to different CG methods, such as the method of Fletcher-Reeves (1964), Dai-Yuan (2000) and the Conjugate Descent (Fletcher, 1987), where coefficients are respectively given by

$$\beta_k^{\text{FR}} = \frac{\|g_k\|^2}{\|g_{k-1}\|^2}, \quad (1.7) \quad \beta_k^{\text{DY}} =$$

$$\frac{\|g_k\|^2}{d_{k-1}^T (g_k - g_{k-1})}, \quad (1.8)$$

$$\beta_k^{\text{CD}} = -\frac{\|g_k\|^2}{d_{k-1}^T g_{k-1}}, \quad (1.9)$$

where $\|\cdot\|$ stands for the Euclidean norm of vectors. Clearly, (1.7), (1.8) and (1.9) are identical when the line search used is exact line search. However, the methods of Polak-Rebiere (1969) and Polyak (1990), Hestenes-Stiefel (1952) and Liu-Storey (1992), whose coefficients are respectively given by

$$\beta_k^{\text{PRP}} = \frac{g_k^T (g_k - g_{k-1})}{\|g_{k-1}\|^2},$$

$$\beta_k^{\text{HS}} = \frac{g_k^T (g_k - g_{k-1})}{d_{k-1}^T (g_k - g_{k-1})},$$

$$\beta_k^{\text{LS}} = -\frac{g_k^T (g_k - g_{k-1})}{d_{k-1}^T g_{k-1}},$$

are also identical when exact line search used. Many studies have been carried out to analyse the global convergence of conjugate gradient methods under both exact and inexact line searches. The global convergence of the FR(1.7) is known as Fletcher and Reeves

(1964) method was established using both exact (Zoutendijk, 1970) and inexact (Al-Baali, 1985) line search on general functions. The HS (known as Hestenes-Stiefel (1952)) and PRP (known as Polak – Ribiere-Polyak (1969)) methods share the common numerator address, the jamming of the FR, that is, when jamming occurs $g_{k+1} \approx g_k$, β_k^{HS} and $\beta_k^{PRP} \approx 0$, so that $d_{k+1} = -g_{k+1}$. In other words, the HS and PRP methods perform a restart when they encounter a bad direction. This explains why HS and PRP perform much better than the FR in practice. Nevertheless, as a consequence, by the example of Powell *et al.* (1984), the HS and PRP methods may not converge, even if the line search is exact. Therefore, Powell *et al.* (1986) suggested that β_k^{PRP} should be modified by

$$\beta_k^{PRP+} = \max\{\beta_k^{PRP}, 0\}$$

which is equivalent to

$$\beta_k^{PRP+} = \begin{cases} \beta_k^{PRP} & \text{if } \beta_k^{PRP} \geq 0 \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1.10)$$

Inspired by Powell's work, Gilbert and Nocedal (1992) proved the convergence of the PRP+ method when the line search is strong and the step length α_k satisfies the sufficient descent property, and showed that PRP+ performs better than PRP. Moreover, Gilbert and Nocedal (1992) extended this by defining

$$\beta_k^{HS+} = \begin{cases} \beta_k^{HS} & \text{if } \beta_k^{HS} \geq 0 \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (1.11)$$

and proved that the HS+ method is also convergent. The convergence properties of the HS and PRP methods have been studied by many researchers, e.g. Gonglin *et al.* (2017), Wei *et al.* (2006) and Wei *et al.* (2006).

In the last years, in order to establish the global convergence and to obtain superior numerical performance in practice, much effort has been devoted to develop new conjugate gradient methods and to modify well-known methods, such as the modifications by Abdelrahman *et al.* (2021) on the method in Rivaie *et al.* (2015) and the modification of Abubakar *et al.* (2022) on the Liu-Storey (LS) method.

Rivaie *et al.* (2012) proposed a new coefficient denoted by β_k^{RMIL} , that is

$$\beta_k^{RMIL} = \frac{g_k^T(g_k - g_{k-1})}{\|d_{k-1}\|^2},$$

and showed that the RMIL method can be used in practical computation and is globally convergent when it is applied under exact line search. However, Dai (2016) pointed out a mistake in the steps of the global convergence proof. To guarantee the convergence via exact line search, he suggested the modified RMIL+ method, in which the coefficient is given by

$$\beta_k^{RMIL+} = \begin{cases} \frac{g_k^T(g_k - g_{k-1})}{\|d_{k-1}\|^2} & \text{if } 0 \leq g_k^T g_{k-1} \leq \|g_k\|^2 \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1.12)$$

The global convergence of the RMIL method is essentially dependent on the inequality

$$0 \leq \beta_k^{RMIL} \leq \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2}, \text{ for } k \geq 1, \quad (1.13)$$

as shown in Rivaie *et al.* (2012) and Dai (2016).

In addition, in 2020, based on (1.13), Yousif has proven the global convergence of RMIL+ via strong Wolfe line search.

Therefore, if we generalise inequality (1.13) for any CG coefficient β_k^* with the following extension

$$0 \leq \beta_k^* < C \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2}, \text{ for } k \geq 1 \text{ and a real number } C \geq 1, \quad (1.14)$$

we expect to get better results. Furthermore, based on the condition in (1.14) and for better convergence properties, we can obtain modified CG methods by doing a little modification on any CG coefficient in order to satisfy it (1.14).

In this paper, we will prove that the global convergence to any CG method satisfies the condition in (1.14) when it is applied under the exact line search in Section 2. Based on this condition, we propose new modified coefficients for both the PRP and the HS methods that are in Section 3. In Section 4, in order to show the efficiency of the modified versions of PRP and HS in practical computation, we compare them with the PRP, HS, PRP+, FR, and RMIL methods. In Section 5, we give a conclusion.

2. A Condition for the Coefficient β_k

In this section, motivated by the denominator of β_k^{RMIL} and the steps of the proof in Yousif (2020) of the global convergence of RMIL+, we will show that every CG method whose coefficient β_k^* satisfies the condition in (1.14) is globally convergent when it is applied under the exact line search for solving unconstrained optimisation problems.

Next, we will prove the global convergence of the CG method, whose coefficient is given by (1.14). Before that, we note if the sequences $\{g_k\}$ and $\{d_k\}$ are generated by any CG method via the exact line search:

$$\begin{aligned} \|g_k + d_k\|^2 &= (g_k + d_k)^T (g_k + d_k) \\ &= \|g_k\|^2 + \|d_k\|^2 + 2g_k^T d_k \\ &= \|g_k\|^2 + \|d_k\|^2 - 2\|g_k\|^2 \quad (\text{By using (1.6)}) \\ &= \|d_k\|^2 - \|g_k\|^2. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Therefore,

$$\|d_k\|^2 \geq \|g_k\|^2,$$

which means

$$\frac{\|g_k\|^2}{\|d_k\|^2} \leq 1. \quad (2.2)$$

In addition, we can obtain (2.2) by noting that

$$\frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} = \frac{(g_k^T d_k)^2}{\|d_k\|^2} = \frac{\|g_k\|^2 \|d_k\|^2 \cos^2 \theta_k}{\|d_k\|^2}.$$

Since $0 \leq \cos^2 \theta_k \leq 1$, we have

$$\frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} \leq \|g_k\|^2,$$

which leads again to (2.2).

To prove the global convergence, we assume that the objective function $f(x)$ satisfies the following assumption.

Assumption 2.1

- The level set $\Omega = \{x \in \mathbb{R}^n : f(x) \leq f(x_0)\}$ is bounded, where x_0 is the starting point.
- In some neighborhood N of Ω , the objective function is continuously differentiable, and its gradient is Lipschitz continuous; namely, there exists a constant $l > 0$ such that $\|g(x) - g(y)\| \leq l \|x - y\|$, $\forall x, y \in N$.

From (ii) in Assumption 2.1, we have

$$\|g_{k+1}\| - \|g_k\| \leq \|g_{k+1} - g_k\| \leq l \|x_{k+1} - x_k\| = l \alpha_k \|d_k\|.$$

Using the iterative formula (1.2) and the inequality (2.3), we come to

$$\|g_{k+1}\| \leq \|d_k\|(1 + l \alpha_{\max}) \quad (2.3)$$

where α_{\max} is a user-supplied bound on the maximum step length allowed in the practical computation.

Under Assumption 2.1, we have the following lemma, which was proved by Zoutendijk (1970).

Lemma 2.1

We suppose that Assumption 2.1 holds. Consider any CG method of the form (1.2) - (1.3), where d_k is a descent search direction and α_k is a step length obtained by means of a one-dimensional search direction. Then the following condition known as the Zoutendijk condition holds

$$\sum_{k=0}^{\infty} \|g_k\|^2 \cos^2 \theta_k < \infty, \quad (2.4)$$

where θ_k is the angle between d_k and the steepest descent direction $-g_k$.

The Zoutendijk condition (2.4) implies that

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|g_k\|^2 \cos^2 \theta_k = 0.$$

This means if the angle θ_k is bounded away from $\frac{\pi}{2}$, there exists a positive constant δ such that

$$\cos \theta_k \geq \delta > 0, \text{ for all } k,$$

or

$$\tan \theta_k < \infty, \text{ for all } k.$$

It follows immediately

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|g_k\| = 0,$$

which guarantees the global convergence.

In addition, from (2.5) and (1.6), we have

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} < \infty. \quad (2.5)$$

Now, substituting (1.14) in (1.3), gives

$$d_k = -g_k + \beta_k^* d_{k-1}, \quad k \geq 1.$$

Squaring both sides of the above equation and then using (1.5), we come to

$$\|d_k\|^2 = \|g_k\|^2 + (\beta_k^*)^2 \|d_{k-1}\|^2, \quad k \geq 1.$$

From the definition of β_k^* in (1.14), we get

$$\begin{aligned} \|d_k\|^2 &< \|g_k\|^2 + C \beta_k^* \|g_k\|^2, \quad k \\ &\geq 1. \end{aligned}$$

Therefore, using (2.1), we come to

$$\beta_k^* > \frac{1}{C} \left(\frac{\|d_k\|^2 - \|g_k\|^2}{\|g_k\|^2} \right) = \frac{1}{C} \left(\frac{\|g_k + d_k\|^2}{\|g_k\|^2} \right). \quad (2.6)$$

Also, if θ_k is the angle between d_k and the steepest descent direction $-g_k$, then

$$\cos \theta_k = \frac{-g_k^T d_k}{\|g_k\| \|d_k\|}$$

From (1.6), we get

$$\cos \theta_k = \frac{\|g_k\|}{\|d_k\|}. \quad (2.7)$$

Since the cosine is positive in the interval $[0, \frac{\pi}{2}]$ and negative in $[\frac{\pi}{2}, \pi]$, the equation (2.8) implies that $\theta_k \in [0, \frac{\pi}{2}]$.

From (2.7), we find

$$\|d_k\| = \|g_k\| \sec \theta_k. \quad (2.8)$$

Both (2.1) and (2.8) together lead to

$$\sec^2 \theta_k - 1 = \frac{\|d_k\|^2}{\|g_k\|^2} - 1 = \frac{\|d_k\|^2 - \|g_k\|^2}{\|g_k\|^2} = \frac{\|g_k + d_k\|^2}{\|g_k\|^2}. \quad (2.9)$$

From the formula (2.6) of β_k^* and (2.9) above, we get

$$\beta_k^* > \frac{1}{C} \left(\frac{\|g_k + d_k\|^2}{\|g_k\|^2} \right) = \frac{1}{C} (\sec^2 \theta_k - 1) = \frac{1}{C} \tan^2 \theta_k. \quad (2.10)$$

The following theorem establishes the global convergence.

Theorem 2.1

We suppose that Assumption 2.1 holds. Then the CG method, its coefficient given by (1.14), is globally convergent under the exact line search, that is

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|g_k\| = 0. \quad (2.11)$$

Proof

The proof is by contradiction. It assumes that (2.11) does not hold; then there exists a constant $\varepsilon > 0$ and an integer k_1 such that

$$\|g_k\| \geq \varepsilon, \text{ for all } k \geq k_1, \quad (2.12)$$

which leads to

$$\frac{1}{\|g_k\|^2} \leq \frac{1}{\varepsilon^2}, \quad \text{for all } k \geq k_1. \quad (2.13)$$

From (1.3), by squaring both sides of $d_k + g_k = \beta_k^* d_{k-1}$, we get

$$\|d_k\|^2 = -\|g_k\|^2 - 2g_k^T d_k + (\beta_k^*)^2 \|d_{k-1}\|^2. \quad (2.14)$$

Using (1.6) and substituting (1.14), we obtain

$$\|d_k\|^2 < \|g_k\|^2 + C^2 \frac{\|g_k\|^4}{\|d_{k-1}\|^2}. \quad (2.15)$$

Dividing both sides of (2.15) by $\|g_k\|^4$, we get

$$\frac{\|d_k\|^2}{\|g_k\|^4} < \frac{1}{\|g_k\|^2} + \frac{C^2}{\|d_{k-1}\|^2}.$$

From (2.2), since $\frac{1}{\|d_k\|^2} \leq \frac{1}{\|g_k\|^2}$, we have

$$\frac{\|d_k\|^2}{\|g_k\|^4} < \frac{1}{\|g_k\|^2} + \frac{C^2}{\|g_{k-1}\|^2}. \quad (2.16)$$

Combining (2.13) and (2.16), we come to

$$\frac{\|d_k\|^2}{\|g_k\|^4} < \frac{(1+C^2)}{\varepsilon^2}, \quad \text{for all } k \geq k_1 + 1.$$

This means

$$\frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} > \frac{\varepsilon^2}{(1+C^2)},$$

then

$$\sum_{k=k_1+1}^n \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} > (n - k_1) \frac{\varepsilon^2}{(1+C^2)}.$$

Since $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} \geq \sum_{k=k_1+1}^{\infty} \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2}$

and

$$\sum_{k=k_1+1}^{\infty} \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=k_1+1}^n \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} > \frac{\varepsilon^2}{(1+C^2)} \lim_{n \rightarrow \infty} (n - k_1) = \infty,$$

we come to

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} > \infty.$$

This contradicts (2.5). Therefore, the proof is completed.

3. Modified Versions for the PRP and HS Methods

In this section, motivated by the proof of the global convergence in Section 2, the outperformance of the PRP and the HS methods in practical computations for the minimisers of functions, and by the formulas in (1.10) and (1.11), we propose modified versions of the PRP and HS methods, that is, to restrict the coefficients β_k^{PRP} and β_k^{HS} in order to satisfy the coefficient β_k^* in (2.1) as follows:

$$\beta_k^{PRP*} = \begin{cases} \beta_k^{PRP}, & \text{if } 0 \leq \beta_k^{PRP} < \mu \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2} \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (3.1)$$

and

$$\beta_k^{HS*} = \begin{cases} \beta_k^{HS}, & \text{if } 0 \leq \beta_k^{HS} < \mu \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2} \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (3.2)$$

where $\mu \geq 1$. Clearly the new proposed coefficients β_k^{PRP*} and β_k^{HS*} satisfy the condition (2.1), that is,

$$0 \leq \beta_k^{PRP*} < C \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2}, \text{ for } k \geq 1 \text{ and a real number } C \geq 1,$$

and

$$0 \leq \beta_k^{HS*} < C \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2}, \text{ for } k \geq 1 \text{ and a real number } C \geq 1,$$

with $\mu = C$, so that both coefficients β_k^{PRP*} and β_k^{HS*} can be considered modified versions of β_k^{PRP} and β_k^{HS} . This means, from Theorem 2.1, the proposed CG methods PRP* and HS* are globally convergent when they are applied under the exact line search.

We also note, like the PRP and HS methods, the PRP* and HS* methods perform a restart when they encounter a bad direction, i.e. when g_k approaches g_{k-1} , then both β_k^{PRP*} and β_k^{HS*} approach zero, so that d_k approaches $-g_k$. Hence, we expect that they perform better than the FR method in practice. Also, like PRP, HS, FR, PRP+, and RMIL, both PRP* and HS* are globally convergent under the exact line search as proved in Theorem 2.1, but it remains to show their performance in practical computations. This will be done in the next section.

4. Numerical Results and Discussion

In this section, to show the efficiency of the PRP* and HS* methods in practical computation when they are applied under the exact line search, we compare them with the FR, PRP, HS, PRP+, and RMIL methods. The comparison is based on solving 41 well-known unconstrained optimisation problems; most of them are from Andrei (2008). The test problems were implemented under low, medium, and high dimensions, namely 2, 3, 4, 10, 50, 100, 500, 1000, and 10,000. To show the robustness, two different initial points for each dimension were chosen. The comparison is based on the number of iterations and the time (in seconds) of run (CPU) of each problem. To do the comparison, a MATLAB coded program was run with a stopping criterion set to $\|g_k\| < 10^{-6}$. In Tables 1, 2, 3, and 4, we report 'Fail' if a method failed to solve a problem. In Tables 1, 2, 3, and 4, a method is considered to be failed, and we report 'Fail' if the number of iterations exceeds 15.

Table 1: A comparison between FR, HS, PRP, and PRP+ for low dimensions

No.	Test Problem	Dim.	FR NOI/ CPU	HS NOI/ CPU	PRP NOI/ CPU	PRP+ NOI/ CPU
1	EXTENDED WHITE & HOLST	2	74/0.28 283/0.88	16/0.08 30/0.15	16/0.08 30/0.15	17/0.09 46/0.22
2	NONSCOMP	2	50/0.24 915/3.72	10/0.07 12/0.08	10/0.07 14/0.09	9/0.06 14/0.09
3	THREE-HUMP	2	19/0.11 Fail	30/0.15 19/0.11	13/0.08 16/0.10	22/0.12 20/0.11
4	SIX-HUMP	2	11/0.07 8/0.06	4/0.04 8/0.06	4/0.04 8/0.06	4/0.04 9/0.08
5	CUBE	2	37/0.22 611/3.05	15/0.10 30/0.18	11/0.08 30/0.18	9/0.07 47/0.27
6	LEON	2	74/0.36 263/1.51	16/0.09 30/0.15	16/0.09 30/0.16	17/0.10 46/0.23
7	DIXON & PRICE	3	15/0.11 29/0.16	13/0.10 43/0.23	13/0.10 49/0.26	10/0.09 49/0.26
8	QUARTIC	4	160/0.88 271/1.46	454/2.46 460/2.48	456/2.47 365/1.97	456/2.46 365/1.97
9	COLVILLE	4	Fail 34/0.20	139/0.71 82/0.40	139/0.71 82/0.40	139/0.71 92/0.46
10	EXTENDED MARATOS	4	2/0.02 548/2.31	3/0.03 27/0.14	3/0.03 21/0.12	3/0.03 30/0.17
11	EXTENDED POWELL	4	Fail Fail	1581/8.51 943/5.11	1581/8.51 1207/6.53	1672/9.03 1698/9.13
12	EXTENDED WOOD	4	Fail Fail	226/1.21 199/1.05	180/0.98 259/1.36	463/2.40 209/1.12
13	FREUDENSTEIN & ROTH	4	15/0.10 27/0.13	7/0.05 7/0.05	7/0.05 10/0.08	8/0.06 Fail
14	GENERALIZED TRIDIAGONAL 2	4	5/0.05 Fail	4/0.04 9/0.08	4/0.04 9/0.08	4/0.04 10/0.09
15	GENERALIZED TRIDIAGONAL 1	10	36/0.22 43/0.26	27/0.17 27/0.17	27/0.17 27/0.17	27/0.17 27/0.17
16	EXTENDED PENALTY	10	13/0.10 12/0.09	29/0.17 6/0.07	29/0.17 6/0.07	26/0.14 7/0.08
17	ARWHEAD	10	7/0.08 9/0.09	5/0.07 8/0.09	5/0.07 8/0.09	6/0.08 9/0.09
18	LIARWHD	10	Fail Fail	20/0.15 20/0.15	20/0.15 20/0.15	21/0.16 21/0.15
19	POWER	10	20/0.14 24/0.14	22/0.15 25/0.15	21/0.13 25/0.15	21/0.13 25/0.15

Table 2: A comparison between HS*, PRP*, and RMIL for low dimensions

No.	Test Problem	Dim.	HS* ($\mu = 10$) NOI/ CPU	PRP* ($\mu = 10$) NOI/ CPU	PRP* ($\mu = 5$) NOI/ CPU	RMIL NOI/ CPU
1	EXTENDED WHITE & HOLST	2	17/0.09 28/0.12	17/0.09 32/0.16	26/0.11 25/0.11	23/0.11 24/0.10
2	NONSCOMP	2	9/0.06 15/0.10	9/0.06 15/0.10	11/0.08 15/0.10	15/0.10 16/0.12
3	THREE-HUMP	2	19/0.11 21/0.11	22/0.12 22/0.12	22/0.12 22/0.12	14/0.09 Fail
4	SIX-HUMP	2	5/0.05 8/0.06	5/0.05 8/0.06	5/0.05 8/0.06	5/0.05 8/0.06
5	CUBE	2	10/0.07 28/0.17	10/0.07 30/0.18	10/0.07 25/0.16	32/0.20 24/0.16
6	LEON	2	17/0.10 28/0.14	17/0.10 30/0.16	17/0.10 25/0.14	23/0.12 24/0.15
7	DIXON & PRICE	3	10/0.09 43/0.23	10/0.09 49/0.26	10/0.09 49/0.26	35/0.22 56/0.34
8	QUARTIC	4	454/2.46 460/2.50	456/2.47 365/1.99	456/2.47 365/1.97	740/3.95 804/4.31
9	COLVILLE	4	139/0.71 92/0.46	139/0.71 92/0.46	139/0.71 92/0.46	375/1.88 290/1.93
10	EXTENDED MARATOS	4	2/0.02 26/0.14	2/0.02 26/0.14	2/0.02 29/0.16	3/0.03 18/0.11
11	EXTENDED POWELL	4	1670/9.00 1694/9.20	1672/9.03 1698/9.13	528/2.89 1698/9.13	Fail Fail
12	EXTENDED WOOD	4	175/0.95 372/1.92	463/2.40 209/1.12	182/0.98 85/0.46	981/5.06 1021/5.30
13	FREUDENSTEIN & ROTH	4	7/0.05 Fail	7/0.05 Fail	8/0.06 9/0.07	9/0.07 Fail
14	GENERALIZED TRIDIAGONAL 2	4	4/0.04 11/0.10	4/0.04 11/0.10	4/0.04 8/0.06	4/0.04 7/0.06
15	GENERALIZED TRIDIAGONAL 1	10	27/0.17 27/0.17	27/0.17 27/0.17	27/0.17 27/0.17	25/0.16 27/0.18
16	EXTENDED PENALTY	10	26/0.14 6/0.07	26/0.14 6/0.07	16/0.11 6/0.07	20/0.13 20/0.13
17	ARWHEAD	10	5/0.07 9/0.09	5/0.07 9/0.09	5/0.07 9/0.09	6/0.08 10/0.10
18	LIARWHD	10	50/0.29 56/0.32	17/0.13 21/0.15	17/0.13 21/0.15	19/0.12 19/0.14
19	POWER	10	22/0.15 25/0.15	21/0.13 25/0.15	21/0.13 25/0.15	123/0.60 139/0.70

Table 3: A comparison between FR, HS, PRP, and PRP+ for medium and high dimensions

No.	Test Problem	Dim.	FR NOI/ CPU	HS NOI/ CPU	PRP NOI/ CPU	PRP+ NOI/ CPU
1	FLETCHER	50	Fail 35/0.17	283/1.12 33/0.15	283/1.12 33/0.15	283/1.12 33/0.15
2	DIXON3DQ	50	27/0.20 31/0.24	27/0.20 30/0.23	28/0.22 33/0.25	28/0.22 33/0.25
3	QP1	50	55/0.27 306/1.28	7/0.07 Fail	7/0.07 Fail	7/0.07 Fail
4	QF2	50	116/0.60 613/2.86	70/0.36 55/0.29	70/0.36 55/0.29	70/0.36 55/0.29
5	QF1	50	38/0.21 41/0.23	39/0.22 41/0.23	38/0.21 41/0.23	38/0.21 41/0.23
6	HAGER	100	24/0.19 21/0.21	25/0.20 25/0.20	25/0.20 25/0.20	25/0.20 25/0.20
7	GENERALIZED ROSENBROCK	100	Fail 11018/68.62	842/5.56 327/2.16	842/5.56 336/2.23	841/5.52 336/2.23
8	SUM SQUARE	100	58/0.37 61/0.38	58/0.37 61/0.38	58/0.37 61/0.38	58/0.37 61/0.38

9	GENERALIZED QUARTIC [16]	100	6/0.05 11/0.10	6/0.05 9/0.08	6/0.05 9/0.08	5/0.04 6/0.05
10	RAYDAN 1 [16]	100	68/0.44 Fail	66/0.43 238/1.41	67/0.44 257/1.53	67/0.44 197/1.18
12	QP2	500	Fail	45/0.86 46/0.82	35/0.67 46/0.82	42/0.80 44/0.80
12	QUARTC	500	6/0.09 12/0.14	6/0.09 10/0.12	6/0.09 10/0.12	5/0.07 7/0.10
13	EXTENDED TRIDIAGONAL 1	500	733/17.06 452/11.00	15/0.37 13/0.32	15/0.37 13/0.33	19/0.47 13/0.33
		1000	843/35.98 517/21.88	15/0.66 13/0.56	15/0.66 13/0.56	19/0.81 13/0.57
14	EXTENDED DENSCHNB	500	10/0.13 13/0.15 10/0.20 13/0.22	5/0.08 9/0.11 5/0.10 9/0.21	5/0.08 9/0.11 5/0.10 9/0.21	5/0.08 9/0.11 5/0.10 9/0.21
15	EXTENDED ROSENBROCK	1000	211/2.34 56/0.64 227/18.23 62/5.10	18/0.22 20/0.25 19/1.58 21/1.73	18/0.22 20/0.25 19/1.58 20/1.66	22/0.27 19/0.24 22/1.84 20/1.68
16	EXTENDED HIMMELBLAU	1000	243/3.22 15/0.23 253/25.37 16/1.65	9/0.15 7/0.13 9/0.95 7/0.73	9/0.15 7/0.13 9/0.95 7/0.73	9/0.15 7/0.13 9/0.95 7/0.73
17	STRAIT	1000	35/0.59 Fail	17/0.28 43/0.72	17/0.28 43/0.72	17/0.28 44/0.74
		10000	35/3.94 Fail	17/1.94 43/4.84	17/1.94 43/4.85	17/1.94 44/5.95
18	SHALLOW	1000	18/0.24 175/2.24 19/1.71 190/16.93	6/0.08 9/0.14 7/0.64 10/0.89	6/0.08 9/0.13 7/0.64 10/0.89	7/0.12 9/0.15 7/0.65 9/0.85
19	EXTENDED BEALE	1000	75/3.50 Fail	10/0.50 10/0.49	10/0.50 10/0.49	10/0.50 9/0.44
		10000	Fail	10/4.35 10/4.18	10/4.35 10/4.23	10/4.35 9/3.84

Table 4: A comparison between HS*, PRP*, and RMIL for medium and high dimensions

No.	Test Problem	Dim.	HS* ($\mu = 10$) NOI/CPU	PRP* ($\mu = 10$) NOI/CPU	PRP* ($\mu = 5$) NOI/CPU	RMIL NOI/CPU
1	FLETCHER	50	283/1.12 33/0.15	283/1.12 33/0.15	283/1.12 33/0.15	951/3.62 35/0.17
2	DIXON3DQ	50	27/0.20 30/0.23	28/0.22 33/0.25	28/0.22 33/0.25	889/5.39 992/5.89
3	QP1	50	9/0.09 10/0.10	7/0.09 8/0.07	8/0.08 10/0.10	Fail 26/0.17
4	QF2	50	70/0.36 55/0.29	70/0.36 55/0.29	70/0.36 55/0.29	78/0.42 69/0.38
5	QF1	50	39/0.22 41/0.23	38/0.21 41/0.23	38/0.21 41/0.23	69/0.37 78/0.40
6	HAGER	100	25/0.20 25/0.20	25/0.20 25/0.20	25/0.20 25/0.20	25/0.20 26/0.21
7	GENERALIZED ROSENBROCK	100	840/5.48 327/2.16	841/5.52 336/2.23	841/5.52 394/2.60	5179/34.06 7594/49.72
8	SUM SQUARE	100	58/0.37 61/0.38	58/0.37 61/0.38	58/0.37 61/0.38	128/0.79 146/0.90
9	GENERALIZED QUARTIC [16]	100	5/0.04 6/0.05	5/0.04 6/0.05	5/0.04 6/0.05	6/0.05 9/0.08
10	RAYDAN 1 [16]	100	66/0.43 204/1.22	67/0.44 197/1.18	67/0.44 197/1.18	99/0.91 690/3.58
11	QP2	500	42/0.80 42/0.77	45/0.86 41/0.77	43/0.81 37/0.68	58/0.10 61/1.14
12	QUARTC	500	5/0.07 7/0.10	5/0.07 7/0.10	5/0.07 6/0.09	6/0.09 10/0.12
13	EXTENDED TRIDIAGONAL 1	500	19/0.47 19/0.47 19/0.81 20/0.87	19/0.47 22/0.53 19/0.81 22/0.94	40/0.95 64/1.51 52/2.22 92/3.94	169/3.92 186/4.29 200/8.42 211/8.90
14	EXTENDED DENSCHNB	500	5/0.08 10/0.12 5/0.10 10/0.17	5/0.08 10/0.12 5/0.10 10/0.17	5/0.08 10/0.12 5/0.10 10/0.18	6/0.09 10/0.12 6/0.12 10/0.17
15	EXTENDED ROSENBROCK	1000	22/0.27 19/0.24 23/1.91 20/1.66	22/0.27 19/0.24 23/1.91 20/1.66	23/0.29 9/0.24 23/1.91 19/1.58	28/0.34 22/0.26 28/2.33 24/1.98
16	EXTENDED HIMMELBLAU	1000	9/0.15 7/0.13 9/0.95 8/0.84	9/0.15 7/0.13 9/0.95 8/0.84	10/0.16 7/0.13 10/1.05 8/0.84	7/0.13 10/0.17 8/0.84 10/0.4
17	STRAIT	1000	17/0.28 45/0.76 17/1.94 45/5.05	17/0.28 44/0.73 17/1.94 44/4.95	17/0.28 44/0.73 17/1.93 44/5.00	38/0.66 66/1.09 38/4.48 66/7.50
18	SHALLOW	1000	7/0.12 10/0.16 8/0.74 10/0.89	7/0.12 10/0.16 8/0.74 10/0.89	7/0.12 10/0.16 8/0.74 10/0.89	26/0.37 11/0.17 29/2.58 12/1.08
19	EXTENDED BEALE	1000	11/0.53 12/0.57 11/4.76 12/5.02	11/0.53 12/0.57 11/4.76 12/5.02	12/0.57 12/0.57 12/5.03 12/5.02	52/2.41 24/1.12 54/23.12 26/11.03

As can be seen from Tables 1, 2, 3, and 4, PRP* with $\mu = 5$ solves all test problems, so it reached 100%, whereas FR, HS, PRP, PRP+, PRP* (with $\mu = 10$), HS* (with $\mu = 10$) and RMIL reached about 90%, 99%, 99%, 98%, 99%, 99%, and 95%, respectively. Therefore, based on the ability of solving test problems, there is a little improvement in PRP* with $\mu = 5$. Furthermore, based on the number of iterations

and the CPU time, we can show the performance of the CG methods in Tables 1, 2, 3, and 4 by using the performance profile introduced by Dolan and Moré (2002). According to Dolan and Moré, benchmark results or performance profiles are formed by running a method or a solver denoted by S on the test problem denoted by P and recording the information in focus, such as the number of iterations and CPU time. Assuming that n_s solvers and n_p problems occur, for each problem p where $p \in P$ and solver S where $s \in S$, they termed

$t_{p,s}$ = Computing time (the number of iterations or CPU time) or others required solving problem p by solver s .

Using a baseline for comparison, they compared the performance on problem p by solver S with the best performance by any solver on this problem, using the performance ratio:

$$r_{p,s} = \frac{t_{p,s}}{\min\{t_{p,s}: s \in S\}}$$

Let us suppose that a parameter $r_M \geq r_{p,s}$ for all p, s is chosen, and $r_{p,s} = r_M$ if solver S does not solve problem p . The performance of solver S on any given problem might be of interest, but due to this, they would prefer to obtain an overall assessment of the performance of the solver, then it was termed as:

$$t_{p,s} = \frac{1}{n_p} \text{size}\{p \in P: r_p \leq t\}$$

Thus, $p_s(t)$ was the probability for solver $s \in S$ that a performance ratio $r_{p,s}$ was within a factor $t \in R$ of the best possible ratio, and then function p_s was the cumulative distribution function for the performance ratio. The performance profile $p_s: R \rightarrow [0,1]$ for a solver was non-decreasing, piecewise, and continuous from the right. The value of $p_s(1)$ is the probability that a solver will win over the rest of the solvers. In general, the solver with the highest values of $p_s(t)$ or at the top right of the figure represents the best solver.

Figure 1: The performance based on the NOI

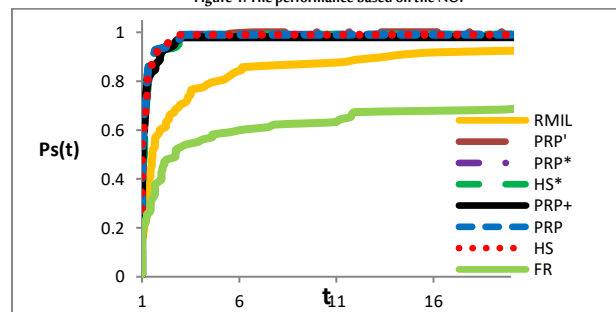
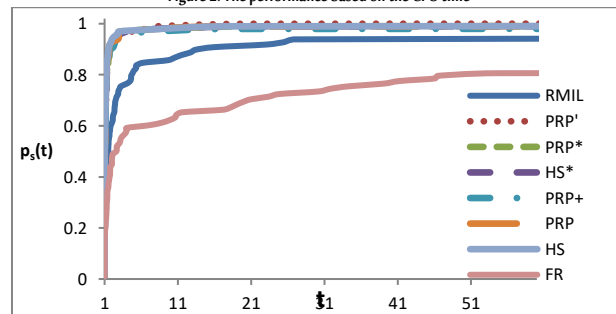


Figure 2: The performance based on the CPU time



In Figures 1 and 2, PRP' represents PRP* with $\mu = 5$. An observation on Figures 1 and 2 shows that HS, PRP, PRP+, HS* with $\mu = 10$, PRP* with $\mu = 10$, and PRP* with $\mu = 5$ are almost identical. Furthermore, their curves lie above the FR and RMIL curves. Therefore, the new HS*, PRP*, and PRP* with $\mu = 5$ perform much better than both the FR and RMIL methods. Moreover, since FR, CD(1.9) is known as

Conjugate Descent (Fletcher, 1987), and DY(1.8) is known as Dai-Yuan (2000) are identical with exact line search, then HS*, PRP*, and PRP* with $\mu = 5$ are also much better than the CD and DY methods.

5. Conclusion

In this paper, we presented a sufficient condition that guarantees the global convergence of the CG methods via the exact line search. Based on the new condition, we proposed new modified coefficients for both the PRP and the HS methods, that is, by restricting their values in order to satisfy the proposed condition. Moreover, to show the efficiency of the modified coefficients of PRP and HS in practical computation, we have compared them with the FR, HS, PRP, PRP+ and RMIL methods. The result of the comparison is that the new ones perform almost as HS, PRP, and PRP+, much better than both FR and RMIL, and a lot better than the CD and DY methods because of the similarities of the FR, CD, and DY methods when the line search is exact. Furthermore, HS* and PRP* are flexible, that is, a certain choice for the value of μ may lead to the solution of an optimisation problem as in Table 1 the PRP* with $\mu = 5$ solved all problems but HS, PRP, PRP+, HS* with $\mu = 10$, and PRP* with $\mu = 10$ did not. Therefore, we conclude that the new modified methods can be used successfully for solving optimisation problems, and they are better than FR, CD, DY, RMIL in all and better than HS, PRP, and PRP+ in some cases.

Biographies

Osman Omer Osman Yousif

Department of Mathematics, Faculty of Mathematical and Computer Sciences, University of Gezira, Wad Madani, Sudan, osman_om@hotmail.com, 00249119733535

Dr. Yousif (Sudanese) is an assistant professor in University of Gezira, Sudan since 2017 after the approve of his Ph.D. degree from University of Malaysia Terengganu, Malaysia. Also, he is now the head of Mathematics department. His research interests lie on the fields of computational mathematics and optimization methods, so he supervised to many graduation researches in this areas. Besides, he participated in four conferences as a presenter in Malaysia and has published four papers in ISI and Scopus Journals.

Awad Abdelrahman Abdalla Mohammed

Department of Mathematics, Faculty of Mathematical and Computer Sciences, University of Gezira, Wad Madani, Sudan, awad.abdalla26@yahoo.com, 00249962255448

Dr. Mohammed (Sudanese) is an assistant Professor in University of Gezira. He has received his Ph.D. degree in mathematical sciences from University of Malaysia Terengganu, Malaysia in 2017. Also, he is now a head of the documentation committee and a member of courses development committee. He interested in optimization and computational mathematics. He supervised to undergraduate and M.Sc. students. He has participated in conferences in Malaysia, Sudan and served as a co-chair of ICCCEE18 conference which held in Khartoum in 2018. ORCID: 0000-0001-5467-5124.

Mogtaba Mohammed

Department of Mathematics, College of Science, Majmaah University, Zulfi, Saudi Arabia, mogtaba.m@mu.edu.sa, 00966543244128.

Dr. Mohammed (Sudanese) is an associate professor, department of mathematics, Almajmaah University, Saudi Arabia. He has received a Ph.D. and a postdoctorate degrees in mathematical sciences from the University of Pretoria, South Africa. He interests in the areas of mathematical modelling and computational mathematics. He has graduated several M.Sc. students and B.Sc. students. In addition, he has many papers published in conferences proceedings, ISI and

Scopus journals. He invited to give talks in several international conferences.

Mohammed A. Saleh

Department of Computer, College of Science and Arts in Ar Rass, Qassim University, Ar Rass, Saudi Arabia, m.saleh@qu.edu.sa, 0096653340144

Dr. Saleh (Sudanese) received the B.Sc. (Honor) in Mathematical and Computer Science, Faculty of Mathematical and Computer Science, University of Gezira, Sudan. He obtained the M.Sc. (First Class) in Information Security, Faculty of Computer Science and Information System, University of Technology (UTM), Malaysia, and the Ph.D. in Information Security (Computer Science), Faculty of Computing, University of Technology (UTM), Malaysia. From 2010 to 2014, he was a Security Engineer with the Sudanese Nation Information Center (NIC). As well, he was Lecturer at Gezira University. Currently, he is an Assistant Professor at Qassim University, KSA. His research interests include Malware Analysis and Artificial Intelligence in Cyber security. He is the author of a couple of journal articles.

References

- Abdelrahman, A., Yousif, O.O.O., Mogtaba, M. and Elbahir, M.K. (2021). Global convergence of nonlinear conjugate gradient coefficients with inexact line search. *Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 22(2), 86–91. DOI: 10.37575/b/sci/210058
- Abubakar, A.B., Malik, M., Kumam, P., Mohammad, H., Sun, M., Ibrahim, A.H. and Kiri, A.I. (2022). A Liu-Storey-type conjugate gradient method for unconstrained minimization problem with application in motion control. *Journal of King Saud University—Science*, 34(4), 101923.
- Al-Baali, M. (1985). Descent property and global convergence of the Fletcher—Reeves method with inexact line search. *IMA Journal of Numerical Analysis*, 5(1), 121–4.
- Andrei, N. (2008). An unconstrained optimization test functions collection. *Adv. Model. Optim.*, 10(1), 147–61.
- Dolan, E.D. and Moré, J.J. (2002). Benchmarking optimization software with performance profiles. *Mathematical programming*, 91(2), 201–13.
- Dai, Y.H. and Yuan, Y. (1999). A nonlinear conjugate gradient method with a strong global convergence property. *SIAM Journal on optimization*, 10(1), 177–82.
- Dai, Z. (2016). Comments on a new class of nonlinear conjugate gradient coefficients with global convergence properties. *Applied Mathematics and Computation*, 276(n/a), 297–300.
- Fletcher, R. (1980). *Practical Methods of Optimization: Vol. 1 Unconstrained Optimization*. USA: John Wiley & Sons.
- Fletcher, R., and Reeves, C.M. (1964). Function minimization by conjugate gradients. *The Computer Journal*, 7(2), 149–54.
- Gilbert, J.C. and Nocedal, J. (1992). Global convergence properties of conjugate gradient methods for optimization. *SIAM Journal on Optimization*, 2(1), 21–42.
- Hestenes, M.R. and Stiefel, E. (1952). Methods of conjugate gradients for solving. *Journal of research of the National Bureau of Standards*, 49(6), 409.
- Liu, Y. and Storey, C. (1991). Efficient generalized conjugate gradient algorithms, part 1: theory. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 69(1), 129–37.
- Rivaie, M., Mamat, M. and Abashar, A. (2015). A new class of nonlinear conjugate gradient coefficients with exact and inexact line searches. *Applied Mathematics and Computation*, 268(n/a), 1152–63.
- Rivaie, M., Mamat, M., June, L.W. and Mohd, I. (2012). A new class of nonlinear conjugate gradient coefficients with global convergence properties. *Applied Mathematics and Computation*, 218(22), 11323–32.
- Polak, E. and Ribiere, G. (1969). Note on the convergence of conjugate direction methods. *Mathematical Modeling and Numerical Analysis*, 3(1), 35–43.
- Polyak, B.T. (1969). The conjugate gradient method in extremal problems. *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 9(4), 94–112.
- Powell, M.J. (1984). Nonconvex minimization calculations and the

- conjugate gradient method. In *Lecture Notes in Mathematics*, **1066**(n/a), 122–41.
- Wei, Z., Li, G. and Qi, L. (2006). New nonlinear conjugate gradient formulas for large-scale unconstrained optimization problems. *Applied Mathematics and Computation*, **179**(2), 407–30.
- Wolfe, P. (1969). Convergence conditions for ascent methods. *SIAM Review*, **11**(2), 226–35.
- Wolfe, P. (1971). Convergence conditions for ascent methods. II: Some corrections. *SIAM review*, **13**(2), 185–8.
- Wei, Z., Yao, S. and Liu, L. (2006). The convergence properties of some new conjugate gradient methods. *Applied Mathematics and Computation*, **183**(2), 1341–50.
- Yousif, O.O.O. (2020). The convergence properties of RML+ conjugate gradient method under the strong Wolfe line search. *Applied Mathematics and Computation*, **367**(n/a), 124777.
- Yuan, G., Wei, Z. and Lu, X. (2017). Global convergence of BFGS and PRP methods under a modified weak Wolfe–Powell line search. *Applied Mathematical Modelling*, **47**(n/a), 811–25.
- Zoutendijk, G. (1970). Nonlinear programming, computational methods. In: J. Abadie (ed.) *Integer and Nonlinear Programming*. Amsterdam: North Holland.



Conservative Treatment of Odontogenic Keratocyst Using a Specially Designed Acrylic Stent-Obturator: A Case Report

Amjad Reda Al Ateyah¹, Mohammed M. Al Ali¹, Manaf Omar Al Habshi¹, Hussain Jafar Alshoulah², Abdulkader Abdulmadzhid¹ and Mohammed H. Al Bahrani¹

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, King Fahad Hospital, Al Ahsa, Saudi Arabia

²Health Cluster, Dammam, Saudi Arabia



LINK	RECEIVED	ACCEPTED	PUBLISHED ONLINE	ASSIGNED TO AN ISSUE
https://doi.org/10.37575/b/med/210078	18/11/2021	28/04/2022	28/04/2022	01/06/2022
NO. OF WORDS	NO. OF PAGES	YEAR	VOLUME	ISSUE
2853	4	2022	23	1

ABSTRACT

An odontogenic keratocyst is a common oral lesion with high recurrence rates. There is an absence of a solid treatment consensus. Recurrence rates are reported to be higher in conservative treatment options. In this case report, we present a new method, utilizing a specially fabricated acrylic stent-obturator, aiding the conservative treatment methods in order to minimize lesion recurrence. A 42-year-old Saudi male with a 3.5 x 2.5 keratocyst on the right mandibular angle was treated successfully and conservatively in full abidance by medical community standards using the stent-obturator after lesion curettage alone, with no recurrence at three year follow up.

KEYWORDS

Odontogenic keratocyst, conservative management, obturator, re-curettage

CITATION

Al Ateyah, A.R., Al Ali, M.M., Al Habshi, M.O., Alshoulah, H.J., Abdulmadzhid, A. and Al Bahrani, M.H. (2022). Conservative treatment of odontogenic keratocyst using a specially designed acrylic stent-obturator: A case report. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 113–5. DOI: 10.37575/b/med/210078

1. Introduction

The odontogenic keratocyst (OKC) has been described in the literature as an aggressive but benign odontogenic lesion contained within the bony structures of the jaw. Its origin is believed to be from the remnants of the dental lamina, as the name suggests, OKC forms a cystic space that could be occupied by keratin. Cystic lining is composed of multiple layers of parakeratinized squamous epithelium, with a basal layer that is formed from palisaded columnar cells or cuboidal cells type (Boffano *et al.*, 2021). The cyst has a tendency toward infiltrating the surrounding tissues by forming satellite cells in its basal layer (Borghesi *et al.*, 2018).

OKC can occur at almost any age, with some reports documenting OKC diagnoses in an eight-year-old child and up to an 82-year-old adult. However, the third decade of life registers OKC peak diagnosis with more incidence in the male population. OKC has also been reported in both the upper and lower jaw, with the maxilla bearing only half the number of mandibular cases; in particular, most cases were reported in the posterior mandible. A keratocyst could be manifested with dental structure; multiple OKC is usually one of the diagnosis criteria of Gorlin-Goltz syndrome (Borghesi *et al.*, 2018; de Castro *et al.*, 2018; Safadi *et al.*, 2020). OKC is also reported in no association with any dental structures (Al-Bodbaaj *et al.*, 2016). Moreover, some extensive tangling with deeper and more vital structures has been described in the literature (Goto *et al.*, 2020).

In regard to radiographic appearance, it can be seen as a unilocular or multilocular, well-defined, radiolucent lesion surrounded by a clear corticated margin that may cause resorption of surrounding teeth roots or expansion and perforation of the cortical plates (Borghesi *et al.*, 2018).

OKC management methods may include enucleation-curettage alone, marsupialization, or decompression with enucleation as conservative ways of treatment and up to marginal or en bloc resection as an aggressive way of treating the lesion (Boffano *et al.*, 2021).

2. Case Report

A 42-year-old Saudi male was referred to the oral and maxillofacial department at King Faisal Hospital, Al Ahsa, Saudi Arabia, for consultation and further investigation of a radiolucent lesion in the posterior region of the right side of the mandible, discovered during a routine dental examination.

The medical history of the patient was unremarkable. The extraoral and intraoral examination showed neither swelling nor color changes, and the patient reported no symptoms at all.

Orthopantomography showed a well-defined, radiolucent lesion in the posterior region of the right side of the mandible, with a scalloped and sclerotic border. The radiolucency extended from the distal surface of tooth number 47, which is separated from the lesion by a thin layer of bone, to approximately the middle of the ramus with no effect in the surrounding structure. The estimated dimensions of the lesion were 3.5 x 2.5 cm (see Figure 1). The patient has no wisdom teeth and does not recall any history of wisdom teeth extraction. Based on radiograph appearance, our differential diagnosis was odontogenic keratocyst, residual cyst and, less possible, unicystic ameloblastoma.

On 4 October 2018, fine needle aspiration and incisional biopsy was taken and sent to the pathology laboratory. The aspiration showed a straw-colored and cheesy fluid; laboratory analysis revealed few squamous cells in a background of granular keratinous debris, no protein estimate was carried out for the aspirate. The incisional biopsy revealed a cystic lesion lined by uniform, 6–10-thick, parakeratinized, stratified squamous epithelium, characterized by a corrugated surface, palisaded basal cell layer nuclei, and flat epithelium connective tissue interface (see Figure 2A). Based on this, our initial diagnosis of odontogenic keratocyst was confirmed.

After discussing the treatment options with the patient, the patient insisted on conservative treatment and refused to “walk with a tube or gauze in his mouth for months” (in patient’s own words). Thus, marsupialization or decompression options were excluded. We

discussed another conservative option with the patient involving using a specially designed acrylic stent-obturator to keep the lesion site open for re-curettage in order to reduce the recurrence rate.

Upon patient's approval on October 21, 2018, the lesion was deroofed, enucleated, and curettage performed on the dental chair under local anaesthesia (lidocaine hydrochloride 2% with epinephrine 1:80,000, inferior alveolar nerve block, one carpule). The removed tissue was sent for histopathologic examination. Additionally, an alginate impression was taken of the site of operation to construct the removable stent-obturator described above. The impression was sent to the lab and a diagnostic cast was made. A custom design stent-obturator was made on the diagnostic cast using a suck-down machine. The posterior part of the stent-obturator that was to occupy the cystic cavity was reinforced by orthodontic acrylic. Thirty minutes later, the stent-obturator was tried, adjusted in the clinic, and delivered to the patient (see Figures 3 and 4).

The histopathologic examination of the excisional tissue came in concordance with the incisional biopsy result, confirming OKC diagnosis.

Two weeks after the first visit, the lesion underwent re-curettage, and the removed tissue was sent to the histopathologic examination, which revealed only granulation tissue, without any evidence of OKC (see Figure 2B). In addition, the patient reported a slight numbness on the lower lip at the surgical sight. Two weeks' follow-up, on 6 November 2018, showed a clean operation site with good healing (see Figure 5). Two months' follow-up visit, on 19 December 2018, also showed a clean operated site with significant healing and normal lip sensation. At this visit, the patient was instructed to stop wearing the stent-obturator. Intraoral examination after four months, on 17 February 2019, showed complete healing of the operated site. The case has been followed for three years, until 24 October 2021, with no recurrence (see Figure 6).

Figure (1): Panoramic radiograph showing large radiolucency on the right mandibular angle



Figure (2): (A) H&E cross section showing a uniform, 6–10 thick, parakeratinized, stratified squamous epithelial characterized by a corrugated surface, palisaded basal cell layer nuclei, and flat epithelium connective tissue interface; (B) multiple fragments of granulation tissue with a piece of pre-existing bone.

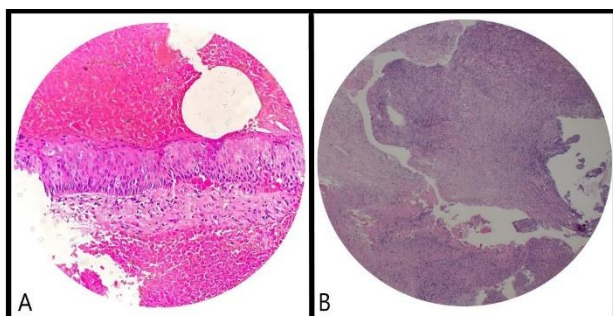


Figure (3): Showing the specially fabricated acrylic stent-obturator, reinforced part (arrow)



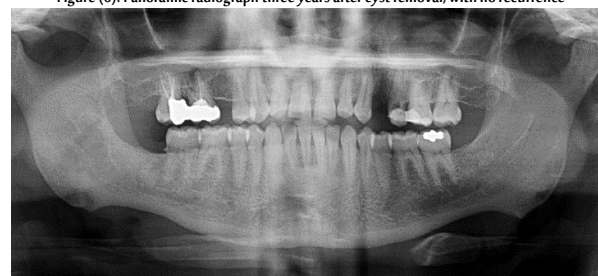
Figure (4): Showing the acrylic stent-obturator inside patient's mouth



Figure (5): Two weeks after cyst enucleation, and patient still wearing the stent-obturator



Figure (6): Panoramic radiograph three years after cyst removal, with no recurrence



3. Discussion

OKC is commonly approached via more conservative methods like marsupialization, decompression with or without enucleation, enucleation by itself, or enucleation with peripheral osteotomy, which is considered an aggressive adjunctive therapy. Although they show less recurrent rates, the more aggressive or radical methods like marginal resection are minimally used, making a conservative approach the preferable method for the surgeon (Boffano *et al.*, 2021; Mohanty *et al.*, 2021). Many factors affect the recurrence rate, including the size of the lesion, age of the patient, cortical perforation (which is associated with multilocular lesions), association with dentition and surrounding tissue infiltration (Titinchi, 2021).

Decompression accompanied by enucleation is a good treatment choice, especially if accompanied by peripheral osteotomy. This

combination is reported to significantly reduce the recurrence rate and is advocated in the OKC-suggested management protocols (Titinchi, 2020). On the other hand, utilizing conservative methods alone, such as simple enucleation, without adjunctive therapies like peripheral osteotomy and Carnoy's solution, shows a higher recurrence rate and therefore is not recommended (Zecha *et al.*, 2010). The use of chloroform in human beings has been restricted by the American Food and Drug Administration (FDA), which has led to avoidance of Carnoy's solution usage in this case (Helman *et al.*, 2007; Dashow *et al.*, 2013).

Post-operative infection is another issue to consider while treating jaw cysts; this was reported in a multi-center study of OKC (Boffano *et al.*, 2021). Accordingly, bacterial infection within the jaw cyst should be viewed cautiously, especially with new reports suggesting links between infection and lesion progression (Scalas *et al.*, 2013).

In this case, and in order to avoid infections and patient discomfort associated with marsupialization and decompression, and due to patient refusal of these methods, we used an acrylic stent-obturator, which served the purpose of keeping the operation site open yet clean in order to aid in re-curettage and minimize the recurrence rate. Due to repetitive curettage, and thanks to the stent-obturator, which served well in keeping the surgery site open for re-curettage and clean from debris or food accumulation, we also experienced increased patient comfort, avoidance of inflammation, and highly disturbing bad breath. Although the lesion has relatively small in size, we preferred to perform re-curettage over simple enucleation due to the higher recurrence rate associated with simple enucleation (Titinchi, 2020). To our knowledge, there are no reports documenting or reporting the use of acrylic stent-obtutors for the described method in treating OKC. We came across the use of an acrylic obturator in a dentigerous cyst's conservative decompression with reported successful outcome (Chouchene *et al.*, 2021). The presented case has been treated conservatively and successfully in full abidance to treatment protocols acknowledged by the medical community in such cases, with the new idea of using an acrylic splint and with no recurrence at the three-year follow up.

4. Conclusion

Based on the combination of patient comfort, expected reduced chances of infection, and setting the grounds for multiple curettages with minimal patient and surgical site disturbances aiming for recurrence reduction, we strongly advocate the repetition of our presented method in the conservative treatment of OKC or similar oral lesions when conservative treatment is advocated and decompression or marsupialization are, for one reason or another, not an option.

Biographies

Amjad Reda Al Ateyah

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, King Fahad Hospital, Al Ahsa, Saudi Arabia, amjad13_13@hotmail.com, 00966581235777

Dr. Al Ateyah is a Saudi specialist who works in oral and maxillofacial surgery at King Fahad Hospital. Obtained an MSc degree from Malmo University, Sweden, 2019. Research interests are implant dentistry, bone grafting material, and management of medically compromised patient-related research. Has attended multiple oral and maxillofacial surgery conferences and courses and has multiple publications and scientific posters, both locally and internationally.

Mohammed M. Al Ali

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, King Fahad Hospital, Al Ahsa, Saudi Arabia, dr.matooq@gmail.com, 00966554993990

Dr. Al Ali is a Saudi senior resident in oral medicine and oral pathology in the Saudi board program, with a bachelor's in dentistry from the University of Dammam, Saudi Arabia, 2010. Has training at Prince Sultan Military Hospital, Riyadh, Saudi Arabia. Research interests include management of medically compromised patients and effects of drugs on dental treatment. Has attended multiple dentistry-related conferences and courses and has multiple publications and scientific posters.

Manaf Omar Al Habshi

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, King Fahad Hospital, Al Ahsa, Saudi Arabia, m_alhibshi@hotmail.com, 00966555687857

Dr. Al Habshi is a Saudi surgical specialist in oral and maxillofacial surgery, working at King Abdullah medical complex since 2019. Obtained an MSc degree from Malmo University, Sweden, 2016. Research interests are in Platelet Rich Plasma (PRP) and Platelet Rich Fibrin (PRF) application in dentistry, and management of medically compromised patient-related research. Has attended multiple oral and maxillofacial surgery conferences and courses, and has multiple publications and scientific posters, both locally and internationally.

Hussain Jafar Alshoulah

Health Cluster, Dammam, Saudi Arabia, hsh313@hotmail.com, 00966598113437

Dr. Alshoulah is a Saudi resident dentist, who obtained a bachelor's in dentistry from the University of Dammam, Saudi Arabia, in 2011. Currently working as a resident dentist in Health Cluster, Dammam, Saudi Arabia. Research interests are in management of medically compromised patients, digital dentistry and case reporting. Has attended multiple dentistry-related conferences and courses.

Abdulkader Abdulmadzhid

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, King Fahad Hospital, Al Ahsa, Saudi Arabia, dr.abdulkader76@hotmail.com, 00966553287804

Dr. Abdulmadzhid is a Russian specialist surgeon in oral and maxillofacial surgery at King Faisal and King Fahad Hospital. Obtained Arab and Syrian Board of Oral and Maxillofacial Surgery Certificates from Damascus, Syria, 2012. Research interests are in trials and outcomes of different surgical techniques, and approaches and case reporting. Has attended multiple oral and maxillofacial surgery conferences and courses, both locally and internationally.

Mohammed H. Al Bahrani

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, King Fahad Hospital, Al Ahsa, Saudi Arabia, mal-bhranei@moh.gov.sa, 00966505919141

Dr. Albahrani is a Saudi a maxillofacial surgeon working as a consultant in oral and maxillofacial surgery at King Fahad Hospital. Obtained an MSc degree from the University Collage of London, United Kingdom, 1995. Research interests include temporomandibular joint disorders and case reporting. Has attended and participated as a speaker in multiple oral and maxillofacial surgery conferences and courses, both locally and internationally, and has multiple publications and scientific posters.



Dietary Intake and Health Status in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Cross-Sectional Study

Muneera Al-Mssallem^{1,2} and Sehad Al-Arifi³

¹Department of Food Sciences and Nutrition, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

²Ministry of National Guard Health Affairs, Al Ahsa, Saudi Arabia

³Department of Home Economic, Food and Nutrition Science, Al-Qunayyah College of Sciences and Humanities, Shaqra University, Shaqra, Saudi Arabia



LINK
<https://doi.org/10.37575/b/agr/220001>

RECEIVED
12/01/2022

ACCEPTED
28/04/2022

PUBLISHED ONLINE
28/04/2022

ASSIGNED TO AN ISSUE
01/06/2022

NO. OF WORDS
4370

NO. OF PAGES
4

YEAR
2022

VOLUME
23

ISSUE
1

ABSTRACT

Despite the positive effects of physical activity on type 2 diabetes mellitus (T2DM) management, the lack of adequate evidence on the effects of dietary intake has raised concerns. This study aimed to assess dietary intake and its effect on glycaemic control among active and inactive patients with T2DM. A cross-sectional observational study was conducted on patients with T2DM. Dietary food intake and physical activity were assessed using a validated questionnaire through face-to-face interviews. The daily consumption of fruit and vegetables was significantly higher in active patients compared with inactive patients ($p = 0.00$). Significantly higher daily rice consumption ($p = 0.00$) and lower dietary non-starch polysaccharide (NSP) intake ($p < 0.01$) were reported among inactive patients compared with active patients. The results also revealed a significantly higher glycated haemoglobin (HbA1c) level ($8.37 \pm 1.51\%$ vs $8.015 \pm 1.50\%$; $p = 0.02$) and BMI (34.95 ± 6.06 kg/m² vs 31.72 ± 5.62 kg/m²; $p = 0.00$) among inactive patients compared with active patients. A positive correlation was found between physical activity and NSP intake. The study found that a variety of lifestyle modifications, including increased physical activity and fruit and vegetable consumption, could help manage glycaemic control in patients. The study further found that carbohydrate-rich NSPs may help lower BMI levels in patients with T2DM.

KEYWORDS

Dietary intake, glycaemic control, lifestyle, physical activity

CITATION

Al-Mssallem, M. and Al-Arifi, S. (2022). Dietary intake and health status in T2DM patients: A cross-sectional study. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 116–9. DOI: 10.37575/b/agr/220001

1. Introduction

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a chronic disease affecting almost 366 million people worldwide, and this number is expected to increase to 552 million by 2030 (Whiting *et al.*, 2011). The International Diabetes Federation has confirmed that Saudi Arabia is among the top 10 countries, both regionally and globally, in terms of having the highest diabetes rates among adults aged 20–79 (Boutayeb *et al.*, 2014; Ogurtsova *et al.*, 2017). Diabetes leads to various long-term complications that negatively affect individuals' quality of life and potentially their lifespan, with harmful effects on both the individual and society (Glasgow *et al.*, 1997). It is well established that high blood glucose levels will increase the risk of diabetes complications and mortality (Seshasai *et al.*, 2011).

Studies conducted in Saudi Arabia have shown that most patients with T2DM have poor glycated haemoglobin (HbA1c) control, which may accelerate the progression of diabetes (Alzaheb and Altemani, 2018). According to previous reports, the prevalence of poor control of HbA1c in patients with T2DM in the Tabouk and Najran regions of Saudi Arabia is 75% and 85%, respectively (Alzaheb and Altemani, 2018; Al-Qahtani, 2020). A previous study conducted in Saudi Arabia has suggested that T2DM patients have poor dietary habits (Sami *et al.*, 2020). However, some previous studies are limited due to having investigated dietary habits alone, without assessing physical activity. Dietary fibre is reported to exert an important effect on human health, including reducing blood glucose and blood cholesterol levels and modulating gut microbiota (Alarifi *et al.*, 2018). These changes may also decrease body weight and reduce appetite (Hobden *et al.*, 2015). To achieve glycaemic control among people with T2DM, all possible associated risk factors of poor glycaemic control should be considered.

This observational study therefore aims to assess dietary intake and

its effect on glycaemic control of active and inactive T2DM patients.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design:

In this cross-sectional study, patients with T2DM were recruited from the diabetes clinic at the Ministry of National Guard Health Affairs, Al Ahsa, Saudi Arabia. Using convenience sampling, all Saudi patients with T2DM who attended the diabetes clinic between November 2018 and March 2019 were screened for enrolment. The inclusion criteria were patients with T2DM on oral or injectable medication, aged over 20 and under 80. The exclusion criteria were the presence of chronic kidney or liver disease and the use of medications that affect diabetes control (e.g. glucocorticoids and pregnancy-related medications). All patients were required to provide written informed consent, and the study protocols were approved by the Institutional Research Board, Ministry of National Guard Health Affairs (IRB, Ref. No. IRBC/0666/19). Blood pressure, height and weight were initially recorded upon arrival at the clinic. Patients' electronic medical records available at the time of the interview were reviewed, and data were collected for the following variables: body mass index (BMI), fasting blood glucose (FBG), random blood glucose (RBG), HbA1c, triglyceride (TG), total cholesterol (TC), high-density lipoprotein (HDL) and low-density lipoprotein (LDL) levels.

A validated questionnaire (Al-Mssallem, 2018; Al-Mssallem *et al.*, 2019) was used, to collect data from patients through face-to-face interviews on their physical activity and amount of dietary intake. Physical activity was assessed, and patients were assigned as active or inactive, based on the intensity, duration and frequency of their physical activity (Al-Nozha *et al.*, 2007).

2.2. Statistical Analysis:

Descriptive statistics were reported using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS software, version 26, IBM Corp.© Copyright IBM Corporation), by calculating the means and standard deviations for laboratory test results, food items and total nutrient consumption for active and inactive patients, along with proportions of major nutrients for every food item. A Student's t-test with a two-tailed significance level of 5% ($p < 0.05$) was used to compare laboratory test measures, food items, and nutrient consumption between active and inactive patients. The correlations between food items and laboratory test measures and between laboratory test measures and nutrient consumption among active and inactive patients were assessed using the Pearson correlation test.

3. Results

3.1. Characteristics of Participants:

This study included 404 patients with T2DM who were categorised into active ($n = 144$) and inactive ($n = 260$) patients. As shown in Table 1, the mean age was 55.84 ± 8.84 years for inactive participants and 54.26 ± 10.97 years for active participants. A significant difference was found between the two groups in terms of their weight, which was significantly higher ($p = 0.03$) for inactive patients, with a value of 88.64 ± 16.61 kg, compared with 84.97 ± 16.40 kg for active patients. Consequently, the inactive group had a significantly higher ($p = 0.00$) BMI of 34.95 ± 6.06 kg/m² compared with 31.72 ± 5.62 kg/m² for active patients. Moreover, inactive patients had a significantly higher ($p = 0.02$) HbA1c level of 8.37 ± 1.51 than active participants (8.01 ± 1.50) (Table 1). However, no differences in blood levels of the lipids TC, LDL, HDL and TG were observed between groups ($p > 0.05$). Interestingly, obesity and morbid obesity were dominant among inactive patients, where the percentages were approximately double and four times (for obesity and morbid obesity, respectively) that in active patients (Figure 1). Moreover, active patients had a significantly lower weight and consequently lower BMI than inactive patients ($p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively).

Interestingly, a positive correlation between dietary non-starch polysaccharide (NSP) intake and physical activity ($r = 0.226$, $p < 0.01$) was observed.

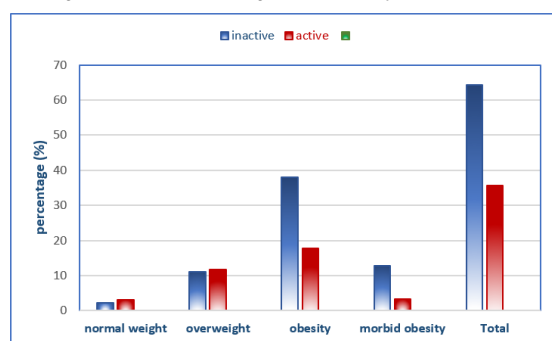
Table 1. Descriptive characteristics of the study participants (mean \pm SD)

Measurement	Inactive (n=260)	Active (n=144)	p value
Age (years)	55.84 \pm 8.84	54.26 \pm 10.97	0.11
Height (m)	159.15 \pm 8.45	163.61 \pm 9.46	0.00
Weight (kg)	88.64 \pm 16.61	84.97 \pm 16.40	0.03
BMI (kg/m ²)	34.95 \pm 6.06	31.72 \pm 5.62	0.00
DBP (mmHg)	71.83 \pm 10.01	73.89 \pm 11.35	0.06
SBP (mmHg)	138 \pm 18.72	139.88 \pm 17.36	0.32
FBG (mmol/L)	9.86 \pm 3.73	9.51 \pm 3.50	0.35
RBG (mmol/L)	11.14 \pm 4.31	11.35 \pm 4.28	0.64
HbA1c (%)	8.37 \pm 1.51	8.01 \pm 1.50	0.02
TG (mmol/L)	1.68 \pm 0.91	1.62 \pm 0.96	0.55
TC (mmol/L)	4.46 \pm 0.94	4.30 \pm 0.88	0.1
HDL (mmol/L)	1.05 \pm 0.24	1.03 \pm 0.25	0.31
LDL (mmol/L)	2.73 \pm 0.82	2.64 \pm 0.77	0.28

1- DBP, diastolic blood pressure; SBP, systolic blood pressure.

2- Values are expressed as mean \pm SD

Figure 1. BMI classification among inactive and active patients with T2DM.



3.2. Dietary Food Intake:

The reported dietary food intake of the inactive and active groups is presented in Table 2. The consumption of fruit and vegetables reached 4.76 ± 0.19 portions/day among active patients and was significantly higher ($p = 0.00$) than the amount consumed by inactive patients (3.69 ± 0.11 portions/day). Similarly, the consumption of milk and milk products was also significantly higher among active patients, with a value of 1.70 ± 0.07 portions/day compared with 1.48 ± 0.05 portions/day in inactive patients ($p = 0.01$). On the other hand, the consumption of rice was significantly lower among active patients than among inactive patients ($p = 0.00$). However, the active group consumed more fish than the inactive group ($p = 0.01$).

Table 2. Dietary food intake (mean \pm SE) among inactive and active patients with T2DM

Food intake (portions/day)	Inactive (n=260)	Active (n=144)	p value
Fruits and vegetables	3.69 \pm 0.11	4.76 \pm 0.19	0.00
Milk and milk products	1.48 \pm 0.05	1.70 \pm 0.07	0.01
Meat	0.26 \pm 0.01	0.22 \pm 0.01	0.08
Chicken	0.57 \pm 0.02	0.59 \pm 0.02	0.64
Fish and seafood	0.10 \pm 0.00	0.13 \pm 0.01	0.01
Egg	0.27 \pm 0.02	0.29 \pm 0.02	0.68
Rice	10.05 \pm 0.22	8.90 \pm 0.30	0.00
Pasta and whole grains	0.82 \pm 0.04	0.87 \pm 0.08	0.55
Bread	4.58 \pm 0.09	4.52 \pm 0.12	0.69
Legumes	0.65 \pm 0.05	0.82 \pm 0.08	0.08
Fast food	0.14 \pm 0.01	0.13 \pm 0.02	0.51
Confectionery	0.45 \pm 0.05	0.41 \pm 0.04	0.67

3.3 Nutrients Intake:

Table 3 compares the energy and macronutrient intake between inactive and active participants. No significant differences in the total daily intake of protein, fat, available carbohydrates or overall energy were found. However, the intake of NSPs was significantly higher in the active group than in the inactive group, reaching 32.32 ± 0.97 g/day compared with 27.22 ± 0.60 g/day ($p = 0.00$).

Table 3. Energy and macronutrient intake (mean \pm SE) among inactive and active patients

Energy and nutrients	Inactive (n=260)	Active (n=144)	p value
Available carbohydrates (g)	305.27 \pm 4.28	300.47 \pm 6.45	>0.05
Proteins (g)	65.25 \pm 1.29	66.54 \pm 1.75	>0.05
Fats (g)	47.93 \pm 0.87	46.90 \pm 1.14	>0.05
Non-starch polysaccharides (g)	27.22 \pm 0.60	32.32 \pm 0.97	<0.01
Total energy intake (calories)	1988.71 \pm 29.07	1988.22 \pm 41.96	>0.05

4. Discussion

This cross-sectional study assessed dietary intake between active and inactive patients with T2DM. Active patients consumed significantly more fruit and vegetables and less rice than inactive patients. The study also identified that the sources of protein in the patients' daily intake were milk and milk products, meat, chicken, fish and eggs. However, significant differences were found between the two groups of patients in their intake of fish and milk and milk products ($p < 0.05$). The differences between the two groups' intake of meat, chicken and eggs were not, however, significant ($p > 0.05$). As a result of this variation in the source of protein in patients' diets, the intake of protein was not significant ($p > 0.05$). This result indicates the effective roles of both eating habits and an active lifestyle in improving glycaemic control.

Previous data has shown a negative association between HbA1c levels and physical activity in patients with T2DM (Alramadan *et al.*, 2018; Alzaheeb and Altemani, 2018). Moreover, poorly controlled HbA1c levels have been associated with adverse effects in patients with diabetes (Alramadan *et al.*, 2018). A possible explanation is that physical activity may reduce intra-abdominal fat, which is a known risk factor for insulin resistance and potentially reduces body fat stores (Nakanishi *et al.*, 2020). Therefore, increasing physical activity is an effective strategy for glycaemic control and reducing the risk of T2DM (Ansari, 2009). In general, poor glycaemic control among patients with diabetes has been reported in previous studies conducted in other regions of Saudi Arabia, including Jizan, Tabouk,

and Al Ahsa (Khan *et al.*, 2012; Badedi *et al.*, 2016; Alzaheb and Altemani, 2018). Another United Arab Emirates' (UAE) study of patients with diabetes found that only 31% had an HbA1c level of less than 7% (Al-Kaabi *et al.*, 2008). Similarly, Alramadan *et al.* (2018) reported that only 24.1% of patients with T2DM met the recommended target for HbA1c levels (< 7%). High blood glucose levels increase the risk of diabetes complications and mortality (Seshasai *et al.*, 2011). The American Diabetes Association (ADA) (2017) guidelines recommend performing exercise for at least 150 min/week to improve HbA1c levels (ADA, 2017). The beneficial effect of physical activity on T2DM relates to it increasing insulin sensitivity, and it can prevent the progression of T2DM during the initial stages, before insulin therapy is required (Sampath Kumar *et al.*, 2019). During an exercise session, contracting skeletal muscle increases glucose uptake into the cells, which increases blood flow in the muscle and transports glucose into the muscle cell (Evans *et al.*, 2019). It can also reduce glucose storage of adipose tissue (Honkala *et al.*, 2020).

Another factor that affects the health of patients with T2DM is obesity. In this study, the prevalence of obesity and morbid obesity was 72%. Most patients were inactive, among whom the percentages of obesity and morbid obesity were approximately double and four times, respectively, the values observed in inactive patients (Figure 1). Moreover, active patients had a significantly lower weight and, consequently, lower BMI than inactive patients ($p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively). Similar studies conducted in Saudi Arabia have reported that the prevalence of a lack of physical activity among patients with T2DM (70.5%) did not meet the recommended time and length of physical activity (Alzaheb and Altemani, 2018). In another study, only 26.4% of patients met the recommended physical activity levels (Mohamed *et al.*, 2020), and 28.7% of patients with T2DM were obese (Memish *et al.*, 2014).

Our findings likewise indicate a higher intake of fruit and vegetables in active patients than in inactive patients. The consumption of fruit and vegetables is considered a healthy dietary habit among patients with T2DM. Reports emphasise that the consumption of at least 26 g of fruit and vegetables a day lowers the risk of developing diabetes by 18% (Du *et al.*, 2017), which is similar to our results. Poor glycaemic control is associated with a lower intake of fruit and vegetables (Alramadan *et al.*, 2018). Similarly, a seven-year prospective study conducted in China concluded that consumption of fresh fruit and vegetables lowers the risk of diabetic complications by 12% (Du *et al.*, 2017). Another study conducted in Saudi Arabia, shows that patients with T2DM consumed low fruit and vegetable intake (Sami *et al.*, 2020). The current guidelines for people with diabetes recommend eight to ten servings of fruit and vegetables per day (American Diabetes Association, 2017).

Based on this study, a restriction of the amount of starchy staple foods may be very important, as it was found to be correlated with BMI, which is consistent with a previous study conducted in the UAE (Al-Kaabi *et al.*, 2008). In the present study, rice consumption was significantly higher among inactive patients than among active patients.

NSPs play a crucial role in health improvement. NSP intake was significantly higher in active patients than in inactive patients. A significant weak positive correlation between NSPs and physical activity was also observed in this study ($r = 0.13$, $p < 0.01$). NSP-rich foods are digested and absorbed more slowly than other food types due to their role in increasing the viscosity of the gastrointestinal tract, improving post-meal satiety and decreasing subsequent hunger (Lovegrove *et al.*, 2017). Studies have suggested that NSPs may prevent and control diabetes and micro- and macrovascular complications. A previous study conducted in the Netherlands found

that a high intake of NSPs is related to a lower BMI. One of the benefits of NSPs is that they enhance the composition of the gut microbiota towards a balanced microbiome; this modulation may help maintain weight, by controlling appetite (Hobden *et al.*, 2015; Alarifi *et al.*, 2018). Additionally, one possible explanation for the significant correlation between physical activity and NSPs is that the increase in consumption of fruit and vegetables and NSP-rich food by active patients may improve their attitude towards exercise. A large body of evidence from studies of the brain–gut axis explains the relation between ingested food and mood/behaviour changes.

Lifestyle and environmental factors are the leading causes of extreme increases in the incidence of T2DM. Additional investigations are required to further determine the causes of increased rates. The link between obesity and T2DM may be difficult to prove. Also, the existence of limited health care plans may be a contributing factor. Physical activity remarkably improves abnormal glucose tolerance. A healthy diet and physical exercise are critical in T2DM management. Patients with T2DM may prevent disease progression during the initial stages, before insulin therapy is required. In Saudi Arabia, the increasing number of patients with T2DM who have poor control of their HbA1c levels should be managed properly. Health care providers should develop effective methods to raise the awareness of patients about the importance of maintaining their HbA1c levels. Physical activity and regular exercise are essential for improving the quality of life of patients with diabetes.

The cross-sectional approach used to examine the association between physical activity and HbA1c and obesity, was a limitation of this study, as no follow-up study was undertaken, to identify other new cases of the disease. However, the study has given an overview of T2DM disease, and it is acknowledged that follow-up studies are needed to investigate the link between physical activity and dietary intake of Saudi individuals with diabetes. Dietary habits may be included in future research, in terms of exploring food choices that affect dietary intake.

5. Conclusion

In conclusion, the critical finding of this study was that patients with T2DM could achieve normal ranges of blood glucose levels by modifying their lifestyle, including increasing their intake of fruit and vegetables and practising daily physical activity. Healthy eating habits and regular exercise are fundamental contributors to T2DM management and overall health, in addition to required medication. Additionally, the need for regular follow-up visits and measurements of body weight and other anthropometric parameters as essential indicators of being overweight or obese is emphasised. Further studies are needed to devise a health care system that supports patients by improving these services and evaluating the system. In conclusion, this study provides an overview of the dietary habits of T2DM people in Saudi Arabia.

Biographies

Muneera Qassim Al-Mssallem

Department of Food Sciences and Nutrition, College of Agriculture and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

Ministry of National Guard Health Affairs, Al Ahsa, Saudi Arabia, mmssallem@kfu.edu.sa, mmssallem@gmail.com

Dr Al-Mssallem, Saudi, Assistant Professor in Clinical Nutrition, received her PhD in clinical nutrition from the Faculty of Health and Medical Sciences at Surrey University, UK, in 2011. Her research interests are in the glycaemic and insulinaemic indices of traditional foods. She has worked as a scientific researcher in the Diabetic Clinic, National Guard Health Affairs, Al Ahsa, Saudi Arabia (2018–2019).

She has attended and participated in several local and international conferences, symposiums and events, and has published scientific papers and chapters in books in her main field and translated books into Arabic. ORCID: 0000-0002-7313-5403

Sehad Nasser Alarifi

Department of Home Economics, Food and Nutrition Science, Al-Qunayyah College of Sciences and Humanities, Shaqra University, Shaqra, Saudi Arabia, snalarifi@su.edu.sa, 00966504101840

Dr Alarifi, Saudi, Assistant Professor in Food Microbiology, received her PhD in food and nutritional science from the University of Reading, UK, in 2017. Her research area is in gut microbiota and prebiotics. She has participated in local and international conferences. Her latest training course – The Human Microbiome – was a three-week course delivered at the University of Turin and European Institute of Innovation and Technology (EIT), Jan 2021. She has published two ISI-indexed papers in the field of functional food and gut microbiota. ORCID: 0000-0002-8801-2799

References

- Alarifi, S., Bell, A. and Walton, G. (2018). *In vitro* fermentation of gum acacia – Impact on the faecal microbiota. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **69**(6), 696–704. DOI: 10.1080/09637486.2017.1404970
- Al-Kaabi, J., Al-Maskari, F., Saadi, H., Afandi, B., Parkar, H. and Nagelkerke, N. (2008). Assessment of dietary practice among diabetic patients in the United Arab Emirates. *The Review of Diabetic Studies*, **5**(2), 110–5. DOI: 10.1900/rds.2008.5.110
- Al-Mssallem, M.Q. (2018). Consumption of dates among Saudi adults and its association with the prevalence of type 2 diabetes. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, **10**(2), 58–64. DOI: 10.3923/ajcn.2018.58.64
- Al-Mssallem, M., Elmuthum, N. and Elzaki, R. (2019). Nutritional security of date palm fruit: An empirical analysis for Al-Ahsa region in Saudi Arabia. *Scientific Journal of King Faisal University, Basic and Applied Sciences*, **20**(2), 47–54.
- Al-Nozha, M.M., Al-Hazaa, H.M., Arafah, M.R., Al-Khadra, A., Al-Mazrou, Y. Y., Al-Maatouq, M.A., Khan, N.B., Al-Marzouki, K., Al-Harhi, S.S., Abdullah, M. and Al-Shahid, M.S. (2007). Prevalence of physical activity and inactivity among Saudis aged 30–70 years. A population-based cross-sectional study. *Saudi Medical Journal*, **28**(4), 559–568.
- Al-Qahtani, A. (2020). Frequency and factors associated with inadequate self-care behaviors in patients with type 2 diabetes mellitus in Najran, Saudi Arabia. Based on diabetes self-management questionnaire. *Saudi Medical Journal*, **41**(9), 955–64. DOI: 10.15537/smj.2020.9.25339
- Alramadan, M.J., Magliano, D.J., Almgib, T.H., Batais, M.A., Afroz, A., Alramadhan, H.J., Mahfoud, W.F., Alragas, A.M. and Billah, B. (2018). Glycaemic control for people with type 2 diabetes in Saudi Arabia – an urgent need for a review of management plan. *BMC Endocrine Disorders*, **18**(1). DOI: 10.1186/s12902-018-0292-9
- Alzaheb, R. and Altemani, A. (2018). The prevalence and determinants of poor glycemic control among adults with type 2 diabetes mellitus in Saudi Arabia. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **11**(n/a), 15–21. DOI: 10.2147/dmso.s156214
- American Diabetes Association. (2017). Standards of medical care in diabetes – 2017 abridged for primary care providers. *Clinical Diabetes*, **35**(1), 5–26. DOI: 10.2337/cd16-0067
- Ansari, R.M. (2009). Effect of physical activity and obesity on type 2 diabetes in a middle-aged population. *Journal of Environmental and Public Health*, **2009**(n/a), 1–5. DOI: 10.1155/2009/195285
- Badedi, M., Solan, Y., Darraj, H., Sabai, A., Mahfouz, M., Alamodi, S. and Alsabaani, A. (2016). Factors associated with long-term control of type 2 diabetes mellitus. *Journal of Diabetes Research*, **2016**(n/a), 1–8. DOI: 10.1155/2016/2109542
- Boutayeb, A., Boutayeb, W., Lamili, M.E.N. and Boutayeb, S. (2014). Estimation of the direct cost of diabetes in the Arab region. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, **7**(1), 21–32. DOI: 10.3233/mnm-140002
- Du, H., Li, L., Bennett, D., Guo, Y., Turnbull, I., Yang, L., Bragg, F., Bian, Z., Chen, Y., Chen, J., Millwood, I. Y., Sansome, S., Ma, L., Huang, Y., Zhang, N., Zheng, X., Sun, Q., Key, T.J., Collins, R., Peto, R. and Chen, Z. (2017). Fresh fruit consumption in relation to incident diabetes and diabetic vascular complications: A 7-y prospective study of 0.5 million Chinese adults. *PLoS Medicine*, **14**(4), e1002279. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002279
- Evans, P.L., McMillin, S.L., Weyrauch, L.A. and Witzak, C.A. (2019). Regulation of skeletal muscle glucose transport and glucose metabolism by exercise training. *Nutrients*, **11**(10), 2432. DOI: 10.3390/nu11102432
- Glasgow, R.E., Ruggiero, L., Eakin, E.G., Dryfoos, J. and Chobanian, L. (1997). Quality of life and associated characteristics in a large national sample of adults with diabetes. *Diabetes Care*, **20**(4), 562–7. DOI: 10.2337/diacare.20.4.562
- Hobden, M.R., Guérin-Deremaux, L., Rowland, I., Gibson, G.R. and Kennedy, O.B. (2015). Potential anti-obesogenic properties of non-digestible carbohydrates: Specific focus on resistant dextrin. *The Proceedings of the Nutrition Society*, **74**(3), 258–67. DOI: 10.1017/S0029665115000087
- Honkala, S.M., Motiani, P., Kivelä, R., Hemanthakumar, K.A., Tolvanen, E., Motiani, K.K., Eskelinen, J.-J., Virtanen, K.A., Kempainen, J., Heiskanen, M.A., Löyttyniemi, E., Nuutila, P., Kalliokoski, K.K. and Hannukainen, J.C. (2020). Exercise training improves adipose tissue metabolism and vasculature regardless of baseline glucose tolerance and sex. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, **8**(1), e000830. DOI: 10.1136/bmjdr-2019-000830
- Khan, A., Al-Abdul Lateef, Z., Al Aithan, M., Bu-Khamseen, M., Al Ibrahim, I. and Khan, S. (2012). Factors contributing to non-compliance among diabetics attending primary health centers in the Al Hasa district of Saudi Arabia. *Journal of Family and Community Medicine*, **19**(1), 26. DOI: 10.4103/2230-8229.94008
- Lovegrove, A., Edwards, C.H., De Noni, I., Patel, H., El, S.N., Grassby, T., Zielke, C., Ulm, M., Nilsson, L., Butterworth, P.J., Ellis, P.R. and Shewry, P.R. (2017). Role of polysaccharides in food, digestion and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **57**(2), 237–53. DOI: 10.1080/10408398.2014.939263
- Memish, Z.A., El Bcheraoui, C., Tuffaha, M., Robinson, M., Daoud, F., Jaber, S., Mikhitarian, S., Al Saeedi, M., Al Mazrou, M.A., Mokdad, A.H. and Al Rabeeah, A.A. (2014). Obesity and associated factors – Kingdom of Saudi Arabia, 2013. *Preventing Chronic Disease*, **11**. DOI: 10.5888/pcd11.140236
- Mohamed, B.A., Mahfouz, M.S. and Badr, M.F. (2020). Physical activity and its associated factors in females with type 2 diabetes in Riyadh, Saudi Arabia. *PLOS ONE*, **15**(10), e0239905. DOI: 10.1371/journal.pone.0239905
- Nakanishi, S., Hirukawa, H., Shimoda, M., Tatsumi, F., Kohara, K., Obata, A., Okauchi, S., Katakura, Y., Sanada, J., Fushimi, Y., Nishioka, M., Kan, Y., Tomita-Mizoguchi, A., Isobe, H., Iwamoto, H., Takahashi, K., Mune, T., Kaku, K. and Kaneto, H. (2020). Impact of physical activity and sedentary time on glycated hemoglobin levels and body composition: Cross-sectional study using outpatient clinical data of Japanese patients with type 2 diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*, **11**(3), 633–639. DOI: 10.1111/jdi.13185
- Ogurtsova, K., da Rocha Fernandes, J.D., Huang, Y., Linnenkamp, U., Guariguata, L., Cho, N.H., Cavan, D., Shaw, J.E. and Makaroff, L.E. (2017). IDF diabetes atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **128**, 40–50. DOI: 10.1016/j.diabres.2017.03.024
- Seshasai, R.K., Kaptoge, S., Thompson, A., Di Angelantonio, E., Gao, P., Sarwar, N., Whincup, P.H., Mukamal, K.J., Gillum, R.F., Holme, I., Njølstad, I., Fletcher, A., Nilsson, P., Lewington, S., Collins, R., Gudnason, V., Thompson, S.G., Sattar, N., Selvin, E., Hu, F.B. and Danesh, J. (2011). Diabetes mellitus, fasting glucose and risk of cause-specific death. *The New England Journal of Medicine*, **364**(9), 829–41. DOI: 10.1056/NEJMoa1008862
- Sami, W., Alabdulwahhab, K.M., Hamid, M.R.A., Alasbali, T.A., Alwadani, F. A. and Ahmad, M.S. (2020). Dietary habits of type 2 Diabetes patients: Frequency and diversity of nutrition intake – Kingdom of Saudi Arabia. *Progress in Nutrition*, **22**(2), 521–7. DOI: 10.23751/pn.v22i2.9239
- Sampath Kumar, A., Maiya, A.G., Shastri, B.A., Vaishali, K., Ravishankar, N., Hazari, A., Gundmi, S. and Jadhav, R. (2019). Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, **62**(2), 98–103. DOI: 10.1016/j.rehab.2018.11.001
- Whiting, D.R., Guariguata, L., Weil, C. and Shaw, J. (2011). IDF diabetes atlas: Global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **94**(3), 311–21. DOI: 10.1016/j.diabres.2011.10.029

Lessons Learned from the Covid-19 Pandemic to Raise the Quality of Residential Neighbourhoods: The Saudi Context

Esam A. Haider and Ali Salem Bahammam

Department of Architecture and Building Sciences, College of Architecture and Planning, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

دروس مستفادة من جائحة كورونا لرفع جودة الأحياء السكنية: السياق السعودي

عصام عبد الوهاب أحمد وحيدر علي سالم عمر باهمام
قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود الرياض، المملكة العربية السعودية



LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/eng/220012	08/03/2022	06/05/2022	06/05/2022	01/06/2022
NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
8003	9	2022	23	1

ABSTRACT

Saudi Arabia was one of the countries that undertook early precautionary measures from March 8 to June 21, 2020, to avoid the spread of Covid-19. These measures consisted of partial lockdowns and isolating some neighbourhoods from the rest of the city. The precautionary procedures impacted the isolated residents' ability to meet their needs and conduct their daily activities, but the greatest impact appeared in low-density neighbourhoods that do not have full services. This paper proposes a set of recommendations and practical procedures to improve the quality of residential neighbourhoods and avoid negative effects as a result of a partial or total lockdown in the future. The steps involved in the study include the following: identify precautionary procedures; monitor and analyse the reactions resulting from their application; and identify the shortcomings that cause the negative effects and inability to meet the needs of the population. Based on the findings, this paper outlines recommendations for a set of procedures that would improve the quality of residential neighbourhoods and avoid negative effects should future precautionary measures be required.

المخلص

اتخذت المملكة العربية السعودية جملة من الإجراءات الاحترازية للحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19) خلال الفترة من 8 مارس 2020 وحتى 21 يونيو 2020. وقد تمثلت هذه الإجراءات في منع التجول داخل الأحياء، بشكل كامل أو لفترات محددة خلال اليوم، وعزل بعض الأحياء عن بقية أجزاء المدينة، والتي أثرت على حياة السكان. فقد حثت عمليات الإغلاق من قدرة السكان على تلبية احتياجاتهم المعيشية، وممارسة العديد من أنشطتهم الحياتية اليومية، ولكن التأثير الأكبر ظهر في الأحياء السكنية منخفضة الكثافة، والتي لا تتوفر بها الخدمات المتكاملة داخل الحي السكني. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد مجموعة من التوصيات والإجراءات التطبيقية التي تساهم في رفع جودة الأحياء السكنية في مدينة الرياض، لتجنب أي تأثيرات سلبية على السكان نتيجة الإغلاق الكلي أو الجزئي، بسبب تطبيق الإجراءات الاحترازية. وقد تم ذلك (من خلال: تحديد الإجراءات الاحترازية المتخذة للحد من انتشار فيروس كورونا، وحصر فترات تطبيقها، ورصد ردود الأفعال الناتجة عن تطبيقها وتحليلها، وأخيراً، تحديد أوجه القصور في البيئة العمرانية والمتسببة في ظهور الآثار السلبية وعدم استيعاب أنشطة السكان واحتياجاتهم خلال فترات تطبيق الإجراءات الاحترازية). وقد نتج عن هذه الدراسة تقديم توصيات لمجموعة من المتطلبات والإجراءات المساهمة في تحسين جودة الأحياء السكنية لتفادي التأثيرات السلبية عند تطبيق أي إجراءات احترازية مستقبلية.

KEYWORDS

الكلمات المفتاحية

Corona, precautionary measures, quality of residential neighbourhoods, Riyadh

الإجراءات الاحترازية، جودة الأحياء السكنية، كورونا (كوفيد-19)، مدينة الرياض

CITATION

الإحالة

Haider, E.A. and Bahammam, A.S. (2022). Durus mustafadat min kuruna lirafe jawdat al'ahya': Alsiyaq alsueudiu 'Lessons learned from the Covid-19 pandemic to raise the quality of residential neighbourhoods: The Saudi context'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 23(1), 120–8. DOI: 10.37575/b/eng/220012 [in Arabic]

حيدر، عصام عبد الوهاب أحمد و باهمام، علي سالم عمر. (2022). دروس مستفادة من جائحة كورونا لرفع جودة الأحياء السكنية: السياق السعودي. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*, 23(1)، 120-128.

لفتت الإجراءات الاحترازية المطبقة للسيطرة على انتشار جائحة كورونا (كوفيد-19) الانتباه إلى الحاجة لإحداث بعض التغييرات الفورية في أسلوب تشكيل المدن وتصميم تجمعاتها العمرانية، وإيجاد بدائل مختلفة ومتعددة للتنقل (Muggah, 2020)، حيث عملت إجراءات الإغلاق، وقواعد التباعد الاجتماعي، وقيود الحركة والعمل من المنزل، خلال الجائحة، على تغيير مجموعة من المفاهيم المتعلقة بالحياة الحضرية، نتج عنها تغير في أساليب استخدام السكان للمرافق الحضرية والفراغات العامة المشتركة في الأحياء، والإقبال بشكل أكبر على استخدام أساليب التنقل البديلة للسيارات (مثل: المشي، وركوب الدراجات)، ووسائل النقل العامة (UN-Habitat, 2021). وقد كشفت هذه الظروف أيضاً عن وجود شيء من الخلل في التصميم العمراني للمناطق السكنية، فقد أكد الإغلاق الوبائي على ضرورة توافر مساحات عامة مفتوحة كافية (مثل: الحدائق، والساحات العامة) على مسافة قريبة، خاصة بالنسبة للسكان الذين يعيشون في المباني السكنية مرتفعة الكثافة (AHURI, 2020).

وفقاً لبيانات وزارة الصحة السعودية تم اكتشاف أولى حالات كورونا COVID-19 في الثاني من شهر مارس واستمرت في الزيادة على أساس يومي.

1. المقدمة

لطالما كان للأزمات العالمية (مثل: الحروب والأوبئة) تأثير مباشر على التشكيل العمراني والمعماري، فقد أدى انتشار وباء الكوليرا في القرن التاسع عشر إلى ظهور أنظمة الصرف الصحي وانتشارها، وتأكدت كذلك أهمية تطبيق اشتراطات الإضاءة والهوية الطبيعية في لوائح الإسكان، بصفتها تدبيراً وقائياً للحد من تفشي أمراض الجهاز التنفسي في الأحياء الفقيرة المكتظة في أوروبا (The City Fix, 2020). وقد تم التركيز عالمياً، وبشكل مباشر، على المدن بوصفها نقاطاً ساخنة لانتشار فيروس كورونا (كوفيد-19)؛ لما تتميز به المدن من خصائص كبر المساحة، وزيادة أعداد السكان، وسهولة الاتصال بينهم؛ لذلك كانت معدلات حالات الإصابة بالفيروس أعلى في المدن الكبرى. ونهت أستاذة السياسة الحضرية العالمية في كلية التصميم بجامعة ملبورن، ميشيل أكتوتوا، إلى أن تقاطع التصميم العمراني في المدن مع موضوع الصحة العامة، أصبح يشكل قضية حرجة وبشكل متزايد (Bloomberg City Lab, 2020).

¹ مديرة مختبر Connected Cities، وهو مركز أبحاث لتطوير السياسات الحضرية: عمل في مجال الصحة الحضرية في عدد من الجهات، وعمل، خلال جائحة كورونا COVID-19، على فهم أبعاد التخطيط الحضري للتعامل مع الجائحة.

الإجراءات الاحترازية في الأحياء السكنية، وتحديد جوانب القصور العمرانية والمعمارية ذات العلاقة، وتقديم مجموعة من التوصيات والإجراءات التطبيقية المساهمة في تلأفها.

1.2. أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم مجموعة من التوصيات والإجراءات التطبيقية لرفع من جودة الأحياء السكنية في مدينة الرياض للوفاء باحتياجات السكان، واستيعاب أنشطتهم، وبالأخص في فترات الحاجة إلى تطبيق الإجراءات الاحترازية. وسيتم الوصول إلى الهدف الرئيس من خلال تحقيق الأهداف الفرعية التالية:

- تحديد الإجراءات الاحترازية المتخذة للحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19)، وفترات اتخاذه.
- رصد ردود الأفعال على تطبيق الإجراءات، ومراجعتها.
- حصر الآثار السلبية المترتبة عن تطبيق الإجراءات الاحترازية على سكان الأحياء السكنية.
- تحديد جوانب القصور العمرانية والمعمارية المتسببة في عدم استيعاب أنشطة السكان واحتياجاتهم خلال فترات تطبيق الإجراءات الاحترازية.
- تقديم مجموعة من التوصيات والإجراءات التطبيقية المساهمة في تحسين جودة الأحياء السكنية لتفادي التأثيرات السلبية عند تطبيق أي إجراءات احترازية في المستقبل.

1.3. منهجية الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة أتبع الخطوات المنهجية التالية:

- حصر الإجراءات الاحترازية المتبعة على مستوى مدينة الرياض، وتحديد الفترات الزمنية التي اتخذت فيها، عن طريق مسح وثائقي للتقارير والمنشورات من الجهات الرسمية.
- مسح وثائقي للصحف الرسمية في المملكة العربية السعودية، خلال فترة تطبيق الإجراءات الاحترازية، وذلك كون الصحف تحوي العديد من المواد الصحفية المنشورة، التي تقدم توثيقاً جيداً لوجهة نظر المجتمع في وقت معاشة الجائحة. وسيتم استخدام أسلوب تحليل المحتوى للمواد الصحفية؛ لاستخلاص الآثار السلبية المترتبة عن تطبيق الإجراءات الاحترازية على السكان.
- استعراض جوانب القصور العمراني في الأحياء السكنية المعاصرة في مدينة الرياض ومناقشة تأثيراتها السلبية على السكان، مع الرجوع إلى اشتراطات تقسيمات الأراضي وتخطيط الأحياء السكنية في مدينة الرياض، لتحديد العوامل المتسببة في عجز الأحياء السكنية عن استيعاب أنشطة السكان وتوفير احتياجاتهم خلال فترات تطبيق الإجراءات الاحترازية.
- صياغة مجموعة من التوصيات والإجراءات التطبيقية بما يتوافق مع أهداف استدامة الأحياء السكنية في مدينة الرياض، وبما يساهم في تحسين جودتها، والحد من أي آثار سلبية نفسية، أو اجتماعية، أو معيشية على السكان.

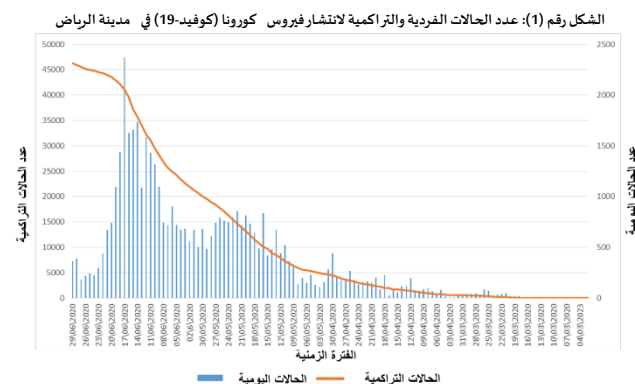
1.4. حدود الدراسة:

ستتناول هذه الدراسة الأحياء السكنية التي تم تطويرها بعد اعتماد مخطط دوكسيادوس في السبعينيات من القرن العشرين، والتي تمثل غالبية الأحياء السكنية في مدينة الرياض والمصممة بناء على مربع دوكسيادس ذي الأبعاد (2كم × 2كم)².

2. الإجراءات الاحترازية على مستوى الأحياء السكنية في مدينة الرياض

اتخذت المملكة العربية السعودية مجموعة من الإجراءات الاحترازية للحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19)، خلال الفترة من (8 مارس 2020) وحتى الإعلان عن العودة إلى الحياة الطبيعية في (21 يونيو 2020) (الجدول رقم 1). وكان من أهم هذه الإجراءات: تعليق الدخول والخروج إلى بعض المدن والمحافظات، وتعليق إقامة التجمعات والمناسبات الاجتماعية،

بحلول نهاية أبريل، بدأت الحالات في الزيادة بشكل كبير بمتوسط 751 حالة يوميًا، لتصل إلى 2033 حالة يوميًا في مايو. واستمر هذا الاتجاه، حيث وصلت الحالات اليومية إلى 3570 حالة في اليوم بنهاية شهر يونيو. في يوليو، انخفض متوسط المعدل قليلاً إلى 3303 حالة يوميًا. ووصلت عدد الحالات التراكمية إلى 240474 يوم 20 يونيو (Alahmari et al., 2021). أما في مدينة الرياض، وكما يوضح الشكل رقم (1)، فقد ظهرت أولى الحالات في 13 مارس، وتعددت عدد الحالات نطاق الألف حالة مع بداية الثلث الثاني من شهر إبريل، في حين وصل عدد الإصابات التراكمية إلى 44667 إصابة في 29 يونيو (صحتي، 2022).



المصدر: صحتي. (2022). إحصائية الحالات اليومية للإصابات بفيروس كورونا في مدينة الرياض. موقع إلكتروني، تم استرجاعه بتاريخ 31/3/2022. <https://sehthy.com/sa-covid1-2022/3/31>

وقد اتخذت المملكة العربية السعودية جملة من الإجراءات الاحترازية، المؤثرة على طبيعة حياة السكان في أحيائهم السكنية، للحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19)، خلال الفترة من 8 مارس 2020 وحتى الإعلان عن العودة إلى الحياة الطبيعية في 21 يونيو 2020. وكان من أهم هذه الإجراءات (تعليق الدخول والخروج إلى بعض المدن والمحافظات، وتعليق إقامة التجمعات والمناسبات الاجتماعية، وتعليق التوجه إلى مقرات العمل، وإغلاق الأسواق والمجمعات التجارية المغلقة منها والمفتوحة، وتعليق الطيران الداخلي والدولي، ومنع التجول لفترات محددة خلال اليوم أو لمدة 24 ساعة، وعزل أحياء سكنية عن باقي أحياء المدينة) (وزارة الصحة، 2020). وقد ظهر نتيجة لتطبيق الإجراءات الاحترازية لمنع تفشي الفيروس، العديد من المشاكل والتأثيرات السلبية على طبيعة حياة السكان. كما أظهرت هذه الأزمة أن مفهوم "الأمن" في الأحياء السكنية ومعالجتها، تعدد حدود منع انتشار الجريمة، إلى مفهوم أوسع (يشمل: الأمن النفسي، والاجتماعي، والمعيشي) للسكان داخل أحيائهم.

لقد تمكنت الأحياء السكنية المدمجة، والمصممة بشكل جيد من الوفاء بالاحتياجات المستجدة خلال فترة الجائحة، واستيعاب التغير في أنشطة السكان الاجتماعية والاقتصادية والثقافية، وهو ما ساهم بشكل كبير في رفاهيتهم، والتقليل من آثار الحجر الصحي عليهم. ولكن استيعاب هذه التغيرات الإيجابية وإيجادها في غيرها من الأحياء السكنية، يتطلب النظر بعناية في الإجراءات التي يجب عكسها على تصميم الأحياء السكنية بمجرد السيطرة على الأزمة (UN-Habitat, 2021).

1.1. المشكلة البحثية:

رصد عدد من الدراسات ظهور بعض الآثار النفسية والاجتماعية والمعيشية على سكان الأحياء السكنية، نتيجة لتطبيق الإجراءات الاحترازية للحد من تفشي فيروس كورونا (كوفيد-19)، وما نتج عنها من حجر منزلي وحظر للتجول (Singh et al, 2020; Pouso et al, 2021; Ahrens et al, 2021). وتعتبر مدينة الرياض نموذجاً للمدن السعودية التي تعرضت أحيائها السكنية لتطبيق الإجراءات الاحترازية، وما صاحبها من تأثيرات سلبية على السكان، نتيجة عجز الأحياء السكنية عن الوفاء باحتياجات الساكنين خلال فترة الحجر، وهذا يبرز الحاجة إلى إجراء دراسة للتعرف إلى الآثار المترتبة عن تطبيق

² على الرغم من وجود بعض الأحياء في مدينة الرياض بأبعاد غير مربع (2كم × 2 كم). بسبب إضافة أجزاء إلى المربع الأساسي، أو دمج أكثر من مربع. نتيجة التقسيمات الإدارية أو البلدية للأحياء، إلا أن هذه الورقة ستعتمد على حي "مربع دوكسيادس"، بصفته الوحدة البنائية الأساسية لغالبية الأحياء في مدينة الرياض.

وليس المكاني فقط. بينما ناقش المقال المنشور في صحيفة (الرياض-18960، 2020) الحاجة إلى إعادة ترتيب الأحياء السكنية بما يتوافق مع فكرة حي العشرين دقيقة، والتي تقوم على حصول الساكن في الأحياء السكنية على الخدمات اليومية التي يحتاجها، وحتى الوصول إلى العمل، إن أمكن، في نطاق العشرين دقيقة سيراً على الأقدام، وذلك لتفادي خروج السكان خارج نطاق حيزهم السكني، وتسهيل تلبية احتياجاتهم اليومية، وتقليل الحاجة لاستخدام السيارة للتنقل، وخاصة عند عزل الأحياء السكنية، إذا ما طبقت أي إجراءات احترازية في المستقبل. كما أكد المقال المنشور في صحيفة (مكة-2220، 2020) على ذلك بتطوير أحياء سكنية مكتفية ذاتياً من السلع الأساسية والخدمات ضمن مسافات المشي.

يمكن، في سياق تحديد نطاق الحي السكني، تقسيم الأحياء السكنية بناء على نطاقاتها إلى ثلاثة مستويات؛ (البلوكات المتقابلة Face-Blocks، والحي السكني Residential Neighbourhood، والحي المؤسسي Institutional Neighbourhood)، والتي يتراوح عدد سكانها بين 500 نسمة للبلوكات المتقابلة و15 ألف نسمة للحي المؤسسي (Park and Rogers, 2015). بالإضافة إلى تأثير الكيفية التي يتفاعل فيها سكان المناطق الحضرية مع بيئتهم الحضرية على مستوى الحي، ولا سيما فيما يتعلق بالأماكن العامة والتنقل، والتي تؤثر في أسلوب تخطيط الأحياء السكنية بشكل أفضل. وتكتسب فكرة حي نطاقه 15 دقيقة سيراً على الأقدام دعماً متزايداً، وذلك عن طريق إعادة تشكيل المناطق السكنية في المدينة حول هذا المفهوم لتقليل مسافات التنقل والتلوث (UN-Habitat, 2021).

وفي المستويات الأدنى من تصميم الأحياء السكنية تم اقتراح تقليل مداخل الحي لتسهيل عملية المراقبة والعزل، وقد ناقش المقال المنشور في صحيفة (عكاظ-19588، 2020) إمكانية ذلك عن طريق تخطيط أحياء غير نافذة وذات مداخل محدودة؛ لتمكين السلطات المعنية والسكان من السيطرة المطلقة على الحي، وعزله عن باقي الأحياء المجاورة. ويتحقق مثل هذا الطرح بتقليل المداخل والمخارج للأحياء السكنية، بجعلها تعمل كبوابات مميزة وفريدة للحي، من أجل تعزيز القدرة على السيطرة الأمنية والتقليل من الجرائم (باهمام، 2000).

3.2. الكثافة السكنية:

حددت وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان بالشراكة مع برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات (UN Habitat)؛ متوسط الكثافة الموصى بها في مدينة الرياض بـ (150 شخص/هكتار)، ضمن تقرير الرؤية الشاملة لمدينة الرياض (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2019)، بهدف تحقيق الكفاءة في استخدام الخدمات والمرافق العامة، وللتوافق أيضاً مع التوجهات العالمية نحو إيجاد إسكان متوسط الكثافة في المدن، يكون في حدود (30 – 50 وحدة/هكتار)، لخفض تكاليف الحصول على المساكن وتمكين الأسر من الحصول عليها في حدود مقدرتها المالية.

وقد تطرقت المواد المنشورة في الصحف المحلية إلى علاقة موضوع الكثافة السكنية المرتفعة في بعض الأحياء مع الإجراءات الاحترازية المطبقة فيها للحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19)، حيث توقع المقال المنشور في صحيفة (الجزيرة-17375، 2020)، ظهور تطور على تصميم المباني والأحياء السكنية التي تمكن الناس من الاختلاط بكثافات عالية بدون تكديس، إلى جانب العديد من الإصلاحات الاقتصادية للتخفيف من تكلفة هذا التطوير. وعن مقدرة المدن على مكافحة الأوبئة في ظل ارتفاع الكثافات السكنية في المدن تمت مناقشة أهمية الحاجة لابتكار بدائل حضرية بمقدورها مقاومة أو احتواء الأوبئة داخل المدن (الاقتصادية-9747، 2020). وفي هذا السياق فإنه توجد علاقة مباشرة بين معدل الكثافة والكفاءة التشغيلية للأحياء السكنية من الناحية الاقتصادية، فالكثافات السكنية المتوسطة تساهم في خفض تكلفة تنفيذ الخدمات والبنية التحتية وتشغيلها، وهو ما يجعلها تعمل بكفاءة أفضل، كما أن تطبيقها، بأسلوب عمراني جيد، يحد من التزاحم أو التكدس، وهو ما يجنب السكان الآثار السلبية الناتجة عن سرعة انتشار الفيروس وارتفاع عدد الإصابات (UN-Habitat, 2021).

3.3. توفر خدمات الحي والمناطق المفتوحة ووسائل التنقل

وتعليق التوجه إلى مقرات العمل وإغلاق الأسواق والمجمعات التجارية المغلقة والمفتوحة، وتعليق الطيران الداخلي والدولي، ومنع التجول لفترات محددة خلال اليوم أو لمدة 24 ساعة، وعزل أحياء سكنية لمدة 24 ساعة. وقد نجم عن تطبيق هذه الإجراءات مجموعة من التأثيرات على السكان داخل الأحياء السكنية، سيتم استعراضها ومناقشتها من خلال مسح مجموعة من الصحف المحلية، وتحليل المواد الصحفية المنشورة، التي تناولت تأثيرات تلك الإجراءات الاحترازية.

الجدول رقم (1): الإجراءات الاحترازية المطبقة للحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19) في مدينة الرياض.

التاريخ	الإجراءات الاحترازية
23 مارس	منع التجول من (7 مساءً إلى 6 صباحاً) لمدة 21 يوماً.
25 مارس	منع الدخول والخروج من الرياض.
26 مارس	منع الدخول والخروج من جميع المناطق.
6 أبريل	منع التجول 24 ساعة مع القدرة على التمكن من نطاق الحي (من 6 ص إلى 3 م).
26 أبريل	رفع منع التجول جزئياً (من 26 أبريل إلى 13 مايو 2020) من الساعة (9 ص إلى 5 م).
23 مايو	منع التجول الكامل لكافة مناطق المملكة (من 23 مايو إلى 27 مايو 2020).
28 مايو	(من 28 مايو إلى 30 مايو 2020) تغيير وقت منع التجول (من الساعة 6 ص إلى 3 م) مع السماح بالتنقل بين المناطق بالسيارة.
31 مايو	(من 31 مايو إلى 20 يونيو 2020) تغيير وقت منع التجول (من الساعة 6 ص إلى 8 م) مع السماح بإقامة الجمع والجماعات في المسجد، والعودة إلى العمل، وعودة رحلات الطيران الداخلية، والسماح بالتنقل بين المناطق بوسائل النقل المختلفة.
21 يونيو	البدء بالعودة إلى الأوضاع الطبيعية.

المصدر: وزارة الصحة. 2020. تجربة المملكة العربية السعودية في الاستعداد والاستجابة الصحية لجائحة كوفيد-19.

3. آثار تطبيق الإجراءات الاحترازية لجائحة كورونا (كوفيد-19) على سكان الأحياء السكنية من الصحافة المحلية

أثيرت العديد من القضايا ذات العلاقة بالأحياء السكنية والتي طفت على السطح في فترة انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19). ويعرض الجدول رقم (2) المواد الصحفية المنشورة عن هذه القضايا، في الصحف المحلية خلال فترة تطبيق الإجراءات الاحترازية، وقد بلغ عددها (11 مادة صحفية)، تم تصنيفها في الجدول بحسب محتواها، ضمن أربعة محاور: الكثافة السكنية، والخدمات المطلوبة، والأنشطة المفقودة، والإجراءات المطلوبة.

أظهرت المقالات المنشورة أن الآثار النفسية والضغط الكبير، الناتج عن العزلة في المنازل المسورة والشقق الضيقة، كان من الأسباب التي تدفع بالسكان، وخاصة الأطفال، إلى مخالفة تعليمات منع التجول والتباعد الاجتماعي خلال جائحة كورونا. وسيتم فيما يلي مناقشة نواتج تحليل محتوى ما ورد في هذه المقالات بالتفصيل، من خلال عرض النتائج تحت عدد من المحاور الرئيسية، التي يندرج تحتها مجموعة من المواضيع الفرعية.

الجدول رقم (2). المواد المنشورة في الصحف المحلية خلال الفترة من تاريخ (2 مارس 2020) وحتى (30 يونيو 2020) مع تصنيفها.

الرقم	الصحيفة-العدد-التاريخ	عنوان المادة الصحفية	الكثافة السكنية	خدمات مطلوبة	الشقة مفقودة	إجراءات مطلوبة
1	الجزيرة-17363-العدد 20 أبريل	كورونا وتعريف نطاق الحي السكني	✓	✓	✓	✓
2	الجزيرة-17375-العدد 13 أبريل	كيف سيغير كورونا شكل مدننا؟	✓	✓	✓	✓
3	الاقتصادية-9747-العدد 18 يونيو	مناعة المدن.. إعادة تصميم الحواضر.....	✓	✓	✓	✓
4	عكاظ-19588-العدد 23 أبريل	علاج كورونا بالتخطيط العمراني	✓	✓	✓	✓
5	اليوم-17132-العدد 10 مايو	كورونا وأراضي مراكز الأحياء	✓	✓	✓	✓
6	الرياض-18990-العدد 21 يونيو	بين كورونا وجودة الحياة	✓	✓	✓	✓
7	الرياض-18960-العدد 22 مايو	كورونا وحي العشرين دقيقة	✓	✓	✓	✓
8	عكاظ-19609-العدد 18 مايو	السماح بريضة المشي	✓	✓	✓	✓
9	عكاظ-19608-العدد 17 مايو	غول ما يتسلسل	✓	✓	✓	✓
10	عكاظ-17368-العدد 26 أبريل	التخطيط الحضري أوقات الأزمات: أزمة كورونا	✓	✓	✓	✓
11	مكة-2220-العدد 6 يونيو	حجر كوفيد-19 ومنافع فرض استدامة.....	✓	✓	✓	✓

3.1. تحديد نطاق الحي السكني:

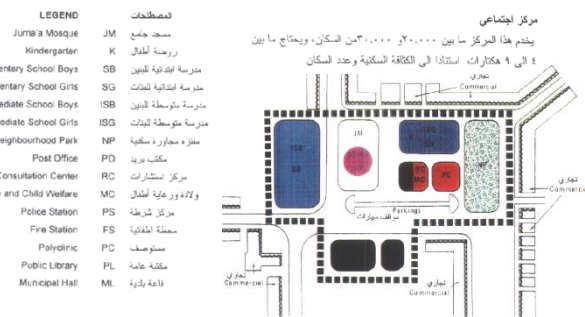
شكل التصميم العمراني للأحياء السكنية الموضوع الأكثر عرضاً في المواد الصحفية المتعلقة بآثار تطبيق الإجراءات الاحترازية على السكان في أحيائهم السكنية. وكانت الأولوية تشير إلى الحاجة لتحديد ماهية محددات نطاق الحي السكني، وإعادة النظر في طريقة تحديده، لعلاقتها المباشرة بتطبيق الإجراءات الاحترازية (مثل: العزل المنزلي، والإغلاق الكلي والجزئي للأحياء السكنية). فقد دعا المقال المنشور في صحيفة (الجزيرة-17363، 2020) إلى إعادة تعريف الحي السكني بمفهومه الإنساني، والذي يستند إلى مبادئ وحلول عمرانية تراكمية تفضي إلى إيجاد أحياء سكنية بالمعنى الوظيفي،

المتنوعة:

الأحياء السكنية في مدينة الرياض

أخذ المخطط الرئيسي لمقرح شركة سيت إنترناشيونال المطور عن مخطط دوكسيادس للأحياء السكنية؛ في الاعتبار ثلاثة أنواع من مراكز الخدمات (هي: مراكز الأحياء، ومراكز الخدمة العامة، ومراكز المناطق)، حيث روعي مطابقة الاستخدامات المسموح بها ضمن كل مركز لمستواها في التسلسل الهرمي، ولكن مع وجود استخدامات مختلطة للمرافق (التعليمية، والدينية، والصحية، والتجارية وبيع التجزئة)، ضمن شبكة من ممرات المشاة. تبدأ هذه المراكز من مركز المجاورة السكنية، بطاقة استيعابية تكفي لخدمة (4 – 6 آلاف ساكن)، وحتى مركز المنطقة والذي يخدم ما يصل إلى 120 ألف ساكن، وتتسلسل الخدمات بشكل هرمي بين هذه المراكز كما هو موضح في الشكل رقم (2) من المسجد الجامع وحتى وجود قاعات ومكاتب بلدية (الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، 1997).

الشكل رقم (2): مركز الخدمة النموذجي في مخطط شركة سيت إنترناشيونال



المصدر: الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. (1997). المخطط الاستراتيجي الشامل، المجلد 18، الأنظمة والتشريعات الحالية ونظم إدارة العمران.

كما عرف دليل تخطيط مراكز الأحياء والمجاورات السكنية الصادر من وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان الحي السكني بأنه: منطقة سكنية تحتوي على (4-5) مجاورات، ويتراوح عدد سكانه بين (10 – 15 ألف ساكن)، في حين عرف المجاورة السكنية بأنها: تتكون من مجموعات سكنية، يتراوح عدد سكان المجاورة بين (3 – 6 آلاف ساكن). وقسم الدليل مراكز الخدمات إلى ثلاثة مستويات أساسية (هي: مركز المجموعة السكنية، ومركز المجاورة السكنية، ومركز الحي السكني)، وتحتوي هذه المراكز مجموعة من الخدمات، الجدول رقم (3)، مع التأكيد في كل ذلك على وجود ممرات المشاة، وتحديد العلاقة بينها وبين حركة السيارات في الشوارع داخل الحي السكني (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2005).

ويمكن تلخيص اشتراطات وتنظيمات تطوير الأحياء السكنية، الخاصة بالمناطق المفتوحة وممرات المشاة والشوارع، فما يلي (الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، 1997) و(وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2005) و(أمانة محافظة جدة، 2019):

- توفير مسارات متصلة ومظللة وأمنة للمشاة، وتحديد العلاقة بينها وبين حركة السيارات في الشوارع داخل الحي السكني.
- لا تقل مساحة الشوارع والمواقف والمساحات وممرات المشاة وملعب الأطفال والحدائق العامة عن 33% من المساحة الكلية.

الجدول رقم (3): الخدمات الواجب توفرها في مراكز الخدمة لكل من المجموعات والمجاورات السكنية والأحياء السكنية.	الخدمات في مستوى المركز	الخدمات في مستوى المركز	مستوى المركز
مركز المجموعة السكنية	الخدمات التجارية، والمسجد المحلي، وحضانة الأطفال، ومنطقة مفتوحة	المسجد الجامع، وروضة الأطفال، والمسجد الابتدائية، وحديقة وملعب، ومركز تجاري	مركز المجموعة السكنية
مركز المجاورة السكنية	المسجد الجامع، والمسجد المتوسطة، ومركز الرعاية الصحية، ومكتب بريد، وحديقة وملعب، ومركز تجاري للحي	مركز شرطة محلي، ومكتبة فرعية، ومركز للدفاع المدني، والمدرسة الثانوية	مركز الحي السكني

المصدر: وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2005). دليل تخطيط مراكز الأحياء والمجاورات السكنية

- لا تقل المساحة الكلية للشوارع عن 20%.
- لا تقل المساحة لباقي الخدمات العامة والخدمات الترفيهية عن 13%.
- توفير ملعب لا تقل مساحته عن 400 م² لكل 20 وحدة.
- توفير مساحة 5.6 م² للفرد من الحدائق العامة على مستوى الحي، بحيث لا تقل المساحة الإجمالية للحدائق عن 5000 م².

كما أقرت وزارة الشؤون البلدية والقروية مؤخراً مجموعة من الاشتراطات

إن توفر الخدمات والمناطق المفتوحة تعد من أهم المتطلبات التي نوقشت في المقالات المنشورة في كل من صحيفة (عكاظ-19588، 2020) وصحيفة (الرياض-18990، 2020)، والتي تمثلت في الحاجة إلى توفير متطلبات الحياة اليومية في المجاورات السكنية (مثل: الأنشطة التجارية واليومية، والحدائق، وممرات المشاة المعزولة كلياً عن شبكات النقل الأخرى، والأثاث المستخدم في الفراغات العمرانية)، نظراً لأهميتها في الرفع من مستوى جودة الحياة، من خلال توفير بيئة صحية، تساهم في التقليل من التأثيرات السلبية (النفسية منها والاجتماعية) المتزامنة مع تطبيق إجراءات العزل والحجر الصحي أثناء جائحة فيروس كورونا. وهذا ما يؤكد عدد من الدراسات، فمعظم الأحياء السكنية في مدينة الرياض يعاني من نقص كبير في المتطلبات التي يحتاجها السكان في حياتهم اليومية، خصوصاً فئتي الشباب والأطفال، (مثل: الملاعب، والنوادي الرياضية، والحدائق العامة) (المسند، 2018). وقد يعزى ذلك أيضاً إلى الطبيعة الصحراوية لمدينة الرياض، ومحدودية المساحات الخضراء الطبيعية فيها (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2019).

كما ناقشت المواد الصحفية المنشورة أهمية مراكز الأحياء، ودورها المحوري ضمن منظومة التصميم العمراني، وضرورة العناية بتعزيز بنيتها التكنولوجية، والعمل على تأمين فراغات عامة كافية من الأراضي الحكومية داخل المناطق السكنية لاستخدامها في وقت الأزمات (عكاظ-17368، 2020). إضافة إلى معالجة الإشكالات التي تمنع تصميم أحياء سكنية تشجع على رياضة المشي، والرفع من نسبة الغطاء النباتي والمناطق الخضراء، وتخصيص أماكن للأنشطة السكنية المشتركة (الرياض-18990، 2020) و(عكاظ-19608، 2020) و(عكاظ-19609، 2020). وأشار بعض المواد الصحفية إلى ضرورة تخطيط أراضي الخدمات داخل الأحياء السكنية وفق معايير التخطيط المستدام، وتسهيل الوصول إليها سيراً على الأقدام، وأن تحوي مركزاً لمواجهة الأوبئة، ومركزاً للخدمات الرقمية، ومركزاً للتواصل الاجتماعي (اليوم-17132، 2020). إن الاعتماد على السيارة، بصفتها الوسيلة الأساسية (والفضيلة)، للتنقل في مدينة الرياض يعد مشكلة عمرانية، أدت إلى ضعف التواصل والترابط بين السكان، وصعوبة الوصول إلى مراكز الخدمات سيراً على الأقدام (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2019). إن تصميم المناطق السكنية المشجع على استخدام السيارات، أفرغ الشوارع من مقياسها الإنساني، وهو ما أدى إلى ضعف دعم الأنشطة المتنوعة للسكان (المسند، 2018). كما أن نسبة كبيرة من الأرصفة الموجودة في شوارع الأحياء السكنية في مدينة الرياض غير مناسبة لأن تكون ممرات للمشاة؛ لصعوبة المشي عليها، إما لكثرة الحواجز المادية الثابتة والمتحركة فيها، أو لانعدام المعالجات اللازمة لتوفير المستوى المطلوب من الراحة الحرارية، والحد من تأثير مناخ الرياض الحار الجاف (Bahammam، 1995).

يتضح من العرض السابق للمواد الصحفية المنشورة، أن أهم الجوانب العمرانية ذات العلاقة بتطبيق الإجراءات الاحترازية خلال فترة الحجر الصحي الكامل أو الجزئي، تلخص في مجموعة القضايا الرئيسية التالية:

- أهمية تحديد نطاق الحي السكني، بما يمكن الجهات المعنية من ضبط إجراءات الحجر الصحي ومراقبته، وبما يضمن تمكين السكان من تلبية احتياجاتهم الحياتية الضرورية، بمسافة مشي لا تزيد عن 15 دقيقة.
- العناية بجعل معدلات الكثافة السكنية داخل الأحياء في حدود المتوسط العالمي، لتيسير تكلفة الحصول على المساكن وخفض تكلفة توفير البنية التحتية للحي، وتجنب حدوث التكدس، وما يصاحبه من صعوبات عند تطبيق إجراءات التباعد الاجتماعي.
- أهمية توفير كامل الخدمات (الدينية، والتعليمية، والصحية، والتجارية) داخل الحي السكني، مع شبكة من الفراغات العمرانية المفتوحة والمساحات الترفيهية والخضراء المتصلة، التي تحقق الاكتفاء الذاتي للسكان، وتمكنهم من مزاولة الأنشطة المختلفة دون الحاجة لمغادرة الحي.
- العناية باختيار مواقع خدمات الحي ومناطقه المفتوحة، يسهل الوصول إليها من خلال شبكة من الممرات المخصصة للمشاة أو للدراجات.

4. تحليل ومراجعة الاشتراطات العمرانية لتطوير

مركز شرطة محلي	√	√	√	غير مطبق
مكتب بريد محلي	√	√	√	مطبق
مكتبة عامة وصالة عامة	√	√	√	غير مطبق
محلات تجارية للاحتياجات الأسبوعية أو	√	√	√	مطبق
مركز تجاري للحي	√	√	√	غير مطبق
مركز للدفاع المدني	√	√	√	غير مطبق
المدرسة الثانوية	√	√	√	مطبق

في حين يظهر أن تحديد نطاق الحي بناء على عدد الساكنين، لم يتطابق مع أي المخططات أو التشريعات في هذا المجال حيث بلغ عدد سكان الحي 54.7 ألف نسمة، الجدول رقم (5).

مركز الخدمة	الاشتراطات العمرانية	الدراسات الأدبية 3	سيت إنترناشيونال	وزارة الشؤون البلدية والقروية	مدي التطبيق
المجموعة السكنية	نطاق خدمة المجموعة السكنية 900-1200 ساكن	√	√	√	غير مطبق
المجاورة السكنية	نطاق 5 دقائق مشياً على الأقدام ما يعادل 400م	√	√	√	مطبق
الحي السكني	نطاق 15 دقيقة مشياً على الأقدام ما يعادل 1.20 كم	√	√	√	غير مطبق
	نطاق خدمة الحي السكني 23.5 ألف ساكن	√	√	√	غير مطبق
	نطاق خدمة الحي السكني بين 10 ألف - 15 ألف ساكن	√	√	√	غير مطبق
	نطاق خدمة الحي السكني 30 ألف ساكن	√	√	√	غير مطبق

الشكل رقم (4): نماذج من الخدمات المتوفرة في حي الوادي



نماذج للمساجد في حي الوادي



نموذج للجنانق في حي الوادي



نموذج لتركز الخدمات التجارية في الشوارع التجارية



نموذج للمدارس في حي الوادي



نموذج للمركز الصحي في حي الوادي

وببلغ إجمالي مساحة الحدائق والمناطق الخضراء في مخطط حي الوادي بأكثر من 105 ألف م² (أمانة مدينة الرياض، 2021)، بينما يبلغ عدد سكان الحي (54.7 ألف نسمة) (الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، 2016)، وبذلك تكون نسبة المساحات الخضراء لو نفذت بشكل كامل (1.9 م²/ساكن)، وهذه النسبة تقل كثيراً عن النسبة العالمية المقدرة بـ (9 م²/ساكن) (Addas and Maghrabi, 2020)، وكذلك أقل من النسبة المحددة في اشتراطات تطوير

بهدف تحسين جودة الحياة في المدن وتحسين المشهد الحضري، والارتقاء بالبيئة العمرانية في الأحياء السكنية، وقد اشتملت على توفير مسارات متصلة وأمنة للمشاة في أحياء المخططات السكنية الجديدة، وتظليل أعلى نسبة ممكنة منها، باستخدام الأشجار المحلية المناسبة للبيئة، على أن تربط الممرات بين أغلبية المساكن ومواقع خدمات الحي (الحدائق، والمساجد، والمرافق التعليمية، والمرافق الصحية وغيرها)، ومراعاة تفادي تقاطعها مع حركة المرور أو تقليلها، ومعالجة حركة المشاة في الأحياء القائمة بأقل التكاليف، وتجهيزها بمختلف العناصر والخدمات اللازمة لتسهيل حركة المشاة وتشجيع ممارسة الرياضة بعامة ورياضة المشي بخاصة، وهو ما سيسهم في تحسين جودة الحياة في المدن، إضافة إلى تحسين مستوى السلامة المرورية، وذلك ضمن حزمة من الضوابط والاشتراطات التي تم إعدادها لاعتماد المخططات الجديدة، بهدف رفع كفاءة تشغيلها وصيانتها، من خلال تحديد سقف أعلى لأطوال الشوارع (وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، 2021).

5. واقع النسيج العمراني للأحياء السكنية في مدينة الرياض

يعرض ما يلي حالة دراسية لتحليل حي الوادي، بصفته أحد أحياء مدينة الرياض، التابع لمربعات مخطط دوكسيادس؛ للنظر في مدى تحقق الاشتراطات العمرانية التي تعمل على التقليل من تأثير الإجراءات الاحترازية والإغلاق الصحي على السكان. وقد تم اختيار حي الوادي، التابع لبلدية الشمال، في شمال مدينة الرياض، لكونه منفذاً بحسب مربعات دوكسيادس 2 كم×2 كم، وتوجد به أربعة مراكز للمجاورات السكنية، بالإضافة إلى مركز للحي. وتقدر مساحة حي الوادي بـ 400 هكتار، ويبلغ عدد السكان 54.7 ألف ساكن، بينما تقدر الكثافة الإسكانية بـ 24 وحدة/هكتار، الشكل رقم (3).

الشكل رقم (3): مخطط حي الوادي في مدينة الرياض



المصدر: أمانة منطقة الرياض. (2021). البوابة المكانية لمدينة الرياض. موقع الكتروني تم استرجاعه بتاريخ 2021/01/17. <https://mapservice.alriyadh.gov.sa/geoportal/geomap>

يظهر التحليل المكاني للحي، أن الأرض المخصصة لمركز الخدمة في مخطط الحي تقع ضمن نطاق 12 دقيقة مشياً على الأقدام، أي بمسافة 1 كم من أطراف الحي، وهو مقارب جداً لنطاق حي الـ 15 دقيقة بما يعادل 1.20 كم. كما يظهر التحليل أن الحي السكني يشتمل على معظم الخدمات (مثل: الخدمات الدينية، والتعليمية، والصحية)، الجدول رقم (4)، ضمن مسافة المشي المحددة والتي يشترطها مخطط سيت إنترناشيونال، وكذلك التي يشترطها الدليل الصادر عن وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان لتصميم المجاورات ومراكز الأحياء السكنية، في حين تركزت الخدمات التجارية على الشوارع التجارية البالغ عرضها إما 36 م أو 30 م، (الشكل رقم 4)، ولكن يغلب عليها التوزيع غير المنطقي وغير المخطط بالرغم من وجود مراكز للمجاورات وللحي السكني.

الجدول رقم (4): مراكز الخدمة النموذجية في دليل تخطيط مراكز الأحياء والمجاورات السكنية	يتضمن مركز الحي السكني	سيت إنترناشيونال	وزارة الشؤون البلدية والقروية	مدي التطبيق
مدرسة متوسطة	√	√	√	مطبق
مسجد محلي أو المسجد الجامع	√	√	√	مطبق
منشآت رياضية ومنشآت	√	√	√	مطبق
مركز استشارات طبية ومركز أمومة أو مركز الرعاية الصحية	√	√	√	مطبق
مكتب اتصالات إدارية	√	√	√	غير مطبق

من المناطق الخضراء) يقدم معالجات عمرانية تحقق أثراً إيجابية على صحة السكان (النفسية والجسدية) في فترات تطبيق الإجراءات الاحترازية (Dümpelmann, 2020; UN-Habitat, 2021). لقد أدى انتشار فيروس كورونا إلى إبراز أهمية التصميم العمراني للحى، باعتباره عاملاً وقائياً، يساهم باستجابته الجيدة في الحد من المؤثرات السلبية على رفاهية الإنسان (UN-Habitat, 2021). إن المساهمة في احتواء التأثيرات السلبية للإجراءات على السكان يستدعي أن يتمتع الحى السكني بالاكتمال الذاتي، وأن يحتوي على جميع احتياجات السكان (المادية والنفسية)، بالإضافة إلى تسهيل الوصول الأمن لهذه الاحتياجات لجميع فئات الساكنين، ليتمكن من الاستجابة، وبمرونة كافية، لاحتياجات السكان ومتطلباتهم اليومية، وبالذات في أوقات الكوارث والأوبئة.

أظهر التحليل المكاني للحى الوادي مدى قصور تطبيق الاشتراطات والتشريعات العمرانية لتطوير الأحياء السكنية، وهو ما أثر على تحقيقها لمفهوم الاكتفاء الذاتي، ويمكن تصنيف أوجه القصور تلك ضمن ثلاث حالات أساسية، هي:

- **الحالة الأولى:** وجود مجموعة من الاشتراطات والتنظيمات المتوافقة مع متطلبات الاكتفاء الذاتي للحى السكني، وتم تطبيقها بشكل صحيح على أرض الواقع (مثل: تحديد نطاق الحى السكني من حيث المساحة ومسافة السير على الأقدام في حدود 2 كم × 2 كم⁴، وتوفير الخدمات الصحية والتعليمية والدينية داخل نطاق الحى السكني).
- **الحالة الثانية:** وجود مجموعة من الاشتراطات والتنظيمات المتوافقة مع متطلبات الاكتفاء الذاتي للحى السكني، مع إهمال تطبيقها على أرض الواقع، أو تطبيقها بشكل غير صحيح (مثل: شبكة متكاملة من ممرات المشاة، ونسبة الفراغات المفتوحة والجدران داخل الأحياء السكنية، ووجود الخدمات التجارية، وتوزيع الخدمات داخل نطاق مراكز الأحياء والمجاورات السكنية).
- **الحالة الثالثة:** وجود مجموعة من الاشتراطات والتنظيمات التي تتعارض مع متطلبات الاكتفاء الذاتي للحى السكني (مثل: تحديد نطاق الحى السكني من حيث عدد السكان، والكثافة السكنية، ونسب استخدامات الأراضي).

وسيتم فيما يلي عرض ومناقشة أوجه القصور في تطبيق الاشتراطات والتنظيمات، وأساليب تطبيقها بالطريقة الصحيحة على أرض الواقع، لضمان الوصول إلى التكامل بينها، بما يؤدي إلى الحد من التأثيرات السلبية لتطبيق الإجراءات الاحترازية أو تخفيف أثرها على السكان.

6.1.1. مراجعة تحديد نطاقات الأحياء السكنية

إن تحديد نطاق الحى السكني يعتمد، بشكل أساس، على مجموعة من البيانات المحددة لخصائصه (مثل: ماهية الخدمات المتوفرة في الحى، ومسافة الوصول إلى الخدمات سيراً على الأقدام، وعدد السكان في الحى، والكثافة السكانية). إن تحديد نطاق الأحياء السكنية عند تصميمها بما يمكن السكان من تلبية معظم الاحتياجات اليومية في غضون (15 دقيقة أو أقل) سيراً على الأقدام من مساكنهم؛ يعد من المعالجات العمرانية المهمة (UN-Habitat, 2021). ويتضح من خلال التحليل المكاني لمخطط الوادي، أن نطاق 15 دقيقة سيراً على الأقدام يتوافق مع تصميم الأحياء السكنية، ذات الأبعاد 2 كم × 2 كم، المقترح في مخطط دوكسيادس، وهو ما يجعل مسافات التنقل على الأقدام فيها تقع ضمن نطاق الأحياء السكنية المقبولة لتلبية احتياجات السكان اليومية (مثل: التسوق، والرعاية الصحية، والتواصل الاجتماعي، والتعليم، والأنشطة الرياضية والترفيهية) بشرط أن يتوفر فيها جميع الخدمات، وممرات المشاة المريحة والأمنة، والمساحات المفتوحة والمناطق الخضراء المتتابة.

أما في جانب تحديد نطاق الحى بناء على عدد السكان والكثافة السكنية؛ فقد أظهر التحليل المكاني للحى الوادي عدم تطبيق التشريعات والضوابط العمرانية في المملكة الخاصة بتحديد عدد السكان في المجاورة أو الحى السكني والذي يتراوح بين 3 آلاف - 15 ألف ساكن، في حين يبلغ عدد سكان الحى 54.7 ألف ساكن، وتبعاً لذلك فلن يتم تطبيق اشتراطات نسبة المناطق

الأحياء السكنية الصادرة عن وزارة الشؤون البلدية والقروية، التي تنص على أن تكون نسبة المناطق الخضراء (5.6 م/2 ساكن)، وأن لا تقل كامل مساحتها في الحى عن 5000 م². كما يتضح من التحليل المكاني للحى الوادي السكني، افتقاره بشكل كبير للممرات المخصصة للمشاة فيما عدا الشوارع التجارية بعرض 36 م وعرض 30 م والتي يتوفر فيها ممرات للمشاة، ولكنها تفتقر للمعالجات اللازمة لتوفير المستوى المطلوب من الراحة الحرارية، والحد من تأثير مناخ الرياض الحار الجاف، في حين يفتقر الحى بشكل كامل للممرات المخصصة للدراجات، الشكل رقم (5)، والتي يساهم توفرها في الربط بين مراكز المجاورات ومركز الحى، ومن ثم تمكين السكان من التنقل داخل الحى السكني من دون الحاجة إلى استخدام السيارة.

الشكل رقم (5): نماذج لحالات وجود ممرات المشاة والدراجات في شوارع الحى الوادي.



6. المناقشة والنتائج

أدت الحاجة إلى الحد من انتشار وباء كورونا (كوفيد-19)، إلى فرض مجموعة من الإجراءات الاحترازية (المشتملة على: الإغلاق الكلي أو الجزئي، والحجر الصحي، والسماح بالتجول في نطاق محدد، أو في ساعات محددة فقط). وظهر، مع تطبيق تلك الإجراءات، أهمية قدرة التصميم العمراني للحى، على تحقيق الاستجابة المطلوبة، وبمرونة كافية، للوفاء بمتطلبات السكان واحتياجاتهم في الظروف المصاحبة لتطبيق الإجراءات.

لقد اتضح أن الحاجة إلى قدرة التصميم العمراني للحى السكني على الاستجابة كانت أكبر في فترة تطبيق إجراءات الإغلاق الكلي، مع السماح للسكان فقط بالتجول داخل حدود حيزهم السكني، أو عند الإغلاق الجزئي خلال ساعات محددة من اليوم. وفيما يلي مناقشة الاستجابة العمرانية المطلوبة على مستوى الحى السكني للوفاء بمتطلبات السكان واحتياجاتهم في الظروف المصاحبة لتطبيق الإجراءات الاحترازية والعزل الكامل والجزئي لهذه الأحياء.

6.1. الحى السكني المكتفي ذاتياً؛

إن الأحياء السكنية مكتملة الخدمات، والمصممة بشكل جيد، تكون قادرة على الاستجابة وبمرونة كافية لمتطلبات السكان، في فترات تطبيق الإجراءات الاحترازية للحد من انتشار الأوبئة، ويمكنها احتواء التأثيرات السلبية للإجراءات على السكان، من خلال تمكينهم من تلبية جميع احتياجاتهم المعيشية اليومية محلياً، من دون تعريضهم لمخاطر انتقال الوباء. فالتصميم الجيد للحى السكني بما يتضمنه (من: تصميم للمساحات العامة، والشوارع الملائمة للمشاة، وممرات الدراجات، والشبكات المستمرة

⁴ تم تحديد نطاق الحى السكني 2 كم × 2 كم في الحى السكني محل الدراسة والأحياء السكنية المشابهة التي تم تصميمها على مخطط دوكسيادس. ومن ثم فإن تحديد نطاق الحى بما يتوافق مع إجراءات الحجر والإغلاق الكلي والجزئي قد يحتاج إلى إعادة النظر في بعض الأحياء الأخرى داخل مدينة الرياض.

استخدام أي فراغات داخلية مشتركة مع بقية السكان (الشكل رقم 6). كما يساهم بديل الشقق الحدائقية بإضافة حدائق بمساحة تصل إلى (17.8%) من صافي مساحة المجاورة السكني، وهو ما يساهم في الرفع من مستوى جودة الحياة من خلال تحقيق الاستدامة البيئية، وتعزيز الترابط الاجتماعي بين الجيران، وإتاحة الفرصة لمزاولة الرياضة (باهمام وحيدر، 2021)، بالإضافة إلى التقليل من تأثيرات الإغلاق الصحي والتقليل من انتشار الفيروس في حالة تطبيق الإجراءات الاحترازية.



المصدر: علي باهمام وعصام حيدر. (2021). رفع الكثافة السكنية للحد من التمدد الأفقي لمدينة الرياض مع تحقيق احتياجات الأسر. مجلة العمارة والتخطيط، 33(4)، ص 371-403.

6.1.4. المناطق متعددة الاستخدامات والأنشطة

سلطت جائحة كورونا (كوفيد-19) الضوء على البنية التحتية الاجتماعية وأهميتها من أجل المرونة المجتمعية والاجتماعية (UN-Habitat, 2021)، ويعبر مصطلح البنية التحتية الاجتماعية عن مجموعة الأماكن والمساحات والمرافق المجتمعية، بما في ذلك مراكز الأحياء والمجمعات، وقد تشمل كلاً (من: أماكن الاجتماعات، والملاعب الرياضية، ومكتبات رياض الأطفال، ومراكز المسنين، والمراكز الصحية، والمراكز التجارية). وغالباً ما تلعب، هذه الأصول المجتمعية، أدواراً رئيسية ومتعددة، تساهم في بناء هوية المجتمع وتماسكه الاجتماعي، وهو ما يساعد على تعزيز مرونة المجتمع في أوقات الكوارث (AHURI, 2020).

تفتقد أحياء مدينة الرياض إلى البنية التحتية الاجتماعية، وإذا وجدت فإنها لا تقع ضمن مسافة قريبة من السكان، وهو ما يجعل الوصول إليها صعباً في ظل قيود الإجراءات الاحترازية المفروضة للحد من انتشار الوباء. وقد حث برنامج مستقبل المدن السعودية في تقريره عن الرؤية العمرانية الشاملة لمدينة الرياض في العام 2019، على ضرورة أن تطور مدينة الرياض شبكة من الفراغات الحضرية الخضراء المفتوحة، وتوفير فراغات للمشاركة الاجتماعية والأنشطة الترفيهية (وزارة الشؤون البلدية والقروية، 2019). إن إيجاد بيئة حضرية مفتوحة وصحية تشجع على التفاعلات الاجتماعية سيعالج النقص الكبير الذي تعاني منه المدينة في الفراغات العامة والخضراء، والتي تبلغ نسبتها (1.18م/2 للفرد) فقط، لتقترب من المعدلات العالمية بنسبة (9 م/2 للفرد). كما يمكن تحسين جودة الحياة في الأحياء السكنية في الرياض عن طريق تحويل مجموعة مختارة من الأراضي البيضاء إلى أنواع مختلفة من المساحات المفتوحة.

6.1.5. توفير بدائل مختلفة للتنقل داخل الحي

إن خطر الجائحة يدفع إلى التفكير في تصميم شوارع أكثر مرونة، مع القدرة أيضاً على دعم التباعد الاجتماعي عند الحاجة، ويعتبر توفير مساحة أكبر لأرصفت المشاة أحد الحلول المحتملة. كما يمكن أن تشجع مسارات الدراجات والمشى النقل النشط (أي التنقل إلى العمل والوجهات الأخرى سيراً على الأقدام أو بالدراجة) (Bereitschaft and Scheller, 2020). وللأسف فقد نُفذت الغالبية العظمى من الأحياء السكنية في مدينة الرياض بأسلوب يؤدي إلى الاعتماد الكلي على السيارة في التنقل، فقد أهملت بدائل التنقل بالمشي أو بغيره من الوسائل، وهو ما جعل التنقل مشياً على الأقدام داخل الأحياء صعباً، ولا يمكن إلا بمشقة بالغة. وتشير الدلائل الأولية إلى أن التحسينات على البنية التحتية للمشى والنقل، عن طريق توفير وسائل بديلة للسيارات (مثل: المشي، وركوب الدراجات)، يمكن أن يقلل من معدلات العدوى، حيث توفر مزيداً من الرحلات المتفرقة، مع الفصل الطبيعي بين المستخدمين. كما أن إغلاق بعض الشوارع المخصصة للسيارات وتحويلها إلى مسارات للمشى أو للدراجات، يعد إحدى الاستراتيجيات التي يمكن استخدامها لتشجيع السكان على ترك سياراتهم في المنزل. ولكن يتناسب ذلك طردياً مع توفر شبكات متكاملة وأمنة من الممرات تمكن السكان من

الخضراء الصادرة عن وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان والتي تنص على تطوير مساحات خضراء بمعدل 5.6م/2 ساكن، والتي هي في الأساس لا تتوافق مع المتطلبات العالمية لنسبة المناطق الخضراء في الحي السكني والتي تمثل 9م/2 ساكن.

6.1.2. مرونة التصميم العمراني للحي السكني وقدرته على الاستجابة والتكيف

إن استجابة التصميم العمراني للحي، وقدرته على التكيف مع المتغيرات بمرونة كافية؛ من المفاهيم التي برزت أهميتها بشكل واضح خلال فترة تطبيق إجراءات الحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19). فإعادة تخصيص الأماكن العامة، على سبيل المثال، وتكييفها بسرعة لدعم خدمات الطوارئ، (من خلال إنشاء المستشفيات المؤقتة، أو مراكز العزل، أو التطعيم، أو المستودعات، أو غيرها من المرافق)، تعد من الاستجابات المكانية الفورية التي ساهمت في الحد من التأثيرات السلبية للجائحة (Jeffery, 2020). لذا يتعين مراعاة أن تحقق نسب استخدامات الأراضي في الحي السكني، وقدرة عناصره وفراغاته العمرانية على التكيف والاستجابة لاستيعاب استعمالات متعددة، مع المرونة الكافية في الاستخدام وإعادة الاستخدام لتبلي مختلف المتغيرات.

يشكل الاستعمال السكني النسبة الأكبر في الأحياء السكنية في المملكة العربية السعودية، بنسبة تتراوح بين (60%-70%) (أمانة محافظة جدة، 2019). تمكن هذه النسبة الكبيرة من توفير عدد أكبر من المساكن، لتلبية الطلب المتزايد عليها، إلا أن ذلك يؤدي بالمقابل إلى نقص في نسب الاستعمالات الأخرى، اللازمة لتوفير ما يكفي من المناطق المفتوحة والخدمات العامة داخل الأحياء السكنية، والذي ينعكس، من ثم، سلباً على جودة الحي، وعلى قدرته للاستجابة والتكيف بمرونة لاستيعاب المتغيرات المستجدة. فمباني المدارس الموجودة داخل الأحياء السكنية تعد، على سبيل المثال، من المباني التي يمكن استغلالها عند حدوث الجوائح. وقد تم بالفعل استغلالها لمعالجة مشكلة الاكتظاظ، أثناء حملة تصحيح سكن العمالة في جميع أنحاء المملكة، حيث تم تسكين العمالة في المدارس، بشكل مؤقت، لحين حل مشكلة الاكتظاظ في مساكنهم الدائمة (وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، 2021). لذلك فإن اعتماد تطوير الأحياء السكنية وفقاً لمتطلبات مرنة ومتكيفة، سيضمن توفير مخزون كافٍ (من: المباني العامة، والملاعب، والحدائق، والمساحات)، التي يمكن إعادة توظيفها لتكون (مراكز عزل، أو أماكن لتلقي العلاج، أو السكن المؤقت، أو غيرها من الوظائف) أثناء فترات الجوائح والأزمات.

6.1.3. رفع الكثافة السكنية وتنظيمها داخل الحي السكني

لم تثبت أي علاقة بين معدلات الكثافة ومعدلات انتشار العدوى. فانخفاض الكثافة، في حد ذاته، ليس عاملاً وقائياً ضد الوباء، ولكن الوصول بشكل أفضل إلى الخدمات وهياكل الدعم الضرورية للاستجابة لكوفيد-19، يتأثر غالباً بمعدلات الكثافة. حيث تختلف الكثافة، المدارة بشكل جيد، اختلافاً كبيراً عن الاكتظاظ، لذلك يوصي موئل الأمم المتحدة بأن يكون الحد الأدنى للكثافة السكانية (150 شخص/هكتار)، لتعزيز الكثافة السكانية داخل الأحياء السكنية، والحد من الزحف العمراني (UN-Habitat, 2021). إن سكان الضواحي والأحياء منخفضة الكثافة، يضطرون عادةً إلى استخدام السيارة للوصول إلى الخدمات الرئيسية لتلبية احتياجاتهم اليومية (المشتتة على: الأسواق، ومكاتب البريد، والمدارس، والمستوصفات، والمكاتب، والمرافق الترفيهية، والأماكن المفتوحة) على مستوى القطاع السكني الذي يضم مجموعة من الأحياء، والتي تعج غالباً، خصوصاً خلال ساعات الذروة، بمئات المتسوقين، وهو ما يجعل هذه المنافذ مثل "طبق تكاثر الفيروسات Petri Dish"، في حين تتوفر الخدمات المماثلة ضمن نطاق الحي ذي الكثافة المرتفعة (UN-Habitat, 2021).

توجد بدائل لمساكن يمكن أن تساهم في رفع الكثافة السكنية وتنظيمها في الأحياء السكنية (مثل: مسكن حافة الأرض، والمساكن المصقوفة، والشقق الحدائقية). وتساهم هذه البدائل في رفع الكثافة بمعدلات تتراوح بين (35.8 – 41.5 وحدة سكنية/هكتار). في حين أن بديل الشقق الحدائقية، يتميز بتوفر مدخل مستقل ومباشر على الخارج لكل شقة، من دون الحاجة إلى

أ.د. باهمام أستاذ العمارة والإسكان في قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، سعودي الجنسية. متخصص في مجال الإسكان وتحسين جودة البيئة العمرانية. وله أكثر من ثلاثين بحث في تبسيّر واستدامة الإسكان والتحسين من جودة البيئة المبنية منشورة في مجلات ومؤتمرات علمية محكمة، وخمسة عشر كتاب، بالإضافة إلى عدد من الدراسات الاستشارية في مجال التخصص. عمل مستشار لعدد من المؤسسات الحكومية والخاصة في مجال الإسكان والإسكان الميسر. حاصل على جائزة مؤتمر الإسكان العربي، وجائزة مجلس التعاون في مجال الإسكان.

المراجع

- أمانة محافظة جدة. (2019). *أنظمة وضوابط واشتراطات البناء بمناطق الاستثمارات بالمخطط المحلي*. المملكة العربية السعودية، جدة: أمانة محافظة جدة.
- أمانة منطقة الرياض. (2021). *البوابة المكانية لمدينة الرياض*. متوفر بموقع: <https://mapservice.alriyadh.gov.sa/geoportal/geomap> (تاريخ الاسترجاع: 2021/01/17).
- باهمام، علي وحيدر، عصام. (2021). رفع الكثافة السكنية للحد من التمدد الأفقي لمدينة الرياض مع تحقيق احتياجات الأسر. *مجلة العمارة والتخطيط*, 33(4), 371-403.
- صحتي. (2022). *إحصائية الحالات اليومية للإصابات بفيروس كورونا في مدينة الرياض*. متوفر بموقع: <https://sehhty.com/sa-covid1> (تاريخ الاسترجاع: 2022/03/31).
- المسند، مساعد. (2018). *تقوم مدى ملائمة الأحياء السكنية في مدينة الرياض لمفهوم المدن الصديقة للأطفال*. *مجلة العمارة والتخطيط*, 30(2), 165-94.
- الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. (1997). *الأنظمة والتشريعات الحالية ونظم إدارة العمران*، المجلد 18، المخطط الاستراتيجي الشامل لمدينة الرياض. المملكة العربية السعودية، الرياض: بوابة الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض.
- الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. (2016). *أبرز المؤشرات الخاصة بميزان العرض والطلب الإسكاني بمدينة الرياض*. المملكة العربية السعودية، الرياض: بوابة الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان. (2021). *حزمة من المبادرات بقيادة وزارة الشؤون البلدية لتخفيف تجمعات العمالة*. متوفر بموقع: <https://www.momra.gov.sa/ar/news/3566> (تاريخ الاسترجاع: 2021/06/16).
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2005). *دليل تخطيط مراكز الأحياء والمجاورات السكنية*. المملكة العربية السعودية، الرياض: وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2019). *برنامج مستقبل المدن السعودية الرؤية العمرانية الشاملة لمدينة الرياض*. المملكة العربية السعودية، الرياض: وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان.
- وزارة الصحة. (2020). *تجربة المملكة العربية السعودية في الاستعداد والاستجابة الصحية لجائحة كوفيد-19*. المملكة العربية السعودية، الرياض: وزارة الصحة.
- Addas, A. and Maghrabi, A. (2020). A proposed planning concept for public open space provision in Saudi Arabia: A study of three Saudi cities. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17(16), 5970. Doi: 10.3390/ijerph17165970
- Ahrens, K.F., Neumann, R.J., Brokelmann, J., Werthern, N.M., Malyschau, A., Weichert, D., Lutz, B., Fiebach, C.J., Wessa, M., Kalisch, R., Plichta, M.M., Lieb, K., Tüscher, O. and Reif, A. (2021). Impact of COVID-19 lockdown on mental health in Germany: longitudinal observation of different mental health trajectories and protective factors. *Transl Psychiatry*, 11(1), 392. DOI: 10.1038/s41398-021-01508-2
- AHURI. (2020). *What has COVID-19 Revealed about the Liveability of our Homes and Neighborhoods?* Available at: <https://www.lawinsider.com/dictionary/residential-neighborhoods>. (accessed on 10/06/2020).
- Al Musind, M.A. (2018). Taqwim madaa mulayimat al'ahya' alsakanat fi madinat alriyad limafhum al mudun alsadiqat lil'atfali 'Evaluating the relevance of residential neighborhoods in the city of Riyadh to the concept of child-friendly cities'. *Journal of Architecture and Planning*, 30(2), 165-94. [in Arabic]
- Alahmari, A.A., Khan, A.A., Elganainy, A., Almohammadi, E.L., Hakawi, A.M., Assiri, A.M. and Jokhdar, H.A. (2021). Epidemiological and clinical features of COVID-19 patients in Saudi Arabia. *Journal of Infection and Public Health*, 14(4), 437-43. DOI: 10.1016/j.jiph.2021.01.003
- Bahammam, A.S. and Haidar, E.A. (2021). Rafe alkathafat alsakanat lilhadi min altamadud al'ufuqi limadinat alriyad mae tahqiq ahtiajat al'asra 'Raising the housing density to reduce the horizontal expansion of the city of Riyadh while fulfilling the needs of families'. *Journal of Architecture and Planning*, 33(4), 371-403. [in Arabic]
- Bahammam, A.S. (1995). Accommodating pedestrians in contemporary residential neighborhoods: Riyadh, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University*, 7(Arch. & Plan.), 3-30.

المشي للوصول إلى الخدمات وتلبية احتياجاتهم الأساسية على مسافات قصيرة من مساكنهم (Bereitschaft and Scheller, 2020; UN-Habitat, 2021).

7. الخاتمة والتوصيات

هدفت هذه الدراسة إلى الاستفادة من تجارب السكان ومعاييرهم، خلال تطبيق الإجراءات الاحترازية؛ للرفع من جودة الأحياء السكنية في مدينة الرياض، بشكل عام، والتقليل من الآثار السلبية لأي إجراءات احترازية مستقبلية على السكان. ولتحقيق ذلك تم ما يلي: حصر الإجراءات الاحترازية المتخذة للحد من انتشار فيروس كورونا (كوفيد-19) في مدينة الرياض، وفترات اتخاذها، ورصد ردود الأفعال على تطبيق الإجراءات، ومراجعتها، وتحديد الآثار السلبية المترتبة عن تطبيقها على السكان في مساكنهم وأحيائهم السكنية، والتعرف إلى الإشكالات العمرانية المتسببة في عدم استيعاب أنشطة السكان واحتياجاتهم خلال فترات تطبيق الإجراءات الاحترازية. وقد عرضت الدراسة مجموعة من الإجراءات التطبيقية، الهادفة إلى تحسين جودة الأحياء السكنية في مدينة الرياض. ولضمان أن تحقق الإجراءات أهدافها من دون أي تأثيرات سلبية، عند الحاجة إلى تطبيق أي إجراءات احترازية مستقبلية، توصي الدراسة بما يلي:

- إجراء مسح لجميع الأحياء السكنية في مدينة الرياض، وتصنيفها بحسب خصائصها التالية: (نطاق الحي السكني، وعدد السكان، والكثافة السكانية، ومدى توفر ممرات المشاة الملائمة، ومدى توافر الخدمات والمناطق المفتوحة والحدائق في مراكز الأحياء والمجاورات السكنية).
- إعادة تصميم مراكز الأحياء السكنية، لتكون مراكز حضرية شاملة على جميع مباني الخدمات، ومتصلة بشبكة متدرجة من الفراغات العامة والمفتوحة، وبمساحات تتوافق مع النسب المرجعية العالمية.
- إيجاد شبكة من ممرات المشاة المتكاملة، والتي تربط بين مناطق الخدمات والفراغات المفتوحة والحدائق داخل الحي السكني، مع العناية بأن تكون أرصفة المشاة عريضة، وخالية من الحواجز والمعوقات، مع زيادة التنوع البصري المحيط بها، وتوفير حماية لمستخدميها من التأثيرات المناخية، وبخاصة في فصل الصيف.
- تحديد مداخل رئيسة للأحياء السكنية، وإعادة تصميم شوارع تلك الأحياء بما يؤدي إلى الحد من هيمنة السيارات، ويقلل من سرعتها، ويغني ممرها العابر وسط الحي، مع زيادة مرونة الشوارع لتمكين راكبي الدراجات من استخدامها.
- إعداد خطة طوارئ تشغيلية تسهل استجابة الحي السكني وعناصره بسرعة ومرونة كافية لمواجهة أي طارئ مستقبلي مشابه لجائحة كورونا (كوفيد-19)، وتساهم في تنظيم عملية استخدام المباني العامة، والفراغات المفتوحة، وأساليب إيصال الإمدادات الغذائية والدوائية للأحياء السكنية، وبالذات التي يفرض عليها الحظر الجزئي أو الكلي.

نبذة عن المؤلفين

عصام بن عبدالوهاب بن أحمد حيدر

قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، 00966559851202. mohessam2004@gmail.com. ehaidar@ksu.edu.sa

د حيدر باحث في قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، يمني الجنسية. متخصص في مجال العمارة والإسكان، له العديد من الأبحاث في الإسكان الميسر والمستدام منشورة في مجلات أو مؤتمرات علمية محكمة في مجال تبسيّر الإسكان واستدامته على مستوى تطوير الأحياء السكنية وتصميم الوحدات السكنية، مهتم باستخدام تقنية الواقع الافتراضي والواقع المعزز في تدريس مقررات التصميم المعماري. شارك في العديد من اللجان العلمية والإدارية على مستوى القسم والكلية، كما شارك في عضوية اللجنة الفنية للكود السعودي للمباني السكنية.

علي بن سالم بن عمر باهمام

قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، 00966505413278. alibahammam@yahoo.com. bahammam@ksu.edu.sa

- Demand Balance in Riyadh'. Saudi Arabia, Riyadh: The Portal of the High Commission for the Development of Riyadh. [in Arabic]
- UN-Habitat. (2021). *Cities and Pandemics: Towards a More Just, Green and Healthy Future*. Available at <https://unhabitat.org/cities-and-pandemics-towards-a-more-just-green-and-healthy-future-0> (accessed on 10/06/2020).
- Bereitschaft, B. and Scheller, D. (2020). How might the COVID-19 pandemic affect 21st century urban design, planning, and development? *Urban Sci.* 2020, 4(4), 56. DOI: 10.3390/urbansci4040056
- Bloomberg City Lab. (2020). *Pandemics are also an Urban Planning Problem*. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-06/how-the-coronavirus-could-change-city-planning> (accessed on 10/06/2020).
- CNU. (2021). *Defining the 15-minute City*. Available at: <https://www.cnu.org/publicsquare/2021/02/08/defining-15-minute-city> (accessed on 10/08/2021).
- Dümpelmann, S. (2020). *Parks and Trees are Public Health Measures*. Penn Institute for urban research. Available at: <https://pennur.upenn.edu/publications/parks-and-trees-are-still-public-health-measures/> (accessed on 10/06/2020).
- Jeddah Municipality. (2019). Anzimat Wadawabit Waishtiratat Albina Bimanatiq Alaistiemat Bialmukhatat Almahaliyi 'Building Regulations, Controls, and Requirements for Use Areas in the Local Plan'. Saudi Arabia, Jeddah: Jeddah Municipality. [in Arabic]
- Jeffery, A. (2020). *Photos of Field Hospitals Set Up around the World to Treat Coronavirus Patients*. Available at: <https://www.cnn.com/2020/04/03/photos-of-field-hospitals-set-up-around-the-world-to-treat-coronaviruspatients.html> (accessed on: 10/08/2021).
- Ministry of Health. (2020). *Tajribat Almamlakat Alearabiat Alsueudiat fi Aliastiedad Waliastijabat Alsihiyat Lijayihat Kufid-19* 'Saudi Arabia's Experience in Health Preparedness and Response to COVID-19 Pandemic'. Saudi Arabia: Ministry of Health. [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (2019). *Alruwyat Aleumraniat Alshaamilat Limadinat Alriyad* 'A Comprehensive Urban Vision for the City of Riyadh'. Saudi Arabia: Ministry of Municipal and Rural Affairs and Housing (MOMRHH). [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs and Housing. (2021). *Huzmat Min Almubadarat Biqiyadat Wizarat Alshuwuwn Albaladiat Litakhfif Tajamueat Aleamalat* 'A Package of Initiatives Led by the Ministry of Municipal Affairs to Ease Labor Gatherings'. Available at: <https://www.momra.gov.sa/ar/news/3566> (accessed on 16/06/2021). [in Arabic]
- Ministry of Municipal and Rural Affairs. (2005). *Dalil Takhtit Marakiz Al'ahya' Walmujawarat Alsakania* 'Guide for Planning Residential Neighborhoods Centers'. Saudi Arabia, Riyadh: Ministry of Municipal and Rural Affairs and Housing (MOMRHH). [in Arabic]
- Muggah, R. (2020). Urban governance: Cities in a time of COVID-19. Chapter 3. *In Challenges and Opportunities in the Post-COVID-19 World. Insight Report*. Pages (16–19). Switzerland: World Economic Forum.
- Park, Y. and Rogers, G.O. (2015). Neighborhood planning theory, guidelines, and research: Can area, population, and boundary guide conceptual framing? *Journal of Planning Literature* 2015, 30(1), 18–36. DOI: 10.1177/0885412214549422
- Pouso, S., Borja, Á., Fleming, L., Gómez-Baggethun, E., White, M. and Uyarra, M. (2021). Contact with blue-green spaces during the COVID-19 pandemic lockdown beneficial for mental health. *Science of The Total Environment*, 756(n/a), 143984.
- Riyadh Municipality. (2021). *Albawaabat Almakaniat Limadinat Alrayad* 'The Spatial gate of the City of Riyadh'. Available at: <https://www.lawinsider.com/dictionary/residential-neighborhoods>. (accessed on 17/01/2021). [in Arabic]
- Sehhty. (2022). *'Ihsayiyat Alhalat Alyawmiat Lil'isabat Bifayrus Kuruna Fi Madinat Alrayad* 'Statistics of Daily Cases of Infection with the Corona Virus in the City of Riyadh'. Available at: <https://sehhty.com/sa-covid1/>. (accessed on 31/03/2022). [in Arabic]
- Singh, S., Roy, D., Sinha, K., Parveen, S., Sharma, G. and Joshi, G. (2020). Impact of COVID-19 and lockdown on mental health of children and adolescents: A narrative review with recommendations. *Psychiatry Research*, 293(n/a), 113429. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.113429
- The City Fix. (2020). *How Will COVID-19 Affect Urban Planning?* Available at: <https://thecityfix.com/blog/will-covid-19-affect-urban-planning-roger-van-den-berg/> (accessed on 10/06/2020).
- The High Commission for the Development of Riyadh. (1997). *Al'anzimat Waltashriat Alhalat Wanuzam 'idarat Aleumrani, Almujalad 18, Almukhatat Alastiratiyu Alshaamil Limadinat Alriyad* 'Current regulations, legislation and urban management systems, volume 18, the comprehensive strategic plan for the city of Riyadh'. Saudi Arabia, Riyadh: The portal of the High Commission for the Development of Riyadh. [in Arabic]
- The High Commission for the Development of Riyadh. (2016). *'Abraz Almuashirat Alkhasat Bimizan Aleard Waltalab Alaikaniy Bimadinat Alriyad* 'The Most Prominent Indicators of the Housing Supply and



إرشادات التسليم (المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل)

Submission Guidelines (The Scientific Journal of King Faisal University)

1. General Information

- The Journal publishes in English and Arabic.
- There are no submission or publication fees.
- It takes up to 100 days from submission to publication.
- Manuscripts must be submitted to the appropriate managing editor:
 - **The Managing Editor of Basic and Applied Sciences:** secretary-b@kfu.edu.sa. The associate editor will check if the author has followed the Submission Instructions. If not, the manuscript will be sent back to the author. If the instructions are followed, the associate editor will create an account and send the author the username and password to log in using our online submission system (ScholarOne): <https://mc04.manuscriptcentral.com/sjkfub>.
 - **The Managing Editor of Humanities and Management Sciences (educational manuscripts only):** sjkfu-assed@kfu.edu.sa. The associate editor will check if the author has followed the Submission Instructions. If not, the manuscript will be returned to the author. If followed, the associate editor will create an account and send the author the username and password to log in using our online submission system (ScholarOne): <https://mc04.manuscriptcentral.com/sjkfuh>.
 - **The Managing Editor of Humanities and Management Sciences (non-educational manuscripts):** sjkfu-hm@kfu.edu.sa. The associate editor will check if the author has followed the Submission Instructions. If not, the manuscript will be returned to the author. If followed, the associate editor will create an account and send the author the username and password to log in using our online submission system (ScholarOne): <https://mc04.manuscriptcentral.com/sjkfuh>.

2. Pre-Submission Guidelines

- **Content:** Authors must ensure a clearly articulated academic contribution to the field, clarity of abstracts, quality of and conformity to the stated aims and scope of the Journal and readability of their manuscripts.
- **Manuscript Word Limit:** Manuscripts must not exceed 8,000 words, considering all inclusions (e.g. references, tables, figures).
- **Abstract Word Limit:** Abstracts must not exceed 200 words.
- **Title Word Limit:** Manuscript titles must not exceed 15 words.
- **Keyword Limit:** Keywords must not exceed six words and must not be used in the manuscript title.
- **Number of Tables and Figures:** Tables, figures, abbreviations and footnotes must be kept to a minimum. Tables and figures must not exceed six, each.
- **Reference Limit:** There must be no more than 40 references unless the manuscript is a review article or equivalent.
- **Quotations:** A quotation must not exceed 50 words. Longer quotations required due to the nature of the academic field must be justified in the cover letter.
- **Appendixes:** Appendixes are not allowed. If readers would like to access appendixes, they can reach out to corresponding authors.
- **Linguistic Quality:** Manuscripts must be written at an acceptable language level.
- **Plagiarism:** The Journal maintains a strict plagiarism policy.
- **Reviewers:** Authors must suggest five reviewers, who are specialised in the field of the manuscript, are not affiliated with authors' institutions, are at least associate professors and have not worked on joint projects with authors. Reviewers' names, phone numbers, email addresses, academic field, academic rank and institutions must be provided.
- **Documents Required:** Title page (with author details) and main document (without author details):
 - **Title Page:** It must consist of the following: the manuscript title, author details, minor and major field of the topic, 80-word bio and acknowledgements (optional). Below are explanations of how the author details and bio are written.
 - **Main Manuscript:** It must be submitted in MSWord format. It must consist of the following: manuscript title, abstract, keywords, main body and references.

- **Author Details:** Author details must be included in the following order: full name, department, college, university, city and country (or the equivalent). In the absence of an employer, one may write 'Independent Researcher'. Ranks (e.g. Dr and Prof.) must not be included. A star '*' should be placed next to the corresponding author's name. Below is an example:

Abdulrahman Essa Al Lily*
Department of Curriculum and Teaching Methods, College of Education, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

- **Bio:** The bio must be in the following format: the author's name, under which is written the author's department, college, university, city, country (or equivalent), the author's contact number and email address, under which is written an 80-word description of the author. Author's names and affiliations are not part of the 80-word count. If the author has an ORCID number or personal website, this can be included at the end of the description. Below is an example:

Abdulrahman Essa Al Lily
Department of Curriculum and Teaching Methods, College of Education, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, 00966000000000. sjkfu@kfu.edu.sa
Prof. Al Lily is an Oxford graduate, Saudi professor, a dean of research, former national-centre director, editor-in-chief (Scopes) and bestselling author (Amazon). He has coined 4 theories (e.g. 'Multiple Stupidities', 'Retroactivism' and 'On-the-Go Sourcing') and 3 notions ('Crowd-Authoring', 'Crowd-Reflecting' and 'Door-Knocking'). His work is translated into 7 languages (including Spanish, Filipino, Indonesian, Chinese and Italian). His interviews is in 5 languages (including French, Spanish and German). He has published 24 ISI/Scopus-indexed articles with the globally largest publishers (Elsevier, Springer, Taylor & Francis, Wiley, SAGE, Cogent, Palgrave, Nature Research & Oxford). His work is cited by 35 countries (including Hungary, Serbia, Russia, Peru, Korea, Colombia, Switzerland, Netherlands, Sweden, Finland and Latvia) in 6 languages (including Turkish and Lithuanian). He has worked as a consultant for such institutions as Wikipedia and the University of Hanover. He worked during the summer in New Zealand and Italy. He has participated in conferences in Singapore, Greece, Spain, US, Japan & Bulgaria.
ORCID: 0000-0002-5116-422X. Website: <https://abdulalily.wordpress.com/>

3. Post-Reviewing Guidelines

- **Page Settings:** Page size is A4. Margins are 2.5 cm, each side. Any standard font is acceptable.
- **Headings:** There must be no more than three levels of headings. The first level of headings must be numbered: 1., 2., 3., etc. The second level of headings must be numbered: 1.1., 1.2., 1.3., etc. The third level of headings must be numbered: 1.1.1., 1.1.2., 1.1.3., etc. The headings for abstracts, bios and references must not be numbered.
- **Tables and Figures:** Captions must be above tables and figures. In the body, 'see above' or 'see below' must not be used. Instead, use 'see Table 1' or 'see Figure 1'.
- **Measuring Units:** In the case of using local measuring units in the manuscript, the equivalent of international units must be included. Scientific rather than provincial terms must be used. Currencies must be in U.S. dollars.
- **Footnotes:** Footnotes must be kept to a minimum. They must be referred to in the text in uppercase numbers. Footnotes must appear at the bottom of the page on which they are introduced.
- **References:** Authors must follow the APA style of referencing. References must be arranged alphabetically. The reference list must not be numbered. Non-English references must be "romanised" into English.
- **Digital Object Identifier (DOI):** If a reference has a DOI, it must be included.

Proofreading Certificates: Once accepted, manuscripts must be sent by authors to an accredited proofreading company. A proofreading certificate must be submitted to the Journal. A suggested company is: proofreadmyessay.co.uk

- Submission Guidelines, the Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences and Basic and Applied Sciences, 9th edition, 03/06/2022

بالورقة لا يعني أن عدد الأشكال يمكن أن يزيد عن (6). يجب ألا يزيد عدد السطور عن 20 وعدد الأعمدة عن 7 في كل جدول من الجداول.

• **الجودة اللغوية:** يجب أن يكون البحث مكتوباً بمستوى لغوي صحيح مقبول. كما يجب على المؤلف الضغط على أيقونة "المراجعة اللغوية" في ملف الورد للتأكد من عدم وجود أخطاء لغوية.

• **عدد المراجع:** يجب ألا يزيد عدد المراجع عن 40 مرجعاً (إلا في حالة كون الورقة "مراجعة أدبية").

• **الاقتباس:** يجب أن تكون نسبة الاقتباس غير المشروع 0%.

• يسري ذلك على نوعي الاقتباس: الاقتباس الذاتي و الاقتباس من الآخرين. ويقصد بالاقتباس الذاتي أن ينقل الباحث من عمل آخر له قام بنشره من قبل دون أن يشير إلى النقل.

• يستثنى من الاقتباس غير المشروع تلك العبارات والجمل المتداولة التي لا تمثل انتهاكاً لحقوق الآخرين، ولا تطعن في الأصالة العلمية؛ مثل عبارة:

والجدول يوضح معاملات متغيرات الدراسة التي وضعت في قائمة الاستقصاء التي اعتمد عليها الباحث في جميع البيانات الأولية.

• في حالة الاقتباس الحرفي ولجعل الاقتباس مشروعاً، فيجب ألا يزيد عن 30 كلمة، وتوضع في علامة تنصيص، ويذكر اسم المرجع ورقم الصفحة. مثال على ذلك:

ويجدر الإشارة إلى أنه "يعد التعليم عن بعد في زمن الكورونا مختلفاً بشكل أساسي وجوهري عن "التعليم عن بعد" التقليدي من عدة أوجه، أولها كونه مفاجئاً وغير مخطط له مسبقاً" (العلي، 2020: 15).

• غير مسموح بالاقتباس الحرفي إلا في حالة الضرورة القصوى والمبررة؛ حيث مفترض من المؤلف أن **يحدد** صياغة أي اقتباس بأسلوبه الشخصي.

• في حالة كون أن طبيعة التخصص تتطلب اقتباسات مطولة، فيجب تبرير ذلك في الخطاب الموجه للمجلة أثناء التسليم.

• **العبارات غير الأكاديمية:** يجب أن تكون اللغة المكتوبة بها الورقة لغة علمية أكاديمية مباشرة تتبعد عن الإسهاب الذي لا علاقة له بالورقة من الناحية العلمية، وأيضاً تتبعد عن تكرار الجمل والمعاني المعلومة بالضرورة؛ ومن الأمثلة على ذلك ما يرد في مقدمة البحث وخاتمته لدى بعض الباحثين: (فإن أكن أصبت فمن الله وحده وله المنة على ذلك، وإن تكن الثانية فمن نفسي ومن الشيطان، والله الهادي إلى سواء السبيل..). (أحمد الله أن أعانني ويسر لي إتمام هذا البحث بعدما لاقيت فيه من عناء وجهد طيلة شهور متتالية، فإن أصبت فإمساك بمعروف، وإن تكن الأخرى ففسر بياحسان..). (حفظه الله ورعاه وسدد على طريق الخير خطاه..). (رحمه الله وطيب ثراه..). ونحو ذلك، ويستثنى من ذلك ما يتعلق بالأنبياء والمرسلين: (صلى الله عليه وسلم)، (عليه السلام).

• **المرفقات/الملاحق:** ألا تتضمن الورقة مرفقات، وفي حال ضرورة المرفقات فإنها توضع في المتن، أو يتم وضع رابط للمرفقات على الإنترنت (يتم تزويد المحقق فقط في حالة طلب المحكمين لها).

3. إجراءات يطلب من المؤلف عملها فقط بعد صدور قرار المحكمين

• **مقاس الصفحة:** يكون مقاس الصفحة A4، على عمود واحد، الهوامش 2.5 سم من جميع الجهات، ويكون نوع الخط من الخطوط الدارج استخدامها، ويكون حجم الخط مقبولا.

• **جودة اللغة:** يجب التأكد من الخلو التام من وجود أي ملاحظات لغوية.

• **العناوين:**

• لا يزيد عدد مستويات العناوين عن ثلاثة. أي يسمح فقط بعناوين أساسية، وفرعية وفرعية فرعية فقط. أي كون هناك عناوين فرعية فرعية فرعية غير مسموح لتجاوزها ثلاثة مستويات. الأساسية والفرعية. يجب ترقيمها كالتالي: 1، 2، 3، وتحت 1. يكون 1.1، 1.2، 1.3، وتحت 1.1 يكون 1.1.1، 1.1.2، 1.1.3، وهكذا. يجب ألا يتم ترقيم عنوان الملخص،

• **الملف الثاني تحت عنوان "ملف البحث" (Main Document):** تتبع المجلة سياسة التحكم المزدوج مجهول الهوية، وعليه يجب على المؤلف عدم تضمين ما يكشف هويته في "ملف البحث"، حيث أن "ملف البحث" سيرسل كما هو للمحكمين. يجب ترتيب الملف كالتالي:

- عنوان الورقة بالعربي (غير مطلوب إذا كانت الورقة باللغة الإنجليزية).
- ملخص الورقة بالعربي (غير مطلوب إذا كانت الورقة باللغة الإنجليزية).
- الكلمات المفتاحية بالعربي (غير مطلوب إذا كانت الورقة باللغة الإنجليزية).
- عنوان الورقة بالإنجليزي.
- ملخص البحث بالإنجليزي.
- الكلمات المفتاحية بالإنجليزي.
- مضمون البحث.
- المراجع.

• **"نبذة عن المؤلف":** يجب تزويد نبذة عن كل مشارك في البحث. تتضمن النبذة الاسم، ثم أذناه اسم القسم، الكلية، الجامعة، المدينة، الدولة (أو ما يوازيه)، رقم الواتساب مع فتح الخط الدولي، البريد الإلكتروني، ثم أذناه نبذة عن الباحث (من 80 كلمة لكل باحث، علماً أن اسم الباحث و مكان العمل لا يحسب من هذه الـ 80 كلمة). إذا كان لدى الباحث رقم أوركيد و/أو صفحة شخصية، فيدرج في نهاية النبذة. يجب أن تتضمن النبذة جنسية المؤلف، وأعلى درجة علمية حصل عليها (مثلاً، ماجستير، دكتوراه) واسم الجامعة التي حصل منها على هذه الدرجة. يمكن للمؤلف الكتابة في النبذة عن نشاطه البحثي واهتماماته البحثية ومدى التأثير الوطني والعالمي الذي حققه ومدى قدرته على التواصل خارج نطاق مكان عمله وشيء من نشاطه في المؤتمرات والدورات التدريبية. النبذة هي وسيلة مهمة يستطيع الباحث من خلالها التعريف بنفسه وتسويق ذاته؛ فينبغي أن تحظى باهتمام عالٍ من قبل المؤلف. ترتب النبذة وفقاً لترتيب المؤلفين. أذناه مثال على ذلك:

عبد الرحمن عيسى الليلي
قسم المناهج وطرق التدريس، كلية التربية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية، 00966000000000، scijku@kfup.edu.sa

أ.د. الليلي دكتوراه (أكسفورد)، سعودي، أستاذ دكتور، عميد بحث علمي، مدير مركز وطني، رئيس هيئة تحرير (سكوبس)، أعماله في 7 لغات (منها، إسباني، فلبيني، إندونيسي، صيني، إيطالي)، مقابلاته في 5 لغات (منها، فرنسي، إسباني، ألماني)، مؤسس 4 نظريات (منها، "Multiple Stupidities" و "Retroactivism" و "On-the-Go" و "Sourcing" و "Crowd-Authoring" و "Crowd-Knocking")، أكثر مبيعاً (أمازون)، نشر مع أكبر دور نشر (Elsevier, Springer, Taylor & Francis, Wiley, Sage, Oxford) 24 ورقة في ISI و/أو سكوبس، أبحاثه مقبوسة من قبل 35 دولة (منها المجر، صربيا، روسيا، بيرو، كوريا، كولومبيا، سويسرا، هولندا، السويد، فنلندا، لاتفيا) في 6 لغات (منها، التركية و اللبثونية)، عمل خلال الصيف في نيوزلندا وإيطاليا. شارك بأوراق في مؤتمرات سنغافورة، اليونان، اليابان، بلغاريا وغيرها. عمل مستشاراً لمؤسسات منها اليوكيبيديا وجامعة هانوفر.

رقم الأوركيد (ORCID): 0000-0002-5116-422X

الموقع الشخصي: <https://abduhrahmanality.wordpress.com>

• **عدد كلمات الورقة:** ألا يتجاوز عدد كلمات الورقة 8000 كلمة في أي حال من الأحوال (شاملة كل شيء، بما في ذلك المراجع والجداول والأشكال والملخص وبيانات المؤلفين والهوامش والرومنة وكل شيء).

• **الملخص:** ألا يزيد الملخص عن 200 كلمة. لا يسمح بإدراج مراجع أو اقتباسات في الملخص.

• **عدد كلمات العنوان:** ألا يزيد عنوان الورقة عن 15 كلمة.

• **عدد الكلمات المفتاحية:** أن تحتوي الورقة على ست كلمات مفتاحية باللغة العربية وترجمتها بالإنجليزية، ويجب ألا يكون قد سبق ذكرها في العنوان، كما يجب ألا تزيد كل كلمة مفتاحية عن كلمتين.

• **عدد الجداول والرسومات:** ينبغي تقليص عدد الجداول والرسومات والاختصارات والجواشي السفلية، قدر المستطاع. يجب ألا تتضمن الورقة أكثر من (6) جداول و (6) صور/أشكال. علماً أن عدم وجود أشكال بالورقة لا يعني أن عدد الجداول يمكن أن يزيد عن (6)، وعدم وجود جداول

- والنزعة عن المؤلف والمراجع.
- المجلة لا تستقبل عناوين الأبحاث التي تدور حول فرد بعينه أو قصيدة بعينها أو كتاب بعينه: مثل: "المفارقة الشعرية في شعر أبي الحسن القبرواني"، "حجية المنجز الكلامي في مقدمة دلائل الإعجاز لعبد القاهر الجرجاني"، "هرمية المصطلح البلاغي والنقدي عند الجاحظ"، "النسق البنيوي في قصيدة أبي ذؤيب الهنلي في رثاء أولاده الخمسة".
- نظراً لكون المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل مجلة متعددة التخصصات تندرج ضمن المنصات العالمية للبحث العلمي فإن هذا يتطلب من الباحثين كتابة عنوان الورقة وملخصها باللغة العلمية المباشرة بصياغة سهلة بعيدة عن التعقيد مما ييسر لكل قارئ في مختلف التخصصات فهم مضمون الورقة وعنوانها وملخصها.
- لا تنشر المجلة الأوراق التي تتحدد بذكر مدينة أو محافظة بعينها في العنوان البحثي (يمكن الاكتفاء بذكر اسم الدولة فقط إذا لزم الأمر)، وذلك لأن تخصيص اسم مدينة بعينها يحدد من نسبة الاستشهادات للورقة بعد نشرها، لأنه غالباً ما تكون هذه المدينة غير معلومة أو غير ذات اهتمام من القراء، وهذا يتعارض مع سياسة المجلة في استقطاب الأوراق ذات العمومية والانتشار الواسع. وإذا أراد الباحث أن يخصص محافظة أو مدينة ما، فيمكنه الإشارة لذلك في ملخص الورقة وحدودها المكانية وليس في العنوان.
- **التواريخ والأرقام:** يجب أن تكون جميع تواريخ الورقة بالميلادي وبارقام إنجليزية (سواء في المتن أو المراجع).
- **الجدول:** يتم كتابة رقم وعنوان الشكل أو الجدول أعلاه. في المتن، يتم الإشارة إلى الجدول أو الشكل دائماً برقمه سواء قبل أو بعد وضعه، وترقم الجداول تسلسلياً حسب تسلسل ذكرها في المتن.
- **العملات:** يجب كتابة القيمة بالدولار بين قوسين، بعد أي قيمة مذكورة بالريال السعودي أو أي عملة أخرى.
- **الاختصارات:** عند استخدام رموز لاختصار مصطلح، فيجب أن يذكر نص المصطلح كاملاً في أول مرة يرد فيها في نص البحث. علماً أن المسموح به ثلاث اختصارات على الأكثر.
- **المقاييس الرياضية:** يجب استخدام الاختصارات المقننة دولياً بدلاً من كتابة الكلمة كاملة مثل سم، ملم، كلم و% (لكل من سنتيمتر، مليمتير، كيلومتر والنسبة المئوية، على الترتيب). يفضل استخدام المقاييس المترية وفي حالة استخدام وحدات أخرى يكتب المعادل المترية لها بين أقواس مربعة. في حالة ذكر وحدات قياس أو أسماء دارجة إقليمياً للكائنات الحية في المتن يذكر عقياً مباشرة المقابل لها بالوحدات القياسية أو الأسم اللاتيني للكائن. يجب أن تكون جميع العملات بالدولار الأمريكي.
- **الحواشي:** يفضل تقليص الحواشي، ولكن في حالة الحاجة لها، فيشار إلى الحاشية في المتن بأرقام بين قوسين مرتفعة عن السطر، ترقم الحواشي داخل المتن وتكتب حواشي كل صفحة أسفلها مفصولة عن المتن بخط ولا تجمع في نهاية المتن. يعاد ترقيم الحواشي ابتداءً من الرقم 1 مع بداية كل صفحة جديدة.
- **الهوامش السفلية:** تأخذ المراجع المدرجة في الحواشي السفلية ترقيماً متسلسلاً لكل صفحة بحيث يوضع رقم الحاشية بين قوسين علويين (،) وتكون جميع العناصر الببليوجرافية لكل مرجع مرتبة وفقاً للترتيب المذكور في قائمة المراجع، سواء ذكرت البيانات كاملة أو مختصرة، كما يجب التأكد من أن جميع المراجع الواردة في المتن والحواشي مذكورة في قائمة المراجع، كما يجب ألا تكون هنالك مراجع بالقائمة لم يشر إليها في المتن.
- **روابط المراجع:**
 - للمراجع العربية: في حالة الرغبة في إدراج رابط لمرجع عربي، فيكتب بعد المراجع "متوفر بموقع:" ثم يدرج الرابط، وبعد الرابط يفتح قوس ويكتب "تاريخ الاسترجاع:" ثم يدرج التاريخ على هذه الصيغة "2020/07/27"، ثم يغلق القوس.
 - للمراجع الإنجليزية: في حالة الرغبة في إدراج رابط لمرجع إنجليزي، فيكتب بعد المراجع "Available at:" ثم يدرج الرابط، وبعد الرابط يفتح قوس ويكتب "accessed on:" ثم يدرج التاريخ على هذه الصيغة "2020/07/27"، ثم يغلق القوس.
- **ترتيب قائمة المراجع:** يجب ترتيب المراجع هجائياً. ويجب عدم ترقيم قائمة المراجع.
- **مرجعان مؤلف في سنة واحدة:** في حالة وجود مرجعين مؤلف واحد في سنة واحدة، فللتمييز بينهما يكتب حرف بجانب التاريخ كالآتي: (i2020)، (b2020)، وبالإلغيزي (a2020)، (b2020)
- **DOI للمرجع:** عند استعمال مراجع لها رقم DOI، يجب ذكر هذا الرقم.
- **المراجع داخل المتن:** بخصوص آلية كتابة المراجع داخل المتن:

4. آلية كتابة الدوريات والمجلات في المراجع (يطلب عملها فقط في حالة قبول الورقة للنشر)

4.1 كتابة الدوريات والمجلات العربية في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان البحث، ثم نقطة، ثم اسم المجلة يكون مكتوباً بشكل مائل، ثم فاصلة، ثم رقم المجلد مكتوباً بشكل عريض، ثم فتح قوس، ثم

Submission Guidelines, the Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences and Basic and Applied Sciences, 9th edition, 03/06/2022

الثالث، ثم نقطة. ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان البحث بحروف صغيرة (صمول small؛ يستثنى من ذلك الكلمة الأولى وأسماء الأشخاص وأسماء الأماكن وأسماء الجنسيات واللغات والأسابيع والشهور فيبقى الحرف الأول منها بحروف كبيرة، كابتل capital)، ثم نقطة، ثم يكتب "in"؛ ثم يكتب اسم المؤتمر يكون مكتوباً بشكل مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابتل capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة)، ثم فاصلة، ثم اسم مكان المؤتمر، ثم فاصلة، ثم اسم مدينة المؤتمر، ثم فاصلة، ثم اسم دولة المؤتمر، ثم فاصلة، ثم تاريخ انعقاد المؤتمر، ثم نقطة. أدناه مثال على ذلك:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). Giftedness and creativity. In: *The First National Symposium for the Coordinators of the Gifted*, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, 03-05/03/2020.

5.3. رومنة/ترجمة المؤتمرات والندوات والملتقيات غير الإنجليزية في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم عنوان البحث (مرومن) بحروف صغيرة (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان البحث مترجماً بحروف صغيرة (صمول small؛ يستثنى من ذلك الكلمة الأولى وأسماء الأشخاص وأسماء الأماكن وأسماء الجنسيات واللغات والأسابيع والشهور فيبقى الحرف الأول منها بحروف كبيرة، كابتل capital)، ثم إغلاق علامة التنصيص، ثم نقطة، ثم يكتب "in"؛ ثم يكتب اسم المؤتمر مترجماً (أو مرومن) يكون مكتوباً بشكل مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابتل capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة)، ثم فاصلة، ثم اسم مكان المؤتمر مترجماً (أو مرومن)، ثم فاصلة، ثم يكتب اسم مدينة المؤتمر بالإنجليزي، ثم فاصلة، ثم اسم دولة المؤتمر بالإنجليزي، ثم فاصلة، ثم تاريخ انعقاد المؤتمر، ثم نقطة، ثم يكتب "in Arabic" أدناه مثال على رومنة المرجع العربي:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). Al'iibdae fi altaelim aleali 'Creativity in higher education'. In: *The First National Symposium for the Coordinators of the Gifted*, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia, 03-05/03/2020. [in Arabic]

في حالة كون المرجع بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، وهذه اللغة تستخدم حروف غير إنجليزية، فتتم رومنة العنوان بالطريقة نفسها التي تتم بها رومنة العناوين العربية. أما في حالة كون المرجع بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم الحروف الإنجليزية، فلا حاجة لرومنة عنوان البحث، ويكتفى بإبقاء العنوان في لغته الأصل ووضع الترجمة في علامة تنصيص. فعلى سبيل المثال، في حالة كون المرجع باللغة الفرنسية، فيبدأ المرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف

الألمانية، فيبدأ المرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان البحث باللغة الألمانية (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان البحث مترجماً بحروف صغيرة (صمول small؛ يستثنى من ذلك الكلمة الأولى وأسماء الأشخاص وأسماء الأماكن وأسماء الجنسيات واللغات والأسابيع والشهور فيبقى الحرف الأول منها بحروف كبيرة، كابتل capital)، ثم إغلاق علامة التنصيص، ثم نقطة، ثم اسم المجلة مترجماً يكون مكتوباً بشكل مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابتل capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة)، ثم فاصلة، ثم رقم المجلد مكتوباً بشكل عريض، ثم فتح قوس، ثم يكتب رقم العدد، ثم يغلق القوس، علماً أنه لا يوجد مسافة بين رقم المجلد ورقم العدد، ثم رقم أول صفحة للبحث، ثم علامة "-" ثم رقم آخر صفحة للبحث، ثم نقطة، ثم تكتب "[in German]" أدناه مثال على ذلك:

Al Ahmed, M.A., Al Ali, I.S. and Al Salah, A.M. (2020). Erfolge der King Faisal University seit ihrer gründung 'Achievements of King Faisal University since its foundations'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences*, 13(2), 213-223. [in German]

5. آلية كتابة المؤتمرات والندوات والملتقيات في المراجع يطلب عملها فقط في حالة قبول الورقة للنشر

5.1. كتابة المؤتمرات والندوات والملتقيات العربية في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان البحث، ثم نقطة، ثم يكتب "في"؛ ثم يكتب اسم المؤتمر بشكل مائل، ثم فاصلة، ثم اسم مكان انعقاد المؤتمر، ثم فاصلة، ثم اسم مدينة المؤتمر، ثم فاصلة، ثم اسم دولة المؤتمر، ثم فاصلة، ثم تاريخ انعقاد المؤتمر، ثم نقطة. (مع مراعاة أن حرف العطف "و" يوضع دائماً قبل المؤلف الأخير أيّاً كان عدد المؤلفين). أدناه مثال على ذلك:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). الموهبة في التعليم العالي. في: *الملتقى الوطني الأول لمنسقي الموهوبين، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية*. 2020/03/05-03.

5.2. كتابة المؤتمرات والندوات والملتقيات الإنجليزية في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف

الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الفصل بحروف صغيرة (small)؛ يستثنى من ذلك الكلمة الأولى وأسماء الأشخاص وأسماء الأماكن وأسماء الجنسيات واللغات والأسابيع والشهور فبقي الحرف الأول منها بحروف كبيرة. كابتل (capital)، ثم نقطة، ثم يكتب "ln"؛، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الثاني، ثم حرف العطف "and" (وليس "&")، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الثالث، ثم يفتح قوس ويكتب "eds." (أو "ed." إذا كان مفرداً)، ثم يغلق القوس، ثم اسم الكتاب بخط مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابتل capital)؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و"an" و"the" وحروف الجر مثل "to" و"of" و"in" وأدوات الربط "and" و"but" و"or" فبقي الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة)، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر، ثم نقطتين، وأربعين، ثم اسم الناشر. أدناه مثال علم ذلك:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). Giftedness and creativity. In: A.E. Al Ibrahim, A.L. Al Salim and R.E. Al Rashid (eds.) *Creativity in the Arab World*. Riyadh, Saudi Arabia: Obeikan Bookstore.

7.3. رومنة/ترجمة فصل في كتاب غير إنجليزي في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم حرف العطف "and" (وليس "&") ثم اسم العائلة للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الفصل (مرومن) بحروف صغيرة (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الفصل مترجما بحروف صغيرة (صمول small: يستثنى من ذلك الكلمة الأولى وأسماء الأشخاص وأسماء الأماكن وأسماء الجنسيات واللغات والأسابيع والشهور فيبقى الحرف الأول منها بحروف كبيرة، كابتل capital)، ثم إغلاق علامة التنصيص، ثم نقطة، ثم يكتب "In:"، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الثاني، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الثالث، ثم يفتح قوس ويكتب "eds." (أو "ed." إذا كان مفرداً)، ثم يغلق القوس، ثم اسم الكتاب (مرومن) بخط مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابتل capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الكتاب مترجماً والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابتل capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة)، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر مترجمة، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر مترجماً، ثم نقطتين رأسيين، ثم اسم الناشر مترجماً (أو مرومن)، ثم نقطة، ثم تكتب "[in Arabic]" أدناه مثال على رومنة المرجع العربي:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). Al'iibdae fi altaelim aleali 'Creativity in higher education'. In: M. Al Saleh, I. Al

نفسها، فلا حاجة لرومنة عنوان الكتاب، ويكتفى بإبقاء العنوان في لغته الأصل ووضع الترجمة في علامة تنصيص. فعلى سبيل المثال، في حالة كون الكتاب باللغة الألمانية، فيبدأ المرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم فاصلة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم حرف العطف "and" (وليس "&") ثم اسم العائلة للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الكتاب باللغة الألمانية بحروف مائلة والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيرا (كابتل capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الكتاب مترجما والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيرا (كابتل capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة) والكلمة غير مائلة، ثم إغلاق علامة التنصيص، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر مترجمة للإنجليزي، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر مترجمة للإنجليزي، ثم نقطتين رأسيّتين، ثم اسم الناشر مترجما للإنجليزي، ثم نقطة، ثم تكتب "[in German]" أدناه مثال على رومنة المرجع الألماني:

Al Ahmed, M.A., Al Ali, I.S. and Al Salah, A.M. (2020). *Erfolge der King Faisal University seit ihrer Gründung* 'Achievements of King Faisal University since its Foundations'. Riyadh, Saudi Arabia: Jarir Bookstore. [in German]

7. آلية كتابة فصل من كتاب في قائمة المراجع (يطلب عملها فقط في حالة قبول الورقة للنشر)

7.1. كتابة فصل في كتاب عربي في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول
واسم الأب للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم
فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب للمؤلف الثاني، ثم حرف العطف "و"
ثم اسم العائلة للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب
للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ، ثم إغلاق القوس، ثم
نقطة، ثم عنوان الفصل، ثم نقطة، ثم يكتب "في:" ثم يكتب الاسم الأول،
ثم اسم الأب، ثم اسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم يكتب الاسم
الأول، ثم اسم الأب، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم حرف العطف "و"،
ثم يكتب الاسم الأول، ثم اسم الأب، ثم اسم العائلة للمؤلف الثالث، ثم
يفتح قوس ويكتب "محررون" (أو محرر إذا كان مفرداً)، ثم يغلق القوس،
ثم اسم الكتاب بخط مائل، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر، ثم فاصلة،
ثم اسم دولة الناشر، ثم نقطتين رأسيين، ثم اسم الناشر. (مع مراعاة أن
حرف العطف "و" يوضع دائماً قبل المؤلف الأخير أيّاً كان عدد المؤلفين).
أدناه مثال، علّ ذلك:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). *الموهبة في التعليم العالي*. في: محمد الصالح، إبراهيم العبد الرحمن وصلاح الخالد (محررون) *الإبداع في العالم العربي*. الرياض، السعودية: مكتبة العبيكان.

7.2. كتابة فصل في كتاب إنجليزي في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة. ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم فاصلة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة. ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم حرف العطف "and" (وليس "&") ثم اسم العائلة للمؤلف الثالث، ثم فاصلة. ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف

جامعة الملك فيصل، الأحساء، السعودية.

8.2. كتابة رسائل الماجستير والدكتوراه الإنجليزية في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف، ثم الاسم الأول للمؤلف، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الرسالة بحروف مائلة والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابيتال capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة)، ثم نقطة، ثم يكتب "Master's Dissertation" إذا كانت رسالة ماجستير أو "PhD Thesis" إذا كانت رسالة دكتوراه، ثم فاصلة، ثم اسم الجامعة، ثم فاصلة، ثم اسم المدينة، ثم فاصلة، ثم اسم الدولة، ثم نقطة. أدناه مثال على ذلك:

Al Ahmed, K.A. (2020). *The History of Agriculture in Al Ahsa*. PhD Thesis, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia.

8.3. رومنة/ترجمة رسائل الماجستير والدكتوراه غير الإنجليزية في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الرسالة (مرومن) بحروف مائلة والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابيتال capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الرسالة مترجماً والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابيتال capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة) والكلمة غير مائلة، ثم إغلاق علامة التنصيص، ثم نقطة، ثم يكتب "Master's Dissertation" إذا كانت رسالة ماجستير أو "PhD Thesis" إذا كانت رسالة دكتوراه، ثم فاصلة، ثم اسم الجامعة، ثم فاصلة، ثم اسم المدينة، ثم فاصلة، ثم اسم الدولة، ثم نقطة، ثم تكتب "[in Arabic]" أدناه مثال على رومنة المرجع العربي:

Al Ahmed, M.A. (2020). *Tamalat Fi Al'iibda' Reflections on Creativity*. PhD Thesis, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia. [in Arabic]

في حالة كون الرسالة بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم حروف غير إنجليزية، فتم رومنة العنوان بالطريقة نفسها التي تتم بها رومنة العناوين العربية. ولكن، في حالة كون الرسالة بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم الحروف الإنجليزية نفسها، فلا حاجة لرومنة عنوان الرسالة، ويكتفى بإبقاء العنوان في لغته الأصل ووضع الترجمة في علامة تنصيص. فعلى سبيل المثال، في حالة كون الرسالة باللغة الألمانية، فيبدأ المرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الرسالة باللغة الألمانية بحروف مائلة والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابيتال capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الرسالة مترجماً والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابيتال capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة) والكلمة غير مائلة، ثم إغلاق علامة التنصيص، ثم نقطة، ثم يكتب "Master's Dissertation" إذا كانت رسالة دكتوراه، ثم فاصلة، ثم اسم الجامعة بالإنجليزي، ثم فاصلة، ثم اسم المدينة بالإنجليزي، ثم فاصلة، ثم اسم الدولة بالإنجليزي، ثم نقطة.

Abdulrahman and S. Al Khalid (eds.) *Al'iibda' Fi Alealam Alearabi'* Creativity in the Arab World'. Riyadh, Saudi Arabia: Obeikan Bookstore. [in Arabic]

في حالة كون الفصل بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم حروف غير إنجليزية، فتم رومنة العنوان بالطريقة نفسها التي تتم بها رومنة العناوين العربية. ولكن، في حالة كون الفصل بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم الحروف الإنجليزية نفسها، فلا حاجة لرومنة عنوان الفصل والكتاب، ويكتفى بإبقاء العنوان في لغته الأصل ووضع الترجمة في علامة تنصيص. فعلى سبيل المثال، في حالة كون الفصل باللغة الألمانية، فيبدأ المرجع باسم العائلة للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة للمؤلف الثاني، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم حرف العطف "and" (وليس "&") ثم اسم العائلة للمؤلف الثالث، ثم فاصلة، ثم الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الفصل باللغة الألمانية بحروف صغيرة (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الفصل مترجماً للإنجليزية بحروف صغيرة (صمول small؛ يستثنى من ذلك الكلمة الأولى وأسماء الأشخاص وأسماء الأماكن وأسماء الجنسيات واللغات والأسابيع والشهور فيبقى الحرف الأول منها بحروف كبيرة، كابيتال capital)، ثم إغلاق علامة التنصيص، ثم نقطة، ثم يكتب "in:"، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الأول، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الأول، ثم فاصلة، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثاني، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الثاني، ثم حرف العطف "and" (وليس "&")، ثم يكتب الحرف الأول من الاسم الأول للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم الحرف الأول لاسم الأب للمؤلف الثالث، ثم نقطة، ثم اسم العائلة كاملاً للمؤلف الثالث، ثم يفتح قوس ويكتب "eds." (أو "ed." إذا كان مفرداً)، ثم يغلق القوس، ثم اسم الكتاب باللغة الألمانية بخط مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابيتال capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الكتاب مترجماً للإنجليزية والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيراً (كابيتال capital؛ يستثنى من ذلك أدوات التنكير والتعريف مثل "a" و "an" و "the" وحروف الجر مثل "to" و "of" و "in" وأدوات الربط "and" و "but" و "or" فيبقى الحرف الأول منها بحروف صغيرة، إلا إذا كانوا في بداية اسم المجلة فيكون الحرف الأول منها بحروف كبيرة)، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر مترجماً للإنجليزية، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر مترجماً للإنجليزية، ثم نقطتين رأسيين، ثم اسم الناشر مترجماً للإنجليزية، ثم نقطة، ثم تكتب "[in German]" أدناه مثال على رومنة المرجع الألماني:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). Kreativität in der hochschulbildung 'Creativity in higher education'. In: M. Al Saleh, I. Al Abdulrahman and S. Al Khalid (eds.) *Kreativität in der Arabischen Welt* 'Creativity in the Arab World'. Riyadh, Saudi Arabia: Obeikan Bookstore. [in German]

8. آلية كتابة رسائل الماجستير والدكتوراه في قائمة المراجع (يطلب عملها فقط في حالة قبول الورقة للنشر)

8.1. كتابة رسائل الماجستير والدكتوراه العربية في قائمة المراجع

يبدأ كل مرجع باسم العائلة للمؤلف، ثم فاصلة، ثم الاسم الأول واسم الأب للمؤلف، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الرسالة بخط مائل، ثم نقطة، ثم يكتب "رسالة ماجستير" أو "رسالة دكتوراه"، ثم فاصلة، ثم اسم الجامعة، ثم فاصلة، ثم اسم المدينة، ثم فاصلة، ثم اسم الدولة، ثم نقطة. أدناه مثال على ذلك:

الأحمد، محمد عبد الرحمن. (2020). *تأملات في الإبداع*. رسالة دكتوراه،

Efficient and Cost-effective Service Broker Policy Based on User Priority in VIKOR for Cloud Computing	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
The Fourth Industrial Revolution and its Contribution to Urban Growth	الثورة الصناعية الرابعة ومساهمتها في النمو الحضري
Planning of Urban Quarters, Districts and Neighbourhoods in Islam's Holiest City: A Comparative Analytical Study	تخطيط المناطق والأحياء والمجاورات السكنية في أقدس مدينة في الإسلام: دراسة تحليلية مقارنة
Examples of Pomonoids of Full Transformations of a Poset	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Growth and Survival of Goldfish (Carassius auratus) Juveniles Fed Tubifex, Custard Meal and Commercial Feeds	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Assessing the Effect of Building Skin Adaptability on Energy Consumption in Hot Arid Regions	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Osteoclast Stimulatory Transmembrane Protein (OC-STAMP): A Key Regulator in Osteoclast Fusion	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Energy Efficiency Indicators and the First Design Stages for Commercial Centers after the Coronavirus Pandemic	تأثير استراتيجيات مراحل التصميم الأولية الجديدة للمراكز التجارية بعد جائحة كورونا على مؤشرات كفاءة الطاقة
Determination of Soil Characteristics and Degradation Using Geospatial Technologies in the Al Ahsa Oasis	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
The Reality of Cybersecurity and its Challenges in Saudi Arabia	واقع الأمن السيبراني وتحدياته في السعودية
Potential for Using EGFR Expression in Rhabdomyosarcoma, Osteosarcoma and Ewing's Sarcoma: Clinicopathological and Prognostic Significance	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Detecting Hadith Authenticity Using a Deep-learning Approach	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Rheological Properties of Date Juice, Pomegranate Juice and their Concentrates: A Review	الخواص الانسيابية لعصير الرمان والتمر ومركزاهما: دراسة مرجعية
Production of Carbonated Drink Using Reziz Date Dibs and Hulu-Mur Flavour	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
In Silico Approaches for the Identification of Novel Inhibitors against Breast Cancer Up-Regulated Protein	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
A Sufficient Condition for the Global Convergence of Conjugate Gradient Methods for Solving Unconstrained Optimisation Problems	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Conservative Treatment of Odontogenic Keratocyst Using a Specially Designed Acrylic Stent-Obturator: A Case Report	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Dietary Intake and Health Status in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Cross-Sectional Study	متوفر فقط باللغة الإنجليزية
Lessons Learned from the Covid-19 Pandemic to Raise the Quality of Residential Neighbourhoods: The Saudi Context	دروس مستفادة من جائحة كورونا لرفع جودة الأحياء السكنية: السياق السعودي