SJKFU

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية

Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences

ISSN: 1658-0311, E-ISSN 1658-8371

2023, 24, 2

في هذا العدد

مؤشرات الاستدامة البيئية: المملكة العربية السعودية

In ths issue

Environmental Sustainability Indicators: Saudi Arabia

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: ×1658-838)، 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 مفهرسة في سكوبس. بدأ إصدار المجلتين في عام 1420هـ (2000م)، تحت إشراف المجلس العلمي للجامعة. أول رئيس لهيئة التحرير أ.د. خالد سعد آل عبدالسلام (1419/4/12هـ)، تلاه أ.د. عادل إبراهيم العفالق (1421/6/12هـ)، عقبه د. محمد سعد الوصالي (1432/7/17هـ)، وجاء بعده أ.د. غازي فيصل بسيوني (1433/1/11هـ)، وحالياً أ.د. عبدالرحمن عيسى الليلي (1441/5/5هـ).

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).

رئيس الجامعة
محمد عبدالعزيز العوهلي، جامعة الملك فيصل، السعودية

وكيل الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي
عبدالرحمن عيسى الليلي، جامعة الملك فيصل، السعودية

رئيس هيئة التحرير
عبدالرحمن عيسى الليلي، جامعة الملك فيصل، السعودية

نائب رئيس هيئة التحرير
بنا جويعد السبيعي، جامعة الملك فيصل، السعودية

المحررون الاستشاريون
عبدالعزيز سعود عبدالعزيز الحليبي، جامعة الملك فيصل، السعودية
ديفيد إل ستولوف، جامعة ولاية كونيتيكت الشرقية، الولايات المتحدة الأمريكية
دونانيلا بيرسيكو، المجلس الوطني للبحوث، إيطاليا
هوانسو لي، جامعة دانكوك، كوريا الجنوبية
هاشم سعيد احمد الشيخي، جامعة الملك فيصل، السعودية
أنطونيلا ناجي، جامعة فاسيلي غولديس الغربية بأراد، رومانيا
كريستين باول، جامعة كاليفورنيا اللوثرية، الولايات المتحدة الأمريكية
وائل محمد أبو المكارم الديب، جامعة الملك فيصل، السعودية
محمد سانتالي، جامعة موريشيوس، موريشيوس
مايك جوي، جامعة وارويك، المملكة المتحدة
احمد حسن متولي محمد عبده، جامعة الملك فيصل، السعودية
سي جون ميكر، جامعة أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية
بشيرة طعمة، جامعة روان، فرنسا
سام محمد، مدرسة إدارة الأعمال الدولية، هنغاريا
ابوالنصر السيد ابوالنصر صبيح، جامعة الملك فيصل، السعودية
شاهر ربحي سعيد عليان، جامعة صحار، سلطنة عمان
فيصل قريشي، المركز الجامعي بأفلو الأغواط، الجزائر
محمود قنديل السيد قنديل، جامعة الملك فيصل، السعودية
ماريا كريستينا لوبيز دي لا مدريد، جامعة غوادالاخارا، المكسيك
نفيسة أفولاكي أديدوكون شيتو، جامعة فاونتن أوسوجبو، نيجيريا
إبراهيم عبدالحميد محمد السيد الشاعر، جامعة الملك فيصل، السعودية
وبانغا سامبو، جامعة منغوليا الوطنية، منغوليا
كارولين مونتاجو، متقاعدة، المملكة المتحدة
علاء محمد صغير رفاعي، جامعة الملك فيصل، السعودية
راديم بادوسيك، جامعة أوسترافا، جمهورية التشيك
توفيق الصادق الغناي، جامعة الملك فيصل، السعودية
هيلين سارة فارلي ، جامعة جنوب كوينزلاند ، أستراليا
إيزابيلا إم فينتر ، جامعة وسترن كيب ، جنوب إفريقيا
محمد علي محمد مرسي، جامعة الملك فيصل، السعودية
وصفي محمد الخزاعله، جامعة اليرموك، الأردن
سو جريجوري ، جامعة نيو إنجلاند ، أستراليا
محمد على عبداللطيف الحمادي، جامعة الملك فيصل، السعودية
جمال أحمد عباس، جامعه الكوفه، العراق
عبدالرحيم فتحي محمد اسماعيل، جامعة الملك فيصل، السعودية
مصطفى محمد علي الحاروني، جامعة حلوان، مصر
ابراهيم محمد الفكي احمد، جامعة وادي النيل، السودان
الحبيب كشيدة الدرويش، جامعة الملك فيصل، السعودية
بسام حسن زاهر، جامعة تشرين، سوريا
عبدالله تاج الدين منصور علي منصور، جامعة الملك فيصل، السعودية
معن علي أحمد الخطيب، جامعة فلسطين التقنية، فلسطين
عبدالرحمن صالح عبدالله الملحم، جامعة الملك فيصل، السعودية
يوسف يعقوب هلال، جامعة الموصل، العراق
منيرة سعد سلمان النويران، جامعة الملك فيصل، السعودية

مديرو التحرير
الحسين حمادة عبد العظيم، جامعة الملك فيصل، السعودية
علي خليفة عبداللطيف، جامعة الملك فيصل، السعودية
عبدالرحيم فتحي إسماعيل، جامعة الملك فيصل، السعودية

مساعدو 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 عبدالعزيز المجيمد، جامعة الملك فيصل، السعودية

المراسلات العامة
رئيس هيئة التحرير، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
ص. ب 400 الاحساء 31982، المملكة العربية السعودية
00966135895238، 00966135895237
scijkfu@kfu.edu.sa

President
Mohammad Al Ohali, King Faisal University, Saudi Arabia

Vice-Rector for Higher Studies and Scientific Research
Abdulrahman Al Lily, King Faisal University, Saudi Arabia

Editor-in-Chief
Abdulrahman Al Lily, King Faisal University, Saudi Arabia

Deputy Editor-in-Chief
Bana Jawid Al Subaiei, King Faisal University, Saudi Arabia

Consulting Editors
Abdulaziz Saud Abdulaziz Alhelaibi, 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
Hashem Saeed Ahmad Alshaikhy, King Faisal University, Saudi Arabia
Antoanela Naaji, Vasile Goldis Western University of Arad, Romania
Christine Powell, California Lutheran University, USA
Wael Mohamed Abouelmakarem El-Deeb, King Faisal University, Saudi Arabia
Mohammad Santally, University of Mauritius, Mauritius
Mike Joy, University of Warwick, UK
Ahmed Hassan Metowaly Abdou, King Faisal University, Saudi Arabia
C. June Maker, University of Arizona, USA
Bachira Tomeh, Université de Rouen, France
Sam Mohamad, International Business School (IBS), Hungary
Abu Elnasr E. Sobaih, King Faisal University, Saudi Arabia
Shaher Rebhi Said Elayyan, Sohar University, Oman
Korrichi Fayçal, University Center of Aflou Laghouat, Algeria
Mahmoud Kandeel Kandeel, King Faisal University, Saudi Arabia
María Cristina López de la Madrid, University of Guadalajara, Mexico
Nafisat Afolake Adedokun-Shittu, Fountain University Osogbo, Nigeria
Ibrahim Abdelhamid Mohamed Elshaer, King Faisal University, Saudi Arabia
Uyanga Sambuu, National University of Mongolia, Mongolia
Caroline Montagu, Retired, UK
Alaa Muhammad Sagheer Refaei, King Faisal University, Saudi Arabia
Radim Badosek, University of Ostrava, Czech Republic
Taoufik ben sadok ghannay, King Faisal University, Saudi Arabia
Helen Sara Farley, University of Southern Queensland, Australia
Isabella M. Venter, University of the Western Cape, South Africa
Mohamed Aly Mohamed Morsy, King Faisal University, Saudi Arabia
Wasfi Mohammad Alkhazaleh, Yarmouk University, Jordan
Sue Gregory, University of New England, Australia
Mohammad Ali Alhammadi, King Faisal University, Saudi Arabia
Jamal Ahmed Abbass, University of Kufa, Iraq
Abdelrahim Fathy Ismail, King Faisal University, Saudi Arabia
Mostafa M Ali Elharony, Helwn University, Egypt
Ibrahim Mohamed Alfaki Ahmed, Nile Valley University, Sudan
Habib Kechida Derouiche, King Faisal University, Saudi Arabia
Bassam Hassan Zaher, Tishreen University, Syria
Abdallah Tageldein Mansour, King Faisal University, Saudi Arabia
Maan Ali Ahmad Alkhateeb, Palestine technical University, Palestine
Abdulrhman Saleh Almuhim, King Faisal University, Saudi Arabia
Yousif Yakoub Hilal, Mousul University, Iraq
Muneerah Saad AL Nuwairan, King Faisal University, Saudi Arabia

Managing Editors
Alhosein Hamada Abdelazeem, 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

Table of Contents

جدول المحتويات

	Article Title in English عنوان الورقة بالإنجليزي	Article Title in Arabic عنوان البحث بالعربي	Pages الصفحات	Author Names in English أسماء المؤلفين بالإنجليزي	Author Names in Arabic أسماء المؤلفين بالعربي
1	Water and Food Security for Sugar in Egypt	الأمن المائي والغذائي للسكر في مصر	1-6	Hany Said Abd-Elrhman El-Shatla and Mohamed Refaat Mohamed Mohamed	هاني سعيد عبد الرحمن الشتلة ومحمد رفعت محمد محمد
2	The Use of Ginseng to Treat Disturbances of Sexual Hormones in the Ovaries Caused by Chemical Doses of Doxorubicin (Drug)	الجنسنغ في مُعالجة اضطراب الهرمونات الجنسية التي تُحدثها الجرعات الكيمائية (عقار Doxorubicin) بالمبيض	7-11	Anas Abdulwahab Taweelh	أنس عبدالوهاب طويلة
3	A Three-Term Conjugate Gradient Method for Non-Convex Functions with Applications for Heat Transfer	-	12-18	Umar Audu Omesa, Ibrahim Mohammed Sulaiman, Maulana Malik, Basim A. Hassan, Waziri Muhammad Yusuf and Mustafa Mamat	-
4	Comparative Genomic Analysis of Bacterial Strain PL and Detection of Sustainable Bio-Electricity Producing Features	التحليل الجينومي المقارن للسلالة البكتيرية PL والكشف عن ميزات إنتاج الكهرباء الحيوية المستدامة	19-25	Guendouz Dif, Atika Meklat and Abdelghani Zitouni	ضيف القندوز وميكلات عتيقة وزيتوني عبدالغني
5	Crenotherapy using Spring Thermal Water in Western Algeria and its Effectiveness Against Kidney Stones	-	26-30	Afaf Amara-Rekkab	-
6	The Change in the Exchange Rate and its Impact on Agricultural Exports in Egypt	تغير سعر الصرف وأثره على الصادرات الزراعية في مصر	31-37	Ahmed M. Abdel Aziz Mohamed and Mohamed Refaat Mohamed Mohamed	أحمد محمود عبد العزيز محمد ومحمد رفعت محمد محمد
7	Environmental Sustainability Indicators: Saudi Arabia	مؤشرات الاستدامة البيئية: المملكة العربية السعودية	38-45	Rady T. Tawfik, Maram A. Al Sayyah, Momtaz N. Elsebaei, ElSayed A. Badr	راضي طلعت توفيق ومرام عبدالله إبراهيم الصباح وممتاز ناجي محمد السباعي والسيد عبدالرحمن بدر
8	Adalimumab Versus Ustekinumab in Egyptian Patients with Moderate to Severe Inflammatory Bowel Disease: A Cohort Study	-	46-52	Amira Mohamed Elsawy Soliman, Abdel-Hameed Ibrahim Mohamed Ebid, Kamal El-Deen Abdelrahman Mohamed Al-Atrebi, Hagar Ahmed Ahmed Elessawy, Eman Magdy Elsayed Elyamany and Sara Mohamed Mohamed -Abdel- Motaleb	-
9	A Holistic Framework for Evaluating QOUL Linking Contemporary Planning Theories Principles	-	53-60	Riham Salah, Mohga Embaby and Ehab Okba	-
10	Efficiency of Locally Isolated Bacteria in the Bioremediation of Petroleum Pollution	فعالية جرائيم معزولة محلياً في المعالجة الحيوية للتلوث النفطي	61-67	Ola Al-shakh, Tamim Alia and Omiema Nasser	علا الشاخ وتميم عليا وأميمة ناصر
11	Determination of a Neutrosophic Matrix	-	68 -75	Eman Alabdullah and Safwan Aouira	-
-	Author Instructions	تعليمات المؤلفين	-	-	-

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

الأمن المائي والغذائي للسكر في مصر

هاني سعيد عبد الرحمن الشتلة[1] و محمد رفعت محمد محمد [2]
[1] قسم الدراسات الاقتصادية، مركزبحوث الصحراء، القاهرة، مصر
[2] قسم الدراسات الإقليمية، معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، مركزالبحوث الزراعية، القاهرة، مصر

Water and Food Security for Sugar in Egypt

Hany Said Abd-Elrhman El-Shatla[1], Mohamed Refaat Mohamed Mohamed [2]
[1] Economic Studies Department, Desert Research Center, Cairo, Egypt
[2] Regional Studies Department, Agricultural Economics Research Institute, Agricultural Research Center, Cairo, Egypt

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/agr/230006	05/01/2023	29/05/2023	29/05/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
5287	6	2023	24	2

الملخص

تمثلت المشكلة البحثية في أن الإنتاج المحلي من السكر يعجز عن الوفاء بمتطلبات الطلب المتزايد عليه وبالتالي استهدف البحث تقييم حالة الأمن المائي والغذائي للسكر في مصر. وتمثلت نتائج البحث فيما يلي: تراوحت كمية المياه الافتراضية المصدرة بين حدين أدنى وأقصى نحو 375.7مليون م^3، 1278 مليون م^3 خلال عامي 2.16،2012 على الترتيب. كما تراوحت البصمة المائية الداخلية بين حدين أدنى وأقصى نحو 1979مليون م^3، 3570.5 مليون م^3 خلال عامي 2011،2015. كما تراوحت كمية المياه الافتراضية المستوردة بين حدين أدنى وأقصى نحو1705.4مليون م^3، 2934.8 مليون م^3 خلال عامي 2017،2020، والبصمة المائية الخارجية بين حدين أدنى وأقصى نحو 983.6 مليون م^3، 2081مليون م^3 خلال عامي 2011،2017، وإجمالي البصمة المائية بين حدين أدنى وأقصى نحو 2962.6 مليون م^3، 5615.5 مليون م^3 خلال عامي 2011،2019، وقدر معامل الأمن الغذائي للسكر بنحو 0.04، مما يعكس انخفاض حالة الأمن الغذائي للسكر في مصر. يوصي البحث بضرورة الأخذ بمفهوم المياه الافتراضية عند وضع الاستراتيجية المستقبلية للقطاع الزراعي لضمان تبني نظم إنتاج زراعي أقل استخداما للمياه، التركيز على استيراد المنتجات الزراعية ذات الاحتياجات المائية المرتفعة.

ABSTRACT

Sugar is one of the most important strategic food commodities for many of the world's countries. The principal research problem surrounds the fact that domestic sugar production is unable to meet the requirements of increasing demand; therefore, the research aimed to assess the state of water and food security for sugar in Egypt. The results of the research were as follows. The quantity of virtual water exported ranged from lowest to maximum of 375.7 million m3 and1278 million m3 during 2012 and 2016, respectively. The inland water footprint also ranged from a lower to upper point of about 1979 million m3 and 3570.5 million m3 during 2011 and 2015. The quantity of virtual water imported ranged from a minimum to maximum of 1,705.4 million m and 3,2934.8 million m3 during 2017 and 2020, and the external water footprint can be cited as being between a minimum and maximum of about 983.6 million m3 and 2081million m3 during 2011 and 2017; the total water footprint was set between a minimum and maximum of about 2962.6 million m3 and 5615.5 million m3 with regard to food security in Egypt, thus reflecting 0.011 in 2019. The research therefore recommends that the concept of virtual water should be introduced in the development of the agricultural sector's future strategy to ensure the adoption of less water-use agricultural production systems, focusing on the import of agricultural products with high water needs.

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
Food gap, food security, self-sufficiency, strategic stock, virtual water, water footprint
الفجوة الغذائية، الأمن الغذائي، الاكتفاء الذاتي، المخزون الاستراتيجي، المياه الافتراضية، البصمة المائية

CITATION
الإحالة
El-Shatla, H.S.A. and Mohamed, M.R.M. (2023). Al'amn almayiyu walghidhayiyu lilsukr fi Misr 'Water and food security for sugar in Egypt'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 1–6. DOI: 10.37575/b/agr/230006 [in Arabic]
الشتلة، هاني سعيد عبدالرحمن و محمد، محمد رفعت محمد. (2023). الأمن المائي والغذائي للسكر في مصر. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **24**(2)، 1-6.

1. المقدمة

يعد السكر من أهم السلع الغذائية الاستراتيجية في العديد من دول العالم، ويأتي بعد محصول القمح في الأهمية الاستراتيجية لدول أوروبا وأفريقيا وأمريكا الشمالية والجنوبية، بينما يحتل المرتبة الثانية بعد محصول الأرز في دول آسيا، كما أنه يحتل مكانة اقتصادية مهمة في الاقتصاد المصري، حيث يدخل في النمط الاستهلاكي الغذائي لجميع أفراد المجتمع على اختلاف مستوياتهم ودخلهم، فضلا عن كونه صناعة استراتيجية مهمة تحظى باهتمام صانعي السياسة الاقتصادية المصرية، وذلك لما تحققه هذه الصناعة من قيمة مضافة، وما تستوعبه من عمالة واستثمارات.

ونظراً لارتفاع أسعار المواد الغذائية عالميا، واتجاه بعض الدول المنتجة للغذاء إلى وضع قيود على الصادرات للوفاء باحتياجات سكانها، والاختلافات العالمية على الموارد المائية نتيجة توقع ندرتها، لذا أصبح من الضروري الاحتفاظ بمخزون استراتيجي من السلع الغذائية يكفي الاحتياجات الاستهلاكية لمدة ستة أشهر على الأقل وفقا لاعتبارات الأمن الغذائي والمائي، هذا وقد استهدفت استراتيجية التنمية الزراعية في مصر تحقيق الأمن الغذائي، بما لا يتعارض مع هدف تعظيم قيمة الإنتاج الزراعي، ومن أهمها السكر الذي بلغت كمية الإنتاج المحلي منه نحو 2179 ألف طن، وبلغت كمية الاستهلاك الكلي منه نحو 2977 ألف طن، مما أدى إلى وجود فجوة غذائية من السكر بلغت نحو 798 ألف طن كمتوسط للفترة (2010- 2021).

2. مشكلة البحث

تتمثل المشكلة البحثية في أن الإنتاج المحلي من السكر يعجز عن الوفاء بمتطلبات الطلب الفعلي المتزايد عليه، الأمر الذي أدى إلى اتساع حجم الفجوة الغذائية منه، والتي قدر متوسطها بنحو 798 ألف طن، خاصة في ظل الزيادة السكانية المرتفعة التي بلغت في المتوسط نحو 90.5 مليون نسمة، وزيادة الاستهلاك الفردي منه وهو البالغ نحو 32.98 كجم/ فرد، كما بلغ متوسط نسبة الاكتفاء الذاتي منه نحو 73.2% خلال الفترة (2010-2021). وتتزايد الفجوة الغذائية من السكر عاما بعد عام، نتيجة لتزايد الطلب الناتج عن النمو السكاني المتزايد، ولتغير الأنماط الاستهلاكية وارتفاع المستويات الداخلية من جهة، وعدم كفاية المعروض من الناتج المحلي من جهة أخرى، والاتجاه إلى الأسواق العالمية لتدبير جزء من الاحتياجات المحلية من السكر، مما يمثل عبئا على ميزان المدفوعات. ويزداد الوضع تفاقما إذا ما أخذنا في الحسبان تصاعد أزمة المياه مع دول حوض النيل وإقامة سد النهضة في أثيوبيا، وبالتالي التأثير على حصة مصر من الموارد المائية المتاحة مستقبلا للتوسع الأفقي في إنتاج المحاصيل الحقلية ومنها المحاصيل السكرية.

Corresponding Author: Mohamed Refaat Mohamed 0021023625696,mohammed.refaat184@gmail.com المؤلف المراسل: محمد رفعت محمد محمد

3. الطرق ومواد العمل

3.1. الأهداف البحثية:

يهدف هذا البحث بصفة عامة إلى تقييم حالة الأمن المائي والغذائي للسكر في مصر، ويمكن تحقيق هذا الهدف البحثي من خلال تحقيق مجموعة من الأهداف الفرعية التالية:

- تقدير البصمة المائية الداخلية والخارجية والكلية ومؤشراتها المختلفة من خلال تقدير كمية المياه الافتراضية المصدرة والمستوردة.
- تقدير نسبة الاعتماد على الموارد المائية الخارجية والمحلية للسكر.
- تقدير فترة تغطية الإنتاج والواردات للاستهلاك المحلي.
- تقدير التغير في مخزون السكر وكمية الفائض والعجز منه.
- تقدير المخزون الاستراتيجي ومعامل الأمن الغذائي للسكر في مصر.

3.1.1. مصادر البيانات

اعتمد البحث في تحقيق أهدافه بصفة أساسية على البيانات الثانوية المنشورة التي تصدرها الجهات المعنية كالإدارة المركزية للاقتصاد الزراعي، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، فضلاً عن الاستعانة بالمراجع والأبحاث والدراسات ذات الصلة.

3.1.2. المنهجية البحثية

يعتمد البحث لتحقيق أهدافه على كل من أسلوبي التحليل الاقتصادي والإحصائي الوصفي والكمي لتناسبها مع طبيعة البيانات، مثل معادلات تقدير الاتجاه الزمني العام، معادلات ومؤشرات تقدير البصمة المائية (*water footprint*)، ومعادلات تقدير معامل الأمن الغذائي (*Food security* coefficient) والمخزون الاستراتيجي (*strategic stock*).

- **معادلات تقدير البصمة المائية ومؤشراتها (الشتلة وعبدالعال، 2022)**

البصمة المائية الداخلية = كمية المياه المستخدمة في الإنتاج -كمية المياه الافتراضية المصدرة.

IWF= WU - VED

حيث إن: IWF = البصمة المائية الداخلية.
WU = كمية المياه المستخدمة في الإنتاج.
VED = كمية المياه الافتراضية المصدرة.

البصمة المائية الخارجية = كمية المياه المستوردة من الخارج -كمية المياه الافتراضية المصدرة.

EWF = VWI - VWR

حيث إن: EWF = البصمة المائية الخارجية.
VWI = كمية المياه الافتراضية المستوردة من الخارج.
VWR = كمية المياه الافتراضية المعاد تصديرها إلى المناطق الأجنبية.

البصمة المائية الكلية = البصمة المائية الداخلية + البصمة المائية الخارجية.

TWF = IWF + EWF

حيث إن: TWF = إجمالي البصمة المائية الكلية.
IWF = البصمة المائية الداخلية.
EWF = البصمة المائية الخارجية.

نسبة الاعتماد على الموارد المائية الخارجية = (البصمة المائية الخارجية ÷ البصمة المائية الكلية) × 100.

ERWID = (EWF ÷ TWF) × 100

حيث إن: ERWID = نسبة الاعتماد على الموارد المائية الخارجية.
EWF = البصمة المائية الخارجية.
TWF = البصمة المائية الكلية.

نسبة الاكتفاء الذاتي من الموارد المائية المحلية = (البصمة المائية الداخلية ÷ البصمة المائية الكلية) × 100.

SSRLW = (IWF ÷ TWF) × 100

حيث إن: SSRLW= نسبة الاكتفاء الذاتي من الموارد المائية المحلية.
IWF = البصمة المائية الداخلية.
TWF = إجمالي البصمة المائية الكلية.

- **معادلات تقدير المخزون الاستراتيجي ومعامل الأمن الغذائي (خليل، 2016)**

لابد من التنويه على أن حساب معامل الأمن الغذائي مرتبط ارتباطا وثيقًا بالمخزون الاستراتيجي ولا يكاد ينفك عنه، والخطوات التالية توضح طريقة تقديرهما معا كما يلي:

CLD =TC ÷ YD (365 DAY)

حيث إن: CLD= الاستهلاك المحلي اليومي.
TC = الاستهلاك الكلي السنوي.
YD= عدد أيام السنة (365 يوم).

App =TP ÷ CLD

حيث إن: App = فترة كفاية الإنتاج.
TP = الإنتاج الكلي.
CLD= الاستهلاك المحلي اليومي.

ICP = TI ÷CLD

حيث إن: ICP= فترة تغطية الواردات.
TI= إجمالي الواردات.
CLD= الاستهلاك المحلي اليومي.

CIS = {(SAPICP -365) ×CLD} – E

حيث إن: CIS= التغير في المخزون الاستراتيجي.
SAPICP = مجموع طول فترتي كفاية الإنتاج وتغطية الواردات.
CLD= الاستهلاك المحلي اليومي.
E = كمية الصادرات.

SS = SU - D

حيث إن: SS= المخزون الاستراتيجي.
SU= مجموع محصلة الفائض.
D = مجموع محصلة العجز.

SCF = SS ÷CLY

حيث إن: SCF= معامل الأمن الغذائي.
SS= المخزون الاستراتيجي.
CLY = متوسط الاستهلاك المحلي السنوي.

4. النتائج ومناقشتها

4.1. المؤشرات الإنتاجية والاقتصادية:

توضح البيانات الواردة بجدول (1) المؤشرات الإنتاجية والاقتصادية للسكر في مصر وفق معطيات التسلسل الزمني لها خلال الفترة (2010-2021)، حيث تبين أنه بالنسبة للإنتاج الكلي فقد تراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 1.99 مليون طن خلال عام 2010، يمثل نحو 91.4% من متوسط إنتاج السكر خلال فترة الدراسة وهو البالغ نحو 2.2 مليون طن، وحد أقصى بلغ نحو 2.5 مليون طن خلال عام 2019، يمثل نحو 112.8% من متوسط فترة الدراسة. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور المؤشرات الإنتاجية والاقتصادية للسكر، تبين من نتائج المعادلة أن أفضل الصور المعبر عنها إحصائيا هي الصورة الموضحة قرين كل بيان استنادا إلى قيم F، R^2 وتبين منها أن الإنتاج الكلي من السكر قد تزايد بمقدار بلغ نحو 27.28 ألف طن، معنوي عند مستوى المعنوية 1%، بمعدل نمو سنوي بلغ نحو 1.25%، وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيرية للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 58% من التغيرات في الإنتاج الكلي من السكر ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما يقارب 42% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 13.9 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية للظاهرة محل الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 1883.54 + 177.34 \log x$$
$$(3.74)^{**}$$
$$R^2 = 0.58 \qquad F = 13.97$$

أما بالنسبة للاستهلاك الكلي من السكر فقد تراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 2.63 مليون طن خلال عام 2010، يمثل نحو 88.32% من متوسط استهلاك السكر خلال فترة الدراسة وهو البالغ نحو 2.98 مليون طن، وحد أقصى بلغ نحو 3.32 مليون طن خلال عام 2021، يمثل نحو 111.4% من متوسط فترة الدراسة. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور الاستهلاك الكلي للسكر تبين من المعادلة التالية أنه قد تزايد بمقدار بلغ نحو 48.7 ألف طن، معنوي عند مستوى المعنوية 1%، بمعدل نمو سنوي يقدر بنحو 1.63%، وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيرية للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 62% من التغيرات في الاستهلاك الكلي من السكر ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما يقارب 38% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 16.62 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية للظاهرة محل الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 2661 + 48.66\, x$$
$$(4.08)^{**}$$
$$R^2 = 0.62 \qquad F = 16.62$$

وبالنسبة لمتوسط نصيب الفرد من السكر فقد تراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 29.7 كجم/ سنة خلال عام 2016، تمثل نحو 90.05% من متوسط نصيب الفرد من السكر خلال فترة الدراسة وهو البالغ نحو 32.98 كجم، وحد أقصى بلغ نحو 35.6 كجم/ سنة خلال عام 2012، تمثل نحو 107.93% من متوسط فترة الدراسة. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور متوسط نصيب الفرد من السكر تبين من المعادلة التالية أنه قد تناقص بمقدار بلغ نحو 1.1 كجم، معنوي عند مستوى المعنوية 5%، بمعدل تناقص بلغ نحو 3.26%، وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيرية للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 67% من التغيرات في متوسط نصيب الفرد من السكر ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما يقارب 33% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 5.46 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية.

$$\hat{Y}_i = 31.61 + 2.66\, x - 0.61\, X^2 + 0.033\, X^3$$
$$(2.04)^{*}\ (-2.59)^{*}\ (2.81)^{*}$$
$$R^2 = 0.67 \qquad F = 5.46$$

وبحساب معادلات الاتجاه الزمني العام لباقي المتغيرات الاقتصادية للسكر في مصر، المتمثلة في نسبة الاكتفاء الذاتي، كمية الواردات، كمية الصادرات تبين عدم معنوية الدوال المحسوبة.

جدول (1): تطور المؤشرات الإنتاجية والاقتصادية للسكر في مصر خلال الفترة (2010-2021)

السنة	الإنتاج ألف طن	الاستهلاك ألف طن	نصيب الفرد كجم/ السنة	% للاكتفاء الذاتي	الواردات الف طن	الصادرات ألف طن
2010	1991	2630	33.4	75.7	1217	447
2011	1898	2774	34.5	68.4	1220	550
2012	2005	2939	35.6	68.2	1273	233
2013	1998	2971	35.1	67.3	1059	316
2014	2298	3012	34.7	76.3	1074	332
2015	2372	2962	33.3	80.1	1330	302
2016	2196	2703	29.7	81.2	1209	656
2017	2162	2856	30.0	75.7	1678	488
2018	2163	3031	31.2	71.4	1116	436
2019	2458	3234	31.7	76.0	1160	349
2020	2282	3300	32.8	69.2	949	368
2021	2324	3316	32.8	70.1	1250	355
المتوسط	2179	2977	32.9	73..0	1211	403

* عام 2021 الواردات والصادرات تقديري.
المصدر: (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، 2022ب؛ الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2022أ).

4.2. المؤشرات المائية:

توضح بيانات جدول (2) بعض المؤشرات الإنتاجية والاقتصادية للسكر في مصر وفق معطيات التسلسل الزمني لها خلال فترة الدراسة، فبالنسبة لمتوسط المقنن المائي للقصب والبنجر معا مجتمعين فقد تراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 5637.5 م^3/ فدان خلال عام 2011، تمثل نحو 85.3% من متوسط المقنن المائي خلال فترة الدراسة وهو البالغ نحو 6611.7 م^3/ فدان، وحد أقصى بلغ نحو 7416.5 م^3/ فدان خلال عام 2019، يمثل نحو 112.2% من متوسط فترة الدراسة.

وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور المؤشرات المائية والاقتصادية للسكر في مصر تبين من نتائج المعادلة التالية أن متوسط المقنن المائي للقصب والبنجر معا قد تزايد بمقدار بلغ نحو 88.9 م^3/ فدان، معنوي عند مستوى المعنوية 1%، بمعدل نمو سنوي يقدر بنحو 1.34%، وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيرية للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 45% من التغيرات في متوسط المقنن المائي من السكر ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما يقارب 55% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 8.1 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية للظاهرة محل الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 6033.89 + 88.89x$$
$$(2.85)^{**}$$
$$R^2 = 0.45 \qquad F = 8.1$$

جدول (2): تطور بعض المؤشرات المائية والاقتصادية للسكر في مصر خلال الفترة (2010-2021)

السنة	متوسط المقنن المائي للقصب والبنجر معا* م^3/ فدان	متوسط إنتاجية السكر من محصولي القصب والبنجر طن/ فدان	الاحتياجات المائية للسكر م^3/ طن	كمية الإنتاج المحلي من السكر ألف طن	كمية مياه إنتاج السكر مليون م^3
2010	6123.5	3.854	1589.0	1991.0	3163.53
2011	5637.5	3.840	1468.0	1898.0	2786.45
2012	6205.0	3.848	1612.0	2005.0	3232.83
2013	6603.5	3.873	1705.0	1998.0	3406.8
2014	6736.5	3.894	1730.0	2298.0	3975.05
2015	6668.5	3.866	1725.0	2372.0	4091.37
2016	7286.0	3.741	1948.0	2196.0	4277.45
2017	6633.5	3.792	1749.0	2162.0	3782.41
2018	6531.5	3.835	1703.0	2163.0	3683.87
2019	7416.5	3.857	1923.0	2458.0	4727.02
2020	6694.5	3.724	1797.0	2282.0	4101.78
2021	6803.5	3.744	1817.0	2324.0	4222.61
المتوسط	6611.67	3.822	1731.0	2179.0	3770.82

* حسبت بأخذ متوسط المقنن المائي لقصب وبنجر السكر معا.
المصدر: (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، 2022ب؛ الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2022ب).

أما بالنسبة لمتوسط الإنتاجية الفدَّانِيَّة لسكر القصب والبنجر معا فقد تراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 3.72 طن سكر/ فدان خلال عام 2020، تمثل نحو 97.4% من متوسط الإنتاجية الفدَّانِيَّة لسكر القصب والبنجر معا خلال فترة الدراسة وهو البالغ نحو 3.82 طن سكر/ فدان، وحد أقصى بلغ نحو 3.89 طن سكر/ فدان خلال عام 2014، تمثل نحو 101.9% من متوسط فترة الدراسة. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور الإنتاجية الفدَّانِيَّة لسكر القصب والبنجر معا في مصر تبيَّن من نتائج المعادلة التالية أنها تناقصت بمقدار بلغ نحو 0.01 طن سكر / فدان ، معنوي عند مستوى المعنوية 5%، بمعدل تناقص بلغ نحو 0.26-%، وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيريَّة للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 38% من التغيرات في متوسط الإنتاجيَّة الفدَّانِيَّة لسكر القصب والبنجر معا ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما يقارب 62% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 6.15 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية للظاهرة محل الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 3.886 - 0.01\, x$$
$$(-2.48)^{*}$$
$$R^2 = 0.38 \qquad F = 6.15$$

أما بالنسبة لمتوسط الاحتياجات المائية لسكر القصب والبنجر معا فقد تراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 1468 م3/ طن سكر خلال عام 2011، تمثل نحو 84.8% من متوسط الاحتياجات المائية لسكر القصب والبنجر معا خلال فترة الدراسة وهو البالغ نحو 1730.5 م^3/ طن سكر، وحد أقصى بلغ نحو 1948 م^3/ طن سكر خلال عام 2016، يمثل نحو 112.6% من متوسط فترة الدراسة. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور لمتوسط الاحتياجات المائية لسكر القصب والبنجر معا في مصر تبين من نتائج المعادلة التالية أنه قد تزايد بمقدار بلغ نحو 27.68 م^3/ طن، معنوي عند مستوى المعنوية 1%، بمعدل نمو سنوي يقدر بنحو 1.6%، وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيرية للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 55% من التغيرات في متوسط الاحتياجات المائية لسكر القصب والبنجر معا ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما

يقارب 45% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 11.98 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية للظاهرة محل الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 1550.59 + 27.68\ x$$
$$(3.46)^{**}$$
$$R^2 = 0.55 \qquad F = 11.98$$

أما بالنسبة لمتوسط كمية مياه إنتاج السكر فقد تراوحت ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 2.8 مليار م^3 خلال عام 2011، تمثل نحو 73.6% من متوسط كمية مياه إنتاج السكر خلال فترة الدراسة البالغة نحو 3.8 مليار م^3، وحد أقصى بلغ نحو 4.7 مليار م^3، خلال عام 2019، يمثل نحو 124.8% من متوسط فترة الدراسة. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور كمية مياه إنتاج السكر في مصر تبين من نتائج المعادلة (7) أنه قد تزايد بمقدار بلغ نحو 122.2 مليون م^3، معنوي عند مستوى المعنوية 1%، بمعدل نمو سنوي يقدر بنحو 3.24%، وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيرية للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 63% من التغيرات في كمية مياه إنتاج السكر ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما يقارب 37% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 16.96 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية للظاهرة محل الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 2993.49 + 122.17\ x$$
$$(4.12)^{**}$$
$$R^2 = 0.63 \qquad F = 16.96$$

4.3. تقدير البصمة المائية ومؤشراتها:

بحساب البصمة المائية للسكر من خلال تقدير كمية المياه المستخدمة في الإنتاج المحلي، وكمية المياه المكتسبة من الواردات، ونظيرتها المفقودة نتيجة الصادرات وذلك خلال الفترة (2010-2021)- تبين من البيانات والنتائج الواردة بجدول (3) أنه في ضوء الإنتاج المحلي للسكر ومتوسط الاحتياجات المائية للطن، فقد تراوحت كمية المياه المحلية المستخدمة في إنتاجه بين حدين أدنى يبلغ نحو 2.8 مليار م^3 خلال عام 2011، وحد أقصى بلغ نحو 4.7 مليار م^3 خلال عام 2019، بمتوسط للفترة بلغت نحو 3.8 مليار م^3.

جدول (3): تطور كمية المياه المستخدمة في الإنتاج المحلي للسكر في مصر خلال الفترة (2010-2021)

السنوات	كمية إنتاج السكر بالألف طن	كمية المياه المستخدمة في الإنتاج مليون م^3	كمية المياه الافتراضية المصدرة مليون م^3	البصمة المائية الداخلية مليون م^3
2010	1991	3163.5	710.2	2453.3
2011	1898	2786.5	807.5	1979.0
2012	2005	3232.8	375.7	2857.1
2013	1998	3406.8	538.8	2868.0
2014	2298	3975.0	574.3	3400.7
2015	2372	4091.4	520.9	3570.5
2016	2196	4277.5	1278.0	2999.7
2017	2162	3782.4	853.8	2928.7
2018	2163	3683.9	742.6	2941.3
2019	2458	4727.0	671.2	4055.9
2020	2282	4101.8	661.5	3440.3
2021	2324	4222.6	675.9	3546.7
المتوسط	2179	3787.6	701.0	3087.0

المصدر: جمعت وحسبت من جدولي (1، 2).

في حين تراوحت كمية المياه الافتراضية المصدرة بين حدين أدنى بلغ نحو 375.7 مليون م^3، خلال عام 2012، وحد أقصى يبلغ نحو 1278 مليون م^3 عام 2016، ومتوسط كمية مياه خارجة مع الكميات التي تم تصديرها خلال فترة الدراسة تبلغ نحو 700.8 مليون م^3. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور كمية المياه الافتراضية المصدرة تبين عدم المعنوية الإحصائية للدالة.

كما تراوحت البصمة المائية الداخلية بين حدين أدنى يبلغ نحو 1979 مليون م^3 عام 2011، وحد أقصى بلغ نحو 3570.5 مليون م^3 عام 2015، يمثلان نحو 64.1%، 115.7% من متوسط البصمة المائية الداخلية البالغة نحو 3086.8 مليون م^3 على الترتيب. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور البصمة المائية الداخلية تبين من المعادلة التالية أنها تتزايد بمقدار زيادة سنوية معنوية إحصائيا عند مستوى المعنوية 1%، بلغت نحو 111.72 مليون م^3 خلال فترة الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 2360.62 + 111.72\ x$$
$$(3.33)^{**}$$
$$R^2 = 0.53 \qquad F = 11.11$$

وفي ضوء كمية الواردات المصرية من السكر ومتوسط الاحتياجات المائية للطن، ونظرا لضخامة الكميات المستوردة من السكر، فقد تراوحت كمية المياه الافتراضية المستوردة بين حدين أدنى يبلغ نحو 1705.4 مليون م^3 عام 2020، وحد أقصى بلغ نحو 2934.8 مليون م^3 عام 2017، يمثلان نحو 81.4%، 140.1% من متوسط كمية المياه الافتراضية المستوردة البالغة نحو 2094.4 مليون م^3 على الترتيب كما هو موضح بالجدول (4). وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور كمية المياه الافتراضية المستوردة تبين عدم المعنوية الإحصائية الدالة.

في حين تراوحت البصمة المائية الخارجية بين حدين أدنى يبلغ نحو 983.6 مليون م^3 خلال عام 2011، وحد أقصى بلغ نحو 2081.9 مليون م^3 خلال عام 2017، يمثلان نحو 76.3%، 161.6% من متوسط البصمة المائية الخارجية البالغة نحو 1288.5 مليون م^3. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور البصمة المائية الخارجية تبين عدم المعنوية الإحصائية للدالة.

جدول (4): تطور كمية المياه المكتسبة من الاستيراد وكمية المياه الخارجة في التصدير للسكر في مصر خلال الفترة (2010-2021)

السنة	كمية إنتاج السكر ألف طن	كمية المياه الافتراضية المستوردة مليون م^3	البصمة المائية الخارجية مليون م^3	البصمة المائية الكلية مليون م^3	مؤشرات البصمة المائية	
					% للاعتماد على الموارد المائية الخارجية	% للاعتماد على الموارد المائية المحلية
2010	1991	1933.8	1223.5	3676.7	33.28	66.72
2011	1898	1791.0	983.63	2962.6	33.2	66.80
2012	2005	2052.1	1676.9	4534.0	36.98	63.02
2013	1998	1805.6	1266.9	4134.9	30.64	69.36
2014	2298	1858.0	1283.5	4684.2	27.40	72.60
2015	2372	2294.3	1067.7	4638.1	23.02	76.98
2016	2196	2355.1	1077.2	4076.8	26.42	73.58
2017	2162	2934.8	2081.9	5010.6	41.55	58.45
2018	2163	1900.5	1158.1	4099.4	28.25	71.75
2019	2458	2230.7	1559.6	5615.5	27.77	72.23
2020	2282	1705.4	1044.3	4484.6	23.29	76.71
2021	2324	2271.3	1039.3	4586.0	22.66	77.34
المتوسط	2179	2094.4	1288.5	4375.0	29.54	70.46

المصدر: جمعت وحسبت من جدولي (1، 2).

ومما سبق يتضح أن إجمالي البصمة المائية الكلية للسكر تتراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 2962.6 مليون م^3 خلال عام 2011، وحد أقصى بلغ نحو 5615.5 مليون م^3 خلال عام 2019، يمثلان نحو 67.7%، 128.4% من متوسط البصمة المائية الكلية البالغة نحو 4375.3 مليون م^3 على الترتيب. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور البصمة المائية الكلية تبين من المعادلة التالية أنها تتزايد بمعدل نمو سنوي معنوي إحصائيا بلغ نحو 110.18 مليون م^3 خلال فترة الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 3659.12 + 110.18\ x$$
$$(2.34)^{*}$$
$$R^2 = 0.36 \qquad F = 5.5$$

وبدراسة مؤشرات البصمة المائية الكلية للسكر خلال الفترة نفسها تبين من نتائج جدول (4) أن نسبة الاعتماد على الواردات المائية الخارجية تراوحت بين حدين أدنى يبلغ نحو 22.66% عام 2021، وحد أقصى بلغ نحو 41.55% عام 2017، يمثلان نحو 76.7%، 140.7% من متوسط نسبة الاعتماد على الموارد المائية الخارجية البالغة نحو 29.5%. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور نسبة الاعتماد على الواردات المائية الخارجية تبين عدم معنوية الدالة.

كما تراوحت نسبة الاعتماد على الموارد المائية الداخلية (المحلية) بين حدين أدنى يبلغ نحو 58.45% عام 2017، وحد أقصى بلغ نحو 77.34% عام 2021، يمثلان نحو 82.95%، 109.8% من متوسط نسبة الاعتماد على الواردات المائية الداخلية البالغة نحو 70.46%. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور نسبة الاعتماد على الواردات المائية الداخلية تبين عدم المعنوية الإحصائية للدالة.

جدول (5): تطور فترتي كفاية الإنتاج وتغطية الواردات للاستهلاك المحلي ومقدار التغير في المخزون الاستراتيجي ومعامل الأمن الغذائي للسكر في مصر خلال الفترة (2010-2021)

السنوات	الاستهلاك المحلي اليومي بالألف طن	فترتا كفاية الإنتاج وتغطية الواردات للاستهلاك باليوم			مقدار التغير في المخزون بالألف طن	
		فترة كفاية الإنتاج	فترة تغطية الواردات	مجموع الفترتين	الفائض	العجز
2010	7.20	276.36	168.92	445.28	131.40	0.00
2011	7.60	249.75	160.54	410.29	0.00	205.80

0.00	106.20	407.13	158.11	249.02	8.05	2012
229.50	0.00	375.63	130.12	245.50	8.14	2013
0.00	28.00	408.63	130.15	278.48	8.25	2014
0.00	437.60	456.13	163.87	292.26	8.12	2015
0.00	45.70	459.74	163.24	296.50	7.41	2016
0.00	496.00	490.76	214.45	276.31	7.82	2017
188.10	0.00	394.85	134.39	260.46	8.30	2018
0.00	35.00	408.34	130.92	277.42	8.86	2019
436.70	0.00	357.40	104.97	252.43	9.04	2020
1156.60	1279.90	الإجمالي				
96.38	106.66	417.30	149.77	267.53	8.16	المتوسط
123.30		المخزون الاستراتيجي				
0.04		معامل الأمن الغذائي				

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات جدول (1).

4.4. تقييم حالة الأمن الغذائي للسكر:

تم تقدير المخزون الاستراتيجي للسكر في مصر من خلال حساب مقدار الفائض والعجز المخصص للاستهلاك المحلي خلال الفترة (2010-2021)، ويتضح من خلال النتائج الواردة بجدول (5) ما يلي:

4.4.1. الاستهلاك المحلي اليومي

تبين من النتائج الواردة بالجدول السابق الإشارة إليه أن متوسط الاستهلاك المحلي اليومي من السكر في مصر تراوح ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 7.2 ألف طن خلال عام 2010، يمثل نحو 88.3% من متوسط الاستهلاك المحلي اليومي وهو البالغ نحو 8.2 ألف طن كمتوسط لفترة الدراسة، وحد أقصى يبلغ نحو 9.08 ألف طن خلال عام 2021، يمثل نحو 111.4% من متوسط الاستهلاك المحلي اليومي.

وبتقدير معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور الاستهلاك المحلي اليومي للسكر خلال فترة الدراسة المذكورة سابقا، تبين من المعادلة التالية أنه يتزايد بمقدار زيادة سنوية معنوية إحصائيا عند مستوى المعنوية 1%، بلغت نحو 0.133 ألف طن يوميا خلال فترة الدراسة، وبمعدل نمو سنوي يقدر بنحو 1.63%. وقد أوضحت قيمة معامل التحديد القدرة التفسيرية للنموذج المعبر عنها بقيمة R^2 أن ما يقارب 53% من التغيرات في الاستهلاك المحلي اليومي من السكر ترجع إلى عوامل يعكس أثرها عامل الزمن، والباقي ما يقارب 47% من التغيرات ترجع إلى عوامل أخرى غير مقيسة بالدالة، وتشير قيمة F المحسوبة البالغة نحو 10 إلى صلاحية النموذج المستخدم وملاءمته للبيانات الإحصائية للظاهرة محل الدراسة.

$$\hat{Y}_i = 7.29 + 0.133x$$
$$(4.02)^{**}$$
$$R^2 = 62.0 \qquad F = 16.6$$

4.4.2. فترة كفاية الإنتاج للاستهلاك المحلي

أما بالنسبة لفترة كفاية الإنتاج للاستهلاك المحلي من السكر فقد تراوحت ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 245.5 يوم خلال عام 2013، يمثل نحو 91.8% من متوسط فترة كفاية الإنتاج للاستهلاك المحلي خلال فترة الدراسة البالغة نحو 267.5 يوم، وحد أقصى بلغ نحو 296.5 يوم خلال عام 2016، يمثل نحو 110.8% من متوسط فترة الدراسة. وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور فترة كفاية الإنتاج للاستهلاك المحلي من السكر تبين عدم معنوية الدالة.

وقد تجمع فائض Surplus من مخزون السكر عن الاستهلاك المحلي خلال السنوات 2010-2012-2014-2015-2016-2017-2019، إذ قدر مجموع الفائض خلال فترة الدراسة بنحو 1279.90 ألف طن، بمتوسط فائض بلغ نحو 106.66 ألف طن. في حين حدث عجز Deficit في السكر المخصص للاستهلاك المحلي خلال السنوات 2011-2013-2018-2020-2021، إذ قدر مجموع العجز بنحو 1156.6 ألف طن، بمتوسط عجز بلغ نحو 96.38 ألف طن.

4.4.3. فترة تغطية الواردات للاستهلاك

أما بالنسبة لفترة تغطية الواردات للاستهلاك المحلي من السكر فقد تراوحت ما بين حدين أدنى يبلغ نحو 104.9 يوم عام 2020، تمثل نحو 70.07% من متوسط فترة تغطية الواردات للاستهلاك المحلي خلال فترة الدراسة وهو البالغ نحو 149.7 يوم، وحد أقصى يبلغ نحو 214.5 يوم عام 2017، يمثل نحو 143.2% من متوسط فترة الدراسة. وقد تبين أن فترة تغطية الواردات للاستهلاك المحلي منخفضة وهذا مؤشر غير جيد للحفاظ على الموارد المائية المصرية، إذ يعكس ذلك مفهوما واضحا لعدم الاهتمام بمفهوم مبدأ المياه الافتراضية التي تعني العمل على زيادة الواردات من الحاصلات الزراعية شديدة الاستهلاك للمياه وتقليل الاعتماد على الإنتاج المحلي للحفاظ على موارد الدولة المائية من خطر شح المياه، وذلك نتيجة زيادة الاعتماد على الإنتاج المحلي، ومن ثم حدوث زيادة في العجز في الميزان المائي Balance Of water وبحساب معادلة الاتجاه الزمني العام لتطور فترة تغطية الواردات للاستهلاك المحلي تبين عدم معنوية الدالة.

4.4.4. معامل الأمن الغذائي

تتراوح قيمة معامل الأمن الغذائي بين الصفر والواحد الصحيح، إذ كلما اقتربنا من الصفر انخفض معامل الأمن الغذائي والعكس صحيح، ووفقا لمفهوم المخزون الاستراتيجي باعتباره محصلة كل من الفائض والعجز خلال فترة الدراسة (2010-2021) قد تبين وجود مخزون استراتيجي من السكر في مصر، وقدر حجم المخزون الاستراتيجي للسكر في مصر بنحو 123.30 ألف طن، وفي ضوء متوسط الاستهلاك المحلي السنوي للسكر وهو البالغ نحو 2977.2 ألف طن، فقد قدر معامل الأمن الغذائي للسكر بنحو 0.04 بما يشير إلى أن قيمة معامل الأمن الغذائي أقل من الواحد الصحيح، مما يعكس انخفاض حالة الأمن الغذائي للسكر في مصر نسبيا وبدرجة كبيرة، ويرجع انخفاض معامل الأمن الغذائي للسكر خلال الفترة سابقة الذكر إلى زيادة معدل النمو السكاني بمعدل أكبر من معدل النمو في إنتاج السكر، فعلى الرغم من زيادة الواردات والإنتاج إلا أن الفجوة الغذائية منه تتزايد بسبب قلة المعروض عن الطلب، لذا فمن الضروري العمل مع أجهزة الدولة المعنية على زيادة قيمة معامل الأمن الغذائي، وذلك لإحداث تراكم في المخزون الاستراتيجي يكفي للاستهلاك المحلي لتحقيق الأمن الغذائي.

5. التوصيات

ومن خلال النتائج التي توصل إليها البحث يمكن التوصية بما يلي:

- الأخذ بمفهوم المياه الافتراضية عند وضع الاستراتيجية المستقبلية للقطاع الزراعي لضمان تبني نظم إنتاج زراعي أقل استخداما للمياه.
- التركيز على استيراد المنتجات الزراعية ذات الاحتياجات المائية المرتفعة خاصة في ظل تصاعد أزمة المياه.
- العمل على نشر الوعي بين أفراد المجتمع حول أهمية ترشيد الاستهلاك الغذائي ودوره في علاج الأزمات الاقتصادية والنقص الغذائي.
- العمل على تضافر الجهود المبذولة لزيادة الإنتاج المحلي من السكر لزيادة كمية المخزون الاستراتيجي من أجل تحقيق مستوى ملائم لمعامل الأمن الغذائي.

نبذة عن المؤلفين

هاني سعيد عبد الرحمن الشتلة

قسم الدراسات الاقتصادية، مركز بحوث الصحراء، القاهرة، مصر، 00201280248390، r_hany.drc66@yahoo.com

أ.د الشتلة، مصري، أستاذ الاقتصاد الزراعي بمركز بحوث الصحراء، حصل على الماجستير من جامعة الإسكندرية والدكتوراه من جامعة عين شمس (مصر)، له عدد من الأبحاث العلمية المنشورة في دوريات علمية إقليمية (أكثر من 50 بحثا ومقالة محكمة في مجال الاقتصاد الزراعي)، شارك في عدد من الندوات والمؤتمرات العلمية المحلية، شارك في عدد من المشاريع البحثية، وأشرف على العديد من الرسائل العلمية، عضو بالعديد من النقابات المهنية والجمعيات والمراكز العلمية، عضو لجنة ترقيات الأساتذة والأساتذة المساعدين بمركز بحوث الصحراء. رقم الأوركيد: (0000–0002–2170–5769).

محمد رفعت محمد محمد

قسم الدراسات الإقليمية، معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر،

mohammed.refaat184@gmail.com ,*00201023625696*

د. محمد، مصري، دكتور باحث، حصل على الماجستير والدكتوراه من جامعة المنيا (مصر)، ويعمل حاليًا بمعهد بحوث الاقتصاد الزراعي (مصر)، له عدد من الأبحاث العلمية المنشورة في دوريات علمية إقليمية ودولية، بعضها في مجلات مصنفة في Scopus؛ شارك في عدد من الندوات والمؤتمرات العلمية المحلية والدولية، شارك في العديد من الدراسات البحثية والدورات التدريبية والمحاضرات وورش العمل التي نظمها معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، اكتسب العديد من الخبرات والمهارات العلمية التطبيقية، عضو بالعديد من النقابات المهنية والجمعيات والمراكز العلمية. رقم الأوركيد: (0000-0002-3671-1061).

المراجع

الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء. (2022أ). *النشرة السنوية لحركة الإنتاج والتجارة الخارجية والمتاح للاستهلاك من السلع الزراعية 2022*. القاهرة: وزارة التخطيط.

الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء. (2022ب). *نشرة الموارد المائية والري 2022*. القاهرة: وزارة التخطيط.

خليل، محمد عبد العزيز. (2016). دراسة اقتصادية لإنتاج وتسويق محصول الفول البلدي في محافظة أسيوط مع تقدير الأمن الغذائي له في مصر. *المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي*، **26**(2)، 1015–30.

الشتلة، هاني سعيد وعبد العال، أحمد رمضان. (2022). *البصمة المائية وتجارة المياه الافتراضية*. القاهرة: مطبعة المها.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي. (2022أ). *نشرة الإحصاءات الزراعية 2022*. القاهرة: قطاع الشؤون الاقتصادية.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي. (2022ب). *نشرة الميزان الغذائي 2022*. القاهرة: قطاع الشؤون الاقتصادية.

AlShatla, H.S. and Abdel-AL, A.R. (2022). *Albasmat Almayiyat Watijarat Almiah Aliaiftiradia* 'Water Footprint and Virtual Water Trade'. Cairo, Egypt: Al Maha Press. [in Arabic]

Central Agency for Public Mobilization and Statistics. (2022A). *Alnashrat Alsanawiat Liharakat Al'iintaj Waltijarat Alkharijiat Walmutah Lilaistihlak Min Alsilae Alziraeiat 2022* 'Annual Bulletin of the Movement of Production, Foreign Trade and Available for Consumption of Agricultural Commodities 2022'. Cairo: Ministry of Planning. [in Arabic]

Central Agency for Public Mobilization and Statistics. (2022B). *Nashrat Almawarid Almayiyat Walrayi 2022* 'Bulletin of Water Resources and Irrigation 2022'. Cairo: Ministry of Planning. [in Arabic]

Khalil, M.A. (2016). Dirasat aiqtisadiat li'iintaj wataswiq mahsul alfwl albaladii fi muhafazat 'asyut mae taqdir al'amn alghidhayiyi lah fi misr 'An economic study of the production and marketing of the Fava Beans in Assiut governorate, with an astimate of its food security in Egypt'. *The Scientific Egyptian Journal of Agricultural Economics*, **26**(2), 1015–30. [in Arabic]

Ministry of Agriculture and Land Reclamation. (2022A). *Nashrat Al'iihsa'at Alziraeiat 2022* 'Agricultural Statistics Bulletin 2022'. Cairo: Economic Affairs Sector. [in Arabic]

Ministry of Agriculture and Land Reclamation. (2022B). *Nashrat Almizan Alghidhayiyi 2022* 'Food Balance Bulletin 2022'. Cairo: Economic Affairs Sector. [in Arabic]

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

The Use of Ginseng to Treat Disturbances of Sexual Hormones in the Ovaries Caused by Chemical Doses of Doxorubicin (Drug)

الجنسنغ في معالجة اضطراب الهرمونات الجنسية التي تحدثها الجرعات الكيمائية (عقار Doxorubicin) بالمبيض

Anas Abdulwahab Taweelh
Department of Basic Sciences, Faculty of Dentistry, Al Wataniya Private University, Hama, Syria

أنس عبدالوهاب طويلة
قسم العلوم الأساسية، كلية طب الأسنان، الجامعة الوطنية الخاصة، حماه، سوريا

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/sci/230025	03/04/2023	16/07/2023	16/07/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
5281	5	2023	24	2

ABSTRACT

Natural pharmaceutical compounds are relied upon for the treatment of many diseases due to their capacity to possess natural ingredients with medicinal properties that can treat side effects resulting from the toxicity of chemical compounds, such as drugs that treat cancer. We prefer to use ginseng, which is well known for the treatment of stubborn infertility cases and hormonal disorders associated with menopause, hence the importance of this study and the possibility of benefiting from the use of ginseng to treat negative side effects resulting from the use of the drug Doxorubicin. Doxorubicin is a widely-used anti-cancer drug, but it causes a number of negative side effects when treating tumours, including its effect on Graafian follicles and corpus luteum bodies, which play a major role in ovarian activity. We conclude that ginseng is able to maintain near-normal levels of sex hormones despite the presence of the toxic effect of Doxorubicin on ovarian activity. This is due to ginseng's beneficial effect on the abnormal stimulation of gonadal cells or the increase in hormonal secretion (FSH & LH). Ginseng is also able to stimulate the genes responsible for producing ovarian hormones by mimicking their receptors instead of their original complex. This might result in an improvement in the number of ovulation phases.

الملخص

تُعدُّ المستحضرات الصيدلانية الطبيعية من المركبات التي يعتمد عليها في معالجة الكثير من الأمراض تحت مُسمى الطب البديل لما تمتلكه من مكونات طبيعية بخصائص طبية تُعالج الأعراض الجانبية الناتجة من سميّة المركبات الكيميائية كأدوية معالجة السرطانات؛ وقد وقع الاختيار في بحثنا على عشبة الجنسنغ المعروفة بمعالجة حالات العقم المعنّد والاضطرابات الهرمونية المرافقة لسن اليأس؛ من هنا جاءت أهمية هذه الدراسة بإمكانية الاستفادة من عشبة الجنسنغ لمعالجة التأثيرات السلبية الناتجة من استخدام عقار دكسوريبوسين الذي يُعد أكثر العقاقير المضادة للسرطان استخدامًا، لكنه يتسبب بعدد من التأثيرات السلبية في أثناء معالجته الأورام، منها: تأثيره في الحويصلات الناضجة والأجسام الصفراء التي يُعول عليها نشاط المبيض ومن ثمّ يتعدى تأثيره في إحداث اضطرابات طمثية وحالات عقم عند اللواتي تمت معالجتهن بهذا العقار؛ خَلُصَت الدراسة إلى مقدرة الجنسنغ على المحافظة على مستويات قرب طبيعية للهرمونات الجنسية على الرغم من وجود التأثير السمي للعقار في النشاط المبيضي، من خلال ما تملكه من عناصر فعالة (saponine, glycosides, Ginsenoside) تعمل على تحفيز غير الطبيعي لخلايا الحاثة للمناسل الموجودة في الغدة النخامية لزيادة إفراز هرموني (F.S.H and LH) وبدورها تحرض بشكل أكبر على إنتاج الهرمونات المبيضية Progesterone (Esteroidal)، فضلاً عن تحفيز المورثات المسؤولة عن انتاج الهرمونات المبيضية بمحاكاة مستقبلاتها بدلاً من معقدها الأصلي، كل هذا سينتج منه تحسن بأعداد أطوار الإباضة ورفع حالة الخصوبة.

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
Corpus luteum, cytotoxic, graafian follicle, pituitary gland, progesterone, sex hormones
الأجسام الصفراء، الحويصلات الناضجة، السميّة الخلوية، الغدة النخامية، هرمون البروجسترون، الهرمونات المبيضية

CITATION
الإحالة
Taweelh, A.A. (2023). Aljinsanj fi muealjt adtirab alhurmunat aljinsiat alati tuhdthha aljurueat alkimyayiya (eaqar doxorubicin) bialmibyad 'The use of ginseng to treat disturbances of sexual hormones in the ovaries caused by chemical doses of doxorubicin (drug)'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 7–11. DOI: 10.37575/b/sci/230025 [in Arabic]
طويلة، أنس عبدالوهاب. (2023). الجنسنغ في مُعالجة اضطراب الهرمونات الجنسية التي تُحدثها الجرعات الكيمائية (عقار Doxorubicin) بالمبيض. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **24**(2)، 7-11.

1. المقدمة

تعد جذور عشبة الجنسنغ *Panax schinseng* من المكملات الغذائية (الجمال، 2010) التي اعتمدها قانون المتممات الغذائية DSHEA أو ما يدعى بالمكملات الغذائية لتنضم إلى قائمة الفيتامينات والمعادن والبروتينات التي تستخدم في تحسين حالة المرء الجسدية والجنسية (Gaeddert, 2011)، كما تعد محزوناً للمركبات الطبيعية الفعالة كأحماض الجنسينغ Ginsenoside Triterpene (Maria *et al.*, 2022; Tian *et al.*, 2008) التي تتكون من أكثر من ثلاثين نوعاً، أكثرها شيوعاً Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg3, Rh1، (Gaeddert, 2011; Heli *et al.*, 2009) يضاف إلى ذلك غناها بمواد السابونين Saponin ذات 25 نوعاً (Leung and Tsai, 2010)، فضلاً عن وجود الجليكوسيدات الستروئيدية (دهيمش، 1997)؛ ونظراً لمحتواها من تلك المركبات المهمة فهي تعمل على رفع حيوية الجسم وتنشيط فيزيولوجيته كتنشيط إفراز بعض الهرمونات الحيوية (حسين، 2009)، فضلاً عن مساعدتها في مقاومة بعض الصعوبات التي تتعرض لها السيدات في سن اليأس (الشيخوخة الإنجابية)، إذ تعمل على تعويض هرمونات الإستروجينات Estrogens، وتنشط خلايا دلتا الأساسية المنشطة للمناسل Gonadotrophs Cells الموجودة بالفص الأمامي في الغدة النخامية Pituitary Gland التي ينخفض إفرازها عند النساء اللواتي بلغن سن اليأس (Stephanie and Faubion, 2022). كما لعشبة الجنسنغ تأثير مشابه في مستقبلات الأندروجين والبروجسترون Androgen receptor and Progesterone receptor التي تنشط خلايا بطانة الرحم والمسهمة في تغليها على الآثار الجانبية لسن اليأس (Maria *et al.*, 2022)، لذلك ننصح السيدات اللواتي قاربن الوصول إلى سن اليأس (الشيخوخة الإنجابية) تناول جذور عشبة الجنسنغ عوضاً عن الهرمونات التجارية إذ توصي الجمعية الكندية للأمراض بالابتعاد عن الهرمونات التجارية باستبدال هرمونات طبعية بها من خلال استخدام أعشاب طبيعية (Desaulniers, 2011; Yaho and Mami, 2012)؛ من فوائدها أيضاً دورها في تجديد الخلايا المولدة للأعراس ومن ثمّ يمكن استخدامها كعلاج للعجز الجنسي (Stephanie and Faubion, 2022) .

على النقيض من ذلك تبدي العلاجات الكيميائية المستخدمة في مُعالجة الأورام السرطانية سمية خلوية Cytotoxic, ليس فقط على الأنسجة الورمية بل أيضاً في الأنسجة الطبيعية وخاصة التي تتميز بسرعة انقساماتها الخلوية كالخصى والمبايض (Rose and Davis, 2000). فالآثار الجانبية

Corresponding Author: Anas Abdulwahab Taweelh 00963941895933, anas.taweelh@wpu.edu.sy المؤلف المراسل: أنس عبدالوهاب طويلة

للعقاقير الكيميائية في الأعضاء التناسلية قد تودي إلى تدمير هذه الأنسجة وإلى تبدل في شكل الخلايا الجنسية وتركيبها أو تثبيط وظائفها (Ahmad *et al.*, 2009)، وخاصة الهرمونية مما ينعكس سلباً في الدورة الطمثية عند الأنثى(Lowry, 2007).؛ وقد أوضحت دراسة ميدانية لنا (2010) Tawele *et al.* أجريت على 500 سيدة تتلقى المعالجة الكيميائية بعقار Ariamycin حدوث انقطاع مؤقت للطمث بمعدل 92.5% وذلك في أثناء البدء في المعالجة، ثم تبعه اضطرابات في الدورة الطمثية في فترة المعالجة عند أغلبية السيدات إذ تجاوزت نسبتهنّ 86.41%؛ وهي على النحو الآتي: عند الأغلبية العظمي عانين من تأخر في الدورة الطمثية في فترة العلاج إذ بلغت نسبتهن 55.13%، بينما عانت أكثر من 23.08% منهن من خلل في موعد الدورة الطمثية، ودخول بعضهن 15.38% في مرحلة العقم - سن اليأس في مرحلة المبكر- كما أوضحت الدراسة ارتفاع نسبة عدم حصول الحمل عند النساء المتزوجات اللواتي يخضعن للمعالجة بالعقار بمقدار 91%، أما عند اللواتي نجحن بحدوث الحمل لديهن فكان مصيرهن حصول حالات إجهاض عفوي؛ كما تسبب المعالجة الكيميائية للأورام تحللاً على المستوى النسيجي، فقد أوضحت دراسة لنا أن مثل هذه الجرعات تلعب دوراً كبيراً في حدوث تبدلات في البنية النسيجية للمبيض وخاصة على مستوى الحوصلات المبيضية الناضجة Graafian follicle والأجسام الصفراء Corpus luteum من خلال التحلل والتنخرات Necrosis في الخلايا الحويصلية Granulosa cells، Oocytes والخلية البيضية (طويلة وآخرون، 2013)؛ (Taweelh and kassem, 2014)، يُحدث هذا التحلل النسيجي خللاً في التناغم والتنسيق بين الهرمونات الجنسية ذلك لأن الحويصلات المبيضية والأجسام الصفراء منتج رئيس للهرمونات المبيضية Estrogens and Progesterone (Taweelh and Kassem, 2015) مما أثر في هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية لخلايا Gonadotrophs Cells المنشطة للمناسل (LH and FSH) وفقاً لآليات Feed-back mechanism لتغذية الراجعة (حديدي، 1995)، والتي تُسهم في حدوث الإباضة وحالات الحمل والتحكم في تنظيم Menestrual Cycle الدورة الطمثية (Guyton, 1991).

2. هدف البحث

تحديد دور جذور عشبة الجنسنغ في درء اضطرابات الهرمونات الجنسية، ومعالجة حالات العقم التي تسببها التأثيرات السميَّة للجرعات الكيميائية (Doxorubicin) في المبايض، من خلال دراستها على إناث الهامستر السوري.

3. مواد البحث وطرائقه

- تحضير معلق الجنسنغ، بسحق جذوره المجففة على شكل مسحوق ناعم Powder، ثم حل 20g من هذا المسحوق في الماء العادي واستكماله حتى اللتر ليصبح بتركيز 20 mg/ml بدلالة حساب كمية الجرعة على الوزن (200 mg/kg/day) وبمدة لا تزيد على 15 يوماً (Jeffrey, 2000; Basch and Ulbricht, 2005; Mosby, 2006)
- أُجريت هذه الدراسة على إناث الهامستر السوري Mesocricetus auratus بمختبرات حيوانات التجربة والبحث العلمي، حيث تم انتخاب 70 أنثى ناضجة في أوج بلوغها (بعمر ثلاثة إلى أربعة أشهر)، تراوحت أوزانها ما بين 85 إلى 110 gm، وأطوالها ما بين 12 Cm إلى13 Cm وذلك لحساب Body surface area؛ أخضعت جميعها لظروف بيئة متماثلة من حيث درجة الحرارة 25 +_2 oC، والفترة الضوئية المتماثلة، و تناولها الغذاء والماء بشكل حر؛ تم وضعها في أقفاص بجوارها أقفاص مستقلة تحتوي على عدد من الذكور بغية تحريض الدورة الشبقية، فضلاً عن وضع الذكور داخل قفص الإناث قبل فصد الدم بيومين بغية تحريض الإناث على الإباضة والنشاط الجنسي، إذ إن الدورة الشبقة عند إناث الهامستر تتحرض فور اشتمامها رائحة الفورمونات المنبعثة من أبوال الذكور (Bronson and Macmillan, 2012)، وذلك لتجنب أي مؤثر خارجي يؤثر في نشاط الهرمونات الجنسية لديها.

قسمتُ الإناث المدروسة إلى مجموعتين رئيسيتين:

- مجموعة رئيسية أولى: حُقنت بعقار Doxorubicin ولم تُجرع بجرعة وقائية (D): تتألف من 25 فرداً من إناث الهامستر السوري تم تقسيمها إلى مجموعتين ثانويتين:
  - مجموعة أولى: شاهد طبيعي مكونة من خمس إناث، جُرعت عن طريق الفم بماء عادي خلال 15 يوماً، ثم حُقنت بمحلول فيزيولوجي Ringer Lactate داخل التجويف البيرتواني Intraperitoneal Injection؛ بعدها تم فصد دمها بغية تحليلها هرمونياً.
  - مجموعة ثانية: تتألف من عشرين أنثى جرعت عن طريق الفم بماء عادي لمدة 15 يوماً ثم حُقنت بعقار Doxorubicin كجرعة مفردة داخل التجويف البيرتواني، ومن ثم تم فصد الدم منها في أزمنة مختلفة.
- مجموعة رئيسية ثانية: جرعت بجذور عشبة الجنسنغ ثم حُقنت بعقار Doxorubicin (G+D): تتألف من 25 أنثى تم توزيعها إلى مجموعتين:
  - مجموعة أولى: شاهد على الجرعة الوقائية (الجنسنغ): وهي خمس إناث جُرعت عن طريق الفم بمعلق عشبة جذور الجنسنغ الكوري المجفف لمدة 15 يوماً بدلالة الجرعة (200 mg/kg/day)، ومن ثم تم فصد دمها بغية تحليلها هرمونياً.
  - مجموعة ثانية: تتألف من عشرين أنثى جرعت بمعلق عشبة جذور الجنسنغ الكوري لمدة 15 يوماً بدلالة الجرعة، ثم حُقنت بعقار Doxorubicin داخل التجويف البيرتواني، بعدها تم فصد دمها بأوقات محددة.

تمت الدراسة على أساس جرعة كيميائية واحدة، تم احتساب كمية جرعة الـDoxorubicin لكل أنثى، بدلالة الجرعة التي تُعطى للشخص البالغ كجرعة مفردة 60-75mg/m^2/10-15 Day حيث تُقدر كمية الجرعة اعتماداً على الوزن أو على مساحة سطح الجسم (Perth, 2022; Baquiran and Gallagher, 1998).

يتم احتساب مساحة السطح Body surface area وفق أحد المعادلات الآتية:

- تم احتساب مساحة السطح = $\frac{\sqrt{\text{وزن (كغ)} \times \text{طول (سم)}}}{\text{ثابت (3600)}}$
- مساحة سطح الجسم (م2) = ثابت (0.202) X الوزن (كجم)(0.425) X الطول (متر)(0.725)
- معادلة دوبوي (Dubois):
  مساحة سطح الجسم (م2) = ثابت (0.007184) X الوزن (كجم)(0.425) X الطول (سم)(0.725)

أدناه طرق العمل المخبرية:

- فصد الدم وفق فترات زمنية محددة، وتم وضعه في أنابيب خاصة تحتوي على مانع تخثر (Heparin):
  - الزمن الأول(I): بعد مرور ثلاثة أيام على حقن العقار.
  - الزمن الثاني(II): بعد مرور خمسة أيام على حقن العقار.
  - الزمن الثالث(III): بعد مرور عشرة أيام على حقن العقار.
  - الزمن الرابع(IV): بعد مرور خمسة عشر يوماً على حقن العقار.
- تثفيل الدم، وأخذ المصل وتحليل الهرمونات الجنسية (F.S.H and LH and Progesterone and Estradol) بجهاز آلي لتحليل الهرمونات Roche Cobas e 411 وهو من الجيل الرابع Generation 4th، يعمل بآلية القياسات المناعية بالتألق الكهربائي الكيميائي Electro Chemiluminiscence (ECL).
- اعتماد النسب المعيارية للهرمونات الجنسية وذلك لتحديد طور النشاط المبيضي

جدول رقم (1): يوضح النسب المعيارية للهرمونات الجنسية لكل طورمن الأطوار

جدول النسب الهرمونية عند الإناث الطبيعيات				
الطور	هرمون الحاث الجريبي (Follicle-stimulating hormone) F.S.H mIU/ml	الهرمون اللوتنيني (Luteinizing hormone) LH mIU/ml	هرمون البروجسترون (Progesterone II) Pro nmol/mL	هرمون الإستراديول (Estradiol II) E2 Pg/mL
الطور الجويصلي (Follicular phase)	3.5 – 12.5	2.4 – 12.6	0.6 – 4.7	12.5 – 166
طور الإباضة (Ovulation)	4.7 – 21.5	14.0 – 95.6	2.4–9.4	85.8 – 498
طور الليتوتيني (Luteal phase)	1.7 – 7.7	1.0 – 11.	5.3 – 86	43.8 – 211

4. النتائج

جدول رقم (2): يوضح نتائج التحاليل الهرمونات الجنسية عند إناث الهامستر السوري لمجموعة الشاهد الطبيعي

المجموعة	رقم العينة	F.S.H (mIU/m)	L.H (mIU/m)	Pro (nmol/mL)	E.S (Pg/mL)	توصيف الحالة
الشاهد الطبيعي	1	14.89	67.56	3.04	259.90	طور الإباضة
	2	13.65	45.78	5.84	258.70	طور الإباضة

	3	15.67	54.65	7.09	423.50	طور الإباضة
	4	1.08	2.01	22.42	156.00	طور الليتوتيني
	5	2.60	2.32	14.65	169.90	طور الليتوتيني

جدول رقم (3) يوضح نتائج التحاليل الهرمونات الجنسية عند إناث الهامستر السوري المحقونة بعقار Doxorubicin دون جرعة وقائية (D)

الزمن الأول (D-I)	1	2.90	1.09	59.69	67.10	طور الليتوتيني
	2	21.98	53.01	1.29	13.65	اضطراب مبيض بدئي
	3	26.89	47.98	1.18	5.00	سن يأس مبكر
	4	3.05	2.03	22.63	68.73	طور الليتوتيني
	5	2.99	8.40	12.72	55.11	طور الليتوتيني
الزمن الثاني (D-II)	1	50.07	41.54	1.49	5.57	سن يأس مبكر
	2	4.75	11.87	1.38	122.6	طور الحويصلي
	3	23.67	43.89	1.35	15.37	اضطراب مبيض بدئي
	4	24.06	51.01	0.86	11.64	اضطراب مبيض بدئي
	5	46.06	57.09	0.38	6.33	سن يأس مبكر
الزمن الثالث (D-III)	1	3.47	9.35	4.20	163.5	طور الحويصلي
	2	25.00	58.98	1.32	13.72	اضطراب مبيض بدئي
	3	25.04	53.60	2.06	14.32	اضطراب مبيض بدئي
	4	3.56	4.94	3.84	24.81	طور الحويصلي
	5	3.78	3.20	4.02	30.41	طور الحويصلي
الزمن الرابع (D-IV)	1	1.50	1.57	2.39	45.24	طور الحويصلي
	2	22.142	43.78	2.90	16.01	اضطراب مبيض بدئي
	3	3.89	3.67	13.87	168.07	طور الليتوتيني
	4	2.98	1.07	4.86	152.30	طور الحويصلي
	5	4.02	2.41	0.56	50.01	طور الحويصلي

جدول رقم (4): يوضح نتائج التحاليل الهرمونات الجنسية عند إناث الهامستر السوري لمجموعة شاهد جذور عشبة الجنسنغ

المجموعة الثانوية	رقم العينة	F.S.H (mIU/m)	L.H (mIU/m)	Pro (nmol/mL)	E.S (Pg/mL)	توصيف الحالة
شاهد جذور عشبة الجنسنغ	1	19.08	90.45	9.50	498.6	طور الإباضة
	2	6.50	9.70	23.10	208.8	طور الليتوتيني
	3	6.78	8.97	21.09	210.3	طور الليتوتيني
	4	86.87 ↑	95.07	9.34	150.4	طور الإباضة
	5	100.45 ↑	96.01 ↑	6.81	465.5	طور الإباضة
يشير السهم ↑ إلى ارتفاع الهرمون عن المعدل الطبيعي في الطور الذي يمثله						

جدول رقم (5) يوضح نتائج التحاليل الهرمونات الجنسية عند إناث الهامستر السوري المجرعة بجذور عشبة الجنسنغ كالجرعة الوقائية ومن ثم المحقونة بعقار Doxorubicin (G+D)

الزمن الأول (G+D -I)	1	6.67	10.70	12.6	93.5	طور الليتوتيني
	2	15.98	89.02	5.31	129.5	طور الإباضة
	3	7.60	10.67	9.18	97.4	طور الليتوتيني
	4	21.76	90.78	2.85	102.7	طور الإباضة
	5	12.41	11.76	2.01	18.53	طور الحويصلي
الزمن الثاني (G+D-II)	1	7.08	10.65	5.05	50.50	طور الليتوتيني
	2	7.45	11.13	8.69	53.10	طور الليتوتيني
	3	12.97	11.98	1.22	23.33	طور الحويصلي
	4	7.72	11.18	5.39	48.20	طور الليتوتيني
	5	12.51	12.06	0.90	33.49	طور الحويصلي
الزمن الثالث (G+D-III)	1	22.66	90.78	2.85	110.2	طور الإباضة
	2	3.32	2.21	76.53	146.62	طور الليتوتيني
	3	10.50	2.76	78.69	118.20	طور الليتوتيني
	4	3.50	5.43	20.59	174.40	طور الليتوتيني
	5	14.40	18.01	2.11	275.69	طور الإباضة
الزمن الرابع (G+D-IV)	1	17.87	70.65	6.53	251.04	طور الإباضة
	2	22.01	85.76	5.11	234.73	طور الإباضة
	3	6.87	9.02	71.88	162.00	طور الليتوتيني
	4	15.32	85.67	8.96	221.4	طور الإباضة
	5	20.45	80.11	14.37	445.94	طور الإباضة

5. المناقشة

5.1. المجموعة الرئيسية المحقونة بعقار Doxorubicin من دون جرعة وقائية (D):

من خلال التحاليل الهرمونية التي أجريت على المجموعة الرئيسية المحقونة بالعقار من دون جرعة وقائية (D) جدول رقم (3)، ومقارنتها مع المجموعة الشاهدة جدول رقم (2)، ومع المجال المعياري لكل طور من أطوار المبيض ولكلٍ من الهرمونات الجنسية (F.S.H and LH and Estradiol and Progesterone) جدول رقم (1) وذلك بغية تحديد أطوار المبيض بشكل دقيق؛ تم ملاحظة وجود حالات اضطرابات في الهرمونيات المبيضية (تدعى اضطراب مبيض بدئي)، أدت بعضها إلى سن اليأس المبكر(العقم الجنسي) بنسبة وصلت (5/2)، وذلك بعد ثلاثة أيام من حقن العقار أي في الزمن الأول (D-I)؛ وبلغت ذروته بعد خمسة أيام من الحقن أي في الزمن الثاني (D-II) لتصل(5/4) ؛ ثم تتراجع هذه النسبة لتصل إلى معدل (5/2) في الزمن الثالث (D-III)، ومعدل (5/1) في الزمن الرابع (D-IV)، ويعود هذا الانخفاض في الزمن الرابع إلى التخلص بشكل جزئي من سميّة العقار كونها جرعة مفردة تعطى كل 15 يوماً إذ يتم التخلص منه عن طريق استقلابه بالدرجة الأولى على المستوى الكبدى فيُطرح عبر العصارة الصفراوية ومن ثم يتم طرح بقية نواتج الاستقلاب عبر البول والبراز مما يستدعي في بعض الأحيان إلى تلون البول (Perth, 2022)؛ هذا ما تبينه نتائج التحاليل الهرمونية من خلو جميع أفراد هذه المجموعة من أطوار الإباضة أو الطور اللوتئينية -الدالة على النشاط المبيضي- ماعدا ظهور حالة واحدة لطور ليتوئيني في الزمن الرابع (A-IV). أما باقي الأزمنة فكلها كانت أطواراً بدائية (أطوار حويصلية) بل تعدى الأمر في بعض الحالات الوصول إلى اضطراب مبيض بدئي ناتج من خلل في الهرمونات المبيضية إلى الوصول إلى سن اليأس المبكر (العجز الجنسي)؛ علماً أن سبب هذا الاضطراب ناتج من تدهور في حالة الهرمونية الجنسية الناتج من خلل بالبنية النسيجية للمبيض هذا ما تم التحقق منه في مقالات سابقة لنا (طويلة وآخرون، 2013) ;(Taweelh and Kassem, 2014) إذ يوضح أن العقاقير الكيميائية تعمل على تحلل البنية النسيجية للمبيض سواء على مستوى الخلية البيضية أو على الخلايا الحويصلية من خلال اعتمادها على تكوين مركبات أساسية حرة ناتجة من اختزال العقار والتي تتسبب في حدوث تدمير في شريطي DNA فضلاً عن تثبيط إنزيم Topoisomerasa II الذي يلعب دورًا في عملية تضاعف الحمض النووي DNA في أثناء الانقسام الخلوي؛ كما يعمل أيضاً على تغيّر في تركيب الغشاء البلازمي وذلك من خلال حدوث اضطراب في بنية الأغشية الدهنية المفسفرة Membrane phospholipids من خلال ارتباط العقار بالدهون المفسفرة، أو من خلال تشكيل جذور حرة مثل الماء الأوكسجيني H_2O_2 تتفاعل مع الفوسفولبيدات Phospholipids ومن ثمّ يؤدي إلى عدم ثبات بنية الغشاء البلازمي.

تتفق هذه النتائج مع نتائج دراستنا الميدانية السابقة (2010) Tawele *et al.* التي أجريت على نساء متعاطيات عقار Adriamycin، حيث لوحظ وجود حالات انقطاع طمث مؤقت في بداية تعاطي العقار بنسبة 92.5%، ثم تلاه اضطرابات طمثية في أثناء فترة العلاج وصلت إلى 86.41%، و 15.38% وصلن إلى سن يأس مبكر.

فضلاً عن تقاربها مع نتائج دراسات عديدة حول تأثير العلاجات الكيميائية المختلفة في مستوى الهرمونات الأنثوية، منها دراسة (1978) Samaan *et al.* التي أوضحت اضطرابات في مستويات الهرمونات عند نساء خضعن للعلاج الكيميائي المكون من مجموعة عقاقير شملت 5-fluorouracil, Adriamycin, Cyclophpsphamide, BCG، وتتفق مع نتائج (2001) Shamberger *et al.* بوجود اضطراب في الدورة الشهرية وانقطاع الطمث المؤقت عند نساء خضعن لعلاج كيميائي شمل عقار الأدريباميسين والسيكلوفوسفاميد Cyclophosphamide والميثوتركسات Methotrexate .

وتتقاطع أيضاً مع دراسات دارت حول الخصوبة والإنتاجية كدراسة (2000) Borovskaya and Goi'dberg الذي طبق عقار الأنثراسيكلينات على إناث الجرذان، مما تسبب بمنع حدوث أية حالات حمل للإناث اللواتي تزوجن بعد يوم واحد من تعاطي العقار، مستنتجاً بذلك التأثير السميُّ في الحويصلات المبيضية الناضجة والتي تمتاز بنشاط انقسامي عالٍ، و ارتفاع نسبة التحللات والتنخرات Necrosis المميتة في الخلايا الجنسية الأنثوية؛ ويتقارب أيضاً مع نتائج الباحث (2000) Shima التي أكدت تناقص نسبة الخصوبة (61%-39%) عن المعدل الطبيعي وذلك بما يتناسب طرداً مع كمية الجرعة المعطاة، وزيادة عدد الفئران العقيمة؛ وتتفق أيضاً مع نتائج الباحثين (2002) Andreeva *et al.* حول انخفاض عدد البويضات الناضجة عند الجرذان بعد حقنها بالأدرياميسين.

5.2. المجموعة الرئيسية المجرعة بجذور عشبة الجنسنغ كالجرعة الوقائية ومن ثم المحقونة بعقار Doxorubicin (G+D):

من خلال التحاليل الهرمونية التي أجريت على المجموعة الرئيسية المجرعة بالجرعة الوقائية الجنسنغ ومن ثم تم حقنها بالعقار(G+D) جدول رقم (5)، ومقارنتها مع مجموعة المحقونة بالعقار دون جرعة وقائية (D) جدول رقم (3)، مع الأخذ بعين الاعتبار المجموعة الشاهدة والمجال المعياري لكل طور من أطوار المبيض ولكلٍ من الهرمونات الجنسية (F.S.H and LH and Estradiol and Progesterone) بغية تحديد أطوار المبيض بشكل دقيق جدول رقم (1)؛ لوحظ أنه لا يوجد أي حالات اضطراب في الهرمونات كما شهدناه سابقاً في المجموعة السابقة (D)، بل هنالك وجود لنشاط هرموني للمبيض تمثله أطوار الإباضة التي تصل إلى معدل (5/2) في الزمن الأول (G+D-I)، ويستمر إلى الزمن الثالث (G+D -III)، مع زيادته في الزمن الرابع (G+D -IV) لتصل

بمعدل (5/4)، جدول رقم (5).

على الرغم من أن التحلل في الخلايا الجنسية بين المجموعتين الرئيسيتن D) and G+D) كان تحللاً متقارباً إذ أوضحت دراسة نسيجية سابقة لنا Taweelh (2019) دارت حول مقارنة قدرة أي من الجرعتين الوقائيتن العسل أو الجنسنغ في حماية الخلايا الجنسية من تأثير أحد العلاجات الكيميائية، لنتبين أن عشبة الجنسنغ كان لها الدور الأضعف في ذلك.

أما الأسباب التي قادت هذا التحسن في النشاط الهرموني للإناث المجرعة بالجنسنغ هو ما تمتلكه جذور عشبة الجنسنغ من عناصر فعالة تعمل على تحفيز اصطناع هذه الهرمونات، حيث إن هذه الجذور تحتوي من عناصر فعالة كال Saponine and Gycosides وعلى معقدات {من 3-OH إلى 17-OH}، Maria (Tian *et al.,* 2008; Heli *et al.,* 2009; Aljamal, 2010; Gaeddert, 2011; *et al.,* 2022) التي من خلالها لعبت دوراً بشكل غير اعتيادي في تحفيز هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية Pituitary Gland منشطةً بذلك بشكل أكبر خلايا دلتا الأساسية الحاثة للمناسل Gonadotrophs Cells التي تنتج الهرمون الحاث لتطور الحويصلات F.S.H، وهرمون الليتوئيني أو ما يسمى هرمون الإباضة L.H، وهما اللذان بدورهما يؤديان إلى زيادة تحريضيّة وفقاً لآلية التغذية الراجعة الإيجابية Feed-back Positive على الحويصلات المبيضية المنتجة لهرموني الاستراديول Esteroidal والبروجسترون Progesterone مُستدعياً بذلك تعويض النقص الهرموني الناتج من سميّة العقار؛ فضلاً عن ذلك أن جذور عشبة الجنسنغ تمتلك عناصر أخرى فعالة تدعى أحماض Ginsenoside وأهمها حمضRh1 الذي بدوره يرتبط بأحد مستقبلات الاستروجينية بتا β في الغشاء البلاسمي في الخلايا الحويصلية مما يحث على تحفيز المورثة المسؤولة عن اصطناع هرمونات الاستروجينات لتشكيل mRNA فينشطه بدلاً من المعقد الحقيقي الطبيعي لينتج عند ترجمته في Ribosomes هرمونات الاستروجينات ومنها هرمون الاستراديول بالتالي زيادة غير اعتادية في هذا الهرمون، وكذلك الأمر في هرمون البروجسترون (Lee *et al.,* 2003)؛ إضافة إلى وجود تشابه بين Ginsenosides الجنسينوسيدات في بنية المعقد مع هرمونات للإستروجينات Oestrogens بنظائرها المختلفة {الاستريول Steroidal، الاستراديول Esteroidal} (Gao *et al.,* 2009).

ما يؤكد ذلك هو وجود حالات فرط نشاط في هرموني F.S.Hand LH، في مجموعة شاهد الجرعة الوقائية عشبة جذور الجنسنغ جدول رقم (4) إذ نجد أن قيمتها تجاوزت الحد الأعلى في الطور التي تمثله بعد تناولها جذور عشبة الجنسنغ، وهذا يؤكد ما تم تفسره سابقاً أن الجنسنغ قام بتحفيز بشكل غير اعتيادي لخلايا للفص الأمامي للغدة النخامة المنتجة لهذه الهرمونات Gonadotrophs Cells، وهذا ما يُثبت أن التحفيز غير الاعتيادي هو الذي قام بتعويض النقص الهرمونات الناتج من التأثير السمي للعقار.

تتقارب هذه النتائج مع دراسة أجريت في إحدى مستشفيات لندن من قبل الباحثين Cunningham *et al.* (2005) لامرأة تم بتر فوق غمدها الرحمي Supravaginal واستئصال رحمها Ovarictomy بشكل الكامل، إذ تم إعطاؤها في أثناء فترة المعالجة عشبة الجنسنغ مما أدى إلى عودة تركيز هرمون Oestrogenic لوضعه الطبيعي بعد أن كان متدنياً. وتؤكد دراسة جامعة أليونوي في الولايات المتحدة الأمريكية كلية الطب (2011) أجريت على إناث فئران سليمة (غير محقونة بأي مادة) مفادها أن الجنسنغ قام بنشيط الغدة النخامية وزاد من إفراز هرمونات موجهات القند (Gn-RH)، مما أدى إلى زيادة نشاط الدورة الشهرية وحيويتها عندها؛ وهذا ما أشارت إليه دراسة الباحثين Pak *et al.* (2009) مفادها أن نبات الجنسنغ الكوري الأحمر يقوم بتنظيم تشكل الحوصلات والإباضة في مبايض الجرذان، وذلك من خلال الأثر الذي يحدثه الجنسنغ في الغدة النخامية Pituitary وفي المبيض أيضاً؛ كما تتقارب مع دراسة Jung *et al.* (2011) حول تأثير جذور الجنسنغ في معالجة العقم الذي أُحدث بواسطة حقن الجرذان بـ E.V -عبارة عن استراديول مذاب بزيت السمسم للحصول على جرذان عقيمة- إذ لاحظ الباحثون انخفاضاً ملحوظاً في عدد الحوصلات المتحللة مع تقدم في معدل الحوصلات الطبيعية؛ وتنسجم أيضاً مع دراسة سابقة لنا طويلة (2022) حول الدور الذي يمارسه مزيج من العسل والغذاء الملكي مع جذور عشبة الجنسنغ تجاه التأثيرات السمية الدوائية التي تُحدثها العلاجات الكيميائيّة من رفع النشاط المبيضي لمجموعة من حيوانات التجربة تم حقنها بعقار Doxorubicin.

خلاصة القول: إن عشبة جذور الجنسنغ قامت بتحفيز غير طبيعي في إنتاج الهرمونات الجنسية وذلك عن طريق تحفيز الغدة النخامية لهرموني F.S.H) (and LHفضلاً عن تشابهها في بنيتها مع المعقد الطبيعي محفزاً بذلك المستقبلات الخلوية بدلاً من المعقد الطبيعي؛ كل هذا قاد لتعويض النقص في الهرمونات المبيضية الناتجة من سميَّة الجرعات الكيميائية مانعاً بذلك دخول المبيض في مرحلة اضطراب مبيض بدئي أو وصول إلى سن اليأس المبكر.

6. الاستنتاجات

- على الرغم من التأثير الإيجابي للعلاجات الكيميائية في القضاء على الخلايا الورميَّة، نجد أن تأثيره يتجاوز الخلايا السليمة خاصة الخلايا التكاثرية كالخلايا الحويصلات المبيضية، مؤثرة بذلك في النشاط المبيضي تتمثل بخلل في الهرمونات المبيضية.
- تكمن قمة الاضطرابات الهرمونية في الزمن الثاني أي بعد مرور ثلاثة أيام من حقن العقار إذ تصل بعض حالاتها إلى سن اليأس المبكر، لكنها تبدأ في التراجع بعد مرور أكثر من عشرة أيام من الحقن نتيجة استقلاب العقار وطرحه خارج الجسم بأشكال متعددة، مع بقاء تأثيره سارياً في المبيض مانعاً وصوله إلى التعافي التام أو الوصول إلى طور الإباضة، وذلك نظراً لاستمرار التأثير السمي للعقار.
- يكمن نجاح عشبة جذور الجنسنغ من خلال ما تملكه من عناصر فعالة (saponine, glycosides, Ginsenoside) تعمل على معالجة الاضطرابات الهرمونية التي يُحدثها العقار، من خلال:
  - تحفيز غير طبيعي لخلايا الحاثة للمناسل الموجودة في الغدة النخامية لزادة إفراز هرموني (F.S.H and LH) وبدورها تحرض بشكل أكبر على إنتاج الهرمونات المبيضية (Progesterone and Esteroidal).
  - تحفيز المورثات المسؤولة عن إنتاج الهرمونات المبيضية من خلال محاكاة مستقبلاتها بدلاً من المعقدات الأصلية.

7. التوصيات

ننصح بتناول جذور عشبة الجنسنغ قبل المعالجة بالجرعات الكيميائية لتلافي الاضطرابات الهرمونات الجنسية مانعةً بذلك من وصول المبيض إلى حالة الاضطراب المبيضي البدئي أو الوصول إلى سن اليأس المبكر ومن ثمّ المحافظة على معدل الخصوبة.

نبذة عن المؤلف

أنس عبدالوهاب طويلة

قسم العلوم الأساسية، كلية طب الأسنان، الجامعة الوطنية الخاصة، حماه، سوريا، anas.taweelh@wpu.edu.sy ، anastaweelh83@gmail.com ، 00963941895933

د. طويلة، سوري، دكتوراه (جامعة حلب)، دَرّس في العديد من الجامعات السورية الحكومية، وعدد من الجامعات الخاصة، له العديد من الأبحاث المنشورة في مجلات دولية؛ منها (International Journal of Pharmaceutical Care & Health)، والعديد من الأبحاث المنشورة في مجلات محلية وعربية؛ منها جامعة الملك عبدالعزيز، شارك في العديد من المؤتمرات متحدثًا، له مؤلفان جامعيان، والعديد من المشاركات في الأنشطة المتنوعة؛ كالندوات، والمقابلات التلفزيونية، عضو تحرير مجلة (Journal of International Case Reports)، وباحث أكاديمي بجمعية Academia. رقم (ORCID): (1304-5246-0009-0009)، (Google Scholar): https://scholar.google.com/citations?user=m3qgo_AAAAAJ&hl=ar

المراجع

الجمال، بشار. (2010). إدارة الغذاء والدواء ودورها في تنظيم الدواء. *مجلة عَمان الطبية*، **12**(6)، بدون أرقام صفحات.

حديدي، سيد. (1995). *فيزيولوجيا الغدد الصم*. دمشق: دار طلاس.

حسين، محمد. (2009). *الجديد في الطب البديل*. حلب: دار الحافظ للكتاب.

دهيمش، أحمد صالح. (1997). *مفردات النباتات الطبية وطرق المعالجة بها*. دمشق: دار

البترا.

طويلة، أنس. (2022). الدور الوقائي لمزيج من العسل والغذاء الملكي مع جذور عشبة الجنسنغ اتجاه التأثيرات السميّة الدوائية التي تُحدثها العلاجات الكيميائيّة (Doxorubicin) في الخلايا الجنسيّة الأنثوية. *مجلة البحوث بجامعة حلب: سلسلة العلوم الأساسية*، **بدون رقم مجلد**(155). بدون أرقام صفحات.

طويلة، أنس، قاسم، محمود وبصل، علي. (2013). دراسة تأثير عقار (Adriamycin)على البنية النسيجية للجريبات الناضجة في مبايض الهامستر السوري. *مجلة البحوث بجامعة حلب: سلسلة العلوم الأساسية*، **بدون رقم مجلد**(91). بدون أرقام صفحات.

Ahmad, N., Gupta, P. and Cicogrge, K. (2009). Sub-acute toxicity or cypermethrin in rats. *Journal Environ Biol*, **10**(3), 309–17.

Aljamal, B. (2010). Iidarat alghidha waldawa wadawruha fi tanzim aldawa 'The food and drug administration and its role in drug regulation'. *Amman Journal of Medicine,* **12**(6), n/a. [in Arabic]

Andreeva, E., Borovskaia, T., Fommina, T. and Filippova, M. (2002). Late effects of damaging action of doxorubicin on reproductive system and progeny of rats. *Journal Antibiotics and Chemotherapy,* **37**(5), 32–34.

Baquiran, D. and Gallagher, J. (1998). *Lippincott's Cancer Chemotherapy*. Philadelphia: Lippincott, Handbook.

Basch, E.M. and Ulbricht, C.E. (2005). *Natural Stand Herb and Supplement*. Mosby St., U.S.A: Louis, Handbook.

Borovskaya, T.G. and Goi'dberg, E.D. (2000). Effects of anthracyclines on reproductive function in rats. *Journal Boil and Med.*, **130**(11), pages1066–8. DOI: 10.1007/BF02688180

Bronson, F.H. and Macmillan, B. (2012). 7 - Hormonal Responses to Primer Pheromones in pheromones and reproduction in mammals vandenbergh. *Journal Academic Press*, **n/a**(n/a), 175–97. DOI: 10.1016/B978-0-12-710780-6.50013-3

Cunningham, J., Sharman, V., Hawkes, A.P., Goodwin, F.J. and Marsh, F.P. (2005). Oestrogen-like effect of ginseng. *Journal British Medical, Department of Nephrology, the London Hospital*, **281**(25), n/a.

Desaulniers, J. (2011). *Gynecologist, Menopause*. Canada: Centre Hospitalier Fleury in Le College Québec.

Dhimish, A.S. (1997). *Mufradat Alnabatat Altibiyat Waturuq Almuealajat Biha* 'Vocabulary of Medicinal Plants and Methods of Treatment'. Damascus: Petra House. [in Arabic]

Gaeddert, A. (2011). *Healing Immune Disorders Natural Defense- Building Solutions*. California: North Atlantic Books Berkeley.

Gao, Q.G., Chen, W.F., Xie, J.X. and Wong, M.S. (2009). Ginsenoside Rg1 protects against 6-OHDA-induced neurotoxicity in neuroblastoma SK-N-SH cells via IGF-I receptor and estrogen receptor pathways. *Journal Neurochemistry*, **109**(5), 1338–47. DOI:10.1111/j.1471-4159.2009.06051.x

Guyton, A.C. (1991). *Textbook of Medical Physiology*. U.S.A: W.B. Saunders.

Hadidi, S. (1995). *Fizyulujia Alghudad Alsumu* 'Endocrine Physiology'. Damascus: Dar Tlass. [in Arabic]

Heli, J., Roy, P. and Kalicki, R. (2009). Ginseng. *Journal Pennington Nutrition Series, Division of Education from Pennington Biomedical Research Center, in Baton Rouge, Louisiana*, **n/a**(8), n/a.

Husayn, M. (2009). *Aljadid Fi Altibi Albadil* 'New in Alternative Medicine'. Aleppo: Al Hafez House for Books. [in Arabic]

Jeffrey, D. (2000). *PDR for Herbal Medicines*. Canada: Published by Medical Economics Company.

Jung, J.H., Park, H.T., Kim, T., Jeong, M.J., Lim, S.L., Nat, S.Y., Cho, I.H., Kang, S.S., Moon, C.J., Kim, J.C., Kim, S.H. and Bae, C.S. (2011). Therapeutic effect of korean red ginseng extract on infertility caused by polycystic ovaries. *Journal Ginseng Research*, **35**(2), 250–5. DOI: 10.5142/jgr.2011.35.2.250

Lee, Y.J., Jin, Y.R., Lim, W.C., Ji, S.M., Choi, S., Jang, S. and Lee, S.K. (2003). A ginsenoside-Rh1 a component of ginseng saponin activates estrogen receptor in human breast carcinoma MCF-7 cells. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, **84**(4), 463–8. DOI: 10.1016/S0960-0760(03)00067-0

Leung, L.W. and Tsai, W.A. (2010). Pharmacology of ginsenosides: a literature review. *Journal Chinese Medicine,* **5**(20), n/a. DOI:10.1186/1749–8546-5–20

Lowry, W. (2007). Unwanted effects of cytotoxic drugs bibliographic citation. *Journal Prescriber's*, **10**(n/a), 132–4.

Maria, A.P., Monica, M., Luigi, S., Ioannis, A.C. and Lucrezia, B. (2022). Ancient herbal therapy: A brief history of Panax ginseng. *Journal of Ginseng Research*, 47(3), 359–65. DOI:10.1016/j.jgr.2022.03.004

Mosby, S. (2006). *Book of Herbs and Natural Supplements*. 3nd edition. London: Skid More-Roth.

Pak, S.C., Kim, S.E., Oh, D.M., Shim, K.M., Jeong, M.J., Lim, S.C., Nah, S.Y., Park, S.H., Kang, S.S., Moon, C.J., Kim, J.C. and Kim, S.H. (2009). Effects of korean red ginseng extract in estradiol ovary murine model. *Journal Archives of Pharmacal Research,* **32**(n/a), 347–52. DOI: 10.1007/s12272-009-1306-y

Perth, P.L. (2022). *Product Information Adriamycin*. Australia: Pfizer.

Rose, D. and Davis, T. (2000). Effects of adjuvant chemohormonal therapy on the ovarian and adrenal function of breast cancer patients. *Journal Cancer- Research,* **40**(n/a), 4043–7.

Samaan, N.A., Deasis. D.N., Buzdar, A.U. and Blumenschein, G.R. (1978). Pituitary-ovarian function in breast cancer patients on adjuvant chemotherapy. *Journal Cancer*, **41**(6), 2084–7. DOI: 10.1002/1097-0142(197806)41:6<2084::aid-cncr2820410603>3.0.co;2-y

Shamberger, R., Sherins, R., Ziegler, J., Glatstein, E. and Rosenberg, S. (2001). Effects of postoperative adjuvant chemotherapy and radiotherapy on ovarian function in women undergoing treatment for soft tissue sarcoma. *Journal Natl Cancer, Inst*, **67**(6), 1213–8.

Shima Y. (2000). Quantitative study on the effect of oncostatic toxicity on murine fertility. *Journal Nippon,* **46**(7), 589–96.

Stephanie, S. and Faubion, M.D. (2022). *The Menopause Solution*. U.S.A: Mayo Clinic Press.

Taweelh, A. (2019). Study of toxic effects of adriamycin drug on female sex cells and comparing honey and ginseng ability to treat these effects. *International Journal of Pharmaceutical Care and Health*, **2**(106), n/a.

Taweelh, A. (2022). Aldawr alwiqayiyu limazij min aleasal walghidha almalakii mae judhur eushbat aljinsingh aitijah altaathirat alsmyt aldawayiyat alati tuhdthha aleilajat alkymyayy (doxorubicin) fi alkhalaya aljnsyt alunthawia 'The protective role of a mixture of honey and royal jelly with ginseng roots against the pharmacological toxicological effects of chemical treatments (doxorubicin) on female sexual cells'. *Researches Journal of Aleppo University, Basic Science Series*, **n/a**(155), n/a. [in Arabic]

Taweelh, A. and Kassem, M. (2014). Preventing the side effects of adriamycin drug on histological structure of the ovaries in Syrian Hamster using honey and royal jelly mixed with the roots of the ginseng herb**.** *Science Journal of King Abdul Aziz University,* **25**(2), 89–121. DOI: 10.4197/Sci.25-2.6

Taweelh, A. and Kassem, M. (2015). The role of honey with royal jelly in protecting the graafian follicles from the toxicity of the adriamycin drug. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, **7**(4), n/a.

Taweelh, A., Kassem. M. and Basal, A. (2013). Dirasat tathir eaqar adriamycinealaa albinyat alnasijiat liljaribat alnaadijat fi mabayid alhamistar alsuwri 'The adriamycin effect on the histological structure of the mature follicles in the ovaries of the Syrian hamster'. *Researches Journal of Aleppo University, Basic Science Series*, **n/a**(91), n/a. [in Arabic]

Tawele, A., Kassem, M. and Khanji, Y. (2010). Study of the effect of Adriamycin on the graffian follicles and oocytes in albino mice and compare it with sexual activity in women taking this drug. *Science Journal of King Abdul Aziz University,* **22**(2), 217–50. DOI: 10.4197/sci.22-2.17

Tian, M., Man, H., Xin, Li, P., Jiang, X., Man, M., Ding, D. and Wen, J. (2008). Inhibitory effect of ginsenoside Rg3 on ovarian cancer metastasis. *Journal Chinese Medical,* **121**(15), 1394–17. DOI: 10.1097/00029330-200808010-00012

Yaho, J. and Mami, K. (2012). Menopausal symptoms comparative effectiveness review of therapies. *Journal Effect Ivehealthcare, Aheq,* **3**(n/a), n/a.

The Scientific Journal of King Faisal University

Basic and Applied Sciences

A Three-Term Conjugate Gradient Method for Non-Convex Functions with Applications for Heat Transfer

Umar Audu Omesa [1,2], Ibrahim Mohammed Sulaiman [3], Maulana Malik [4], Basim A. Hassan [5], Waziri Muhammad Yusuf [2,6] and Mustafa Mamat [7]

[1] Department of Mathematics, Faculty of Sciences, Federal University of Agriculture, Zuru, Kebbi, Nigeria
[2] Numerical Optimization Research Group, Bayero University, Kano, Nigeria
[3] Department of Mathematics and Statistics, School of Quantitative Sciences, Universiti Utara Malaysia, Kedah, Malaysia
[4] Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia
[5] Department of Mathematics, Faculty of Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq
[6] Department of Mathematics, Faculty of Physical Sciences, Bayero University, Kano, Nigeria
[7] Faculty of Informatics and Computing, Universiti Sultan Zainal Abidin, Terengganu, Malaysia

LINK	RECEIVED	ACCEPTED	PUBLISHED ONLINE	ASSIGNED TO AN ISSUE
https://doi.org/10.37575/b/sci/220053	02/05/2023	28/09/2023	28/09/2023	01/12/2023
NO. OF WORDS	**NO. OF PAGES**	**YEAR**	**VOLUME**	**ISSUE**
4632	7	2023	24	2

ABSTRACT

The problem of unconstrained optimization (UOP) has recently gained a great deal of attention from researchers around the globe due to its numerous real-life applications. The conjugate gradient (CG) method is among the most widely used algorithms for solving UOP because of its good convergence properties and low memory requirements. This study investigates the performance of a modified CG coefficient for optimization functions, proof of sufficient descent, and global convergence of the new CG method under suitable, standard Wolfe conditions. Computational results on several benchmark problems are presented to validate the robustness and efficacy of the new algorithm. The proposed method was also applied to solve function estimations in inverse heat transfer problems. Another interesting feature possessed by the proposed modification is the ability to solve problems on a large scale and use different dimensions. Based on the theoretical and computational efficiency of the new method, we can conclude that the new coefficient can be a better alternative for solving unconstrained optimization and real-life application problems.

KEYWORDS

Computational efficiency, global convergence, inverse heat, low memory, optimization problems, theoretical efficiency

CITATION

Omesa, U.A., Sulaiman, I.M., Malik, M., Hassan, B.A., Yusuf, W.M. and Mamat, M. (2023). A three-term conjugate gradient method for non-convex functions with applications for heat transfer. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 24(2), 12–8. DOI: 10.37575/b/sci/220053

1. Introduction

Consider the following optimization problem:

$$\min f(x), \qquad x \in R^n \tag{1.1}$$

where $f: R^n \to R$ is a smooth and convex function satisfying the condition:

$$f_i(\alpha x + \beta y) \leq \alpha f_i(x) + \beta f_i(y),$$

for all $x, y \in R^n$, $\alpha, \beta \in R$, and $\alpha + \beta = 1$, $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$. Convex optimization deals with minimizing specific convex functions over convex sets, while the non-convex optimization deals with problems where the objective function is non-convex. These problems are solved using local optimization methods that require an initial guess. This point significantly influences the performance of the objective value of the local solution.

One of the widely used methods for solving (1.1) is the conjugate gradient (CG) method, which computes as follows:

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k d_k, \tag{1.2}$$

where x_{k+1} is the new iterate and $\alpha_k > 0$ is generated by a suitable line search process through the search direction d_k:

$$d_{k+1} = -g_{k+1} + \beta_k d_k, \qquad d_k = -g_k \tag{1.3}$$

where β_k denotes the CG parameter that differentiates various CG formulas and $g_k = \nabla f(x)$ is the gradient of f (Yakubu *et al.*, 2020; Malik *et al.*, 2020). Generally, for $k = 0$, $d_0 = -g_0$, which represents the classical steepest descent direction. If α_k satisfies the exact line minimization condition and $f(x)$ is a strictly convex quadratic function, (1.2) and (1.3) will reduce to the linear CG method (Hager and Zhang, 2006). However, for the general nonlinear case, the parameter β_k is computed using algorithms that do not satisfy the conjugacy, such as:

$$\beta_k^{FR} = g_k^T g_k / \|g_{k-1}\|^2, \qquad \text{(Fletcher and Reeves, 1964)} \tag{1.4}$$

$$\beta_k^{PR} = (y_k^T g_{k+1}) / \|g_k\|^2, \qquad \text{(Polak and Ribiere, 1969)} \tag{1.5}$$

$$\beta_k^{DY} = g_{k+1}^T g_{k+1} / y_k^T s_k, \qquad \text{(Dai and Yuan, 2000)} \tag{1.6}$$

$$\beta_k^{DL} = g_{k+1}^T (y_k - t s_k) / y_k^T s_k, \qquad \text{(Dai and Liao, 2001)} \tag{1.7}$$

where $y_k = g_{k+1} - g_k$ and the parameter $t \geq 0$. For a detailed discussion on advances in the conjugate gradient method, refer to Hager and Zhang (2006) and (Sulaiman *et al.* (2022).

The nonlinear CG algorithm plays a significant role in solving large-scale unconstrained, differentiable functions due to its simplicity and good convergence properties (Powell, 1984; Sulaiman *et al.*, 2020; Mamat *et al.*, 2020). Numerous studies have investigated the convergence of these classical CG methods. For instance, Zoutendijk (1970) studied the convergence of the Fletcher–Reeves (FR) method under exact line searches with the following condition:

$$g_k^T d_k \leq c\|g_k\|^2 \qquad c > 0. \tag{1.8}$$

By restricting β_k^{PRP} to be non-negative, Gilbert and Nocedal (1992) confirmed the global convergence of the β_k^{PRP} method under suitable conditions. For more convergence results on CG methods, refer to Wolfe (1969), Sulaiman *et al.* (2021a), Grippo and Lucidi (1997), Malik *et al.* (2021), Sulaiman *et al.* (2021b), Hestenes and Stiefel (1952), Kamfa *et al.* (2020), Deng and Wan (2015), and Awwal *et al.* (2021).

Recently, Audu *et al.* (2020) developed a robust variant of the FR method by introducing a new term to the denominator for the classical FR method as follows:

$$\beta_k^{UMW} = \frac{\|g_k\|^2}{d_{k-1}^T (d_{k-1} - \frac{\|g_k\|}{\|g_{k-1}\|} g_k - g_k)}. \tag{1.9}$$

Corresponding Author: Ibrahim Mohammed Sulaiman 00601126322320, i.mohammed.sulaiman@uum.edu.my

The authors proved the decency property and established the global convergence under suitable conditions.

One of the efficient and widely recognized variants of the CG algorithm is the three-term gradient algorithm (Liu and Du, 2019; Maulana *et al.*, 2023), which is formulated by defining a new term as the classical CG search direction (1.3). Notes on the three-term CG method were first presented by Beale (1972). The author employed the classical β_k^{HS} method defined in Hestenes and Stiefel (1952) to construct the following d_k:

$$d_k = -g_k + \beta_k d_{k-1} + \gamma_k d_t, \tag{1.10}$$

where d_t denotes the restart direction and $\gamma_k = 0$ for $k = t+1$, and

$$\gamma_k = \frac{g_k^T y_t}{d_k^T y_t}, \qquad k > t+1. \tag{1.11}$$

In practice, this method is less effective and possesses finite termination properties (Hager and Zhang, 2006; Dai and Liao, 2001). In addition, Beale's method is not guaranteed to generate a descent direction under different line search procedures (Zhang *et al.*, 2007). As a result of these shortcomings, Powell (1984) and McGuire and Wolfe (1973) improved the performance of the Beale (1972) method using an efficient restart strategy by imposing the following condition,

$$g_k^T d_k \geq \varphi \|g_k\| \|d_k\|, \tag{1.12}$$

and the Powell Beale condition,

$$\left|g_{k-1}^T g_k\right| < 0.2\|g_k\|^2, \tag{1.13}$$

on (1.10), which guarantees the descent condition.

A recent study on the three-term CG method was presented by Zhang *et al.* (2007). The authors utilized the good convergence properties of β_k^{PRP} to define a three-term CG method termed TTPRP, with the formula expressed as follows:

$$d_k = -g_k + \beta_k d_{k-1} + \theta_{k-1} y_{k-1}, \tag{1.14}$$

where $\theta_k = \frac{-g_k^T d_{k-1}}{\|g_{k-1}\|^2}$. The authors extended the idea to β_k^{HS} (TTHS) as follows:

$$d_k = \begin{cases} -g_k, & \text{if } g_k^T y_t < \varepsilon_1 \|g_{k-1}\|^r s_{k-1}^T s_{k-1} \\ -g_k + \beta_k d_{k-1} + \theta_{k-1} y_{k-1}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

with $\theta_k = \frac{-g_k^T d_{k-1}}{d_{k-1}^T y_{k-1}}$ and $s_{k-1} = x_k - x_{k-1}, r \geq 0, \varepsilon_1 > 0$. Zhang *et al.* (2007) showed that both methods satisfy the descent condition,

$$g_k^T d_k \leq -\|g_k\|^2,$$

regardless of the line search procedure used, and further established the global convergence of TTPRP under modified Armijo conditions and the convergence of TTHS, which was studied under the standard Wolfe condition. Motivated by the idea of Zhang *et al.* (2007) and utilizing the efficacy modified FR parameter defined in (1.9), this study develops a new class of three-term CG methods for unconstrained optimization functions.

The remainder of the paper is structured as follows. Section 2 presents the method formulation and algorithm. In section 3, we establish the convergence of the proposed method under suitable Wolfe line conditions. Experimental results on a number of benchmark functions are presented in section 4 to demonstrate the robustness and efficacy of the new algorithm. In section 5, the new algorithm is applied to solve real-life application problems. Finally, the conclusion is presented in section 6.

2. Three-Term Conjugate Gradient Algorithm

This section presents the derivation process of the new three-term CG algorithm for optimization functions.

2.1 New Three-Term CG Method:

The proposed method is derived as follows:

$$d_0 = -g_0,$$

$$d_k = -g_k + \beta_k d_{k-1} + \theta_k^{(1)} y_{k-1}, \tag{2.1}$$

and

$$d_k = -g_k + \beta_k d_{k-1} + \theta_k^{(2)} y_{k-1}, \tag{2.2}$$

where

$$\beta_k^{UMW} = \frac{\|g_k\|^2}{d_{k-1}^T (d_{k-1} - \frac{\|g_k\|}{\|g_{k-1}\|} g_k - g_k)}, \tag{2.3}$$

and

$$\theta_k^{(1)} = -\frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \text{ and } \theta_k^{(2)} = -\frac{g_k^T d_{k-1}}{g_k^T (y_{k-1})}. \tag{2.4}$$

From (2.1)–(2.3), it is clear that

$$d_k^T g_k = -\|g_k\|^2, \tag{2.5}$$

which implies that d_k is a descent direction. It is also clear that $\theta_k = 0$ if the exact minimization condition is applied.

Algorithm 2.1

Step 1: Initialization: $x_0 \in R^n$, $d_0 = -g_0$, set $k = 0$. If $\|g_k\| \leq \varepsilon$, then stop. Otherwise continue.

Step 2: Compute β_k by (2.3)

Step 3: Compute θ_k by (2.4) i.e., $\theta_k^{(1)}$

Step 4: Determine α_k based on the following Wolfe conditions:

$$f(x_k + \alpha_k d_k) \leq f(x_k) + \delta \alpha_k g_k^T d_k, \tag{2.6}$$

$$g(x_k + \alpha_k d_k)^T d_k \geq \sigma g_k^T d_k, \tag{2.7}$$

where $0 < \delta < \sigma < 1$.

Step 5: Update x_k based on (1.2)

Step 6: Check if $\|g_k\| = 0$, terminate. Otherwise, go back to step 2 with $k = k+1$.

The proposed TTUMW method and the classic TTPRP formula have similar structures. However, the TTUMW contains a new coefficient, β_k, and a three-term parameter, θ_k, that differentiate the new method from other methods.

It is mandatory to show that the direction d_k, defined by (2.1) and (2.2), possess the descent properties before discussing the convergence results.

Lemma 2.0

Let β_k^{UMW} be defined by algorithm 2.1 where d_k follows from (2.1). If $g_k^T d_{k-1} = 0$, then

$$\beta_k^{UMW} \leq \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2}.$$

Proof

Begin with the following simplification and let $g_k^T d_{k-1} = 0$ (Rivaie *et al.*, 2012).

$$\beta_k^{UM} = \frac{\|g_k\|^2}{d_{k-1}^T (d_{k-1} - m - g_k)}, \qquad m = \frac{\|g_k\|}{\|g_{k-1}\|} g_k$$

$$= \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2 - w - d_{k-1}^T g_k}, \quad w = \frac{\|g_k\|}{\|g_{k-1}\|} d_{k-1}^T g_k$$
$$\leq \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2}.$$

This completes the proof.

Lemma 2.1

Let the sequence $\{x_k\}$ follow from algorithm (2.1), d_k from (2.1), and θ_k given as (2.4). Then,

$$g_k^T d_k \leq -\|g_k\|^2 \quad \forall k \geq 0.$$

Proof

From (2.1), (2.3), and (2.4), it follows that:

$$g_k^T d_k = -\|g_k\|^2 + g_k^T d_{k-1}\beta_k - g_k^T \cdot \frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \cdot y_{k-1}$$
$$\leq -\|g_k\|^2.$$

This completes the proof.

3. Convergence Analysis

The convergence result of the new method would be studied based on the following assumption.

Assumption 3.1

(1) The function f is bounded on $\Omega = \{x \in R^n : f(x) \leq f(x_0)\}$, where Ω defines the level set.

(2) f is smooth and bounded below on R^n, and its gradient, $g(x)$, is Lipchitz continuous on the neighborhood N of Ω. That is, for some $L > 0$, it implies:

$$\forall\, x, y \in N, \ \|g(x) - g(y)\| \leq L\|x - y\|. \tag{3.1}$$

For some positive constant μ, we have the following results, which come from Assumption 3.1:

$$\|g(x)\| \leq \mu \quad \forall x \in \Omega. \tag{3.2}$$

To prove Assumption 3.1, we begin by presenting the subsequent lemma with proof stemming from Zoutendijk (1970) and Wolfe (1969).

Lemma 3.1 Consider x_1 as the initial guess that Assumption 3.1 holds true. For a CG algorithm of the form (1.2), with α_k satisfying (2.6) and (2.7) and d_k is a descent direction, then,

$$\sum_{k\geq 1} \frac{(g_k^T d_k)^2}{\|d_k\|^2} < \infty. \tag{3.3}$$

Proof

From (2.6), we have

$$g_k^T y_k = g_k^T(g_{k+1} - g_k) \geq (\sigma - 1) g_k^T d_k,$$

and after (3.1), it follows that

$$(g_{k+1} - g_k)^T d_k \leq \alpha_k L \|g_k\|^2.$$

Combining the two inequalities will give

$$\alpha_k \geq \frac{\sigma - 1}{L} \cdot \frac{g_k^T d_k}{\|d_k\|^2},$$

which reduces to

$$f_k - f_{k-1} \geq c \frac{(g_k^T d_k)^2}{\|d_k\|^2}, \tag{3.4}$$

where $c = \delta(1 - \sigma)/L$. Summing up (3.4) and noting that f is bounded below implies that (3.3) holds, and thus completes, the proof.

3.1 Sufficient Descent Condition:

The following results will be used to show that TTUMW satisfies the descent properties under the Wolfe line search.

Theorem 2.7

If supposed algorithm (1.2) holds where β_k is given as (2.3) and α_k is generated by (2.6) and (2.7), then

$$g_k^T d_k \leq -(1 - \sigma)\|g_k\|^2, \qquad \forall k \geq 0. \tag{3.5}$$

Proof

The proof of this theorem is induction. Suppose $k = 0$, then $g_0^T d_0 = \|g_0\|^2$. Hence, (3.5) holds. Assume that (3.5) holds true for $k - 1$, this implies that

$$g_{k-1}^T d_{k-1} < 0, \tag{3.6}$$

which suggests that (1.13) is true.

Multiplying (1.14) by g_k^T gives:

$$g_k^T d_k = -\|g_k\|^2 + \beta_k . g_k^T d_{k-1} + \theta_k^{(1)} g_k^T g_{k-1}.$$

Substituting (2.3) and (2.4), we have

$$= -\|g_k\|^2 + \frac{\|g_k\|^2}{d_{k-1}^T (d_{k-1} - m - g_k)} \cdot g_k^T d_{k-1}$$
$$- \frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \cdot g_k^T d_{k-1},$$

where $m = \frac{\|g_k\|}{\|g_{k-1}\|} g_k$.

From Lemma 2.0, it follows that $\beta_k^{UMW} = \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2}$ when exact line search is used. Hence,

$$g_k^T d_k = -\|g_k\|^2 + \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2} \cdot g_k^T d_{k-1} - \frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \cdot g_k^T d_{k-1},$$
$$= -\|g_k\|^2 + \|g_k\|^2 \left(\frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \right) - \frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \cdot g_k^T d_{k-1},$$
$$= -\|g_k\|^2 + \|g_k\|^2 \cdot \frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} - \frac{\left(g_k^T d_{k-1}\right)^2}{\|d_{k-1}\|^2},$$
$$= (1 - \sigma)\|g_k\|^2,$$

which follows from (3.5), and thus, completes the proof.

3.2. Global Convergence Property:

The global convergence analysis of the proposed method will be discussed under weak Wolfe conditions.

Theorem 2.8

Suppose Assumption 3.1 holds true, then Algorithm 2.1 produces an infinite sequence $\{x_k\}$ satisfying

$$\lim_{k\to\infty} \inf \|g_k\| = 0. \tag{3.7}$$

Proof

Assume (3.7) is not true. Then, there exists a constant $\vartheta > 0$ such that

$$\|g_k\| > \vartheta, \forall\, k. \tag{3.8}$$

From (2.1) and (2.4), we have:

$$\|d_k\| = \left\| -g_k + \beta_k^{UMW} d_{k-1} - \frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \ y_{k-1} \right\|,$$
$$\leq \|g_k\| + \left|\beta_k^{UMW}\right| \|d_{k-1}\| + \left| \frac{g_k^T d_{k-1}}{\|d_{k-1}\|^2} \right| \|y_{k-1}\|, \tag{3.9}$$
$$\leq \|g_k\| + \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|^2} \|d_{k-1}\| + \frac{\|g_k\| \, \|d_{k-1}\|}{\|d_{k-1}\|^2} \left\| y_{k-1} \right\|, \tag{3.10}$$

$$= \|g_k\| + \frac{\|g_k\|^2}{\|d_{k-1}\|} + \frac{\|g_k\|}{\|d_{k-1}\|} L\|x_k - x_{k-1}\|, \quad (3.11)$$

$$\leq \|g_k\| + \frac{\|g_k\|^2}{\|g_{k-1}\|} + \frac{\|g_k\|}{\|g_{k-1}\|} L\,(\|x_k\| + \|x_{k-1}\|), \quad (3.12)$$

$$\leq \mu + \frac{\mu^2}{\vartheta} + \frac{\mu}{\vartheta} L(2\xi) \equiv T,$$

where (3.9) comes from the Cauchy–Schwarz inequality; (3.10) from Lemma 2.0; (3.11) from part 2 of Assumption 3.1; the fifth inequality from relation (2.6) in Liu and Du (2019); and (3.12) from (3.2), (3.8), and part 1 of Assumption (3.1).

Based on the above analysis, we can state that the sequence of $\{\|d_k\|\}$ has a common upper bound, that is,

$$\|d_k\| \leq T, \forall k. \quad (3.9)$$

By using (3.8) and (3.9), we have:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{\|g_k\|^4}{\|d_k\|^2} \geq \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\vartheta^4}{T^2} = +\infty,$$

which contradicts the Zoutendijk condition given in (3.3). Hence, the conclusion is that (3.7) is true. This completes the proof.

4. Results and Discussion

This section presents the performance results of the proposed method. The computational results are compared with that of other three-term CG methods from Zhang *et al.* (2007) to demonstrate the efficiency and robustness of our method. All test functions used for the experiments (Table 1) are from Andrei (2008). For each test function, we chose four initial points under the standard Wolfe conditions. All algorithms were coded on the MATLAB 2015a version, and the termination condition was set as $\|g_k\| \leq 10^{-6}$.

Table 1: Unconstrained Optimization Functions

Functions	Dim	Initial Points
Treccani	2	(0.5,0.5), (5,5), (10,10), (15,15)
Booth	2	(2,2), (9,9), (10,10), (13,13)
Three Hump Camel	2	(2,2), (9,9), (10,10), (13,13)
Sphere	2	(5,5), (15,15), (25,25), (50,50)
Ext DENCHNB	2	(5,5), (15,15), (25,25), (50,50)
Six Hump	2	(2,2), (10,10), (15,15), (20,20)
Hager function	2,4	(2,2), (10,10), (15,15), (20,20)
Quadratic QF2	2,4,10	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Power function	2,4,10	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Gen Tridiagonal	2,4,10,100	(2,2,...,2), (6,6,...,6), (9,9,...,9), (15,15,...,15)
Quadratic QF1	2,4,10,100	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Matyas function	2,4,10,100	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Dixon and price	2,4,10,100	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Gen Tridiagonal 2	2,4,10,100	(2,2,...,2), (6,6,...,6), (9,9,...,9), (15,15,...,15)
Gen Quartic	2,4,10,100,1000	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Gen Quartic	2,4,10,100,1000	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Sum square	2,4,10,100,1000	(2,2,...,2), (10,10,...,10), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Treccani	2,4,10,100,1000	(2,2,...,2), (9,9,...,9), (10,10,...,10), (13,13,...,13)
Ext freudestain andRoth	2,4,10,100,1000,10000	(5,5,...,5), (7,7,...,7), (9,9,...,9), (13,13,...,13)
Ext Beale	2,4,10,100,1000,10000	(2,2,...,2), (5,5,...,5), (15,15,...,15), (25,25,...,25)
Fletcher	2,4,10,100,1000,10000	(2,2,...,2), (3,3,...,3), (9,9,...,9), (15,15,...,15)

The performance results presented in Figures 1 and 2 were plotted using the performance profile tool introduced by Dolan and Moré (2002). This was achieved by recording the number of iterations (NOI) and CPU time for all solvers (S) on a set of problems (P). Suppose the set of solvers S consist of n_p problems and n_s solvers. Then, for every solver $s \in S$ and problem $p \in P$, we can define t_{ps} as the number of iterations or CPU time needed by solver $s \in S$ to solve problem $p \in P$.

For every algorithm, the Dolan and Moré tool plots a fraction (P) of the benchmark function to obtain a profile curve, as shown in Figures 1 and 2. The method with the curve lying the highest is regarded as the top performer.

Figure 1: Performance profile based on number of iterations

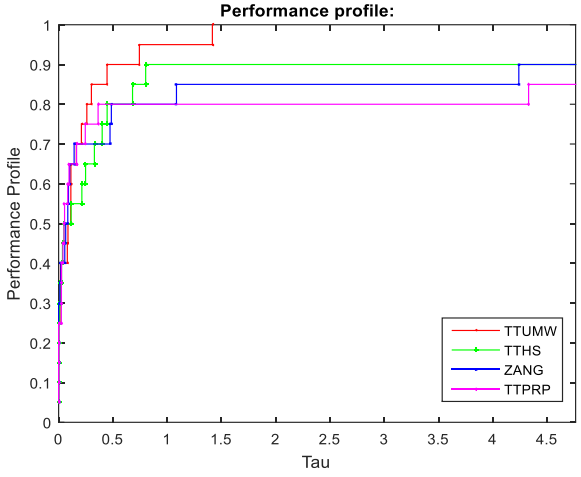
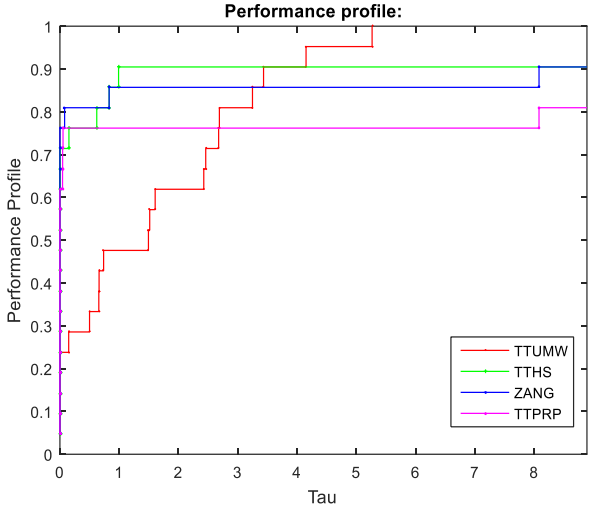


Figure 2: Performance profile based on CPU time



From Figure 1, it is clear that the convergence of all the methods follow a similar pattern. This can be attributed to the structure of the algorithms. Despite the close relationship among these algorithms, the proposed method demonstrated a better numerical performance because it was able to solve the majority of the test problems. In addition, based on Figure 2, it is clear that the proposed TTUMW method outperformed the three other methods considered for comparison. Based on these results, we can conclude that the proposed TTUMW method is both superior and promising.

5. Application of the TTUMW Method for Function Estimation in Inverse Heat Transfer Problems

The family of CG methods are known for their low memory requirement and global convergence properties when solving optimization functions. Most of these problems are traced to specific areas of engineering, namely, the sciences, economics, and social sciences. Recently, several studies have investigated the performance of CG methods on different application problems, such as robotic motion control, compressive sensing, fuzzy nonlinear problems, and inverse heat transformation problems (see Umar et al., 2020; Sulaiman et al., 2022b, 2022c; Razzaq *et al.*, 2020; Omesa *et al.*, 2023). This section examines the inverse heat transformation problem. The problem is transformed into a minimization problem and solved using certain stabilization techniques (Colaco and Orlande, 1999).

Consider the following inverse heat transformation problem:

$$\min Bi(X, Y, \tau) \tag{4.0}$$

where Bi is the dimensional heat transfer coefficient, X and Y are the dimensional coordinates, and τ denotes dimensional time. The method for solving (4.0) involves the iterative procedure of the CG method. Recent studies by Jarny *et al.* (1991) and Orlande *et al.* (1997) estimated the unknown heat transfer coefficient as follows:

$$Bi_{k+1}(X, Y, \tau) = Bi_k(X, Y, \tau) - b_k d_k(X, Y, \tau) \tag{4.1}$$

where k denotes the iteration number. The descent direction is a conjugation of the previous direction and gradient computed as:

$$d_k(X, Y, \tau) = j'_k(X, Y, t) + g_k d_{k-1}(X, Y, \tau). \tag{4.2}$$

The conjugation coefficient, β_k, utilized in this study is defined by equation (2.1), and the step size α_k is computed based on (2.6) and (2.7).

To generate the simulated measurement, we needed to rewrite $Bi(X, Y, \tau)$ as follows:

$$Bi = 6f_t(t)f_X(X)f_Y(Y). \tag{4.3}$$

Different functional forms were tested for $f_t(t), f_X(X)$, and $f_Y(Y)$ (Lally *et al.*, 1990).

By generating the following simulated measurements with the functional form, this study demonstrates how to estimate the spatial changes and temperature shifts of the heat transfer coefficient as follows:

$$Bi(X, Y, \theta) = 6e^{-(0.5X)^2} f_\theta(\theta) \tag{4.4}$$

where

$$f_\theta(\theta) = 51{,}338 - 893.278\theta + 8566.53\theta^2 - 46{,}264.9\theta^3 + 154{,}280\theta^4 - 333{,}217\theta^5 + 47{,}539\theta^6 - 445{,}692\theta^7 + 264{,}504\theta^8 - 90{,}201.7\theta^9 + 13{,}476.3\theta^{10} \qquad 0.103 < \theta < 1. \tag{4.5}$$

The function given by equation (4.5) comes from the data of Stewart *et al.* (1996), with the initial guess set as $Bi^0(X, Y, \theta) = 1$. By considering the final time of 0.125 and applying algorithm 2.1, the solution (6.9161, 0.0168) was arrived at after one iteration with a CPU time of 0.7155.

6. Conclusion

This study investigated the performance of new three-term CG algorithms for non-convex optimization functions. The new algorithm was extended to solve the problem of heat transfer. An interesting feature of the proposed algorithm is that it possesses the descent property $g_k^T d_k \leq -\|g_k\|^2$, irrespective of the line search condition used. The global convergence analysis of the method was discussed under suitable conditions. Numerical computation on a set of benchmark problems was presented to determine the performance of the method. The experimental results showed that the new algorithm outperformed the classical three-term CG in terms of number of iterations and CPU time.

Acknowledgment

This research was supported by Ministry of Higher Education (MoHE) of Malaysia through Fundamental Research Grant Scheme (FRGS/1/2021/STG06/UUM/02/4) with S/O code 20123.

Biographies

Umar Audu Omesa

Department of Mathematics, Faculty of Sciences, Federal University of Agriculture, Zuru, Kebbi, Nigeria, 002349075784600, umarabdul64@gmail.com

Dr. Umar Audu Omesa is from Kebbi state, Nigerian and currently serve as a lecturer in Kebbi, Nigeria. He holds a PhD in Applied Mathematics from Universiti Sultan Zainal Abidin, Kuala Terengganu, Malaysia in 2019. He is an author of more than 10 Scopus scholarly research papers and has presented his research work in international conferences. His work has been cited by 19 counties (Including Brazil, Russia, Taiwan, Thailand, and United states). His research interest include: Fuzzy nonlinear system, Optimization methods, Nonlinear analysis. Scopus ID: 57216225815.

Ibrahim Mohammed Sulaiman

Department of Mathematics and Statistics, School of Quantitative Sciences, Universiti Utara Malaysia, Kedah, Malaysia, 00601126322320, i.mohammed.sulaiman@uum.edu.my

Dr. Sulaiman is from Kano State, Nigeria, but currently serve as an International Senior Lecturer in Malaysia. He holds a PhD degree in Applied Mathematics from UniSZA, Malaysia in 2018. He is an author of more than 80 ISI/Scopus scholarly research papers published by largest global publishers (Elsevier, Springer, Sage, PLOS One, Willey, & Nature). His work has been cited by 49 counties (Including United states, Jordan, Canada, Australia, Brazil, China, Thailand, and United Kingdom) His main research interest includes; optimization methods, fuzzy nonlinear problems, and Fluid. https://orcid.org/0000-0001-5246-6636

Maulana Malik

Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 009628988072292, m.malik@sci.ui.ac.id

Mr. Malik is an Assistant Professor from Indonesia. He is currently pursuing a PhD degree in Applied Mathematics at Universiti Sultan Zainal Abidin (UniSZA), Terengganu, Malaysia. He is an author of 35 ISI/Scopus scholarly research papers published by largest global publishers (Elsevier, Springer, Willey, & Frontiers). His work has been cited by 119 documents from 33 counties (Including Russia, Italy, Morocco, United states, Jordan, Australia, China, Nigeria, Thailand). His research interest includes: Portfolio selection, Unconstrained optimization and application, Numerical methods, Nonlinear problems. ORCID: 0000-0003-3060-0624

Basim A. Hassan

Department of Mathematics, Faculty of Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq, 009647518095345, basimah@uomosul.edu.iq

Dr. Basim A. Hassan from Iraq and currently a professor at department of Mathematics, Faculty of Sciences, University of Mosul in Iraq. He is an author of more than 52 ISI/Scopus scholarly research papers published by largest global publishers (Elsevier, Springer, Sage, PLOS One, Willey, AIMS) and presented some of his research in international conferences. His work has been cited by 22 counties (Including Austria, Russia, Kuwait, China, Indonesia, Thailand). His research interest includes: Unconstrained optimization and Applications, Numerical methods, Nonlinear problems.

Waziri Muhammad Yusuf

Department of Mathematics, Faculty of Physical Sciences, Bayero University, Kano, Nigeria, 02348036364455, mywaziri.mth@buk.edu.ng

Prof. Waziri is a UPM graduate, Nigeria Professor from Yobe state of Northern Nigeria. He obtained is PhD from department of Mathematics, faculty of science Universiti Putra Malaysia, Serdang, Malaysia. He is an author of more than 122 ISI/Scopus scholarly research papers published by largest global publishers (Elsevier, Springer, Sage, PLOS One, Willey, AIMS). His work has been cited by

351 documents from counties (Including Brazil, China, Japan, Indonesia, Taiwan, and Thailand). His research interest includes: Jacobian matrices, Newton method, approximation theory, large-scale systems, nonlinear equations. ORCID: 0000-0001-7112-659X

Mustafa Mamat

Faculty of Informatics and Computing, University Sultan Zainal Abidin, Terengganu, Malaysia, 0060198955027, must@unisza.edu.my

Prof. Mamat is a graduate of UPM, Malaysian Professor. He is an author of more than 475 ISI/Scopus scholarly research papers published by largest global publishers (Elsevier, Springer, Sage, PLOS One, Willey, & Nature). His work has been cited 3,368 times from countries (including United states, South Africa, Jordan, Australia, Sudan, China, Thailand, and United Kingdom). To date, he has successfully supervised more than 60 postgraduate students. His research interests include conjugate gradient methods, steepest descent methods, Broydens family, and quasi-Newton methods.

References

Andrei, N. (2008). An unconstrained optimization test functions collection. *Advanced Modeling and Optimization*, **10**(1), 147–61.

Audu, O.U., Mamat, M., Sulaiman, I.M., Waziri, M.Y. and Abba, V.M. (2020). A new modification of conjugate gradient parameter with efficient line search for nonconvex function. *International Journal of scientific and Technology Research*, **9**(3), 1–4.

Awwal, A.M., Sulaiman, I.M., Malik, M., Mamat, M., Kumam, P. and Sitthithakerngkiet, K. (2021). A spectral RMIL+ conjugate gradient method for unconstrained optimization with applications in portfolio selection and motion control. *IEEE Access*, **9**(n/a) 75398–414.

Beale, E.M.L. (1972). A derivation of conjugate gradients. In: F.A. Lootsma (Ed.), *Numerical Methods for Nonlinear Optimization*. London: Academic Press.

Colaco, M.J. and Orlande, H.R. (1999). Comparison of different versions of the conjugate gradient method of function estimation. *Numerical Heat Transfer: Part A: Applications*, **36**(2), 229–49.

Dai, H.Y. and Liao, Z.L. (2001). New conjugacy conditions and related nonlinear conjugate gradient methods. *Applied Mathematics and optimization*, **43**(1), 87–101.

Dai, Y.H. and Yuan, Y. (2000). *Nonlinear Conjugate Gradient Methods*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publisher.

Deng, S. and Wan, Z. (2015). A three-term conjugate gradient algorithm for large-scale unconstrained optimization problems. *Applied Numerical Mathematics*, **92**(n/a), 70–81.

Dolan, E.D. and Moré, J.J. (2002). Benchmarking optimization software with performance profiles. *Mathematical programming*, **91**(2), 201–13.

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.

Grippo, L. and Lucidi, S. (1997). A globally convergent version of the Polak-Ribiere conjugate gradient method. *Mathematical Programming*, **78**(3), 375–91.

Hager, W.W. and Zhang, H. (2006). A survey of nonlinear conjugate gradient methods. *Pacific journal of Optimization*, **2**(1), 35–58.

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.

Jarny, Y., Ozisik, M.N. and Bardon, J.P. (1991). A general optimization method using adjoint equation for solving multidimensional inverse heat conduction. *International journal of heat and mass transfer*, **34**(11), 2911–9.

Kamfa, K., Waziri, M.Y., Sulaiman, I.M., Ibrahim, M.A.H., Mamat, M. and Abas, S.S. (2020). An efficient hybrid bfgs-cg search direction for solving unconstrained optimization problems. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems,* **12**(2), 1035–41.

Lally, B., Biegler, L. and Henein, H. (1990). Finite difference heat-transfer modeling for continuous casting. *Metallurgical Transactions B*, **21**(4), 761–70.

Liu, J. and Du, S. (2019). *Modified Three-Term Conjugate Gradient Method and Its Applications*. Available at: https://www.hindawi.com/journals/mpe/2019/5976595/ (accessed on 10/09/2022).

Malik, M., Abubakar, A.B., Ibrahim, S.M., Mamat, M., Abas, S.S. and Firman, S. (2021). A new three-term conjugate gradient method for unconstrained optimization with applications in portfolio selection and robotic motion control. *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, **51**(2021), 471–86.

Malik, M., Mamat, M., Abas, S.S., Ibrahim, S.M. and Sukono, F. (2020). A new spectral conjugate gradient method with descent condition and global convergence property for unconstrained optimization. *Journal of Mathematical and Computational Science*, **10**(5), 2053–69.

Mamat, M., Sulaiman, I.M., Malik, M. and Zakaria, Z.A. (2020). An efficient spectral conjugate gradient parameter with descent condition for un-constrained optimization. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, **12**(2), 2487–93.

Maulana, M., Sulaiman, I.M., Auwal, B.A., Gianinna, A. and Sukono. (2023). A new family of hybrid three-term conjugate gradient method for unconstrained optimization with application to image restoration and portfolio selection. *AIMS Mathematics*, **8**(1), 1–28.

McGuire, M.F. and Wolfe, P. (1973). *Evaluating a Restart Procedure for Conjugate Gradients*. Available at: https://dominoweb.draco.res.ibm.com/reports/rc4382.pdf (accessed on 10/09/2022).

Omesa, U.A., Sulaiman, I.M., Yusuf, W.M., Hassan, B.A., Moyi, A.U., Abdul-Rahman, A. and Mamat, M. (2023). An efficient hybrid Conjugate gradient algorithm for solving intuitionistic fuzzy nonlinear equations. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(1), 8–13. DOI: 10.37575/b/sci/220041

Orlande, H.R., Colaço, M.J. and Malta, A.A. (1997). Estimation of the heat transfer coefficient in the spray cooling of continuously cast slabs. *Asme-Publications-Htd, United States*, **340**(n/a), 109–16.

Polak, E. and Ribiere, G. (1969). Note sur la convergence de méthodes de directions conjuguées. *ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis-Modélisation Mathématique et Analyse Numérique*, **3**(1), 35–43.

Powell, M.J. (1984). Nonconvex minimization calculations and the conjugate gradient method. In: D.F. Griffiths (eds.), *Numerical Analysis*. Berlin: Springer.

Razzaq, A., Seadawy, R. and Raza, N. (2020). Heat transfer analysis of viscoelastic fluid flow with fractional Maxwell model in the cylindrical geometry. *Physica Scripta*, **95**(11), 115220.

Stewart, I., Massingham, J.D. and Hagers, J.J. (1996). Heat transfer coefficient effects on spray cooling. *Iron and Steel Engineer*, **73**(7), n/a.

Sulaiman, I.M. and Mamat, M. (2020). A new conjugate gradient method with descent properties and its application to regression analysis. *Journal of Numerical Analysis, Industrial and Applied Mathematics*, **12**(1-2), 25–39.

Sulaiman, I.M., Awwal, A.M., Malik, M., Pakkaranang, N. and Panyanak, B. (2022c). A derivative-free MZPRP projection method for convex constrained nonlinear equations and its application in compressive sensing. *Mathematics*, **10**(16), 2884.

Sulaiman, I.M., Malik, M., Awwal, A.M., Kumam, P., Mamat, M. and Al-Ahmad, S. (2022a). On three-term conjugate gradient method for optimization problems with applications on COVID-19 model and robotic motion control. *Advances in Continuous and Discrete Models*, **2022**(1), 1. DOI:10.1186/s13662-021-03638-9

Sulaiman, I.M., Malik, M., Giyarti, W., Mamat, M., Ibrahim M.A.H. and Ahmad, M.Z. (2022b). The application of conjugate gradient method to motion control of robotic manipulators. In: I.M. Khairuddin, M.A. Abdullah, A.F. Ab-Nasir, J.A.M. Jizat, M.A.M. Razman, A.S. Abdul Ghani, M.A. Zakaria, W.H.M. Isa and A.P.P. Abdul Majeed (eds.) *Enabling Industry 4.0 Through Advances in Mechatronics*. Singapore: Springer.

Sulaiman, I.M., Mamat, M., Owoyemi, A.E., Ghazali, P.L., Rivaie, M. and Malik, M. (2021b). The convergence properties of some descent conjugate gradient algorithms for optimization models. *Journal of Mathematics and Computer Science*, **22**(3), 204–15.

Sulaiman, I.M., Mamat, M., Waziri, M.Y., Yakubu, U.A. and Malik, M. (2021a). The performance analysis of a new modification of conjugate gradient parameter for unconstrained optimization models. *Mathematics and Statistics*, **9**(1), 16–23. DOI:10.13189/ms.2021.090103

Umar, A.O., Sulaiman, I.M., Mamat, M., Waziri, M.Y., Foziah, H.M., Altien, J.R. and Deiby, T.S. (2020). New Hybrid conjugate gradient method for solving fuzzy nonlinear equations. *Journal of Advanced Research*

in Dynamical and Control Systems, **12**(2), 585–90.

Wolfe, P. (1969). Convergence conditions for ascent methods. *SIAM review*, **11**(2), 226–35.

Yakubu, U.A., Sulaiman, I.M., Mamat, M., Ghazali, P. and Khalid, K. (2020). The global convergence properties of a descent conjugate gradient method. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, **12**(2), 1011–6.

Zhang, L., Zhou, W. and Li, D. (2007). Some descent three-term conjugate gradient methods and their global convergence. *Optimization Methods and Software*, **22**(4), 697–711.

Zoutendijk, G. (1970). Nonlinear Programming, Computational methods. In: J. Abadie (Ed.) *Integer and Nonlinear Programming*. Amsterdam: North-Holland.

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

التحليل الجينومي المقارن للسلالة البكتيرية PL والكشف عن ميزات إنتاج الكهرباء الحيوية المستدامة

ضيف القندوز [1,2]، ميكلات عتيقة [2]، زيتوني عبد الغني [2]
[1] قسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، الأغواط، الجزائر
[2] مخبر بيولوجيا الأنظمة الميكروبية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، الجزائر

Comparative Genomic Analysis of Bacterial Strain PL and Detection of Sustainable Bio-Electricity Producing Features

Guendouz Dif [1,2], Atika Meklat [2] and Abdelghani Zitouni [2]
[1] Department of Natural Sciences, Higher Normal School, Laghouat, Algeria
[2] Laboratory of Microbial Systems Biology, Higher Normal School, Kouba, Algeria

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/sci/230030	07/08/2023	23/10/2023	23/10/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
5287	7	2023	24	2

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الجينوم الكامل للسلالة البكتيرية PL المعزولة من رواسب بركة pond sediment لتقييم خصائصها الجينية في التخلص من الفضلات والركائز السامة وتوليد الكهرباء الحيوية المستدامة، مقارنة بالسلالة النموذجية PCA للنوع البكتيري *Geobacter sulfurreducens* والسلالة KN400. مَكّنت الدراسة التصنيفية الجزيئية على المنصة TYGS من إثبات انتماء السلالة PL للنوع البكتيري G. sulfurreducens. وفي خطوة لاحقة تَمّ الدراسة الجينومية للسلالة PL، PCA وKN400 بعدة أدوات معلوماتية كدراسة المورثات المرتبطة بالفئات الوظيفية (COG) وذلك من خلال عملية التحليل الجينومي (Annotation) وبواسطة خادم RAST ثم التحديد الجيني باستخدام برنامج Prokka للكَشّف والتعرف على الجينات المتعلقة بإنتاج الطاقة الكهربائية. وقد أظهرت نتائج التحليل الجيني للسلالة PL امتلاكها للكثير من المورثات الضرورية لتوليد تيار كهربائي كاكتشاف العديد من المورثات المتعلقة بتكوين أغلفة حيوية سميكة والتثبت بالقطب الموجب لخلايا الوقود الميكروبية MFCs وأكسدة الكثير من الركائز والملوثات البيئية ونقل الإلكترونات خارج الخلية الميكروبية. ويتّضح من خلال مجمل النتائج المحصل عليها أهمية السلالة PL كمرشح واعد في إنتاج الطاقة الحيوية المستدامة.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the whole genome of the bacterial strain PL, isolated from pond sediment, to evaluate its genetic characteristics in the degradation of waste and toxic substrates and the generation of bioelectricity. This was compared to the type strain of the bacterial species *Geobacter sulfurreducens (G. sulfurreducens)* (PCA) and the strain KN400. Genomic taxonomy on the TYGS platform established the affiliation of strain PL with the bacterial species *G. sulfurreducens*. Subsequently, a genomic study of strains PL, PCA, and KN400 was performed using various bioinformatics tools. These included the study of genes associated with functional categories (COG) through genome annotation using the RAST server, followed by gene identification using the Prokka program to discover and identify genes related to electricity production. The results of the genomic analysis of the PL strain showed that it possesses many genes necessary for generating electric current. These included genes related to the formation of thick biofilms, adhesion to the anode of microbial fuel cells (MFCs), oxidation of various substrates and environmental pollutants, and extracellular electron transfer. Overall, the obtained results indicate that the PL strain is a promising candidate for sustainable bioenergy generation.

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
bioinformatics tools, genomic analysis, *geobacter sulfurreducens*, MFCs, sustainable bioenergy, whole genome
أدوات معلوماتية، الجينوم الكامل، خلايا-الوقود الميكروبية، الدراسة الجينومية، الطاقة المستدامة، المورثات

CITATION
الإحالة
Dif, G., Meklat, A. and Zitouni, A. (2023). Altahlil aljinumi almuqaran lilsulalat albaktiriat PL walkashf ean mizat 'iintaj alkahraba' alhayawiat almustadama 'Comparative genomic analysis of the bacterial strain PL and the detection of benefits from producing sustainable bioelectricity'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 19–25. DOI: 10.37575/b/sci/230030 [in Arabic]
القندوز، ضيف وعتيقة، ميكلات وعبد الغني، زيتوني. (2023). التحليل الجينومي المقارن للسلالة البكتيرية PL والكشف عن ميزات إنتاج الكهرباء الحيوية المستدامة. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **24**(2)، 19-25.

1. مقدمة

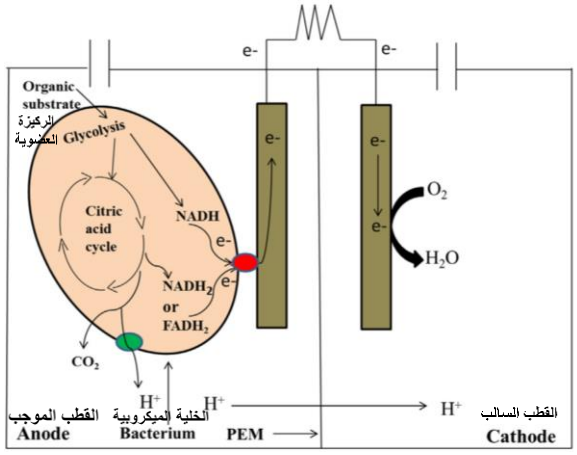
تعتبر الطاقة الكهربائية (Rosenberg, 1998) من أهم الطاقات التي ينبني عليها عالمنا اليوم، ومن أهم صورها هي الطاقة الكهربائية (Rosenberg, 1998). في العقود الأخيرة ازداد الطلب على الطاقة بشكل متنامٍ وذلك بسبب النمو السكاني المستمر والتوسع الحضري (Sharma *et al.*, 2020)، إذ يتم إنتاج الطاقة من عدة مصادر، أكثرها استعمالا هو المصدر الأحفوري (مثل الفحم والبترول ومشتقاته) والمصدر النووي (Kartal, 2022)، لكن إنتاجها بهذه الطرق الكلاسيكية غير المتجددة ينجرّ عنه مخاطر وتلوث بيئي فادح (Hunt *et al.*, 2020)، حيث يؤثّر الاستخدام الهائل للوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة تأثيرًا سلبيًا على المناخ والأنظمة الطبيعية الذي يُعد أهم أسباب الاحتباس الحراري الذي نعايش آثاره في حاضرنا (Perera and Nadeau, 2022)، كما أن تسرب الإشعاعات من المفاعلات النووية يعتبر من الحوادث التي تهدد الحياة على وجه الأرض مثل حادثة فوكوشيما (Hasegawa *et al.*, 2015). لذلك تُبذَل جهود عالمية حثيثة لتوفير الطلب المتزايد للطاقة من جهة، ومن جهة أخرى لتقليل التلوث الذي وصل إلى مستويات قياسية التي تهدد النظم البيئية باستخدام مصادر صديقة للبيئة (Qing *et al.*, 2023; Kabeyi and Olanrewaju, 2022). إنّ إنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة أو حيوية غير ملوثة للنظم البيئية يُعتبر كشفا علميا في غاية الأهمية (Cai *et al.*, 2020). ومن بين المصادر الواعدة في إنتاج الطاقة الكهربائية هي الكائنات الحية الميكروبية لسرعة نموها وسهولة التعامل معها (Sarma *et al.*, 2022; Jatoi *et al.*, 2021)، غير أنها في مهدها ولا تزال كفاءتها محدودة وقيد التحسين.

إنّ خلية الوقود الميكروبية (MFC) هي جهاز كهرو-كيميائي-حيوي يمكنه توليد الكهرباء عن طريق استخدام الإلكترونات التي يتم الحصول عليها من أكسدة الركائز. بشكل عام، يتكون MFC من قطبين (الأنود والكاثود)، ويفصل بينهما غشاء تبادل البروتون (PEM). ويُشار إلى الكائنات الدقيقة المحفزة المختصة بنقل الإلكترونات خارجيًا إلى سطح القطب المستقبل للإلكترونات سواء كان قابلا للذوبان أو غير القابلة للذوبان (المعادن) دون استخدام وسائط اصطناعية بمصطلح Exoelectrogens. إنّ سطح قطب الأنود موجب الشحنة هو أكثر ملاءمة للأغشية الحيوية-الميكروبية biofilms ذات النشاط الكهربائي (Exoelectrogens) في خلايا الوقود الميكروبية MFCs (الشكل 1). ويعتبر في الوقت الحاضر أنّ أشهر المواد المستخدمة في تصنيع

Corresponding Author: Guendouz Dif 00213675443604, kdgb2007@yahoo.fr المؤلف المراسل: ضيف القندوز

الأنود هي: قضيب الجرافيت، فرشاة ألياف الجرافيت قماش الكربون، ورق كربون، شعيرت الكربون، أما مواد الكاثود الشائعة هي الجرافيت وقماش الكربون وورق الكربون (Agrahari *et al.,* 2022).

الشكل (1): المبدأ العام لخلية الوقود الميكروبية



المصدر: Kumar *et al.* (2016)

مما لا شك فيه أنّ خلايا الوقود الميكروبية MFCs (microbial fuel cells) هي تقنية ناشئة ترتكز على حركة الإلكترونات في تفاعلات الأكسدة والإرجاع الميكروبية، حيث ينتج عن أكسدة مختلف المركبات تحويل للطاقة الكامنة إلى طاقة كهربائية-إلكترونية تعرف بالكهرباء-الحيوية (Hassan *et al.,* 2021)، يمكن للميكروبات إنتاج الطاقة الكهربائية من أكسدة الكثير من المواد العضوية (مثل: النشا، السليلوز، الكربوهيدرات البسيطة، الأحماض العضوية، الكيتين، البروتينات والأحماض الأمينية) أو المواد الكيميائية السامة (مثل: الفينول phenol، نيترو-بنزن nitrobenzene، الهيدروكربونات الأروماتية متعددة الحلقات polycyclic aromatic hydrocarbons، الإيثانولامين ethanolamine والكبريتيد sulfide (Hernández-Macedo *et al.,* 2020). وعليه هناك مقاربة واعدة بيئية-طاقوية مستدامة تُحقق في الوقت نفسه أكثر من هدف وهو استخدام أنواع ميكروبية لإنتاج الكهرباء من الفضلات والسموم (Ray et al., 2020; Torlaema *et al.,* 2022; Mahadevan *et al.,* 2006).

لقد اكتُشفت العديد من الأنواع الميكروبية المساهمة في توليد الطاقة الكهربائية النظيفة من أهمها هو النوع *Geobacter sulfurreducens* Nagarajan *et al.,* 2010; Bond and Lovley, 2003)، الذي ينتمي للعائلة البكتيرية *Geobacteraceae*، وهو نوع من البكتيريا اللاهوائية ذات شكل قضيب، التي لها جدار خلوي سالب الجرام والقادرة على إرجاع المعادن (مثل الحديد) والكبريت. وقد أظهرت لنا العديد من الدراسات القدرة المميزة لـ *G. sulfurreducens* على إنتاج الطاقة الكهربائية الذي أصبح من الممكن استخدام هذا النوع لإنشاء خلية وقود ميكروبية فعالة وطويلة الأمد (MFC) (Guadarrama-Pérez *et al.,* 2023; Choudhury *et al.,* 2017). وإنّ من أهم سلالات هذا النوع المشار إليها في عدة دراسات هي السلالة النموذجية للنوع PCA والسلالة KN400.

نتناول في هذه الدراسة تحليل جينومي مقارن للسلالة PL التي تم عزلها من رواسب بركة في تشونغتشينغ الصينية، للتأكد أولا من انتمائها للنوع *Geobacter sulfurreducens*، ثم من امتلاكها لجينات تكسبها قدرة مُحتمَلة لإنتاج الطاقة الكهربائية-الحيوية Bioelectricity المعروفة لدى العديد من سلالات النوع.

2. الأدوات المستخدمة وطرائق العمل

2.1. الأدوات المستخدمة:

2.1.1. المنصة المعلوماتية البيوتكنولوجية NCBI

NCBI هو اختصار لـ National Center for Biotechnology Information، وهو قاعدة بيانات معلوماتية على الشبكة العنكبوتية تابعة للمعهد الوطني الأمريكي للمعلومات البيولوجية الجزيئية (https://www.ncbi.nlm.nih.gov). التي تُوفر الكثير من الخدمات في مجال البيولوجيا الجزيئية Molecular biology، كما يضع على مستواها أغلب الباحثين تسلسلات القواعد الأزوتية المنجزة مخبريا لجينومات السلالات الميكروبية المدروسة لتكون متاحة رقميا عند كل الباحثين عبر العالم في مجال المعلوماتية الحيوية Bioinformatics للقيام بالمعالجات الحاسوبية اللازمة بواسطة برامج معتمدة أكاديميا.

2.1.2. منصة البيانات TYGS

BLAST (اختصار لـ Basic Local Alignment Search Tool) هي عبارة عن طريقة بحث ضمن قواعد البيانات المعتمدة في المعلوماتية الحيوية، التي تجعل من الممكن العثور على مناطق متشابهة والمقارنة بين اثنين أو أكثر من التسلسلات النيوكليوتيدية أو تسلسلات الأحماض الأمينية، وهي إجراء محاذاة ومقارنة لهذه المناطق مما يمكن من معرفة نسب التشابه بين هاته التتابعات، ومن بين أهم المنصات الرقمية التي توفر خدمة الـ BLAST للجينوم هي المنصة الرقمية Type Strain Genome Server TYGS (http://tygs.dsmz.de) المتصلة بقاعدة بيانات التي هي سهلة الاستخدام، ضخمة ومحدثة باستمرار بالمعلومات الجينومية والتصنيفية للتعرف وتصنيف بدائيات النوى استنادا لتتابع الجين المشفر لـ 16S rRNA أو لتتابع الجينوم الكامل (Meier-Kolthoff and Göker, 2019).

2.1.3. المنصة المعلوماتية RAST

هي موقع إلكتروني وخادم معلوماتي (https://rast.nmpdr.org) يوفر خدمات تصنيفية وتحليلية دقيقة لمورثات الجينوم البكتيري قيد الدراسة، حيث يحدد التسلسلات التي ترمز للبروتينات، rRNA وtRNA ويصنف مورثات الجينوم في مجموعات وظيفية ضمن ما يسمى بالنظم الفرعية الوظيفية COG (Clusters of Orthologous Groups of proteins) (Aziz *et al.,* 2008).

2.1.4. الأداة البرمجية Prokka (Version 1.14.6)

و هو أحد برامج التحليل الجينومي المهمة، متوفر على المنصة المعلوماتية العالمية Galaxy (https://usegalaxy.eu)، الذي يتميز بدقة عالية في الكشف والتعرف على الجينات الوظيفية داخل الجينوم البكتيري (Seemann, 2014).

2.1.5. خادم ويب antiSMASH

antiSMASH (https://antismash.secondarymetabolites.org) هو خادم ويب يسمح بالتحليل السريع للجينومات البكتيرية أو الفطرية للتعرف على المجموعات الجينية المسؤولة عن التخليق الحيوي للمستقلبات الثانوية (Weber *et al.,* 2015).

2.1.6. البرنامج Roary (Version 3.13.0)

Roary برنامج يقارن بين جينومين أو أكثر لسلالات بكتيرية مختلفة حيث يحدد الـ Pan-genome (مجموع الجينات المتواجدة ضمن الجينومات التي يتم مقارنتها)، Core-genes (المورثات المتواجدة ضمن كل الجينومات التي تخضع للمقارنة وتعبر عن الجينات الأساسية التي يجب تواجدها عند كل السلالات محل المقارنة)، Shell genes (هو الجزء من Pan-genome الذي يتضمن الجينات المتواجدة عند أغلبية جينومات المقارنة) وCloud genes (يعني الجينات المتواجدة فقط عند أحد السلالات التي يتم مقارنتها) (Page *et al.,* 2015).

2.2. طريقة العمل:

تَمّ الولوج في البداية لموقع قاعدة البيانات NCBI عبر شبكة الأنترنت وتنزيل ملفات fasta المتضَمِنة لتتابع القواعد الأزوتية لجينومات السلالات البكتيرية المراد دراستها وهي السلالة PL، والسلالة PCA والسلالة KN400 أرقام تواجدها (Accession Number) على قاعدة البيانات NCBI هي PRJNA719736، PRJNA57743 وPRJNA39745 على التوالي، ثم خضعت هاته الجينومات للعديد من المعالجات الحاسوبية باستخدام الخوادم والبرامج المعتمدة (Dif and Zitouni, 2023)، نوجز هذه المعالجات في الخطوات التالية:

- الدراسة التصنيفية الجزيئية للسلالة PL: قد تَمّ في هذه الخطوة تحميل

جينوم السلالة PL على الموقع الإلكتروني لقاعدة البيانات TYGS (المعتمدة في التصنيف البكتيري) لإجراء الدراسة التصنيفية الجينية (Molecular identification)، بتحقيق الـ BLAST على أساس تتابع القواعد الأزوتية للجين المُشفِّر للحمض النووي الريبوسومي 16S ribosomal RNA (تتابع هذا الجين هو المعتمد في تصنيف الأنواع البكتيرية) أو على أساس تتابع الجينوم الكامل، لمعرفة النوع البكتيري للسلالة المدروسة والأنواع الأقرب لها وراثيا إذ تُعرض النتيجة على شكل قائمة من الأنواع البكتيرية بترتيب تنازلي حسب القرب الوراثي للتتابع المدخل للسلالة المراد تصنيفها جزيئيا، إنّ أهم مخرجات هاته المعالجة هي شجرتي النسب الوراثي (Phylogenetics trees) أحدها على أساس الجين 16S rRNA والأخرى على أساس تتابع الجينوم الكامل.

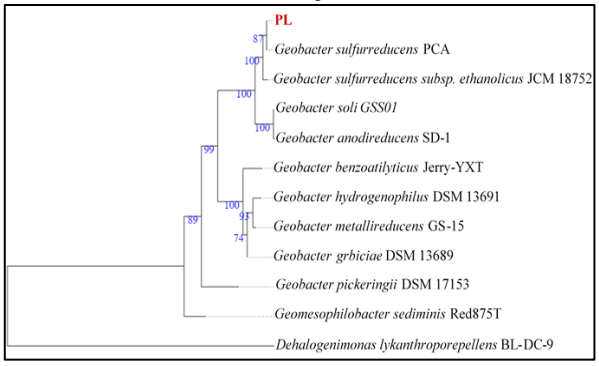
- المعالجة المعلوماتية الاوتوماتيكية باستخدام الخادم RAST: بفضل هذه المعالجة البرمجية على موقع الخادم RAST على شبكة الانترنت نتمكن من تصنيف جينات الجينوم محل الدراسة وظيفيا في أنظمة فرعية وظيفية COG ومعرفة تواتر الجينات في كل نظام فرعي وظيفي.
- التحليل الأوتوماتيكي باستعمال برنامج Prokka (Version 1.14.6): تُمكّن هذه المعالجة من التعرف على الخصائص العامة للجينوم المدروس (الحجم، معدل GC، عدد التتبعات المشفرة، ....)، وتساعد من تحديد دقيق وعميق لأسماء المورثات المتضمَّنة داخل الجينوم المعالج ومعرفة التتابع النيكليوتيدي لكل مورثة. ونقوم في مرحلة لاحقة انطلاقا من مخرجات Prokka بالبحث على الجينات الهامة والواعدة المتعلقة بأكسدة الركائز والسموم الكيمائية وتوليد الكهرباء الحيوية.
- المعالجة باستخدام الخادم AntiSMASH: إنّ أهمية هذه المعالجة تتمثل في التنبؤ بالمجموعات الجينية Clusters داخل الجينوم المدروس المسؤولة على نواتج الأيض الثانوي.
- التحليل الجينومي المقارن: تَم استخدام برنامج Roary للقيام بمُقارنة جينوم السلالة PL مع جينومات باقي سلالات النوع البكتيري *G. sulfurreducens* خصوصا السلالة النمطية لهذا النوع وهي PCA والسلالة KN400.

3. النتائج والمناقشة

3.1. الدراسة التصنيفية الجزيئية للسلالة PL:

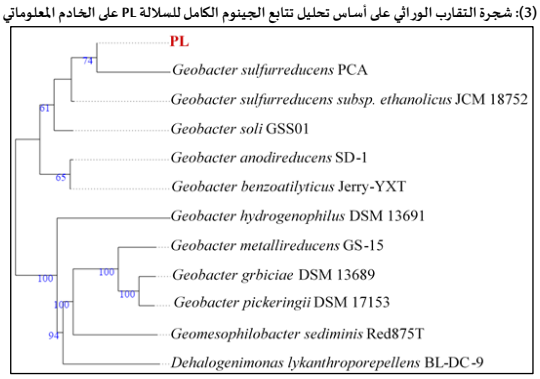
لقد مكنت الدراسة الجينية بالتحليل الجزيئي للقطعة "rDNA 16S" ودراسة النسالة (Phylogeny) بتحقيق الـ BLAST على قاعدة البيانات TYGS من إثبات أن السلالة PL تنتمي للنوع البكتيري *Geobacter sulfurreducens* كما هو موضح في شجرة التصنيف الوراثي (الشكل 2).

الشكل (2): شجرة التقارب الوراثي على أساس تحليل تتابع الجين المشفر للرنا الريبوسومي 16S rRNA، والتي تبين العلاقة بين السلالة PL والأنواع الأقرب وراثيا من جنس *Geobacter*



يوضح الشكل 3 شجرة التصنيف الوراثي نتيجة اجراء الـ BLAST للجينوم الكامل للسلالة PL على الخادم المعلوماتي TYGS، تؤكد هذه الشجرة الوراثية انتماء هذه السلالة للنوع البكتيري *Geobacter sulfurreducens*.

الشكل (3): شجرة التقارب الوراثي على أساس تحليل تتابع الجينوم الكامل للسلالة PL على الخادم المعلوماتي TYGS



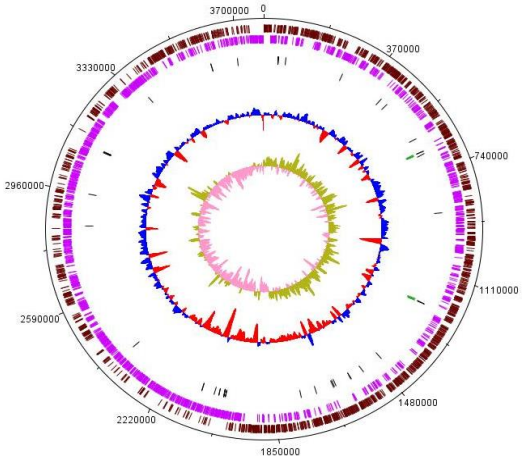
3.2. الخصائص العامة للجينوم PL:

يتضمن جينوم السلالة PL 3,783,299 زوج قاعدة أزوتية وتبلغ نسبة G+C 61%، كما يتضمن الجينوم PL 3483 تتابع مُشَفر (CDS) متنبأ بها. ولقد تم تحديد ما مجموعه 6 جينات تشفر للأحماض النووية الريبية (rRNAs) و48 مورثة تعبر عن tRNA (جدول 1) (شكل 2). معدل الفراغات في تسلسل الجينوم محل الدراسة مُنعدم وN50 مرتفع نسبيا (372840) وهذا يشير إلى جودة عالية لتسلسل الجينوم. الجينوم PL أصغر من جينوم السلالة PCA (3,814,128 زوج قاعدة أزوتية) وأكبر من جينومات السلالة KN400 (3,726,411 زوج قاعدة أزوتية) والسلالة YM18 (3,714,272 زوج قاعدة أزوتية). و لم يتم كذلك العثور على بلازميد في هاته السلالة على غرار سلالات *G. sulfurreducens* المكتشفة لحد الآن.

جدول (1): الخصائص العامة لجينوم السلالة PL

الخاصية	جينوم PL
الحجم	3,783,299 زوج قاعدة ازوتية
معدل GC	%61
عدد التتبعات المشفرة	3483
عدد RNAs	67
نسبة الفجوات (Gap Ratio)	%0.0
N50	372840

الشكل (4): خريطة دائرية للجينوم PL. من الدائرة الخارجية إلى الدائرة الداخلية، توجد دائرة 1: CDS على السلسلة الأمامية لـ DNA (لون بني)؛ الدائرة 2: CDS على الشريط العكسي لـ DNA (لون بنفسجي)؛ الدائرة 3: الرنا الريبوزومي (لون أسود)؛ الدائرة 4: الحمض الريبي النووي النقال (لون أخضر)؛ الدائرة 5: محتوى GC (لون أزرق/برتقالي)؛ الدائرة 6: توزع GC (برتقالي/وردي). و قد تم استخدام برنامج DNAPlotter لتحقيق هذه الخريطة.

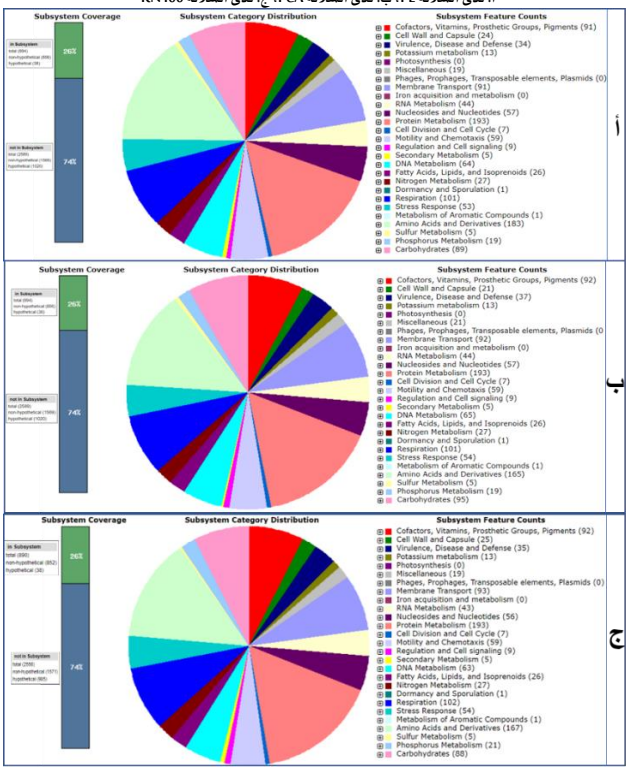


3.3. مورثات الفئات الوظيفية (COG):

إنّ مخرجات التحليل الجيني (Annotation) بواسطة خادم RAST أظهرت لنا أنّ 26% من مورثات الجينوم PL والجينوم PCA تنتظم في فئات وظيفية (COGs) (الشكل 4)، إذ تم العثور على 25 فئة وظيفية رئيسية متطابقة في كلا الجينومين، بالنسبة لجينوم PL نلاحظ من خلال الشكل (4-أ) وجود تواتر جيني كبير نسبيا في الفئات الوظيفية المتعلقة بأيض البروتينات (Protein Metabolism)، الأحماض الامينية ومشتقاتها (Amino Acids and Derivatives)، العوامل المساعدة والفيتامينات والأصباغ (Cofactors, Vitamins, Prosthetic Groups, Pigments)، كذلك نلاحظ تواتر جيني لابأس به

(59) بالنسبة للجينات المتعلقة بالحركة والانجذاب الكيمائي (Motility and Chemotaxis) مما يعني أن هذه السلالة تمتلك خاصية الحركة، كما تبين لنا وجود فئة وظيفية مسؤولة عن ميتابوليزم الكبريت (Sulfur Metabolism)، و كذلك غياب الفئة الوظيفية المسؤولة عن خاصية التمثيل الضوئي (Photosynthesis) مما يؤدي لعدم امتلاك هذه السلالة لهذه الميزة. بالمقابل نلاحظ أيضا من خلال الشكل (4-ب و4-ج) أنّ هناك تشابه إلى حد كبير في تواتر مورثات الفئات الوظيفية في جينوم PCA و KN400 مقارنة بالجينوم PL.

الشكل (5): تواتر المورثات ضمن الفئات الوظيفية (الأنظمة الفرعية) للجينوم PL باستخدام الخادم RAST
أ: لدى السلالة PL، ب: لدى السلالة PCA، ج: لدى السلالة KN400



3.4. المورثات المرتبطة بإنتاج الطاقة الكهروكيميائية:

لقد سمح التحليل والتحديد الجيني باستخدام كل من برنامج Prokka، الخادم Rast ومركز موارد المعلوماتية الحيوية (BV-BRC) للجينومين PL و PCA اكتشاف العديد من المورثات المتعلقة بإنتاج الكهرباء-الحيوية في خلايا الوقود الميكروبية MFCs، نتطرق إلى ذكر أهمها فيمايلي:

3.4.1. المورثات المشفرة لتكوين الأغلفة الحيوية Biofilms

تُوَلد البكتيريا التي تتثبت وتُكوِن أغلفة حيوية سميكة على الأنود كثافة تيار أعلى في مقابل البكتيريا القادرة على تكوين أغلفة حيوية رقيقة (Kumar *et al.*, 2015). حيث أظهر التحليل الجيني للجينوم PL وجود العديد من المورثات المتعلقة بخاصية التثبت وتشكيل أغلفة حيوية متعددة الطبقات شديدة التنظيم وسميكة (الجدول 2)، إنّ نتيجة التحليل الجيني كشفت عن امتلاك السلالات PL، PCA و KN400 لعديد من المورثات المساهمة في تكوين biofilm مثل *AlgA* Alginate biosynthesis protein، كما تميزت السلالة PL بامتلاك المورثتين *CpsY* Exopolysaccharide phosphotransferase و Type 4 prepilin-like proteins leader peptide-processing enzyme وغيابها لدى السلالة PCA و KN400 مما قد يعكس على قدرة أكبر في تكوين أغلفة حيوية سميكة.

تتطلب *G. sulfurreducens* التعبير عن الشعيرات الموصلة Pili كهربائياً لتشكيل الأغشية الحيوية على أسطح أكسيد الحديد (III) غير قابلة للذوبان وأنودات الجرافيت المستخدمة في خلايا الوقود الميكروبية، إذ تمثل دور هيكلي في تكوين الأغلفة الحيوية البكتيرية (Reguera *et al.*, 2007)، وتمتلك السلالة PL على غرار السلالات PCA و KN400 جينات تشفر لصفة الشعيرات الموصلة مثل Type 4 prepilin-like proteins leader peptide-processing enzyme.

جدول (2): المورثات المتعلقة بالتثبت وتشكيل الأغلفة الحيوية وموقعها في الجينوم PL

الدور البيولوجي	المورثة	الموقع على الجينوم PL
التثبت وتشكيل الأغلفة الحيوية (biofilms)	Alginate biosynthesis protein AlgA	IGAFNDJN_02372
	Exopolysaccharide phosphotransferase CpsY	IGAFNDJN_01504
	Type 4 prepilin-like proteins leader peptide-processing enzyme	IGAFNDJN_02144

3.4.2. المورثات المسؤولة عن نقل الإلكترونات خارج الخلية Extracellular electron transfer (EET)

تَنقل Exoelectrogens الإلكترونات إلى سطح القطب إمّا بصورة مباشرة Direct electron transfer (DEET) (عبر السيتوكرومات النوع c-type cytochromes C (c-Cyts) أو شعيرات Pili IV (T4P)) (Ihara *et al.*, 2022) و/أو عن طريق غير مباشر بإفراز نواقل إلكترونية وسطية مثل الفلافينات أو البيوسيانين (Wang *et al.*, 2021).

وأظهر التحليل الجينومي للجينوم PL، الجينوم PCA والجينوم KN400 وجود عديد المورثات المسؤولة عن نقل الإلكترونات خارج الخلية الميكروبية وبالتالي المساهمة في توليد الكهرباء الحيوية.

ويُعد السيتوكروم *OmcS* متعدد الهيم من النوع C (C-type cytochrome *OmcS*) أحد المكونات المركزية المستخدمة في نقل الإلكترون خارج الخلية، وتنتقل الإلكترونات إلى مستقبلات الإلكترونات خارج الخلية مثل Fe^{+3}، Mn^{+4} والمواد الدبالية (Qian *et al.*, 2011). ويُعد *OmcS* واحدًا من أكثر السيتوكرومات وفرة في الأسطح الخارجية لخلايا النوع *Geobacter sulfurreducens* (Mehta *et al.*, 2005)، الذي يلعب دورا هاما في إنتاج الكهرباء من قبل الخلايا الميكروبية (Yang *et al.*, 2017). مخرجات الدراسة الجينومية تظهر امتلاك السلالات المدروسة عدة نسخ من مورثات *OmcS*.

وتمتلك السلالة PL أربع نسخ من المورثة المشفرة للسيتوكروم *OmcS* وهو نفس العدد الموجود ضمن جينوم السلالة النموذجية PCA. ولقد أوضح التحليل الجينومي للجينوم PL، الجينوم PCA والجينوم KN400 وجود مورثات السيتوكروم *OmcB* C-type polyheme cytochrome والسيتوكروم C-type polyheme cytochrome *OmcC*، وتشير الدراسات إلى أهمية السيتوكروم *OmcB* في نقل الإلكترون إلى Fe^{+3}، كما تشير إلى أنّ نقل الإلكترون إلى الغشاء الخارجي هو سمة مهمة في إرجاع Fe^{+3} لدى *G. sulfurreducens* (Liu *et al.*, 2015). الجدول (3) يوضح مواقع المورثات التي تُشفر للسيتوكرومات في الجينوم PL.

الدراسة الجينومية المقارنة أظهرت أن مواقع مورثات السيتوكروم تختلف بين الجينومات PL، PCA و KN400.

جدول (3): المورثات المشفرة للسيتوكرومات وموقعها في الجينوم PL

الدور البيولوجي	المورثة	الموقع على الجينوم PL
النقل المباشر للإلكترون Direct electron transfer	Cytochrome c6	IGAFNDJN_02442 IGAFNDJN_02526 IGAFNDJN_02731
	Cytochrome c7	IGAFNDJN_00331 IGAFNDJN_00332 IGAFNDJN_00590
	C-type cytochrome *OmcS*	IGAFNDJN_02514 IGAFNDJN_02516 IGAFNDJN_02517
	C-type polyheme cytochrome *OmcC*	IGAFNDJN_02722
	C-type polyheme cytochrome *OmcB*	IGAFNDJN_02726
	Cytochrome c551 peroxidase	IGAFNDJN_02801
	Cytochrome c biogenesis protein *CcsA*	IGAFNDJN_02877 IGAFNDJN_03266 IGAFNDJN_03303
	Cytochrome c biogenesis protein *Ccs1*	IGAFNDJN_02878
	Menaquinol-cytochrome c reductase cytochrome b	IGAFNDJN_02927
	Cytochrome b6-f complex iron-sulfur	IGAFNDJN_02928
	Cytochrome c-552	IGAFNDJN_03146 IGAFNDJN_00324
	Cytochrome c-type protein *NrfH*	IGAFNDJN_03147
	Cytochrome c-type protein *ImcH*	IGAFNDJN_03243
	Cytochrome c oxidase	IGAFNDJN_00194
	Cytochrome bo(3) ubiquinol oxidase	IGAFNDJN_00195
	Thiosulfate reductase cytochrome B *PhsC*	IGAFNDJN_00571
النقل غير المباشر للإلكترون	Phenazine biosynthesis protein *PhzD*	IGAFNDJN_01007
	Riboflavin biosynthesis protein *RibD*	IGAFNDJN_01686
	Riboflavin synthase	IGAFNDJN_01687
	Riboflavin biosynthesis protein *RibBA*	IGAFNDJN_01688
	NADPH-flavin oxidoreductase	IGAFNDJN_02537
	Flavin-dependent thymidylate synthase	IGAFNDJN_03101

3.4.3. المورثات المسؤولة عن أكسدة مختلف الركائز

إنّ خلايا الوقود الميكروبية تعتبر تقنية صديقة للبيئة ومستدامة، ففي وقت واحد يُمكنها تنفيذ أكسدة الملوثات وإنتاج الكهرباء (Wang *et al.,* 2020). وتستخدم MFCs الكائنات الحية الدقيقة كمحفزات حيوية لأكسدة الركائز (المواد العضوية..) ونقل الإلكترونات الناتجة إلى السطح الأنودي لإنتاج الكهرباء-الحيوية (Wang *et al.,* 2015).

وأظهر التحليل الجيني للسلالات PL، PCA وKN400 وجود العديد من المورثات المشفرة لإنزيمات وبروتينات متدخلة في أكسدة العديد من الركائز التي يؤدي تراكمها إلى مخاطر بيئية، إن الجدول (4) يلخص أهم هذه المورثات وموقعها على الجينوم PL. إنّ الدراسة الجينومية المقارنة أظهرت لنا أنّ مواقع المورثات تختلف بين الجينومات PL، PCA وKN400.

جدول (4): المورثات المسؤولة عن أكسدة الركائز وموقعها في الجينوم PL

الركيزة	المورثة	الموقع على الجينوم PL
الركائز والفضلات العضوية	NADH dehydrogenase	IGAFNDJN_00474
	Protoporphyrinogen oxidase	IGAFNDJN_00013
	6-hydroxy-D-nicotine oxidase	IGAFNDJN_00535
	L-aspartate oxidase	IGAFNDJN_01924
	2-oxoglutarate oxidoreductase	IGAFNDJN_01463
	Peptide methionine sulfoxide reductase *MsrA*	IGAFNDJN_03153
	Alanine dehydrogenase	IGAFNDJN_02304
	Formate dehydrogenase	IGAFNDJN_00766
	Malate dehydrogenase	IGAFNDJN_01461
	Homoserine dehydrogenase	IGAFNDJN_01691
	Polyphenol oxidase	IGAFNDJN_00063
	Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	IGAFNDJN_01630
	3-beta-hydroxysteroid dehydrogenase	IGAFNDJN_01574
	Aurachin B dehydrogenase	IGAFNDJN_00667
الركائز اللاعضوية والسامة	Thiol-disulfide oxidoreductase ResA	IGAFNDJN_03263
	Protein-disulfide oxidoreductase *DsbI*	IGAFNDJN_03114
	Carbon monoxide dehydrogenase	IGAFNDJN_02198

3.5. النتائج الإحصائية للمقارنة الجينومية للسلالات الثلاث للنوع *G. sulfurreducens*:

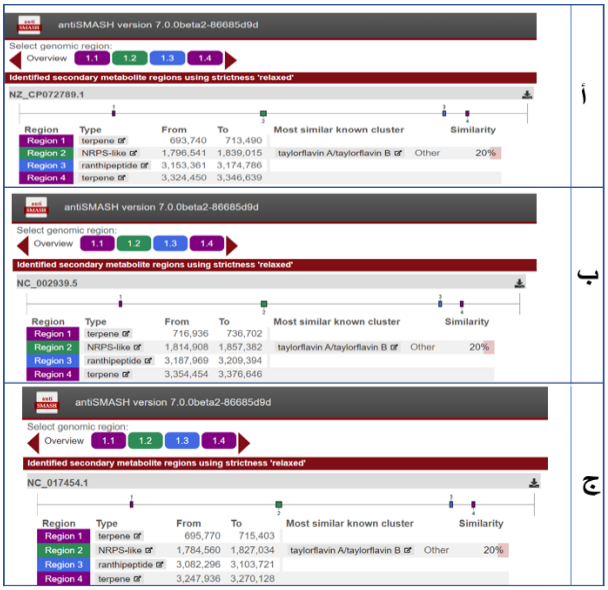
إنّ المخرجات الإحصائية بواسطة برنامج Roary تُبين لنا أنّ Pan-genome (الجينوم الشامل) يحتوي على مجموعة من المورثات قدرها 3892 جينًا، كما أنّ 3036 هو عدد مورثات الـ Core-genome (الجينوم الأساسي المشترك) بنسبة 78% من Pan-genome، حيث يدل ذلك على تشابه كبير بين هذه السلالات في المحتوى الجيني، وبالتالي سلالات هذا النوع متجانسة إلى حد كبير.

3.6. المجموعات الجينية المسؤولة عن الآيض الثانوي في جينوم:

إنّ تحليل الأداة البرمجية antiSMASH لجينومات PL، PCA وKN400 يكشف عن وجود المجموعات الجينية (Clusters) التي قد تكون مسؤولة عن إنتاج مركبات أيضية ثانوية مهمة، تَم التنبؤ بواسطة الأداة antiSMASH عن المجموعات الجينية المشفرة لنواتج الأيض الثانوي لدى السلالات الثلاث كما يظهر ذلك في الشكل (6).

وقد بدا لنا من خلال الدراسة أنه لا يوجد علاقة بين نواتج الأيض الثانوي وإنتاج الكهرباء الحيوية في كل السلالات المدروسة، هذه النتائج تتوافق مع الدراسات المنشورة المتعلقة بـ *G. sulfurreducens*.

الشكل (6): الكشف عن المجموعات الجينية التي ترمز لنواتج الأيض الثانوية داخل الجينوم بواسطة الأداة antiSMASH. أ: لدى السلالة PL، ب: لدى السلالة PCA، ج: لدى السلالة KN400



يَتبين من خلال نتائج التحليل الجينومي ومقارنة السلالة PL مع أهم سلالات النوع البكتيري *G. sulfurreducens*، أهمية السلالة PL كمخزون ثري من المورثات التي تُشفّر لكثير من الخصائص تمكنها من تكوين أغلفة حيوية Biofilms (Kumar *et al.,* 2015) والإرتباط بالأنود لخلايا الوقود الميكروبية MFCs وأكسدة الكثير من الركائز والملوثات البيئية (Wang *et al.,* 2020) وتقل الإلكترونات خارج الخلية الميكروبية (Ihara *et al.,* 2022; Yang *et al.,* 2017). لذا فإنّ هاته الدراسة تُشجع على استخدام هذه السلالة في خلايا الوقود الميكروبية لإنتاج الطاقة الحيوية المستدامة بصورة فعالة وطويلة الأمد (Guadarrama-Pérez *et al.,* 2023).

3.7. الاستنتاج والتوصيات:

إنّ الاستثمار في الطاقة المستدامة بمختلف مصادرها، أصبح ضرورة ملحة لمساعدة كوكبنا على التشافي من التلوث وآثاره الفادحة التي نعايشها. حيث تثبت الدراسات يوما بعد يوم أهمية البكتيريا النافعة كمصدر حيوي ومستدام للطاقة النظيفة، إذ يمكن استخدامها كمولد للإلكترونات ضمن تراكيب خاصة التي تعرف بخلايا الوقود الميكروبية MFCs. فالتحدي الأساس لهذا التوجه هو اختيار السلالات البكتيرية الأكثر نجاعة في تشغيل خلايا الوقود الميكروبية، وعليه فإنّ الدراسة الجينومية تعد أداة فعالة في التنبؤ بأهمية سلالة بكتيرية ما وذلك من خلال معرفة المحتوى الجيني. وعلى أساس ذلك خلصت هذه الدراسة الجينومية للسلالة PL انتماءها للنوع البكتيري *G. sulfurreducens* وامتلاكها رصيدا جينيا يجعل منها مرشحا واعدا كمشغل لخلايا الوقود الميكروبية.

نبذة عن المؤلفين

ضيف القندوز

قسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، الأغواط، الجزائر
مخبر بيولوجيا الأنظمة الميكروبية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، الجزائر
00213675443604, kdgb2007@yahoo.fr

د. ضيف، جزائري متحصل على الدكتوراه في علم الأحياء الدقيق التطبيقي من المدرسة العليا للأساتذة بالقبة-الجزائر-، باحث بمخبر بيولوجيا الأنظمة الميكروبية بالمدرسة العليا للأساتذة بالقبة وأستاذ محاضر بالمدرسة العليا للأساتذة بالأغواط (الجزائر)، نشر عدة مقالات علمية، أبحاثه مقتبسة في مقالات عدة ضمن قاعدة بيانات (Scopus)، نظّم وشارك في العديد من الملتقيات في مجال علم الأحياء الدقيقة التطبيقي خصوصا في مجال البكتيريا النافعة المعزّزة لنمو النبات والدراسات الجينومية البكتيرية، أشرف على العديد من رسائل الماستر في علم الأحياء الدقيقة

التطبيقي. رقم الأوركيد: 0000-0002-7194-1460

ميكلات عتيقة

مخبر بيولوجيا الأنظمة الميكروبية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، الجزائر
00213661777647, atika.meklat@g.ens-kouba.dz

أ.د. ميكلات جزائرية حاصلة على درجة الدكتوراه في علم الأحياء الدقيق التطبيقي Microbiology Applied من المدرسة العليا للأساتذة بالقبة بالعاصمة الجزائرية، تشغل منصب مديرة مخبر بيولوجيا الأنظمة الميكروبية (LBSM) بالمدرسة العليا للأساتذة بالقبة، وأستاذة محاضرة في علم الأحياء الدقيقة العام بنفس مؤسسة التعليم العالي، نشرت عددا كبيرا من الورقات العلمية في مجلات مؤرشفة في (Scopus)، اكتشفت الكثير من الأنواع البكتيرية الجديدة تحديدا البكتيريا الهيفية Actinomycetes، أبحاثها مقتبسة في عديد المقالات المعتمدة في (Scopus)، أشرفت على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه. رقم الأوركيد: 0000-0002-3398-7302

زيتوني عبد الغني

مخبر بيولوجيا الأنظمة الميكروبية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، الجزائر
00213693297229, abdelghani.zitouni@g.ens-kouba.dz

أ.د. زيتوني، جزائري، حاصل على درجة الدكتوراه في علم الأحياء الدقيق التطبيقي من جامعة تولوز-فرنسا-، أستاذ دكتور بالمدرسة العليا للأساتذة القبة بالجزائر العاصمة، ورئيس فرقة بحث بمخبر بيولوجيا الأنظمة الميكروبية (LBSM) بالمدرسة العليا للأساتذة بالقبة، نشر عددا كبيرا من الورقات العلمية، أبحاثه مقتبسة في عديد المقالات المعتمدة في (Scopus)، اكتشف النوع البكتيري *Saccharothrix algeriensis* وعددا من الجزيئات ذات النشاط الحيوي المنتجة من سلالات بكتيرية، ترأس ونظّم وشارك في العديد من الملتقيات العلمية في مجال علم الأحياء الدقيقة التطبيقي، أشرف على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه. رقم الأوركيد: 0000-0002-7230-6856

المراجع

Agrahari, R., Bayar, B., Abubackar, H.N., Giri, B.S., Rene, E.R. and Rani, R. (2022). Advances in the development of electrode materials for improving the reactor kinetics in microbial fuel cells. *Chemosphere*, **290**(n/a), 133184. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.

Aziz, R.K., Bartels, D., Best, A.A., DeJongh, M., Disz, T., Edwards, R.A., Formsma, K., Gerdes, S., Glass, E.M., Kubal, M., Meyer, F., Olsen, G.J., Olson, R., Osterman, A.L., Overbeek, R.A., McNeil, L.K., Paarmann, D., Paczian, T., Parrello, B., Pusch, G.D., Reich, C., Stevens, R., Vassieva, O., Vonstein, V., Wilke, A. and Zagnitko, O. (2008). The RAST Server: rapid annotations using subsystems technology. *BMC Genomics*, **9**(1), 1–15. DOI: 10.1186/1471-2164 a – s

Bond, D.R. and Lovley, D.R. (2003). Electricity production by *Geobacter sulfurreducens* attached to electrodes. *Applied and Environmental Microbiology*, **69**(3), 1548–55. DOI: 10.1128/AEM.69.3.

Cai, T., Meng, L., Chen, G., Xi, Y., Jiang, N., Song, J., Shengyang, Z., Liu, Y., Zhen, G. and Huang, M. (2020). Application of advanced anodes in microbial fuel cells for power generation: A review. *Chemosphere*, **248**(n/a), 125985. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.125985

Choudhury, P., Prasad Uday, U.S., Bandyopadhyay, T.K., Ray, R.N. and Bhunia, B. (2017). Performance improvement of microbial fuel cell (MFC) using suitable electrode and Bioengineered organisms: A review. *Bioengineered*, **8**(5), 471–87. DOI: 10.1080/21655979.2016.1267883

Dif, G. and Zitouni, A. (2023). Revealing of potential plant growth-enhancing traits through in silico genomic analysis of *Bacillus rhizoplanae* CIP111899. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(1), 34–40. DOI: 10.37575/b/sci/230003

Guadarrama-Pérez, O., Guevara-Pérez, A.C., Guadarrama-Pérez, V.H., Bustos-Terrones, V., Hernández-Romano, J., Guillén-Garcés, R.A. and Moeller-Chávez, G.E. (2023). Bioelectricity production from the anodic inoculation of *Geobacter sulfurreducens* DL-1 bacteria in constructed wetlands-microbial fuel cells. *Bioelectrochemistry*, **n/a**(n/a), 108537. DOI: 10.1016/j.bioelechem.2023.108537

Hasegawa, A., Tanigawa, K., Ohtsuru, A., Yabe, H., Maeda, M., Shigemura, J., Ohira, T., Tominaga, T., Akashi, M., Hirohashi, N., Ishikawa, T., Kamiya, K., Shibuya, K., Yamashita, S. and Chhem, R.K. (2015). Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. *The Lancet*, **386**(9992), 479–88. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)61106-0

Hassan, R.Y., Febbraio, F. and Andreescu, S. (2021). Microbial electrochemical systems: Principles, construction and biosensing applications. *Sensors*, **21**(4), 1279. DOI: 10.3390/s21041279

Hernández-Macedo, M.L., López, J.A., Eguiluz, K.I.B. and Salazar-Banda, G.R. (2020). Environmental Biotechnology: Challenges and perspectives in applying combined technologies to enhance remediation and renewable energy generation. *Revista Peruana de Biología*, **27**(1), 43–8. DOI: 10.15381/rpb.v27i1.17578

Hunt, N.D., Liebman, M., Thakrar, S.K. and Hill, J.D. (2020). Fossil energy use, climate change impacts, and air quality-related human health damages of conventional and diversified cropping systems in Iowa, USA. *Environmental Science & Technology*, **54**(18), 11002–14. DOI: 10.1021/acs.est.9b06929

Ihara, S., Wakai, S., Maehara, T. and Okamoto, A. (2022). Electrochemical enrichment and isolation of electrogenic bacteria from 0.22 μm filtrate. *Microorganisms*, **10**(10), 2051. DOI: 10.3390/microorganisms10102051

Jatoi, A.S., Akhter, F., Mazari, S.A., Sabzoi, N., Aziz, S., Soomro, S.A., Mubarak, N.M., Baloch, H., Memon, A.Q. and Ahmed, S. (2021). Advanced microbial fuel cell for wastewater treatment—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, **28**(n/a), 5005–19. DOI: 10.1007/s11356-020-11691-2

Kabeyi, M.J.B. and Olanrewaju, O.A. (2022). Sustainable energy transition for renewable and low carbon grid electricity generation and supply. *Frontiers in Energy Research*, **9**(n/a), 1032. Doi:10.3389/fenrg.2021.743114

Kartal, M.T. (2022). The role of consumption of energy, fossil sources, nuclear energy, and renewable energy on environmental degradation in top-five carbon producing countries. *Renewable Energy*, **184**(n/a), 871–80. DOI: 10.1016/j.renene.2021.12.022

Kumar, R., Singh, L. and Wahid, Z.A. (2015). Role of microorganisms in microbial fuel cells for bioelectricity production. *Microbial Factories: Biofuels, Waste Treatment*, **1**(n/a), 135–54. DOI: 10.1007/978-81-322-2598-0_9

Kumar, R., Singh, L. and Zularisam, A.W. (2016). Exoelectrogens: recent advances in molecular drivers involved in extracellular electron transfer and strategies used to improve it for microbial fuel cell applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **56**(n/a), 1322–36. DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.029

Liu, Y., Fredrickson, J.K., Zachara, J.M. and Shi, L. (2015). Direct involvement of ombB, omaB, and omcB genes in extracellular reduction of Fe (III) by *Geobacter sulfurreducens* PCA. *Frontiers in Microbiology*, **6**(n/a), 1075. Doi:10.3389/fmicb.2015.01075

Mahadevan, R., Bond, D.R., Butler, J.E., Esteve-Nunez, A., Coppi, M.V., Palsson, B.O., Schilling, C.H. and Lovley, D.R. (2006). Characterization of metabolism in the Fe (III)-reducing organism *Geobacter sulfurreducens* by constraint-based modeling. *Applied and Environmental Microbiology*, **72**(2), 1558–68. Doi:10.1128/AEM.72.2.1558-1568.2006

Mehta, T., Coppi, M.V., Childers, S.E. and Lovley, D. (2005). Outer membrane c-type cytochromes required for Fe (III) and Mn (IV) oxide reduction in *Geobacter sulfurreducens*. *Applied* and *Environmental Microbiology*, **71**(12), 8634–41. Doi:10.1128/AEM.71.12.8634-8641.2005

Meier-Kolthoff, J.P. and Göker, M. (2019). TYGS is an automated high-throughput platform for state-of-the-art genome-based taxonomy. *Nature Communications*, **10**(1), 2182.

Nagarajan, H., Butler, J.E., Klimes, A., Qiu, Y., Zengler, K., Ward, J., Young, N.D., Methé, B.A., Palsson, B., Lovley, D.R. and Barrett, C.L. (2010). De novo assembly of the complete genome of an enhanced electricity-producing variant of *Geobacter sulfurreducens* using only short reads. *PloS One*, **5**(6), e10922. Doi:10.1371/journal.pone.0010922

Page, A.J., Cummins, C.A., Hunt, M., Wong, V.K., Reuter, S., Holden, M.T., Fookes, M., Falush, D., Keane, J.A. and Parkhill, J. (2015). Roary: rapid large-scale prokaryote pan genome analysis. *Bioinformatics*, **31**(22), 3691–3. Doi:10.1093/bioinformatics/btv421

Perera, F. and Nadeau, K. (2022). Climate change, fossil-fuel pollution, and children's health. *New England Journal of Medicine*, **386**(24), 2303–14. Doi:10.1056/NEJMra2117706

Reguera, G., Pollina, R.B., Nicoll, J.S. and Lovley, D.R. (2007). Possible nonconductive role of *Geobacter sulfurreducens* pilus nanowires in biofilm formation. *Journal of Bacteriology*, **189**(5), 2125–7. Doi:10.1128/JB.01284-06

Qian, X., Mester, T., Morgado, L., Arakawa, T., Sharma, M.L., Inoue, K., Joseph, C., Carlos A.S., Maroney, M.J. and Lovley, D.R. (2011). Biochemical characterization of purified OmcS, a c-type cytochrome required for insoluble Fe (III) reduction in Geobacter sulfurreducens. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, **1807**(4), 404–12. Doi:10.1016/j.bbabio.2011.01.003

Qing, L., Alwahed Dagestani, A., Shinwari, R. and Chun, D. (2023). Novel research methods to evaluate renewable energy and energy-related greenhouse gases: Evidence from BRICS economies. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, **36**(1), 960–76. Doi:10.1080/1331677X.2022.2080746

Ray, M., Kumar, V. and Banerjee, C. (2020). Strategies for optimization of microbial community structure in microbial fuel cell for advanced industrial wastewater treatment. *Recent Developments in Bioenergy Research*, **n/a**(n/a), 299–310. DOI: 10.1016/B978-0-12-819597-0.00015-5

Rosenberg, N. (1998). The role of electricity in industrial development. *The Energy Journal*, **19**(2), n/a. DOI: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol19-No2-2

Sarma, R., Tamuly, A. and Kakati, B.K. (2022). Recent developments in electricity generation by Microbial Fuel Cell using different substrates. *Materials Today: Proceedings*, **49**(2), 457–63. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.02.522

Seemann, T. (2014). Prokka: rapid prokaryotic genome annotation. *Bioinformatics*, **30**(14), 2068–9. DOI: 10.1093/bioinformatics/btu153

Sharma, S., Basu, S., Shetti, N.P. and Aminabhavi, T.M. (2020). Waste-to-energy nexus for circular economy and environmental protection: Recent trends in hydrogen energy. *Science of the Total Environment*, **713**(n/a), 136633. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.136633

Torlaema, T.A.M., Ibrahim, M.N.M., Ahmad, A., Guerrero-Barajas, C., Alshammari, M.B., Oh, S.E. and Hussain, F. (2022). Degradation of hydroquinone coupled with energy generation through microbial fuel cells energized by organic waste. *Processes*, **10**(10), 2099. DOI: 10.3390/pr10102099

Wang, H., Luo, H., Fallgren, P.H., Jin, S. and Ren, Z.J. (2015). Bioelectrochemical system platform for sustainable environmental remediation and energy generation. *Biotechnology Advances*, **33**(3–4), 317–34. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.04.003

Wang, R., Li, H., Sun, J., Zhang, L., Jiao, J., Wang, Q. and Liu, S. (2021). Nanomaterials facilitating microbial extracellular electron transfer at interfaces. *Advanced Materials*, **33**(6), 2004051. DOI: 10.1002/adma.202004051

Wang, W., Zhang, Y., Li, M., Wei, X., Wang, Y., Liu, L., Wang, H. and Shen, S. (2020). Operation mechanism of constructed wetland-microbial fuel cells for wastewater treatment and electricity generation: A review. *Bioresource Technology*, **314**(9), 123808. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.123808

Weber, T., Blin, K., Duddela, S., Krug, D., Kim, H.U., Bruccoleri, R., Lee, S.Y., Fischbach, M.A., Müller, R., Wohlleben, W., Breitling, R., Takano, E. and Medema, M.H. (2015). AntiSMASH 3.0—a comprehensive resource for the genome mining of biosynthetic gene clusters. *Nucleic Acids Research*, **43**(W1), W237-W243. DOI: 10.1093/nar/gkv437

Yang, Y., Kong, G., Chen, X., Lian, Y., Liu, W. and Xu, M. (2017). Electricity generation by *Shewanella decolorationis* S12 without cytochrome c. *Frontiers in Microbiology*, **8**(n/a), 1115. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01115

The Scientific Journal of King Faisal University

Basic and Applied Sciences

Crenotherapy using Spring Thermal Water in Western Algeria and its Effectiveness Against Kidney Stones

Afaf Amara-Rekkab [1, 2]

[1] Institute of Science and Technology, Department of Hydraulics, University Center of Maghnia, Maghnia, Algeria

[2] Laboratory of Separation and Purification Technologies, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Tlemcen, Tlemcen, Algeria

LINK	RECEIVED	ACCEPTED	PUBLISHED ONLINE	ASSIGNED TO AN ISSUE
https://doi.org/10.37575/b/sci/230036	31/07/2023	12/11/2023	12/11/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS	NO. OF PAGES	YEAR	VOLUME	ISSUE
4072	5	2023	24	2

ABSTRACT

Water is a natural resource with multiple uses. It is precious and important; therefore, it must meet the standard criteria. The goal of this project is to verify and estimate the physicochemical and bacteriological quality of water from the Dar Bentata source and its therapeutic benefits in medical diseases. These analyses covered several physicochemical water parameters. These parameters are temperature, hydrogen potential, MO, electrical conductivity, total dissolved solid (TDS), turbidity, O_2, total hardness, alkalinity, color, Cl^- ; SO_4^{2-} ; NO_3^- ; NO_2^- ; HCO_3^- ; Ca^{2+}, Mg^{2+}; K^+ ; PO_4^{-3} , and Na^+... ,and a certain number of bacteriological parameters such as total germs, total fecal coliforms, fecal streptococci, and Clostridium sulfitor. Three water points were sampled for five days during December 2021. The different hydrochemical facies of the Dar Bentata were used to determine the quality of the water. The results show that this water source is sodium chloride in nature and has therapeutic properties for calcium lithiasis.

KEYWORDS

Bacteriological, chemical facies, physicochemical analyses, quality, saline, source water

CITATION

Amara-Rekkab, A. (2023). Crenotherapy using spring thermal water in western Algeria and its effectiveness against kidney stones. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 26–30. DOI:10.37575/b/sci/230036

1. Introduction

Health issues associated with the formation of urinary stones are frequent. It is a complication of urinary divers' ion and is now a cause of increasing concern. In addition, the mechanism of lithogenes is still to be clearly understood in the therapeutic process (Vani *et al.,* 2021; Birowo *et al.,* 2020; Patankar *et al.,* 2020; Song *et al.,* 2022; Lu *et al.,* 2022).

Nephrolithiasis or renal stones are mineral deposits in the renal calyces and pelvises that are either affixed to or free of the kidney papillae. Stone formation is the result of complex biochemical processes involving proteins and is facilitated by the supersaturation of ions in urine. Stone samples are composed of crystalline inorganic, organic, and elemental species. Inadequate water intake is the primary cause of stone formation. Other risk factors, such as family history, diet, and systemic diseases, have also been identified as contributors to these processes (Deshpande *et al.,* 2022; Han *et al.,* 2015; Siener, 2021).

Common minerals found in stones include calcium oxidalate monohydrate (COM, whewellite), calcium oxidalate dihydrate (COD, weddellite), magnesium ammonium phosphate hexahydrate (MAPH, struvite), calcium hydrogen phosphate dihydrate CHPD, brushite), penta calcium hydroxy triphosphate (PCHT, hydroxyapatite), and other rare substances. Uric acid (UA) is another uncommon organic compound responsible for stone formation. Stone samples are typically composed of more than one mineral type, with COM and/or COD predominating in terms of occurrence and relative abundance. Other minerals include MAPH, CHPD, PCHT, and organic matter (Tonannavar *et al.*, 2016; Grases *et al.*, 1996 ; Siener *et al.*, 2002).

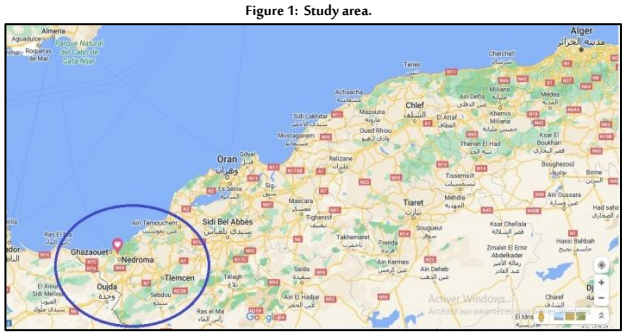
Crenotherapy, or the therapeutic use of thermo mineral waters for treating a variety of maladies (rheumatic, dermatological, renal, genital), is supported by a large body of scientific research and clinical studies (Maarmri *et al.*, 2012; Mohim *et al.*, 2022; Dubois, 2009; Karunakaran *et al.*, 2022). Hydration also plays a crucial role in preventing these small kidney stones. Our kidneys are incredible organs that filter our blood to remove waste and produce urine. When we do not enough drink, urine becomes more concentrated, which promotes the formation of these famous stones. Therefore, drinking to evacuate the stones is the key to keeping our kidneys healthy. According to several studies, the chemical composition of drinking water plays an important role in the dissolution of kidney stones (Ricciardi *et al.*, 2016; Lieske *et al.*, 2014). For example, calcium, an essential element for bone health, also plays a role in the formation of kidney stones. However, if we have calcium-related kidney stones and, already consume enough calcium in our diet, we may want to opt for low-calcium water to avoid excessive intake. However, uric acid kidney stones can be a real source of discomfort. Gaseous water rich in bicarbonates can help reduce the acidity of urine and thus prevent the formation of uric acid stones. Knowing that several thermal sources in the world are known for the treatment of kidney diseases, the thermal springs of Pithecusa, Evian, Volvic, Badoit, La Salvetat...

The source after having been approved by the State may take the designation of a natural mineral water. Dar Bentata village is located 60 km from Tlemcen, between Nedroma and Ghazaouet in the Algerian region. On a national scale, this fountain is known for its miraculous therapeutic effectiveness. Our work consisted of studying the physicochemical and bacteriological properties of Dar Bentata thermal spring water located west of Algeria with the aim of comparing the properties to other drinking water and discussing its effects on kidney stones.

Dar Bentata is a small village located 60 km from Tlemcen city, between Nedroma and Ghazaouet cities, in the Tlemcen province, west of Algeria (Fig. 1).

Corresponding Author: Afaf Amara-Rekkab 00213657124805, amarafaf@yahoo.fr

Figure 1: Study area.



Urinary lithiasis is characterized by the development of kidney stones. There are five types of kidney stones. Seventy-five percent of stones are calcium oxalate that affects the human body in cases of obesity, diabetes, and hypertension. An excess of calcium oxalate will precipitate in the form of crystals. 15 % of these have calcium phosphate due to overconsumption of Na^+ sodium combined with a low potassium K^+ ratio. 5 % of stones comprise phosphatoammoniacomagnesium caused genetically. Uric acid calculations account for 5%–10% of lithiasis cases, but in the Mediterranean countries, they are thought to account for almost 30% of cases. Uric acid precipitates after the terminal breakdown of purines. The purine-rich foods are offal, shrimp, liver, red meat, and anchovies. Cystine stones affect less than 2% of all lithiases and comprise cystine (Deepika *et al.*, 2018).

Kidney stones are considered very small solids of hard material that form in the kidneys. In most cases, 90% of patients suffer from calcium stones. In general, patients are asked to have a calcium intake of approximately 1 g/ day. For Lithiasis, the orientation of choice of drinking water is made according to the mineral composition and its chemical nature in addition to the minimum amount of drink recommended for patients depending on the type of Lithiasis. The type of water consumed must be considered in the overall treatment strategy for Lithiasis.

2. Materials and Methods

The samples were taken at three different sites (P1, P2 and P3) in Dar Bentata village for five days during December 2021 at 10 o'clock. Points (P1) and (P2) are located upstream of the main source of Dar Bentata (P3). Sampling was performed in plastic bottles rinsed with distilled water. Sampling for bacteriological analysis was performed in glass bottles tempered at 220°C. The analyses were carried out under a cold regime (4°C) in the laboratory of the Hammam boughrara drinking water production plant of the Algerian Water Company in Maghnia, located in the Tlemcen province of Algeria. Several physicochemical water parameters, including temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, total hardness, Cl^-, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, and Na^+ ions, and bacteriological parameters such as: total microorganisms and fecal, microorganisms were analyzed. The chemical analyses were carried out in reference to (Rodier *et al.*, 2016).

3. Results and Discussion

The diverse analyses performed on samples of Dar Bentata spring water have enabled the determination of descriptive parameters of the physicochemical and bacterial quality of the water. The results of the analysis were compared with Algerian and World Health Organization (WHO) standards.

3.1. Physicochemical Parameters:

3.1.1. Temperature

Because water temperature regulates nearly all physical, chemical, and biological reactions, it is an important factor in aquatic environments (Chapman, 1996). In the study area, the results obtained show that the degree of this temperature does not present great variations from one source to the other (Fig.2a), with a minimum of 13°C and a maximum of 16.8°C.

3.1.2. Turbidity

Turbidity is a parameter of potable water quality and an indicator of groundwater well stabilization. The clarity of water is a physical characteristic of turbidity. The turbidity of natural waters is caused by suspended matter, such as clay and sediment particles, organic matter, microscopic organisms, and colloids. Water turbidity is measured optically as a property of light dispersion (Popek, 2017). For turbidity, we found low values due to the absence of organic and inorganic matter (groundwater) (Fig. 2b). By combining our results with Algerian and WHO standards, we can say that the Dar Bentata waters are clear waters.

3.1.3. Organic Matter

Organic matter is an index of pollution that comes from the decomposition of bacteria in addition to giving an unpleasant smell to the water. For the different sampling points, the median values of organic matter did not exceed 1.5 mg/L and sometimes were equal to 0 and with their absence. Dar Bentata water is inodeur (Fig.2c).

3.1.4. pH and color of Dar Bentata water

The pH depends on the origin of the water, the geological nature of the substrate, and the watershed traversed. This parameter determines numerous physicochemical balances between water, dissolved carbon dioxide, carbonates, and bicarbonates, which provide favorable conditions for the development of aquatic life (Belghiti, 2013). The pH values ranged from 7.4 to 7.7 (Fig.3d). Therefore, the source appears to be neutral. According to the values of the color in Fig. 2e, we can say that the waters of Dar Bentata are transparent.

3.1.5. Conductivity

The electrical conductivity of water is the conductance of a column of water between two platinum electrodes with a 1 cm^2 surface area and a 1 cm separation. The opposite of the electrical resistivity. Conductivity indicates the mineralization of water and is an excellent indicator of the water's origin (Beyaitan-Bantin *et al.,* 2020). In fact, measuring conductivity permits estimation of the number of ions dissolved in water and, consequently, its mineralization. The values recorded during the study period vary from 884 to 1441. The increase in the values at the 3rd station (P3) determines the high mobility of the ions in the water (Fig.2f).

3.1.6. Hydrometrical Title

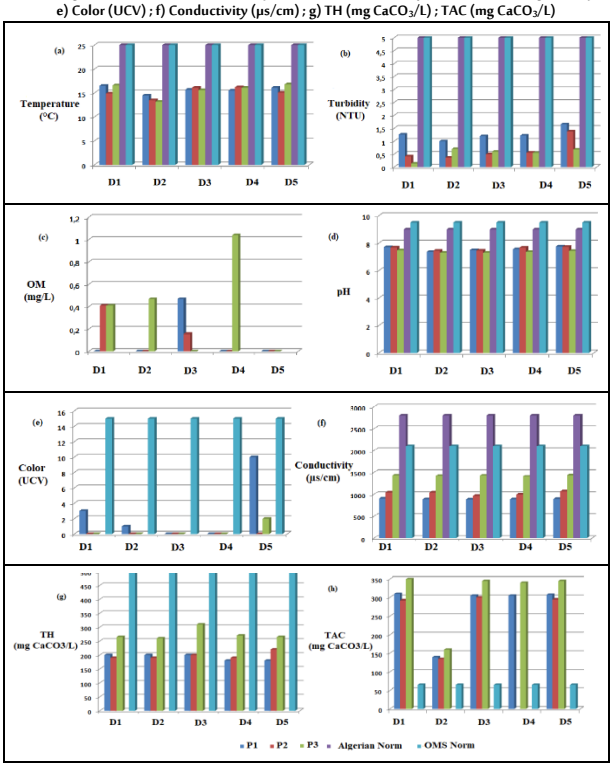
The hydrometrical title is the total concentration of Ca^{2+} and Mg^{2+} ions. Magnesium concentrations recorded at the studied sources were between 180 and 310 mg $CaCO_3$/L (Fig.2g). They stay clearly below the allowable limit for hydrometrical title, i.e., 500 mg $CaCO_3$/L.

3.1.7. Full Alkalinity Title

Alkality is due to the presence of hydroxides, carbonates, and bicarbonates. TA measures hydroxides and carbonates, and TAC measures OH^-, CO_3^{-2}, HCO_3^-. The bicarbonates in the water aid digestion and soothe heartburn because of the antacid properties of sodium bicarbonate. As a result, bicarbonate waters are good for athletes to fight against the acidity produced by the muscle during exercise (Labadi and Hammache, 2016).

The TAC values by the Algerian standard must be greater than 65 mg $CaCO_3$/L. According to the results expressed in Fig. 2h, we find that the TAC values are approaching the standard in the waters of DAR BENTATA, which are also characterized by low alkalinity (< 1000 mg/L) (Pierre, 2000).

Figure 2: Spatial distribution of the values of physicochemical parameters of Dar Bentata water, Tlemcen; Algeria (December; 2021). a)Temperature (°C) ; b) Turbidity (NTU) ; c) OM (mg/L) ; d) pH ; e) Color (UCV) ; f) Conductivity (µs/cm) ; g) TH (mg $CaCO_3$/L) ; TAC (mg $CaCO_3$/L)



3.1.8. Other physicochemical analyses

The following table (Table.1) shows the average value of the five-day pollution parameters in December 2021: NO_3^-, $NO_2^-$and PO_4^{-3}, and chemical parameters such as: K^+, SO_4^{-2}, Na^+ and Cl^- in relation to the water structure for the main source of Dar Bentata (P3) used for the treatment of kidney stones. The obtained results were compared with World Health Organization and French standards. In contrast to nitrate, the levels of nitrite, potassium, sulfates, phosphate, sodium, and chlorine are extremely low. Nitrate, however, marginally exceeds the standards. Consequently, the study waters are susceptible to nitrate contamination.

Table 1: Physicochemical parameters.

The parameters	Test results (mg/L)	WHO Standard (mg/L)	French Standard (mg/L)
Nitrite	0.027	3	0.1
Nitrate	53.3	40	50
Potassium	8	10	-
Sulphate	50	400	250
Phosphates	0	-	0.4
Sodium	88	150	-
Chlorine	5	250	-

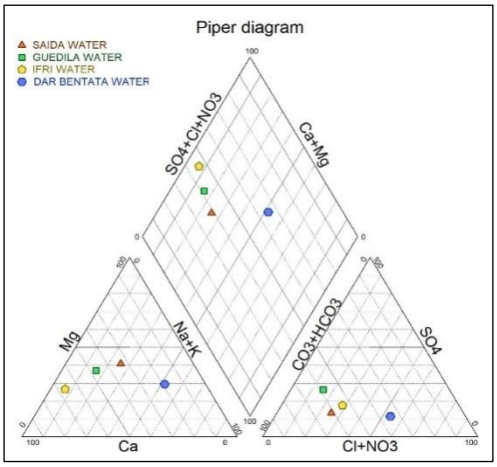
3.2. Chemical Facies:

Several methods have been defined by various authors to classify and determine the different hydrochemical facies of the waters. In our study, we used the most well-known main methods, namely Piper's classification, Schoeller and Berkaloff classification, the classification of Stiff, and the Stabler classification. All of these classifications are based on the chemical composition of the waters, from which the properties of our water of Dar Bentata (P3) can be deduced; we compared our results with those of Ifri, SAIDA, and GUEDILA mineral water.

3.2.1. Piper diagram

Piper's diagram (1994) uses the major elements to determine the different families of sources. It is composed of two triangles and a diamond. Triangles are filled with cations and anions. The transfer of the water test results to the Piper diagram shows the variability in the chemical facies. The concentrations in this diagram are expressed in % (Shah *et al.*, 2021; Das*et al.,* 2021). There are two poles in Fig. 3; the first pole is characterized by calcium and magnesium bicarbonate facies (Ifri, Saida and Guedila waters). The second pole representing the water of Dar Bentata is characterized by sodium and potassium chloride facies.

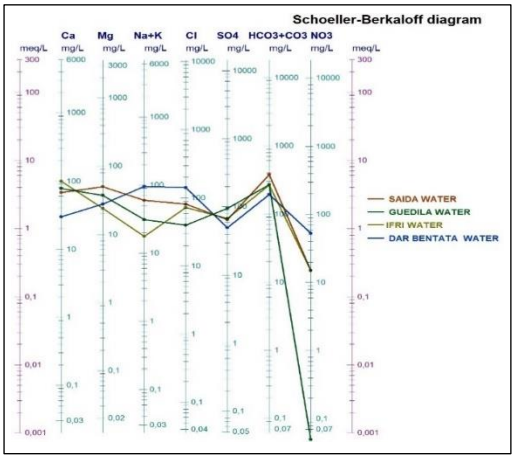
Figure 3: Piper diagram illustrating the hydrogeochemical facies of water samples from the study area



3.2.2. Schoeller-Berkaloff diagram

The semi logarithmic graphic representation is the Schoeller–Berkaloff diagram. On the axis of the abscisses, various ions are represented. For every major ion, the actual concentration in mg/L is plotted on the y-axis, and the resulting nodes are connected by straight lines (Viljoen *et al.,* 2019; Popek, 2017). The obtained graph (Figure 4) allows for visualisation of the mineral water in question. The Schoeller– Berkaloff diagram analysis revealed that the groundwater contained elevated levels of chlorides, potassium, and sodium.

Figure 4: Schoeller-Berkaloff diagram



3.2.3. Stiff diagram

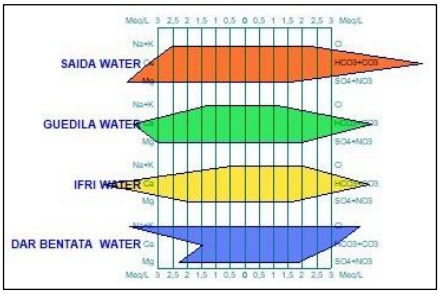
Stiff's diagram presents the analyses in two different axes, the left axis presents the cations (Na^+, K^+,Ca^{2+},Mg^{2+}) and the right axis presents the anions (Cl^-, HCO_3^-, CO_3^{-2}, SO_4^{-2}, NO_3^-). The values used are expressed in meq/L (Hounsinou, 2020). According to Stiff's diagram (Fig. 5), we observe the following facial features:

- Calcium bicarbonate: for GUEDILA and IFRI water.

- Magnesium bicarbonate: for SAIDA water.
- Sodium chloride: for DAR BENTATA water.

The figure above also shows that the water of the DAR BENTATA spring is a water of low mineralization compared to the mineral drinking waters chosen.

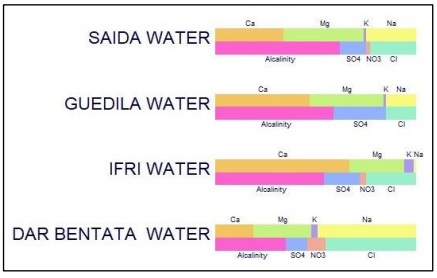
Figure 5: Stiff diagram



3.2.4. Stabler diagram

The Stabler diagram is used to quickly determine the different titles of water. For this purpose, the meq/L concentrations of anions and cations are reported on two separate bars or columns of the same length, and the concentrations are reported in % (Hans-Friedrich*et al.,* 1989). According to the Stabler diagram in Figure. 6, we observe that the dominant face is calcium bicarbonate represented by the mineral waters GUEDILA and IFRI. The other facies are magnesium bicarbonate for SAIDA water and sodium chloride for DAR BENTATA spring water.

Figure 6: Stabler diagram



3.3. Bacteriological Analyses:

The purpose of these analyses is to determine the types of microorganisms in the water because they are responsible for water-borne diseases. Several parameters were examined, including total germs, total sprouts, total coliforms, fecal coliforms, fecal streptococci, and Clostridium sulfito-reducer. The results are given in Table 2.

Table 2: Bacteriological parameters

Type of analysis	Results of the analysis (CFU/ml)	Algerian standard (CFU/ml)
Total germs at22C°(CFU/1 mL)	3	<10
Total sprouts at 37C°(CFU/1 mL)	3	<100
Total coliforms (CFU/100 mL)	12	0
Faecal coliforms (CFU/100 mL)	0	0
Faecal streptococci (CFU/100 mL)	0	0
Clostridium sulfito-reducer (CFU/100 mL)	0	0

The count of total germs is a much more general type of indicator with respect to microbiological pollution. This determines the total bacterial load. The results obtained were 3 germs/1 mL at 22°C and 3 germs/1 mL at 37°C in our sample. However, they remain compliant with the standards prescribed by Algerian regulations (<100 germs/1 mL at 22°C and <10 germs/1 mL at 37°C). The count of total coliforms in the water sample shows that the bacterial load of the water studied (12 CFU/100 mL) is higher than the Algerian standard (10 CFU/100 mL), which may be due either to septic spurs or by contamination of boreholes near the region. The regulations of our country imperatively exclude the presence of fecal coliforms, fecal streptococci, and Clostridium sulfito-reducer in 100 mL of water. The results found in the water sample analyzed are (0 CFU/100 mL), which corresponds to the Algerian standard (0 CFU/100 mL).

Finally, due to the quality of the waters of DAR BENTATA and according to their nature and chemical compositions (low mineralization, low calcium content, etc.), it is recommended for the treatment of patients who suffer from calcium lithiasis (Pierre, 2000).

4. Conclusion

The various analyses carried out on the samples of water from the source of DAR BENTATA have made it possible to determine the behavior of certain descriptive parameters of the physicochemical and bacteriological quality of the waters. In the field of hydrochemistry, there are several types of chemical facies. Our study shows that the waters of DAR BENTATA are classified as sodium chlorinated water and the low mineralization claim its effectiveness on calcium renal stones.

Finally, we conclude by proposing the following perspectives:

- The improvement of the source by the renewal of the pipes and placement of hydraulic accessories (e.g.: valve, etc.) to protect these waters in a quantitative and qualitative way by the State.
- The State must take advantage of this natural wealth and provide opportunities for investors.
- Nationally recognize DAR BENTATA as source waters to maintain healthy glass bottling while protecting the water.
- The quality monitoring of this thermal source for one year to determine its chemical stability will be carried out in the future.

We have concluded that this source has therapeutic virtues.

Biography

Afaf Amara-Rekkab

Institute of Science and Technology, Department of Hydraulics, University Center of Maghnia, Maghnia, Algeria

Laboratory of Separation and Purification Technologies, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Tlemcen, Tlemcen, Algeria

amarafaf@yahoo.fr, 00213657124805

Mrs. Amara-Rekkab, Algerian, obtained his PhD from ABU BEKR BELKAID University, Tlemcen, in Algeria in 2015. Since this year, she has been an Algerian lecturer in the Department of Chemistry. She has published over ten articles in highly regarded journals. His research focuses on environmental pollution, the extraction of heavy metals, and their toxicity. She has participated in and presented at several conferences in Algeria, Paris, Spain, and Dubai. She also teaches desalination, water treatment, and wastewater treatment. ORCID: 0000-0002-0014-3066

Acknowledgments

The author gratefully acknowledges R. DRISSI and C.HAMLI for their help in this work (0004563218781672).

References

Belghiti, M.L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D. and El moustaine, R. (2013). Etude de la qualitéphysico_chimique et bacteriologique des eauxsouterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (MAROC) 'Study of the physical, chemical and bacteriological quality of Aiya groundwater in the Meknes region (Morocco)'. *Larhyss Journal*, **14**(n/a), 21–36. [In French]

Bantin, A.B., Wang, H. and Jun, X. (2020). Analysis and control of the physicochemical quality of groundwater in the Chari Baguirmi

Region in Chad. *Water*, **12**(10), 2826. DOI:10.3390/w12102826.

Birowo, P., Tambunan, M.P., Rasyid, N. and Atmoko, W. (2020). Case report: Treatment of urinary calculi using percutaneous nephrolithotomy in patient with ileal conduit and history of bladder transitional cell carcinoma. *Urology Case Reports*, **33**(n/a), 101330.DOI:10.1016/j.eucr.2020.101330.

Chapman, D.V. (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. London: CRC Press.

Das, R., Krishnakumar, A., Kumar, M.R. and Thulseedharan, D. (2021). Water quality assessment of three tropical freshwater lakes of Kerala, SW India, with special reference to drinking water potential. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, **16**(n/a) 100588.

Deepika, R.M., Ravisankar, P., Priya, J.D., Surekha, P., Sushmitha, G., Tejaswi, V. and Ramesh, G. (2018). Renal calculi: A Comprehensive review. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*, **6**(1), 30–4.

Deshpande, G., Tonannavar, J., Tonannavar, J., Patil, S.B., Kundargi, V.S., Patil, S. and Arul, K.T. (2022). Detection of the mineral constituents in human renal calculi by vibrational spectroscopic analysis combined with allied techniques powder XRD, TGA, SEM, IR imaging and TXRF. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **270**(n/a), 120867. DOI:10.1016/j.saa.2022.120867.

Dubois, O. (2009). Indications de la Crénothérapie. L'encephale'Indications for crenotherapy'. *L'Encéphale*, **35**(n/a), S133–S136. DOI:10.1016/S0013-7006(09)74524-5.[In French]

Grases, F., Söhnel, O., Vilacampa, A.I. and March, J.G. (1996). Phosphates precipitating from artificial urine and fine structure of phosphate renal calculi. *ClinicaChimica Acta*, **244**(1), 45–67. DOI:10.1016/0009-8981(95)06179-7.

Han, H., Segal, A.M., Seifter, J.L. and Dwyer, J.T. (2015). Nutritional management of kidney stones (nephrolithiasis). *Clinical Nutrition Research*, **4**(3), 137–52. DOI:10.7762/cnr.2015.4.3.137.

Hans-Friedrich, E., Borkovec, M. and Das-Gupta, B. (1989). Conductivity of water-in-oil microemulsions: A quantitative charge fluctuation model.*Journal of Physics andChemistry*,**93**(1), 314–7. DOI:10.1021/j100338a062.

Hounsinou, S.P. (2020). Assessment of potential seawater intrusion in a coastal aquifer system at Abomey-Calavi. *Benin. Heliyon*, **6**(2), e03173. DOI:10.1016/j.heliyon.2020.e03173.

Karunakaran, P., Pathak, A., Shandilya, G., Kumar, K.P., Anand, M., Yadav, P. and Ansari, M.S. (2022). Safety and efficacy of retrograde intrarenal surgery in primary and residual renal calculi in children. *Journal of Pediatric Urology*, **18**(3), 312.e1–e5. DOI:10.1016/j.jpurol.2022.03.017.

Labadi, A.S. and Hammache, H. (2016). Comparative study of mineral waters and spring waters produced in Algeria. *Larhyss Journal*, **28**(n/a), 319–42. DOI:10.5004/dwt.2011.1491.

Lieske, J.C., Rule, A.D., Krambeck, A.E., Williams, J.C., Bergstralh, E.J., Mehta, R.A. and Moyer, T.P. (2014). Stone composition as a function of age and sex. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology: CJASN*,**9**(12), 2141. DOI:10.2215/CJN.05660614.

Lu, Y., Sundaram, P., Li, H. and Chong, T.W. (2022). The effects of drinking bicarbonate-rich mineral water in calcium oxalate stone formers: An open label prospective randomized controlled study in an Asian cohort. *International Urology and Nephrology*, **54**(9), 2133–40. DOI:10.1007/s11255-022-03256-8.

Maarmri, A., El guerrouj, B., Melhaoui, M. and Serghrouchni, M. (2002). Therapeutic part of thermomineral water of fezouane (Eastern Morocco): Action in vivo on renal lithiasis. *European Journal of Water Quality*, **7**(1), 47–52. DOI:10.1051/asees/20020701047

Mohim, M., Kachkoul, R., El Habbani, R., Lahrichi, A. and Houssaini, T.S. (2022). In vitro effect of Sidi Hrazem mineral water on the dissolution of calcium oxalate monohydrate calculi (Whewellite). *Scientific African*, **16**(n/a), e01187. DOI:10.1016/j.sciaf.2022.e01187.

Patankar, S.B., Mujumdar, A.M., Bernard, F. and Supriya, P. (2020). Safety and efficacy of an herbal formulation in patients with renal calculi-A 28 week, randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel group study. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, **11**(1), 62–7.

Pierre, L. (2000). *Eaux Minérales Naturelles et LithiasesUrinaires* 'Natural Mineral Waters and Urinary Lithiasis'. PhD Thesis, University of Limoges, Limoges, France. [In French]

Popek, E.P. (2017). *Sampling and Analysis of Environmental Chemical Pollutants*. 2nd edition. California, USA: Elsevier.

Ricciardi, E., Ricciardi, C.A. and Ricciardi, B. (2016). Treatment of kidney diseases in the thermal springs of Pithecusa during the XVIII Century. *G Ital Nefrol*, **33**(Suppl 66), 33.

Rodier, J., Legube, B., Alary, C. and Belles, A. (2016). *L'analyse de L'eau: Contrôle et Interprétation*'Water Analysis: Control and Interpretation'. Paris, France: N. Merlet.

Shah, M., Pawar, Y., Patel, M., Patel, J. and Patel, N. (2021). Comprehensive hydrochemistry and geothermal water quality of Konkan, Maharashtra, India for sustainable industrial development. *Groundwater for Sustainable Development*, **12**(n/a), 100518. DOI:10.1016/j.gsd.2020.100518.

Siener, R. (2021). Nutrition and kidney stone disease. *Nutrients*, **13**(6), 1917. DOI:10.3390/nu13061917.

Siener, R. and Hesse, A. (2002). The effect of different diets on urine composition and the risk of calcium oxalate crystallisation in healthy subjects. *European Urology*, **42**(3), 289–96. DOI:10.1016/S0302-2838(02)00316-0.

Song, Q., Liao, W., He, Z., Dong, C., Song, C. and Yang, S. (2022). Oxalate induces the ossification of RTECs by activating the JAK2/STAT3 signaling pathway and participates in the formation of kidney stones. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **727**(n/a), 109325. DOI:10.1016/j.abb.2022.109325.

Tonannavar, J., Deshpande, G., Yenagi, J., Patil, S.B., Patil, N.A. and Mulimani, B.G. (2016). Identification of mineral compositions in some renal calculi by FT Raman and IR spectral analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **154**(n/a), 20–6. DOI:10.1016/j.saa.2015.10.003.

Vani, R., Kolanthai, E., Girija, E.K. and Kalkura, S.N. (2021). A simple and versatile method to investigate the heterogeneous mineralization of components of urinary calculi. *Materials Today Communications*, **29**(n/a), 102765. DOI:10.1016/j.mtcomm.2021.102765.

Viljoen, A., Chaudhry, R. and Bycroft, J. (2019). Renal stones. *Annals of Clinical Biochemistry*, **56**(1), 15–27. DOI:10.1177/0004563218781672.

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

تغير سعر الصرف وأثره على الصادرات الزراعية في مصر

أحمد محمود عبد العزيز محمد و محمد رفعت محمد محمد
قسم الدراسات الإقليمية، معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر

The Change in the Exchange Rate and its Impact on Agricultural Exports in Egypt

Ahmed M. Abdel Aziz Mohamed and Mohamed Refaat Mohamed Mohamed
Department of Regional Research and Studies, Agricultural Economics Research Institute, Agricultural Research Centre, Giza, Egypt

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/agr/230051	01/10/2023	15/11/2023	15/11/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
6476	7	2023	24	2

ABSTRACT

The liberalisation of the exchange rate witnessed major fluctuations that subsequently affected many economic variables, including exports. Therefore, this research aimed to identify the effect of the exchange rate of the Egyptian pound against the US dollar on the value of Egyptian agricultural exports during the period 1990–2021, as it was shown through the unit root test. The two separate time series for the two variables are not stable at the level, but they are stable at the first difference; thus, there is a co-integration relationship, that is, the existence of a long-term relationship between the two variables. In measuring this relationship, it is evident that increasing the exchange rate of the Egyptian pound against the US dollar by 1% leads to an increase in the value of Egyptian agricultural exports by 1.14%. The model is free of measurement problems represented by the non-normal distribution of the model's residuals, the autocorrelation between the regression residuals, and the variance of the errors. Therefore, the research suggests the necessity of verifying the stability of the time series before studying the relationship between economic variables, which prevents the occurrence of the problem of false regression and obtaining unrealistic results.

الملخص

على الرغم من أهمية الدور الذي لعبه تحرير سعر صرف العملات المحلية في تنمية اقتصاديات بعض الدول النامية، إلا أنه شهد تقلبات كبيرة أثرت على العديد من المتغيرات الاقتصادية، منها الصادرات؛ لذا فقد استهدف البحث التعرف على تأثير سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي على قيمة الصادرات الزراعية المصرية خلال الفترة (1990–2021)، وذلك بعد التحقق من استقرار السلسلتين الزمنيتين لهذين المتغيرين، حيث تبين من خلال اختبار جذر الوحدة أن السلسلتين الزمنيتين للمتغيرين موضع الدراسة غير مستقرين عند المستوى ولكنهما استقرا عند الفرق الأول، وعلى ضوء ذلك تم التأكد من وجود علاقة تكامل مشترك بين المتغيرين موضع الدراسة، مما يعني وجود علاقة طويلة الأجل بين هذين المتغيرين، ومن خلال قياس هذه العلاقة تبين أن زيادة سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي بنسبة 1% يؤدي إلى زيادة قيمة الصادرات الزراعية المصرية بنسبة 1.14%، وأن النموذج خالٍ من مشكلات القياس والمتمثلة في عدم التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج، والارتباط الذاتي بين بواقي الانحدار، واختلاف التباين للأخطاء، وبناء على ذلك فإن البحث يوصي بضرورة التحقق من استقرار السلاسل الزمنية قبل دراسة العلاقة بين المتغيرات الاقتصادية، الأمر الذي يحول دون الوقوع في مشكلة الانحدار الزائف والحصول على نتائج غير واقعية.

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
time series; unit root; co-integration; error correction; normal distribution; autocorrelation
الارتباط الذاتي، تصحيح الخطأ، التكامل المشترك، التوزيع الطبيعي، جذر الوحدة، السلاسل الزمنية

CITATION
الإحالة
Mohamed, A.M.A. and Mohamed, M.R.M. (2023). Taghayar sier alsarf wa'atharuh ealaa alsaadirat alziraeiat fi misr 'The change in the exchange rate and its impact on agricultural exports in Egypt. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 31–7. DOI: 10.37575/b/agr/230051 [in Arabic]
محمد، أحمد محمود عبد العزيز و محمد، محمد رفعت محمد. (2023). تغير سعر الصرف وأثره على الصادرات الزراعية في مصر. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **24**(2)، 31-37.

1. المقدمة

تعد التقلبات في سعر صرف العملات الأجنبية ذات أهمية بالغة باعتبارها حلقة ربط بين اقتصاديات الدول، ومقياسا واضحا لحجم معاملاتها، ويعتبر سعر الصرف أحد المؤشرات الاقتصادية والمالية التي تعبر عن جودة الأداء الاقتصادي لأية دولة، حيث يمثل سعر الصرف العمود الفقري الذي تعتمد عليه اقتصاديات الدول، سواء الدول النامية أو المتقدمة، مما يجعلها أشد تأثرا بالتقلبات الاقتصادية الدولية، وأكثر عرضة للأزمات والمشاكل الخارجية، مما ينعكس سلبا على درجة الاستقرار الاقتصادي بها، حيث إن ارتفاع سعر صرف العملة الأجنبية مقابل العملة المحلية يؤدي إلى انخفاض سعر صادرات السلع، الأمر الذى يؤدي إلى ارتفاع القدرة التنافسية للصادرات في الأسواق الخارجية، مما يؤدي إلى زيادة الطلب الخارجي عليها، وبالتالي زيادة الصادرات (الخطيب، 2018).

2. مشكلة الدراسة

على الرغم من أهمية الدور الذي لعبه تحرير سعر صرف العملات المحلية في تنمية اقتصاديات بعض الدول النامية، إلا أنه شهد تقلبات كبيرة أثرت على العديد من المتغيرات الاقتصادية والتي منها الصادرات، الأمر الذي استدعى دراسة أثر تغير سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي على الصادرات الزراعية المصرية.

3. الطرق ومواد العمل

3.1. الأهداف البحثية:

استهدفت الدراسة التعرف على تأثير سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي على الصادرات الزراعية المصرية، وذلك بعد التحقق من استقرار السلسلتين الزمنيتين لهذين المتغيرين وتحديد رتبة تكاملهما، حيث إن أغلب السلاسل الزمنية للمتغيرات الاقتصادية تكون غير مستقرة، مما تعطي نتائج مضللة.

3.2. المنهجية البحثية:

اعتمدت الدراسة في تحقيق أهدافها على أسلوبي التحليل الوصفي والكمي، وذلك للتعرف على استقرار السلسلتين الزمنيتين للمتغيرين موضع الدراسة من خلال إجراء اختبار جذر الوحدة عليهما، والتأكد من وجود تكامل مشترك بين السلسلتين الزمنيتين لهذين المتغيرين، وذلك قبل إجراء تقدير العلاقة بين هذين المتغيرين في الأجل الطويل.

Corresponding Author: Mohamed Refaat Mohamed Mohamed 00201023625696, mohammed.refaat184@gmail.com المؤلف المراسل: محمد رفعت محمد محمد

3.3. مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة في تحقيق أهدافها على البيانات المنشورة وغير المنشورة من الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، والبنك المركزي المصري، وذلك لسلسلة زمنية من عام 1990 إلى عام 2021.

4. النتائج ومناقشتها

لقياس الظاهرة محل الدراسة فقد تم صياغة النموذج القياسي المستخدم بالاعتماد على النظرية الاقتصادية، حيث تم صياغة النموذج القياسي في صورة معادلة كما يلي:

$$LnY=a+bLnX$$

حيث:

Ln: تشير إلى اللوغاريتم الطبيعي.
Y: تشير إلى قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي.
X: تشير إلى سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي.
a ، b: تشير إلى معاملات الانحدار للنموذج القياسي.
وذلك لسلسلة زمنية تتكون من 32 مشاهدة للمدة (1990-2021).

ومن المتوقع وفقًا للنظرية الاقتصادية أن تكون العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع علاقة طردية.

وقد تم استخدام النموذج السابق الإشارة إليه في الصورة اللوغاريتمية بهدف تقليص تباين السلسلتين الزمنيتين من جهة، وتخفيض أثر القيم الشاذة للمتغيرين موضع الدراسة من جهة أخرى (عثمان، 2013).

وبما أن منهجية القياس تعتمد على السلاسل الزمنية للمتغيرين محل الدراسة، فإنه عادة ما نستخدم طريقة المربعات الصغرى العادية (Ordinary Least Squares) لتقدير هذه العلاقة، إلا أنه يجب قبل إجراء هذه الطريقة، دراسة استقرارية السلسلتين الزمنيتين، حيث غالبا ما تتسم السلاسل الزمنية للمتغيرات الاقتصادية بعدم الاستقرار؛ لأن معظمها يتغير وينمو مع الزمن مما يجعل متوسطها وتباينها غير مستقرين ومرتبطين بالزمن مما يتسبب بوجود مشكلة الانحدار الزائف (spurious regression) الأمر الذي يؤدي إلى مشاكل في التحليل والاستدلال القياسي، والتي قد تنشأ من انحدار سلسلة زمنية غير مستقرة على واحدة أو أكثر من السلاسل الزمنية غير المستقرة، ولتجنب ذلك من الضروري إجراء اختبار استقرارية السلسلتين الزمنيتين للمتغيرين موضع الدراسة للتأكد من استقرارهما قبل إجراء تحليل الانحدار عليهما (إبراهيم، 2015).

وقد يصعب في بعض الأحيان تحديد طبيعة السلاسل الزمنية من ناحية كونها مستقرة أو غير مستقرة من خلال الملاحظة الشخصية أو الرسم البياني، لذا سوف نعتمد على الاختبارات الإحصائية للابتعاد عن الحكم الشخصي للباحث والذي يعد حكما غير موضوعي لحد ما، حيث إن الأسلوب القياسي يعطى نتائج محسوبة بصورة قاطعة، ويعتبر اختبار جذر الوحدة أفضل أسلوب في قياس استقرار السلاسل الزمنية (الجابر وعيسى، 2019).

ويعتبر من أشهر اختبارات جذر الوحدة (Unit Root Tests)، اختباري ديكي-فولر الموسع (Augmented Dickey-Fuller)، وفيليبس-بيرون (Phillips Perron)، ويكون الفرض العدمي في كلا الاختبارين هو احتواء السلسلة الزمنية للمتغير على جذر الوحدة، أي أن السلسلة غير مستقرة، في حين أن الفرض البديل يتمثل في عدم احتواء السلسلة الزمنية للمتغير على جذر الوحدة، أي أن السلسة مستقرة (إبراهيم، 2015).

وتبرز مشكلة وجود جذر الوحدة في السلسلة الزمنية عندما يكون معامل الانحدار في نموذج الانحدار الذاتي المبطئ للسلسلة الزمنية يساوي الواحد الصحيح، كما في النموذج التالي:

$$Y_t = c + PY_{t-1} + \varepsilon_t$$

حيث إن Y_t يمثل المتغير موضع الدراسة، Y_{t-1} يمثل نفس المتغير ولكنه متأخر بدرجة أبطأ واحدة، ε_t يمثل المتغير العشوائي، وعندما نقوم بتقدير هذا النموذج بطريقة المربعات الصغرى العادية، فإننا نتحصل على التقدير $\widehat{P}$ فإذا كان هذا التقدير يساوي الواحد الصحيح فإن ذلك يشير إلى أن السلسلة الزمنية غير مستقرة، وتتميز بجذر مساوي للواحد الصحيح، ومن هنا جاءت تسمية جذر الوحدة (الفاخري، 2006).

وعندما تكون السلاسل الزمنية غير مستقرة فإنه لا يمكن الاعتماد على جداول (t) القياسية (Standard Students-Tables) لمعرفة معنوية المتغيرات، لذلك اقترح ديكي-فولر وضع جداول سميت بإحصائية تاو (τ)، وهي تختلف عن جداول (t) القياسية (خليل، 2013).

فإذا كانت قيمة تاو (τ) المحسوبة أكبر من أو تساوي قيمة تاو (τ) الحرجة المناظرة لها في جداول ديكي-فولر والمعدلة بواسطة العالم ماكنون (Mackinnon)، يتم قبول فرضية العدم والتي تقول بأن السلاسل الزمنية تتضمن جذر الوحدة وتكون غير مستقرة، أما إذا كانت قيمة تاو (τ) المحسوبة أقل من قيمة تاو (τ) الحرجة فيتم رفض فرضية العدم وقبول الفرضية البديلة والتي تقول بأن السلاسل الزمنية لا تتضمن جذر الوحدة وتكون مستقرة.

وقد وضع ديكي-فولر ثلاث نماذج لتمثيل السلسلة الزمنية موضع الدراسة وهي كما يلي: (سلامى، 2015).

بحد ثابت وبدون اتجاه

$$\Delta Yt = \lambda\, Y_{t-1} - \sum_{i=1}^{j} \theta_{i+1}\, \Delta\, Y_{t-i} + c + \varepsilon_t$$

بحد ثابت وباتجاه

$$\Delta Yt = \lambda\, Y_{t-1} - \sum_{i=1}^{j} \theta_{i+1}\, \Delta\, Y_{t-i} + c + bt + \varepsilon_t$$

بدون حد ثابت وبدون اتجاه

$$\Delta Yt = \lambda\, Y_{t-1} - \sum_{i=1}^{j} \theta_{i+1}\, \Delta\, Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

وبعد إجراء اختبار جذر الوحدة على السلسلة الزمنية للمتغير موضع الدراسة، فإذا تبين أنها غير مستقرة عند المستوى فإننا نعيد إجراء الاختبار عند الفرق الأول لهذه السلسلة، فإذا كانت النتيجة هي عدم استقرار السلسلة الزمنية نعيد الاختبار مرة أخرى عند درجات أعلى من الفروق، وهكذا دواليك، إلى أن يتحقق استقرار السلسلة الزمنية للمتغير موضع الدراسة، وحينها نقول إن السلسلة الأصلية للمتغير متكاملة عند الدرجة التي استقرت عندها.

وقد تم استخدام السلسلتين الزمنيتين لكل من قيمة الصادرات الزراعية المصرية، وسعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي، والمبينة بالجدول رقم (1)، لإجراء اختبار جذر الوحدة عليهما لمعرفة مدى استقرار هذين السلسلتين الزمنيتين من عدمه.

جدول رقم (1): قيمة الصادرات الزراعية المصرية وسعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي خلال الفترة (1990 - 2021).

السنة	قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي	سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي	السنة	قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي	سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي
1990	381	1.55	2006	855	5.73
1991	494	3.14	2007	1202	5.64
1992	484	3.32	2008	2090	5.43
1993	538	3.35	2009	2968	5.54
1994	456	3.39	2010	2131	5.62
1995	554	3.39	2011	2026	5.93
1996	539	3.39	2012	2684	6.06
1997	195	3.39	2013	2871	6.87
1998	588	3.39	2014	2867	7.08
1999	626	3.40	2015	2953	7.69
2000	509	3.47	2016	2852	10.03
2001	530	3.97	2017	2697	17.78
2002	671	4.50	2018	2802	17.77
2003	776	5.85	2019	2792	16.77
2004	1105	6.20	2020	2953	15.76
2005	918	5.78	2021	3114	15.75

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات:
الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، قاعدة بيانات التجارة الخارجية، 2021.
البنك المركزي المصري، المجلة الاقتصادية، قطاع البحوث الاقتصادية، 2021.

وبإجراء اختبار جذر الوحدة لكل من ديكي-فولر الموسع وفيليبس-بيرون، على السلسلتين الزمنيتين للمتغيرين موضع الدراسة، تبين من النتائج

المدونة بالجدول رقم (2)، أن قيمة تاو (τ) المحسوبة لهذين السلسلتين الزمنيتين في النماذج الثلاثة (بحد ثابت وبدون اتجاه، بحد ثابت وباتجاه، بدون حد ثابت وبدون اتجاه)، أكبر من قيمة تاو (τ) الحرجة لجداول ماكنون (Mackinnon) عند مستوى 10%، ويؤكد صحة هذه النتيجة أن معنوية قيمة تاو (τ) عند الاحتمال الحرج (Probability) للسلسلتين الزمنيتين موضع الدراسة في النماذج الثلاثة أكبر من 0.10، مما يعني قبول فرض العدم القائل بعدم استقرار السلسلتين الزمنيتين واحتوائهما على جذر الوحدة ورفض الفرض البديل القائل باستقرار السلسلتين الزمنيتين وعدم احتوائهما على جذر الوحدة.

وبعد ثبوت عدم استقرار السلسلتين الزمنيتين للمتغيرين موضع الدراسة، نقوم بإجراء اختبار جذر الوحدة لكل من ديكي-فولر الموسع وفيليبس-بيرون لهذين السلسلتين الزمنيتين بعد أخذ الفرق الأول لهما، وبعد إجراء الاختبار، تبين من النتائج التي تم الحصول عليها والمدونة في نفس الجدول السابق، أن قيمة تاو(τ) المحسوبة أقل من قيمة تاو (τ) الحرجة لجداول ماكنون (Mackinnon) عند مستوى10 %، وذلك بالنسبة للمتغيرين موضع الدراسة في جميع النماذج الثلاثة (بحد ثابت وبدون اتجاه، بحد ثابت وباتجاه، بدون حد ثابت وبدون اتجاه)، ويؤكد صحة هذه النتيجة أن معنوية قيمة الاحتمال الحرج (Probability) للسلسلتين الزمنيتين موضع الدراسة في النماذج الثلاثة أقل من 0.10، مما يعني رفض فرض العدم القائل بعدم استقرار السلسلتين الزمنيتين واحتوائهما على جذر الوحدة، وقبول الفرض البديل القائل باستقرار السلسلتين الزمنيتين وعدم احتوائهما على جذر الوحدة، أي أن السلسلتين الزمنيتين موضع الدراسة تكون مستقرة عند الفرق الأول أي أنها متكاملة من الدرجة الأولى، وتعتبر هذه النتيجة متوافقة مع النظرية الاقتصادية القياسية والتي تفترض أن أغلب المتغيرات الاقتصادية الكلية تكون غير مستقرة في المستوى (Level)، ولكنها تصبح مستقرة بعد أخذ الفرق الأول (The first difference).

وحيث إنه غالبا ما تتصف السلاسل الزمنية للمتغيرات الاقتصادية الكلية بأنها غير مستقرة؛ لذا يلجأ الباحثون عادة إلى استخدام الفروق لتحويلها إلى سلاسل مستقرة، ويعتبر هذا الاجراء حلا جزئيا وليس الحل الأمثل، وذلك لأن الاعتماد على فروق السلاسل الزمنية في الانحدار، برغم أنه يعالج مشكلة الانحدار الزائف، إلا أنه يعاب عليه عدم تقديره لمعاملات انحدار العلاقة طويلة الأجل بين المتغيرات، بالإضافة لفقدان بعض المشاهدات نتيجة أخذ الفروق، وبناء على ذلك، نشأت الحاجة لإيجاد طريقة للتقدير يمكننا من خلالها الحصول على معاملات النموذج في الأجلين الطويل والقصير، حيث يحدث ذلك في حالة وجود علاقة تكامل مشترك بين السلاسل الزمنية غير المستقرة (الدمرداش، 2016).

جدول رقم (2): اختبار جذر الوحدة للمتغيرين موضع الدراسة عند كل من المستوى والفرق الأول خلال الفترة (1990-2021).

الاختبار	الحالة	المتغير		بحد ثابت وبدون اتجاه	بحد ثابت وباتجاه	بدون حد ثابت وبدون اتجاه
ديكي-فولر الموسع	عند المستوى	قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي		-0.54 (0.87)	-3.16 (0.11)	1.77 (0.98)
		سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي		-0.08 (0.96)	-2.55 (0.31)	1.81 (0.98)
	عند الفرق الأول	قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي		-6.10*** (0.00)	-5.99*** (0.00)	-6.92*** (0.00)
		سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي		-6.01*** (0.00)	-5.94*** (0.00)	-5.75*** (0.00)
	القيم الحرجة عند مستوى المعنوية		1%	-3.67	-4.30	-2.64
			5%	-2.96	-3.57	-1.95
			10%	-2.62	-3.22	-1.61
فيليبس-بيرون	عند المستوى	قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي		-0.91 (0.77)	-3.07 (0.13)	2.33 (0.99)
		سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي		-1.44 (0.55)	-2.91 (0.17)	1.66 (0.97)
	عند الفرق الأول	قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي		-9.06*** (0.00)	-8.85*** (0.00)	-7.39*** (0.00)
		سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي		-5.87*** (0.00)	-6.24*** (0.00)	-5.75*** (0.00)
	القيم الحرجة عند مستوى المعنوية		1%	-3.66	-4.28	-2.64
			5%	-2.96	-3.56	-1.95
			10%	-2.63	-3.21	-1.61

الارقام بين الأقواس تشير إلى معنوية قيمة تاو (τ) المحسوبة.
المصدر: جمعت وحسبت من بيانات الجدول رقم (1).

فإذا كانت السلاسل الزمنية للمتغيرات غير مستقرة كل على حدة، ولكنها تتصف بخاصية التكامل المشترك فيما بينها كمجموعة، فإن البواقي تكون مستقرة، مما يعني أن متغيرات النموذج تتحرك معا في نفس الاتجاه، وبالتالي تحقق التوازن في الأجل الطويل، ومن ثم يمكن قياس العلاقة بين المتغيرات بدون أخذ الفرق الأول لها، أي قياس العلاقة طويلة الأجل بين المتغيرات، بالإضافة إلى تحديد العلاقة بين المتغيرات في الأجل القصير من خلال نموذج تصحيح الخطأ (نجا، 2012).

ويعرف التكامل المشترك (Co-integration) بأنه تلازم (Association) بين سلسلتين زمنيتين أو أكثر بحيث تلغى التقلبات في إحداهما تقلبات الأخرى، وبطريقة تجعل النسبة بين قيمتيهما ثابتة عبر الزمن، مما يعني وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات غير الساكنة في النموذج (العراقي، 2017).

وقبل إجراء اختبار التكامل المشترك يجب تحديد مستوى إبطاء النموذج، والذي يتحقق عند أقل مستوى إبطاء (Lag) معنوي وفقا لمعياري أكيكي (AIC) Akaike information criterion، وشوارز Schwarz Information Criterion (SC) (يحيى، 2016).

حيث تبين من الجدول رقم (3)، أن مستوى الإبطاء الأمثل هو سنة، وذلك وفقا لمعياري أكيكي (AIC)، وشوارز (SC).

جدول رقم (3): المعايير المحددة لمستوى إبطاء النموذج الذي يشمل المتغيرين موضع الدراسة في مصر خلال الفترة (1990-2021).

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-44.78	NA	0.078	3.12	3.21	3.15
1	13.00	103.99*	0.002*	-0.47*	-0.19*	-0.38*
2	15.56	4.27	0.002	-0.37	0.10	-0.22

* indicates lag order selected by the criterion
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
FPE: Final prediction error
AIC: Akaike information criterion
SC: Schwarz information criterion
HQ: Hannan-Quinn information criterion

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات الجدول رقم (1).

ويستخدم التكامل المشترك (Co-integration) إذا كانت بيانات السلاسل الزمنية قد استقرت عند نفس الفرق، أي عند نفس الدرجة، ويهدف هذا الاختبار إلى الكشف عن وجود علاقة توازن طويل الأجل بين السلاسل الزمنية غير المستقرة في مستوياتها، وفي حالة وجود هذه العلاقة، فإنه يمكن استخدام مستويات هذه المتغيرات، وإجراء انحدار المربعات الصغرى العادية عليها، وفي هذه الحالة تكون النتائج صحيحة وغير زائفة (حامد، 2017).

ولإجراء اختبار التكامل المشترك، تم إجراء اختبار جذر الوحدة لسلسلة بواقي النموذج المقدر عند درجة أقل من درجة تكامل سلاسل متغيرات الدراسة، فإذا كانت سلسلة البواقي لانحدار العلاقة طويلة الأجل مستقرة عند المستوى، أي متكاملة من الرتبة صفر، وهي أقل من رتبة تكامل سلاسل متغيري الدراسة، فإن هذا يعني أن هناك تكاملا مشتركا بين المتغير التابع في النموذج والمتغير التفسيري له، وعليه فإن العلاقة بين متغيري الدراسة تحظى بتقدير نموذج يعكس العلاقة التوازنية طويلة الأجل، كما يعكس نموذج تصحيح الخطأ (Error Correction Model) العلاقة قصيرة الأجل بين متغيري الدراسة (بريكة وآخرون، 2018).

وبعد تحديد درجة إبطاء النموذج محل الدراسة، يتم إجراء اختبار التكامل المشترك، بين المتغيرين المراد دراسة علاقة انحدارية بينهما، ويعتبر من أشهر طرق اختبار التكامل المشترك طريقة إنجل وجرانجر (Engle-Granger) والتي تقيس العلاقة بين متغيرين فقط، وطريقة جونسون (Johnson) والتي تقيس العلاقة بين متغيرين فأكثر، حيث تعتبر طريقة جونسون (Johnson) أفضل حتى في حالة وجود متغيرين فقط، وذلك لأنها تسمح بالأثر المتبادل بين المتغيرين موضع الدراسة (حسين وحمدان، 2020).

وتتمثل فكرة جونسون (Johnson) في معرفة عدد متجهات التكامل المشترك بين المتغيرات اعتمادا على مؤشرين إحصائيين هما اختبار الأثر (Trace test) واختبار القيمة العظمى المميزة (maximum Eigen values Test)، حيث يتم حساب الاختبارين وفقا للمعادلتين التاليتين:

$$\lambda_{trace}(r) = -T\sum_{i=r+1}^{g}\ln(1-\hat{\lambda}_i)$$

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T\ln(1-\hat{\lambda}_{r+1})$$

حيث إن (T) ترمز إلى عدد المشاهدات، (r) ترمز إلى عدد متجهات التكامل المشترك تحت الفرضية العدمية، حيث يتم اختبار الفرضية العدمية التي تنص على أن عدد متجهات التكامل المشترك تساوي على الأقل (r) متجه،

ويتم رفض هذه الفرضية مقابل قبول الفرضية البديلة التي تنص على أن عدد متجهات التكامل يزيد عن (r) متجه، وذلك إذا كانت القيمة المحسوبة لاختبار الأثر (λ_{trace}) أو لاختبار القيمة العظمى المميزة (λ_{max}) أكبر من القيم الحرجة عند مستوى معنوية 0.05. (القدير، 2005).

وقد تم اجراء اختبار التكامل المشترك وفقا لمنهجية جونسون (Johnson)، حيث تبين من الجدول رقم (4)، أن نتيجة اختبار الأثر (Trace) للفرضية العدمية التي تنص على عدم وجود صفر متجه للتكامل المشترك (None) معنوية عند مستوى دلالة 0.05، حيث تبين أن إحصائية الأثر (Trace Statistic) عند (None) بلغت حوالي 20.21 وهي أكبر من القيمة الجدولية عند مستوى 0.05 (Critical Value 5%) والبالغة حوالي 15.49، وبالتالي نرفض الفرضية البديلة التي تنص على وجود صفر متجه للتكامل المشترك (r=0)، ونقبل بفرضية العدم التي تنص على أن عدد متجهات التكامل المشترك أكبر من الصفر (r>0)، وقد أكدت نتيجة اختبار القيمة الذاتية العظمى (Maximum Eigenvalue) في نفس الجدول السابق صحة النتيجة السابقة، حيث تبين من الاختبار أن فرضية العدم التي تنص على عدم وجود صفر متجه للتكامل المشترك (None) معنوية عند مستوى دلالة 0.05، حيث بلغت إحصائية القيمة الذاتية العظمى (Max-Eigen Statistic) عند (None) حوالي 19.86 وهي أكبر من القيمة الجدولية عند مستوى 0.05 (Critical Value 5%) والبالغة حوالي 14.26، وبالتالي نرفض الفرضية البديلة التي تنص على وجود صفر متجه للتكامل المشترك (r=0)، ونقبل بفرضية العدم التي تنص على أن عدد متجهات التكامل المشترك أكبر من الصفر (r>0)، وهذا يعني وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة على الرغم من وجود اختلال في الأجل القصير.

وبعد التأكد من وجود علاقة تكامل مشترك بين المتغيرين موضع الدراسة، بما يعني أن العلاقة المقدرة بين هذين المتغيرين لا تكون زائفة بالرغم من كون السلاسل الزمنية الأصلية غير ساكنة، فإنه يمكننا إيجاد العلاقة طويلة الأجل بين هذين المتغيرين وفقا للمعادلات التقليدية، وذلك باستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية، حيث إنه في حالة وجود تكامل مشترك بين متغيرين تتضمن سلاسلهما الزمنية جذر الوحدة من رتبة واحدة، فإنه يتأكد وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين هذين المتغيرين، كما أنه سوف يتم إيجاد العلاقة قصيرة الأجل بالاعتماد على بواقي النموذج المقدر لفترة إبطاء سنة واحدة، فيما يسمى بتصحيح الخطأ أو تصحيح حالة عدم التوازن، بمعنى أنه يتم استخدام حد الخطأ العشوائي للتوفيق بين سلوك المتغير الاقتصادي في المدى القصير وسلوكه في المدى الطويل، ويصبح معامل الخطأ العشوائي كمعامل انحدار جزئي لخطأ التصحيح أو كمعامل تعديل جزئي لنتائج الانحدار في الأجل القصير (محمود، 2013).

جدول رقم (4): اختبار التكامل المشترك للمتغيرين موضع الدراسة في مصر خلال الفترة (1990-2021).

Unrestricted Co-integration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	Critical Value 0.05	Prob.**
None *	0.55	20.21	15.49	0.01
At most 1	0.01	0.36	3.84	0.55
Trace test indicates 1 co-integrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Lags interval (in first differences): 1 to 6				
Unrestricted Co-integration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	Critical Value 0.05	Prob.**
None *	0.55	19.86	14.26	0.01
At most 1	0.01	0.36	3.84	0.55
Max-eigenvalue test indicates 1 co-integrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Lags interval (in first differences): 1 to 6				

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات الجدول رقم (1).

وفي نموذج تصحيح الخطأ (Error Correction Model) (ECM)، يجب أن تكون إشارة معامل تصحيح الخطأ سالبة، بما يعني أن قيمة الخطأ تتناقص حتى تتلاشى عند التوازن في المدى الطويل، أي إمكانية العودة إلى الوضع التوازني مرة أخرى ليصبح التوازن مستقرا في الأجل الطويل بين متغيرات النموذج في حالة حدوث صدمة خارجية، ووجود الإشارة السالبة شرط ضروري ولكن ليس كافيا، حيث إن معنوية معامل التصحيح تمثل الشرط الكافي (سليمان وعبد الرحمن، 2017).

وبعد تقدير نموذج تصحيح الخطأ، تبين من الجدول رقم (5) أن النموذج معنوي إحصائيا عند مستوى 0.01، وأن معامل تصحيح الخطأ (-0.67) سالب ومعنوي إحصائيا عند مستوى 0.01، الأمر الذي يؤكد فعالية هذا النموذج، حيث إن حوالي (0.67) من الأخطاء في الأجل القصير يتم تصحيحها بشكل تلقائي مع مرور الزمن حتى يتم الوصول إلى التوازن في الأجل الطويل، أي أن سرعة التصحيح بلغت حوالي 1.49 سنة (1÷0.67)، وهذا يعني أن الصادرات الزراعية المصرية تستغرق حوالي سنة وستة شهور للعودة إلى قيمتها التوازنية نتيجة لأي اختلال في سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي، وتعد هذه استجابة جيدة من أجل الوصول إلى القيمة التوازنية في الأجل الطويل.

جدول رقم (5): نموذج تصحيح الخطأ للمتغيرين موضع الدراسة في مصر خلال الفترة (1990-2021).

الحالة	النموذج	قيمة F	معامل التحديد المعدل (R2\)
المدى القصير (نموذج تصحيح الخطأ)	D(lnY) =-0.77 -0.75 D(lnX(-1)) -0.76 D(lnX(-2)) (-1.62) (-1.56) - 0.78 lnX(-3) – 0.97 lnX(-4) + 2.82 lnX(-5) (-1.55) (-1.11) (2.09)* -1.78 lnX(-6) +1.46 lnX(-7) - 0.67 lnU(-1) (-1.53) (3.75)** (-3.94)**	3.74**	0.48
المدى الطويل	lnY = 5.07+ 1.14 lnX (7.81)**	60.97**	0.66

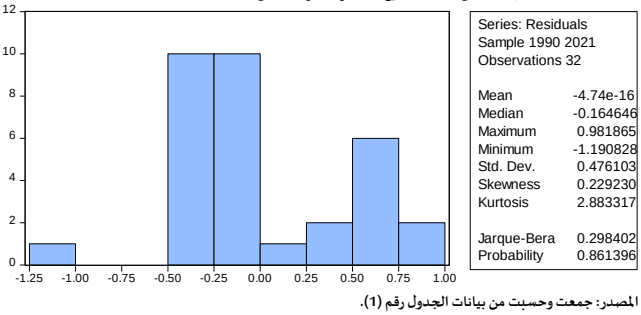
حيث:
D : تشير إلى الفرق الأول.
Ln : تشير إلى اللوغاريتم الطبيعي.
Y : تشير إلى قيمة الصادرات الزراعية المصرية بالمليون دولار أمريكي.
X : تشير إلى سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي.
U(-1): تشير إلى البواقي بفترة إبطاء واحدة وهو يمثل معامل تصحيح الخطأ.
( ) الأرقام الموجودة بين الأقواس أسفل معاملات الانحدار تشير إلى قيم "ت" المحسوبة.
** معنوي عند مستوى 0.01
* معنوي عند مستوى 0.05
المصدر: جمعت وحسبت من بيانات الجدول رقم (1).

كما تبين من نفس الجدول السابق أيضا أن النموذج في المدى الطويل معنوي إحصائيا عند مستوى 0.01، وأن قيمة معامل التحديد بلغت حوالي 66%، وهذا يعني أن المتغير المستقل في النموذج المقدر يفسر ما نسبته حوالي 66% من التغير الحاصل في المتغير التابع، أما النسبة الباقية فترجع إلى عوامل أخرى بالإضافة إلى الخطأ العشوائي في التقدير، كما تبين أيضا أن زيادة سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي بنسبة 1% تؤدي إلى زيادة قيمة الصادرات الزراعية المصرية بنسبة 1.14%، وهذا يعكس تجاوب قيمة الصادرات الزراعية المصرية لسعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي في المدى الطويل، وهذا مما يتفق مع المنطق الاقتصادي.

ولا يمكن الاعتماد على نتائج التقدير في تفسير النموذج السابق، إلا بعد التأكد من خلوه من مشاكل القياس المتمثلة في مشكلة عدم التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج، ومشكلة الارتباط الذاتي بين بواقي النموذج (Serial Correlation)، ومشكلة اختلاف التباين للأخطاء العشوائية (Heteroskedasticity) (مسعود وآخرون، 2015).

وبناء على ذلك تم اجراء اختبار (Jarque – Bera) للكشف عن مشكلة عدم التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر خلال الفترة (1990- 2021)، حيث تبين من الشكل رقم (1) أن قيمة (Jarque – Bera) بلغت حوالي 0.30 بقيمة احتمالية بلغت حوالي (0.86) Probability، وهي قيمة أكبر من 0.05، وبالتالي نرفض فرضية العدم التي تفيد بأن النموذج يعاني من مشكلة عدم التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج، ونقبل الفرضية البديلة التي تفيد بأن النموذج لا يعاني من مشكلة عدم التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج.

شكل رقم (1): نتائج اختبار التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر خلال الفترة (1990-2021).



المصدر: جمعت وحسبت من بيانات الجدول رقم (1).

كما تم إجراء اختبار (Breusch-Godfrey) للكشف عن مشكلة الارتباط الذاتي

بين بواقي النموذج المقدر خلال الفترة (1990- 2021)، حيث تبين من الجدول رقم (6) أن قيمة احتمال Probability F(12,18) بلغت حوالي 0.07 وهي قيمة أكبر من 0.05، وبالتالي نرفض فرضية العدم التي تفيد بأن النموذج يعاني من مشكلة الارتباط الذاتي بين بواقي الانحدار، ونقبل الفرضية البديلة التي تفيد بأن النموذج لا يعاني من مشكلة الارتباط الذاتي بين بواقي الانحدار.

كما تم إجراء اختبار (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) (ARCH) وهو ما يسمى بنموذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم ثبات التباين للأخطاء العشوائية، وذلك للكشف عن مشكلة اختلاف التباين لأخطاء النموذج المقدر خلال الفترة (1990- 2021)، حيث تبين من نفس الجدول السابق الإشارة إليه أن قيمة احتمال Probability F(1,29) بلغت حوالي 0.54 وهي قيمة أكبر من 0.05، وبالتالي نرفض فرضية العدم التي تفيد بأن النموذج يعاني من مشكلة اختلاف التباين للأخطاء العشوائية، ونقبل الفرضية البديلة التي تفيد بأن النموذج لا يعاني من مشكلة اختلاف التباين للأخطاء العشوائية.

جدول رقم (6): نتائج اختبار كل من الارتباط الذاتي بين بواقي النموذج (Breusch-Godfrey) وعدم ثبات التباين للأخطاء العشوائية (ARCH) للنموذج المقدر خلال الفترة (1990-2021).

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	2.14	Probability F(12,18)	0.07
Obs*R-squared	18.81	Probability Chi-Square(12)	0.09
Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	0.39	Probability F(1,29)	0.54
Obs*R-squared	0.41	Probability Chi-Square(1)	0.52

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات الجدول رقم (1).

5. خاتمة

تناول هذا البحث دراسة تأثير سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي على الصادرات الزراعية المصرية، وذلك لما يتمتع به هذا الموضوع من أهمية خاصة في الوقت الحاضر، ولا سيما بعد تعرض الاقتصاد العالمي إلى جملة من الأزمات الاقتصادية، أثرت على سعر الصرف في الكثير من الدول ومنها مصر.

ويعتبر سعر الصرف أحد أهم المؤشرات المالية والاقتصادية التي تعبر عن جودة الأداء الاقتصادي لأي دولة، فسعر الصرف هو أداة ربط بين الاقتصاد المحلي والاقتصاد العالمي، فهو يربط بين الأسعار المحلية والأسعار العالمية، حيث يعتبر حلقة الوصل في العلاقات الدولية، ومتغير اقتصادي محوري في النشاط الاقتصادي، كونه من المؤشرات الاقتصادية المهمة التي يجب المحافظة على استقرارها.

كما يعتبر الدولار عملة الاحتياطيات العالمية، وعملة التدخل في الكثير من اقتصاديات الدول، ويترتب على كون الدولار عملة معومة الكثير من المشاكل التي تنعكس على الاقتصادات العالمية المرتبطة به بشكل عام ومنها مصر.

وتعتمد الصادرات الكلية في مصر بصورة رئيسية على تصدير المنتجات الزراعية، حيث عادة ما تتخصص الدول في إنتاج بعض السلع التي يتوفر لديها ميزة نسبية في إنتاجها ومن هنا نشأت الحاجة إلى التبادل التجاري.

ومن خلال الصادرات تتمكن الدولة من أن تحافظ على استقرارها ونموها الاقتصادي وذلك بما تتميز به من ميزة نسبية من منتجات لا تنتجها الدول المستوردة، كما يعتبر التصدير أحد أهم مصادر حصيلة البلاد من النقد الأجنبي التي يستفاد منها في تمويل الاستيراد ومشاريع التنمية.

وبناء على ذلك فقد استهدفت هذه الدراسة التعرف على الدور الذي يلعبه تخفيض سعر الصرف في زيادة الصادرات الزراعية المصرية، وذلك من خلال استخدام أساليب القياس الحديثة في التقدير والمتمثلة في أسلوب التكامل المشترك ونموذج تصحيح الخطأ، وذلك لكي نصل إلى مقدار القيمة الحقيقية للتأثير دون أن يكون التقدير زائفًا وغير حقيقي.

حيث تبين من النتائج أن السلاسل الزمنية لكل من سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي، وقيمة الصادرات الزراعية المصرية، غير مستقرة حسب اختباري ديكي-فولر الموسع وفيليبس-بيرون، وأنها تصبح مستقرة بعد أخذ الفرق الأول لها، مما يعني إمكانية تطبيق اختبار جونسون للتكامل المشترك، ونموذج تصحيح الخطأ لتفسير شكل العلاقة بين هذين المتغيرين.

وقد أظهرت نتائج اختبار جونسون وجود علاقة تكامل مشترك بين متغيري الدراسة وذلك حسب اختباري الأثر والقيمة العظمى، كما أظهرت أيضا نتائج نموذج تصحيح الخطأ أن هناك علاقة طويلة الأجل بين متغيري الدراسة، وأن النموذج لا يعاني من مشكلات القياس.

كما بينت النتائج أيضا أن زيادة سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي تؤدي إلى زيادة قيمة الصادرات الزراعية المصرية، وهذا ما يتفق مع النظرية الاقتصادية، حيث إن انخفاض قيمة العملة المصرية يؤدي إلى انخفاض تكاليف عوامل الإنتاج داخل مصر مقارنة بالدول الأخرى، وبالتالي انخفاض أسعار صادراتها الزراعية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الطلب على الصادرات الزراعية المصرية مقابل الطلب على الصادرات الزراعية لمنافسيها من الدول الأخرى.

6. التوصيات

وفي ضوء النتائج التي تم التوصل إليها، أوصى البحث بما يلي:

- ضرورة الاهتمام بتتبع حركة تغير سعر صرف الجنيه المصري مقابل الدولار الأمريكي والاستفادة من انخفاضه في زيادة الصادرات الزراعية المصرية.
- اتباع الوسائل التي تعمل على زيادة الإنتاج الزراعي المصري، مما يوفر كميات يمكن تصديرها للخارج.
- ضرورة التحقق من استقرار السلاسل الزمنية وتحديد رتبة تكاملها قبل دراسة العلاقة بين المتغيرات الاقتصادية، الأمر الذي يحول دون الوقوع في مشكلة الانحدار الزائف والحصول على نتائج غير واقعية.

نبذة عن المؤلفين

أحمد محمود عبد العزيز محمد

قسم الدراسات الإقليمية، معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر، dr.ahmed.mahmoud4@gmail.com ،000882341989

د. محمد، مصري، حصل على الدكتوراه من جامعة أسيوط (مصر)، باحث أول بمعهد بحوث الاقتصاد الزراعي التابع لمركز البحوث الزراعية، له عدد من الأبحاث العلمية المنشورة في دوريات علمية محلية ودولية، أشرف على العديد من الرسائل العلمية، وشارك في عدد من الندوات والمؤتمرات العلمية، كما شارك في العديد من الدراسات البحثية والدورات التدريبية والمحاضرات وورش العمل التي نظمها معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، اكتسب العديد من الخبرات والمهارات العلمية التطبيقية في مجال الاقتصاد والتحليل الإحصائي، وهو عضو ببعض النقابات المهنية والجمعيات والمراكز العلمية.

محمد رفعت محمد محمد

قسم الدراسات الإقليمية، معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر، mohammed.refaat184@gmail.com ،00210023625696

د. محمد، مصري، دكتور باحث، حصل على الماجستير والدكتوراه من جامعة المنيا (مصر)، ويعمل حاليًا بمعهد بحوث الاقتصاد الزراعي (مصر)، له عدد من الأبحاث العلمية المنشورة في دوريات علمية إقليمية ودولية، بعضها في مجلات مصنفة في Scopus؛ شارك في عدد من الندوات والمؤتمرات العلمية المحلية والدولية، شارك في العديد من الدراسات البحثية والدورات التدريبية والمحاضرات وورش العمل التي نظمها معهد بحوث الاقتصاد الزراعي، اكتسب العديد من الخبرات والمهارات العلمية التطبيقية، عضو بالعديد من النقابات المهنية والجمعيات والمراكز العلمية. رقم الأوركيد: (0000-0002-3671-1061).

المراجع

إبراهيم، نيفين فرج إبراهيم. (2015). أثر عجز الموازنة العامة في مصر في الدين الخارجي باستخدام التكامل المشترك والسببية. *مجلة بحوث اقتصادية عربية*، الجمعية العربية للبحوث الاقتصادية، القاهرة، **22**(71)، 95–118. DOI:10.12816/0020702

بريكة، السعيد، شوق، فوزي وعينو، سندس شايب. (2018). اختبار السببية والتكامل المشترك بين عرض النقود وسعر الصرف والتضخم في الجزائر للفترة (1990 - 2014). *مجلة الزرقاء للبحوث والدراسات الإنسانية*، عمادة البحث العلمي والدراسات العليا، جامعة الزرقاء الخاصة، الأردن، **18**(1)، 17–33. DOI:10.34028/1069-018-001-002

البنك المركزي المصري. (2021). *المجلة الاقتصادية*. القاهرة: قطاع البحوث الاقتصادية.

الجابر، جابر جاسم محمد وعيسى، رجاء عبد الله. (2019). أثر إيرادات النفط الخام في تحديد طبيعة العجز المزدوج في الاقتصاد العراقي للمدة (1990-2015). *مجلة الاقتصادي الخليجي*، مركز دراسات البصرة والخليج العربي، جامعة البصرة، **بدون رقم مجلد**(40)، 247–85. DOI:10.33762/1287-000-040-008

الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء. (2021). *قاعدة بيانات التجارة الخارجية*. القاهرة: الجهاز المركزي.

حامد، قريب الله عبد المجيد عبد القادر. (2017). اختبار فرضية كينز للادخار في الاقتصاد السعودي دراسة قياسية للفترة (1963–2015). *مجلة رؤى استراتيجية*، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، الإمارات العربية المتحدة، **4**(14)، 68–91.

حسين، ابتسام علي وحمدان، بدر شحدة. (2020). التطور المالي وتأثيره في النمو الاقتصادي في العراق. *المجلة العراقية للعلوم الاقتصادية*، كلية الادارة والاقتصاد، الجامعة المستنصرية، بغداد، **18**(66)، 27–45. DOI:10.31272/IJES2020.66.2

الخطيب، رباب أحمد محمود. (2018). دراسة اقتصادية لأثر تغير سعر صرف الجنيه المصري على الصادرات الزراعية المصرية. *المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي*، الجمعية المصرية للاقتصاد الزراعي، **28**(4)، 2167–86. DOI:10.21608/MEAE.2018.112263

خليل، أحمد أحمد رياض. (2013). الكفاءة التخصيصية للموارد الاقتصادية في الاقتصاد السعودي. *مجلة البحوث التجارية*، كلية التجارة، جامعة الزقازيق، **35**(1)، 15–29.

الدمرداش، هاني محمد علي. (2016). العلاقة بين تحويلات العاملين بالخارج والاستثمار المحلي: دراسة تطبيقية على الاقتصاد المصري باستخدام تحليل التكامل المشترك Analysis Co-integration. *مجلة التجارة والتمويل*، كلية التجارة، جامعة طنطا، مصر، **36**(4)، 201–28.

سلامي، أحمد. (2015). اختبار علاقة التكامل المشترك بين سعر الصرف ومعدلات التضخم في الجزائر دراسة تطبيقية للفترة (1970- 2014). *مجلة أداء المؤسسات الجزائرية*، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجزائر، **بدون رقم مجلد**(7)، 27–42. DOI:10.12816/0026891

سليمان، عمرو محمد محمود وعبد الرحمن، صابر عدلي شاكر. (2017). مستقبل استدامة الخلل في الميزان التجاري لدول شمال إفريقيا. *مجلة البحوث التجارية المعاصرة*، كلية التجارة، جامعة سوهاج، **31**(2)، 77–101.

عثمان، ياسر إبراهيم علام. (2013). أثر المتغيرات الاقتصادية الكلية على أسواق الأسهم-دراسة تطبيقية على أسواق الأسهم العربية. *مجلة مركز صالح كامل للاقتصاد الإسلامي*، جامعة الأزهر، **17**(51)، 229–72.

العراقي، بشار أحمد. (2017). أثر تقلبات عرض النقود على أسعار الأسهم: تطوير نموذج لأسواق المال بدول مجلس التعاون الخليجي. *المجلة العربية للعلوم الإدارية*، مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت، **24**(3)، 445–74. DOI:10.34120/0430-024-003-004

الفاخري، محمود سعيد. (2006). الاقتصاد القياسي وتطبيقاته في الدول النامية : بعض المحاذير. *مجلة دراسات في الاقتصاد والتجارة*، كلية الاقتصاد، جامعة بنغازي، **25**(بدون رقم عدد)، 12–28.

القدير، خالد بن حمد بن عبدالله. (2005). اختبار فرضية "كالدور" للعلاقة بين الإنتاج الصناعي والنمو الاقتصادي في المملكة العربية السعودية. *مجلة جامعة الملك سعود (العلوم الإدارية)*، كلية العلوم الإدارية، جامعة الملك سعود، الرياض، **17**(2)، 187–08.

محمود، حسن أمين محمد. (2013). اختبار علاقة الصادرات والنمو الاقتصادي بمصر بتطبيق اختبار التكامل المشترك. *المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية*، كلية التجارة، جامعة أسوان، **4**(1)، 461–82.

مسعود، يوسف يخلف، ساسي، سامي عمر والمالطي، عبد الفتاح. (2015). أثر الاستثمار الأجنبي المباشر على النمو الاقتصادي بليبيا دراسة تطبيقية للفترة (1990 - 2020م). *مجلة رماح للبحوث والدراسات*، مركز البحث وتطوير الموارد البشرية، عمان، الأردن، **بدون رقم مجلد**(16)، 28–42.

نجا، علي عبدالوهاب إبراهيم. (2012). محددات النمو الاقتصادي في مصر خلال الفترة (1970-2009): دراسة تحليلية قياسية. *مجلة كلية الحقوق للبحوث القانونية والاقتصادية*، كلية الحقوق، جامعة الإسكندرية، **1**(1)، 569–32.

يحيى، إيناس جودت محمود. (2016). اختبار جذر الوحدة لاستقرارية إجمالي الصادرات بجمهورية مصر العربية. *مجلة البحوث الإدارية*، أكاديمية السادات للعلوم الإدارية، **34**(1)، 264–300.

Al-Jaber, J.J.M. and Issa, R.A. (2019). Athar iiradat alnaft alkham fi tahdid tabieat aleajz almuzdawij fi alaiqtisad aleiraqii lilmuda (1990–2015) 'The impact of crude oil revenues in determining the nature of the double deficit in the Iraqi economy for the period (1990-2015)'. *Gulf Economic Journal,* Basra and the Arabian Gulf Studies Center, Basra University, **n/a**(40), 247–85. DOI:10.33762/1287-000-040-008 [in Arabic]

Al-Khatib, R.A.M. (2018). Dirasat aiqtisadiat li'athar taghayur sier sarf aljunayh almisrii ealaa alsaadirat alziraeiat almisriati 'An economic study of the effect of changing the exchange rate of the Egyptian pound on Egyptian agricultural exports'. *The Egyptian Journal of Agricultural Economics,* Egyptian Association of Agricultural Economics, **28**(4), 2167–86. DOI:10.21608/MEAE.2018.112263 [in Arabic]

Al-Qadeer, K.H.A. (2005). Aikhtibar fardia " kaldawr" lilealaqat bayn al'iintaj alsinaeii walnumui alaiqtisadii fi almamlakat alearabiat alsaeudiati 'Testing the Caldor hypothesis of the relationship between industrial production and economic growth in the Kingdom of Saudi Arabia'. *King Saud University Journal (Administrative Sciences),* Faculty of Administrative Sciences, King Saud University, Riyadh, **17**(2), 187–208. [in Arabic]

Barika, A., Shawq, F. and Aino, S.S. (2018). Akhtibar alsababiat waltakamul almushtarak bayn eard alnuqud wasier alsarf waltadakhum fi aljazayir lilfatra (1990 - 2014) 'Testing causality and co-integration between money supply, Exchange rate and inflation in Algeria for the period (1990-2014)'. *Zarqa Journal for Research and Human Studies, Deanship of Scientific Research and Graduate Studies,* Zarqa Private University, Jordan, **18**(1), 17–33. DOI:10.34028/1069-018-001-002 [in Arabic]

Central Agency for Public Mobilization and Statistics. (2021). *Qaeidat Bayanat Altijarat Alkharijiati* 'Foreign Trade Database'. Cairo: Central Agency. [in Arabic]

Egyptian Central Bank. (2021). *Almajalat Alaiqtisadiatu* 'Economic Magazine'. Cairo: Economic research sector. [in Arabic]

Hamid, F.A.A. (2017). Akhtibar fardiat kinz liliadikhar fi aliaqtisad alsueudii dirasatan qiasiatan lilfatra (1963-2015) 'Testing the Keynes hypothesis of savings in the Saudi economy, An econometric study for the period (1963-2015)'. *Strategic Insights Magazine, Emirates Center for Strategic Studies and Research,* United Arab Emirates, **4**(14), 68–91. [in Arabic]

Hussein, I.A. and Hamdan, B.S. (2020). Altatawur almaliu watathiruh fi alnumui alaiqtisadii fi alearaqi 'Financial development and its impact on economic growth in Iraq'. *Iraqi Journal of Economic Sciences,* Faculty of Administration and Economics, Mustansiriya University, Baghdad, **18**(66), 27–45. DOI:10.31272/IJES2020.66.2 [in Arabic]

Ibrahim, N.F.I. (2015). Athar eajz almuazanat aleamat fi misr fi aldiyn alkharijii biaistikhdam altakamul almushtarak walsababiati 'The effect of the general budget deficit in Egypt on the external debt using co-integration and causation'. *Arab Economic Research Journal,* Arab Association for Economic Research, Cairo, **22**(71), 95–118. DOI:10.12816/0020702 [in Arabic]

Iraqi, B.A. (2017). Athar taqalubat eard alnuqud ealaa aisiear alasihim: Tatwir namudhaj li'aswaq almal bidual majlis altaeawun alkhaliji 'The impact of money supply fluctuations on stock prices: Developing a model for capital markets in the Gulf Cooperation Council countries'. *Arab Journal of Administrative Sciences,* Scientific Publishing Council, Kuwait University, **24**(3), 445–74. DOI:10.34120/0430-024-003-004 [in Arabic]

Khalil, A.A.R. (2013). Alkafa'at altakhsisiat lilmawarid alaiqtisadiat fi alaiqtisad alsaeudii 'Allocative efficiency of economic resources in the Saudi economy'. *Business Research Journal, Commerce College,* Zagazig University, **35**(1), 15–29. [in Arabic]

Mahmoud, H.A.M. (2013). Aikhtibar ealaqat alsaadirat walnumui alaiqtisadii bimisr bitatbiq aikhtibar altakamul almushtaraki 'Testing the relationship of exports and economic growth in Egypt by applying the joint integration test'. *Scientific Journal of Commercial and Environmental Studies,* Commerce College, Aswan University, **4**(1), 461–82. [in Arabic]

Massoud, Y.Y., Sassi, S.O. and Maltese, A. (2015). Athar alaistithmar al'ajnabii almubashir ealaa alnumui alaiqtisadii bilibia dirasatan tatbiqiat lilfatra (1990 - 2020 ma) 'The impact of foreign direct investment on economic growth in Libya, An applied study for the period (1990-2020)'. *Ramah Journal for Research and Studies, Research and Human Resources Development Center,* Amman, Jordan, **n/a**(16), 28–42. [in Arabic]

Naja, A.A.I. (2012). Muhadadat alnumui alaiqtisadii fi misr khilal alfatra (1970-2009): Dirasat tahliliat qiasiatin 'Determinants of economic growth in Egypt during the period (1970-2009): An econometric analytical

Al-Demerdash, H.M.A. (2016). Alealaqat bayn tahwilat aleamilin bialkharij walaistithmar almahaliyi: dirasatan tatbiqiatan ealaa alaiqtisad almisrii biaistikhdam tahlil altakamul almushtarak analysis co-integration 'The relationship between remittances of workers abroad and local investment: An applied study on the Egyptian economy using co-integration analysis'. *Trade and Finance Journal,* Commerce College, Tanta University, **36**(4), 201–28. [in Arabic]

Al-Fakhry, M.S. (2006). Alaiqtisad alqiasiu watatbiqatuh fi alduwal alnaamiat: Baed almahadhir 'Econometrics and its applications in developing countries: some caveats'. *Journal of Studies in Economics and Trade,* Faculty of Economics, Benghazi University, **25**(**n/a**), 12–28. [in Arabic]

study'. *Journal of the College of Law for Legal and Economic Research,* Collage of Rights, Alexandria University, **1**(1), 569–632. [in Arabic]

Othman, Y.I.A. (2013). Athar almutaghayirat alaiqtisadiat alkuliyat ealaa 'aswaq al'ashumi- dirasat tatbiqiat ealaa 'aswaq al'ashum alearabiati 'The impact of macroeconomic variables on stock markets - An applied study on Arab stock markets'. *Saleh Kamel Center Journal of Islamic Economics,* Al-Azhar University, **17**(51), 229–72. [in Arabic]

Salamaa, A. (2015). Aikhtibar ealaqat altakamul almushtarak bayn sier alsarf wamueadalat altadakhum fi aljazayir dirasat tatbiqiat lilfatra (1970 - 2014) 'Examining the co-integration relationship between the exchange rate and inflation rates in Algeria, An applied study for the period (1970–2014)'. *Journal of the Performance of Algerian Institutions,* University of Kasdi Merbah Ouargla, Ministry of Higher Education and Scientific Research, Algeria, **n/a(7)**, 27–42. DOI:10.12816/0026891 [in Arabic]

Soliman, A.M.M. and Abdel-Rahman, S.A.S. (2017). Mustaqbal aistidamat alkhalal fi almizan altijarii lidual shamal afriqia 'The future of the sustainability of the imbalance in the trade balance of North African countries'. *Journal of Contemporary Business Research,* Commerce College, Sohag University, **31**(2), 77–101. [in Arabic]

Yehia, E.J.M. (2016). Akhtibar jidhr alwahdat liastiqrariat iijmalii alsaadirat bijumhuriat misr alearabiati 'Unit root test for the stability of total exports in the Arab Republic of Egypt'. *Management Research Journal,* Sadat Academy for Administrative Sciences, **34**(1), 264–300. [in Arabic]

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

مؤشرات الاستدامة البيئية: المملكة العربية السعودية

راضي طلعت توفيق [1] ومرام عبدالله إبراهيم الصياح [1] وممتاز ناجي محمد السباعي [1] والسيد عبدالرحمن بدر [2]
[1] قسم الأعمال الزراعية وعلوم المستهلك، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية
[2] قسم البيئة والمصادر الطبيعية، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية

Environmental Sustainability Indicators: Saudi Arabia

Rady T. Tawfik [1], Maram A. Al Sayyah [1], Momtaz N. Elsebaei [1], ElSayed A. Badr [2]
[1] Department of Agribusiness and Consumer Sciences, College of Agricultural and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia
[2] Department of Environment and Natural Resources, College of Agricultural and Food Sciences, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/agr/230040	07/09/2023	15/11/2023	15/11/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
7731	8	2023	24	2

الملخص

تُعدُّ التنمية المستدامة أسلوبًا ومحركًا لحياة الأمم، يسعى إلى التحسين المستمر بشكل متكامل يراعي الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. ولقد اعتمدت جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة في عام 2015 أهداف التنمية المستدامة SDGs، بوصفها دعوة عالمية للعمل على إنهاء الفقر، وحماية الكوكب، وضمان تمتع جميع الناس بالسلام والازدهار. وتبذل المملكة جهودًا كبيرة لتحقيق تلك الأهداف بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، بما يتوافق مع خصوصيتها وثوابتها، وبما ينسجم مع الرؤية الوطنية 2030. ولا يوجد مؤشر واحد فقط للتنمية المستدامة؛ بل هناك عددٌ من المؤشرات التي تعني استدامتها أن يكون لها اتجاه موجب عبر الزمن. لقد تمَّ قياس هذه المؤشرات في المملكة على مستوى الدولة، ولكن ما زالت هناك حاجة للتطبيق على مستوى المدن والمناطق. تهدف هذه الدراسة إلى قياس تلك المؤشرات في واحة الأحساء، بالاعتماد على بيانات أوليَّة تمَّ تجميعها ميدانيًا لعينة عشوائية بسيطة، قوامها 257 مُفردة، واستخدام مجموعة من الأُطر الوصفية، إضافةً إلى استخدام الأساليب الإحصائية لتقييم الوضع البيئي، وتحديد أهم العوامل المؤثرة، واقتراح بعض السياسات الواجب اتباعها للإسهام في الاستدامة البيئية في الأحساء.

ABSTRACT

Sustainable development is a process and a driver of nations that requires continuous improvement in an integrated manner, while considering economic, social and environmental aspects. In 2015, United Nations Member States adopted the Sustainable Development Goals (SDGs) as a global call to end poverty, protect the planet and ensure peace and prosperity for all people. Saudi Arabia is making great efforts to achieve these goals, while considering its own perspectives and the National Vision 2030. There is no single indicator of sustainable development; rather, there are multiple measures for sustainability that collectively indicate a positive trend over time. These indicators have been measured in the Kingdom at the national level, but there is still a need for application at the local and regional levels. This study aims to measure those indicators in the Al Ahsa Oasis based on preliminary data collected in the field from a simple random sample of 257 individuals. A set of descriptive frameworks and statistical methods were used to assess the environmental situation, identify the most important influencing factors and propose policies to contribute to Al Ahsa's environmental sustainability.

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
Al Ahsa oasis, economic growth, sustainable development, social justice, development goals, environmental awareness
واحة الأحساء، النمو الاقتصادي، التنمية المستدامة، العدالة الاجتماعية، أهداف التنمية، الوعي البيئي

CITATION
الإحالة
Tawfik, R.T., Al Sayyah, M.A., Elsebaei, M.N. and Badr, E.A. (2023). Muashirat alaistidamat albiyiyati: Almujtamae Alsueudiu 'Environmental sustainability indicators: Saudi Arabia'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 38–45. DOI: 10.37575/b/agr/230040 [in Arabic]
توفيق، راضي طلعت والصياح، مرام عبدالله إبراهيم والسباعي، ممتاز ناجي محمد وبدر، السيد عبدالرحمن. (2023). مؤشرات الاستدامة البيئية: المملكة العربية السعودية. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **24**(2)، 38-45.

1. المقدمة

سخَّر الله للإنسان العديد من عناصر البيئة، وأمره بالحفاظ عليها ﴿كُلُوا وَاشْرَبُوا مِن رِّزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْثَوْا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ﴾ (الآية 60 - سورة البقرة)، وهو ما يُشار إليه حديثًا بمصطلح الاستدامة البيئية؛ الذي يتضمن اتخاذ خيارات للحياة تضمن أسلوب حياة متساويًا أو أفضل لمن يأتي من بعدنا. ووفقًا لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة فإن الاستدامة البيئية تعني الحفاظ على الثروات البيئية دون المساس بحق الأجيال القادمة لها، والتي تهدف إلى تحسين نوعية الحياة البشرية، دون وضع ضغوط غير ضرورية على النظم البيئية الداعمة للأرض من خلال العيش بطريقة لا تهدر أو تستنزف الموارد الطبيعية بلا داعٍ (الطويل والعبادي، 2018). وتُعدُّ التنمية المستدامة أسلوبًا عالميًّا ومحركًا لحياة الأمم، وتعني التحسين المستمر بشكل متكامل يراعي الجانب البيئي في مختلف المشروعات، ويحقق الأهداف الحالية دون التأثير على الأهداف القادمة للأجيال المستقبلية (أبو النصر ومحمد، 2017). وتعدُّ التنمية المستدامة عملية شاملة تركّز على تحقيق أهداف الاقتصاد والتعليم والطاقة والصناعة ومراجعة الأثر على البيئة. والتنمية المستدامة ليست حالة ثابتة؛ وإنما هي عملية متغيرة، سواء من حيث استغلال الموارد، والتطور التكنولوجي، ويتكون مصطلح التنمية المستدامة من كلمتين: الأولى "تنمية"، وتمثل قائمة من الأهداف التي يُحاول المجتمع تحقيقها أو تعظيمها، منها على سبيل المثال تحقيق نمو حقيقي في متوسط دخل الفرد، وتحسين مستوى توزيع الدخل بشكل أكثر عدالة، وتحسين مستوى الصحة، وتحسين مستوى التغذية، وتحسين المستوى التعليمي للسكَّان، ولذلك فإنه لا يوجد مؤشر واحد فقط للتنمية الشاملة؛ بل هناك عددٌ من المؤشرات. بينما تعني كلمة "مستدامة" الحالة التي يؤول إليها اتجاه هذه الأهداف للنمو، بشرط أن يكون اتجاهًا موجبًا لا ينخفض عبر الزمن.

رأت الأمم المتحدة أن يكون مؤتمر قمة الأرض (1992) بالبرازيل فرصةً للاتفاق بين دول العالم على خطة مفصلة لتحقيق التنمية المستدامة بشكل فعال في المستقبل. في عقد التنمية الأول الذي تبنَّته الأمم المتحدة (1960-1970) اقترن مفهوم التنمية المستدامة بالنمو الاقتصادي، مثل الدخل القومي، والدخل الفردي. وفي العقد الثاني للتنمية (1970-1980)، اكتسب مفهوم التنمية أبعادًا اجتماعية وسياسية وثقافية، بجانب البُعد الاقتصادي، وخلال عقد التنمية الثالث (1980-1990) اكتسب مفهوم التنمية بُعدًا حقوقيًّا وديموقراطيًّا يتمثل في المشاركة العامة في اتخاذ القرارات، أما عقد التنمية الرابع 1990 فقد شهد نقلةً نوعيةً في مفهوم التنمية؛ حيث تأكدَّ مفهوم التنمية المستدامة بشكل واضح في إعلان ريو

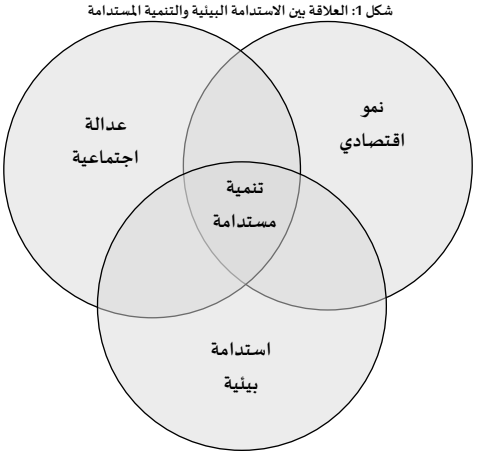
Corresponding Author: Momtaz N. Elsebaei 00966538360512, melsebaei@kfu.edu.sa المؤلف المراسل: ممتاز ناجي محمد السباعي

لعام 1992 الذي تضمَّن مبادئ تدعو إلى ضرورة تحقيق العدالة بين الأجيال في توزيع الموارد الطبيعية، وبالتالي يمكن القول إن التنمية المستدامة كانت في البداية تنمية مستمرة ذات بُعد اقتصادي تنموي، أما الآن فهي تنمية اقتصادية اجتماعية بيئية، لا ترتبط بمكان محدد؛ بل هي لجميع الدول (بن الطاهر، 2012).

واعتمدت جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة في عام 2015 أهداف التنمية المستدامة، بوصفها دعوة عالمية للعمل على إنهاء الفقر، وحماية الكوكب، وضمان تمتع جميع الناس بالسلام والازدهار. وتشمل مجموعة من الأهداف المتكاملة سُمّيت بأهداف التنمية المستدامة السبعة عشر SDGs ضمَّت القضاء على الفقر، والقضاء على الجوع، وتحقيق الأمن الغذائي، والاهتمام بالصحة، والتعليم الجيد، والمساواة بين الجنسين، والمياه النظيفة، والطاقة النظيفة، ونمو الاقتصاد، والابتكار والبُنى التحتية، والحدّ من عدم المساواة، وإنتاج واستهلاك مسؤولان، ومدن ومجتمعات مستدامة، والعمل المناخي، والحياة تحت الماء، والحياة في البرّ، وسلام وعدل ومؤسسات قوية، وشراكات لتحقيق الأهداف. وترتبط تلك الأهداف بمجموعة من الأنشطة والسياسات الموجهة صوب المستقبل، وبمجموعة من المصطلحات، أهمها الاستدامة البيئية، والتي تسعى إلى الموازنة بين معدَّل استخدام الموارد الطبيعية، والعمل على تقليل التلوث، بالإضافة إلى الاستفادة من مصادر الطاقة النظيفة (حمود، 2019).

وتنظر الاستدامة إلى توفير البيئة كهدف رئيس، والحفاظ على المنتج المرغوب والنهائي لنمط الحياة وتحقيقه، وبالتالي فهي تعبّر عن حالة معيشية قادرة على الاستمرار لفترة طويلة، بينما تركز التنمية المستدامة على تحسين البنية التحتية، والحفاظ على بيئة نظيفة كاستراتيجية لتحقيق التنمية، دون المساس بقدرة الأجيال المستقبلية على تلبية احتياجاتهم. وللتنمية المستدامة ثلاثة أبعاد رئيسة، تتمثل في أبعاد اقتصادية واجتماعية وبيئية؛ حيث يجب أن تتم بطريقة مناسبة من الناحية الاقتصادية ومقبولة من الناحية الاجتماعية، وملائمة من الناحية البيئية (آل الشيخ، 2020). وتُعدُّ الاستدامة البيئية والحفاظ عليها من الأهداف الثلاثة الأساسية للتنمية المستدامة، التي جمعت بين النمو من الناحية الاقتصادية، والاندماج من الناحية الاجتماعية، والاستدامة البيئية؛ أي إن الاستدامة البيئية جزء من التنمية المستدامة، شكل رقم (1).

شكل 1: العلاقة بين الاستدامة البيئية والتنمية المستدامة



2. المشكلة البحثية

تهدف رؤية المملكة 2030 إلى الارتقاء بمستقبل المملكة من خلال تبنّي الاستدامة كمحور أساسي في التخطيط للمستقبل، وتأسيس البنية التحتية اللازمة، والعمل على تطوير السياسات والاستثمار، واستخدام الطاقة المتجددة والاستدامة البيئية كجزء رئيس من التنمية، ونظرًا لقلة الدراسات التي ركّزت على الأحساء من ناحية تحقيق الاستدامة البيئية؛ كانت واحة الأحساء محط نظر الفريق البحثي، فضلاً عن انضمام الأحساء إلى قائمة التراث العالمي باليونيسكو في عام 2018 وفوزها بلقب عاصمة السياحة العربية خلال عام 2019، كما أنها حازت على لقب أكبر واحة نخيل في العالم خلال عام 2020، ومن ثمَّ تمحورت مشكلة الدراسة في مدى تطبيق مؤشرات الاستدامة على واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية.

3. طرق ومواد العمل

3.1. الهدف البحثي:

دراسة وتحليل مدى توافق الأحساء مع متطلبات الاستدامة البيئية، من خلال تقييم الوضع الحالي لمؤشرات الاستدامة وقياس معرفة الأفراد بالاستدامة البيئية، واستخدام نتائج الدراسة في اقتراح بعض السياسات الواجب اتباعها للإسهام في الاستدامة البيئية في الأحساء.

3.2. مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة في المقام الأول على بيانات أولية تمَّ تجمعها لعينة عشوائية بسيطة من سكان محافظة الأحساء؛ وذلك من خلال استبانة تضمنت البيانات اللازمة لإجراء الدراسة، وخضعت للتقييم العِلْمي وإجراءات الصدق والثبات قَبل الاستخدام في الدراسة، وقد تمَّ الاعتماد في تحديد حجم العينة على معادلة هيربرت أركن (علي وسيد، 2019):

$$n = \frac{P(1-P)}{\left(\frac{SE}{t}\right) + \left[\frac{P(1-P)}{N}\right]}$$

حيث: n = حجم العينة المطلوبة.

P = نسبة عدد المفردات التي تتوفر فيها المعرفة بالاستدامة البيئية.

1-P = نسبة عدد المفردات التي لا تتوفر فيها المعرفة بالاستدامة البيئية.

SE = نسبة الخطأ المسموح به.

N = حجم مجتمع البحث.

وقد تمَّ افتراض نسبة الخطأ 6%، كما افترضت P تساوي 0.35 و1-P تساوي 0.65 وفقًا لنتائج دراسة استطلاعية قام بها الفريق البحثي قَبل البدء بالدراسة الأساسية، وفي ضوء أن عدد سكان المحافظة بلغ نحو 1,041,863 نسمة عام 2017 (الهيئة العامة للإحصاء، 2017)، فإن حجم العينة قُدّر بنحو 250 مفردة، كما اعتمدت الدراسة على البيانات الثانوية اللازمة لها من وزارة البيئة والمياه والزراعة، والهيئة العامة للإحصاء، والدراسات والبحوث والرسائل العلمية ذات الصلة بموضوع الدراسة.

3.3. الطريقة البحثية:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي؛ لتقييم الاستدامة البيئية، وذلك من خلال مجموعة من التحاليل الوصفية مثل SWOT Analysis، TOWS Matrix للتعرُّف إلى أهم العوامل المؤثرة على الاستدامة البيئية، وتحليل البيئة الداخلية والخارجية، كما اعتمدت الدراسة على الأسلوب الإحصائي الوصفي في توصيف عينة الدراسة الميدانية، والخصائص الديموغرافية لمفردات العينة الميدانية، ومدى معرفتهم بالاستدامة البيئية، وأهم الحلول المقترحة لمجابهة هذه المشكلة، ودمج البيانات التي تمَّ جمعها مع غيرها من الخصائص للحصول على مجموعة من النتائج والتوصيات التي تساعد في تحقيق الاستدامة البيئية بالأحساء. كما تمَّ استخدام معامل ثبات ألفا كرونباخ Cronbach's alpha للتأكد من ثبات وصدق الاتساق الداخلي لفقرات الاستبانة؛ حيث يُقصد بثبات أداة القياس أنْ يتم الحصول النتائج نفسها إذا أعيد تطبيق الاستبانة على العينة نفسها، وفي الظروف ذاتها، أما الصدق فيُقصد به أن تقيس أسئلة الاستبانة ما وضعت لقياسه بالفعل، بينما يُقصد بالاتساق الداخلي لأسئلة الاستبانة قوة الارتباط بين درجات كل مجال ودرجات أسئلة الاستبانة، ودرجة الانسجام بين الإجابات ضمن كل سؤال أو ضمن كل محور أو ضمن الاستبانة ككل.

$$\rho_T = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{k}\sigma_i^2}{\sigma_X^2}\right)$$

حيث K عدد الفقرات، $\sum_{i=1}^{k} \sigma^2_i$ تباين كل فقرة، $\sigma^2 x$ التباين الكلي. إذا كانت 0.9 ≤ α القياس ممتاز، إذا كانت 0.8 ≤ α < 0.9 القياس جيد، إذا كانت 0.7 ≤ α <0.8 القياس مقبول، إذا كانت 0.6 ≤ α <0.7 القياس مشكوك فيه، إذا كانت 0.5 ≤ α <0.6 القياس ضعيف، إذا كانت α <0.5 القياس غير مقبول (Cho, 2016).

4. المسح الأدبي (الدراسات السابقة)

تطرَّقت العديد من الدراسات العربية والأجنبية لموضوع التنمية المستدامة، ومؤشرات الاستدامة البيئية؛ حيث استهدفت دراسة Cobbinah et al. (2015) شرح ما يلزم لجعل التنمية المستدامة واقعًا في الدول النامية، وتوصلت إلى أنه لا بدَّ من مراعاة جميع العوامل التي تؤثر على تحقيق التنمية المستدامة بما في ذلك الفقر والجوع وتغير المناخ وانعدام الأمن الغذائي، وأن عدم إيلاء اهتمام كبير خاصةً بالفقر والتحضر السريع قد يحول دون تحقيق التنمية المستدامة في البلدان النامية. بينما ركَّزت دراسة klarin (2018) على التعرُّف إلى مفهوم التنمية المستدامة منذ بدايتها مرورًا بالقضايا المعاصرة، وتوصلت إلى أن التنمية المستدامة تعمل على توفير الاحتياجات الأساسية للإنسان مع المحافظة على البيئة. وأشار المفهوم المعاصر للتنمية أن الوضع العالمي أصبح معقدًا بسبب انتشار الفقر وزيادة أعداد السكان والحروب وعدم الاستقرار السياسي والتدهور الكبير في البيئة، واتساع الفجوة بين الدول المتقدمة والنامية أدَّى إلى تعثر تحقيق التنمية المستدامة على مستوى النطاق العالمي. أوضحت دراسة خنشول (2018) المفاهيم الأساسية للتنمية المستدامة، ومعرفة واقع التنمية المستدامة خلال الفترة (1992-2015) عن طريق تتبع التطور في بعض مؤشرات التنمية المستدامة، وتمَّ استخدام المنهج الاستنباطي لشرح المفاهيم المتعلقة بالتنمية المستدامة، وأيضًا المنهج التحليلي لدراسة تطور بعض مؤشرات التنمية المستدامة، وتوصلت الدراسة إلى وجود تحسُّن في مستوى المؤشرات الاقتصادية، ووجود تحسُّن في مستوى التعليم والتنمية البشرية، غير أنه لم يصل إلى المستوى اللازم لتحقيق نمو اقتصادي مستدام، ولم تزلْ مؤشرات الصحة دون المستوى المطلوب، وأوصت الدراسة بأهمية البحث عن جميع الحلول التي تحدّ من جميع أشكال التلوث، وإنشاء قاعدة معلومات خاصة بمراقبة التطور في تحقيق مؤشرات التنمية المستدامة. وقامت دراسة هواري (2019) بتقييم فعالية سياسات وخطط التنمية الحضرية من خلال مؤشرات تحقيق التنمية المستدامة والتي تصل إلى 250 مؤشرًا، حيث لوحظ أن خطط التنمية الحضرية لم تتحقق بالشكل المطلوب من خلال تقييم الوضع الراهن لمحافظات المنطقة الشرقية؛ حيث تبين أنَّ المؤشرات البيئية لم تتم دراستها بشكل كافٍ، وبالأخص دراسة انبعاثات الغازات الصادرة من المصانع على مستوى مدينة الجُبيل الصناعية، والتي أدَّت إلى زيادة معدلات الأمراض الصدرية، وكذلك مؤشرات الحوكمة الإدارية والتكافؤ بين الجنسين لم تلقَ اهتمامًا واسعًا، كما تبين من خلال مؤشرات السكن وديموجرافيا السكان أن معظم السكان لا يمتلكون مساكنهم، ومن خلال مؤشرات الصحة العامة تبيَّن أن معظم المدن بها ارتفاع ضئيل في نسبة الأمراض، وبحاجة إلى تحسين الخدمات الصحية المقدمة، وأوصت الدراسة بضرورة زيادة الوعي للمواطنين تجاه مفهوم المؤشرات ودورها في صناعة القرارات، والعدالة في توفير الخدمات للمواطنين على مستوى جميع المناطق، ودمج مفهوم التنمية المستدامة مع عمليات التخطيط الشامل، والتركيز على المؤشرات البيئية لتحقيق مفهوم التنمية المستدامة بشكل واسع داخل النطاقات العمرانية.

بينما تطرق Ginting (2020) إلى دراسة النمو والتنمية المستدامين، وأوضح أنَّ بعض الدول تعاني من عدم التوازن بين كلٍّ من التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية؛ حيث إن التنمية الاقتصادية والاجتماعية آخذةً في التحسُّن، بينما لا يظهر ذلك في التنمية البيئية، وأن النمو والتنمية يتطلبان توازنًا بين هذه الأبعاد الثلاثة. أشارت دراسة المرسي (2020) إلى بيان حالة أفريقيا نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة حتى عام 2019، وكانت أهداف القضاء على الفقر، وتخفيض معدل وفيات الأطفال، وتحسين الصحة الإنجابية، وكفالة الاستدامة البيئية، وإقامة شراكة عالمية للتنمية؛ جميعها كانت أهدافًا خارج المسار، أما أهداف مكافحة فيروس الإيدز، وتحقيق تعليم ابتدائي شامل، وتعزيز المساواة بين الرجل والمرأة فجميعها أهداف تسير في المسار.

اتجهت دراسة الزامل (2020) إلى تحديد واقع التخطيط للتنمية المستدامة في المجتمع السعودي وفقا لرؤية 2030، ومعرفة الصعوبات التي تواجه ذلك التخطيط، ووضع تصور مقترح له، وتم استخدام منهج المسح الاجتماعي الشامل، والاعتماد على الاستبانة لجمع البيانات من عدد من الجامعات المختارة، وتمثلت العينة من أعضاء هيئة التدريس، وبلغ حجمها 57 عضوًا، وتوصلت الدراسة إلى أهمية وعي المخططين بأهداف رؤية المملكة 2030، ودراسة المشكلات المستقبلية للتنمية المستدامة، وصياغة خطط التنمية المستدامة بناءً على استراتيجية مستقبلية واضحة في إطار فلسفة التنمية المستدامة. ناقش كريري (2021) -في دراسته- حوكمة الممارسات البيئية والاجتماعية والأعمال ESG بإدارات التعليم بالمملكة العربية السعودية، والتي تتمثل في الحوكمة البيئية (إدارة الموارد الطبيعية والمحافظة عليها، وإدارة المخاطر وتقليل الآثار السلبية عليها)، الحوكمة الاجتماعية (جودة الحياة الوظيفية، والتنوع بين الجنسين، وأجور العاملين، والعدالة والديمقراطية)، حوكمة الأعمال (الشفافية، والاستدامة المالية، والحوافز، وحسن استغلال الموارد وتنميتها).

مما سبق يبدو جليًّا تطرق العديد من الدراسات سواء العربية أو الأجنبية لمفهوم التنمية المستدامة ومؤشرات الاستدامة البيئية؛ حيث أوضحت الدراسات أن التنمية المستدامة تمَّ استخدامها بشكل واسع وعلى نطاق دولي، وأوضحت أن التنمية المستدامة تعمل على توفير الاحتياجات الأساسية للإنسان مع المحافظة على البيئة، بينما تطرَّقت بعض الدراسات إلى دراسة النمو والتنمية المستدامين، وأوضحت أن بعض الدول تعاني من عدم التوازن بين كلٍّ من التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية؛ فعلى الرغم من وجود تحسُّن ملموس في مستوى التعليم والتنمية البشرية غير أنه لم يصل إلى المستوى اللازم لتحقيق نمو اقتصادي مستدام، ولم تزلْ مؤشرات الصحة دون المستوى المطلوب، كما تبيَّن من خلال مؤشرات السكن وديموجرافيا السكان أن معظم السكان لا يمتلكون مساكنهم، وأوصت الدراسات بضرورة التوازن بين كلٍّ من التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، والتوازن بين واجبات حماية البيئة ومتطلبات التنمية، من خلال الإدارة الرشيدة للموارد، ومراعاة جميع العوامل التي تؤثر على تحقيق التنمية المستدامة، بما في ذلك الفقر والجوع وتغير المناخ وانعدام الأمن الغذائي والمائي. في حين استهدفت الدراسة الحالية قياس مؤشرات التنمية على مستوى المدن والمناطق (واحة الأحساء)، بالاعتماد على بيانات أوليَّة تمَّ تجميعها ميدانيًّا، وتقييم الوضع البيئي واقتراح بعض السياسات الواجب اتباعها للإسهام في تحقيق الاستدامة البيئية بالأحساء.

5. النتائج والمناقشة

5.1. الأحساء والاستدامة البيئية:

تُعدُّ واحة الأحساء من أقدم مناطق الاستقرار البشري في المملكة العربية السعودية؛ وذلك بسبب وفرة المياه وقيام الزراعة فيها (الحضري والعمير، 2014)، وتمتاز الأحساء بالعديد من المقومات الطبيعية، التي جعلت منها موقعًا جغرافيًا متميزًا، ومنطقة زراعية مهمَّة؛ حيث جمعت مجموعة من العيون كانت تصل إلى ما يزيد عن 3000 عين جوفية، ولكن مع استمرار موجات الجفاف تقلَّص عددها خلال السنوات الماضية، ومن أشهر هذه العيون: عين الحارة، وعين أم سبعة، وعين الخدود. وفي عام 2018 تمَّ إدراج واحة الأحساء على قائمة اليونسكو للتراث العالمي، كخامس موقع سعودي؛ وذلك بوصفها مستوطنة كبرى على مدى 500 سنة مضت تضم بساتين النخيل، والقنوات والعيون والآبار، ومناطق أثرية، ومجموعة من التراث العمراني. ويأتي اختيار واحة الأحساء عاصمةً للسياحة العربية لعام 2019 تأكيدًا لمكانتها بين المدن العربية، وما تمتاز به من مقوّمات طبيعية وتاريخية؛ فهي تمتاز بوفرة أشجار النخيل، والتي تتجاوز أعدادها 3 ملايين نخلة، بالإضافة إلى عدد من المعالم التاريخية والتراثية البارزة (توفيق وآخرون، 2020). وتمَّ الإعلان في موقع غينيس للأرقام القياسية عن اعتبار واحة الأحساء أكبر واحة نخيل قائمة بذاتها

في العالم خلال عام 2020.

تُعاني منطقة الأحساء من مشكلات بيئية خاصةً في الآونة الأخيرة. أسهمت هذه المشكلات في انكماش المساحة الزراعية منها: انخفاض أسعار التمور في أسواق الأحساء، وارتفاع الإشعاع الشمسي، وبالتالي ارتفاع معدلات التبخر وفقد المياه، وجفاف بعض العيون الطبيعية، وزحف الرمال، وهجرة الكثير من المزارعين والانخراط في أعمال أخرى، وتدني المردود الاقتصادي لحرفة الزراعة (الطاهر، 1993). هذا بالإضافة إلى زيادة مساحة الأراضي المتأثرة بالملوحة: حيث بلغ إجمالي الأراضي المتضررة بالأملاح عام 1987 (49,4كم^2) وعام 1993 (89,3 كم^2) وفي عام 1998 (130,4 كم^2)؛ حيث إنها في ازدياد مستمر، وهذا يدل على حجم التدهور الكبير الذي وصلت إليه هذه الأراضي (Al-Dakheel et al., 2006). وكشفت دراسة أجرتها أمانة الأحساء عن ضرورة توقف الزحف العمراني الذي تسبب في تقليص المساحات الزراعية بنسبة 25% عما هو قبل 12 عامًا، بما يعادل 40900 هكتار. وأوضحت الأمانة أن أهم التعديات على الأراضي الزراعية بالواحة تتركز في الأنشطة الترفيهية بنسبة 51%، والأنشطة التجارية بنسبة 26%، والأنشطة الصناعية بنسبة 23% بإجمالي عدد أنشطة بلغ 1186 نشاطًا، واقترحت الأمانة أن يتم التوقف بالعمل بالبناء في الأراضي الزراعية المضافة بالنطاق العمراني المعتمد 1428هـ لأسباب متعددة تتضمن تسجيل واحة الأحساء كموقع تراث عالمي، وما يتطلب ذلك من الحفاظ على هويتها الزراعية والأثرية، وذلك ضمن الالتزامات المشترطة للتسجيل، والحفاظ على الهوية الزراعية للأحساء كأكبر واحة زراعية على مستوى العالم بمساحة 55000 هكتار، والحفاظ على التنمية المستدامة للأراضي الزراعية.

5.2. نتائج الدراسة الميدانية:

تمَّ تصميم استبانة وجُمعت البيانات من خلال عينة عشوائية بسيطة من قاطني الأحساء؛ وذلك لقياس مدى معرفتهم بالاستدامة البيئية ومدى تطبيق هذا المفهوم على واحة الأحساء، وتحديد الخصائص الديموغرافية والاستعداد الحدّي لمفردات العينة للدفع مقابل الحفاظ على البيئة.

5.2.1. الخصائص الديموغرافية لمفردات عينة الدراسة

بلغت نسبة الذكور في عينة الدراسة 59% بينما بلغت نسبة الإناث 41%، كما تبيَّن أن غالبية مفردات العينة من فئة المتزوجين؛ حيث يمثلون نحو 58% وبلغ متوسط العمر بالعينة 33 عامًا، بينما بلغ متوسط حجم الأسرة 6 أفراد. نحو 26% حاصلون على شهادة الثانوية و46% حاصلون على البكالوريوس و12% حاصلون على دراسات عليا. أما بشأن طبيعة العمل، فقد تبيَّن أن نحو 26% من مفردات العينة يعملون بالقطاع الحكومي و20% يعملون بالقطاع الخاص. وبشأن مستوى الدخل الشهري تبيَّن أن ما يربو على 31% من مفردات العينة يحصلون على دخل شهري يعادل 10,000 ريال أو أكثر، وأن نسبة 9% فقط يتمتعون بالعضوية في جمعيات أو منظمات لحماية البيئة (جدول رقم 1).

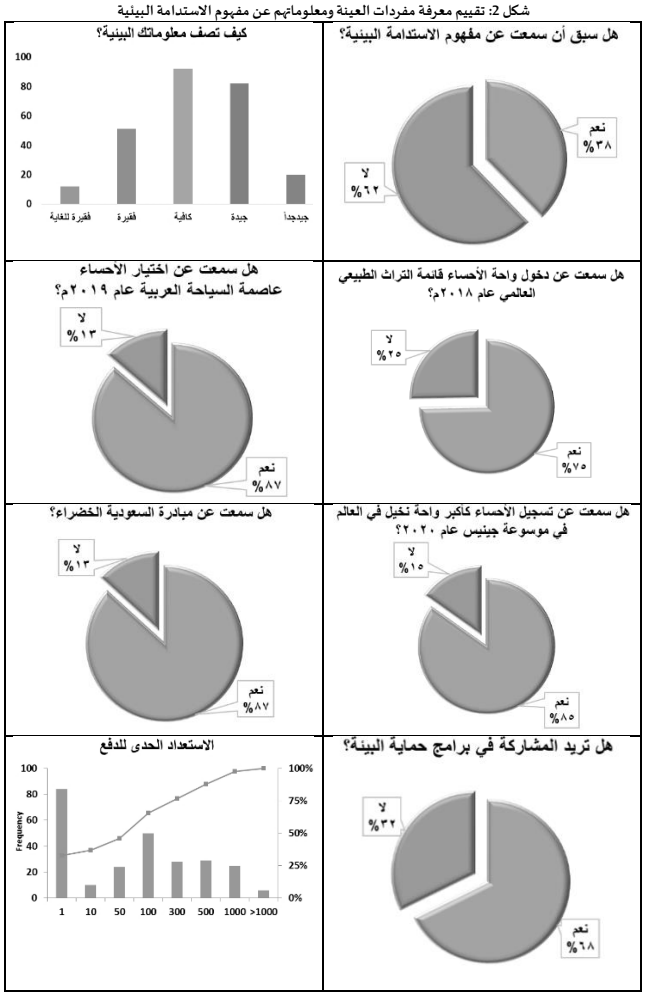
جدول 1: خصائص مفردات عينة الدراسة الميدانية

المتغير Variable	التكرار F					
الجنس Gender	ذكر	أنثى				
	152	105				
الحالة الاجتماعية marital status	متزوج	أعزب	مطلق	أرمل		
	149	102	4	2		
العمر Age	< 20	20-30	30-40	40-50	50-60	> 60
	40	95	47	46	23	6
حجم الأسرة Family Size	1	3	5	7	10	> 10
	14	47	56	79	48	13
التعليم Education	أقل من الثانوية	دبلوم	الثانوية	بكالوريوس	دراسات عليا	
	12	29	67	118	31	
الوظيفة profession	طالب	قطاع حكومي	قطاع خاص	عاطل	مقاعد	
	81	67	52	35	22	
الدخل Income	1000-3000	3000-5000	5000-7000	7000-10000	10000-15000	> 15000
	68	40	26	43	44	36

المصدر: نتائج التحليل الإحصائي لبيانات عينة الدراسة الميدانية.

5.2.2. تقييم وعي الأفراد في واحة الأحساء عن الاستدامة البيئية

شكل 2: تقييم معرفة مفردات العينة ومعلوماتهم عن مفهوم الاستدامة البيئية



أوضحت الإجابات الخاصة بتقييم وعي الأفراد ومدى معرفتهم بالاستدامة البيئية أن نسبة 38% من عينة الدراسة سبق وأن سمعوا عن مفهوم الاستدامة البيئية، وهي نسبة تتوافق مع ما تمَّ التوصل إليه في الدراسة الاستطلاعية، والتي تمَّ تحديد حجم العينة على أساسها، واتضح من إجابة السؤال عن نسبة تمتع الأفراد بالمعلومات البيئية أن 40% منهم لديهم معلومات جيدة أو جيدة جدًّا عن البيئة، وأن 36% من الأفراد يتمتعون بمعلومات كافية عن البيئة. ومن خلال الأسئلة الخاصة عن بعض إنجازات واحة الأحساء في السنوات الأخيرة، بلغت نسبة الذين سمعوا عن دخول واحة الأحساء قائمة التراث الطبيعي العالمي لعام 2018م، واختيار الأحساء عاصمة السياحة العربية لعام 2019م، وتسجيل الأحساء كأكبر واحة في العالم في موسوعة غينيس لعام 2020، 75%، 87%، 85% على التوالي، وهو ما يشير إلى أن سكان الأحساء لديهم ثقافة جيدة في الاطلاع على الأحداث المحلية الخاصة بالواحة. وعن أهم مبادرة سعودية تهتم بسدّ الفجوة بين جهود الاستدامة التي يبذلها القطاعان العام والخاص أشارت النتائج إلى أن نسبة 87% من الأفراد بالعينة سمعوا عن مبادرة السعودية الخضراء. وعن المشاركة في برامج حماية البيئة أشار نحو 68% من مفردات العينة إلى رغبتهم في ذلك، مما استوجب البحث عن أقصى مبلغ يمكن الإسهام به من أجل الحفاظ على البيئة وجعلها مُستدامة، حيث تمَّ استخدام أسلوب السؤال المفتوح (Open-Ended Question) وترك المجال للفرد لوضع القيمة المادية التى يراها من وجهة نظره، وأوضحت النتائج أن نحو 54% على استعداد لدفع مبلغ 50 ريالاً فأكثر، 34% على استعداد لدفع مبلغ 100 ريال فأكثر، 24% على استعداد لدفع مبلغ 300 ريال فأكثر، 12% على استعداد لدفع مبلغ 500 ريال فأكثر، 3% فقط على استعداد لدفع مبلغ 1000 ريال فأكثر. وبلغ المتوسط الحسابى نحو 250 ريالاً/ الفرد/السنة، كاستعداد حدّي للدفع للإسهام في تحقيق الاستدامة البيئية

بالأحساء (شكل رقم 2).

كانت أهم المشكلات البيئية في الأحساء من وجهة نظر عينة الدراسة: انخفاض الوعي البيئي (22%)، المخلفات (19%)، التلوث (12%)، مشكلات المياه والصرف الصحي (12%)، تقلص المساحات الخضراء (10%)، المشكلات المتعلقة بأشجار النخيل (9%)، الجفاف والتصحر (6%)، تغير المناخ وقلة الأمطار (5%)، كما هو موضح بالشكل رقم (3).

شكل 3: أهم المشكلات البيئية في الأحساء والحلول المقترحة

بينما تمثلت أهم الحلول المقترحة في: زيادة الوعي البيئي (37%)، الاهتمام بالتشجير (13%)، المحافظة على القطاع الزراعي (12%)، التشريعات والقوانين (11%)، مكافحة التلوث (7%)، إعادة تدوير النفايات (5%)، فرض غرامات وعقوبات صارمة للحدّ من العادات السلوكية غير الرشيدة وهدر الموارد (4%)، ترشيد استهلاك المياه (4%).

5.2.3. تقييم التغير في مؤشرات/أهداف الاستدامة بالأحساء في السنوات الأخيرة

باستخدام معامل ثبات ألفا كرونباخ Cronbach's alpha للتأكد من ثبات وصدق الاتساق الداخلي لفقرات الاستبانة، أوضحت نتائج الاختبار من خلال القيمة العالية لهذا المعامل، والتي بلغت 0.898 وجود اتساق داخلي وتجانس بين العناصر المكونة للاستبانة.

أوضحت نتائج الجدول (2) تفاوت وجهات نظر مفردات العينة للتغير في مؤشرات/أهداف الاستدامة في الأحساء؛ حيث كانت إيجابية بشكل مرتفع بشأن مؤشرات: التعليم (75%)، استدامة المدن (74%)، الصحة (73%)، المساواة بين الجنسين (73%). بينما كانت متوسطة بشأن مؤشرات: الغذاء (65%)، المياه (65%)، المحافظة على الحياة البرية (63%)، العدالة (62%)، الحدّ من أوجه عدم المساواة (61%)، الشراكة (60%). وكانت محدودة بشأن مؤشرات: الابتكار والبنية التحتية (58%)، العمل (57%)، أنماط الاستهلاك والإنتاج (56%)، حماية الحياة البحرية (56%). وكانت محايدة أو سالبة بشأن مؤشرات: مكافحة تغير المناخ (50%)، القضاء على الفقر (49%)، الطاقة النظيفة بأسعار معقولة (42%).

جدول 2. التغير في مؤشرات/أهداف الاستدامة في الأحساء

المؤشر/الهدف	إيجابي (a)	لا يوجد تغيير (b)	سلبي (c)	a-b-c	a/N		T
القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان	125	104	28	-7	0.49	-	-0.44
القضاء على الجوع وتحقيق الأمن الغذائي	167	79	11	77	0.65	☆☆	5.02**
الصحة الجيدة والحياة الكريمة	188	52	17	119	0.73	☆☆☆	8.38**
التعليم الجيد	192	46	19	127	0.75	☆☆☆	9.08**
المساواة بين الجنسين	187	36	34	117	0.73	☆☆☆	8.17**
المياه النظيفة وخدمات الصرف الصحي	167	60	30	77	0.65	☆☆	5.02**
الطاقة النظيفة بأسعار معقولة	108	103	46	-41	0.42	-	-2.59**
العمل اللائق ونمو الاقتصاد	146	75	36	35	0.57	☆	2.20*
الصناعة والابتكار والبنية التحتية	150	85	22	43	0.58	☆	2.71**
الحدّ من أوجه عدم المساواة	156	70	31	55	0.61	☆☆	3.50**
جعل المدن شاملة للجميع وآمنة ومستدامة	190	57	10	123	0.74	☆☆☆	8.71**
أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	145	82	30	33	0.56	☆	2.10*
اتخاذ إجراءات لمكافحة تغير المناخ	130	97	30	3	0.51	-	0.19
المحافظة على الحياة البحرية	144	86	27	31	0.56	☆	1.94
المحافظة على الحياة البريّة	161	78	18	65	0.63	☆☆	4.17**
العدالة وبناء مؤسسات فعالة	159	85	13	61	0.62	☆☆	3.91**
عقد شراكات لتحقيق الأهداف	153	84	20	49	0.60	☆☆	3.11**
المتوسط	157	75	25	57	0.61	☆☆	4.93**

- زيادة النظرة السلبية والحيادية عن الإيجابية، أو وجود فرق طفيف (إيجابي/المجموع ≤ 50%)

☆ تطور بسيط (إيجابي/المجموع 50-60%)

☆☆ تطور متوسط (إيجابي/المجموع 60-70%)

☆☆☆ تطور كبير (إيجابي/المجموع > 70%)

* معنوي عند مستوى 0.05، ** عند 0.01

بالنظر إلى مؤشر القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان، اختلفت النتائج في واحة الأحساء عن النتائج الواردة في تقرير مؤشرات أهداف التنمية المستدامة بالمملكة؛ حيث تُسهم المملكة على المستوى الدولي في وكالة الأمم المتحدة لغوث وتشغيل اللاجئين الفلسطينيين (الأونروا)، وبرنامج الخليج العربي لدعم منظمات الأمم المتحدة الإنمائية، وبرنامج الغذاء العالمي. أما على المستوى المحلي فهناك برامج الضمان الاجتماعي، وحساب المواطن، والجمعيات الخيرية التي بلغ عددها 686 جمعية، ونظرًا لشمولية هذا الهدف وتضمنه للعديد من الجوانب، فإنه يجب بذل المزيد من الجهود على مستوى الأحساء؛ لجعل النظرة أكثر إيجابية، مثل وضع حدٍّ أدنى للدخل خاصة للأسر المحتاجة، بينما كان تقييم نسبة القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي أفضل، وهذا ما يتفق مع وضع المملكة بوصفها من أكبر الدول التي تُسهم على مستوى العالم في برامج مكافحة الجوع، وحرص المملكة العربية السعودية في السعي وراء حصول الأفراد على الغذاء اللازم، ومن أمثلة ذلك جهود جمعية البرّ في الأحساء من خلال برنامج حفظ النعمة. إن الصحة الجيدة والحياة الكريمة من أساسيات رفاهية العيش، ومن دون عِلم يظلّ الجهلُ عقبةً أمام التقدم والنجاح، والمساواة بين الجنسين من عدالة الحياة التي تنادي بها الكثير من الشعوب، ولقد بلغت نسبة مؤيدي التغيير الإيجابي لهذه المؤشرات نسبةً مرتفعة في الأحساء بعينة الدراسة، وهذا ما يتفق مع نتائج تقرير مؤشرات أهداف التنمية المستدامة على مستوى المملكة.

وبالنظر إلى مؤشر ضمان توافر المياه النظيفة وخدمات الصرف الصحي تبيَّن أن هناك نسبة من الأفراد يرون أهمية تكثيف الجهود المتعلقة بهذا الأمر؛ بغية الوصول إلى رضا الجميع حول ذلك؛ حيث تتميز المملكة باستثمارات كبيرة في مجال تحلية المياه والصرف الصحي. ومن المبادرات الوطنية تنفيذ 508 من سدود المياه بسعة تخزينية بلغت نحو 2.2 مليار م^3، ومبادرة تعزيز مصادر المياه السطحية؛ وذلك بإنشاء ألف سدّ. وحرصًا من المملكة على استمرارية المشاريع والأعمال كافة اتجهت إلى السعي لتوفير طاقة صديقة للبيئة بسعر تستطيع جميع شرائح المجتمع الوصول إليها، ولكن تبيَّن من ردود أفراد العينة حصول هذا المؤشر على أقل الدرجات، وزيادة النظرة الحيادية والسلبية عن الإيجابية؛ وربما يرجع ذلك إلى عدم الرضا عن أنماط الطاقة المستخدمة ومحدوديتها أو عن أسعار الخدمة، وهذا لا يتفق تمامًا مع الوضع على مستوى المملكة؛ حيث أكدت رؤية المملكة 2030 التنوع في مصادر الطاقة، مثل الطاقة المتجددة والبديلة؛ وذلك بإنتاج 5.9 جيجاوات بحلول عام 2030. ومن دون عمل لائق لا ينمو الاقتصاد فهي علاقة طردية، كما تتبنى المملكة جميع المهارات العالية في الابتكار وتطوير البنية التحتية والاستفادة من الطاقات الشبابية، وكان التقييم لكلا المؤشرين إيجابيًّا، ولكلٍّ بنسبة محدودة، وإنْ كان هذا لا يتفق مع الوضع على مستوى المملكة والتي تحتل المرتبة الأولى عالميًّا في احتياطي البترول وإنتاجه وتصديره، ونصَّت رؤية المملكة 2030 على توليد فرص عمل متنوعة واستقطاب الكفاءات والمواهب العالمية للعمل والإسهام في تنمية الاقتصاد. ومن مبادرات المملكة في هذا الشأن الإسهام في تمويل مشاريع 42 حِرَفيًّا وحِرَفيَّة، وتقليص المدة الزمنية لإصدار السجل التجاري إلى 180 ثانية، والتوسع في التدريب المهني لتوفير احتياجات سوق العمل. كما أولت المملكة اهتمامًا كبيرًا بالبُنى التحتية والرقمية ودعم الصناعات الواعدة والابتكار، ومن جهود المملكة في هذا الشأن مشروع النقل العام بمدينة الرياض بطاقة استيعابية تبلغ 4.5 مليون راكب بشكل يومي، واستثمار ما يزيد عن 400 مليار ريال سعودي في البُنى التحتية للنقل؛ وهذا ما يشير إلى ضرورة النظر في تحقيق التوازن بين مخرجات التعليم، وبين ما تحتاج إليه بيئة العمل في الأحساء، إضافةً إلى بذل المزيد من الجهود في تطوير البنية التحتية.

ولهدف الحدّ من أوجه عدم المساواة أهميةٌ في تحقيق الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي والسياسي واستمرارية النمو المستدام وتقليل الفجوة بين الطبقات الغنية والفقيرة، كما أن توفُّر الأمان المستدام في المدن والمساكن التي يعيش فيها الناس دون أي فوارق طبقية يؤثر بشكل رئيس على تحقيق أهداف التنمية المستدامة الأخرى؛ مثل القضاء على الفقر والمساواة وتوفير الحياة الصحية، وأشارت ردود أفراد العينة إلى تمتع كلا المؤشرين بتقييم إيجابي؛ خاصة مؤشر استدامة المدن. ومن الأمثلة الدالة على ذلك برنامج

الإسكان الذي أنشأته المملكة في عام 2018، وتحديث الاستراتيجية العمرانية الوطنية 2030 بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ومشروع نيوم، وتحسين تصنيف مدينة الرياض عالميًّا بين أفضل 100 مدينة في العالم.

يجب استخدام الموارد بكفاءة بُغية الحفاظ عليها للأجيال القادمة، ويمكن تحقيق هذا من خلال تغيير نمط الاستهلاك والإنتاج وجعلهما مستدامين، إضافةً إلى ضرورة اتخاذ الإجراءات اللازمة لمكافحة تغير المناخ وارتفاع ظاهرة الاحتباس الحراري، الذي يتسبب في موجات من الجفاف وارتفاع درجة الحرارة واحتراق الغابات، مما يؤثر على كمية الموارد المتاحة. وكان تقييم مفردات العينة إيجابيًّا بشكل محدود بشأن المؤشر الأول وحياديًّا للمؤشر الثاني، وإن اختلف الوضع على مستوى المملكة، فمن مبادرات المملكة في هذا الشأن إنشاء مصنع لإنتاج الأسمدة العضوية من بقايا الأطعمة بطاقة استيعابية 6000 طنٍّ سنويًّا، ومبادرة حفظ النعمة. كما قامت المملكة باتخاذ عدد من الإجراءات للتصدي لتغير المناخ منها: كفاءة استهلاك الطاقة، وتنويع مصادر الطاقة المتجددة، وتقنيات فصل وتخزين واستخدام ثاني أكسيد الكربون؛ مما يشير إلى ضرورة زيادة الوعي وتغيير أنماط الاستهلاك والإنتاج وتقليل الفاقد والمخلفات، إضافةً إلى بذل المزيد من الجهود لتقليل الانبعاثات ومكافحة تغير المناخ بالواحة.

تمثل المحافظة على الحياة البحرية أهمية كبيرة؛ لما تقدِّمه من خدمات ومنافع للحياة على سطح الأرض، ولكن مع انتشار السلوكيات غير الرشيدة وكثرة المصانع ازداد تلوث البحار، وتؤكد أمانة الأحساء استمرارية جهودها تجاه تطوير شاطئ العقير، وجعله وجهة سياحية للعديد من الزوار، على الرغم من قيام المملكة بإصدار عدد من المراكز لحماية بيئة البحار والمحيطات وتخفيض مصادر التلوث البحري منها: مركز أبحاث الثروة السمكية، وكلية علوم البحار بجامعة الملك عبدالعزيز، والجمعية السعودية للاستزراع المائي، ومركز أبحاث الثروة السمكية بجامعة الملك فيصل. كما أن للحياة البرية دورًا بارزًا في مكافحة موجات تقلبات المناخ لاحتوائها على الأراضي الصالحة للزراعة والغابات التي تضمّ سلالات عديدة من النباتات والحيوانات. ولأن الأحساء تضم أكبر واحة نخيل في العالم وتتميز بخصوبة أرضها؛ لذا يتمتع هذا المؤشر بأهمية خاصة، ولقد نالت حماية الحياة البرية تقييمًا إيجابيًّا أعلى من حماية الحياة البحرية فيما يتعلق بمفردات العينة، وهذا ما يتفق والوضع على مستوى المملكة والتي أصدرت العديد من المبادرات في هذا الشأن، منها على سبيل المثل لا الحصر: جائزة المملكة العربية السعودية لإدارة البيئة، ومبادرة شجرة لكل مبنى، وإنشاء بنك للبذور.

بدون السلام والعدالة والمؤسسات الفعالة والاستقرار، ومع كثرة الجرائم والعنف، لا يمكن الوصول إلى حياة آمنة مستدامة؛ لذا تكمن أهمية التعاون بين القطاعين الخاص والحكومي، وفيما بين الدول لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. وتبيَّن من ردود مفردات العينة تمتع مؤشريّ العدالة والشراكة بتقييم إيجابي متوسط، وهو ما يتفق والوضع على مستوى المملكة، والتي تسعى إلى تعزيز مكانتها من خلال مكافحة الفساد، والمركز الوطني لقياس أداء الأجهزة العامة "أداء"، فضلاً عن تقديم المساعدات الإنسانية من مِنح وقروض ميسرة لكل دول العالم دون تمييز على أساس لون أو دين أو عرق.

وترى عينة الدراسة أن متوسط التغير في مؤشرات/أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر كان إيجابيًّا بمستوى متوسط خلال السنوات الأخيرة في الأحساء (61%).

5.3. التحليل الرباعي SWOT Analysis للاستدامة في واحة الأحساء:

يُعُد التحليل البيئي أو التحليل الرباعي أو ما يُطلق عليه أيضًا تحليل الوضع الراهن SWOT Analysis أحد المكونات الجوهرية لعملية تخطيط قائمة على خطوات ممنهجة ومحسوبة طبقًا لأولويات معينة. فمن خلال دراسة البيئة الداخلية (نقاط القوة ونقاط الضعف) والخارجية (الفرص والتهديدات) يتم التوصل إلى رؤية أكثر وضوحًا يمكن ترجمتها إلى أهداف وأنشطة تعمل على تعزيز نقاط القوة، والتغلب على نقاط الضعف، والاستفادة من الفرص، ومجابهة التهديدات (توفيق وآخرون، 2020). يشير الجدول (3) إلى نقاط القوة التي تتميز بها واحة الأحساء من حيث الشهرة والبيئة الطبيعية المتنوعة والموقع الجغرافي المتميز، والمساحات المزروعة وبعض أصناف النخيل والمحاصيل الزراعية التي تتميز بها الواحة عن غيرها، ونقاط الضعف التي تعاني منها الواحة كالجفاف ونقص المياه الجوفية مؤخراً وقلة الوعي في التعامل مع النفايات والتخلص منها، والجهل بمفهوم الاستدامة وسوء التخطيط وعدم الاهتمام بالزراعة وعمليات الصيانة وغيرها (بالطيور وآخرون، 2023).

جدول 3: تحليل البيئة الداخلية للاستدامة البيئية في واحة الأحساء

نقاط القوة		نقاط الضعف	
شهرة الأحساء كواحة زراعية	%30	نقص الوعي بأهمية البيئة	%22
بيئة طبيعية متنوعة وجذابة	%28	جفاف الكثير من العيون ونقص المياه الجوفية	%21
الموقع الجغرافي المميز	%24	قطع الأشجار وتناقص المساحات الخضراء	%20
الانضمام لقائمة التراث الطبيعي العالمي 2018	%24	الجهل بمفهوم الاستدامة وأهميته	%20
عاصمة للسياحة العربية 2019	%24	بطء التطوير وتنفيذ مشروعات الاستدامة	%19
أكبر واحة نخيل في العالم في موسوعة غينيس 2020	%24	النفايات وطرق التخلص منها	%19
انتشار المزارع	%23	سوء التخطيط والتنظيم والاستخدام	%15
الملايين من أشجار النخيل	%22	غياب الرقابة والرصد والمتابعة والتقييم	%14
شهرة بعض المحاصيل مثل الخلاص والأرز الحساوي	%20	انخفاض الدعم المادي	%12
مساحة الواحة	%11	سوء البنية التحتية والطرق في بعض الأماكن	%12
المعالم التراثية	%10	الحرق العشوائي لمخلفات النخيل	%12
الحرف اليدوية	%10	مشاكل الصرف الصحي	%12
وجود شاطئ العقير والبيئة البحرية	%7	نقص الجمعيات البيئية والبرامج التدريبية	%10
		تناقص أعداد العاملين السعوديين في الزراعة	%10
		عدم وجود قواعد بيانات للنُظم البيئية	%5
		عدم الاهتمام بالصيانة	%4

المصدر: جُمعت وحُسبت من بيانات عينة الدراسة الميدانية.

بلغ عدد نقاط القوة 13 نقطة تمثل نحو (44%) من إجمالي النقاط في مقابل 16 نقطة ضعف، وهو ما يعني وجود العديد من المشكلات التي يجب النظر فيها ومعالجتها للحدّ منها، والوصول بواحة الأحساء إلى المستوى المطلوب.

ويشير الجدول (4) إلى الفرص والممكنات بالواحة مقابل التهديدات التي من الممكن أن تؤثر سلبًا على مستقبل الواحة في مجال حماية البيئة والمحافظة على التنوع البيولوجي.

جدول 4: تحليل البيئة الخارجية للاستدامة البيئية في واحة الأحساء

الفرص		التهديدات	
نمو الاهتمام بالمحافظة على البيئة	%37	التوسع العمراني	%25
رؤية 2030 ودعم الدولة للاستدامة البيئية	%30	العادات السلوكية غير الرشيدة	%24
مبادرة السعودية الخضراء	%25	التصحر وزحف الرمال	%20
النظام العام للبيئة وقوانين البيئة	%20	تغير المناخ وارتفاع درجة الحرارة	%20
تطلعات استثمارية عالية	%15	الجفاف ونقص معدل هطول الأمطار	%20
البحث العلمي	%15	زيادة مساحة المباني والاستراحات	%16
توفير التعليم الجيد	%15	البيروقراطية وتعقد الإجراءات	%15
الشرطة البيئية	%10	التلوث	%12
الشراكة مع المجتمع المحلي	%10	أمراض النبات	%12
تكوين كيانات وجمعيات مهتمة بالبيئة	%10	الإسراف في استخدام المياه خاصة مياه البرك	%12
استخدام الوسائل الحديثة في أنشطة حماية البيئة	%9	حفر الآبار بشكل عشوائي	%11
تنظيم البرامج التدريبية لزيادة الوعي البيئي	%8	عدم التطبيق الصارم للقوانين البيئية	%11
السياحة البيئية	%8	ارتفاع أسعار الكهرباء والماء والغاز	%7
جهود وزارة البيئة والمياه والزراعة	%7	زيادة ملوحة التربة	%5
جهود أمانة الأحساء للمحافظة على نظافة البيئة	%7		
إقامة المعارض والمؤتمرات وورش العمل والندوات التي تهتم بالبيئة	%4		

المصدر: جُمعت وحُسبت من بيانات عينة الدراسة الميدانية.

بلغ عدد الفرص المتاحة 16 نقطة تمثل نحو (53%) من إجمالي عدد النقاط في مقابل 14 نقطة تهديد، وهو ما يعكس وجود بيئة خارجية يمكن استثمارها من خلال زيادة الممارسات الصحيحة التي تنعكس بشكل إيجابي على البيئة، وتكاتف جهود الأفراد مع المؤسسات، والقطاع الخاص مع القطاع الحكومي؛ استثمارًا لدعم الدولة للاستدامة البيئية وتحقيقًا لرؤيتها 2030 في مجال حماية البيئة والمحافظة على التنوع البيولوجي.

من منطلق تحليل البيئة الداخلية والخارجية يتضح وجود بعض من نقاط الضعف والتهديدات التي بحاجة إلى استراتيجيات وخطط وبرامج للتعامل معها، مع التركيز على أهم النقاط التي وردت في SWOT Analysis وبناء مصفوفة TOWS، كما هو موضح بالجدول (5)، والذي يوضح الاستراتيجيات الممكن اتباعها في الواحة لتحقيق رؤية المملكة 2030 المتعلقة بالاستدامة البيئية.

جدول 5: مصفوفة TOWS

الاستراتيجية	أمثلة
S - O (نمو وتوسيع) استخدام نقاط القوة للاستفادة من الفرص المتاحة	استغلال شهرة الأحساء كواحة زراعية تنتشر بها الكثير من المزارع، وتتمتع ببيئة طبيعية متنوعة والعديد من المعالم التراثية في زيادة الوعي بالاستدامة البيئية. الاستفادة من دخول واحة الأحساء قائمة التراث الطبيعي العالمي، واختيارها كعاصمة للسياحة العربية، ودخولها موسوعة غينيس للأرقام القياسية في الترويج للسياحة البيئية وجذب الاستثمارات.
S – T (ثبات واستقرار) استخدام نقاط القوة لتجنب المخاطر	المحافظة على المساحات الصالحة للزراعة من التمدد السكاني والعمراني مع وضع ضوابط واشتراطات لمساحة المباني والاستراحات. الاستفادة من مساحة الواحة وتطوير وتوسيع شبكة الري والصرف والتشجير للحدّ من مخاطر الجفاف والتصحر وزحف الرمال.

W – O (تطوير وتحسين) تجاوز نقاط الضعف من خلال الاستفادة من الفرص	استخدام الوسائل والتقنيات الحديثة والبحث العلمي في عمليات الرصد والرقابة والمتابعة والتقييم وتكوين قواعد بيانات للنظم البيئية. الاستفادة من رؤية 2030 ومبادرة السعودية الخضراء ودعم الدولة للاستدامة البيئية في ترسيخ ونشر ثقافة الاستدامة، وزيادة المساحات الخضراء وتحسين المرافق والبنية التحتية.
W – T (انكماش) تقليل نقاط الضعف بهدف تجنب المخاطر	التخطيط والتنظيم ووضع قواعد لتحقيق الاستدامة البيئية في الأحساء وتوفير الدعم المادي والقضاء على البيروقراطية وتعقد الإجراءات. زيادة الكيانات والجمعيات البيئية، مع الاهتمام بالبرامج التدريبية في مجالات الاستدامة، مع التطبيق الصارم للقوانين البيئية للحدّ من العادات السلوكية غير الرشيدة وهدر الموارد.

المصدر: تمّ بناء المصفوفة من تحليل البيئة الداخلية (جدول 3) والبيئة الخارجية (جدول 4).

6. التوصيات

بناءً على النتائج التي توصلت إليها الدراسة يمكن التوصية بما يلي:

- يتطلب تحقيق الاستدامة البيئية التعرُّف إلى الموارد المتاحة والتخطيط السليم لاستغلالها بالشكل الذي يضمن حقّ الأجيال المستقبلية منها.
- أهمية تكثيف الجهود نحو إجراء العديد من الدراسات التي تهتم بالنُظم البيئية والموارد الطبيعية لتحقيق جزء من رؤية المملكة 2030 المتعلقة بالاستدامة البيئية.
- تأسيس الأجيال منذ بداية المرحلة التعليمية على جميع الجوانب المتعلقة بالبيئة، ودمج مفاهيم وأسس التنمية المستدامة في المناهج التعليمية، والاهتمام بالبرامج التدريبية في مجالات البيئة، وصون التنوع الحيوي لتثقيف سكان الواحة ورفع الوعي البيئي.
- التطبيق الصارم للقوانين البيئية للحدّ من العادات السلوكية غير الرشيدة وهدر الموارد.
- ضرورة التوازن بين واجبات حماية البيئة ومتطلبات التنمية، وأن يتم تطوير الواحة بشكل مستدام يراعي الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، ولا يؤثر سلبًا على البيئة والمساحات الخضراء؛ حتى تحتفظ الواحة بطبيعتها الفريدة.
- يجب بذل المزيد من الجهود لجعل النظرة أكثر إيجابية لمؤشرات مكافحة تغير المناخ، والقضاء على الفقر، والطاقة النظيفة بأسعار معقولة.
- أهمية دراسة مؤشرات التنمية المستدامة ووضع الخطط اللازمة لتحقيقها في ضوء التحديات التي قد تقف دون تحقيقها، وإنشاء قاعدة معلومات خاصة بمراقبة التطور في تحقيق مؤشرات التنمية المستدامة ومراعاة جميع العوامل التي تؤثر عليها.

نبذة عن المؤلفين

راضي طلعت توفيق

قسم الأعمال الزراعية وعلوم المستهلك، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية، 00966564266234، rtawfik@kfu.edu.sa

د. توفيق، مصري، دكتوراه (جامعة إيست أنجليا - المملكة المتحدة)، حصل على ماجستير الاقتصاد البيئي، من جامعة يورك بالمملكة المتحدة. يعمل أستاذ مساعد الاقتصاد البيئي، لديه خبرة في إدارة المحميات الطبيعية، وحفْظ التنوع البيولوجي، ولديه اهتمام واضح بقضايا البيئة والتنمية المستدامة، شاركَ في مشروع الاتحاد الأوروبي لتطوير المحميات، تولّى إدارة مركز تدريب صوْن الطبيعة، حصلَ على جائزة المنظمة العربية للتنمية الزراعية عام 2020، قدَّم العديد من الاستشارات لمشاريع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ومرفق البيئة العالمي واليونسكو، عضو في العديد من الهيئات والجمعيات العلمية المهنية. ORCID: 0000-0002-8524-7023

مرام عبد الله إبراهيم الصياح

قسم الأعمال الزراعية وعلوم المستهلك، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية.00966594332720، bilsan.m2o@gmail.com

أ. الصياح ماجستير الاقتصاد التطبيقي، سعودية، مهتمة بكيفية تحقيق الاستدامة البيئية من خلال تطبيق مفهوم الكفاءة والفاعلية لكلٍّ من الإنتاج والاستهلاك لمختلف الموارد الطبيعية، وضمان الحياة بشكل عادل لجميع الأجيال البشرية.

ممتازناجي محمد السباعي

قسم الأعمال الزراعية وعلوم المستهلك، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية، 00966538360512، melsebaei@kfu.edu.sa

أ.د. السباعي، مصري، دكتوراه (جامعة عين شمس)، أستاذ التسويق والتجارة الخارجية، نشرَ ما يزيد عن 45 بحثًا علميًّا في المجلات الإقليمية والدولية؛ أشرف على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه؛ عمل خبيرًا للاقتصاد الزراعي بالمنظمة العربية للتنمية الزراعية (2011-2013)، حصلَ على جائزة أول قسم الاقتصاد الزراعي، جامعة عين شمس 1994، وجائزة الجمعية المصرية للاقتصاد الزراعي المخصصة للرسائل العلمية المتميزة عن رسالتيّ الماجستير 2003 والدكتوراه 2007، وجائزة المنظمة العربية للتنمية الزراعية التي تمنحها للبحوث والدراسات المتميزة في مجال الأمن الغذائي العربي للعام 2020. (ORCID): 0000-0002-8308-5868

السيد عبد الرحمن بدر

قسم البيئة والمصادر الطبيعية، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية، 00966545959274، ebadr@du.edu.eg

د. بدر، مصري، أستاذ مشارك العلوم البيئية، حاصل على دكتوراه في العلوم البيئية، جامعة بليموث - المملكة المتحدة. ولديه خبرة تدريسية وبحثية أكثر من 20 عامًا في مجالات علوم البيئة، وبالأخص تقييم الأثر البيئي ونُظم الإدارة البيئية، والتلوث البيئي، وتقييم نوعية المياه، وتنقية ومعالجة المياه، والبيئة المائية، وقضايا البيئة والاستدامة البيئية. حصلَ على منحة بحثية من المنظمة الدولية للعلوم بالسويد، ومنحة برنامج الزمالة الهولندية، مسجل كمدقق بيئي في المعهد البريطاني للإدارة والتقييم البيئي (IEMA). عضو في عدد من الهيئات والجمعيات العلمية المهنية. (ORCID): 0000-0001-6659-3054

شكر وتقدير

يشكر المؤلفون عمادة البحث العلمي، جامعة الملك فيصل، المملكة العربية السعودية، على الدعم المالي المقدم بموجب المشروع البحثي السنوي (المنحة رقم: GRANT486).

المراجع

أبو النصر، مدحت ومحمد، ياسمين مدحت. (2017). *التنمية المستدامة: مفهومها-أبعادها-مؤشراتها*. حلوان، القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر.

آل الشيخ، عبد الله بن عبد العزيز. (2020). *الاستدامة التحديات والفرص*. الرياض، السعودية: مكتبة العبيكان.

بالطيور، محمد خالد عبد الرحمن، توفيق، راضي طلعت والسباعي، ممتاز ناجي محمد. (2023). تقييم بيئة المانجروف في السعودية، *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل، العلوم الأساسية والتطبيقية*، **24**(1)، 1–7. DOI:10.37575/b/agr/220054

بن الطاهر، حسين. (2012). التنمية المحلية والتنمية المستدامة. *مجلة العلوم الإنسانية*، جامعة محمد خيضر بسكرة، **12**(24)، 453–68.

توفيق، راضي طلعت، السباعي، ممتاز ناجي والمحيش، محمد عبد الله. (2020). تطوير السياحة الزراعية في الأحساء: قضايا وتحديات. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل، فرع العلوم الإنسانية والإدارية*، العدد الخاص: الأحساء عاصمة السياحة العربية، 142–52. DOI:10.37575/h/mng/2184

الحضري، يسين عبد الله والعمير، عبد الرحمن بن أحمد. (2014). التغير في نمط العمران الريفي في قرى محافظة الأحساء: مؤشرات وأسباب. *مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية*، **40**(155)، 121–8.

حمود، محمد علي. (2019). دور السياسات العامة الرشيدة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. *مجلة العلوم السياسية، كلية العلوم السياسية، جامعة بغداد*، **بدون رقم مجلد**(57)، 359–81. DOI:10.30907/jj.v0i57.418

خنشول، دنيا. (2018). واقع التنمية المستدامة في الجزائر دراسة تحليلية خلال الفترة 1992-2015. *مجلة دراسات اقتصادية*، **5**(1)، 71–92.

الزامل، الجوهرة بنت عبد العزيز. (2020). تصور مقترح للتخطيط للتنمية المستدامة في المجتمع السعودي في ضوء رؤية المملكة 2030. *مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية*، **4**(9)، 201–237. DOI:10.55074/2152-000-009-009

الطاهر، عبد الله أحمد. (1993). تقدير التبخر-نتح في واحة الأحساء، المملكة العربية السعودية. *Geojournal*، **3603**(بدون رقم عدد)، 371–9.

الطويل، أكرم أحمد والعبادي، شهلة سالم خليل. (2018). *إدارة سلسلة التوريد الخضراء GSCM والاستدامة البيئية*. عمان، الأردن: *دار اليازوري العلمية*.

علي، شمس الدين أحمد وسيد، أحمد إبراهيم. (2019). تقدير حجم العينة في البحث العلمي. *مجلة جامعة شندي للعلوم التطبيقية*، **بدون رقم مجلد**(1)، 47–9.

كريري، عصام محمد علي. (2021). حوكمة الاستدامة الثلاثية ESG في إدارات التعليم بالمملكة العربية السعودية. *مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية*، **8**(19)، 487–513. DOI:10.55074/hesj.v8i19.374

المرسي، سماح سيد أحمد. (2020). تقييم تقدم أفريقيا نحو بلوغ أهداف التنمية

المستدامة 2030. *مجلة الدراسات الاقتصادية المعمقة*، **5**(2)، 16–34.

هواري، محيي الدين أحمد محمد. (2019). تقييم فعالية سياسات وخطط التنمية الحضرية في تحقيق التنمية المستدامة، دراسة ميدانية على المنطقة الشرقية المملكة العربية السعودية. *المجلة الدولية في العمارة والهندسة والتكنولوجيا*. **2**(2)، 37–59. DOI: 10.21625/baheth.v2i2.547

الهيئة العامة للإحصاء. (2017). *دليل الخدمات السادس عشر 2017 المنطقة الشرقية: عدد السكان بالجنسية (سعودي -غير سعودي) والجنس وعدد المساكن على مستوى المحافظات*. الرياض: الهيئة العامة للإحصاء.

Abu-alnasr, M. and Muhamad, Y.M. (2017). *Altanmiat Almustadamat Mafhumuha Abeaduha Muashiratiha* 'Sustainable Development, its Concept, Dimensions and Indicators'. Helwan, Cairo: lmajmueat Alearabiat Liltadrib Walnashri. [in Arabic]

Al-alshaykhu, A.A. (2020). *Alaistidamat Altahadiyat Walfuras* 'Sustainability Challenges and Opportunities'. Riyadh, Saudi Arabia: Maktabat Aleabikan Llilnashri. [in Arabic]

Al-Dakheel, Y.Y., Elprince A.M. and Massoud, M.A. (2006). Mapping vegetation and saline soil using NDVI in arid irrigated lands. In: *ASPRS Annual Conference*, Reno Nevada, USA, 1–5. 01–05/05/2006.

Alhadarii, Y.A. and Aleumayr, A.A. (2014). Altaghayur fi namat aleumran alriyfii fi quraa muhafazat al'ahsa'i: Muashirat wa'asbabu 'Change in the rural urbanization pattern in the villages of Al Ahsa Governorate: Indicators and reasons'. *Majalat Dirasat Alkhalij Waljazirat Alearabiat*, **40**(155), 121–8. [in Arabic]

Almorsi, S.S.A. (2020). Taqyim taqadum 'afriqia nahw bulugh 'ahdaf altanmiat almustadamat 2030 'Assessing Africa's progress towards achieving the 2030 sustainable development goals'. *Majalat Aldirasat Alaiqtisadiat Almueamaqati*, **5**(2), 16–34. [in Arabic]

Altaahir, A.A. (1993). Taqdir altabakhur nutih fi wahat al'ahsa'i, almamlakat alearabiat alsueudiati 'Estimation of evapotranspiration in Al Ahsa Oasis, Saudi Arabia'. *Jiujurnal*, **3603**(n/a), 371–9. [in Arabic]

Altawil, A.A. and Aleabaadi, S.S. (2018). *Iidarat Silsilat Altawrid Alkhadra' Gscm Waliastidamat Albiyiyatu* 'Green Supply Chain Management and Environmental Sustainability'. Oman, Jordan: Dar Alyazurii Aleilmiat. [in Arabic]

Aly, S.A. and Sayed, A.I. (2019). Taqdir hajm aleayinat fi albahth aleilmii 'Estimating sample size in scientific research'. *Majalat Jamieat Shandiin Lileulum Altatbiqiati*, **n/a**(1), 47–9. [in Arabic]

Alzamil, A.A. (2020). Tasawur muqtarah liltakhtit liltanmiat almustadamat fi almujtamae alsaeudii fi daw' ruyat almamlakat 2030 'A proposed vision for planning sustainable development in Saudi society in light of the Kingdom's Vision 2030'. *Majalat Aleulum Altarbawiat Waldirasat Al'iinsaniati*, **4**(9), 201–37. DOI:10.55074/2152-000-009-009 [in Arabic]

Baltiur, M.K.A., Tawfik, R.T. and Elsebaei, M.N.M. (2023). Taqyim biyat almanjruf fi alsaeudiati, 'Evaluation of the mangrove ecosystem in Saudi Arabia'. *Almajalat Aleilmiat Lijamieat Almalik Fayusalu, Aleulum Al'asasiat Waltatbiqiata*, **24**(1), 1–7. DOI:10.37575/b/agr/220054 [in Arabic]

Bin-Altaahir, H. (2012). Altanmiat almahaliyat waltanmiat almustadamatu 'Local development and sustainable development'. *Majalat Aleulum Al'iinsaniati, Jamieat Muhamad Khaydar Bisakrat,* **12**(24), 453–68. [in Arabic]

Cho, E. (2016). Making Reliability reliable: A systematic approach to reliability coefficients. *Organizational Research Methods*, **19**(4), 651–82. DOI:10.1177/1094428116656239

Cobbinah, P.B., Erdiaw-Kwasie, M.O. and Amoateng, P. (2015). Rethinking sustainable development within the framework of poverty and urbanisation in developing countries. *Environmental Development*. **13**(1), 18–32. DOI:10.1016/j.envdev.2014.11.001

Ginting, P. (2020). Sustainable growth and development. In: The *23rd Asian Forum of Business Education,* Denpasar, Bali, Indonesia, 482–6. 12-13/12/2019. DOI:10.2991/aebmr.k.200606.082

Hamuwd, M.A. (2019). Dawr alsiyasat aleamat alrashidat fi tahqiq 'ahdaf altanmiat almustadamati 'The role of rational public policies in achieving sustainable development goals'. *Majalat Aleulum Alsiyasiati*, **n/a**(57), 359–81. DOI:10.30907/jj.v0i57.418. [in Arabic]

Hawary, M.A.M. (2019). Taqyim faeaaliat siasat wakhutat altanmiat alhadariat fi tahqiq altanmiat almustadamat dirasatan maydaniatan ealaa almintaqat alsharqiat almamlakat alearabiat alsaeudiati 'Evaluating the effectiveness of urban development policies and plans in achieving sustainable development, a field study in the Eastern Province of the Kingdom of Saudi Arabia'. *Almajalat Alduwaliat fi Aleimarat Walhandasat Waltiknulujia,* **2**(2), 37–59. DOI: 10.21625/baheth.v2i2.547 [in Arabic]

Khinshul, D. (2018). Waqie altanmiat almustadamat fi aljazayir dirasat tahliliat khilal alfatrat 1992-2015 'The reality of sustainable development in Algeria, an analytical study during the period 1992–2015'. *Majalat Dirasat Aiqtisadiatin*, **5**(1), 71–92. [in Arabic]

Klarin, T. (2018). The concept of sustainable development: from its beginning to the contemporary issues. *Zagreb International Review of Economics and Business*, **21**(1) 67–94. DOI:10.2478/zireb-2018-0005

Kriri, E.M.A. (2021). Hawkamat alaistidamat althulathiat ESG fi 'iidarat altaelim bialmamlakat alearabiat alsaeudiati 'Triple sustainability governance in education departments in the Kingdom of Saudi Arabia'. *Majalat Aleulum Altarbawiat Waldirasat Al'iinsaniati,* **8**(19), 487–513. DOI:10.55074/hesj.v8i19.374 [in Arabic]

The General Authority for Statistics (GASTAT). (2017). *Dalil Alkhadamat Alsaadis Eashar 2017 Almintaqat Alsharqiatu: Adad Alsukaan Bialjinsia (Seudiun -Ghayr Sueudi) Waljins Waeadad Almasakin Ealaa Mustawaa Almuhafazati* 'Sixteenth Services Guide 2017 Eastern Region: Population by Nationality (Saudi - Non-Saudi), Gender, and Number of Residences at the Governorate Level'. Riyadh, Saudi Arabia: The General Authority for Statistics (GASTAT). [in Arabic]

Twafik, R.T., Elsebaei, M.N. and Almahish, M.A. (2020). Tatwir alsiyahat alziraeiat fi al'ahsa'a: Qadaya watahadiyati 'Developing agricultural tourism in Al Ahsa: Issues and challenges'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences, Special Issue: Al'ahsa' Easimat Alsiyahat Alearabiati*, 142–52. DOI:10.37575/h/mng/2184 [in Arabic]

The Scientific Journal of King Faisal University

Basic and Applied Sciences

Adalimumab Versus Ustekinumab in Egyptian Patients with Moderate to Severe Inflammatory Bowel Disease: A Cohort Study

Amira Mohamed Elsawy Soliman [1], Abdel-Hameed Ibrahim Mohamed Ebid [1], Kamal El-Deen Abdelrahman Mohamed Al-Atrebi [2], Hagar Ahmed Ahmed Elessawy [3], Eman Magdy Elsayed Elyamany [1] and Sara Mohamed Mohamed -Abdel- Motaleb [1]

[1] Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmacy, Helwan University, Cairo, Egypt
[2] Department of General Medicine and Gastroenterology, National Hepatology and Tropical Medicine Research Institute, Cairo, Egypt
[3] Department of Gastroenterology and Hepatology, Faculty of Medicine, Ain Shams University, Cairo, Egypt

LINK	RECEIVED	ACCEPTED	PUBLISHED ONLINE	ASSIGNED TO AN ISSUE
https://doi.org/10.37575/b/med/230041	07/09/2023	19/11/2023	19/11/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS	NO. OF PAGES	YEAR	VOLUME	ISSUE
7240	7	2023	24	2

ABSTRACT

Inflammatory bowel disease (IBD) is a progressive, relapsing disorder. Biologics for patients with moderate-to-severe IBD have shown promising therapeutic outcomes. This research aims to compare the efficacy, safety and cost of adalimumab versus ustekinumab in a group of patients with IBD who failed treatment with infliximab. A prospective cohort study was performed on 108 patients, 53 of whom received adalimumab (Gp A) and 55 received ustekinumab (Gp U), followed up for 24 weeks. Clinical response, clinical remission and C-reactive protein (CRP) normalisation were assessed for efficacy; a cost-effectiveness analysis was conducted, and safety was evaluated. The clinical response was achieved by 86.8% of the patients in the Gp A and 92.7% of those in the Gp U group, respectively, without a significant statistical difference. The patients in the Gp A group experienced clinical remission and CRP normalisation in proportions of 47.1% and 37.3%, respectively. In contrast, the patients in the Gp U group experienced 69.8% and 58.5%, respectively, with significant statistical differences between the two groups. Adverse events were fewer in the Gp U than in the Gp A group, with a significant statistical difference. Ustekinumab was more costly than adalimumab, with a significant statistical difference between both groups. In conclusion, ustekinumab is considered more effective and safer than adalimumab in infliximab-experienced patients but with a higher cost in patients with moderate to severe IBD.

KEYWORDS

biologics, cost-effectiveness, Crohn's disease, Humira, Stelara, ulcerative colitis

CITATION

Soliman, A. M. E., Ebid, A.I.M., Al-Atrebi, K.E.A.M., Elessawy, H.A.A., Elyamany, E.M.E., Abdel- Motaleb, S.M.M. (2023). Adalimumab versus ustekinumab in Egyptian patients with moderate to severe inflammatory bowel disease: A cohort study. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 46–52. DOI: 10.37575/b/med/230041

1. Introduction

Inflammatory bowel disease (IBD), which involves Crohn's disease (CD) and ulcerative colitis (UC), is a chronic inflammatory relapsing disorder affecting the gastrointestinal system and is known for its progressive nature and unpredictable disease course. Although UC affects only the colon mucosa, CD can affect any location from the mouth to the anus and all layers of the gut (Roda *et al.*, 2020).

Cases of IBD have increased globally over time to reach 6.8 million in 2017 (Alatab *et al.*, 2020). Although the greatest percentages of IBD cases have been documented in Western nations, the occurrence of IBD in the Middle East considerably increased in the twentieth century because its countries became more Westernised (Shamkh *et al.*, 2022). In 2021, the incidence rate of UC in Arab regions, including Egypt, was 2.33 per 100,000 people per year, while that of CD was 1.46 per 100,000 people per year (Mosli *et al.*, 2021).

Inflammatory bowel disease typically develops in adolescence and often affects both males and females equally (Sauer and Kugathasan, 2009). The IBD aetiology is still largely ambiguous; however, the complex interaction between genetic and environmental factors that affect immune responses may be the cause of the disease (Karthikeyan *et al.*, 2021). The most reported symptoms of IBD are weight loss, diarrhoea and abdominal pain, as are extraintestinal manifestations, including dermatological and musculoskeletal symptoms. Rectal bleeding is more frequent in UC, while fistulas and anal lesions are typically linked to CD (Seyedian *et al.*, 2019).

An IBD diagnosis is usually dependent on the assessment of clinical manifestations, laboratory findings such as faecal calprotectin (FCP), C-reactive protein (CRP), erythrocyte sedimentation rate (ESR) and complete blood count (CBC) and radiologic, endoscopic and histopathologic findings (Flynn and Eisenstein, 2019). Achieving and maintaining remission and minimising the negative health impacts of the disease itself are the major treatment goals of IBD. In addition, the therapies used to manage it aim to reduce the rate of hospitalisations, surgeries and disability (Cai *et al.*, 2021).

Although conventional therapy for IBD, like corticosteroids, aminosalicylates and immunomodulators provide symptomatic improvement, their use can also result in negative impacts and some patients fail to respond to these therapies. More targeted pharmacological therapies, called biologics, including infliximab, adalimumab and ustekinumab, have altered how IBD is treated (Moreno *et al.*, 2021). Unfortunately, the use of biologics can put a significant financial strain on the global health system.

Both infliximab and adalimumab target and inhibit human tumour necrosis factor-alpha (TNFα), while the p40 subunit of interleukin (IL-12 and IL-23) may be inhibited by ustekinumab (Holmer and Singh, 2019). About one-third of patients are non-responsive to anti-TNF induction therapy due to primary failure, while some patients who initially respond discontinue treatment due to secondary failure or an intolerable adverse event (Singh *et al.*, 2018). Secondary failure will be considered if, following an initial response, the effectiveness is lost over time, the cause of which may be the development of anti-drug antibodies, which can neutralise the drug or result in sub-therapeutic levels. Primary failure will be considered if the drug is ineffective, with no clinical response within the initial treatment period and that may be due to a mechanistic failure (Vallejo-Yague *et al.*, 2021). To date, there is no definite proof for second-line biologics of choice in case of failure of the first anti-TNF drug; as such, the choice between a second anti-TNF drug or a

Corresponding Author: Eman Magdy Elsayed Elyamany +201121051356, iman.elyamany@pharm.helwan.edu.eg

different class of biologics is based on physician experience, drug availability and cost (Gisbert and Chaparro, 2021).

The induction and maintenance of remission using adalimumab and ustekinumab in patients suffering from IBD are well reported. Their use as second-line therapies has also been documented for non-responders or patients who are intolerant to infliximab (Ahmed *et al.*, 2019).

A recent study compared only the efficacy of second-line biologics after exposure to anti-TNF agents in patients with IBD from two electronic health records-based cohorts; the study found that patients with CD had better clinical outcomes with second-line ustekinumab compared to second-line vedolizumab or an alternative anti-TNF agent, while no difference in the efficacy was observed when comparing second-line vedolizumab with an alternate anti-TNF agent in patients with UC (Ibing *et al.*, 2023). Due to a lack of research comparing ustekinumab versus adalimumab in patients with IBD, particularly in the Egyptian population, this research was carried out to assess the efficacy, safety and cost of both drugs, in addition to determining factors related to clinical remission in patients with IBD.

2. Materials and Methods

2.1. Study Population

The research was carried out on adult patients with moderate to severe IBD, either UC or CD, who failed on infliximab therapy. Patients were eligible for the study if they were 18 years or older and had a history of infliximab therapy failure. Clinical scores of disease activity defined the severity of the disease according to either the Harvey Bradshaw Index (HBI) as ≥8 points for moderate to severe CD and based on a partial Mayo score (PMS) ≥5 points for moderate to severe UC (Mentella *et al.*, 2019; Zittan *et al.*, 2017).

Patients were excluded if they had indeterminate colitis or malignancy, were biological therapy-naive, had mild disease activity, were pregnant women, lacked adherence (missing 1 dose or more of the prescribed biologic agent), refused to sign the informed consent form or failed to be followed up (patient with non-complete data at week 24).

2.2. Study Design and Methodology

In a comparative, prospective and observational cohort study, patients were selected from the IBD clinics of El-Demerdash Hospital, Cairo, Egypt, and the National Hepatology and Tropical Medicine Research Institute, Cairo, Egypt and recruited by the physicians in both hospitals. The study period was from July 2021 until January 2023, and the follow-up period was 24 weeks for each patient. The institutional review boards of both hospitals approved the research protocol and ethical approval was granted by the Ethical Committee of the Faculty of Pharmacy, Helwan University, Cairo, Egypt (ethical committee approval number: 02H2021).

A total of 108 patients were eligible for inclusion, 53 of whom received adalimumab (HUMIRA®, AbbVie, North Chicago, USA, Batch Number: 28203XH04, EXP: 3-2023) (Gp A) and 55 received ustekinumab (STELARA®, Janssen, Beerse, Belgium, Batch Number: KJ53FMJ, EXP: 9-2023) (Gp U) based on physician experience and drug availability and followed up for 24 weeks. Regarding the assessment of patients' adherence, a double-check process was implemented to ensure the administration of the biologics to each patient; the first of these was through regular follow-up and direct communication with the patients in the IBD clinics during the physical visits and the second through regular review of the hospitals' electronic medical records, in which patients' medical data was entered and updated on a regular and continuous basis (Date of biologics' administration, either HUMIRA® or STELARA®, was recorded for each patient).

2.3. Treatment Protocol and Drug Use

According to the treatment protocols of both hospitals, a subcutaneous dose of 160 mg adalimumab was given initially on Day 0, followed by 80 mg two weeks later for induction and then 40 mg every two weeks for maintenance. Ustekinumab was given through intravenous infusion with a weight-based single dose for induction (for body weight ≤55 kg: 260 mg; >55 kg to 85 kg: 390 mg; and >85 kg: 520 mg), followed by a subcutaneous dose of 90 mg for maintenance every 2 months. Adjuvant medications, such as immunomodulators, corticosteroids, mesalazine and multivitamins were used concurrently with adalimumab or ustekinumab as part of the treatment protocol.

2.4. Data Collection

Patient characteristics such as sex, age and body mass index (BMI), were assessed at the baseline. In addition, a detailed medical history (age at diagnosis, disease extent, perianal behaviour, behaviour of disease, location of disease), comorbidities and co-medications were collected. Colonoscopy and laboratory investigations, which included virology testing (hepatitis C virus, hepatitis B virus and human immunodeficiency virus), were performed at baseline. Measurements were taken for CBC, CRP and ESR at baseline and at week 24. The scores for the HBI and the PMS were calculated at baseline, week 16 and week 24.

2.5. Clinical Evaluation and Assessment

Efficacy was assessed by: 1) achievement of clinical response after 16 weeks of treatment initiation, which was described as a decrease of at least 3 points in the HBI from baseline for CD and a reduction of at least 2 points in the PMS from baseline for UC; 2) achievement of clinical remission after 24 weeks of treatment initiation, which was described as an HBI score <5 points for CD and a PMS <2 points for UC; and 3) achievement of CRP normalisation (CRP <5 mg/L) after 24 weeks of treatment initiation (Allegretti *et al.*, 2017; Castiglione *et al.*, 2022; Zacharias *et al.*, 2017). To identify factors associated with clinical remission, patients were classified into 2 groups depending on their IBD type (either CD or UC).

Safety was evaluated by recording any adverse events that occurred among the patients during the period of 24 weeks. Adverse events were considered serious if they resulted in a life-threatening complication or required inpatient hospitalisation.

For cost assessment, a cost-effectiveness analysis was conducted from a healthcare system perspective, calculating the incremental cost-effectiveness ratio (ICER) as follows: ICER = (direct medical costs of the ustekinumab group − direct medical costs of the adalimumab group) / (effectiveness of the ustekinumab group − effectiveness of the adalimumab group) (Dos-Santos *et al.*, 2021). Costs were collected in Egyptian pounds, and only direct medical costs were considered in the analysis, such as the costs of the biological agent, co-medications, investigations and adverse drug events, including the need for hospitalisation, investigations and medications. The effectiveness was calculated using the clinical remission percentage at week 24, and the results of the ICER were plotted on a cost-effectiveness plane.

2.6. Statistical Analysis

All statistical analyses and graphs were conducted using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 26. Continuous data were summarised as mean ± standard deviation (SD), while discrete

variables were described as counts and percentages. The Kolmogorov–Smirnov test assessed normal distribution. To test for significant differences in the mean values of the continuous variables, an independent samples t-test was performed. In comparison, the Mann–Whitney test was applied to data that were not normally distributed. The significance of differences between the mean values of two related samples that were normally distributed was assessed using a paired sample t-test. In contrast, the non-normally distributed samples were tested by a Wilcoxon signed-rank test.

Friedman's analysis of variance (ANOVA) for non-normally distributed data was conducted to test the significant difference in clinical scores within each treatment group during the follow-up period. The chi-square test and Fisher's exact test were both used to compare categorical data. To determine the association between variables, Spearman's correlation was used. A binary logistic regression analysis was carried out to detect factors related to clinical remission and to evaluate the risk of confounding factors. A two-sided $p < 0.05$ was used to determine significance.

2.7. Sample Size Calculation

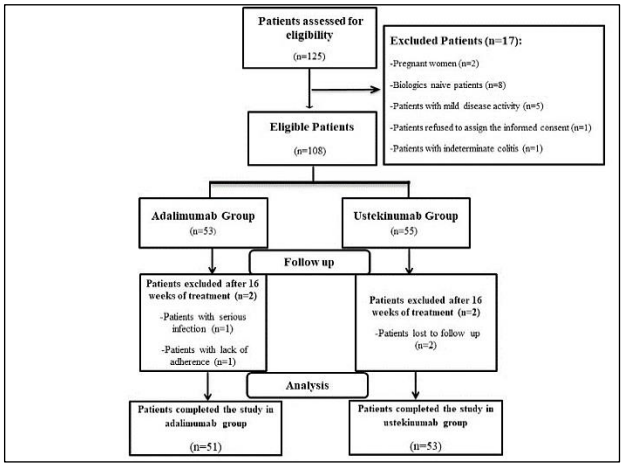
According to evidence from a similar study and considering ustekinumab's effectiveness in inducing clinical remission in patients with IBD as a primary outcome (Cerpa-Arencibia *et al.*, 2020), the sample size was calculated using the EpiCalc 2000 version1.02 software, assuming 80% power and a significance level of 0.05. Finally, the sample size was computed as 51 patients in each group, considering an extra 5% of the estimated sample size was added to account for the loss of follow-up in our study.

3. Results

3.1. Patient Demographics and Distribution

A total of 125 patients were evaluated for study eligibility and among them, 17 were excluded. A total of 108 patients met the study's eligibility requirements. Among them, 53 received adalimumab and 55 received ustekinumab. During the 24-week follow-up period, 4 patients dropped out of the study after 16 weeks. A total of 104 patients completed the study, of which 51 and 53 were in Gp A and Gp U groups, respectively (Figure 1).

Figure 1: Flowchart of Patients' Enrolment and Follow-up



3.2. Baseline Characteristics

The Gp A and Gp U groups shared comparable baseline characteristics without significant differences in age, BMI, gender, IBD type, age at diagnosis for CD and location of the disease, Montreal classification and endoscopic activity using the simple endoscopic score for CD (SES-CD) and the endoscopic Mayo score for UC ($p > 0.05$). Regarding co-medications, all patients were taking multivitamins; 58.3% of patients were on steroids, calcium and vitamin D; 45.4% of patients were on mesalazine; and 62% of patients were on azathioprine (Table 1 and 2).

Table 1. Baseline Characteristics of the Eligible Patients

Variable	Adalimumab group (N = 53)	Ustekinumab group (N = 55)	*p*
Age (Year), mean ± SD	32 ± 9	29.2 ± 9.2	0.06[M]
BMI (kg/m^2), mean ± SD	24.8 ± 3.7	24.2 ± 5.7	0.11[M]
BMI < 18 (kg/m^2), N (%)	1 (1.9%)	5 (9.1%)	0.21[F]
Female: Male, N (%)	35 (66%): 18 (34%)	30 (54.5%): 25 (45.5%)	0.22[C]
UC: CD, N (%)	33 (62.3%): 20 (37.7%)	31(56.4%): 24 (43.6%)	0.53[C]
Type of infliximab failure N (%)			
Primary failure	1 (1.9%)	5 (9.1%)	0.16[F]
Secondary failure	42 (79.2%)	44 (80%)	
Drug intolerance	10 (18.9%)	6 (10.9%)	
Endoscopic activity (SES-CD/Mayo score), N (%)			
Moderate	35 (66%)	34 (61.8%)	0.84[F]
Severe	17 (32.1%)	20 (36.4%)	
Not applicable (L4)	1 (1.9%)	1 (1.8%)	
Co-medications, N (%)			
Prednisolone (Solupred ORO)®	35 (66%)	28 (50.9%)	0.11[C]
Mesalazine (Marsalaz)®	29 (54.7%)	20 (36.4%)	0.06[C]
Azathioprine (Azathioprine)®	47 (88.7%)	20 (36.4%)	<0.001*[C]
Calcium and vit. D (Osteocare)®	35 (66%)	28 (50.9%)	0.11[C]
Multivitamins (Vitayami)®	53 (100%)	55 (100%)	

[M]Mann-Whitney test, [C]Chi-square, [F]Fisher exact test, *statistically significant, statistical significance at $p < 0.05$. SD, standard deviation; BMI, body mass index; UC, ulcerative colitis; CD, Crohn's disease; SES-CD, simple endoscopic score for Crohn's disease; vit.-vitamin

Table 2: Baseline Montreal Classification of the Eligible Patients

Variable	Adalimumab group	Ustekinumab group	P
Montreal classification for CD, N (%)	N = 20	N = 24	
A1 (≤16 years)	4 (20%)	4 (16.7%)	>0.99F
A2 (17–40 years)	16 (80%)	19 (79.2%)	
A3 (>40 years)	0 (0%)	1 (4.2%)	
L1 (Terminal ileum)	7 (35%)	7 (29.2%)	0.95F
L2 (Colon)	2 (10%)	2 (8.3%)	
L3 (Ileocolon)	10 (50%)	14 (58.3%)	
L4 (Upper GI)	1 (5%)	1 (4.2%)	
B1 (Inflammatory)	11 (55%)	11 (45.8%)	0.16F
B2 (Stricturing)	2 (10%)	8 (33.3%)	
B3 (Penetrating)	7 (35%)	5 (20.8%)	
Perianal behaviour (P), N (%)	3 (15%)	5 (20.8%)	0.71F
Montreal classification for UC, N (%)	N = 33	N = 31	
E1 (Ulcerative proctitis)	0 (0%)	0 (0%)	0.14C
E2 (Left sided UC)	21 (63.6%)	14 (45.2%)	
E3 (Pancolitis)	12 (36.4%)	17 (54.8%)	

[C]Chi-square, [F]Fisher exact test, *statistically significant, statistical significance at $p < 0.05$. UC, ulcerative colitis; CD, Crohn's disease; GI, gastrointestinal

3.3. Clinical treatment

3.3.1. Efficacy

All laboratory parameters and clinical scores were significantly improved after treatment in both treatment groups ($p < 0.001$) as shown in (Tables 3 and 4).

Table 3: Clinical Scores Measured Before and After Treatment

Mean ± SD	Adalimumab group		Ustekinumab group	
	HBI	PMS	HBI	PMS
At Baseline	11.1 ± 3.7	7.6 ± 1.5	12.7 ± 3.7	7.8 ± 1.4
At Week 16	5.9 ± 3.2	3.5 ± 1.8	5.7 ± 2.6	2.4 ± 1.9
At Week 24	6.2 ± 4.5	3.3 ± 2.9	5.7 ± 3.2	1.8 ± 1.5
p	<0.001[F]	<0.001[F]	<0.001[F]	<0.001[F]

[F]Friedman ANOVA test, statistical significance at $p < 0.05$. SD, standard deviation; HBI, Harvey Bradshaw Index, PMS, partial Mayo score

Table 4: Laboratory Parameters Measured Before and After Treatment

Variable Mean ± SD	Adalimumab group			Ustekinumab group		
	At baseline	At week 24	*p*	At baseline	At week 24	*p*
CRP (mg/L)	24.6 ± 19.8	9.4 ± 10.6	<0.001[W]	31.9 ± 21.1	8.2 ± 9.2	<0.001[W]
ESR (mm/h)	43.9 ± 30.7	29.2 ± 45.1	<0.001[W]	53.9 ± 27.7	27.9 ± 42.7	<0.001[W]
Hgb (gm/dL)	10.5 ± 1.9	11.6 ± 1.8	<0.001[P]	10.2 ± 1.8	12 ± 1.5	<0.001[P]
HCT (%)	32.7 ± 5.1	35.5 ± 4.3	<0.001[P]	33.4 ± 4.7	37.2 ± 4	<0.001[P]
Plt (x10^3/mcL)	363.1 ± 132.2	314.5 ± 88.2	<0.001[W]	380.5 ± 111.7	332.6 ± 68	<0.001[W]

[P]Paired sample-t-test, [W]Wilcoxon signed-rank test, statistical significance at $p < 0.05$. SD, standard deviation; CRP, C-reactive protein; ESR, erythrocyte sedimentation rate; Hg, haemoglobin; HCT, haematocrit; Plt, platelets

At week 16, the clinical response was found in 86.8% of the Gp A and 92.7% of Gp U group patients, with a non-significant statistical difference ($p = 0.36$). At week 24, the Gp A group experienced clinical remission and CRP normalisation in proportions of 47.1% and 37.3%, respectively. In contrast, the Gp U group experienced these results as 69.8% and 58.5%, respectively, with a statistically significant difference between both groups ($p < 0.05$). (Table 5).

Table 5: Achievement of Clinical Response, Clinical Remission and CRP Normalisation after Treatment

Outcome	Adalimumab group	Ustekinumab group	P
Clinical response at week 16, N (%)			
IBD	46 (86.8%)	51 (92.7%)	0.36F
UC	31(93.9%)	31 (100%)	0.49F
CD	15 (75%)	20 (83.3%)	0.71F

Clinical remission at week 24, N (%)			
IBD	24 (47.1%)	37 (69.8%)	0.02*C
UC	16 (48.5%)	23 (76.7%)	0.02*C
CD	8 (44.4%)	14 (60.9%)	0.30C
CRP normalisation (<5 mg/L) at week 24, N (%)			
IBD	19 (37.3%)	31 (58.5%)	0.03*C
UC	11 (33.3%)	18 (60%)	0.03*C
CD	8 (44.4%)	13 (56.5%)	0.44C

[T]Fisher exact test, [C]Chi-square, * statistically significant, statistical significance at $p < 0.05$. IBD, inflammatory bowel disease; UC, ulcerative colitis; CD, Crohn's disease; CRP, C reactive protein.

At week 24, a positive association (r = 0.38, $p < 0.001$) was found between clinical remission and CRP normalisation in both groups; 78% of patients who achieved CRP <5 mg/L were in clinical remission, whereas 59.3% of patients who did not achieve CRP <5 mg/L were not in clinical remission.

In the univariate analysis of binary logistic regression for clinical remission, adalimumab use relative to ustekinumab use ($p = 0.02$), a high PMS at week 16 ($p < 0.001$) and severe endoscopic activity at baseline ($p = 0.03$) were significant negative factors of clinical remission in UC at week 24. In contrast, a high HBI score at week 16 ($p = 0.008$) was a significant negative factor of clinical remission in CD at week 24 (Table 6).

In multivariate analysis, a high PMS at week 16 (odds ratio [OR] = 0.36, 95% confidence interval [CI], 0.22–0.62) and severe endoscopic activity at baseline (OR = 0.16, 95% CI, 0.03–0.94) were negative factors of clinical remission in UC at week 24, while a high HBI score at week 16 (OR = 0.46, 95% CI, 0.24-0.88) was a negative factor of clinical remission in CD at week 24 (Table 6).

Table 6: Factors Associated with Clinical Remission at Week 24

Binary logistic regression analysis for clinical remission					
	For UC (N = 63)			For CD (N = 41)	
Variable	Univariate OR [CI] (p)	Multivariate OR [CI] (p)	Variable	Univariate OR [CI] (p)	Multivariate OR [CI] (p)
UST use	Reference		UST use	Reference	
ADM use	0.29 [0.09–0.85](**0.02**)		ADM use	0.51[0.15–1.80] (0.30)	
PMS at 16 weeks	0.37[0.24–0.58](<**0.001**)	0.36[0.22–0.62] (<**0.001**)	HBI at 16 weeks	0.48[0.27–0.83](**0.008**)	0.46[0.24–0.88](**0.02**)
Severe endoscopic activity at baseline	0.30[0.10–0.87](**0.03**)	0.16[0.03–0.94](**0.04**)	Male gender	0.27[0.07–1.06](0.06)	
Steroid use	0.48[0.17–1.36](0.17)		Steroid use	0.37[0.12–1.14](0.08)	
AZA use	0.53[0.16–1.73](0.29)		AZA use	0.75[0.22–2.57](0.65)	
CRP >10 at baseline	1.02[0.29–3.58](0.98)		CRP >10 at baseline	0.53[0.09–3.28](0.49)	
BMI <18 at baseline	0.18[0.02–1.88](0.15)		BMI <18 at baseline	0.86[0.05–14.71](0.92)	

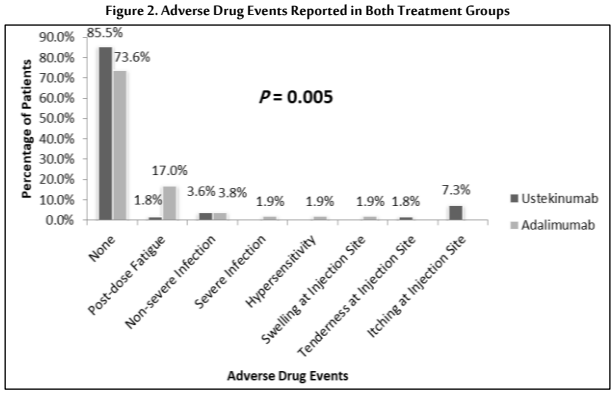
OR, odds ratio; CI, confidence interval; * statistically significant, statistical significance at $p < 0.05$. UC, ulcerative colitis; CD, Crohn's disease; ADM, adalimumab; UST, ustekinumab; PMS, partial Mayo score; HBI, Harvey Bradshaw Index; AZA, azathioprine; CRP, C-reactive protein; BMI, body mass index.

Univariate analyses of binary logistic regression for clinical response, clinical remission and CRP normalisation showed that azathioprine use was a non-significant factor of these outcomes (OR = 0.58, 95% CI, 0.15–2.33), (OR = 0.69, 95% CI, 0.31–1.57) and (OR = 0.59, 95% CI, 0.26–1.30), respectively.

3.3.2. Safety

Regarding safety, post-dose fatigue was experienced by 17% of Gp A and 1.8% of Gp U ($p = 0.008$) group patients. Non-severe infections (upper respiratory tract and urinary tract infections that did not require hospitalisation) were reported by 3.8% of Gp A and 3.6% of Gp U ($p > 0.99$) group patients. Severe infections, hypersensitivity and swelling at the injection site were found in 1.9% of Gp A ($p = 0.49$) group patients. In comparison, 7.3% and 1.8% of Gp U group patients had itching and tenderness at the injection site ($p = 0.12$ and > 0.99, respectively). Adalimumab adverse events as a whole were compared to ustekinumab adverse events and showed a significant statistical difference ($p = 0.005$) as shown in Figure 2.

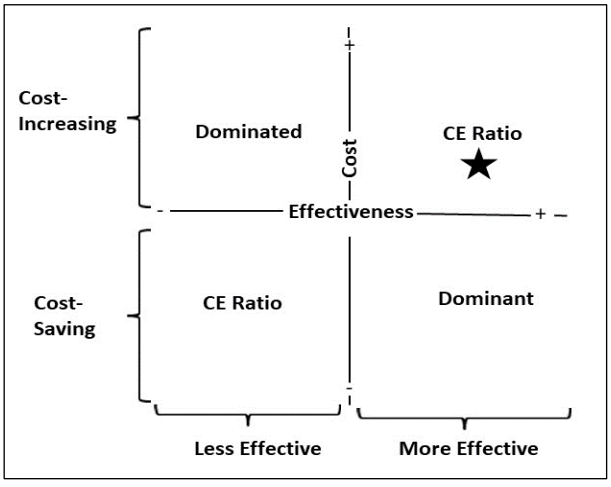
Figure 2. Adverse Drug Events Reported in Both Treatment Groups



3.3.3. Cost-Effectiveness Analysis

For Gp A group patients, the total direct medical costs, including the biologic agent, co-medications, investigations and adverse drug events, was estimated to be LE 977,534.71 with an average of LE 18,444.1/patient, whereas for Gp U group patients, this was estimated to be LE 3,581,167 with an average of LE 65,112.13/patient. This difference between the Gp A and Gp U groups was considered significant ($p < 0.001$). The calculated ICER was +LE 2,055.86/effectiveness, where ustekinumab is thought to be more effective but requires a higher cost than adalimumab as clarified in Figure 3 (Cohen and Reynolds, 2008).

Figure 3. Cost-Effectiveness Plane Showing Ustekinumab with a Higher Efficacy and Cost



4. Discussion

The introduction of biologics is undoubtedly the best therapeutic progress in managing IBD, especially in the last few decades, allowing targeted treatment with high efficacy and safety profiles. This research aimed to prospectively compare the efficacy, safety and cost of adalimumab (Humira®) versus ustekinumab (Stelara®) for managing moderate to severe IBD in a group of Egyptian patients who failed on infliximab therapy.

According to the hospitals' protocols, patients first started treatment with infliximab. They subsequently shifted to either adalimumab or ustekinumab as a second biological agent after infliximab failure due to primary failure, secondary failure or drug intolerance.

Baseline characteristics of the studied patients in the Gp A and Gp U groups were comparable with a non-statistically significant difference. However, we noticed a statistically significant difference in azathioprine use as a co-medication among the two groups ($p <$ 0.001). Owing to the high risk of antidrug antibodies developing

with adalimumab (0%—54%) compared to ustekinumab (1%—11%), an immunomodulator agent such as azathioprine could be used to reduce immunogenicity (Strand *et al.*, 2017; Vermeire *et al.*, 2018). The binary logistic regression analyses revealed that azathioprine use had no confounding effect on the outcomes achieved by the studied treatment groups.

The achievement of clinical response, clinical remission and CRP normalisation were the parameters used to measure adalimumab and ustekinumab efficacy in this study. Moreover, biochemical evaluation and clinical score changes were considered from baseline to the 24-week follow-up period. Both adalimumab and ustekinumab showed significant improvements in all laboratory parameters and clinical scores compared to baseline findings ($p < 0.001$), and the results were comparable with the previous studies from the literature (Afify *et al.*, 2021; Forss *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2021; Okuyucu *et al.*, 2022).

Our results revealed that both adalimumab and ustekinumab achieved a clinical response in CD and UC patients at week 16. This result agreed with a previous study on adult patients with moderate to severe CD (Ahmed *et al.*, 2019). In addition, ustekinumab showed greater efficacy than adalimumab, as evaluated by clinical remission and CRP normalisation at week 24 ($p < 0.05$). Interestingly, this difference in efficacy resulted in UC but not CD patients, possibly due to the more complicated nature of CD compared to UC. These findings were consistent with those of existing studies (Cerpa-Arencibia *et al.*, 2020; Ahmed *et al.*, 2019; Sands *et al.*, 2022).

Cerpa-Arencibia *et al.*, 2020 compared ustekinumab and anti-TNF drugs as second biologics in patients with CD who were non-responsive to the first anti-TNF agent treatment, which was comparable with our finding that showed no significant statistical difference in CRP normalisation between CD patients in both groups. However, it showed that ustekinumab had higher efficacy in achieving clinical remission than adalimumab. This difference may have resulted from their study comparing ustekinumab-treated patients to anti-TNF-treated patients (Cerpa-Arencibia *et al.*, 2020).

The binary logistic regression analysis conducted in this research detected factors related to clinical remission at week 24 and evaluated the risk of confounding factors. The multivariate analysis revealed that severe endoscopic activity at baseline and a higher PMS at week 16 were considered negative factors of clinical remission in UC patients. In contrast, a higher HBI score at week 16 was considered a negative factor of clinical remission in CD patients.

The results of this study were comparable to similar studies of regression analyses on clinical remission in patients with IBD (Dalal *et al.*, 2021; Hassan *et al.*, 2017; Mühl *et al.*, 2021). Conversely, research by Liefferinckx *et al.* (2019), who studied CD patients on ustekinumab who had previously been exposed to several biologics, revealed that a baseline BMI <18 kg/m^2 was considered a negative factor of clinical remission in CD; the difference between this result and the findings of the present study may have resulted due to the few patients in our study who had a BMI <18 kg/m^2 at baseline (only 6 patients) (Liefferinckx *et al.*, 2019).

This study showed a positive but weak association ($r = 0.38$, $p < 0.001$) between clinical remission and CRP normalisation, and this finding was consistent with earlier researches. Their studies explained that although clinical remission was attained, the systemic inflammatory process could not be completely reduced in some patients, leading to higher CRP values. The remaining inflammatory process subsequently resulted in an early relapse (Hoekman *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2020; Murdoch *et al.*, 2015).

This study showed that ustekinumab was superior to adalimumab in terms of safety as evaluated by recorded adverse events during a 24-week follow-up. Post-dose fatigue was the most frequent side effect related to adalimumab, while injection site reactions were the most frequent adverse effect related to ustekinumab.

Overall, reported adverse events were consistent with previous studies without any additional serious events. In contrast, the SEAVUE trial showed similar safety profiles for adalimumab and ustekinumab. This may have been because this trial had been performed only on bio-naive non-Egyptian patients with CD and lasted 52 weeks as opposed to 24 weeks (Prieto-Perez *et al.*, 2016; Sands *et al.*, 2022).

The study findings showed ustekinumab was more effective in managing patients with moderate to severe IBD but at a higher cost than adalimumab, calculated based on the ICER equation. This matched a study conducted by Aliyev *et al* (2019), which revealed that ustekinumab was more expensive than adalimumab; however, the study was performed from a societal rather than a healthcare system perspective.

5. Conclusion

In conclusion, ustekinumab was found to have better efficacy and safety profiles than adalimumab in managing moderate to severe IBD in Egyptian patients. However, treatment comes at a higher cost compared to adalimumab. The study showed a positive but weak association between clinical remission and CRP normalisation in patients with IBD. In addition, higher clinical scores at week 16 and severe SES-CD at baseline were linked to lower clinical remission rates at week 24.

This study has several strengths as follows. 1) To the best of our knowledge, this is the first observational study to compare adalimumab versus ustekinumab in the management of patients with moderate to severe UC who failed treatment with infliximab; in addition, it is the first study to compare the two drugs in the management of moderate to severe CD in Egyptian patients with a history of infliximab failure. 2) The study's prospective design and head-to-head comparison of two promising biologic agents in the real world presents an actual reflection of their role in IBD management. 3) The research was carried out on patients with UC and CD. 4) The efficacy evaluation was performed clinically and biochemically. Conversely, the study limitations included 1) a relatively short follow-up period, preventing us from assessing the long-term efficacy and safety outcomes. 2) The FCP biomarker and endoscopic activity were not followed up.

Biographies

Amira Mohamed Elsawy Soliman

Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmacy, Helwan University, Cairo, Egypt, +201009501420, amira_elsawy@pharm.helwan.edu.eg

Dr Amira Elsawy Soliman (Egypt) is a Lecturer of Clinical Pharmacy. A recipient of the Egyptian Cultural Affairs and Missions and Educational Post-doctoral scholarship in 2020, she has roughly three clinical research publications in Scopus-indexed international journals. In her PhD, she designed a study to qualify and quantify individual response variations to erythropoietin stimulating agents and to study factors predicting erythropoietin responsiveness among patients. As part of her master's degree, she designed a clinical trial to study the pharmacokinetics of valproic acid in Egyptian patients with epilepsy. ORCID: 0000-0002-9175-5702.

Abdel-Hameed Ibrahim Mohamed Ebid

Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmacy, Helwan University, Cairo, Egypt, +201001423032, abdelhameed.ebid@pharm.helwan.edu.eg

Prof. Dr Abdel-Hameed (Egypt) is a Professor of Clinical Pharmacy,

the former Dean and now the Head of the Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmacy, Helwan University, as well as the Chair of the National Faculty Scientific Promotion Committee (Pharmacology and Clinical Pharmacy). A winner of the Department of Pharmacy Practice's Innovation Excellence Award in Clinical Research from the State University of New York, Buffalo, USA. He is a reviewer for many scientific journals and has published more than 70 clinical research publications in international journals. ORCID: 0000-0002-9072-0815.

Kamal El-Deen Abdelrahman Mohamed Al-Atrebi

Department of General Medicine and Gastroenterology, National Hepatology and Tropical Medicine Research Institute, Cairo, Egypt, +201006150462, kamal245@hotmail.com

Prof. Dr Kamal (Egypt) is a Professor of General Medicine and Gastroenterology, the Head of the Inflammatory Bowel Disease Unit at the National Hepatology and Tropical Medicine Research Institute (NHTMRI) since 2017, Clinical Lead of the Gastroenterology and Endoscopy Unit (2017 to 2019) and Liver Transplantation Medical Team Director (2013 to 2017) at NHTMRI. He is a member of the Royal College of Physicians and the European Association of the Study of the Liver. He has published roughly 25 clinical research publications in national and international journals. ORCID: 0000-0002-6450-4393.

Hagar Ahmed Ahmed Elessawy

Department of Gastroenterology and Hepatology, Faculty of Medicine, Ain Shams University, Cairo, Egypt, +201009260288, hagarahmed@med.asu.edu.eg

Dr Hagar (Egypt) is a lecturer of internal medicine. She has been a member of IBD group management in the Internal Medicine Department at Ain Shams University since 2017, is a member of the European Crohn's and Colitis Organisation and worked on a project titled 'Efficacy and tolerability of direct-acting antiviral therapy in elderly Egyptian patients with chronic hepatitis C', carried out at the New Cairo Viral Hepatitis Treatment Center in collaboration with Institute Pasteur, France. He has published more than 5 clinical research publications in national and international journals. ORCID: 0000-0002-6999-829X.

Eman Magdy Elsayed Elyamany

Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmacy, Helwan University, Cairo, Egypt, +201121051356, iman.elyamany@pharm.helwan.edu.eg

Eman (Egypt) has been a teaching assistant at the Pharmacy Practice Department of Helwan University since 2019, a master's candidate at the Pharmacy Practice Department since 2019, served as a community pharmacist for a chain of Roshdy pharmacies from 2018 to 2019, achieved a BSc in pharmacy studies from Helwan University in 2018 (grade: excellent with honours) and participated in an antimicrobial stewardship course accredited by Egyptian Drug Authority. She is an instructor in introductory and intermediate pharmacy practice courses organised by the Egyptian Ministry of Health and Population in 2021. ORCID: 0009-0006-7721-2505.

Sara Mohamed Mohamed -Abdel- Motaleb

Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmacy, Helwan University, Cairo, Egypt, +201016903404, sara.abdel-motaleb@pharm.helwan.edu.eg

Dr Sara (Egypt) is a lecturer of clinical pharmacy. Her research interests are in pharmacokinetics, pharmacogenetics and therapeutics. Her PhD thesis focused on 'Patient Controlled Analgesia Using Morphine versus Nalbuphine: Pre- and Postoperative Pharmacist Role in Pain Management after Abdominal Surgeries'. Her master's thesis addressed the 'Variability of Blood Tacrolimus Levels in Organ Transplant Egyptian Recipients: Early Post-Transplant Monitoring'. She is a member of the Scientific Research Ethics Committee, Faculty of Pharmacy, Helwan University and has published roughly 6 clinical research publications in Scopus-indexed international journals. ORCID: 0000-0003-0836-3706.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to Mahmoud Ibrahim, Lecturer of Clinical Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Helwan University; Rabab Maher, Consultant of Gastroenterology and Hepatology, Cairo University Hospitals; Amany Ahmed, Lecturer of Community Medicine and Public Health, Faculty of Medicine, Cairo University and Aliaa Abdel-Azem, Clinical Pharmacist at NHTMRI for their help and interest in the study.

References

Afify, A.F., Gado, M.A., Gohar, M.K. and Wadea, F.M. (2022). Clinical and biochemical response of treatment with anti-TNFα in Egyptian IBD patients: Zagazig University IBD Clinic experience. *Zagazig University Medical Journal*, **28**(2), 342–54. DOI: 10.21608/zumj.2021.110464.2427

Ahmed, Z., Venkata, K., Zhang, N. and Malik, T.A. (2019). Comparative effectiveness of ustekinumab versus adalimumab in induction of clinical response and remission in Crohn's disease: experience of a real-world cohort at a tertiary care inflammatory bowel disease referral center. *Gastroenterology Research*, **12**(5), 245. DOI: 10.14740/gr1194

Alatab, S., Sepanlou, S.G., Ikuta, K., Vahedi, H., Bisignano, C., Safiri, S. and Naghavi, M. (2020). The global, regional, and national burden of inflammatory bowel disease in 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Gastroenterology and Hepatology*, **5**(1), 17–30. DOI:10.1016/S2468-1253(19)30333-4

Aliyev, E.R., Hay, J.W. and Hwang, C. (2019). Cost-effectiveness comparison of ustekinumab, infliximab, or adalimumab for the treatment of moderate-severe crohn's disease in biologic-naïve patients. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, **39**(2), 118–28. DOI:10.1002/phar.2208

Allegretti, J.R., Barnes, E.L., Stevens, B., Storm, M., Ananthakrishnan, A., Yajnik, V. and Korzenik, J. (2017). Predictors of clinical response and remission at 1 year among a multicenter cohort of patients with inflammatory bowel disease treated with vedolizumab. *Digestive Diseases and Sciences*, **62**(6), 1590–6. DOI:10.1007/s10620-017-4549-3

Cai, Z., Wang, S. and Li, J. (2021). Treatment of inflammatory bowel disease: A comprehensive review. *Front Med (Lausanne)*, **8**(n/a), 765474. DOI:10.3389/fmed.2021.765474

Castiglione, F., Imperatore, N., Testa, A., de Sire, R., Nardone, O.M., Ricciolino, S. and Rispo, A. (2022). Exploring the concept of deep remission in Crohn's disease: Correlation between transmural healing and biomarkers. *Therapeutic Advances in Gastroenterology*, **15**(n/a), 1 – 13. DOI:10.1177/17562848221110643

Cerpa-Arencibia, A., Suarez-Ferrer, C., Poza-Cordón, J., Martín-Arranz, E., Ramírez, L. and Martín-Arranz, M.D. (2020). P679 What is the best strategy after failure to anti-TNF? Ustekinumab or other anti-TNF? *Journal of Crohn's and Colitis*, **14**(1), S554. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjz203.807

Cohen, D.J. and Reynolds, M.R. (2008). Interpreting the results of cost-effectiveness studies. *Journal of the American College of Cardiology*, **52**(25), 2119–26. DOI:10.1016/j.jacc.2008.09.018

Dalal, R., Esckilsen, S., Barnes, E., McClure, E., Goodrick, H. and Allegretti, J. (2021). Predictors of corticosteroid-free remission after initiation of ustekinumab for ulcerative colitis: a real-world, multicenter cohort study in the United States. *Journal of Crohn's and Colitis*, **15**(1), S348–9, DOI.org/10.1093/ecco-jcc/jjab076.448

Dos-Santos Silva, E.K., Cruz, J.A.W., da-Cunha, M.A.V.C., de-Moraes, T.P., Marques, S. and da-Silva, E.D. (2021). Cost-effectiveness in health: consolidated research and contemporary challenges. *Humanities and Social Sciences Communications*, **8**(1), 1–10. DOI:10.1057/s41599-021-00940-5

Flynn, S. and Eisenstein, S. (2019). Inflammatory bowel disease presentation and diagnosis. *Surgical Clinics*, **99**(6), 1051–62. DOI:10.1016/j.suc.2019.08.001

Forss, A., Clements, M., Myrelid, P., Strid, H., Söderman, C., Wagner, A. and Halfvarson, J. (2021). Prospective observational study on Stelara (ustekinumab) assessing effectiveness in Crohn's disease

(PROSE): A 16-week follow-up. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, **56**(6), 680–6. DOI:10.1080/00365521.2021.1906946

Gisbert, J.P. and Chaparro, M. (2021). Primary failure to an anti-TNF agent in inflammatory bowel disease: switch (to a second anti-TNF agent) or swap (for another mechanism of action)? *Journal of Clinical Medicine*, **10**(22), 5318. DOI:10.3390/jcm10225318

Hassan, E.A., Ramadan, H.K., Ismael, A.A., Mohamed, K.F., El-Attar, M.M. and Alhelali, I. (2017). Noninvasive biomarkers as surrogate predictors of clinical and endoscopic remission after infliximab induction in patients with refractory ulcerative colitis. *Saudi Journal of Gastroenterology: Official Journal of the Saudi Gastroenterology Association*, **23**(4), 238. DOI:10.4103/sjg.SJG_599_16

Hoekman, D.R., Diederen, K., Koot, B.G., Tabbers, M.M., Kindermann, A. and Benninga, M.A. (2016). Relationship of clinical symptoms with biomarkers of inflammation in pediatric inflammatory bowel disease. *European Journal of Pediatrics*, **175**(10), 1335–42. DOI:10.1007/s00431-016-2762-2

Holmer, A. and Singh, S. (2019). Overall and comparative safety of biologic and immunosuppressive therapy in inflammatory bowel diseases. *Expert Review of Clinical Immunology*, **15**(9), 969–79. DOI:10.1080/1744666X.2019.1646127

Ibing, S., Cho, J.H., Böttinger, E.P. and Ungaro, R.C. (2023). Second–Line biologic therapy following tumor necrosis factor antagonist failure: A Real–World propensity Score–Weighted analysis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. **21**(10), 2629–38. DOI: 10.1016/j.cgh.2023.01.038

Karthikeyan, A., Young, K.N., Moniruzzaman, M., Beyene, A.M., Do, K., Kalaiselvi, S. and Min, T. (2021). Curcumin and its modified formulations on inflammatory bowel disease (IBD): The story so far and future outlook. *Pharmaceutics*, **13**(4), 484. DOI:10.3390/pharmaceutics13040484

Kim, F.S., Patel, P.V., Stekol, E., Ali, S., Hamandi, H., Heyman, M.B. and Verstraete, S.G. (2021). Experience using ustekinumab in pediatric patients with medically refractory Crohn disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, **73**(5), 610–4. DOI:10.1097/MPG.0000000000003230

Liefferinckx, C., Verstockt, B., Gils, A., Noman, M., Van-Kemseke, C., Macken, E., De Vos, M., Van-Moerkercke, W., Rahier, J.F., Bossuyt, P. and Dutré, J. (2019). Long-term clinical effectiveness of ustekinumab in patients with crohn's disease who failed biologic therapies: A national cohort study. *Journal of Crohn's and Colitis*, **13**(11), 1401–9. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjz080

Lin, X., Qiu, Y., Feng, R., Chen, B., He, Y., Zeng, Z. and Mao, R. (2020). Normalization of C-reactive protein predicts better outcome in patients with Crohn's disease with mucosal healing and deep remission. *Clinical and Translational Gastroenterology*, **11**(2), e00135. DOI:10.14309/ctg.0000000000000135

Mentella, M.C., Scaldaferri, F., Pizzoferrato, M., Gasbarrini, A. and Miggiano, G.A.D. (2019). The association of disease activity, BMI and phase angle with vitamin D deficiency in patients with IBD. *Nutrients*, **11**(11), 2583. DOI:10.3390/nu11112583

Moreno, L.O., Fernández-Tomé, S. and Abalo, R. (2021). Biological treatments in inflammatory bowel disease: A complex mix of mechanisms and actions. *Biologics*, **1**(2), 189–210. DOI:10.3390/biologics1020012

Mosli, M., Alawadhi, S., Hasan, F., Abou-Rached, A., Sanai, F. and Danese, S. (2021). Incidence, prevalence, and clinical epidemiology of inflammatory bowel disease in the Arab world: A systematic review and meta-analysis. *Inflammatory Intestinal Diseases*, **6**(3), 123–31. DOI:10.1159/000518003

Mühl, L., Becker, E., Müller, T.M., Atreya, R., Atreya, I., Neurath, M.F. and Zundler, S. (2021). Clinical experiences and predictors of success of treatment with vedolizumab in IBD patients: A cohort study. *BMC Gastroenterology*, **21**(1), 1–10. DOI:10.1186/s12876-021-01604-z

Murdoch, T.B., O'Donnell, S., Silverberg, M.S. and Panaccione, R. (2015). Biomarkers as potential treatment targets in inflammatory bowel disease: A systematic review. *Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology*, **29**(4), 203–8. DOI:10.1155/2015/389548

Okuyucu, M., Avcioğlu, U., Şenel, T. and Ustaoğlu, M. (2022). Investigation of the effects of anti-TNF agents on hemoglobin levels in patients with inflammatory bowel disease. *Medicine*, **101**(35), e30118. DOI:10.1097/MD.0000000000030118

Prieto-Pérez, R., Almoguera, B., Cabaleiro, T., Hakonarson, H. and Abad-Santos, F. (2016). Association between genetic polymorphisms and response to anti-TNFs in patients with inflammatory bowel disease. *International Journal of Molecular Sciences*, **17**(2), 225. DOI:10.3390/ijms17020225

Roda, G., Chien, N.S., Kotze, P.G., Argollo, M., Panaccione, R., Spinelli, A., Kaser, A., Peyrin-Biroulet, L. and Danese, S. (2020). Crohn's disease. *Nature Reviews: Disease Primers*, **6**(1), 1–19. DOI:10.1038/s41572-020-0156-2

Sands, B.E., Irving, P.M., Hoops, T., Izanec, J.L., Gao, L.L., Gasink, C. and Zdena, Z. (2022). Ustekinumab versus adalimumab for induction and maintenance therapy in biologic-naive patients with moderately to severely active Crohn's disease: A multicentre, randomised, double-blind, parallel-group, phase 3b trial. *The Lancet*, **399**(10342), 2200–11. DOI:10.1016/S0140-6736(22)00688-2

Sauer, C.G. and Kugathasan, S. (2009). Pediatric inflammatory bowel disease: highlighting pediatric differences in IBD. *Gastroenterology Clinics*, **38**(4), 611–28. DOI:10.1016/j.gtc.2009.07.010

Seyedian, S.S., Nokhostin, F. and Malamir, M.D. (2019). A review of the diagnosis, prevention, and treatment methods of inflammatory bowel disease. *Journal of Medicine and Life*, **12**(2), 113. DOI:10.25122/jml-2018-0075

Shamkh, M.A.A., Sakr, M.A., Abd-Alaty, W.H., Kamel, S.Y., Eltabbakh, M.M., Sherief, A.F. and Askar, S. (2022). A decade of inflammatory bowel disease: A single center experience in Egypt. *The Egyptian Journal of Internal Medicine*, **34**(1), 22. DOI:10.1186/s43162-022-00115-x

Singh, S., George, J., Boland, B.S., Vande-Casteele, N. and Sandborn, W.J. (2018). Primary non-response to tumor necrosis factor antagonists is associated with inferior response to second-line biologics in patients with inflammatory bowel diseases: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Crohn's and Colitis*, **12**(6), 635–43. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjy004

Strand, V., Balsa, A., Al-Saleh, J., Barile-Fabris, L., Horiuchi, T., Takeuchi, T. and Marshall, L. (2017). Immunogenicity of biologics in chronic inflammatory diseases: A systematic review. *BioDrugs*, **31**(4), 299–316. DOI:10.1007/s40259-017-0231-8

Vallejo-Yagüe, E., Keystone, E.C., Kandhasamy, S., Micheroli, R., Finckh, A. and Burden, A.M. (2021). Primary and secondary non-response: In need of operational definitions in observational studies. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **80**(8), 961–4. DOI:10.1136/annrheumdis-2021-220202

Vermeire, S., Gils, A., Accossato, P., Lula, S. and Marren, A. (2018). Immunogenicity of biologics in inflammatory bowel disease. *Therapeutic Advances in Gastroenterology*, **11**(n/a), 1756283X17750355. DOI:10.1177/1756283X17750355

Zacharias, P., Damiao, A.O.M.C., Moraes, A.C., Teixeira, F.V., Ludvig, J.C., Nones, R.B. and Kotze, P.G. (2017). Adalimumab for ulcerative colitis: results of a Brazilian multicenter observational study. *Arquivos de Gastroenterologia*, **54**(4), 321–7. DOI:10.1590/S0004-2803.201700000-51

Zittan, E., Kabakchiev, B., Kelly, O.B., Milgrom, R., Nguyen, G.C., Croitoru, K. and Silverberg, M.S. (2017). Development of the Harvey-Bradshaw Index-pro (HBI-PRO) score to assess endoscopic disease activity in Crohn's disease. *Journal of Crohn's and Colitis*, **11**(5), 543–8. DOI: 10.1093/ecco-jcc/jjw200

The Scientific Journal of King Faisal University

Basic and Applied Sciences

A Holistic Framework for Evaluating QOUL Linking Contemporary Planning Theories Principles

Riham Salah [1], Mohga Embaby [2] and Ehab Okba [2]

[1] Architecture Department, Faculty of Engineering, Canadian International College (CIC), Elsheikh Zayed, Giza, Egypt
[2] Architecture Department, Fayoum University, Faculty of Engineering, Fayoum, Egypt

LINK	RECEIVED	ACCEPTED	PUBLISHED ONLINE	ASSIGNED TO AN ISSUE
https://doi.org/10.37575/b/eng/230045	18/09/2023	20/11/2023	20/11/2023	01/12/2023
NO. OF WORDS	**NO. OF PAGES**	**YEAR**	**VOLUME**	**ISSUE**
7104	8	2023	24	2

ABSTRACT

The new urban theories (e.g. sustainable development and smart growth) prioritise inclusive, safe, resilient, and sustainable urban planning protocols to improve the quality of urban life (QOUL). In response, researchers have developed various indicators to assess and monitor QOUL. However, these indicators are not currently linked to contemporary planning theory (CUPT) indicators, representing a limitation in their applicability. Therefore, this study proposes a detailed examination of CUPT principles and their contribution to QOUL to address this limitation. Initially, a comprehensive review of the existing QOUL indicators and CUPT principles is conducted to provide a foundation for identifying conventional QOUL. Then, a comparative analysis is performed to identify gaps and overlaps between the current QOUL indicators and the principles of CUPT. By translating these principles into measurable subjective and objective indicators, we aim to advance the measurement of QOUL. Following this, the extracted indicators from CUPT are added to the final proposal. The proposed framework encompasses six objective sub-dimensions with 17 indicators and four subjective sub-dimensions with 13 indicators. This offers a holistic framework for evaluating QOUL.

KEYWORDS

evaluating framework, new indicators, objective indicators, subjective indicators, urban quality, urban theories

CITATION

Salah, R., Embaby, M. and Okba, E. (2023). A holistic framework for evaluating QOUL linking contemporary planning theories principles. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 53–60. DOI: 10.37575/b/eng/230045

1. Introduction

Urban areas around the world have experienced significant changes due to population growth, economic restructuring, and uncontrolled expansion. These changes have resulted in various challenges related to transportation, air pollution, urban planning, and resource allocation. To address these challenges and improve the living conditions of people in densely populated cities, the concept of the quality of urban life (QOUL) has emerged (Bovkir *et al.,* 2023). The concept of QOUL encompasses several aspects (Abbate *et al.,* 2001):

- It examines the relationship between individual and collective life situations and the interplay between material and non-material dimensions of well-being.
- It integrates subjective perceptions of living conditions with objective living conditions.
- It evaluates subjective and objective characteristics of preferences and behaviours based on inherent traits, focusing on QOUL as an individual perspective of socio-territorial circumstances.
- It emphasizes identifying well-being, analysing social phenomena, and providing feedback for urban policies.

The QOUL framework examines the relationship between individual and collective well-being, considering both material and non-material aspects. Therefore, it combines subjective perceptions of living conditions with objective measures and evaluates preferences and behaviours based on inherent traits. The framework also focuses on identifying well-being, analysing social phenomena, and providing feedback for urban policies (Duan *et al.,* 2023). Indicators of QOUL directly impact the liveability of cities, including the quality of public spaces, land use patterns, recreational opportunities, infrastructure development, population densities, accessibility to public services, and social attributes such as health, safety, education, equality, and social inclusion. These indicators help decision-makers and urban planners assess the effectiveness of their initiatives and measure people's behaviour, life satisfaction, and happiness (Marans and Stimson, 2011).

QOUL has significant implications for research and urban policy. There are many studies on the development of QOUL dimensions in the literature. These studies develop composite dimensions of the demographic, social, environmental, and economic profiles of individuals or groups to provide a general aspect to measures of well-being and life satisfaction in the ordinary sense (Bovkir *et al.*, 2023). Although most of the dimensions are shared among researchers, there are some differences due to the contexts. For example, the QOUL measurements and methodology project of the European spatial planning observation network (ESPON) aims to direct QOUL implementation via six dimensions. In comparison, the current QOUL has seven dimensions. These dimensions, represented by environmental, physical, mobility, social, economic, psychological, and political aspects, are necessary to measure and assess the current QOUL in a city using sets of indicators (Popescu, 2020). CUPT encompasses a range of perspectives, including new urbanism, transit-oriented development, and sustainable development. These theories emphasise compact, mixed-use neighbourhoods, efficient transportation, and environmental stewardship to create liveable and sustainable cities. The previous studies that have linked QOUL to CPUT standards for measuring QOUL indicators are listed in Table 1. These indicators are considered conventional for QOUL, as they do not incorporate urban elements that keep up with sustainable technological advancements. Therefore, it is critical to add additional indicators and analyse the factors that influence QOUL, such as smart sustainable and urban development (Discoli *et al.*, 2014).

Table 1: Linking QOUL to CPUT standards for measuring QOUL indicators - Previous studies.

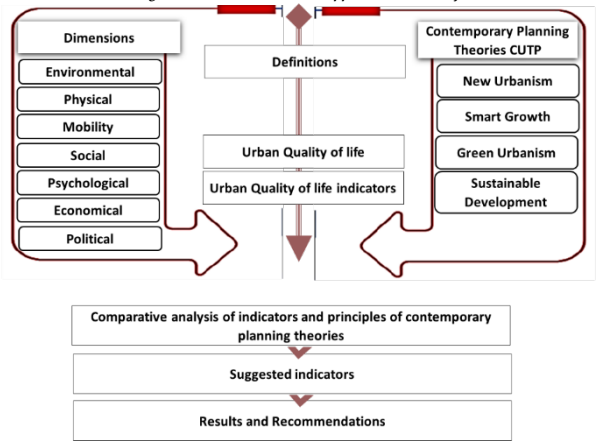
Studies	QOUL Focus	Theories Focus
(Garau and Pavan, 2018)	Urban sustainability and smart indicators	Sustainable-smart urbanism
(Elkawy and Ahmed, 2023)	Urban sustainability and green indicators	Sustainable development and green urbanism
(Gomaa and Fouad, 2022)	Subjective and objective indicators	New urbanism, smart growth, urban village, and smart urbanism
(Mohamed *et al.,* 2017)	QOUL seven dimensions	Urban capacity and capability
(Marans and Stimson, 2011)	Objective, subjective, and behavioural indicators	Environments and behavioural theories
(Taqi *et al.,* 2021)	QOUL seven dimensions	New urbanism and smart growth
(Alvarez and Müller-Eie, 2017)	QOUL indicators	Sustainable urban development
(Okba *et al.,* 2016)	Sustainable indicators	Sustainable development

Corresponding Author: Riham Salah 00201097260990, riham_kamel@cic-cairo.com

(McCrea, 2007)	Objective and subjective indicators	New urbanism, smart growth, and smart urbanism

The research problem lies in the gap between CPUT and the assessment of QOUL through indicators. CPUT focuses on sustainability, equity, livability, and social inclusivity, but there often needs to be more direct integration between these theories and the measurement of QOUL indicators. QOUL indicators provide a comprehensive understanding of urban life's dimensions, but they must align with the principles and goals of CPUT. To fill the existing gap, this study aims to develop a comprehensive set of QOUL indicators by comparing existing indicators with the principles of CUPT. The goal is to identify new urban subjective and objective indicators that support a multidimensional evaluation of factors influencing residents' well-being and life satisfaction. These proposed indicators will offer decision-makers a holistic framework to assess the current QOUL in cities and evaluate the effectiveness of urban policies and initiatives in developing and improving urban environments. The research method of this study is demonstrated in Fig. 1.

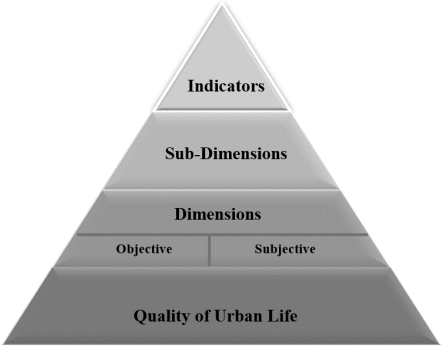
Figure 1: The research method approach of this study.



2. Review and Conventional Analysis of QOUL

Dimension, subdimension, and indicators are essential components in understanding and assessing the QOUL, as shown in Fig. 2. Dimensions represent broad categories or areas of focus within QOUL, such as environmental, physical, mobility, social, economic, psychological, and political aspects. Subdimensions further break down these broad categories into more specific themes or subcategories. For example, under the social dimension, subdimensions could include public health, safety, education, equality promotion, and social inclusion. Indicators are specific measures or metrics used to evaluate and quantify the different aspects of QOUL within each dimension and subdimension. They provide objective data and information for decision-makers and urban planners to assess and improve urban environments (McCrea, 2007).

Figure 2: The hierarchical structure components of QOUL



QOUL encompasses objective and subjective dimensions that contribute to the overall well-being and satisfaction of individuals living in urban areas (Ardestani *et al.,* 2022).

2.1. Objective Dimensions

QOUL is evaluated using quantifiable indicators that measure the availability of residential services. This evaluation relies on spatial data obtained from official sources. It effectively describes the three dimensions of QOUL: environmental, physical, and mobility (von-Wirth *et al.*, 2015), as depicted in Tables 2 and 3.

- Environmental: This dimension emphasizes the importance of providing a clean and pollution-free environment for the population. It mentions incorporating elements like trees and promoting the use of multiple modes of transportation such as walking and bicycles. Additionally, it highlights the potential use of technology and artificial intelligence to promote renewable energy.
- Physical: This dimension focuses on This dimension focuses on humanising residential neighbourhoods and creating urban environments that are friendly and conducive to human well-being. It also mentions the provision of services and facilities that cater to the needs of the population.
- Mobility: This dimension aims to provide various modes of transportation, including walking, cycling, and public transport, which are integrated into the design elements of residential streets.

2.2. Subjective Dimensions

QOUL assessment involves indicators that gauge population satisfaction with city services. This dimension focuses on social, economic, psychological, and political aspects and aims to assess the efficiency and effectiveness of these services (McCrea, 2007), as illustrated in Table 4 .

- Social: Social: This dimension emphasises the availability of services and facilities for all individuals. It is crucial to ensure that the constituent elements of a healthy urban environment are present in city neighbourhoods. Additionally, providing diverse housing options that cater to various economic classes within society is of great importance.
- Economic: This dimension focuses on supporting and stimulating local commercial activities owned by neighbourhood residents, such as restaurants and cafes. It also involves ensuring facilitators are available to support residents' economic capacity.
- Psychological: This dimension focuses on preserving the identity and historical value of residential neighbourhoods, as this greatly influences the residents' sense of uniqueness and belonging.
- Political: This dimension involves establishing urban policies and regulations to manage urbanisation and prevent abuse, aiming to preserve the urban setting and improve the overall QOUL. It also emphasises the importance of involving the local community in decision-making and brainstorming.

2.3. QOUL Indicators

QOUL indicators are measurable metrics that assess living conditions and well-being in urban areas. They measure the key dimensions and subdimensions that contribute to residents' well-being. Classifying the indicators of QOUL into a subjective category and an objective category offers several advantages. First, this classification provides a clear distinction between measurable, quantifiable factors and those that rely on individual perceptions and experiences. Objective indicators, such as income levels and healthcare access, offer a standardised and comparable basis for analysis. On the other hand, subjective indicators, such as happiness or life satisfaction, capture the unique perspectives and diversity of individuals. Tables 2, 3, and 4 show the conventional structures of the objective and subjective dimensions, subdimensions, and indicators according to the literature. Second, this classification enables policymakers to prioritise interventions based on specific dimensions. Objective indicators help identify areas that require immediate attention, while subjective indicators highlight the subjective well-being of

individuals. By understanding both the objective and subjective aspects, comprehensive strategies can be implemented to enhance overall QOUL (Liu *et al*., 2023).

Also, basic needs and general goals are fundamental elements of QOUL indicators that encompass essential requirements for human well-being and survival, as shown in tables 2, 3, and 4. Tand indicators focus on ensuring individuals have access to fundamental necessities to live a dignified life. Basic needs typically include food security, access to clean water and sanitation, adequate shelter, healthcare services, and education. These indicators form the foundation for assessing the overall QOUL in a community or society.

Table 2: QOUL Objective Indicators (Environmental).

	Dimensions	Subdimensions	Standard indicator	Basic needs	General goals
Environment	Air Quality (Chiarini *et al.*, 2021)	Atmospheric quality	Average annual levels of PM10 Average annual levels of environmental lead (Pb) Average annual levels of CO_2	Control of emissions and pollutants	Ensure comfortable and healthy environment.
		Air quality heat	Air quality health index. Residents perceive air pollution as a problem.	Preservation of public health.	
		Air toxicity	Efforts to purify the atmosphere	The general purifying of the atmosphere.	
	Water Quality (Liu *et al.*, 2019)	Drinking water quality	Public health water quality rating. Zones of distribution Increased % of daily potable water access for the population	Continual, high-quality water supply.	Ensure environmental quality for drinking water, subsurface sources, and waterways.
		Water consumption	Per capita domestic water use Industrial and commercial	Reduce water usage.	
		The quality of lake water	The public health rate of beach and stream/lake water quality. Water bodies pose a risk.	Safe water for human recreational use and activities	
	Earth Quality (Van-Kamp *et al.*, 2003)	Remediation of contaminated land	Land remediation	Encourage land reuse by preventing waste generation.	Reduce land consumption, promote biodiversity, and accommodate human activities.
		Biodiversity	Living resources conservation plan.	Habitat preservation.	
		Environmental fingerprints	Ecological footprints in Egypt. Regional ecological footprints	Land must support human activities.	
	Material Quality (Cömertler, 2017)	Material selection in consideration of health impact	Material selection in consideration of health impact	Encourage sustainable construction materials and products	Minimise exposure to hazardous materials
	Local Environmental Quality(Marans, 2015)	Enjoy the scenery	Green area percentage	Enjoy natural landscapes and parks; ensure biodiversity preservation	Offer comfortable urban living conditions.
		Natural land gardens	Access to green space is simple		
		Outdoor thermal comfort	The wind environment Consider building quality Layout, landscaping, paving, construction, and cladding materials	Increase outdoor comfort during the transition period and reduce discomfort during the summer	
		Comfort in outdoor lighting	Residents' perception of noise pollution as a problem		
		Reduce the effect of odour	Sunlight, external surfaces, and treatment for glare	Improve visual comfort	
	Power Quality (Marans, 2012).	Energy consumption	Electrical efficiency level. Projects of renewable energy. Percentage of renewable supply.	Use alternative ways of resource supply.	Rational use of resources.
		Energy from renewable sources			
		Sewage	Wastewater treatment	Promote water reuse and reduce wastewater pollution.	

Table 3: QOUL Objective Indicators (Physical and Mobility).

	Dimensions	Sub dimensions	Standard indicator	Basic needs	General goals
Physical	Land Use (Chapman and Larkham, 1999).	Mixed Land Use	Diversity index Neighbourhood completeness	Expand shared buildings or project areas for multiple purposes.	Provide services to inhabitants and foster a healthy environment.
		Neighbourhood Services and Facilities	Infrastructure availability. services and facilities availability. The cleanliness of the amenities. The attraction of amenities.	Appropriate community services and facilities	
		Effective use of land	Land reuse	Useful use of land	
	Compact Neighbourhood (Murgaš and Klobučník, 2018).	Density	Gross residential density floor-area ratio.	Provide lovable environments while preserving the amenity	Enhance liveability, walkability, and transit effectiveness to improve public health.
	Layout of a City (Murgaš and Klobučník, 2018).	Square Network and Street	Complete streets Providing proper evacuation routes.	Comprehensive street network catering to various uses and requirements.	Urban spaces are well-defined and utilized.
		The Building Block	Providing adequate evacuation routes. Parking is well integrated. Height-to-width ratio of a building	Urban spaces with clear boundaries and enclosures.	
	Housing and Buildings Quality (Koçak Güngör and Terzi, 2022).	Building Quality	Building technology. Fulfilment of building codes	Increase overall efficiency	Fulfil households' needs
		Housing Quality	Durability, adaptation requirements, average condition overpopulation, access to kitchen and bathroom facilities, and access to infrastructure.	Offer suitable shelter for basic needs.	
	Management and Maintenance	Management and Maintenance	Maintenance policies, maintenance responsibilities, a resident's manual, and an on-site office are all available.	Empower community facilities with ownership.	Development sustainability.
Mobility	Accessibility (Lotfi and Koohsari, 2009).	Pedestrian Catchment Area	Primary and secondary facilities' pedestrian catchment areas.	Maximize walking distance before driving or cycling.	Promoting physical exercise and lowering automobile emissions to promote public health.
		Connectivity	Index of the Direct Route. Index of connectivity. Size of the blocks. External connectivity is provided.	Assess development's accessibility.	
	Walkability and Cyclability (Duan *et al.*, 2023).	Network for Walkable	Sidewalk network coverage. Sidewalk quality. Safe pedestrian crossing.	Network for walkable connects dwellings to diverse neighbourhood uses.	Encourage walking while not excluding vehicles.
		Facilities and a Cyclable Network	Bicycle lane Km. Bicycle parking is available.	The cyclonic network connects dwellings to diverse city uses.	
	Public Transportation	Using public transport	Use public transportation.	Minimize car dependency.	Promote public transportation usage.
		Various modes of transportation are available.	Various modes of transportation are available.	Transit service options	
		The cost of public transit	Frequency of public transport	Frequency rate.	
		Appropriate public transport	Convenience, affordability, and safety.	Make transportation safe, comfortable, and reasonably priced.	

	Traffic Load (Sultan *et al.*, 2021).	Traffic volume	Traffic, vehicle ownership, work, distances, population, and travel outside cities.	Minimize traffic volume.	Minimize traffic congestion.
		Transportation demand management.	Effective transportation demand management measures.	Implement traffic policy to reduce dangers.	

Table 4: QOUL subjective indicators (Social, Psychological, Economic and Political).

	Dimensions	Subdimensions	Standard Indicator
Social	Social Equity and Inclusion (Marans, 2012).	Social justice	Equal access to low-cost housing. Access to services and facilities is equal. Aims of the local community.
		Inclusive communities	Enhancing familiarity, legibility, accessibility, comfort and personal safety.
	Social Connectedness (Sousa-Gomes *et al.*, 2010).	Social integration	Housing is provided by the government. Index of housing diversity. Tenure with a mix of types.
		Social network	The establishment of an open space network. Cultural facility provision. Provision of social services. Religious facilities are provided. Telecommunications service provision.
		Participation in society	Legislation that encourages the community to participate in organisations. Participate in the planning process. Management participation.
	Behavioural Performance (Gomaa and Fouad, 2022).	Public awareness	Urban quality of life awareness.
		Neighbourhood stability	Tenure and percentage of temporary private dwellings secured.
		Neighbourhood vitality	Active frontage
psychological	Community Identification (W. Liu *et al.*, 2018).	Urban image	Paths, boundaries, focal points and landmarks
		Design that is responsive.	The local jargon.
		Heritage sites and historical relics.	Conserve heritage sites and historical remains.
		Personalisation of space	Personal territory, enhancements, privacy and entry customisation options are available.
	Pleasing Milieu.	Architectural quality	Architectural quality.
		Landscape quality	Landscape quality.
Economic	Economic Development (von Wirth *et al.*, 2015).	Employment	Employment, labour and skills and jobs-housing balance
		Local business	Locally owned firms, priority industries and new ventures.
	Economic Standard Living (Kubiszewski *et al.*, 2018).	Cost of living	The index of housing prices. Service and facility costs. A hybrid approach to housing finance.
Political	Urban Policies and Strategies (Mulligan *et al.*, 2004).	QOUL policies.	Policies enhancing QOUL.
		Life strategies for urban quality.	Codes and principles for effective law enforcement.
		Management and urban governance	Smart governance and smart urban planning. Management and urban governance.
	Civil and Political Rights (Cummins, 2000).	Participation of the community in council decision-making	The public has an impact on council decision-making. A look at how councils make choices. Council decisions are made in the best interests of the city. Women's representation on local councils.

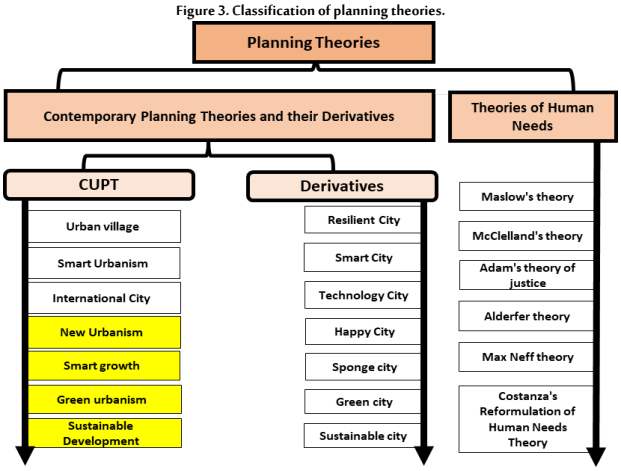
Based on Tables 2, 3 and 4, the most widely used indicators have been identified and classified into objective and subjective components of QOUL to verify the basic needs and overall objectives. Notably, the environmental dimension emerged as the most thoroughly researched because it has the most basic needs of well-being. Its goals include preserving a comfortable and healthy environment, promoting biodiversity, reducing land consumption, minimising hazardous material exposure, providing pleasant urban living conditions and assuring waste management safety.

3. Evaluating QOUL indicators Linking CUPT Principles

3.1. Contemporary Urban Planning Theories (CUPT):

The term 'urban theory derivatives' describes the many branches and uses that have sprung from the original urban theory, which seeks to make sense of and explain urban complexity. However, there are certain limitations to these variants. They may need to portray the changing nature of cities as they adapt to rapid globalization and technology advances, simplifying urban dynamics and ignoring cultural and contextual aspects (Grant, 2019). Currently, the field of urban planning is experiencing the rise of new theories and approaches that provide different options for planning cities. Because conventional thinking and technocratic planning have flaws and limits, planning theories have grown to fill the gaps. CUPT brings new insights and methodologies that may rely on different theoretical viewpoints. Its goal is to support and improve the QOUL. CUPT uses many theories, such as new urbanism, smart growth, compact cities, sustainable urbanization, smart urbanism, healthy communities, and sustainable development. CUPT aims to make societies that better meet the needs of people who live and work in cities, keep cities from growing too fast, and improve the quality of life in cities, as shown in Fig. 3, (Debrah *et al.*, 2020; Kaushik, 2018).

Figure 3. Classification of planning theories.



This research focuses on contemporary planning theories rather than derivative ones. Specifically, four recent theories are selected: new urbanism, smart growth, green urbanism, and sustainable development , which are described as follows.

- New Urbanism: New urbanism is an urban design movement that started in the 1980s in the United States. It aims to tackle issues caused by urban sprawl and suburban growth after World War II. The movement has influenced real estate development, urban planning, and land use strategies. The principles of new urbanism are: (i) mixed land use, (ii) pedestrians and crossings, (iii) civil buildings and places for public gatherings, (iv) groups of parks, (v) housing levels, (vi) economic construction, and (vii) a safe and secure environment (Forsyth, 2021)..
- Smart Growth: In the early 1990s, several national organizations recognized the problems facing neighbourhoods. In 1996, these organizations formed the smart growth network, which is now a broad coalition of 32 organizations supporting smart growth. It developed the nine principles for smart growth. These principles envision the characteristics associated with healthy, vibrant, and diverse neighbourhoods that support a QOUL (Ye *et al.*, 2005). The principles of the smart growth theory are summarized as follows: (i) mixed land use from compact building design, (ii) a range of housing opportunities and options, (iii) creation of pedestrian-friendly residential neighbourhoods, and (iv) a strong incubator to connect people with the place and enhance the sense of belonging. (v) preserving open spaces and agricultural lands, (vi) developing existing development, (vii) providing a variety of transportation options, (viii) making economic development decisions out, fair and cost effective and (ix) encouraging the community to cooperate (Porter, 2002).
- Green Urbanism: Green urbanism is a planning approach that aims to create cities and communities that are beneficial to both humans and the environment. It promotes sustainable lifestyles and reduces global resource consumption. This theory originated in 2007 and has been embraced by countries like Dubai, Singapore, and the United States. The new administrative capital in Egypt stands out as a prominent example of a city that applies the principles of green and smart urbanism. The principles of green urbanism are summarized as: (i) urban planning and transportation, (ii) water and biological resources and (iii) energy and resources (Elkawy and Ahmed, 2023).
- Sustainable Development: Sustainable development has become a prominent global concern, addressing economic, social and environmental aspects. The 2030 development plan, adopted by world leaders at a significant international summit in 2015, outlines 17 sustainable development goals that are now being implemented. Principles of sustainable development are summarized as [38] and serve as guiding principles for achieving a balanced and resilient future. They

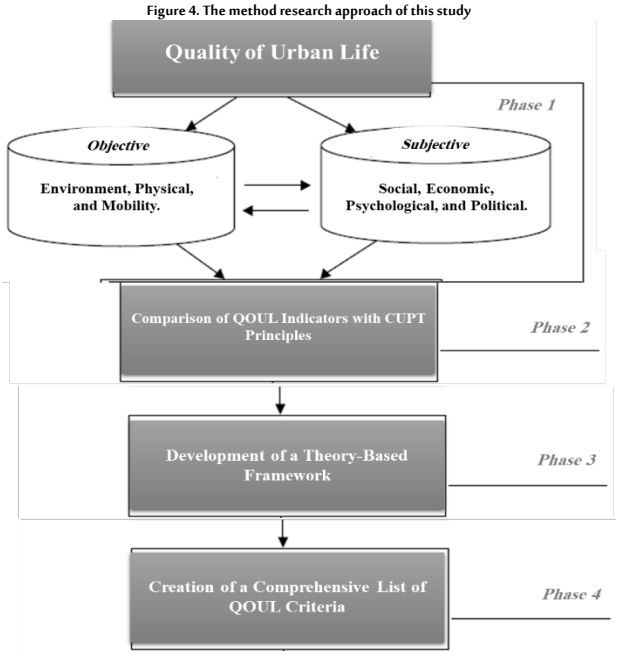
include: (i) eliminating poverty in all its forms worldwide, (ii) ending hunger, ensuring food security and nutrition, and supporting sustainable agriculture, (iii) promoting healthy lifestyles and well-being for all ages, (iv) ensuring inclusive and equitable high-quality education for all, as well as opportunities for lifelong learning for everyone, (v) working towards gender equality and empowerment for all women and girls, (vi) ensuring universal access to and sustainable management of water and sanitation services, (vii) ensuring universal access to inexpensive, dependable and long-term energy services, (viii) fostering economic and sustainable growth, full and productive employment and decent work for all, (ix) creating resilient infrastructure, promoting inclusive industrialization and fostering innovation, (x) reducing variability within and between countries, (xi) making cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable, (xii) ensuring sustainable consumption and production patterns, (xiii) taking urgent action to combat climate change and its impacts, (xiv) preserving the oceans, seas and marine resources and using them in a sustainable manner to achieve sustainable development, (xv) protecting, restoring and promoting sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably managing forests, combating desertification, halting and reversing land degradation and halting biodiversity loss, (xvi) encouraging the establishment of peaceful societies in which no one is marginalized to achieve development and (xvii) providing access to justice for all and building effective, accountable and inclusive institutions at all levels.

3.2. Methodology:

To develop a holistic framework for QOUL, this study employed a structured multimethod approach, as illustrated in Figure 4. The methodology consists of several phases:

- At Phase 1: Review Existing QOUL Structures: This phase involves studying well-known QOUL structures, both subjective and objective, to understand common indicators that are used to assess QOUL.
- At Phase 2: Compare QOUL Indicators with CUPT Principles: Building on Phase 1, this phase compares the identified QOUL indicators with CUPT principles. It identifies any gaps and suggests additional indicators to align the QOUL framework with contemporary planning theories.
- At Phase 3*:* Develop a Theory-Based Framework: In this phase, a comprehensive framework is created by synthesizing the findings from Phase 2. It establishes a strong connection between QOUL criteria, including indicators, subdimensions, and dimension, and the principles of CUPT.
- At Phase 4: Create a Comprehensive List of QOUL Criteria: Using the framework developed in Phase 3, a comprehensive list of QOUL criteria is generated. Researchers select relevant, reliable, valid, and applicable indicators to effectively evaluate and measure the quality of urban life.

Figure 4. The method research approach of this study



By going through these phases, the methodology ensures a systematic and logical approach to developing a holistic QOUL framework. It considers existing structures, incorporates contemporary planning theories, and results in a comprehensive list of criteria to evaluate QOUL effectively. The methodology employed in this study ensures a systematic and rigorous approach to developing a holistic QOL framework. By integrating elements from existing QOUL structures and aligning them with contemporary planning theories, the framework provides a structured and comprehensive basis for evaluating QOUL.

4. Results and Discussion

When assessing the QOUL, it is essential to consider both objective and subjective dimensions as equally significant. Therefore, it is crucial to analyse all seven factors simultaneously to capture QOUL accurately. These factors include objective living conditions as well as people's happiness and well-being in each city under analysis. Social and political aspects, which have a significant impact on QOUL, are particularly important subjective indicators to consider during the evaluation process.

4.1. Comparative Analysis:

This study analyses the CUPT, examining both the objective and subjective aspects of QOUL. This includes reviewing the criteria and principles of various theories and their connection to the main dimensions of QOUL, with the aim of effectively measuring QOUL in cities. Initially, a plan was developed to establish the relationship between QOUL indicators, dimensions, and CUPT, as illustrated in Table 5.

Table 5: The proposed structure of QOUL indicators linking CUPT.

		New Urbanism	Smart Growth	Green Urbanism	Sustainable Development
Objective Indicators	Environmental	*Ventilation and natural light.	Preserving critical health and environmental areas. Environmentally friendly residential neighbourhoods.. *Upgrading to green buildings, parks, and smart facilities. Reduce energy use.	Healthy pedestrian paths. A CO_2 free city. *Technological innovations that promote the preservation of the urban environment. *Observe guidance.	Clean water and energy. *Reduce energy use. Climate change control. *Upgrading to green buildings, parks, and smart facilities.
	Physical	Preserving the historical areas and historical heritage of the city. Streets hierarchical networks. Mixed land uses.	Compact building design. Pedestrian-friendly residential neighbourhoods.. *Smart Pedestrian. *Smart infrastructure. *Smart space.	Housing diversity A healthy, livable city Sustainable transportation. An urban planned city. *Green infrastructure. *Achieving the city's sustainability code.	Green spaces everywhere in the city. A free carbon sustainable city. *Designed for a pollution-free environment.
	Mobility	Interconnected streets. Safe streets.	*Smart Transport infrastructure. Safe transport. * Traffic safety monitoring. *Provides more efficient and intelligent transport systems.	Green pedestrian's sustainable transportation *Green Pedestrian.	*Use clean fuel. *Pedestrians, steps roads and green spaces around. Sustainable transportation.
Subjective Indicators	Social	Enhancing security and safety for the population. Providing services to all residents fairly.	Enhancing a sense of belonging among the population. Integration of residents in the planning decisions of the city. *Digital education and empowerment to work on information and communication technology.	Enhancing the cultural identity and sense of place among the population.	*Public awareness of QOUL. *Flexibility and creativity. *Digital education and empowerment to work on information and communication technology. *Education forever. *Participation in public life.
	Economic	Recycling and economic benefit. *Productivity and entrepreneurship.	Smart economy. *Providing electronic (banking services and shopping)	Recycling and economic benefit. Recruitment of resources. *Productivity and entrepreneurship. *Providing electronic means in commercial operations.	*Global and regional competitiveness. *Providing electronic (banking services and shopping). *Providing electronic means in commercial operations of all kinds. *Productivity and entrepreneurship.
	Psychological		Encouraging the formation of social relationships. Cultural heritage, identity, and sense of place.	Developing community awareness.	*Create a sense of belonging for the city's residents by being involved in all city policies. Create an impression and belonging to the city.
	Political		*Facilitate smart services. *Improve community access to all data. *Develop a modern society characterized by financial and social inclusion.		Policies that support peace and justice Support the policies of private and public companies.
No. of new indicators		2 New indicators	12 New indicators	7 New indicators	15 New indicators
* New indicators.					

Table 5 shows there are new indicators for each comparison, e. g. two new indicators for new urbanism, 12 for smart growth, seven for

green urbanism and 15 for sustainable development. Therefore, the most comprehensive theory of subjective QOUL indicators is sustainable development. Sustainable development included some indicators that traditional QOUL indicators ignored, such as participation in public life and providing electronic means in commercial operations of all kinds. Despite this, it lacks some important objective indicators, such as a smart transport indicator covered by the smart growth theory. The smart growth theory focuses on components of smart, such as transportation and urbanisation, which are not included in the subjective or objective indicators of QUOL. Within its framework principles, the theory of new urbanism does not include environmental, psychological or political indicators of QOUL. According to the green urbanism paradigm, QOUL indicators include transportation and green urbanisation components. Table 5 shows sustainable development principles lead to more humane cities, whereas smart growth and green urbanisation lead to more liveable cities.

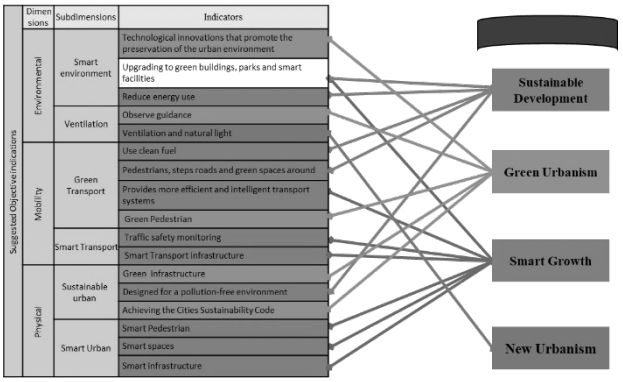
Figure 5. a illustrates the proposed objective QOUL indicators, which accurately measure the QOUL indicators in cities. These dimensions consist of six sub-dimensions and 17 indicators derived from CUPT. For example, smart environment and ventilation belong to the environmental dimensions with multiple sub-dimensions of QUOL, whereas smart transport and green transport fall within the mobility dimensions with various sub-dimensions. Furthermore, smart urban and sustainable urban are part of the physical dimensions with several sub-dimensions. In addition, the suggested subjective dimensions include four sub-dimensions with 13 indicators. These include the smart community as the social dimension with several sub-dimensions, the smart sustainable economy as the economic dimension with multiple sub-dimensions and belonging as the psychological dimension with various sub-dimensions of QOUL. These are the proposed objective QOUL indicators, as depicted in Figure 5. b. The social aspect is an essential dimension of QOUL. CPUT acknowledges the importance of social justice, preventing racial discrimination and ensuring fair distribution of resources in developing inclusive and equitable cities. By integrating these principles into the creation of indicators, urban planners can evaluate how well urban environments foster social cohesion, provide equal access to resources and opportunities and eliminate discriminatory practices. This approach ensures that the assessment of urban quality encompasses the community's diverse needs and aspirations, thereby fostering a more inclusive and equitable city for all residents.

The indicator of upgrading to green buildings, parks and smart facilities is repeated in the smart growth and sustainable development in the objective indicators. The subjective indicators also have four repeated indicators, as shown in Figs. 5a and b, respectively.

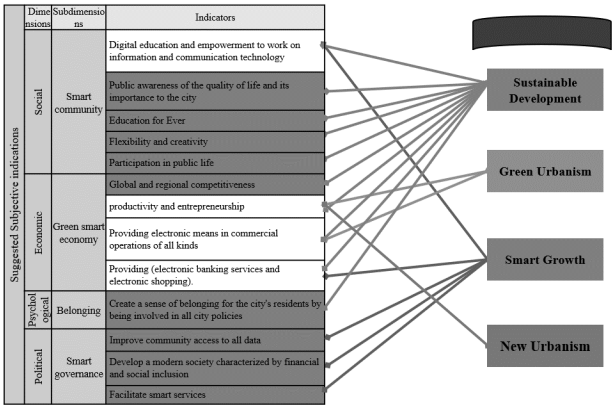
As demonstrated in the discussions above, it is vital to continuously identify dimensions and indicators and develop public policies that incorporate the elements of QOUL. This approach is crucial for promoting ecologically sustainable, resilient, socially inclusive, safe, and economically productive cities. Policies, plans, planning laws, and regulations for cities should be designed and regularly updated based on evidence-based information that takes into account the relationships between cities and QOUL. By doing so, urban development efforts can effectively prioritise and enhance the overall well-being and quality of life of urban residents.

Figure 5: The proposed QOUL indicators. a) Objective indicators. b) Subjective indicators. The repeated indicators are not highlighted.

(a)



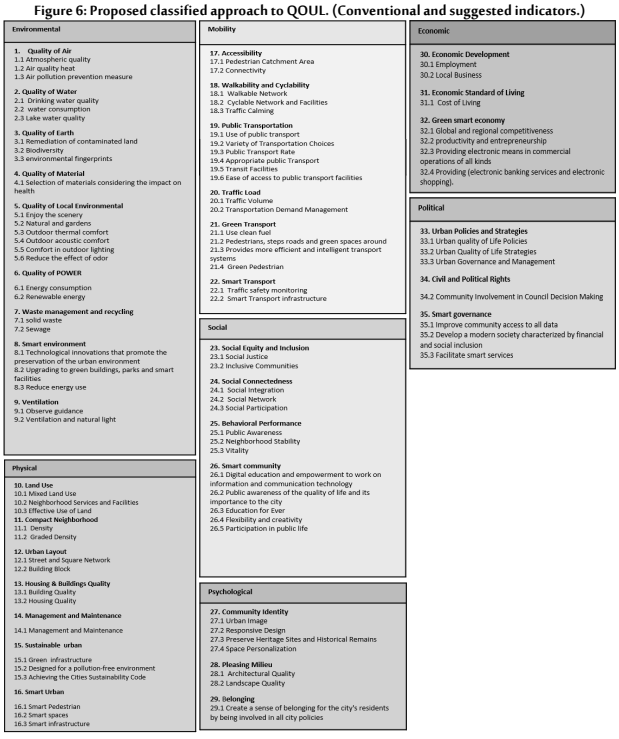
(b)



4.2. Proposed Approach to QOUL Indicators:

The criteria deduced from the theoretical study were used to develop the final proposed approach to QOUL, which includes both objective and subjective indicators as depicted in Fig. 6. The result is a holistic proposed framework.

Figure 6: Proposed classified approach to QOUL. (Conventional and suggested indicators.)



5. Conclusion

It is important to include a wide range of characteristics, from the macro (city) to the micro (neighbourhood/building) level, when assessing QOUL. City indicators should be incorporated into existing data collection to allow for continuous monitoring of progress. Indicators of QOUL should consider both objective and subjective factors, with an emphasis on perception and sustainable choices. Though no single theory can account for every facet of QOUL, they all work together to provide a more complete picture.

This study highlights the importance of linking CUPT with indicators used to assess QOUL. By examining CUPT principles and translating them into measurable indicators, this research aims to advance the measurement of QOUL. A comprehensive review and comparative analysis identify gaps and overlaps between existing QOUL indicators and CUPT principles. In conclusion, the proposed framework includes six objective sub-dimensions and four subjective sub-dimensions, encompassing 30 indicators. Finally, a holistic framework provides a comprehensive approach to evaluating QOUL and addresses the limitations of current indicators by incorporating principles from contemporary planning theories. Policymakers and planners working on rural development should prioritize the following:

- Linking QOUL to to CUPT standards allows for regular assessment and improvement of indicators based on societal changes, technological advancements, and emerging planning theories, facilitating continuous monitoring, and enhancing QOUL over time.
- Combining subjective and objective indicators gives a more holistic understanding of QOUL. By providing a comprehensive evaluation of the urban environment, decision makers have a complete picture of the urban environment, enabling them to make informed and effective decisions that address the community's well-being and aspirations.
- Considering subjective indicators ensures that the evaluation of QOUL takes diverse perspectives into consideration and promotes inclusivity and equity in city planning.

Biographies

Riham Salah

Architecture Department, Faculty of Engineering, Canadian International College, Elsheikh Zayed, Giza, Egypt, +201097260990, just.js36@gmail.com, riham_kamel@cic-cairo.com

Dr. Salah is a PhD researcher in Egypt. She obtained a master's degree in urban planning from Al-Azhar University and has served as a teaching assistant for six years at Nahda University in Bani Sweif, Egypt. She currently works as a lecturer assistant at Canadian International College, located in Sheikh Zayed, Giza, Egypt. Her doctoral dissertation focuses on city planning, specifically exploring the application of a novel methodology to enhance the quality of urban life. ORCID: 0000-0002-5383-7723

Mohga Embaby

Architecture Department, Fayoum University, Faculty of Engineering, Fayoum, Egypt, +201020630070, mee01@fayoum.edu.eg

Prof. Embaby is a professor of architecture and environmental design and Vice Dean of the College of Engineering for Education and Student Affairs. She has served as the Head of the Architecture Department at the Faculty of Engineering, Fayoum University. She has also obtained the titles of Doctor of Philosophy and Professor of Architecture and Urban Design. Throughout her career, she has published research papers in various fields, including architectural engineering, communication design, industrial design, graphic design, urban conservation and rehabilitation, urban design, urban planning landscape, urbanism city planning, sustainable urban development and city planning.

Ehab Okba

Architecture Department, Fayoum University, Faculty of Engineering, Fayoum, Egypt, +201223315636, emo00@fayoum.edu.eg

Prof. Okba is a professor of architecture and environmental design and the Head of the Architecture Department at the Faculty of Engineering, Fayoum University. He is a permanent member of the Promotions Committee of the Supreme Council of Universities in Egypt, director of the investment zone of Fayoum University in New Fayoum City and the former Vice Dean of the College of Engineering for Graduate Studies and Research. He has published research papers on a variety of topics including architectural engineering, geoinformatics, geographic information systems, climatology, geology and sustainable development.

References

Abbate, R., Giambalvo, O. and Milito, A.M. (2001). Service and life quality: The case of Palermo. *Social Indicators Research*, **54**(٢), 275–308. DOI: 10.1023/A:1011032801904

Alvarez, A. and Müller-Eie, D. (2017). Quality of Urban life and its relationship to spatial conditions. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, **223**(25), 285–96. DOI:10.2495/SC170251

Ardestani, L., Choobchian, S., Sadighi, H., Azadi, H., Viira, A.H., Tanaskovik, V. and Kurban, A. (2022). Investigating subjective and objective quality of life in rural areas: The case of Tehran Province in Iran. *Applied Research in Quality of Life*, **n/a**(n/a), 1–32. DOI: 10.1007/s11482-020-09897-0

Bovkir, R., Ustaoglu, E. and Aydinoglu, A.C. (2023). Assessment of urban quality of life index at local scale with different weighting approaches. *Social Indicators Research*, **165**(2), 655–78. DOI: 10.1007/s11205-022-03036-y

Chapman, D.W. and Larkham, P.J. (1999). Urban design, urban quality and the quality of life: Reviewing the department of the environment's urban design campaign. *Journal of Urban Design*, **4**(2), 211–32. DOI: 10.1080/13574809908724447

Chiarini, B., D'Agostino, A., Marzano, E. and Regoli, A. (2021). Air quality in urban areas: Comparing objective and subjective indicators in European countries. *Ecological Indicators*, **121**(n/a), 1–9. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107144

Cömertler, S. (2017). Greens of the European green capitals. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **245**(5), 52064. DOI: 10.1088/1757-899X/245/5/052064

Cummins, R.A. (2000). Objective and subjective auality of life: An interactive model. *Social Indicators Research*, **52**(1), 55–72. DOI: 10.1023/A:1007027822521

Debrah, C., Owusu-Manu, D.G., Kissi, E., Oduro-Ofori, E. and Edwards, D.J. (2020). Barriers to green cities development in developing countries: evidence from Ghana. *Smart and sustainable built environment*, **11**(3), 438–53. DOI: 10.1108/SASBE-06-2020-0089

Discoli, C., Martini, I., San Juan, G., Barbero, D., Dicroce, L., Ferreyro, C. and Esparza, J. (2014). Methodology aimed at evaluating urban life quality levels. *Sustainable Cities and Society*, **10**(n/a), 140–8. DOI: 10.1016/j.scs.2013.08.002

Duan, J., Liao, J., Liu, J., Gao, X., Shang, A. and Huang, Z. (2023). Evaluating the spatial quality of urban living streets: A case study of hengyang city in central South China. *Sustainability*, **15**(13), 10623.

Elkawy, A. and Ahmed, A. (2023). A framework of EBRD green urbanism program for developing new Egyptian Cities by Using GIS and remote sensing (Case Study: Six October City). *SVU-International Journal of Engineering Sciences and Applications*, **4**(2), 47–75. DOI: 10.21608/SVUSRC.2023.186364.1098

Forsyth, A. (2021). Theories and planning theories. *Journal of the American Planning Association*, **87**(2), 155–8. DOI:10.1080/01944363.2021.1885267

Garau, C. and Pavan, V.M. (2018). Evaluating urban quality: Indicators and assessment tools for smart sustainable cities. *Sustainability*, **10**(3), 575. DOI: 10.3390/su10030575

Gomaa, A.A. and Fouad, F.M. (2022). Taqyim mustawi jawdat alhayaat fi albiyat alhadariat bialmudun aljadidat fi misr (dirasat halati: madinat hadayiq 'uktubar)'Evaluating The Quality of Life in Urban Environments in New Cities in Egypt (Case Study: October Gardens city)'. *Journal of Urban Research*, **46**(1), 47–75. DOI: 10.21608/JUR.2022.123228.1089. [in Arabic]

Grant, J.L. (2019). Vision 20/20: Planning theory and practice, past and future. *Planning Theory and Practice*, **20**(2), 159–62. DOI: 10.1080/14649357.2019.1607217

Kaushik, K. (2018). Dreams of the Smart Cities - a Sustainability Perspective. *Botanica*, **68**(n/a), 60–72.

Koçak Güngör, M. and Terzi, F. (2022). Residential satisfaction and quality of urban life: Examining diverse housing environments. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*. **n/a**(n/a), n/a. DOI: 10.1108/ARCH-01-2022-0014

Kubiszewski, I., Zakariyya, N. and Costanza, R. (2018). Objective and subjective indicators of life satisfaction in Australia: How well do people perceive what supports a good life?. *Ecological Economics*, **154**(n/a), 361–72. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.08.017

Liu, L., Jensen, M.B. and Zhang, X. (2019). Urban water management in beijing and copenhagen: Sustainability, climate resilience, and the local water balance. *Greening China's Urban Governance: Tackling Environmental and Sustainability Challenges*, **n/a**(n/a), 89–106. DOI: 10.1007/978-981-13-0740-9_5

Liu, S., Guo, H. and Su, L. (2023). Evaluation of quality of life in urban life circles from a composite perspective of subjective needs and the supply of public amenities: A case study of changbai island, shenyang. *Sustainability*, **15**(13), 10095. DOI: 10.3390/su151310095

Liu, W., He, X., Song, L. and Liu, S. (2018). Urban-rural differences in subjective quality of life in Dehui. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, **40**(4), 563–76.

Lotfi, S. and Koohsari, M.J. (2009). Analyzing accessibility dimension of urban quality of life: Where urban designers face duality between subjective and objective reading of place. *Social Indicators Research*, **94**(n/a), 417–35. DOI: 10.1007/s11205-009-9438-5

Marans, R.W. (2012). Quality of urban life studies: An overview and implications for environment-behaviour research. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **35**(n/a), 9–22. DOI:10.1016/j.sbspro.2012.02.058

Marans, R.W. (2015). Quality of urban life and environmental sustainability studies: Future linkage opportunities. *Habitat International*, **45**(n/a), 47–52. DOI:10.1016/j.habitatint.2014.06.019

Marans, R.W. and Stimson, R. (2011). An overview of quality of urban life. *Investigating quality of urban life: Theory, methods, and empirical research*, **n/a**(n/a), 1–29. DOI: 10.1007/978-94-007-1742-8_1

McCrea, R. (2007). *Urban Quality of Life: Linking Objective Dimensions and Subjective Evaluations of The Urban Environment*. PhD Thesis, University of Queensland, Queensland, Australia.

Mohamed, R.S., Bakr, A.F. and Anany, Y.M. (2017). New urban indicators for evaluating urban polices in Egypt: City capacity and capability (Capa2). *Procedia Environmental Sciences*, **37**(n/a), 53–67. DOI: 10.1016/j.proenv.2017.03.017

Mulligan, G., Carruthers, J. and Cahill, M. (2004). Urban quality of life and public policy: A survey. *Contributions to Economic Analysis*, **266**(n/a), 729–802. DOI: 10.1108/S0573-8555(2005)0000266024

Murgaš, F. and Klobučník, M. (2018). Quality of life in the city, quality of urban life or well-being in the city: Conceptualization and case study. *Ekológia (Bratislava)*, **37**(2), 183–200. DOI:10.2478/eko-2018-0016

Nassar, U. (2013). Principles of green urbanism: The absent value in Cairo, Egypt. *International Journal of Social Science and Humanity*, **3**(4), 339–43. DOI: 10.7763/IJSSH.2013.V3.258

Okba, E.M, Embaby, M.E and Abd-Almonem, R.M. (2016). Tawjih 'iidarat aleumran min khilal tatbiq watafeil muashirat altanmiat almustadama 'Directing construction management through the application and activating the indicators of sustainable development'. *Journal of the Egyptian Society of Engineers*, **55**(1), 69–82. [in Arabic]

Popescu, A.I. (2020). Long-term city innovation trajectories and quality of urban life. *Sustainability*, **12**(24), 10587. DOI: 10.3390/su122410587

Porter, D.R. (2002). *Making Smart Growth Work*. Washington DC: Urban Land Institute.

Sousa-Gomes, M.C., Luís, R.P.M. and Gomes dos Santos, G. (2010). Quality of life: A reappraisal. *International Journal of Sociology and Social Policy*, **30**(9/10), 559–80. DOI:10.1108/01443331011072307

Sultan, B., Katar, I.M. and Al-Atroush, M.E. (2021). Towards sustainable pedestrian mobility in Riyadh city, Saudi Arabia: A case study. *Sustainable Cities and Society*, **69**(n/a), 102831. DOI: 10.1016/j.scs.2021.102831

Taqi, O.S., Farid, M. and Radwan, A.H. (2021). The importance of quality of urban life indicators in developing new urban communities in cairo. *MEJ. Mansoura Engineering Journal*, **46**(2), 58–66. DOI: 10.21608/bfemu.2021.184361

Van-Kamp, I., Leidelmeijer, K., Marsman, G. and De Hollander, A. (2003). Urban environmental quality and human well-being: Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study. *Landscape and Urban Planning*, **65**(1–2), 5–18. DOI: 10.1016/S0169-2046(02)00232-3

von-Wirth, T., Grêt-Regamey, A. and Stauffacher, M. (2015). Mediating effects between objective and subjective indicators of urban quality of life: Testing specific models for safety and access. *Social Indicators Research*, **122**(1), 189–210. DOI:10.1007/s11205-014-0682-y

Ye, L., Mandpe, S. and Meyer, P.B. (2005). What is "smart growth?"—Really? *Journal of Planning Literature*, **19**(3), 301–15. DOI: 10.1177/0885412204271668

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية
Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences

فعالية جراثيم معزولة محلياً في المعالجة الحيوية للتلوث النفطي

علا الشاخ [1] وتميم عليا [2] وأميمة ناصر [1]
[1] قسم الوقاية البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا
[2] قسم الكيمياء البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا

Efficiency of Locally Isolated Bacteria in the Bioremediation of Petroleum Pollution

Ola Al-shakh [1], Tamim Alia [2] and Omiema Nasser [1]
[1] Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Research, University of Tishreen, Latakia, Syria
[2] Department of Environmental Chemistry, Higher Institute for Environmental Research, University of Tishreen, Latakia, Syria

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/sci/230053	05/10/2023	01/12/2023	01/12/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
5740	7	2023	24	2

الملخص

تعد المعالجة الحيوية للملوثات النفطية من الاستراتيجيات الجديدة، التي تتميز بأنها اقتصادية وصديقة للبيئة وتحقق الاستدامة، تعتمد هذه المعالجة على استخدام كائنات حية دقيقة للاستفادة من نشاطها الحيوي لتفكيك المركبات الهيدروكربونية التي يتكون منها النفط. ركزت هذه الدراسة على عزل وتوصيف بكتيريا من البيئة المحلية ودراسة فعاليتها في خفض المركبات الهيدروكربونية لزيت المحرك المعتمد كمصدر وحيد للكربون. بعد عملية العزل الانتقائية تم الحصول على ست عزلات بكتيرية، تم تقييم فعاليتها في المعالجة الحيوية. أظهرت النتائج تفوق عزلتين بكتيريتين (SL4-IW2) بالتفكك الحيوي لزيت المحرك بنسبة تفكك وصلت لـ (83.17-76.58)% على التوالي خلال 20 يوماً، وأكدت النتائج وجود علاقة طردية بين فعالية التفكك الحيوي وكل من معدل النمو والنسبة المئوية لإرجاع مركب الـ2,6-dichlorophenol indophenol (DCPIP)، إذسجلت العزلتان (SL4-IW2) أعلى معدل نمو، وحققت أعلى معدل إرجاع لمركب الـ (DCPIP) بنسبة (74.55-79.79)% على التوالي خلال فترة المعالجة، صنفت العزلتان البكتيريتان (SL4-IW2) أنهما *Bacillus subtilis- Klebsiella pnoumoniae* من خلال دراسة الصفات الشكلية والخصائص الحيوية لهما، خلصت نتائج هذه الدراسة إلى إمكانية استخدام هذه العزلات في عمليات التفكك الحيوي للمركبات الهيدروكربونية.

ABSTRACT

Bioremediation of petroleum pollutants is a new, environmentally friendly technique that promotes sustainability. This method is based on employing microorganisms to degrade petroleum contaminants in the environment. This study focused on characterising and selecting bacteria isolated from the local environment to study their efficiency in reducing hydrocarbon compounds with engine oil as the sole source of carbon. The findings of this study have shown that six bacterial isolates were chosen and utilised in the bioremediation process. Two of these isolates, SL4 and IW2 were robust in the treatment of hydrocarbon compounds of engine oil with efficiency reaching up to 83.17% and 76.58%, respectively, in 20 a day- period. During the biodegradation process, SL4 and IW2 achieved the highest growth rate as well as the highest redox rate of 2,6-dichlorophenol indophenol (DCPIP) at a percentage of 79.79% and 74.55%, respectively. After conducting morphological and biochemical testing the result confirmed that SL4 and IW2 isolates were *Klebsiella pnoumoniae - Bacillus subtilis*. based on the results, it can conclude that the local bacterial strains isolated in this study have great potential to degrade petroleum contaminants.

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
bacteria growing, biochemical test, biodegradation, engine oil, hydrocarbon compounds, redox rate
الأكسدة والاختزال، المركبات الهيدروكربونية، زيت المحرك، التفكك الحيوي، الاختبارات البيوكيميائية، النمو البكتيري

CITATION
الإحالة
Al-shakh, O., Alia, T. and Nasser, O. (2023). Faeaaliat jarathim maezulat mhlyaan fi almuealajat alhayawiat liltalawuth alniftii 'Efficiency of locally isolated bacteria in the bioremediation of petroleum pollution'. *Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 61–7. DOI: 10.37575/b/sci/230053 [in Arabic]
الشاخ، علا و عليا، تميم و ناصر، أميمة. (2023). فعالية جراثيم معزولة محلياً في المعالجة الحيوية للتلوث النفطي. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **24**(2)، 61–7.

1. المقدمة

تعد مشكلة التلوث البيئي بالملوثات النفطية مشكلة عالمية لما لها من اثار سلبية اقتصادياً وبيئياً، ففي السنوات الأخيرة ازداد الطلب على المشتقات النفطية نتيجة تطور القطاعات الصناعية والتكنولوجية واعتمادها على النفط كمصدر رئيس للطاقة، بهدف تلبية متطلبات الحياة العصرية، مما أدى إلى زيادة عمليات الإنتاج والنقل والتخزين لسد جميع الاحتياجات المطلوبة، وقد ترافقت هذه العمليات بتسرب المركبات الهيدروكربونية النفطية إلى النظم البيئية، الأمر الذي أثر في مكوناتها الحيوية وغير الحيوية، وأدى إلى تدهورها واختلال توازنها، بسبب التأثير السام لهذه المركبات على المدى الطويل (Zargar *et al.*, 2022; Head *et al.*, 2006)، وقد استحوذ التلوث النفطي على اهتمام الباحثين بشكل لافت من خلال القيام بدراسات وأبحاث عديدة للوصول إلى استراتيجيات مستدامة لإعادة تأهيل المناطق الملوثة بهدف التخلص من المركبات الهيدروكربونية وخفض مؤشرات التلوث بالاعتماد على طرائق معالجة مختلفة كالطرائق الفيزيائية والكيميائية والحيوية، وبينت الأبحاث التطبيقية أن الطرائق الحيوية هي الأفضل لأنها منخفضة التكلفة الاقتصادية وصديقة للبيئة تسعى إلى الاستدامة ولا ينتج منها منتجات ضارة، وتعتمد المعالجة الحيوية على توظيف أنواع من الكائنات الحية المحلية في تفكيك المركبات الهيدروكربونية ذات العبء البيئي إلى مركبات قليلة الخطورة أو غير خطرة (Goveas *et al.*, 2022; Al-Dhabi *et al.*, 2020).

ومن الكائنات الحية التي درست فعاليتها في المعالجة الحيوية للمركبات الهيدروكربونية وكانت ذات كفاءة جيدة الفطريات (Yehia, 2023) ، ولكن العديد من الدراسات بينت أن البكتيريا من أفضل الكائنات الحية في تفكيك هذه المركبات، وقد اعتمدت مجموعة من الإجراءات لتحديد العزلات االبكتيرية المفككة للمركبات الهيدروكربونية والمتكيفة مع بيئتها باعتبارها وسائط حيوية محلية تمتلك القدرة على ضبط وتقييد الأثر البيئي للملوثات النفطية بصورة طبيعية وسريعة، وفي السنوات الأخيرة تم التركيز على تطوير وتحسين ظروف المعالجة مع ضرورة اختيار الطريقة المناسبة والنوع المناسب للوصول إلى أقصى كفاءة معالجة، لذا كان لابد من الفهم العميق للعوامل التي تؤثر على متطلبات الأحياء الدقيقة خلال فترة المعالجة، ومراقبة سلوك وأداء الكائن الحي ومعدل نموه ونشاطه الحيوي (Al-Hawash *et al.*, 2018)، الذي يتجلى برد الفعل التسلسلي لتفكيك المركبات النفطية نتيجة الهجوم الأولي لها داخل الخلايا البكتيرية لتدخل في مسارات الاستقلاب الخاصة بكل كائن على حده، ولوحظ أن الفعالية الحيوية تزداد خلال مراحل المعالجة بسبب امتلاك الكائن الحي خصائص تخلق حالة انسجام مع المركبات الهيدروكربونية، فقد تبين وجود علاقة بين كمية ونوع الروابط الكيميائية والوزن الجزيئي وشكل الهيكل الكيميائي للمركب الهيدروكربوني وبين سرعة التفكك الحيوي (Carrick , 1977) .

Corresponding Author: Ola AL-shakh 00963930740518, olaalshakh233@gmail.com المؤلف المراسل: علا الشاخ

ظهر ذلك واضحاً في نتائج دراسة Medić *et al.* (2020) إذ لوحظ تأثير نوع وبنية الهيكل الكيميائي للمركبات الهيدروكربونية بشكل واضح على كفاءة المعالجة الحيوية للعزلة البكتيرية *Pseudomonas aeruginosa*، فقد فككت المركبات الأليفاتية (n- nonadecane- n-hexadecan) بنسبة (80-98) %على التوالي، بينما انخفضت فعالية تفكك المركبات الأكثر تعقيداً كالهيدروكربونات الحلقية العطرية (Phenantrene - Pyeren) إلى(41-50) % على التوالي.

وتوافق ذلك مع نتائج دراسة Christova *et al.* (2019) فقد تأثرت الفعالية الحيوية بطبيعة الوظائف الكيميائية للمركبات الهيدروكربونية على الرغم من اختلاف نوع العزلة البكتيرية المستخدمة في المعالجة الحيوية *Bacillus cereus*، إذ فككت المركبات الأليفاتية بنسبة (93)% والمركبات العطرية (Phenantrene – Anthracene) بنسبة (52-58)% .

وتأتي هذه الدراسة كمساهمة في مجال التخلص من هذه الملوثات البيئية، بهدف تخفيف عبء التلوث البيئي الناتج عنها، وذلك من خلال عملية الاستقصاء والبحث عن كائنات حية دقيقة قادرة على تحمل عبء التلوث البيئي للمخلفات النفطية، وقيامها بدور فعال في خفض التكلفة الاقتصادية لعمليات المعالجة المستخدمة.

2. أهمية البحث وأهدافه

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها حلقة مهمة في عملية المعالجة الحيوية للمياه النفطية بأقل تكاليف ممكنة، وتقوم منهجية البحث على دراسة تجريبية لفعالية بكتيريا معزولة من البيئة المحلية كمنظومة معالجة حيوية لتخفيض تركيز الملوثات النفطية عبر دراسة تخفيض محتواها من المركبات الهيدروكربونية، ومن هنا تتجلى أهمية البحث في:

- الأهمية البيئية: معالجة المياه النفطية وتخفيض محتواها من الملوثات، وتخفيف العبء البيئي إلى حدود مقبولة لطرحها في البيئة.
- الأهمية الاقتصادية: اعتماد نظام معالجة حيوي، وبكتيريا تعزل محلياً يخفف صعوبة استيرادها في الظروف الراهنة،إضافة إلى إمكانيةاستثمار المياه بيئياً.

يهدف البحث إلى ما يلي:

- عزل بكتيريا قادرة على تحمل المركبات النفطية من البيئة المحلية، واختبار فعاليتها في المعالجة الحيوية.
- انتقاء السلالة البكتيرية الأكثر كفاءة في تفكيك المركبات النفطية

3. مواد وطرائق العمل

3.1. الاعتيان:

جمعت عينات مياه ملوثة بالمركبات النفطية من حوض المعالجة الحيوية في الشركة العامة لمصفاة بانياس، محافظة طرطوس، سوريا في عبوات بولي ايثلين سعة (1) لتر، ثم نقلت مباشرة إلى المختبر، للعمل على عزل وانتقاء كائنات حية دقيقة محلية، واختبار فعاليتها في تخفيض المركبات الهيدروكربونية .

3.2. عزل البكتيريا وانتقاء الاكثر كفاءة في التفكك الحيوي للمركبات الهيدروكربونية:

تمت عملية الكشف عن البكتيريا وعزلها، بالاعتماد على الطرائق المعتمدة عالمياً مع بعض التعديلات وفق المراحل الآتية:

3.2.1. مرحلة إغناء البكتيريا عزلها وتفريقها من عينات المياه الملوثة بالمركبات النفطية

أضيف (1) مل من المياه الملوثة بالمركبات النفطية، التي جمعت من حوض المعالجة البيولوجية في أرلنماير يحتوي (100) مل من وسط المرق المغذي (Nutrient Broth) (NB)، ثم حضنت العينات في الدرجة (35) درجة مئوية ومدة (48) ساعة. تمت الزراعة بطريقة التخطيط من الوسط الزرعي (NB)، وذلك بعد القيام بسلسلة من التخفيف على الوسط الزرعي(Nutrient Agar) (NA)، ثم وضعت الأطباق في الحاضنة عند درجة حرارة (35) درجة مئوية مدة (48) ساعة، وفُرقت المستعمرات النقية، إضافة إلى إعادة تفريق المستعمرات المختلطة بتكرار طريقة التخطيط بعد القيام بسلسلة التخفيف للمستعمرات ذاتها (Holt, 1977).

3.2.2. مرحلة العزل الانتقائي للبكتيريا المفككة للمركبات النفطية

حضرت بادئة لكل عزلة بكتيرية نقية، وذلك بنقل البكتيريا النامية على الوسط المغذي الصلب (NA) بمقدار عقدة إبرة زرع إلى أنابيب تحتوي الوسط المغذي السائل (NB)، ثم وضعت في الحاضنة عند درجة حرارة (35) درجة مئوية مدة (48) ساعة، بعد ذلك ثفلت الأنابيب الحاوية العزلات البكتيرية بالمثفلة (4000) دورة في الدقيقة مدة (10) دقائق، وغسلت بمحلول ملحي (NaCl) تركيز (0.9)% ثلاث مرات للتخلص من كامل المواد العضوية، وقدر معدل النمو البكتيري بطريقة الكثافة الضوئية (OD_{600}) باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر عند طول موجة (600) نانومتر (Safitri *et al.*, 2018; Tahseen *et al.*, 2016; Rahman *et al.*, 2002).

حُقنت البادئات البكتيرية المحضرة في أرلنمايرات حاوية (100) مل من وسط الـ (BH)(Bushnell Hass) المحضر بإذابة (1.0)غ K_2HPO_4، (1.0)غ KH_2PO_4، (1.0)غ NH_4NO_3، (0.2)غ $MgSO_4$، (0.02)غ $CaCl_2$، (0.05)غ $FeCl_3$ في (1) لتر ماء مقطر، وعُدلت الpH إلى (7-7.2) بإضافة (NaOH, HCl) (Bushnell and Hass 1941)، وعُقم بالاتوغلاف بدرجة حرارة (121) درجة مئوية مدة 20 دقيقة. عُدل الوسط بإضافة زيت محرك 10/40 بتركيز(0.1)% باعتباره المصدر الوحيد للكربون في الوسط المغذي، وبمعدل ثلاثة مكررات، وحضنت في حمام مائي هزاز بدرجة الحرارة (35) درجة مئوية و(120) هزة في الدقيقة مدة (7) أيام مع مراقبة العزلات التي تمكنت من النمو بهدف عزل البكتيريا المفككة للمركبات الهيدروكربونية، وإقصاء البكتيريا غير القادرة على تفكيك هذه المركبات (Lima *et al.*, 2019) .

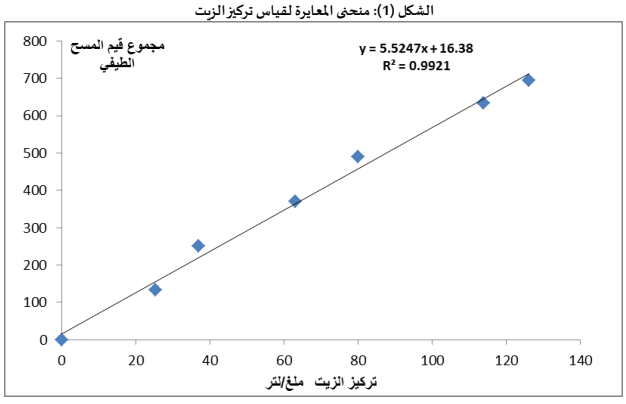
3.2.3. تقدير فعالية العزلات البكتيرية في تفكيك المركبات الهيدروكربونية وتوصيف العزلات الأكثر كفاءة

قُدرت فعالية العزلات البكتيرية على تفكيك المركبات الهيدروكربونية التي استخدم كمصدر لها زيت المحرك 10/40 في درجة الحرارة العادية والذي يتكون من مركبات هيدروكربونية تحتوي على (18-34) ذرة كربون مضافاً إليه بعض مضادات الأكسدة لتحسين جودته)

تم قياس التركيز الكلي لهذه المركبات خلال زمن المعالجة، وذلك بالاعتماد على إجراء مسح طيفي باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر عند أطوال موجية (700 -190) نانومتر.

تم تنفيذ منحنى معايرة يربط بين تركيز الزيت في الماء والمساحة تحت منحنى المسح الطيفي، وتم التوصل إلى علاقة خطية تربط بين تركيز الزيت والمساحة تحت المنحنى الشكل (1).

الشكل (1): منحنى المعايرة لقياس تركيز الزيت



تمت المعالجة الحيوية بإضافة البادئات البكتيرية النقية المحضرة بالطريقة السابقة إلى أنابيب زجاجية تحتوي على وسط (BH-CO) المحضر بإضافة

(20) مل من (BH) المضاف إليه زيت محرك بتركيز (126) ملغ/لتر وبمعدل ثلاثة مكررات، إذ تم اختيار هذا التركيز بعد إجراء سلسلة من التجارب المخبرية لانتقاء التركيز الذي يحقق أفضل حالة استحلاب للزيت ضمن الوسط بعد تحريكه بسرعة دورانية عالية مدة ثلاث ساعات للحصول على أفضل حالة تجانس، ثم حضنت في حمام مائي هزاز بدرجة الحرارة (35) درجة مئوية و(120) هزة في الدقيقة مدة (20) يوماً، أخذت القياسات في الأيام (2-4-6-8-10-12-15-20).

3.3. توصيف البكتيريا الاكثر كفاءة في المعالجة الحيوية:

وصّفت البكتيريا التي سجلت فعالية جيدة بالاعتماد على صفاتها الشكلية وخصائصها الحيوية الكيميائية (صبغة غرام، الأكسدة، اختبارات تخمر السكريات) وفق بروتوكول بيرجي (Vos *et al.*, 2009) وبالاعتماد على التحليل الجزيئي بتقانة الـ PCR الذي أجري في مخابر هيئة الطاقة الذرية السورية وفق البروتوكول المعتمد، والمتضمن المراحل الآتية -

3.3.1. استخلاص الحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجين (DNA)

استنبتت المستعمرة البكتيرية المعزولة في وسط الاستنبات في درجة الحرارة (37) درجة مئوية مدة (24) ساعة، وأُخذ (1.5) مل من المستنبت البكتيري، وثُفل مدة (1) دقيقة بسرعة (9000) دورة بالدقيقة، وضع فوق الراسب البكتيري (500) ميكرولتر من موقي الـ TE، وأُضيف (50) ميكرولتر من الأنزيم الحال الليزوزيم (10) ملغ/مل، ورجَّ المزيج جيداً ثم تُرك مدة ساعتين في حمام مائي عند درجة الحرارة (37) درجة مئوية، وتُرك (24) ساعة في درجة حرارة (50) درجة مئوية، وأضيف (25) ميكرولتر من أنظيم البروتيناز K (20) ملغ/مل ، وحُضن المزيج في درجة حرارة (37) درجة مئوية مدة ساعة، وأضيف (25) ميكرولتر من الـ SDS (25%) مع الحضن مدة ساعة. أضيف (200) ميكرولتر من الـ NaCl (5 مول) و (750) ميكرولتر من مزيج (فينول-كلوروفورم) مع المزج الجيد، وثُفل المزيج بسرعة (13000) دورة بالدقيقة مدة(5) دقائق. أضيف إلى الجزء الطافي (الحاوي المادة الوراثية)(450) ميكرولتر من الإيزوبربانول، وثفل المزيج بسرعة (13000) دورة بالدقيقة مدة (45) دقيقة. أُضيف إلى الراسب (1) مل من الإيتانول (70%) ثُفل المزيج بسرعة (13000) دورة بالدقيقة مدة (5) دقائق في درجة حرارة (4) درجة مئوية، ثم تُرك الراسب حتى يجف، وأضيف (50) ميكرولتر من موقي الـ TE وحُفظ المزيج في الجمادة لحين الاستخدام.

3.3.2. تقانة PCR (Polymerase chain reaction)

أجري التفاعل بحجم نهائي (25) ميكرو لتر من مزيج الـ PCR مضاف (100µg/µl) من الـ DNA المُستخلص بالاعتماد على الجين المميز للمورثة *16s rDNA* وفق تسلسل الأسس الأزوتية للبرايمر المستخدم 5`-(ACCCACTACGGTCGCGTATG-3`) و (5`-CAAGACATCATGGCCCTTAC-3`) حدث التفاعل في برنامج حراري بدأ بالتحطيم الحراري البدائي مدة (5) دقائق عند درجة حرارة (95) درجة مئوية، وهويتكون من 35 دورة وفق ثلاث مراحل تختلف عن بعضها بدرجة الحرارة والفترة الزمنية المخصصة لكل مرحلة موضحة بالجدول (1).

الجدول (1) خطوات عمل الـPCR ضمن الدورة الواحدة وتباين درجات الحرارة

الزمن	درجة الحرارة	الخطوات	التفاعل
دقائق3	درجة مئوية94		تنشيط الانزيم والتهيئة لتحطيم الحراري
ثانية30	درجة مئوية94	التحطيم الحراري	35 دورة
ثانية45	درجة مئوية52-59	الالتصاق	
دقيقة1	درجة مئوية72	الاستطالة	
دقائق10	درجة مئوية72		ضمان استكمال تركيب السلسة الجديدة من الحمض النووي DNA
لحين الاستخدام	درجة مئوية4		حفظ العينات

3.4. اختبار فعالية الأكسدة التنفسية DCPIP:

تم إضافة (100) ميكرولتر من البادئة البكتيرية لكل عزلة بكتيرية، و(400) ميكرولتر من الـDCPIP بتركيز (0.5) غ/لتر إلى أنابيب زجاجية حاوية وسط (BH-CO) وبمعدل ثلاثة مكررات، ثم حضنت في حمام مائي هزاز بدرجة الحرارة (28) درجة مئوية و(120) هزة في الدقيقة مدة (7) أيام وتم القياس بشكل يومي، إذ ثفلت العينات للتخلص من المعلق الجرثومي. قيست الامتصاصية بوساطة جهاز السبيكتروفوتومتر عند طول موجة (600) نانومتر، وقدرت كفاءة العزلة البكتيرية الأسرع في عملية المعالجة من خلال حساب معدل إرجاع الـ DCPIP بتطبيق العلاقة:

(Xu *et al.*, 2022; Hanson *et al.*, 1993)

$$D=\frac{A_0-A_i}{A_0}\times 100$$

D: نسبة إرجاع مركب الـDCPIP ، A_0: امتصاصية الشاهد، A_i: امتصاصية العينة

3.5. الدراسة الإحصائية:

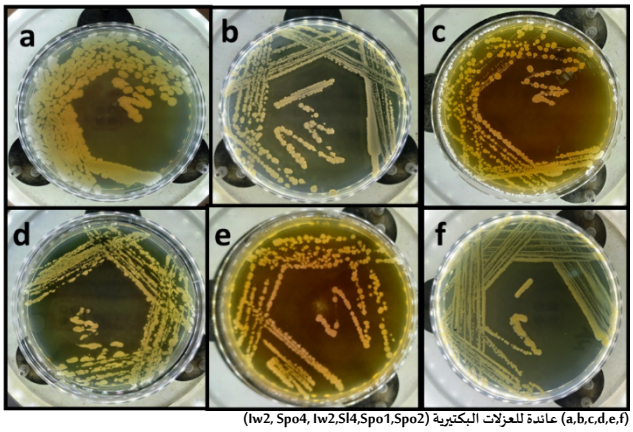
تم إجراء الدراسة الإحصائية للنتائج التي تم الحصول عليها باستخدام برنامج Excel، إذ تم رسم خطوط بيانية تبين العلاقة بين الفترات الزمنية وكل من تغير معدل النمو البكتيري والنسبة المئوية لتفكك المركبات الهيدروكربونية والنسبة المئوية لإرجاع الـ DCPIP.

4. النتائج والمناقشة

4.1. عزل وانتقاء البكتيريا الاكثر كفاءة في التفكك الحيوي للمركبات الهيدروكربونية:

توصلت الدراسة إلى عزل ست عشرة سلالة بكتيرية من عينات الحوض البيولوجي، سجلت ست سلالات بكتيرية (SPO2-SPO4-SPO1-IW3-IW2-SL4) أعلى معدل نمو في وسط (BH) الحاوي (0.1)% (v/v) من زيت المحرك كمصدر وحيد للكربون والطاقة، وذلك بعد الحضن مدة أسبوع بدرجة الحرارة (35) درجة مئوية، ويبين الشكل (2) المستعمرات البكتيرية على الوسط الزرعي (NA).

الشكل (2): المستعمرات البكتيرية على الوسط الزرعي (NA)



عائدة للعزلات البكتيرية (a,b,c,d,e,f) (Iw2, Spo4, Iw2,Sl4,Spo1,Spo2)

4.2. تقدير فعالية البكتيريا المعزولة في تفكك المركبات الهيدروكربونية وقياس معدل النمو البكتيري:

تتميز البكتيريا المعزولة من البيئة المحلية الملوثة بالمركبات النفطية بامتلاكها ميزات مضافة، بسبب تكيفها وتأقلمها مع شروط البيئة الملوثة، وقدرتها على تفكيك أنواع مختلفة من المركبات الهيدروكربونية باعتبارها مصدراً بديلاً للطاقة (Lopes *et al.*, 2018)

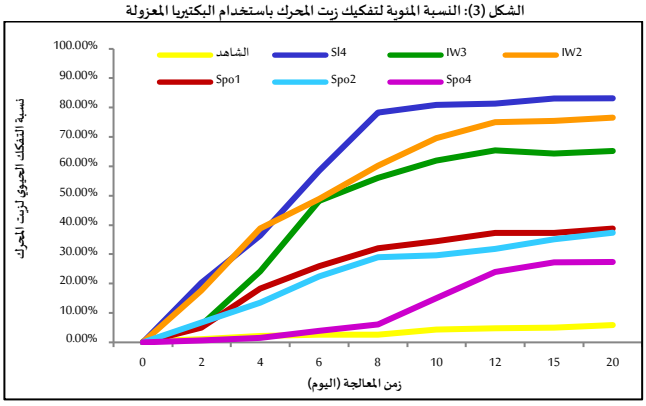
بينت نتائج هذه الدراسة فعالية مختلفة للبكتيريا المعزولة من البيئة المحلية في عملية المعالجة الحيوية، كما هو موضح في الشكل (3)، إذ تفاوتت كفاءة تفكيك المركبات الهيدروكربونية بين الجيدة والمنخفضة خلال مدة معالجة استمرت 20 يوماً، مع ملاحظة وجود شبه استقرار لنسبة التخفيض، مما يدل على انتهاء فعاليتها الحيوية. تفوقت العزلتان (SL4-IW2) بكفاءة معالجة عالية، إذ استطاعت خفض المركبات الهيدروكربونية بنسبة (76.58 -83.17)% على التوالي، بخلاف العزلة البكتيرية (IW3) التي أبدت فعالية معالجة متوسطة (65.29)%، بينما كان معدل التفكك الحيوي للعزلات (SPO1-SPO2-SPO4) ضعيفاً، إذ لم تتجاوز أعلى نسبة تفكك لها الـ(38.78)% للعزلة البكتيرية (SPO1). بشكل متزامن لعملية المعالجة الحيوية تمت مراقبة تأقلم واستجابة البكتيريا لمصدر التغذية المتمثل بالمركبات

الهيدروكربونية في زيت المحرك، وذلك من خلال قياس تغير معدل النمو البكتيري بطريقة الكثافة الضوئية OD_{600} كما هو موضح في الشكل(4)

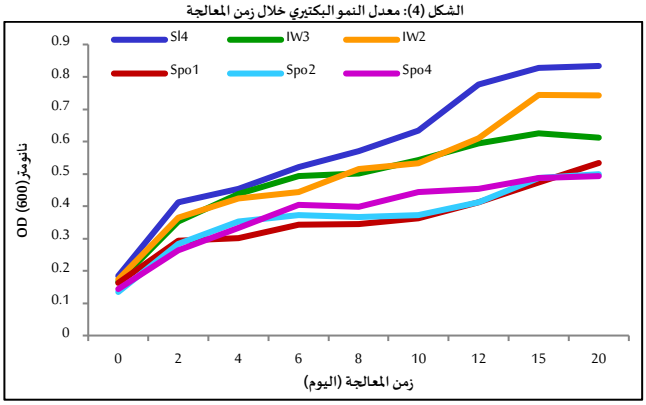
أظهرت النتائج نسب نمو متفاوتة لأغلب البكتيريا المستخدمة، فقد حققت العزلتان (SL4-IW2) أعلى معدل نمو، وكان قد قابلها أعلى معدل تخفيض، كما أن العزلات البكتيرية (SPO1-SPO2-SPO4)، التي أبدت فعالية ضعيفة في تفكيك المركبات الهيدروكربونية قابلها نمو ضعيف.

بينت النتائج أن النمو البكتيري يتوافق طرداً مع انخفاض تركيز المركبات الهيدروكربونية، ويمكن تفسير هذه العلاقة الطردية كنتيجة استهلاك البكتيريا لهذه المركبات واستقلابها للحصول على الكربون وتأمين الطاقة اللازمة للقيام بعمليات النمو والتكاثر والأنشطة الحيوية المختلفة (Kleindienst *et al.*, 2015; Hazen *et al.*, 2010).

الشكل (3): النسبة المئوية لتفكيك زيت المحرك باستخدام البكتيريا المعزولة



الشكل (4): معدل النمو البكتيري خلال زمن المعالجة



يعزى التفاوت في فعالية المعالجة ومعدل نمو البكتيريا إلى عوامل عدة تتعلق بالخصائص الحيوية الخاصة بكل نوع بكتيري، والعوامل البيئية والظروف التجريبية المطبقة، ويمكن تفسير التباين في نسب الفعالية التي ظهرت من خلال النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة من ناحيتين: الأولى تتمثل بالخصائص الحيوية للبكتيريا المستخدمة، التي تتحدد بالدرجة الأولى بالتقصي عن سلوك كل كائن حي، ونوع الأنزيمات الخاصة به ووظائفها الكيميائية، خاصة التأكسدية، ومسارات الاستقلاب المتغيرة والخاصة بكل نوع، كما يؤثر التركيب الكيميائي لجدار الخلية البكتيرية في سرعة وسهولة التصاق المركب الهيدروكربوني على سطح الخلية (Liu *et al.*, 2019; Carolin *et al.*, 2021)، ومن الخصائص الحيوية التي تعد المفتاح الأساس للتفكك الحيوي قدرة بعض الأنواع البكتيرية على إنتاج مركبات استحلابية تمتلك خصائص محددة تخلق حالة توازن وتواصل مع المركبات الهيدروكربونية، لأنها تؤثر في نفاذية سطح الخلية البكتيرية وتخفض توترها السطحي وتعمل في الوقت نفسه على زيادة تشتت هذه المركبات وزيادة ذوبانيتها، فينتج من ذلك حالة تقارب بين البكتيريا والمركبات الهيدروكربونية نتيجة تحسن الاتصال بين الغشاء الخلوي والمركب النفطي(Bezza and Chirwa, 2015; Shavandi *et al.*, 2011) ، مجمل الخصائص الحيوية المذكورة أثرت في عمليات الاستقلاب الحيوي وحفزت عمل الكتلة الحية، تبعاً لكل نوع بكتيري من البكتيريا المستخدمة، لذلك لوحظ زيادة عمليات التحول الحيوي المتمثلة بزيادة نسبة تخفيض المركبات الهيدروكربونية وازدياد معدل نمو لبعض الأنواع البكتيرية، وبالمقابل واجهت بعض الأنواع صعوبة في الاستقلاب الحيوي وتفكيك هذه المركبات لعدم امتلاكها الخصائص الحيوية التي تدعم البكتيريا في عملياتها الحيوية (Bordoloi *and Konwar*, 2009; Singh *et al.*, 2007).

أما الناحية الثانية فهي تتعلق بالخصائص الكيميائية للركيزة المستخدمة، إذ إن لنوع المركب الهيدروكربوني وتركيبه الكيميائي ووزنه الجزيئي دور مهماً ومؤثراً في كفاءة العزلات البكتيرية (Takei *et al.*, 2008) ، فقد بينت بعض الدراسات وجود أنواع بكتيرية تكون ملازمة لمجال واسع من المركبات للهيدروكربونات ، بينما بعض البكتيريا لا تكون فعالة إلا لنوع معين من هذه المركبات (Fuentes *et al.*, 2016; Yakimov *et al.*, 2007)

بالمقارنة مع دراسات أخرى استخدمت المصدر الكربوني ذاته (زيت المحرك) كانت النتائج متفاوتة ففي دراسة (Veerapagu *et al.*, 2019) وصلت نسبة تخفيض المركبات الهيدروكربونية لزيت المحرك لـ 69%- 58% عند استخدام العزلتين *Bacillus subtilis* و *pseudomonas* sp. على التوالي خلال فترة معالجة استمرت 30 يوماً، وبنسبة زيت محرك 1% (v/v)، وتعد كفاءة جيدة على عكس دراسة (Debajit and Yadav, 2014)، إذ كانت فعالية المعالجة منخفضة، فقد بلغت 16% بعد فترة معالجة امتدت 28 يوماً عند استخدام العزلة البكتيرية *B. cerues*، مما يؤكد تأثير نوع الكائن الحي وخصائصه الحيوية على كفاءة المعالجة.

بمقارنة النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة مع دراسات أخرى اعتمدت على تطبيق المعالجة الحيوية للمركبات النفطية بتوظيف بكتيريا من البيئة المحلية الملوثة بها، فقد توصلت دراسة (Abdulla *et al.*, 2019) إلى عزل بكتيريا من تربة ملوثة بالمركبات النفطية، ودرست فعالية خمس عزلات منها تميزت بكفاءة معالجة متفاوتة وصلت أعلى نسبة تخفيض لـ 98%، وكانت هذه النسبة المرتفعة متوافقة مع معدل نمو عالٍ لنفس العزلة بلغ بالوزن الجاف 3.3 ملغ/لتر، وقد يعزى السبب في تفوق نتائج المعالجة بالمقارنة مع نتائج هذه الدراسة إلى اختلاف نوع المصدر الكربوني المعتمد بالتجربة ونوع العزلات البكتيرية المستخدمة.

وتقاربت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Tanzadeh *et al.*, (2020)إذ عُزل بكتيريا من البيئة المحلية، وكانت فعالية *Pseudomonas aeruginosa* هي الأعلى بنسبة تفكك (83)%. وقد يعزى السبب إلى الخصائص الحيوية والسلوك الاستقلابي الذي قد يتشابه مع البكتيريا المعتمدة في هذه الدراسة.

وفي دراسة Wu *et al.* (2023) تبين أن فعالية بكتيريا *Bacillus subtilis* *Pseudomonas aeruginosa* المعزولة محلياً وصلت إلى تخفيض الزيت الخام بنسبة (54.35) % , (32.61)% على التوالي.

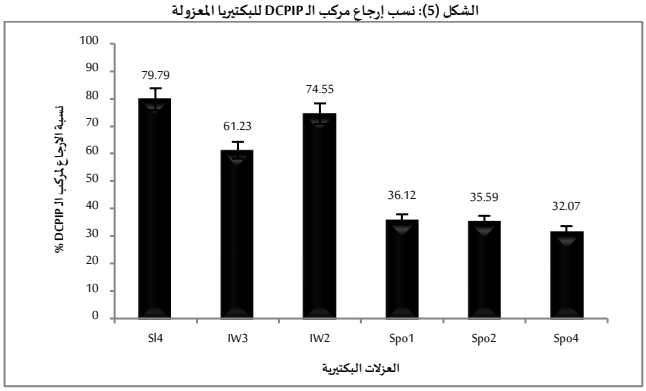
يتضح مما سبق أن فعالية المعالجة الحيوية تتقيد بمجموعة من العوامل باعتبارها صلة وصل بين شروط البيئة وانسجام الكائن الحي الدقيق، هي تتمثل بنقطتين مهمتين الأولى تتعلق بالتوفر البيولوجي للبكتيريا المفككة للمركبات الهيدروكربونية، والثانية الاتصال الحقيقي بين الخلايا البكتيرية والركائز الكيميائية وخصائص هذه الركائز، إذ طورت هذه البكتيريا تدابير مضادة لمواجهة الملوثات النفطية مثل إفراز مواد استحلابية حسنت من الوصول واستهداف الركائز الكيميائية.

4.3. تقدير فعالية التفكك الحيوي بطريقة الـ DCPIP :

تفيد هذه الطريقة في تحديد العزلات البكتيرية الأسرع في تفكيك المركبات الهيدروكربونية بالاعتماد على التغير اللوني، يوضح الشكل (5) أن كل العزلات البكتيرية المستخدمة في الدراسة (SL4-IW2-IW3-SPO1-SPO2-SPO4) لديها ميل لتفكيك المركبات الهيدروكربونية، ولكن بفعالية مختلفة، إذ أثبتت نتائج حساب النسبة المئوية لإرجاع مركب الـ DCPIP بعد 7 أيام من الحضن، إضافة إلى مراقبة التغير اللوني، أن العزلات (SL4-IW2-IW3) مرشحة للقيام بعملية المعالجة الحيوية بكفاءة أفضل من بقية العزلات بتفكيك زيت المحرك باعتباره المصدر الوحيد للكربون، إذ بلغت نسبة الإرجاع لكل من العزلات السابقة (61.23، 74.55، 79.79)% على التوالي.

ويعزى التغير اللوني إلى عمليات الأكسدة والإرجاع التي تحدث بتأثير أنزيمات الأكسدة والإرجاع الخاصة بكل كائن حي، التي تعد مسؤولة بشكل مباشر عن تفاعلات الهدم، والتي تؤدي إلى تحرر الإلكترونات نتيجة أكسدة المركبات الهيدروكربونية فيقوم مركب الـ DCPIP باستقباله، مما يؤدي إلى إرجاعه وتغير اللون من الأزرق الداكن إلى الأزرق الباهت أو يصبح عديم اللون، ويعد هذا مؤشر حقيقي للكشف عن البكتيريا الأسرع والأكثر كفاءة من خلال حساب نسبة الإرجاع الـ DCPIP. وذلك بسبب اختلاف الوظائف التأكسدية نتيجة وجود أنواع محددة من أنزيمات الأوكسجيناز والهيدروجيناز، التي تمتلك مواقع فعالة ترتبط فعاليتها بنوع الزمر الكربوكسيلة والألدهيدية، التي تحدد مسار الكائن الحي وتشكل هذه الأنزيمات نقطة اتصال بين الغشاء البكتيري والركائز الكيميائية، إذ طورت البكتيريا بفعل أنزيمات الأوكسجيناز تدابير مضادة لمواجهة المركبات الهيدروكربونية (Tremblay *et al.*, 2017) من خلال قدرتها على اختزال الحلقات العطرية باعتبارها وسيطاً لتدخل في مسارات تحلل متسلسلة لتتحول إلى مركبات أقل ضرراً.

الشكل (5): نسب إرجاع مركب الـ DCPIP للبكتيريا المعزولة



يتضح مما سبق أن تقدير نسب الإرجاع لمركب الـ DCPIP يعكس فعالية أنزيمات الأكسدة والإرجاع التي أسهمت في ضبط مسارات تفاعلات الاستقلاب داخل الخلايا، وبالتالي النشاط الحيوي للأحياء، الذي يعد عاملاً مساعداً في الانتقاء الصحيح والدقيق للكائن الحي المستخدم في المعالجة. في هذه الدراسة كانت نسب الالإرجاع منسجمة مع نسب التخفيض للمركبات الهيدروكربونية ومعدل النمو، مما يؤكد أن العزلتين البكتيريتين (SL4-IW2) هما الأفضل في المعالجة الحيوية.

بالمقارنة مع دراسات مختلفة اعتمدت طريقة قياس الـ DCPIP لتقدير كفاءة الأحياء في تفكيك المركبات الهيدروكربونية، فقد تبين قدرة مجموعة من العزلات البكتيرية على إرجاع الـ DCPIP، وكانت نتائج نسبة الإرجاع للعزلات المستخدمة في هذه الدراسة أفضل من دراسة (Obi *et al.*, 2016)، رغم توافق الشروط المطبقة في الدراستين من حيث مدة المعالجة ودرجة الحرارة وتركيز الـ DCPIP فكانت العزلة المستخدمة في دراستهم *Pseudomonas* sp. قد حققت نسبة التخفيض 73%، كما بينت دراسة (Xu *et al.*, 2022) أن نسبة إرجاع الـDCPIP لخليط من البكتيريا مكون من 29 عزلة وصل إلى60% خلال 5أيام، وهي نسبة منخفضة بالنظر إلى عدد العزلات البكتيرية الذي من المفترض أن يسهم في زيادة نسبة المواد الحيوية المفرزة، والتي تساعد في تعزيز النشاط الحيوي، أظهرت نتائج التحليل الكيفي لدراسة (Ionescu *et al.*, 2015) زوال اللون الأزرق لمركب الـ DCPIP بعد 20 يوماً بشكل كامل بفعل العزلة البكتيرية *Pseudomonas fluoresce*.

4.4. تصنيف العزلات البكتيرية الأكثر كفاءة في المعالجة الحيوية:

صنفت العزلات البكتيرية التي أبدت كفاءة جيدة في عملية المعالجة الحيوية بالاعتماد على صفاتها الشكلية وخصائصها الحيوية الكيميائية، ويبين الجدول (2) صفات العزلتين (SL4-IW2) عند زراعتهما على مجموعة من أوساط الزراعة الانتقائية، كما أظهر الجدول (3) نتائج الاختبارات الحيوية الكيميائية لهاتين العزلتين.

الجدول (2): نتائج نمو العزلتين (SL4-IW2) على بعض الأوساط الاختبارية

العزلة البكتيرية	PEMBA Agar Medium	EMB Agar Medium	MacConkey Agar Medium	Mannitol salt Agar Medium
IW2	مستعمرات صفراء	NG	NG	مستعمرات صفراء
SL4	NG	أزرق بنفسجي	زهري	NG

(NG) لم يحدث نمو

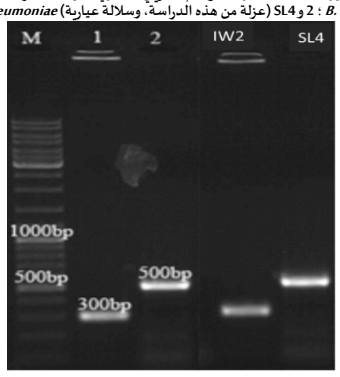
الجدول (3): الصفات الشكلية والاختبارات الكيميائية الحيوية للعزلتين (SL4-IW2)

الاختبار	نتائج الاختبارات	
	IW2	SL4
لون المستعمرة على (NA) الشكل المجهري	أبيض رمادي عصيات	أبيض إلى كريمي عصيات قصيرة
صبغة غرام	+(Ve)	-(Ve)
المالتاز	- (Ve)	- (Ve)
السترات	+ (Ve)	+ (Ve)
الأوكسيداز	- (Ve)	- (Ve)
اليورياز	+ (Ve)	+ (Ve)
الجركية	- (Ve)	- (Ve)
اللاكتوز	- (Ve)	- (Ve)
اندول	- (Ve)	- (Ve)
أحمر الميتيل	- (Ve)	- (Ve)
الغلكوز	+ (Ve)	+ (Ve)
الأرجنين	+ (Ve)	-(Ve)

(Ve) +الاختبار ايجابي (Ve) - الاختبار سلبي

تبين بعد تصنيف العزلات وفق الطرائق التقليدية والطرائق الحديثة تقانة الPCR كما هو موضح في الشكل (6) أن العزلة البكتيرية (SL4) عرف أنها من نوع *Klebsiella pneumoniae* والعزلة البكتيرية (IW2) *Bacillus subtilis*

الشكل(6) : هلامة الأغاروز1%حيث: المسار M الواسم الجزيئي المعياري: 1 و2 IW (عزلة من هذه الدراسة، وسلالة عيارية) *B. subtilis* : 2 و SL4 (عزلة من هذه الدراسة، وسلالة عيارية) ***Klebsiella pneumoniae***



أثبتت دراسات أخرى أن العزلتين البكتيريتين *Klebsiella pneumoniae* و *Bacillus subtilis* من البكتيريا المرافقة لوجود المركبات الهيدروكربونية، وبالتالي تتوافر بصورة طبيعية في البيئات التي تعاني التلوث النفطي، إضافة إلى لإمكانية الاستفادة منها في المعالجة الحيوية وتخفيف عبء الملوثات النفطية (You *et al.*, 2018; Obi *et al.*, 2016).

5. الاستنتاجات

- إمكانية استثمار بكتيريا معزولة محلياً متكيفة مع الملوثات النفطية في تخفيض العبء البيئي بطريقة المعالجة الحيوية كان أفضلها للعزلة البكتيرية *K. pneumoniae* إذ بلغت (83.17)%.
- أعطى معدل نمو العزلات البكتيرية فكرة تقريبية عن مدى فعالية كل عزلة في استهلاك المركبات الهيدروكربونية لزيت المحرك كركيزة للنمو باعتباره مصدراً وحيداً للطاقة.
- ساعد اختبار الـ DCPIP على انتقاء العزلة البكتيرية الأسرع في تفكيك المركبات الهيدروكربونية، إ ذ بلغت نسبة إرجاع هذا المركب 79.80% للعزلة البكتيرية *K. pneumoniae* .

6. التوصيات

إجراء مزيد من الدراسات حول إمكانية تحسين كفاءة المعالجة الحيوية وفقاً لظروف المعالجة ونمذجة النتائج، بما يحقق الاستثمار الأمثل للكائنات الحية المحلية في تخفيض العبء البيئي.

Hazardous Materials, **170**(1), 495–505. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.04.136

Bushnell, L.D. and Haas, H.F. (1941). The utilization of certain hydrocarbons by microorganisms. *Journal of Bacteriology*, **41**(5), 653–73. DOI: 10.1128/jb.41.5.653-673.1941

Carolin, C.F., Kumar, P.S. and Ngueagni, P.T. (2021). A review on new aspects of lipopeptide biosurfactant: Types, production, properties and its application in the bioremediation process. *Journal of Hazardous Materials*, **407**(n/a), 124827. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124827

Carrick, N.L. (1977). Alteration in petroleum resulting from physico-chemical and microbial factors. In: *Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Marine Environments and Organisms*. London: Academic Press New York.

Christova, N., Kabaivanova, L., Nacheva, L., Petrov, P. and Stoineva, I. (2019). Biodegradation of crude oil hydrocarbons by a newly isolated biosurfactant producing strain. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, **33**(1), 863–72. DOI: 10.1080/13102818.2019.1625725

Debajit, B. and Yadav, R.N.S. (2014). Biodegradation of complex hydrocarbon by a novel Bacillus cereus strain. *Journal of Environmental Science and Technology*, **7**(3), 176–84. DOI: 10.3923/jest.2014.176.184

Fuentes, S., Barra, B., Caporaso, J.G. and Seeger, M. (2016). From rare to dominant: a fine-tuned soil bacterial bloom during petroleum hydrocarbon bioremediation. *Applied and Environmental Microbiology*, **82**(3), 888–96. DOI: 10.1128/AEM.02625-15

Goveas, L.C., Selvaraj, R., Vinayagam, R., Alsaiari, A.A., Alharthi, N.S. and Sajankila, S.P. (2022). Nitrogen dependence of rhamnolipid mediated degradation of petroleum crude oil by indigenous pseudomonas sp. WD23 in seawater. *Chemosphere*, **304**(n/a), 135235. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.135235

Hanson, K.G., Desai, J.D. and Desai, A.J. (1993). A rapid and simple screening technique for potential crude oil degrading microorganisms. *Biotechnology Techniques*, **7**(n/a), 745–8. DOI: 10.1007/BF00152624

Hazen, T.C., Dubinsky, E.A., DeSantis, T.Z., Andersen, G.L., Piceno, Y.M., Singh, N. and Mason, O.U. (2010). Deep-sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria. *Science*, **330**(6001), 204–8. DOI: 10.1126/science.1195979

Head, I.M., Jones, D.M. and Röling, W.F. (2006). Marine microorganisms make a meal of oil. *Nature Reviews Microbiology*, **4**(3), 173–82. DOI: 10.1038/nrmicro1348

Holt, J.G. (1977). *The Shorter Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9th edition. USA: Williams and Wilkins Co., Baltimore, Amazon book clubs.

Ionescu, R., Măruţescu, L., Tănase, A.M., Chiciudean, I., Csutak, O., Pelinescu, D. and Stoica, I. (2015). Flow cytometry based method for evaluation of biodegradative potential of Pseudomonas fluorescens. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, **6**(n/a), 567–78. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.08.088

Kleindienst, S., Paul, J.H. and Joye, S.B. (2015). Using dispersants after oil spills: impacts on the composition and activity of microbial communities. *Nature Reviews Microbiology*, **13**(6), 388–96. DOI: 10.1038/nrmicro3452

Lima, S.D., Oliveira, A.F., Golin, R., Lopes, V.C.P., Caixeta, D.S., Lima, Z.M. and Morais, E.B. (2019). Isolation and characterization of hydrocarbon-degrading bacteria from gas station leaking-contaminated groundwater in the Southern Amazon, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **80**(2), 354–61. DOI: 10.1590/1519-6984.208611

Liu, S.C., Sun, S.J., Cui, P. and Ding, Y.F. (2019). Molecular modification of fluoroquinolone-biodegrading enzymes based on molecular docking and homology modelling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **16**(18), 3407. DOI: 10.3390/ijerph16183407

Lopes, P.R.M., Montagnolli, R.N., Cruz, J.M., Claro, E.M.T. and Bidoia, E.D. (2018). Biosurfactants in improving bioremediation effectiveness in environmental contamination by hydrocarbons. In: K. Vivek, K. Manoj and P. Ram (eds.) *Microbial Action on Hydrocarbons*. Singapore: Springer Nature. DOI: 10.1007/978-981-13-1840-5_2

Medić, A., Lješević, M., Inui, H., Beškoski, V., Kojić, I., Stojanović, K. and Karadžić, I. (2020). Efficient biodegradation of petroleum n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons by polyextremophilic Pseudomonas aeruginosa san ai with multidegradative capacity. *RSC Advances*, **10**(24), 14060–70. DOI: 10.1039/C9RA10371F

Obi, L.U., Atagana, H.I. and Adeleke, R.A. (2016). Isolation and characterisation of crude oil sludge degrading bacteria. *SpringerPlus*, **5**(1), 1–13. DOI: 10.1186/s40064-016-3617-z

Rahman, K.S.M., Thahira-Rahman, J., Lakshmanaperumalsamy, P. and Banat, I.M. (2002). Towards efficient crude oil degradation by a mixed

نبذة عن المؤلفين

علا حكمت الشاخ

قسم الوقاية البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
olaalshakh233@gmail.com ،00963930740518

علا حكمت الشاخ، سورية، حاصلة على إجازة في علم الحياة، اختصاص حيوية كيميائية، جامعة تشرين، ماجستير في الوقاية البيئية، طالبة دراسات عليا في مرحلة الدكتوراه في المعهد العالي لبحوث البيئة جامعة تشرين، تعمل عضو هيئة فنية (قائم بالأعمال) ومُدرسة في قسم علم الحياة، كلية العلوم، جامعة طرطوس، ودرسّت عدداً من المقررات العملية في قسم علم الحياة جامعة تشرين، قامت بنشر العديد من الأوراق البحثية في المجلة العلمية لكل من جامعتي تشرين وطرطوس، شاركت في العديد من المؤتمرات والندوات العلمية والورشات البيئية في الجمهورية العربية السورية. ORCID:0009-0006-9357-0177

تميم عليا

قسم الكيمياء البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
tamimalia@gmail.com ،00963955182700

أ.د. عليا، سوري، أستاذ دكتور وعضو هيئة تدريسية من المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين والجامعة الافتراضية السورية، حاصل على درجة الدكتوراه في مراقبة جودة الأغذية، من جامعة EGE التركية، يشغل منصب مدير مركز ضمان الجودة في جامعة تشرين، ومدرب معتمد لدى وزارة التنمية الادارية، ومستشار في تطبيق أنظمة إدارة الجودة، لديه العديد من الأوراق البحثية العلمية المنشورة محلياً وخارجيا، ومشارك في العديد من المؤتمرات والندوات العلمية داخل الجمهورية العربية السورية وخارجها، له العديد من الكتب والمؤلفات العلمية المنشورة، ومشرف على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه. ORCID:0009-0005-4271-8269

أميمة ناصر

قسم الوقاية البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
Omiemanasser@gmail.com ،00963990197242

أ.د. ناصر، سورية، أستاذة دكتورة وعضو هيئة تدريسية من قسم الوقاية البيئية المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، وأستاذ محاضر لعدد من المقررات في كلية الصيدلة جامعة الشام الخاصة، حاصلة على درجة الدكتوراه في اختصاص الأحياء الدقيقة- طاقات متجددة (غاز حيوي)، من جامعة تشرين، سوريا، شغلت منصب رئيس قسم الوقاية البيئية سابقاً، درّست عدد من المقررات في كل من كلية (الصيدلة، التربية، طب الأسنان، الزراعة)، ولها العديد من المؤلفات والأبحاث العلمية المحكمة وشاركت في عدد من المؤتمرات والندوات العلمية، مشرفة على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه. ORCID:0009-0005-2298-9475

المراجع

Abdulla, K.J., Ali, S.A., Gatea, I.H., Hameed, N.A. and Maied, S.K. (2019). Bio-degradation of crude oil using local bacterial isolates. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* University of Kerbala, Kerbala City, Iraq, 17–18 /11/ 2019.

Al-Dhabi, N.A., Esmail, G.A. and Arasu, M.V. (2020). Sustainable conversion of palm juice wastewater into extracellular polysaccharides for absorption of heavy metals from Saudi Arabian wastewater. *Journal of Cleaner Production*, **277**(2), 124252. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124252

Al-Hawash, A.B., Dragh, M.A., Li, S., Alhujaily, A., Abbood, H.A., Zhang, X. and Ma, F. (2018). Principles of microbial degradation of petroleum hydrocarbons in the environment. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, **44**(2), 71–6. DOI: 10.1016/j.ejar.2018.06.001

Bezza, F.A. and Chirwa, E.M.N. (2015). Production and applications of lipopeptide biosurfactant for bioremediation and oil recovery by Bacillus subtilis CN2. *Biochemical Engineering Journal*, **101**(n/a), 168–78. DOI: 10.1016/j.bej.2015.05.007

Bordoloi, N.K. and Konwar, B.K. (2009). Bacterial biosurfactant in enhancing solubility and metabolism of petroleum hydrocarbons. *Journal of*

bacterial consortium. *Bioresource Technology*, **85**(3), 257–61. DOI: 10.1016/S0960-8524(02)00119-0

Safitri, R.M., Mangunwardoyo, W. and Ambarsari, H. (2018). Biodegradation of diesel oil hydrocarbons using Bacillus subtilis InaCC B289 and Pseudomonas aeruginosa InaCC B290 in single and mixed cultures. In: *AIP Conference Proceedings*. **2021**(1), 300131–5. DOI: 10.1063/1.5062737

Shavandi, M., Mohebali, G., Haddadi, A., Shakarami, H. and Nuhi, A. (2011). Emulsification potential of a newly isolated biosurfactant-producing bacterium, Rhodococcus sp. strain TA6. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **82**(2), 477–82. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2010.10.005

Singh, A., Van Hamme, J.D. and Ward, O.P. (2007). Surfactants in microbiology and biotechnology: Part 2. Application aspects. *Biotechnology Advances*, **25**(1), 99–121. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2006.10.004

Tahseen, R., Afzal, M., Iqbal, S., Shabir, G., Khan, Q.M., Khalid, Z.M. and Banat, I.M. (2016). Rhamnolipids and nutrients boost remediation of crude oil-contaminated soil by enhancing bacterial colonization and metabolic activities. *International Biodeterioration and Biodegradation*, **115**(2016), 192–8. DOI: 10.1016/j.ibiod.2016.08.010

Takei, D., Washio, K. and Morikawa, M. (2008). Identification of alkane hydroxylase genes in Rhodococcus sp. strain TMP2 that degrades a branched alkane. *Biotechnology Letters*, **30**(8), 1447-1452. DOI: 10.1007/s10529-008-9710-9

Tanzadeh, J., Ghasemi, M.F., Anvari, M. and Issazadeh, K. (2020). Biological removal of crude oil with the use of native bacterial consortia isolated from the shorelines of the Caspian Sea. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, **34**(1), 361–74. DOI: 10.1080/13102818.2020.1756408

Tremblay, J., Yergeau, E., Fortin, N., Cobanli, S., Elias, M., King, T.L. and Greer, C.W. (2017). Chemical dispersants enhance the activity of oil-and gas condensate-degrading marine bacteria. *The ISME Journal*, **11**(12), 2793–808. DOI: 10.1038/ismej.2017.129

Veerapagu, M., Jeya, K.R., Kalaivani, R., Jeyanthi, K.A. and Geethanjali, S. (2019). Screening of hydrocarbon degrading bacteria isolated from oil contaminated soil. *The Pharma Innovation Journal*, **8**(6), 69–72.

Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N.R., Ludwig, W., Rainey, F.A. and Whitman, W.B. (2009). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2nd edition. United States, New York: Springer science.

Wu, B., Xiu, J., Yu, L., Huang, L., Yi, L. and Ma, Y. (2023). Degradation of crude oil in a co-culture system of Bacillus subtilis and Pseudomonas aeruginosa. *Front Microbiol*, **14**(n/a), 1132831. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1132831

Xu, W., Qiao, Y., Wei, J., Jiang, Q. and Xue, J. (2022). Bacterial communities and culturable petroleum hydrocarbon degrading bacteria in marine sediments in the northeastern South China Sea. *Frontiers in Environmental Science*, **10**(n/a), 549. DOI: 10.3389/fenvs.2022.865636

Yakimov, M.M., Timmis, K.N. and Golyshin, P.N. (2007). Obligate oil-degrading marine bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, **18**(3), 257–66. DOI: 10.1016/j.copbio.2007.04.006

Yehia, R.S. (2023). Highlighting the potential for crude oil bioremediation of locally isolated Cunninghamella echinulata and Mucor circinelloides. *Brazilian Journal of Microbiology*, **54**(3), 1969–81. DOI: 10.1007/s42770-023-01008-z

You, Z., Xu, H., Zhang, S., Kim, H., Chiang, P.C., Yun, W. and He, M. (2018). Comparison of petroleum hydrocarbons degradation by Klebsiella pneumoniae and Pseudomonas aeruginosa. *Applied Sciences*, **8**(12), 2551. DOI: 10.3390/app8122551

Zargar, A.N., Lymperatou, A., Skiadas, I., Kumar, M. and Srivastava, P. (2022). Structural and functional characterization of a novel biosurfactant from Bacillus sp. IITD106. *Journal of Hazardous Materials*, **423**(2), 127201. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.127201

Scientific Journal of King Faisal University:
Basic and Applied Sciences

Determinant of a Neutrosophic Matrix

Eman Alabdullah[1,2] and Safwan Aouira[1]

[1]Department of Mathematics, Faculty of Sciences, Aleppo University, Aleppo, Syria
[2]Faculty of Sciences, Al Furat University, Deir-ez-Zor, the Syrian Arab Republic

LINK	RECEIVED	ACCEPTED	PUBLISHED ONLINE	ASSIGNED TO AN ISSUE
https://doi.org/10.37575/b/sci/230043	15/09/2023	01/12/2023	01/12/2023	01/12/2023

NO. OF WORDS	NO. OF PAGES	YEAR	VOLUME	ISSUE
3170	8	2023	24	2

ABSTRACT

In this paper, we study some properties of the determinant of a neutrosophic matrix. Also, we prove that $|A.adj(A)| = |A| = |adj(A).A|$ and define the matrices $A_{(p_1 \dots p_m | q_1 \dots q_m)}$and $A_{(p \to q)}$. Further, a method is presented for calculating the determinant of a neutrosophic matrix that has a large number of columns and rows.

KEYWORDS

adjoint, identity neutrosophic matrix, permutation, principal submatrix, transpose, triangular NM

CITATION

Alabdullah, E. and Aouira, S. (2023). Determinant of a neutrosophic matrix. *Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **24**(2), 68 – 75. DOI: 10.37575/b/sci/230043

1. Introduction

The Neutrosophic Theorem is a new approach to dealing with issues including imprecise, indeterminant and discordant data.

A neutrosophic set is described philosophically by Smarandache (1998). It is a generalization of the concept of the fuzzy set and the intuitionistic fuzzy set. Each element in the neutrosophic set has three related defining functions that are independent of one another: the membership function (t), indeterminacy function (i) and the non-membership function (f). These three functions are defined on the universe of discourse X (Smarandache, 2006). The definition of the neutrosophic set, known as a single-valued neutrosophic set, was then provided by Wang *et al.* (2010). The single-valued neutrosophic set is applied to algebraic and topological structures. Çetkin and Aygün (2015) introduced the concepts of neutrosophic subgroups of a given classical group and neutrosophic of a given classical ring (Çetkin and Aygün, 2019). Also, Çetkin *et al.* (2017) presented the definition of the neutrosophic submodule of module and studied some of its fundamental properties.

Molodtsov (1999) established the soft set theory, and it is a new mathematical tool for modelling ambiguity and uncertainty.

Matrices are very crucial to science and technology. However, there are situations when the classical matrix theory is unable to resolve the problems with uncertainties that arise in an uncertain environment.

Dhar *et al.* (2014) introduced a type of neutrosophic matrix, called a square neutrosophic matrix, with entries in the form $a + Ib$ (neutrosophic number) where a, b are the elements in [0,1] and I is an uncertainty such that $I^n = I$; n being a positive integer. Sumathi and Arockiarani (2014) introduced new operations for fuzzy neutrosophic soft matrices. Uma *et al.* (2017) have introduced the determinant and adjoint of square fuzzy neutrosophic soft matrices. A type of matrix termed a neutrosophic matrix, with inputs from a single-valued neutrosophic set, is defined by Varol, *et al.* (2019) along with some algebraic operations describing it. By using the operations component wise addition and component wise multiplication, they have proven that a collection of all neutrosophic matrices forms a semiring.

The determinant of a neutrosophic fuzzy matrix has been introduced by Sophia and Jayapriya (2019), and they have researched its properties. In addition, the trace and the adjoint of a neutrosophic fuzzy matrix are defined. Salama *et al.* (2022) introduced the neutrosophic matrix in a completely different form compared to Dhar *et al.* (2014), where a square neutrosophic matrix of order $n \times n$ is defined as $M = A + BI$, such that A, B are two square real matrices of order $n \times n$.

In this work, we will recall the notion of a single-valued neutrosophic set, which is referred to as a neutrosophic set for convenience. Then we give a brief summary of neutrosophic matrices and several algebraic operations on them. Furthermore, we present a definition of the determinant of a neutrosophic matrix and some of its properties. Finally, we give our conclusions.

2. Preliminaries

In the section, we give some definitions that are used in the paper. First, the operations $\vee$ and $\wedge$ for $a, b \in [0,1]$ are defined as follows: $a \vee b = max\{a, b\}, a \wedge b = min\{a, b\}$.

2.1. Definition (Wang *et al.*, 2010):

A single-valued neutrosophic set A on the universal set X is defined by the following form: $A = \{\langle x. t_A(x), i_A(x), f_A(x)\rangle : x \in X\}$, where $t_A, i_A, f_A: X \to [0,1]$ define the degree of membership function, the degree of indeterminacy function, and the degree of non-membership function, respectively, for each element $x \in X$ in the set A such that $0 \leq t_A(x) + i_A(x) + f_A(x) \leq 3$.

2.2. Example (Wang *et al.*, 2010):

$X = \{x_1, x_2, x_3\}$, where x_1 is capacity, x_2 is trustworthiness and x_3 is cost. The values of $\{x_1, x_2, x_3\}$ are in [0,1] and are obtained from questionnaires completed by experts. The experts assess their point of view in three combinations: the degree of goodness, the degree of indeterminacy and the degree of poorness to explain the characteristics of the objects. Suppose A is a single-valued neutrosophic set on X, such that $A = \{\langle x_1, 0.3, 0.4, 0.5\rangle, \langle x_2, 0.5, 0.2, 0.3\rangle, \langle x_3, 0.7, 0.2, 0.2\rangle\}$, where for x_1, the degree of goodness of capacity is 0.3, the degree of indeterminacy of capacity is 0.4 and the degree of falsity of capacity is 0.5 etc.

Corresponding Author: Eman Alabdullah 00963988113280, emankhder1987@gmail.com

2.3. Definition (Varol *et al.*, 2019):

A neutrosophic matrix of order $m \times n$ is defined by $A = [(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij}))]$, such that $t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij})$ denote truth-membership, indeterminacy-membership and falsity-membership values of the ij-th element in A, satisfying the condition $0 \leq t_A(a_{ij}) + i_A(a_{ij}) + f_A(a_{ij}) \leq 3$ for all i, j.

2.4. Example:

The following matrix A is a neutrosophic matrix of order 3×1:

$$A = \begin{bmatrix} (0.3, 0.4, 0.5) \\ (0.5, 0.2, 0.3) \\ (0.7, 0.2, 0.2) \end{bmatrix}.$$

2.5. Definition (Varol *et al.*, 2019):

Let $A = [(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij}))]$ and

$B = [(t_B(b_{ij}), i_B(b_{ij}), f_B(b_{ij}))]$

be two neutrosophic matrices of order $m \times n$.

Then the matrix addition and subtraction are defined as

$$A + B = [(t_A(a_{ij}) \vee t_B(b_{ij}), i_A(a_{ij}) \vee i_B(b_{ij}), f_A(a_{ij}) \wedge f_B(b_{ij}))].$$

$$A - B = [(t_A(a_{ij}) - t_B(b_{ij}), i_A(a_{ij}) - i_B(b_{ij}), f_A(a_{ij}) - f_B(b_{ij}))],$$

where

$$t_A(a_{ij}) - t_B(b_{ij}) = \begin{cases} t_A(a_{ij}) & ; \ t_A(a_{ij}) \geq t_B(b_{ij}) \\ 0 & ; \ otherwise \end{cases},$$

$$i_A(a_{ij}) - i_B(b_{ij}) = \begin{cases} i_A(a_{ij}) & ; \ i_A(a_{ij}) \geq i_B(b_{ij}) \\ 0 & ; \ otherwise \end{cases},$$

$$f_A(a_{ij}) - f_B(b_{ij}) = \begin{cases} f_A(a_{ij}) & ; \ f_A(a_{ij}) \leq f_B(b_{ij}) \\ 1 & ; \ otherwise \end{cases}.$$

And the component wise matrix multiplication is defined by

$$A \bullet B = [(t_A(a_{ij}) \wedge t_B(b_{ij}), i_A(a_{ij}) \wedge i_B(b_{ij}), f_A(a_{ij}) \vee f_B(b_{ij}))].$$

2.6. Definition (Varol *et al.*, 2019):

Let $A = [(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij}))]$ and

$B = [(t_B(b_{ij}), i_B(b_{ij}), f_B(b_{ij}))]$ be two neutrosophic matrices of order $m \times n$ and $n \times p$, respectively. Then the matrix product AB is defined as

$$AB = \left[\left(\bigvee_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}) \wedge t_B(b_{kj}), \bigvee_{k=1}^{n} i_A(a_{ik}) \wedge i_B(b_{kj}), \bigwedge_{k=1}^{n} f_A(a_{ik}) \vee f_B(b_{kj})\right)\right]$$

We can also write,

$$AB = \left[\left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}).\, t_B(b_{kj}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{ik}).\, i_B(b_{kj}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{ik}) + f_B(b_{kj})\right)\right]$$

In this case, A and B are conformable for multiplication.

2.7. Definition (Varol *et al.*, 2019):

Let $A = [(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij}))]$ be a neutrosophic matrix of order $m \times n$. Then the transpose of A is defined by

$$A^T = [(t_A(a_{ji}), i_A(a_{ji}), f_A(a_{ji}))].$$

2.8. Definition (Varol *et al.*, 2019):

Let $A = [(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij}))]$ be a neutrosophic matrix of order $m \times n$ and $k \in [0,1]$. Then the neutrosophic scalar multiplication is defined as

$$kA = [(k \wedge t_A(a_{ij}), k \wedge i_A(a_{ij}), (1-k) \vee f_A(a_{ij}))].$$

2.9. Definition (Varol *et al.*, 2019):

Let A be a neutrosophic matrix of order $m \times n$.

If all its entries are $(0,0,1)$, then A is said to be zero neutrosophic matrix and denoted by $\boldsymbol{O}$.

If all its entries are $(1,1,0)$, then A is said to be universal neutrosophic matrix and denoted by $\boldsymbol{J}$.

2.10. Definition (Varol *et al.*, 2019):

The identity neutrosophic matrix of order $n \times n$ is denoted by $\boldsymbol{I}_n$, and defined as $\boldsymbol{I}_n = [(t_{I_n}(\lambda_{ij}), i_{I_n}(\lambda_{ij}), f_{I_n}(\lambda_{ij}))]$,

where $\left(t_{I_n}(\lambda_{ij}), i_{I_n}(\lambda_{ij}), f_{I_n}(\lambda_{ij})\right) = \begin{cases} (0,0,1) & ; \ i \neq j \\ (1,1,0) & ; \ i = j \end{cases}$.

2.11. Definition (Sophia and Jayapriya, 2019):

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$.

- If $\left(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij})\right) = (0,0,1) \ \forall i > j$, then the matrix A is called an upper triangular neutrosophic matrix.
- If $\left(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij})\right) = (0,0,1) \ \forall i < j$, then the matrix A is called a lower triangular neutrosophic matrix.
- The matrix A is called a triangular neutrosophic matrix if either $\left(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij})\right) = (0,0,1) \ \forall i > j$ or $\left(t_A(a_{ij}), i_A(a_{ij}), f_A(a_{ij})\right) = (0,0,1) \ \forall i < j$.

3. Determinant of a Neutrosophic Matrix

3.1. Definition (Sophia and Jayapriya, 2019):

The determinant of a neutrosophic matrix A of order $n \times n$ is denoted by $\det(A)$ or $|A|$ and is defined by

$$|A| = \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right). \ldots . \left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)$$

We can also write,

$$|A| = \begin{pmatrix} \bigvee_{\sigma \in S_n} t_A(a_{1\sigma(1)}) \wedge \ldots \wedge t_A(a_{n\sigma(n)}), \bigvee_{\sigma \in S_n} i_A(a_{1\sigma(1)}) \wedge \ldots \wedge i_A(a_{n\sigma(n)}), \\ \bigwedge_{\sigma \in S_n} f_A(a_{1\sigma(1)}) \vee \ldots \vee f_A(a_{n\sigma(n)}) \end{pmatrix}$$

where S_n is the symmetric group of all permutations of $\{1,2, \ldots, n\}$.

3.2. Example:

Let A be a neutrosophic matrix of order 2×2 such that

$A = \begin{bmatrix} (0.3,0.1,0.2) & (0.1,0.4,0.5) \\ (0,0.1,0.2) & (0.9,0.1,0.1) \end{bmatrix}$. Then

$$|A| = (0.3,0.1,0.2).(0.9,0.1,0.1) + (0.1,0.4,0.5).(0,0.1,0.2)$$
$$= (0.3, 0.1, 0.2) + (0, 0.1, 0.5)$$
$$= (0.3, 0.1, 0.2).$$

3.3. Properties of the Determinant of a Neutrosophic Matrix:

3.3.1. Property 1 (Property of Reflection)

The value of the determinant of a neutrosophic matrix remains unchanged if any two rows (columns) are swapped.

3.3.2. Property 2 (Property of All Zero)

If there is a row (column) in a neutrosophic matrix A with all its elements as $(0,0,1)$, then $|A| = (0,0,1)$.

3.3.3. Property 3 (Property of Scalar Multiple)

If there is a row (column) in a neutrosophic matrix A with all its elements multiplied by a non-zero constant, then the determinant gets multiplied by the same constant.

3.3.4. Property 4 (Property of Triangle)

Let A be a triangular neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then

$$|A| = \prod_{i=1}^{n} \left(t_A(a_{ii}), i_A(a_{ii}), f_A(a_{ii})\right).$$

3.3.5. Property 5 (Property of Transpose)

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then $|A| = |A^T|$.

3.4. Definition (Sophia and Jayapriya, 2019):

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$ and A_{ij} is the neutrosophic matrix of order $(n-1) \times (n-1)$ formed by deleting row i and column j from A. The adjoint matrix of A is denoted by $adj(A)$ and is defined by $adj(A) = \left[\left|A_{ji}\right|\right]$.

4. Main Results

4.1. Theorem:

Let $A = \left[\left(t_A\left(a_{ij}\right), i_A\left(a_{ij}\right), f_A\left(a_{ij}\right)\right)\right]$ be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. If $\left(t_A(a_{ii}), i_A(a_{ii}), f_A(a_{ii})\right) \geq \left(t_A(a_{ik}), i_A(a_{ik}), f_A(a_{ik})\right)$; $k = 1,2, \dots, n$ for all $1 \leq i \leq n$, then $|A| = \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) \dots \left(t_A(a_{nn}), i_A(a_{nn}), f_A(a_{nn})\right)$.

Proof

By definition of $|A|$, we get

$$|A| \geq \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) \dots \left(t_A(a_{nn}), i_A(a_{nn}), f_A(a_{nn})\right) \quad (1)$$

For any permutation $\sigma \in S_n$, we have

$$\left(t_A(a_{ii}), i_A(a_{ii}), f_A(a_{ii})\right) \geq \left(t_A\left(a_{i\sigma(i)}\right), i_A\left(a_{i\sigma(i)}\right), f_A\left(a_{i\sigma(i)}\right)\right);$$

$$i = 1,2, \dots, n$$

Since $\left(t_A(a_{ii}), i_A(a_{ii}), f_A(a_{ii})\right) \geq \left(t_A(a_{ik}), i_A(a_{ik}), f_A(a_{ik})\right)$;

$k = 1,2, \dots, n$ for all $1 \leq i \leq n$.

Hence

$$\left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) \dots \left(t_A(a_{nn}), i_A(a_{nn}), f_A(a_{nn})\right) \geq \left(t_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), i_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), f_A\left(a_{1\sigma(1)}\right)\right). \dots . \left(t_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), i_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), f_A\left(a_{n\sigma(n)}\right)\right)$$

$$\Rightarrow \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) \dots \left(t_A(a_{nn}), i_A(a_{nn}), f_A(a_{nn})\right) \geq \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), i_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), f_A\left(a_{1\sigma(1)}\right)\right). \dots . \left(t_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), i_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), f_A\left(a_{n\sigma(n)}\right)\right) = |A| \quad (2)$$

$$\Rightarrow |A| = \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) \dots \left(t_A(a_{nn}), i_A(a_{nn}), f_A(a_{nn})\right);$$

by (1) & (2).

4.2. Theorem:

Let $A = \left[\left(t_A\left(a_{ij}\right), i_A\left(a_{ij}\right), f_A\left(a_{ij}\right)\right)\right]$ be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then $|AA^T| \geq |A|$.

Proof

Let $AA^T = \left[\left(t_{AA^T}(p_{ij}), i_{AA^T}(p_{ij}), f_{AA^T}(p_{ij})\right)\right]$, where

$$\left(t_{AA^T}(p_{ij}), i_{AA^T}(p_{ij}), f_{AA^T}(p_{ij})\right)$$

$$= \left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}).t_{A^T}(a_{kj}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{ik}).i_{A^T}(a_{kj}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{ik}) + f_{A^T}(a_{kj})\right)$$

$$= \left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}).t_A(a_{jk}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{ik}).i_A(a_{jk}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{ik}) + f_A(a_{jk})\right)$$

for all $i, j \in \{1,2, \dots, n\}$.

If $i = j$, we see that

$$\left(t_{AA^T}(p_{ii}), i_{AA^T}(p_{ii}), f_{AA^T}(p_{ii})\right) = \left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{ik}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{ik})\right) = \sum_{k=1}^{n} \left(t_A(a_{ik}), i_A(a_{ik}), f_A(a_{ik})\right)$$

For any permutation $\sigma \in S_n$, we get

$$\sum_{k=1}^{n} \left(t_A(a_{ik}), i_A(a_{ik}), f_A(a_{ik})\right) \geq \left(t_A\left(a_{i\sigma(i)}\right), i_A\left(a_{i\sigma(i)}\right), f_A\left(a_{i\sigma(i)}\right)\right);$$

$$i \in \{1,2, \dots, n\}$$

$$|AA^T| = \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_{AA^T}\left(p_{1\sigma(1)}\right), i_{AA^T}\left(p_{1\sigma(1)}\right), f_{AA^T}\left(p_{1\sigma(1)}\right)\right). \dots . \left(t_{AA^T}\left(p_{n\sigma(n)}\right), i_{AA^T}\left(p_{n\sigma(n)}\right), f_{AA^T}\left(p_{n\sigma(n)}\right)\right) \geq \left(t_{AA^T}(p_{11}), i_{AA^T}(p_{11}), f_{AA^T}(p_{11})\right) \dots \left(t_{AA^T}(p_{nn}), i_{AA^T}(p_{nn}), f_{AA^T}(p_{nn})\right)$$

$$= \left(\sum_{k=1}^{n} \left(t_A(a_{1k}), i_A(a_{1k}), f_A(a_{1k})\right)\right) \dots . \left(\sum_{k=1}^{n} \left(t_A(a_{nk}), i_A(a_{nk}), f_A(a_{nk})\right)\right)$$

$$\geq \left(t_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), i_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), f_A\left(a_{1\sigma(1)}\right)\right). \dots . \left(t_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), i_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), f_A\left(a_{n\sigma(n)}\right)\right)$$

Thus,

$$|AA^T| \geq \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), i_A\left(a_{1\sigma(1)}\right), f_A\left(a_{1\sigma(1)}\right)\right). \dots . \left(t_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), i_A\left(a_{n\sigma(n)}\right), f_A\left(a_{n\sigma(n)}\right)\right) = |A|.$$

4.3. Remark:

In general, we have that $|AB| \neq |A||B|$ where A and B are two neutrosophic matrices of order $n \times n$. This is illustrated in the next example.

4.4. Example:

Let $A = \begin{bmatrix} (0.14,0.7,0.1) & (0.25,0.6,0.12) \\ (0.12,0.7,0.3) & (0.24,0.7,0.1) \end{bmatrix}$ and

$B = \begin{bmatrix} (0.5,0.3,0) & (0.3,0.5,0.2) \\ (0.2,0.6,0) & (0.16,0.7,0.4) \end{bmatrix}$.

Then $AB = \begin{bmatrix} (0.2,0.6,0.1) & (0.16,0.6,0.2) \\ (0.2,0.6,0.1) & (0.16,0.7,0.3) \end{bmatrix}$.

Therefore, $|A| = (0.14,0.7,0.1)$, $|B| = (0.2,0.5,0.2)$,

$|A|.|B| = (0.14,0.5,0.2)$ and $|A.B| = (0.16,0.6,0.2)$.

We notice that $|AB| \neq |A||B|$.

4.5. Theorem:

Let A and B be two neutrosophic matrices of order $n \times n$. Then

1) $|AB| \geq |A||B|$,

2) $|AB| \geq |A + B|$.

Proof

1) $|AB| =$

$$\left[\left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}).\, t_B(b_{kj}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{ik}).\, i_B(b_{kj}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{ik}) + f_B(b_{kj})\right)\right]$$

we have

$$|AB| = \sum_{\sigma \in S_n} \left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{1k}).\, t_B(b_{k\sigma(1)}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{1k}).\, i_B(b_{k\sigma(1)}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{1k}) + f_B(b_{k\sigma(1)}) \right). \ldots$$

$$\ldots \left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{nk}).\, t_B(b_{k\sigma(n)}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{nk}).\, i_B(b_{k\sigma(n)}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{nk}) + f_B(b_{k\sigma(n)}) \right)$$

$$= \sum_{\sigma \in S_n} \left(\sum_{k_1,\ldots,k_n} t_A(a_{1k_1}) \ldots t_A(a_{nk_n}).\, t_B(b_{k_1\sigma(1)}) \ldots t_B(b_{k_n\sigma(n)}), \sum_{k_1,\ldots,k_n} i_A(a_{1k_1}) \ldots i_A(a_{nk_n}).\, i_B(b_{k_1\sigma(1)}) \ldots i_B(b_{k_n\sigma(n)}), \right.$$

$$\left. \prod_{k_1,\ldots,k_n} f_A(a_{1k_1}) \ldots f_A(a_{nk_n}) + f_B(b_{k_1\sigma(1)}) \ldots f_B(b_{k_n\sigma(n)}) \right)$$

$$= \sum_{\sigma \in S_n} \sum_{k_1,\ldots,k_n} \left(t_A(a_{1k_1}), i_A(a_{1k_1}), f_A(a_{1k_1})\right). \ldots$$

$$\left(t_A(a_{nk_n}), i_A(a_{nk_n}), f_A(a_{nk_n})\right). \left(t_B(b_{k_1\sigma(1)}), i_B(b_{k_1\sigma(1)}), f_B(b_{k_1\sigma(1)})\right).$$

$$\ldots. \left(t_B(b_{k_n\sigma(n)}), i_B(b_{n\sigma(n)}), f_B(b_{k_n\sigma(n)})\right)$$

$$= \sum_{k_1,\ldots,k_n} \left(t_A(a_{1k_1}), i_A(a_{1k_1}), f_A(a_{1k_1})\right) \ldots \left(t_A(a_{nk_n}), i_A(a_{nk_n}), f_A(a_{nk_n})\right). \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_B(b_{k_1\sigma(1)}), i_B(b_{k_1\sigma(1)}), f_B(b_{k_1\sigma(1)})\right). \ldots$$

$$. \left(t_B(b_{k_n\sigma(n)}), i_B(b_{k_n\sigma(n)}), f_B(b_{k_n\sigma(n)})\right)$$

$$\geq \sum_{k_1,\ldots,k_n} \left(t_A(a_{1k_1}), i_A(a_{1k_1}), f_A(a_{1k_1})\right) \ldots \left(t_A(a_{nk_n}), i_A(a_{nk_n}), f_A(a_{nk_n})\right). \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_B(b_{1\sigma(1)}), i_B(b_{1\sigma(1)}), f_B(b_{1\sigma(1)})\right). \ldots$$

$$. \left(t_B(b_{n\sigma(n)}), i_B(b_{n\sigma(n)}), f_B(b_{n\sigma(n)})\right)$$

$$= \sum_{(k_1,\ldots,k_n) \in S_n} \left(t_A(a_{1k_1}), i_A(a_{1k_1}), f_A(a_{1k_1})\right) \ldots \left(t_A(a_{nk_n}), i_A(a_{nk_n}), f_A(a_{nk_n})\right). |B|$$

$$= |A||B|.$$

2) $|AB| =$

$$\sum_{\sigma \in S_n} \left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{1k}).\, t_B(b_{k\sigma(1)}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{1k}).\, i_B(b_{k\sigma(1)}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{1k}) + f_B(b_{k\sigma(1)}) \right). \ldots$$

$$\ldots \left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{nk}).\, t_B(b_{k\sigma(n)}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{nk}).\, i_B(b_{k\sigma(n)}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{nk}) + f_B(b_{k\sigma(n)}) \right)$$

$$= \sum_{\sigma \in S_n} \left(\bigwedge_{1 \leq s,t \leq n} \left(t_A(a_{1s}) \vee t_B(b_{t\sigma(1)})\right), \bigwedge_{1 \leq s,t \leq n} \left(i_A(a_{1s}) \vee i_B(b_{t\sigma(n)})\right), \right.$$

$$\left. \bigvee_{1 \leq s,t \leq n} \left(f_A(a_{1s}) \wedge f_B(b_{t\sigma(1)})\right) \right) \ldots \left(\bigwedge_{1 \leq s,t \leq n} \left(t_A(a_{ns}) \vee t_B(b_{t\sigma(n)})\right), \right.$$

$$\left. \bigwedge_{1 \leq s,t \leq n} \left(i_A(a_{ns}) \vee i_B(b_{t\sigma(n)})\right), \bigvee_{1 \leq s,t \leq n} \left(f_A(a_{ns}) \wedge f_B(b_{t\sigma(n)})\right) \right)$$

$$\leq \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_A(a_{1\sigma(1)}) \vee t_B(b_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}) \vee i_B(b_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)}) \wedge f_B(b_{1\sigma(1)})\right) \ldots \left(t_A(a_{n\sigma(n)}) \vee t_B(b_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}) \vee i_B(b_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)}) \wedge f_B(b_{n\sigma(n)})\right)$$

$$= |A + B|.$$

4.6. Corollary:

(1) Let $A_1, \ldots, A_m$ be neutrosophic matrices of order $n \times n$. Then

$$|A_1|. \ldots . |A_m| \leq |A_1. \ldots . A_m| \leq \left|\sum_{k=1}^{m} A_k\right| ;\ m \in \mathbb{N}.$$

(2) Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then

$$|A^r| = |A| ;\ r \in \mathbb{N}.$$

4.7. Theorem:

Let A, B *and* C be three neutrosophic matrices of order $n \times n$. Then $\begin{vmatrix} A & C \\ \boldsymbol{O} & B \end{vmatrix} = |A|.|B|$, where $\boldsymbol{O} = [(0,0,1)]$ is the zero neutrosophic matrix of order $n \times n$.

Proof

Suppose that $\begin{bmatrix} A & C \\ \boldsymbol{O} & B \end{bmatrix} = D = \left[\left(t_D(d_{ij}), i_D(d_{ij}), f_D(d_{ij})\right)\right]$, then,

$$\begin{vmatrix} A & C \\ \boldsymbol{O} & B \end{vmatrix} = \sum_{\sigma \in S_{2n}} \left(t_D(d_{1\sigma(1)}), i_D(d_{1\sigma(1)}), f_D(d_{1\sigma(1)})\right). \ldots$$

$$. \left(t_D(d_{2n\sigma(2n)}), i_D(d_{2n\sigma(2n)}), f_D(d_{2n\sigma(2n)})\right)$$

$$= \sum_{\substack{\sigma \in S_{2n} \\ \sigma(i) \leq n\ ;\ i \leq n}} \left(t_D(d_{1\sigma(1)}), i_D(d_{1\sigma(1)}), f_D(d_{1\sigma(1)})\right) \ldots$$

$$. \left(t_D(d_{2n\sigma(2n)}), i_D(d_{2n\sigma(2n)}), f_D(d_{2n\sigma(2n)})\right)$$

$$+ \sum_{\substack{\sigma \in S_{2n} \\ \exists i > n\ ;\ \sigma(i) \leq n}} \left(t_D(d_{1\sigma(1)}), i_D(d_{1\sigma(1)}), f_D(d_{1\sigma(1)})\right) \ldots$$

$$. \left(t_D(d_{2n\sigma(2n)}), i_D(d_{2n\sigma(2n)}), f_D(d_{2n\sigma(2n)})\right)$$

Since, for any permutation $\sigma \in S_{2n}$ such that $\exists i > n\ ; \sigma(i) \leq n$, there is that

$$\left(t_D(d_{i\sigma(i)}), i_D(d_{i\sigma(i)}), f_D(d_{i\sigma(i)})\right) = (0,0,1)$$

Therefore,

$$\begin{vmatrix} A & C \\ O & B \end{vmatrix} = \sum_{\substack{\sigma\in S_{2n} \\ \sigma(i)\le n\,;\, i\le n}} \left(t_D(d_{1\sigma(1)}), i_D(d_{1\sigma(1)}), f_D(d_{1\sigma(1)})\right)\ldots$$
$$\left.\ldots\left(t_D(d_{2n\sigma(2n)}), i_D(d_{2n\sigma(2n)}), f_D(d_{2n\sigma(2n)})\right)\right) =$$
$$\sum_{\substack{\alpha\in S_n \\ \alpha(i)=\sigma(i) \\ ;\, i\le n}} \left(t_D(d_{1\alpha(1)}), i_D(d_{1\alpha(1)}), f_D(d_{1\alpha(1)})\right)\ldots\left(t_D(d_{n\alpha(n)}), i_D(d_{n\alpha(n)})\right.$$
$$\left., f_D(d_{n\alpha(n)})\right)\cdot \sum_{\substack{\sigma\in S_{2n} \\ \beta(i)=\sigma(i+n) \\ ;\, i\le n}} \left(t_D(d_{1\beta(1)}), i_D(d_{1\beta(1)}), f_D(d_{1\beta(1)})\right).$$
$$\ldots\left(t_D(d_{n\beta(n)}), i_D(d_{n\beta(n)}), f_D(d_{n\beta(n)})\right)$$
$$= |A|.|B|.$$

4.8. Theorem:

Let A and B be two neutrosophic matrices of order $n\times n$. If both A and B are upper triangular neutrosophic matrices or both lower triangular neutrosophic matrices, then $|AB| = |A||B|$.

Proof

Let A and B be two upper triangular neutrosophic matrices of order $n\times n$.

Assume that $AB = \left[\left(t_{AB}(d_{ij}), i_{AB}(d_{ij}), f_{AB}(d_{ij})\right)\right]$. The ij-th element of the product AB is $\left(t_{AB}(d_{ij}), i_{AB}(d_{ij}), f_{AB}(d_{ij})\right) =$

$$\left(\sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}).t_B(b_{kj}), \sum_{k=1}^{n} i_A(a_{ik}).i_B(b_{kj}), \prod_{k=1}^{n} f_A(a_{ik})\right.$$
$$\left. + f_B(b_{kj})\right)\ ; i,j = 1,2,\ldots,n$$

For $i > j$: if $k > i$ then $k > j$ so that $\left(t_B(b_{kj}), i_B(b_{kj}), f_B(b_{kj})\right) = (0,0,1)$ and if $i > k$ then $\left(t_A(a_{ik}), i_A(a_{ik}), i_A(a_{ik})\right) = (0,0,1)$, hence

$$t_{AB}(d_{ij}) = \sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}).t_B(b_{kj}) = \sum_{\substack{k=1 \\ k>i}}^{n} t_A(a_{ik}).(0) + \sum_{\substack{k=1 \\ k<i}}^{n} (0).t_B(b_{kj})$$
$$= 0$$

Similarly, we obtain

$i_{AB}(d_{ij}) = 0$ & $f_{AB}(d_{ij}) = 1$

Thus,

$$\left(t_{AB}(d_{ij}), i_{AB}(d_{ij}), f_{AB}(d_{ij})\right) = (0,0,1)\ \forall i > j$$

This means that AB is an upper triangular neutrosophic matrix.

Therefore,

$$|AB| = \prod_{i=1}^{n}\left(t_{AB}(d_{ii}), i_{AB}(d_{ii}), f_{AB}(d_{ii})\right)$$

Now, we have

$$t_A(a_{ik}).t_B(b_{ki}) = \begin{cases} (0).t_B(b_{ki})\ ;\ i > k \\ t_A(a_{ik}).(0)\ ;\ i < k \\ t_A(a_{ii}).t_B(b_{ii})\ ;\ i = k \end{cases}$$

$$\Rightarrow\ t_A(a_{ik}).t_B(b_{ki}) = \begin{cases} 0 & ;\ i \neq k \\ t_A(a_{ii}).t_B(b_{ii}) & ;\ i = k \end{cases}$$

$$\Rightarrow\ t_{AB}(d_{ii}) = \sum_{k=1}^{n} t_A(a_{ik}).t_B(b_{ki}) = t_A(a_{ii}).t_B(b_{ii})$$

Similarly, we obtain,

$i_{AB}(d_{ii}) = i_A(a_{ii}).i_B(b_{ii})$ & $f_{AB}(d_{ii}) = f_A(a_{ii}) + f_B(b_{ii})$

Thus,

$$|AB| = \prod_{i=1}^{n}\left(t_A(a_{ii}).t_B(b_{ii}), i_A(a_{ii}).i_B(b_{ii}), f_A(a_{ii}) + f_B(b_{ii})\right)$$
$$= \prod_{i=1}^{n}\left(t_A(a_{ii}), i_A(a_{ii}), f_A(a_{ii})\right).\left(t_B(b_{ii}), i_B(b_{ii}), f_B(b_{ii})\right)$$
$$= \left(\prod_{i=1}^{n}\left(t_A(a_{ii}), i_A(a_{ii}), f_A(a_{ii})\right)\right).\left(\prod_{i=1}^{n}\left(t_B(b_{ii}), i_B(b_{ii}), f_B(b_{ii})\right)\right)$$
$$= |A|.|B|$$

Similarly, we can prove this property for lower triangular neutrosophic matrices of order $n\times n$.

4.9. Remark:

Let A and B be two neutrosophic matrices of order $n\times n$. If both A and B are upper (lower) triangular neutrosophic matrices, then AB is an upper (lower) triangular neutrosophic matrix.

4.10. Theorem:

Let A be a neutrosophic matrix of order $n\times n$. Then

$$|A| = \sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), i_A(a_{it})\right).|A_{it}|\ ;\ \ i = 1,2,\ldots,n$$

Proof

$$|A| = \sum_{\sigma\in S_n}\left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right).\ldots$$
$$\left.\ldots\left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)\right)$$
$$= \sum_{t=1}^{n}\sum_{\substack{\sigma\in S_n \\ \sigma(i)=t}}\left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right).\ \ldots$$
$$\left.\ldots\left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)\right) =$$
$$\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), f_A(a_{it})\right).\sum_{\beta\in S_{n_i n_t}}\left(t_A(a_{1\beta(1)}), i_A(a_{1\beta(1)}), f_A(a_{1\beta(1)})\right)$$
$$\ldots\left(t_A(a_{i-1\,\beta(i-1)}), i_A(a_{i-1\,\beta(i-1)}), f_A(a_{i-1\,\beta(i-1)})\right).\left(t_A(a_{i+1\,\beta(i+1)}),\right.$$
$$\left.i_A(a_{i+1\,\beta(i+1)}), f_A(a_{i+1\,\beta(i+1)})\right)\ldots\left(t_A(a_{n\beta(n)}), i_A(a_{n\beta(n)}), f_A(a_{n\beta(n)})\right)$$

Where $n_i = \{1,2,\ldots,n\}\backslash\{i\}$ and $S_{n_i n_t}$ denotes the set of all permutations of the set n_i on the set n_t.

By definition of the determinant, we write

$$|A_{it}| = \sum_{\beta\in S_{n_i n_t}}\left(t_A(a_{1\beta(1)}), i_A(a_{1\beta(1)}), f_A(a_{1\beta(1)})\right).\ldots$$
$$\left.\ldots\left(t_A(a_{i-1\,\beta(i-1)}), i_A(a_{i-1\,\beta(i-1)}), f_A(a_{i-1\,\beta(i-1)})\right)\right).\left(t_A(a_{i+1\,\beta(i+1)}),\right.$$
$$\left.i_A(a_{i+1\,\beta(i+1)}), f_A(a_{i+1\,\beta(i+1)})\right)\ldots\left(t_A(a_{n\beta(n)}), i_A(a_{n\beta(n)}), f_A(a_{n\beta(n)})\right)$$

The Proof is complete.

4.11. Definition:

Let A be a neutrosophic matrix of order $n\times n$. The matrix $A_{\binom{p_1\ldots p_m}{q_1\ldots q_m}}$ is the neutrosophic matrix of order $(n-m)\times(n-m)$ that is a result of A by deleting the row p_1,..., the row p_m, the column q_1,... and the column q_m from A, where $p_1 < \cdots < p_m$ and $q_1 < \cdots < q_m$.

The matrix $A_{\binom{p_1\ldots p_m}{p_1\ldots p_m}}$ called a principal submatrix of order $(n-m)\times(n-m)$ of A.

4.12. Theorem:

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then

$$|A| = \sum_{p<q} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \\ \left(t_A(a_{2p}), i_A(a_{2p}), f_A(a_{2p})\right) & \left(t_A(a_{2q}), i_A(a_{2q}), f_A(a_{2q})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ p & q \end{pmatrix}} \right|$$

where the summation is taken over all p and q in$\{1,2, \dots, n\}$ such that $p < q$.

Proof

$$|A| = \sum_{\sigma \in S_n} \left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right). \dots \cdot \left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)$$

$$= \sum_{\substack{\sigma \in S_n \\ \sigma\{1,2\}=\{1,q\}_{q>1}}} \left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right). \dots \cdot \left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)$$

$$+ \sum_{\substack{\sigma \in S_n \\ \sigma\{1,2\}=\{2,q\}_{q>2}}} \left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right). \dots \cdot \left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)$$

$$+ \cdots + \sum_{\substack{\sigma \in S_n \\ \sigma\{1,2\}=\{n-1,q\}_{q>n-1}}} \left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right). \dots \cdot \left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)$$

$$= \sum_{p<q} \sum_{\substack{\sigma \in S_n \\ \sigma\{1,2\}=\{p,q\}}} \left(t_A(a_{1\sigma(1)}), i_A(a_{1\sigma(1)}), f_A(a_{1\sigma(1)})\right). \dots \cdot \left(t_A(a_{n\sigma(n)}), i_A(a_{n\sigma(n)}), f_A(a_{n\sigma(n)})\right)$$

Let $S(p,q) = \{\sigma: \{1,2\} \to \{p,q\} | \ \sigma \ is \ bijection\}$. Then

$$|A| = \sum_{p<q} \left(\sum_{\beta \in S(p,q)} \left(t_A(a_{1\beta(1)}), i_A(a_{1\beta(1)}), f_A(a_{1\beta(1)})\right) \left(t_A(a_{2\beta(2)}), i_A(a_{2\beta(2)}), f_A(a_{2\beta(2)})\right) . \sum_{\substack{\sigma \in S_n \\ \sigma(i) \notin \{p,q\}}} \prod_{i=3}^{n} \left(t_A(a_{i\sigma(i)}), i_A(a_{i\sigma(i)}), f_A(a_{i\sigma(i)})\right) \right)$$

$$= \sum_{p<q} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \\ \left(t_A(a_{2p}), i_A(a_{2p}), f_A(a_{2p})\right) & \left(t_A(a_{2q}), i_A(a_{2q}), f_A(a_{2q})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ p & q \end{pmatrix}} \right|$$

4.13. Theorem:

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then

$$|A| = \sum_{p_1 < p_2 < \cdots < p_k} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p_1}), i_A(a_{1p_1}), f_A(a_{1p_1})\right) & \cdots & \left(t_A(a_{1p_k}), i_A(a_{1p_k}), f_A(a_{1p_k})\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(t_A(a_{kp_1}), i_A(a_{kp_1}), f_A(a_{kp_1})\right) & & \left(t_A(a_{kp_k}), i_A(a_{kp_k}), f_A(a_{kp_k})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & k \\ p_1 & p_2 & \dots & p_k \end{pmatrix}} \right|$$

where the summation is taken over all $p_1, p_2, \dots, p_k \in \{1,2, \dots, n\}$ such that $p_1 < p_2 < \cdots < p_k$.

$A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & k \\ p_1 & p_2 & \dots & p_k \end{pmatrix}}$ is the matrix obtained from A by striking out the row1, the row 2, ..., the row k, the column p_1, ..., and the column p_k.

Proof

The Proof of this theorem is like the Proof of theorem 4.12.

4.14. Lemma:

Let $A = \begin{bmatrix} \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) & \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right) \\ \left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})\right) \end{bmatrix}$ be a neutrosophic matrix. Then

$$\begin{vmatrix} \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) & \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right) \\ \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})\right) \\ \left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})\right) \end{vmatrix} \leq |A|.$$

Proof

We have that

$$\begin{vmatrix} \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) & \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right) \\ \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})\right) \\ \left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})\right) \end{vmatrix}$$

$$\leq \left(\left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right). \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right)\right). \left(\left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right). \left(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})\right)\right)$$

$$\leq \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right). \left(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})\right) + \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right). \left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right) = |A|$$

4.15. Definition:

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. The matrix $A_{(p \to q)}$ is the neutrosophic matrix that is a result of A by replacing the row q by the row p from A.

4.16. Theorem:

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then

1) $\left|A_{(1 \to 2)}\right|. \left|A_{(2 \to 1)}\right| \leq |A|$,

2) $\left|A_{(q \to p)}\right|. \left|A_{(p \to k)}\right| \leq |A|$.

Proof

1) By the theorem 4.12, we can write:

$$\left|A_{(1 \to 2)}\right|. \left|A_{(2 \to 1)}\right| = \left(\sum_{p<q} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \\ \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ p & q \end{pmatrix}} \right| \right) \cdot \left(\sum_{r<s} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{2r}), i_A(a_{2r}), f_A(a_{2r})\right) & \left(t_A(a_{2s}), i_A(a_{2s}), f_A(a_{2s})\right) \\ \left(t_A(a_{2r}), i_A(a_{2r}), f_A(a_{2r})\right) & \left(t_A(a_{2s}), i_A(a_{2s}), f_A(a_{2s})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ r & s \end{pmatrix}} \right| \right)$$

$$\leq \sum_{\substack{p<q \\ r<s}} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \\ \left(t_A(a_{2r}), i_A(a_{2r}), f_A(a_{2r})\right) & \left(t_A(a_{2s}), i_A(a_{2s}), f_A(a_{2s})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ p & q \end{pmatrix}} \right| \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ r & s \end{pmatrix}} \right|$$

$$= \sum_{\substack{p<q \\ r<s \\ (p,q) \neq (r,s)}} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \\ \left(t_A(a_{2r}), i_A(a_{2r}), f_A(a_{2r})\right) & \left(t_A(a_{2s}), i_A(a_{2s}), f_A(a_{2s})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ p & q \end{pmatrix}} \right| \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ r & s \end{pmatrix}} \right| + \sum_{p<q} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \\ \left(t_A(a_{2p}), i_A(a_{2p}), f_A(a_{2p})\right) & \left(t_A(a_{2q}), i_A(a_{2q}), f_A(a_{2q})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ p & q \end{pmatrix}} \right|$$

By the theorem 4.12, we know

$$\sum_{p<q} \begin{vmatrix} \left(t_A(a_{1p}), i_A(a_{1p}), f_A(a_{1p})\right) & \left(t_A(a_{1q}), i_A(a_{1q}), f_A(a_{1q})\right) \\ \left(t_A(a_{2p}), i_A(a_{2p}), f_A(a_{2p})\right) & \left(t_A(a_{2q}), i_A(a_{2q}), f_A(a_{2q})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ p & q \end{pmatrix}} \right| = |A|$$

If $(p,q) = (1,2)$ & $(r,s) = (1,3)$, then

$$\begin{vmatrix} \left(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})\right) & \left(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})\right) \\ \left(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})\right) & \left(t_A(a_{23}), i_A(a_{23}), f_A(a_{23})\right) \end{vmatrix} \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}} \right| \cdot \left| A_{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}} \right|$$

$= \big((t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})).(t_A(a_{23}), i_A(a_{23}), f_A(a_{23}))$

$+ (t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})).(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21}))\big).\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 2}}\right|.\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 3}}\right|$

$= (t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})).(t_A(a_{23}), i_A(a_{23}), f_A(a_{23})).\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 2}}\right|\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 3}}\right|$

$+ (t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})).(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})).\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 2}}\right|.\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 3}}\right|$

$\leq (t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})).(t_A(a_{23}), i_A(a_{23}), f_A(a_{23})).\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 3}}\right|$

$+ (t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})).(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})).\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 2}}\right|$

$\leq \begin{vmatrix}(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})) & (t_A(a_{13}), i_A(a_{13}), f_A(a_{13}))\\ (t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})) & (t_A(a_{23}), i_A(a_{23}), f_A(a_{23}))\end{vmatrix}.\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 3}}\right|$

$+ \begin{vmatrix}(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})) & (t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12}))\\ (t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})) & (t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22}))\end{vmatrix}.\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 2}}\right|$

$\leq |A| + |A| = |A|.$

Considering all the coordinates $(r, s) \neq (1,2)$ involved in (1,3) and $(n-1, n)$, we obtain that,

$\begin{vmatrix}(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})) & (t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12}))\\ (t_A(a_{2r}), i_A(a_{2r}), f_A(a_{2r})) & (t_A(a_{2s}), i_A(a_{2s}), f_A(a_{2s}))\end{vmatrix}.$

$\left|A_{\binom{1\ 2}{1\ 2}}\right|.\left|A_{\binom{1\ 2}{r\ s}}\right| \leq |A|.$

If we apply a same argument for any $p, q \in \{1,2,\dots,n\}\ ; p < q$,

this completes the Proof.

2) The Proof as (1).

4.17. Example:

Let $A = \begin{bmatrix}(0.7,0.2,0.1) & (0.2,0.2,0.5)\\ (0.25,0.11,0.2) & (0.1,0,0.14)\end{bmatrix}$. Then

$A_{(1\to 2)} = \begin{bmatrix}(0.7,0.2,0.1) & (0.2,0.2,0.5)\\ (0.7,0.2,0.1) & (0.2,0.2,0.5)\end{bmatrix}$ &

$A_{(2\to 1)} = \begin{bmatrix}(0.25,0.11,0.2) & (0.1,0,0.14)\\ (0.25,0.11,0.2) & (0.1,0,0.14)\end{bmatrix}$.

We have $|A_{(2\to 1)}| = (0.1,0,0.2), |A_{(1\to 2)}| = (0.2,0.2,0.5)$ and $|A| =$ $(0.2,0.11,0.14)$.

Therefore, $|A_{(1\to 2)}|.|A_{(2\to 1)}| = (0.1,0,0.5) \leq |A|$.

4.18. Example:

Let $A = \begin{bmatrix}(0.3,0.1,0.2) & (0.11,0.45,0.23) & (0.33,0.5,0.1)\\ (0.22,0.4,0.16) & (0.4,0.2,0.1) & (0.7,0.2,0.1)\\ (0.9,0.1,0.2) & (0,0.1,0.2) & (0.15,0.4,0.9)\end{bmatrix}$. Then

$A_{(1\to 2)} = \begin{bmatrix}(0.3,0.1,0.2) & (0.11,0.45,0.23) & (0.33,0.5,0.1)\\ (0.3,0.1,0.2) & (0.11,0.45,0.23) & (0.33,0.5,0.1)\\ (0.9,0.1,0.2) & (0,0.1,0.2) & (0.15,0.4,0.9)\end{bmatrix}$ &

$A_{(2\to 3)} = \begin{bmatrix}(0.3,0.1,0.2) & (0.11,0.45,0.23) & (0.33,0.5,0.1)\\ (0.22,0.4,0.16) & (0.4,0.2,0.1) & (0.7,0.2,0.1)\\ (0.22,0.4,0.16) & (0.4,0.2,0.1) & (0.7,0.2,0.1)\end{bmatrix}$

We have $|A_{(2\to 3)}| = (0.3,0.2,0.16), |A_{(1\to 2)}| = (0.11,0.2,0.2)$ and $|A| = (0.33,0.4,0.2)$.

Therefore, $|A_{(2\to 3)}|.|A_{(1\to 2)}| = (0.11,0.1,0.2) \leq |A|$.

4.19. Remark:

If A is a classical matrix of order $n \times n$, then we know that $|A| = 0$, when the row p equals to the row q $(p \neq q)$. But this problem in neutrosophic matrices is different, as in the previous examples.

4.20. Theorem:

Let A be a neutrosophic matrix of order $n \times n$. Then

$|A.adj(A)| = |A| = |adj(A).A|$.

Proof

We prove that $|A.adj(A)| = |A|$.

First, we consider $n = 2$:

Let $A = \begin{bmatrix}(t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})) & (t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12}))\\ (t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})) & (t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22}))\end{bmatrix}$.

Thus,

$adj(A) = \begin{bmatrix}(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})) & (t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12}))\\ (t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})) & (t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11}))\end{bmatrix}$

$\Rightarrow A.adj(A) =$

$\begin{bmatrix}|A| & (t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})).(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12}))\\ (t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})).(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})) & |A|\end{bmatrix}$

$\Rightarrow |A.adj(A)|$

$= |A| + (t_A(a_{11}), i_A(a_{11}), f_A(a_{11})).(t_A(a_{12}), i_A(a_{12}), f_A(a_{12})).$

$.(t_A(a_{21}), i_A(a_{21}), f_A(a_{21})).(t_A(a_{22}), i_A(a_{22}), f_A(a_{22})) = |A|$

Next, we consider $n > 2$, we have

$A.adj(A) =$

$\begin{bmatrix}\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{1t}), i_A(a_{1t}), f_A(a_{1t})).|A_{1t}| & \dots & \sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{1t}), i_A(a_{1t}), f_A(a_{1t})).|A_{nt}|\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{nt}), i_A(a_{nt}), f_A(a_{nt})).|A_{1t}| & \dots & \sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{nt}), i_A(a_{nt}), f_A(a_{nt})).|A_{nt}|\end{bmatrix}$

$= \left[\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), f_A(a_{it})).|A_{jt}|\right]$

$\Rightarrow |A.adj(A)| = \sum_{\sigma\in S_n}\prod_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), f_A(a_{it})).|A_{\sigma(i)t}|\right)$

(1) If $\sigma = e$, where e is the identity of the group S_n, then

$\prod_{i=1}^{n}(\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), f_A(a_{it})).|A_{\sigma(i)t}|) = |A|$.

(2) Suppose that there exists $k \in \{1,2,\dots,n\}$ such that $\sigma(k) = k$. Then

$\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{kt}), i_A(a_{kt}), f_A(a_{kt})).|A_{\sigma(k)t}| = \sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{kt}), i_A(a_{kt}), f_A(a_{kt})).|A_{kt}| = |A|.$

and

$\prod_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), f_A(a_{it})).|A_{\sigma(i)t}|\right)$

$= \left(\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{1t}), i_A(a_{1t}), f_A(a_{1t})).|A_{\sigma(1)t}|\right)\dots|A|\dots$

$\left(\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{nt}), i_A(a_{nt}), f_A(a_{nt})).|A_{\sigma(n)t}|\right)$

$\leq |A|$.

(3) Assume that $\sigma(k) \neq k$ for all $k \in \{1,2,\dots,n\}$. The permutation σ can be written as $\sigma = \sigma_1\,\sigma_2\,\dots\,\sigma_s$; $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_s$ are disjoint cycles.

If $\sigma_1 = (1\ 2)$, we have

$\left(\sum_{t=1}^{n}(t_A(a_{1t}), i_A(a_{1t}), f_A(a_{1t})).|A_{\sigma(1)t}|\right)$.

$$\left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{2t}), i_A(a_{2t}), f_A(a_{2t})\right).\left|A_{\sigma(2)t}\right|\right)$$
$$= \left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{1t}), i_A(a_{1t}), f_A(a_{1t})\right).|A_{2t}|\right).$$
$$.\left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{2t}), i_A(a_{2t}), f_A(a_{2t})\right).|A_{1t}|\right) = \left|A_{(1\to 2)}\right|.\left|A_{(2\to 1)}\right| \le |A|$$

By the same argument, if $\sigma_1 = (p\ \ q)$, where $p, q \in \{1,2,\dots,n\}$, we can prove that

$$\prod_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), f_A(a_{it})\right).\left|A_{\sigma(i)t}\right|\right) \le |A|$$

If $\sigma_1 = (p_1\ \ p_2 \dots\ p_r)$, where $p_1, p_2, \dots, p_r \in \{1,2,\dots,n\}$, then we see that

$$\left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{p_1t}), i_A(a_{p_1t}), f_A(a_{p_1t})\right).\left|A_{\sigma(p_1)t}\right|\right).\dots$$
$$.\left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{p_rt}), i_A(a_{p_rt}), f_A(a_{p_rt})\right).\left|A_{\sigma(p_r)t}\right|\right)$$
$$= \left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{p_1t}), i_A(a_{p_1t}), f_A(a_{p_1t})\right).\left|A_{p_2t}\right|\right).\dots$$
$$.\left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{p_rt}), i_A(a_{p_rt}), f_A(a_{p_rt})\right).\left|A_{p_1t}\right|\right)$$
$$= \left|A_{(p_2\to p_1)}\right|.\left|A_{(p_3\to p_2)}\right| \dots \left|A_{(p_1\to p_r)}\right| \le |A|\ ;\ \text{by theorem 4.16.}$$

According to the above discussions, for any $\sigma \in S_n$, we obtain that

$$\prod_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{n}\left(t_A(a_{it}), i_A(a_{it}), f_A(a_{it})\right).\left|A_{\sigma(i)t}\right|\right) \le |A|$$
$$\Longrightarrow |A.\,adj(A)| = |A|.$$

Similarly, we can prove that $|adj(A).A| = |A|$.

5. Conclusion

In our work, we have studied some properties of the determinant of a neutrosophic matrix. Most of the proven properties are similar to the properties of the determinant of a classical matrix. In addition, the important relationship $|A.adj(A)| = |A| = |adj(A).A|$ has been proven.

Biographies

Eman Alabdullah

Department of Mathematics, Faculty of Sciences, Aleppo University, Aleppo, Syria, 00963988113280, emankhder1987@gmail.com

Eman is from Deir-ez-Zor, Syria. She is a teaching assistant in the Department of Mathematics, Faculty of Sciences at Al Furat University in Syria. Her specialty is linear algebra. Eman received an MSc degree in Mathematics from Aleppo University in 2021 for research on neutrosophic modules. She published two research papers in the Research Journal of Aleppo University. Eman is currently a postgraduate (PhD) in the Department of Mathematics, Faculty of Sciences at Aleppo University. Her main research interests include linear algebra, module theory, number theory, and integral equations.

ORCID: 0009-0002-1874-6049

Safwan Aouira

Department of Mathematics, Faculty of Science, Aleppo University, Aleppo, Syria, 00963992135937, safwanaouira@gmail.com

Prof Aouira is from Aleppo, Syria. He is a professor in the Department of Mathematics, Faculty of Sciences at Aleppo University in Syria. He received a PhD from Humboldt University of Berlin in 1990. Prof Aouira served as a lecturer at King Faisal University and Dammam University in the Kingdom of Saudi Arabia (2006–2011). He is an author of several university books in Syria and the Kingdom of Saudi Arabia. He has published papers in peer-reviewed scientific journals. His main research interests include algebra and algebraic geometry.

References

Dhar, M., Broumi, S. and Smarandache, F. (2014). A note on square neutrosophic fuzzy matrices. *Neutrosophic Sets and Systems*, **3**(n/a), 37–41.

Molodtsov, D. (1999). Soft set theory—first results. *Computers and mathematics with applications*, **37**(4-5), 19–31. DOI: 10.1016/S0898-1221(99)00056-5

Salama, A., Al-Aswad, M., Alqtib, A., Ismael, H., Gaded M., Elhbebib, R. and Yasser, I. (2022). *Asasiaat Almasfufat Walmueadalat Altafaduliat Walhandasat fi Almajal Alnaytrusufikaa* 'Fundamentals of Matrices, Differential Equations, and Geometry in the Neutrosophic Field'. Ohio, USA: Educational Publisher. [in Arabic]

Smarandache, F. (1998). *Neutrosophy. Neutrosophic Probability, Set, and Logic*. *ProQuest Information and Learning*. Michigan, USA: Ann Arbor.

Smarandache, F. (2006). Neutrosophic set-a generalization of the intuitionistic fuzzy set. In: *2006 IEEE International Conference on Granular Computing*. University of New Mexico, Gallup, USA, n/a/05/2006. DOI:10.1109/GRC.2006.1635754

Sophia R.P. and Jayapriya V. (2019). Determinant of a fuzzy neutrosophic matrix. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, **7**(5), 54–7.

Sumathi, I.R. and Arockiarani, I. (2014). New operations on fuzzy neutrosophic soft matrices. *International journal of innovative Research and Studies*, **13**(3), 110–24.

Uma, R., Murugadas, P. and Sriram, S. (2017). The determinant and adjoint of fuzzy neutrosophic soft matrices. *International Journal of Mathematics and its Application*, **5**(4), 821–33.

Varol, B.P., Cetkin, V. and Aygün, H. (2019). A new view on neutrosophic matrix. *Journal of Hyperstructures*, **8**(1), 48–57.

Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y. and Sunderraman, R. (2010). Single valued neutrosophic sets. *Multispace and Multistructure*, **4**(n/a), 410–3.

Çetkin, V., and Aygün, H. (2015). An approach to neutrosophic subgroup and it,s fundamental properties. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, **29**(n/a), 1941–7. DOI: 10.3233/IFS-151672

Çetkin, V., and Aygün, H. (2019). A new approach to neutrosophic subrings. *Sakarya University Journal of Science*, **23**(3), 472–7. DOI: 10.16984/saufenbilder.451979

Çetkin, V., Varol, B.P. and Aygün, H. (2017). On neutrosophic submodules of a module. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, **46**(5), 791–9. DOI: 10.15672/ HJMS.2017437

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, scijkfu@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 various 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://abdulallily.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

1. معلومات عامة

- **أخلاقيات البحث**: لا تقبل المجلة استلام أي ورقة أو تحكيم يتضمن أي نوع من أنواع التحامل أو العدوانية أو التطرف أو التشدد الأيديولوجي (سواء كان ذلك موجها لشخص، أو مدرسة فكرية، أو طائفة، أو جنس، أو أيديولوجية بعينها). كما لا تقبل استلام الأبحاث أو تقييمات المحكمين التي تحمل أفكاراً تناهض الأمن الفكري والمجتمعي، أو تُعزز الإرهاب والأفكار المتطرفة، أو تحضّ عليها تصريحاً أو تلميحاً.
- **أوقات العمل**: تقوم المجلة بمهمة استلام الأوراق العلمية على مدار العام، وفي حالة وجود توقف سيتم وضع رد تلقائي على البريد الإلكتروني.
- **رسوم النشر**: المجلة لا تتقاضى أي أجر أو رسوم مالية مقابل عملية النشر العلمي وإجراءاته (النشر مجانًا لجميع الباحثين).
- **لغة النشر**: تقبل المجلة أبحاثاً مكتوبة باللغة العربية أو اللغة الإنجليزية.
- **مدة النشر**: بعد انضمام المجلة إلى المعرف الرقمي العالمي الموحد (DOI) أصبح بإمكان أي بحث جديد مرسل للمجلة أن ينشر على الموقع الإلكتروني للمجلة برقم المعرف الرقمي (DOI) في غضون فترة لا تزيد عن 100 يوم عمل منذ تسليمه للمجلة وأعطائه رقم قيد.
- **آلية تسليم الورقة**: يجب تسليم الورقة للمحرر المناسب، وفقاً للآتي:
  - تسلم أوراق العلوم الأساسية والتطبيقية إلى سعادة محرر فرع العلوم الأساسية والتطبيقية: secretary-b@kfu.edu.sa. سيقوم المحرر بتدقيق الورقة للتأكد من اتباعها لـ "تعليمات النشر". في حال عدم اتباع التعليمات، فستعاد الورقة للمؤلف. في حال اتباع التعليمات، فسيقوم المحرر بإنشاء حساب للمؤلف وتزويده باسم المستخدم وكلمة السر لتسليم ورقته من خلال نظام التسليم الإلكتروني (ScholarOne): https://mc04.manuscriptcentral.com/sjkfub.
  - تسلم أوراق العلوم الإنسانية والإدارية (الأبحاث التربوية فقط) إلى سعادة محرر فرع العلوم الإنسانية والإدارية للقضايا التربوية: sjkfu-assed@kfu.edu.sa. سيقوم المحرر بتدقيق الورقة للتأكد من اتباعها لـ "تعليمات النشر". في حال عدم اتباع التعليمات، فستعاد الورقة للمؤلف. في حال اتباع التعليمات، فسيقوم المحرر بإنشاء حساب للمؤلف وتزويده باسم المستخدم وكلمة السر لتسليم ورقته من خلال نظام التسليم الإلكتروني (ScholarOne): https://mc04.manuscriptcentral.com/sjkfuh.
  - تسلم أوراق العلوم الإنسانية والإدارية (الأبحاث غير التربوية) إلى سعادة محرر فرع العلوم الإنسانية والإدارية للقضايا غير التربوية: sjkfu-hm@kfu.edu.sa. سيقوم المحرر بتدقيق الورقة للتأكد من اتباعها لـ "تعليمات النشر". في حال عدم اتباع التعليمات، فستعاد الورقة للمؤلف. في حال اتباع التعليمات، فسيقوم المحرر بإنشاء حساب للمؤلف وتزويده باسم المستخدم وكلمة السر لتسليم ورقته من خلال نظام التسليم الإلكتروني (ScholarOne): https://mc04.manuscriptcentral.com/sjkfuh.
- **الرسائل العلمية**: تقبل المجلة الأوراق المستلة من الرسائل العلمية، على أن يتم النص على ذلك.
- **الحقوق الفكرية**: جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة للمجلة، ولا يسمح بإعادة طبع أو نشر أي جزء من المجلة أو نسخه بأي شكل وبأي وسيلة كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل والإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها دون الحصول على موافقة كتابية من رئيس هيئة التحرير.
- **آراء المؤلفين**: الآراء المضمنة في الأوراق المنشورة تعبر عن وجهات نظر كتابها ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر المجلة.
- **فلسفة الأوراق العلمية**: لا تستقبل المجلة الأوراق العلمية التي لا تراعي المحاور الآتية ولا تحقق مدى عاليا في كل محور:
  - مدى احتمالية اقتباس الورقة من قبل بحوث أخرى في كلاريفيت وسكوبس خلال عامين قادمين؛ حيث إن هذا يعد أحد المتطلبات المهمة لتصنيف المجلة في قاعدة بيانات سكوبس.
  - مدى فائدة الورقة للقارئ الدولي ومدى اتساع جمهور الورقة خارج نطاق المكان والزمان واللغة. يُعرف القارئ الدولي هنا بأنه "شخصية اعتبارية محايدة (سواء شخص، مجموعة، جهة، مؤسسة أو مُنظمة) لا تشترك مع المؤلف في الحدود الزمانية والمكانية واللغوية التي كُتبت بها الورقة".
- **ضرورة اتباع الإرشادات**: وفقاً لسياسة المجلة، فإنه يتوجب على أصحاب السعادة الباحثين ضبط ورقتهم وفقاً لملف "إرشادات التسليم"، واتباعها حرفياً وبدقة متناهية وعالية جداً، حيث إن عدم الالتزام بها بأي وجه من الأوجه سيمثل عائقاً لنشر الورقة. نؤكد الضرورة القصوى للاتباع الحرفي والدقيق لهذه الإرشادات. إن المجلة تسعى جاهدة أن تكون مصنفة في عدد من قواعد البيانات المتميزة عالمياً مما يتطلب دقة عالية في ضبط الورقة، وعليه وجب توخي الحذر التام في كيفية ضبط الورقة وفقاً للمطلوب، حيث إن آلية صياغة المراجع، على سبيل المثال، هي العنصر الأهم لقواعد البيانات العالمية. في حالة قيام المؤلف بإرسال الورقة إلى المجلة، وتبين لهيئة التحرير وجود بعض الإرشادات لم يتم اتباعها، فإنه سيتم إرجاع الورقة للمؤلف، وسيتم إخباره بعدم اتباعه للإرشادات، بدون تحديد أي من الإرشادات لم يتم اتباعها، وذلك لأن الوقت للأسف لا يتسع للمجلة لأن تزود كل مؤلف بتغذية فردية عن أي من الإرشادات لم يتم مراعاتها، كما أنه بناء على سياسة المجلة فإن السادة الباحثين هم المعنيون بالدرجة الأولى من التأكد من اتباع كافة الإرشادات. ولذلك ننصح سعادة المؤلف الرئيس، بعد الانتهاء من ضبط الورقة، بأن يقوم بإرسال الورقة للمؤلفين الآخرين (وأيضاً لزميل من غير المؤلفين) للتأكد من أن جميع الإرشادات قد اتبعت. كما ننصح أصحاب السعادة المؤلفين أن يقوموا أيضاً بالاستعانة بطرق واستراتيجيات أخرى يرون أنها قد تساعدهم في التأكد من اتباع كافة الإرشادات؛ فعلى سبيل المثال، القيام بطباعة ملف "إرشادات التسليم"، ثم وضع علامة "صح" بجانب كل فقرة من الإرشادات للتأكد من تغطية جميع الإرشادات. تؤكد المجلة لأصحاب السعادة المؤلفين أنها من خلال خطتها الاستراتيجية الحالية تسعى لأن تكون منار التميز في العالم العربي (بجميع ما يتطلبه التميز من عمل شاق ودقة)، وهذا قد يزيد العبء على المجلة والمؤلف والمحكمين وجميع "أصحاب الشأن" على حد سواء. سيمنح المؤلف فرصتين كحد أعلى لاتباع التعليمات، وفي حالة عدم قيامه بذلك، فإن هيئة التحرير ستقون بطي قيد البحث، حتى وإن أوصى المحكمون بقبول البحث. اتباع التعليمات تحمل نفس الماهية التي تحملها القيمة العلمية للورقة.
- **متعارضات**: في حالة تضارب توصيات المحكمين مع إرشادات النشر، فيتم استبعاد توصيات المحكمين وتعتمد إرشادات النشر، مع ضرورة إعلام المحرر بهذا التضارب.

2. شروط لا يتم استلام الورقة دونها

- **المستندات المطلوبة**: يجب تسليم ملفين على صيغة الوورد (DOC)، وهما كالتالي:
  - الملف الأول تحت مسمى "بيانات الباحث" (Title Page): يجب ترتيب هذا الملف كالتالي:
    - عنوان الورقة بالعربي (غير مطلوب إذا كانت الورقة باللغة الإنجليزية).
    - بيانات المؤلف بالعربي (على أن يتضمن اسم المؤلف، اسم القسم، اسم الكلية، اسم الجامعة، اسم المدينة، واسم الدولة، البريد الإلكتروني، رقم الواتساب). في حالة عدم وجود قسم أو كلية أو جامعة، يكتب ما يعادلها. في حالة عدم الانتساب لجامعة، يكتب "باحث مستقل" (غير مطلوب إذا كانت الورقة باللغة الإنجليزية).
    - عنوان الورقة بالإنجليزي.
    - بيانات المؤلف بالإنجليزي (على أن يتضمن اسم المؤلف، اسم القسم، اسم الكلية، اسم الجامعة، اسم المدينة، واسم الدولة، البريد الإلكتروني، رقم الواتساب). في حالة عدم الانتساب لجامعة، يكتب "Independent Researcher".
    - تحديد تخصص الورقة: 1) التخصص العام، 2) التخصص الدقيق ، 3) التخصص الأدق من الدقيق.
    - نبذة من 80 كلمة عن كل مؤلف. أدناه توضيح عن كيفية كتابة النبذ (إذا كانت الورقة بالعربي فتكتب النبذة بالعربي، وإذا كانت الورقة بالإنجليزي، فتكتب النبذة بالإنجليزي).
    - شكر وتقدير (اختياري).

- الملف الثاني تحت عنوان "ملف البحث" (Main Document): تتبع المجلة سياسة التحكيم المزدوج مجهول الهوية، وعليه يجب على المؤلف عدم تضمين ما يكشف هويته في "ملف البحث"، حيث ان "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 أدناه اسم القسم، الكلية، الجامعة، المدينة، الدولة (أو ما يوازيه)، رقم الواتساب مع فتح الخط الدولي، البريد الإلكتروني، ثم أدناه 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 عال من قبل المؤلف. ترتب النبذ وفقاً لترتيب المؤلفين. أدناه مثال على ذلك:

  عبدالرحمن عيسى الليلي
  قسم المناهج وطرق التدريس، كلية التربية، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية، 00966000000000، scijkfu@kfu.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 عدد من النظريات (منها، "Multiple Stupidities" و"Retroactivism" و"On-the-Go Sourcing") و 3 منهجيات ("Crowd-Authoring" و"Crowd-Reflecting" و"Door-Knocking")، أكثر مبيعاً (أمازون)، نشر مع أكبر دور نشر (Nature Research, Cogent, Palgrave, Elsevier, Springer, Taylor & Francis, Wiley, Sage, Oxford)، نشر 24 ورقة في ISI و/أو سكوبس، أبحاثه مقتبسة من قبل 35 دولة (منها المجر، صربيا، روسيا، بيرو، كوريا، كولومبيا، سويسرا، هولندا، السويد، فنلندا، لاتفيا) في 6 لغات (منها، التركية و الليتوانية)، عمل خلال الصيف في نيوزلندا وإيطاليا. شارك بأوراق في مؤتمرات سنغافورة، اليونان، اليابان، بلغاريا وغيرها. عمل مستشاراً لمؤسسات منها الويكيبيديا و جامعة هانوفر.
  رقم الأوركيد (ORCID): 0000-0002-5116-422x
  الموقع الشخصي: https://abdulrahmanallily.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 والحواشي 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 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 مكتوبًا بمستوى لغوي صحيح مقبول. كما يجب على المؤلف الضغط على أيقونة "المراجعة اللغوية" في ملف الوورد للتأكد من عدم وجود أخطاء لغوية.
- **عدد المراجع**: يجب ألا يزيد عدد المراجع عن 40 مرجعًا (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 تُمثل انتهاكا لحقوق الآخرين، ولا تطعن في الأصالة العلمية؛ مثل عبارة:
    والجدول يُوضح معاملات متغيرات الدراسة التي وضعت في قائمة الاستقصاء التي اعتمد عليها الباحث في تجميع 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 مفاجئا وغير مخطط له مسبقاً" (العلي، 2020: 15).
  - غير مسموح بالاقتباس الحرفي إلا في حالة الضرورة القصوى والمبررة؛ حيث مفترض من المؤلف أن يعيد 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 المكتوب بها الورقة لغة علمية أكاديمية مباشرة تبتعد عن الإسهاب الذي لا علاقة له بالورقة من الناحية العلمية، وأيضا تبتعد 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 متتابعة، فإن أصبت فإمساك بمعروف، وإن تكن الأخرى فتسريح بإحسان..)، (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 الملحقات 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،

والنبذة 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 القيرواني"، "حجيّة المنجز الكلامي في مقدّمة دلائل الإعجاز لعبد القاهر الجرجاني"، "هرمية المصطلح البلاغي والنقدي عند الجاحظ"، "النسق البنيوي في قصيدة أبي ذؤيب الهذلي 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. واذا 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 وبأرقام إنجليزية (سواء في المتن أو المراجع).
- **الجداول**: يتم كتابة رقم وعنوان الشكل أو الجدول أعلاه. في المتن، يتم الإشارة إلى الجدول أو الشكل دائماً برقمه سواءً قبل أو بعد وضعه، وترقم الجداول تسلسليا 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 كاملا في أول مرة يرد فيها في نص البحث. علما أن المسموح به ثلاث اختصارات على الأكثر.
- **المقاييس الرياضية**: يجب استخدام الاختصارات المقننة دوليا بدلا من كتابة الكلمة كاملة مثل سم، ملم، كلم و% (لكل من سنتمتر، مليمتر، كيلومتر والنسبة المئوية، على الترتيب). يفضل استخدام المقاييس المترية وفي حالة استخدام وحدات أخرى يكتب المعادل المتري لها بين أقواس مربعة. في حالة ذكر وحدات قياس أو أسماء دارجة إقليميا للكائنات الحية في المتن يذكر عقبها مباشرة المقابل لها بالوحدات القياسية أو الاسم 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 وفقا 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 المرجع "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 المرجع "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 لمؤلف في سنة واحدة**: في حالة وجود مرجعين لمؤلف واحد في سنة واحدة، فللتمييز بينهما يكتب حرف بجانب التاريخ كالآتي: (2020أ)، (2020ب)، وبالإنجليزي (a2020)، (b2020)
- **DOI للمرجع**: عند استعمال مراجع لها رقم DOI، يجب ذكر هذا الرقم.
- **المراجع داخل المتن**: بخصوص آلية كتابة المراجع داخل المتن:
  - إذا كان المرجع في بداية الجملة، يكتب اسم عائلة الباحث/الباحثين يليها تاريخ النشر بين قوسين. مثال: "ذكر الصالح والأحمد (2020) بأن..."
  - إذا كان المرجع في نهاية الجملة، فيكتب بين قوسين اسم عائلة الباحث/الباحثين، ثم فاصلة، ثم تاريخ النشر. مثال: "وهذا هو أساس المشكلة (الصالح والأحمد، 2020)."
  - في حالة كون المرجع لأكثر من باحثين فيكتب اسم عائلة الباحث الأول متبوعا بكلمة "وآخرون". مثال: "ذكر المحمد وآخرون (2020) بأن..." أو "وهذا ما يسمى بالتعليم المدمج (العلي وآخرون، 2020)."
  - يجب تدوين رقم الصفحة المقتبس منها داخل المتن. أدناه أمثلة على كيفية عمل هذا التدوين:
    - "وهذه من القضايا الأساسية التي ستساهم في تطور التعليم العالي" (المحمد، 2020: 15).
    - ذكر المحمد (2020: 15) أن هذه "من القضايا الأساسية التي ستساهم في تطور التعليم العالي".
    - ذكر المحمد (2020) أن هذه "من القضايا الأساسية التي ستساهم في تطور التعليم العالي" (ص. 15).
- **المراجع في قائمة المراجع**: لا يتم استخدام كلمة "وآخرون" (. et al) في قائمة المراجع.
- **صفحات الويكيبيديا**: لا يسمح باقتباس صفحات الويكيبيديا.
- **تعريف الرومنة**: يجب رومنة/ترجمة قائمة المراجع العربية. يقصد بالرومنة النقل الصوتي للحروف إلى الإنجليزية، أي تحويل منطوق الحروف العربية إلى حروف إنجليزية. تتم الرومنة عن طريق مترجم قوقل (http://translate.google.com)، حيث إن في كتابة أي جملة في مترجم قوقل (مثلاً: " إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها")، فستكون رومنة هذه الجملة متوفرة بأسفل النص " iinjazat jamieat almalik faysal mundh tasisiha"، وترجمتها متوفرة على الجنب (Achievements of King Faisal University since its foundation). رومنة المراجع العربية لا يعني حذف المراجع العربية. فالمراجع العربية والمرومنة تبقى سوياً. توضع أولاً المراجع العربية، يليها المراجع المرومنة والإنجليزية. تدمج المراجع المرومنة والإنجليزية سوياً وترتب هجائياً.
- **تعديلات هيئة التحرير على عنوان الورقة**: يحقّ لهيئة التحرير إعادة صياغة عنوان الورقة في المرحلة الأخيرة للنشر (قبل الإحالة لعدد)، وذلك وفقاً لمقتضيات التوجه التطويري العام للمجلة حالياً، والذي يتطلب الاقتصار على نشر العناوين: "الموجزة، والبسيطة، والواضحة، والعامة التي لا تشتمل على صف دراسي بعينه أو جامعة أو محافظة أو مدينة بعينها في العنوان" وبالتالي سيتم استبعاد أية كلمة غير ضرورية من العنوان لأن هذه المصطلحات تحدّ من نسبة انتشار البحث، وشموليته، وتقلل من نسبة اقتباسه واستشهاداته من قبل الباحثين.
- **شهادة مراجعة لغوية**: في حالة قبول الورقة للنشر، فإنه سيطلب من المؤلف إرسال ورقته لشركة معتمدة لمراجعة الورقة من قبل متحدثي اللغة الإنجليزية كلغة أم، وموافاة المجلة بشهادة إثبات مراجعة لغوية من قبل الشركة. إذا كانت الورقة باللغة العربية، فإن المراجعة تكون لعنوان الورقة والملخص باللغة الإنجليزية. وإذا كانت الورقة باللغة الإنجليزية، فإن المراجعة تكون على الورقة كاملة. تكون هذه المراجعة اللغوية كمرحلة أخيرة قبل نشر الورقة وبعد إدخال كامل ملاحظات المحكمين والمحررين وهيئة التحرير. أدناه إحدى هذه الشركات والتي تقوم بالمراجعة اللغوية خلال 24 ساعة:
https://proofreadmyessay.co.uk

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 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 البحث، ثم نقطة، ثم اسم المجلة يكون مكتوبا بشكل مائل، ثم فاصلة، ثم رقم المجلد مكتوبا بشكل عريض، ثم فتح قوس، ثم

يكتب رقم العدد، ثم يغلق القوس، علماً أنه لا يوجد مسافة بين رقم المجلد ورقم العدد، ثم فاصلة، ثم رقم أول صفحة للبحث، ثم علامة "-" ثم رقم آخر صفحة للبحث. (مع مراعاة أن حرف العطف "و" يوضع دائما قبل المؤلف الأخير أيًّا كان عدد المؤلفين). أدناه مثال على ذلك:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: فرع العلوم الإنسانية والإدارية*، **13**(2)، 213-223.

في حالة عدم وجود تاريخ، فتكتب العبارة التالية "د.ت." في مكان التاريخ، سواء في المتن أو المرجع. على سبيل المثال:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (د.ت.). إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: فرع العلوم الإنسانية والإدارية*، **13**(2)، 213-223.

في حالة عدم وجود رقم مجلد، فتكتب العبارة التالية "بدون رقم مجلد" في مكان رقم المجلد. على سبيل المثال:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: فرع العلوم الإنسانية والإدارية*، **بدون رقم مجلد** (2)، 213-223.

في حالة عدم وجود رقم عدد، فتكتب العبارة التالية "بدون رقم عدد" في مكان رقم العدد. على سبيل المثال:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: فرع العلوم الإنسانية والإدارية*، **13**(بدون رقم عدد)، 213-223.

في حالة عدم وجود أرقام صفحات، فتكتب العبارة التالية "بدون أرقام صفحات" في مكان أرقام الصفحات، أو رقم مسلسل البحث في مجلات الأونلاين. على سبيل المثال:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: فرع العلوم الإنسانية والإدارية*، **13**(2)، بدون أرقام صفحات.

4.2. كتابة الدوريات والمجلات 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 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 البحث بحروف صغيرة (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان البحث 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 اسم المجلة مترجما (أو مرومن) يكون مكتوبا بشكل مائل 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)، ثم فاصلة، ثم رقم المجلد مكتوبا 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 Arabic]" أدناه مثال على رومنة المرجع العربي:

Al Ahmed, M.A., Al Ali, I.S. and Al Salah, A.M. (2020). Iinjazat jamieat almalik faysal mundh tasisiha 'Achievements of King Faisal University since its foundations'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences*, **13**(2), 213-223. [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. ولكن، في حالة كون الدورية بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم الحروف الإنجليزية نفسها، فلا حاجة لرومنة عنوان البحث، ويكتفى بإبقاء العنوان في لغته الأصل ووضع الترجمة في علامة تنصيص. فعلى سبيل المثال، في حالة كون الدورية باللغة

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). The history of agriculture in Al Ahsa. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences*, **13**(2), 213-222.

في حالة عدم وجود تاريخ، فيكتب "n/a". على سبيل المثال:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (n/a). The history of agriculture in Al Ahsa. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences*, **13**(2), 213-222.

في حالة عدم وجود رقم مجلد، فيكتب "n/a". على سبيل المثال:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). The history of agriculture in Al Ahsa. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences*, **n/a**(2), 213-222.

في حالة عدم وجود رقم عدد، فيكتب "n/a". على سبيل المثال:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). The history of agriculture in Al Ahsa. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences*, **13**(n/a), 213-222.

في حالة عدم وجود أرقام صفحات، فيكتب "n/a". على سبيل المثال:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). The history of agriculture in Al Ahsa. *The Scientific Journal of King Faisal University: Humanities and Management Sciences*, **13**(2), n/a.

4.3. رومنة/ترجمة الدوريات والمجلات 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 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 البحث (مرومن) بحروف صغيرة (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان البحث 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 اسم المجلة مترجما (أو مرومن) يكون مكتوبا بشكل مائل 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)، ثم فاصلة، ثم رقم المجلد مكتوبا بشكل عريض، ثم فتح قوس، ثم يكتب رقم العدد، ثم يغلق القوس، علماً أنه لا يوجد مسافة بين رقم المجلد ورقم العدد، ثم فاصلة، ثم رقم أول صفحة للبحث، ثم علامة "-" ثم رقم آخر صفحة للبحث. أدناه مثال على ذلك:

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 البحث باللغة الألمانية (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان البحث 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 اسم المجلة مترجما يكون مكتوبا بشكل مائل 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)، ثم فاصلة، 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 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 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 دائما قبل المؤلف الأخير أيًّا كان عدد المؤلفين). أدناه مثال على ذلك:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). الموهبة في التعليم العالي. في: *الملتقى الوطني الأولى 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 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 البحث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم يكتب رقم العدد، ثم 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]

5.3. 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 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" 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 البحث (مرومن) بحروف صغيرة (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان البحث 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 اسم المؤتمر مترجما (أو مرومن) يكون مكتوبا بشكل مائل 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)، ثم فاصلة، ثم اسم مكان المؤتمر مترجما (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 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" 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 البحث، ثم نقطة، ثم يكتب "In:"، ثم يكتب اسم المؤتمر بشكل مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيرا (كابتل capital؛ 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 اسم المؤتمر يكون مكتوبا بشكل مائل 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 كبيرة، 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.

الثالث، ثم نقطة. ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان البحث باللغة الفرنسية (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان البحث 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 اسم المؤتمر مترجما يكون مكتوبا بشكل مائل 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)، ثم فاصلة، ثم اسم مكان المؤتمر مترجما، 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 French]". أدناه مثال على رومنة المرجع الفرنسي:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). Créativité dans l'enseignement supérieur '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 French]

6. آلية كتابة الكتب في قائمة المراجع (يطلب عملها فقط في حالة قبول الورقة للنشر)

ملاحظات:

- إذا كانت طبعة الكتاب هي الطبعة الأولى، فلا يكتب أي شيء بخصوص رقم الطبعة.
- تصاغ مراجع التقارير والدراسات الصادرة عن وزارات ومؤسسات حكومية وغير حكومية بالطريقة نفسها التي تصاغ بها الكتب.

6.1. كتابة الكتب 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 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 الكتاب بخط مائل، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر، ثم نقطتين رأسيتين، ثم اسم الناشر. (مع مراعاة أن حرف العطف "و" يوضع دائما قبل المؤلف الأخير أيًا كان عدد المؤلفين). أدناه مثال على ذلك:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). *إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها*. السعودية: مكتبة جرير.

في حالة وجود رقم طبعة، فيكتب التالي:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). *إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها*. الطبعة الثانية. الرياض، السعودية: مكتبة جرير.

في حالة كون الكتاب مترجمًا، فيكتب بعد اسم المؤلف: "ترجمة: اسم العائلة، الاسم الأول اسم الأب". أدناه مثال على ذلك:

وايت، جولي. ترجمة: الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). *إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها*. الطبعة الثانية. الرياض، السعودية: مكتبة جرير.

في حالة كون الكتاب محققاً، فيكتب بعد اسم المؤلف: "تحقيق: اسم العائلة، الاسم الأول اسم الأب". أدناه مثال على ذلك:

الخالد، محمد. تحقيق: الأحمد، محمد عبدالرحمن. (2020). *إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها*. الطبعة الثانية. الرياض، السعودية: مكتبة جرير.

6.2. كتابة الكتب 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 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 بحروف مائلة 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)، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر، ثم نقطتين رأسيتين، ثم اسم الناشر، ثم نقطة. أدناه مثال على ذلك:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). *The History of Agriculture in Al Ahsa*. Saudi Arabia: Jarir Bookstore.

في حالة وجود رقم طبعة، فيكتب التالي:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). *The History of Agriculture in Al Ahsa*. 2nd edition. Riyadh, Saudi Arabia: Jarir Bookstore.

6.3. رومنة/ترجمة الكتب غير الإنجليزية في قائمة المراجع

ملاحظة: عند رومنة/ترجمة مراجع الكتب العربية فإنه لا يكتب اسم المحقق.

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 الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الكتاب (مرومن) 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، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر مترجمة، ثم نقطتين رأسيتين، ثم اسم الناشر مترجما (أو مرومن)، ثم نقطة، ثم تكتب "[in Arabic]" أدناه مثال على رومنة المرجع العربي:

Al Ahmed, M.A., Al Ali, I.S. and Al Salah, A.M. (2020). *Iinjazat Jamieat Almalik Faysal Mundh Tasisiha* 'Achievements of King Faisal University since its Foundations'. Riyadh, Saudi Arabia: Jarir Bookstore. [in Arabic]

في حالة كون الكتاب بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم حروف غير إنجليزية، فتتم رومنة العنوان بالطريقة نفسها التي تتم بها رومنة العناوين العربية. ولكن، في حالة كون الكتاب بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم الحروف الإنجليزية

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 رأسيتين، 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 مفردا)، ثم يغلق القوس، ثم اسم الكتاب بخط مائل، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر، ثم نقطتين رأسيتين، ثم اسم الناشر. (مع مراعاة أن حرف العطف "و" يوضع دائما قبل المؤلف الأخير أيًّا كان عدد المؤلفين). أدناه مثال على ذلك:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). الموهبة في التعليم العالي. في: محمد الصالح، إبراهيم العبدالرحمن 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 الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الفصل بحروف صغيرة (صمول small؛ يستثنى من ذلك الكلمة الأولى وأسماء الأماكن وأسماء الأشخاص وأسماء الجنسيات واللغات والأسابيع والشهور فيبقى الحرف الأول منها بحروف كبيرة، كابتل capital)، 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 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 مفردا)، ثم يغلق القوس، ثم اسم الكتاب بخط مائل 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)، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر، ثم نقطتين رأسيتين، ثم اسم الناشر. أدناه مثال على 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 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 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 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 مفردا)، ثم يغلق القوس، ثم اسم الكتاب (مرومن) بخط مائل 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)، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر مترجمة، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر مترجما، ثم نقطتين رأسيتين، ثم اسم الناشر مترجما (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

Abdulrahman and S. Al Khalid (eds.) *Al'iibdae Fi Alealam Alearabii* '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، فتتم 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 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 الفصل باللغة الألمانية بحروف صغيرة (صمول small)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الفصل مترجما 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، 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 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 مفردا)، ثم يغلق القوس، ثم اسم الكتاب باللغة الألمانية بخط مائل والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيرا (كابتل capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الكتاب مترجما للإنجليزية 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)، ثم نقطة، ثم اسم مدينة الناشر مترجمة للإنجليزية، ثم فاصلة، ثم اسم دولة الناشر مترجما للإنجليزية، ثم نقطتين رأسيتين، ثم اسم الناشر مترجما 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 عبدالرحمن. (2020). *تأملات في الإبداع*. رسالة دكتوراه، 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 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 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)، 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 كبيرا (كابتل capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الرسالة 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 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'iibdae* '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، فتتم 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 فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم عنوان الرسالة باللغة الألمانية بحروف مائلة والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيرا (كابتل capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم عنوان الرسالة 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 يكتب "Master's Dissertation" إذا كانت رسالة ماجستير أو "PhD Thesis" إذا كانت رسالة دكتوراه، ثم فاصلة، ثم اسم الجامعة بالإنجليزي، ثم فاصلة، ثم اسم المدينة بالإنجليزي، ثم فاصلة، ثم اسم الدولة بالإنجليزي، ثم نقطة،

ثم تكتب "[in German]" أدناه مثال على ذلك:

Al Ahmed, M.A. (2020). *Überlegungen zur Kreativität* 'Reflections on Creativity'. PhD Thesis, King Faisal University, Al Ahsa, Saudi Arabia. [in German]

9. آلية كتابة موقع إلكتروني في قائمة المراجع (يطلب عملها فقط في حالة قبول الورقة للنشر)

ملاحظة: المراجع المأخوذة من شبكة المعلومات يلزم فيها كتابة العنوان التفصيلي الذي يفتح الصفحة الخاصة بالمرجع مباشرة وليست الصفحة العامة للموقع. يجب ألا يزيد عدد حروف الرابط عن 120 حرف.

9.1. كتابة موقع إلكتروني 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 العنوان بخط مائل، ثم نقطة، ثم يكتب "متوفر بموقع:" ثم يدرج الرابط، وبعد الرابط يفتح قوس ويكتب "تاريخ الاسترجاع:" ثم يدرج التاريخ على هذه الصيغة "2020/07/27"، ثم يغلق القوس. (مع مراعاة أن حرف العطف "و" يوضع دائما قبل المؤلف الأخير أيًا كان عدد المؤلفين). أدناه مثال على ذلك:

الأحمد، محمد عبدالرحمن، العلي، إسماعيل صلاح والصالح، أحمد محمد. (2020). *إنجازات جامعة الملك فيصل منذ تأسيسها*. متوفر بموقع: https://www.kfu.edu.sa/ar/Departments/Sjournal/Pages/home.aspx (تاريخ الاسترجاع: 2020/07/27)

9.2. كتابة موقع إلكتروني 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 الثالث، ثم نقطة، ثم فتح قوس، ثم التاريخ بالميلادي، ثم إغلاق القوس، ثم نقطة، ثم العنوان بحروف مائلة 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 يكتب "Available at:" ثم يدرج الرابط، وبعد الرابط يفتح قوس ويكتب "accessed on" ثم يدرج التاريخ على هذه الصيغة "2020/07/27"، ثم يغلق القوس. أدناه مثال على ذلك:

Al Ahmed, K.A., Al Muhammed, S.F. and Al Saleh, A.F. (2020). *The History of Agriculture in Al Ahsa*. Available at: https://www.kfu.edu.sa/ar/Departments/Sjournal/Pages/home.aspx (accessed on 10/12/2020)

9.3. رومنة/ترجمة موقع إلكتروني 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 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 العنوان (مرومن) بحروف مائلة والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيرا (كابتل capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم العنوان 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 يكتب "Available at:" ثم يدرج الرابط، وبعد الرابط يفتح قوس ويكتب "accessed on" ثم يدرج التاريخ على هذه الصيغة "2020/07/27"، ثم يغلق القوس، ثم تكتب "[in Arabic]". أدناه مثال على رومنة المرجع العربي:

Al Ahmed, M.A., Al Ali, I.S. and Al Salah, A.M. (2020). *Iinjazat Jamieat Almalik Faysal Mundh Tasisiha* 'Achievements of King Faisal University since its Foundations'. Available at: https://www.kfu.edu.sa/ar/Departments/Sjournal/Pages/home.aspx (accessed on 10/12/2020) [in Arabic]

في حالة كون الموقع بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم حروف غير إنجليزية، فتتم رومنة العنوان بالطريقة نفسها التي تتم بها رومنة العناوين العربية. ولكن، في حالة كون الموقع بلغة غير العربية وغير الإنجليزية، ولكن هذه اللغة تستخدم الحروف الإنجليزية نفسها، فلا حاجة لرومنة عنوان الموقع، ويكتفى بإبقاء العنوان في لغته الأصل ووضع الترجمة في علامة تنصيص. فعلى سبيل المثال، في حالة كون الموقع 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 العنوان باللغة الألمانية بحروف مائلة والحرف الأول من كل كلمة يكون كبيرا (كابتل capital)، ثم فتح علامة تنصيص واحدة، ثم العنوان مترجما للإنجليزية 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 يكتب "Available at:" ثم يدرج الرابط، وبعد الرابط يفتح قوس ويكتب "accessed on" ثم يدرج التاريخ على هذه الصيغة "2020/07/27"، ثم يغلق القوس، 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'. Available at: https://www.kfu.edu.sa/ar/Departments/Sjournal/Pages/home.aspx (accessed on 10/12/2020) [in German]

Water and Food Security for Sugar in Egypt	الأمن المائي والغذائي للسكر في مصر
The Use of Ginseng to Treat Disturbances of Sexual Hormones in the Ovaries Caused by Chemical Doses of Doxorubicin (Drug)	الجنسنغ في مُعالجة اضطراب الهرمونات الجنسية التي تُحدثها الجرعات الكيمائية (عقار Doxorubicin) بالمبيض
A Three-Term Conjugate Gradient Method for Non-Convex Functions with Applications for Heat Transfer	-
Comparative Genomic Analysis of Bacterial Strain PL and Detection of Sustainable Bio-Electricity Producing Features	التحليل الجينومي المقارن للسلالة البكتيرية PL والكشف عن ميزات إنتاج الكهرباء الحيوية المستدامة
Crenotherapy using Spring Thermal Water in Western Algeria and its Effectiveness Against Kidney Stones	-
The Change in the Exchange Rate and its Impact on Agricultural Exports in Egypt	تغير سعر الصرف وأثره على الصادرات الزراعية في مصر
Environmental Sustainability Indicators: Saudi Arabia	مؤشرات الاستدامة البيئية: المملكة العربية السعودية
Adalimumab Versus Ustekinumab in Egyptian Patients with Moderate to Severe Inflammatory Bowel Disease: A Cohort Study	-
A Holistic Framework for Evaluating QOUL Linking Contemporary Planning Theories Principles	-
Efficiency of Locally Isolated Bacteria in the Bioremediation of Petroleum Pollution	فعالية جرائيم معزولة محلياً في المعالجة الحيوية للتلوث النفطي
Determination of a Neutrosophic Matrix	-