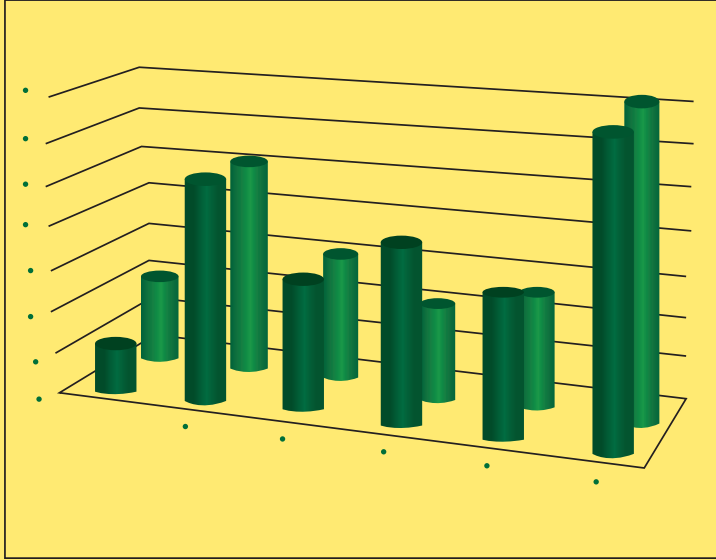


المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية



مجلة العلوم الإحصائية



العدد رقم 30

مجلة علمية محكمة
يصدرها المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية

معتمدة في قائمة المجلات العلمية Ulrich's
www.ulrichsweb.com

مصنفة في معامل التأثير والاستشهادات المرجعية العربي (أرسيف)
www.emarefa.net/arcif/

ISSN 2522-64X (Online), ISSN 2519-948X (Print)

مجلة العلوم الإحصائية

مجلة علمية محكمة

هيئة التحرير

رئيس هيئة التحرير

الدكتور زياد عبد الله

أمين التحرير

الدكتور لحسن عبد الله باشيوه

أعضاء هيئة التحرير

أ. د. مختار الكوكي

أ. د. عبد الخالق التهامي

أ. د. فيصل الشرعي

أ. م. د. سلوى محمود عسار

أ. د. احمد شاکر المتولي

أ. د. عيسى مصاروه

أ. م. د. حميد بوزيدة

أ. م. د. حسان أبو حسان

أعضاء الهيئة الاستشارية

أ. د. عوض حاج علي

د. نبيل شمس

د. قاسم الزعبي

أ. د. ميثم العيبي اسماعيل

د. خليفة البرواني

د. ضياء عواد

أ. م. د. محمد حسين علي الجنابي

أ. د. غازي رحو

د. لؤي شبانه

د. علا عوض

معتمدة في قائمة المجلات العلمية Ulrich's

www.ulrichsweb.com

مصنفة في معامل التأثير والاستشهادات المرجعية العربي (أرسيف)

www.emarefa.net/arcif/

ISSN 2522-64X (Online), ISSN 2519-948X (Print)

شروط النشر في مجلة العلوم الإحصائية

- 1 - تنشر المجلة البحوث والدراسات العلمية في المجالات الإحصائية والمعلوماتية المكتوبة باللغة العربية والانكليزية والفرنسية على أن لا يكون البحث المقدم للنشر قد نشر أو قدم للنشر في مجلات أو دوريات أخرى أو قدم ونشر في دوريات لمؤتمرات أو ندوات.
- 2 - ترسل البحوث والدراسات الى أمين التحرير على أن تتضمن اسم الباحث أو الباحثين وألقابهم العلمية وأماكن عملهم مع ذكر عنوان المراسلة وأرقام الهواتف والبريد الالكتروني. وان يرسل البحث المراد نشره الكترونياً (على قرص أو بالبريد الالكتروني) وفق المواصفات أدناه:
- أ - أن يكون مطبوعاً على ورق حجم A4 وان يكون على شكل عمود واحد ويستخدم للغة العربية نوع حرف (Simplified Arabic) و(Times New Roman) للإنجليزية والفرنسية وبحجم خط (12). وباستخدام Microsoft Word وعلى وجه واحد للورقة.
- ب - الهامش مسافة 2.5 سم لجميع جوانب الورقة.
- ج - يرفق الباحث ملخصاً عن بحثه باللغتين العربية والانجليزية والفرنسية بما لا يزيد عن صفحة واحدة.
- د - يتم الإشارة الى المصادر العلمية في متن البحث وفي نهايته، مع مراعاة أن لا يتضمن البحث سوى المصادر التي تم الإشارة إليها في المتن ووفق الأصول المعتمدة في ذلك (اسم المؤلف، سنة النشر، عنوان المصدر، دار النشر، البلد).
- هـ - ترقم الجداول والرسوم التوضيحية وغيرها حسب ورودها في البحث، كما توثق المستعارة منها بالمصادر الأصلية.
- و- أن لا يزيد عدد صفحات البحث او الدراسة عن (25) صفحة.
- 3 - يتم إشعار الباحث باستلام بحثه خلال مدة لا تتجاوز يومين عمل من تاريخ استلام البحث.
- 4 - تخضع كافة البحوث المرسلة الى المجلة للتقييم العلمي الموضوعي وبلغ الباحث بالتقييم والتعديلات المقترحة إن وجدت خلال مدة لا تتجاوز اسبوعان من تاريخ استلام البحث.
- 5 - لهيئة تحرير المجلة الحق في قبول أو رفض البحث ولها الحق في إجراء أي تعديل أو إعادة صياغة جزئية للمواد المقدمة للنشر. بما يتماشى والنسق المعتمد في النشر. لديها بعد موافقة الباحث.
- 6 - يصبح البحث المنشور ملكاً للمجلة ولا يجوز إعادة نشره في أماكن أخرى.
- 7 - تعبر المواد المنشورة بالمجلة عن آراء أصحابها، ولا تعكس وجهة نظر المجلة او المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية.
- 8 - ترسل البحوث على العنوان الالكتروني للمجلة:

journal@aitrs.org / Info@aitrs.org

المحتويات

رقم الصفحة	عنوان البحث	ت
1	العوامل المؤثرة في توقف المنشآت عن العمل:دراسة ميدانية على المنشآت الميكروية والصغيرة والمتوسطة في الأردن د. رانية السطل د. أمين شموط قسم الابحاث والدراسات - المؤسسة الاردنية لتطوير المشاريع الاقتصادية	1
25	تجريم الفعل البيئي الجسيم (Eco-cide) على المستوى الوطني والدولي واعتباره جريمة ضد الإنسانية أو جريمة بيئية خطيرة، لتحويل عبء المسؤولية من مجرد غرامة إلى محاسبة جنائية رادعة الدكتورة حليلة منصري أستاذة مساعدة بالمعهد العالي للدراسات القانونية بقابس (تونس)	2
58	Pregnant women in third trimester having risk factor and complications attending antenatal care in a tertiary hospital in Baghdad 2021 Dr. Hala Ahmed Shaker Dr. Walaa Waleed Taha Family physician at the ministry of health	3
74	The Topp-Leone Burr II Distribution: Properties and Applications Ghada A. Abd Elsamed, Nahed M. Helmy, Saida M. Abdelnabi and Rabab E. Abd EL-Kader Faculty of Commerce-Al-Azhar University Girls Branch Egypt	4
90	A Rapid Numerical Method Based on Machine Learning for Solving Eigenvalue Problems in Large Systems Aseel Najih Abbas Hassan University of Al-Mustansiriya, College of Administration and Economics, Department of Information Technology	5

العوامل المؤثرة في توقف المنشآت عن العمل: دراسة ميدانية على المنشآت
الميكروية والصغيرة والمتوسطة في الأردن

د. رانية السطل

د. أمين شموط

قسم الابحاث والدراسات – المؤسسة الاردنية لتطوير المشاريع الاقتصادية

تاريخ استلام البحث: 2026/04/27

تاريخ قبول البحوث: 2026/06/14

نشر البحث في العدد الثلاثون: حزيران / يونيو 2026

2522-64X/ 338.64207

رمز التصنيف ديوي / النسخة الالكترونية (Online):

2519-948X/ 338.64207

رمز التصنيف ديوي / النسخة الورقية (Print):

العوامل المؤثرة في توقف المنشآت عن العمل: دراسة ميدانية على المنشآت الميكروية والصغيرة والمتوسطة في الأردن

د. رانية السطل

د. أمين شموط

قسم الابحاث والدراسات - المؤسسة الاردنية لتطوير المشاريع الاقتصادية

الملخص

تهدف الدراسة إلى فهم وتحليل الأسباب التي أدت إلى توقف أو إغلاق عدد من الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة في الأردن خلال الفترة (2005-2025)، وذلك بالاعتماد على استبيان تم توزيعه على مختلف القطاعات وحسب المحافظات. فبالرغم من الحراك الإيجابي في بيئة ريادة الأعمال الأردنية مؤخرًا الذي يتمثل في دخول عشرات الشركات الريادية سنويًا إلى السوق وزيادة أعداد البرامج والجهات وحاضنات الأعمال الداعمة للشباب؛ إلا أن الأسواق تشهد أيضًا خروج وفشل أعداد كبيرة من هذه الشركات سنويًا، مما يتطلب تسليط الضوء على أسباب التوقف وسبل الحد منه في إطار العمل مع الشركاء في تحسين ريادة الأعمال.

تم اعتماد عينة مكونة من (70) شركة ميكروية وصغيرة ومتوسطة توقفت عن العمل في الأردن، بهدف تشخيص الأسباب الرئيسية للتوقف ورصد توجهات أصحاب المشاريع، حيث أظهرت النتائج من خلال التوزيع النسبي أن غالبية الشركات هي منشآت فيها شراكات بنسبة (70%) تتركز أنشطتها في القطاعات الخدمية (56%) والتجارية (29%)، مع انتشار جغرافي أكبر في العاصمة (74%)، وكانت معظم الشركات ميكروية الحجم وبنسبة قاربت (56%) - إذ كان عدد الموظفين لا يتجاوز خمسة موظفين - و(34%) من مجموع مفردات العينة هي شركات ناشئة تراوحت سنوات استمراريتها في السوق ما بين (3-0) سنوات.

كما أظهرت النتائج أن انخفاض المبيعات وضعف الطلب يمثلان السبب الرئيس لتوقف الشركات بمختلف أنواعها وفئاتها حسب الحجم، تلتها ارتفاع التكاليف الكلية من تشغيلية وثابتة؛ حيث برزت هذه العوامل بشكل واضح لدى أغلب الفئات؛ فمن حيث نوع الشركة، فقد تبين أن الشركات الفردية أكثر عرضة للتوقف بسبب انخفاض المبيعات، في حين تواجه منشآت الشراكة تأثيرًا أقل في هذا الجانب، أما من حيث النوع الاجتماعي، كان الذكور أكثر تأثرًا بتراجع الطلب وانخفاض المبيعات مقارنة بالإناث؛ وفيما يخص سنوات الخبرة، لوحظ أن تراجع الطلب والمبيعات يعد العامل المشترك الرئيس لتوقف الأعمال بغض النظر عن سنوات الخبرة. أما بالنسبة إلى طبيعة النشاط الاقتصادي، فالشركات التجارية والخدمية كانت الأكثر تأثرًا بالعوامل المالية (انخفاض المبيعات وارتفاع التكاليف)، في حين واجهت الشركات الصناعية والتقنية تحديات ناتجة عن الأزمات الاقتصادية الخارجية. وفيما يتعلق بالمستوى التعليمي لصاحب الشركة، فقد كانت فئة الجامعيين وفوق الجامعيين الأكثر تمثيلًا في أسباب التوقف، خصوصًا انخفاض المبيعات والصعوبات القانونية وارتفاع التكاليف، بينما تأثرت الفئات الأقل تعليمًا أكثر بمشكلات عدم سداد العملاء للذمم المترتبة عليهم.

بشكل عام، تؤكد النتائج أن العوامل المالية والاقتصادية هي الأسباب الأكثر تأثيراً في توقف الشركات، تليها العوامل التشريعية والإجرائية، بينما كانت العوامل الإدارية والتنظيمية الأقل تأثيراً في العينة المدروسة.

انطلاقاً من ذلك، توصي الدراسة بضرورة تنفيذ دراسات قطاعية تفصيلية إضافية تهدف إلى تعميق الفهم حول تحديد الاحتياجات بدقة. كما تؤكد على تظافر الجهود في استحداث وتطوير برامج داعمة جديدة تستند إلى نتائج تلك الدراسات؛ وبما يضمن فعالية التدخلات الحكومية ودعم استدامة الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة من خلال التنسيق والعمل في إطار القنوات الرسمية، وبالشراكة مع الجهات المعنية في القطاعين العام والخاص بما في ذلك مؤسسات المجتمع المدني ذات العلاقة؛ بما يضمن اطلاع صنّاع القرار والمختصين على مخرجات هذه الدراسة في حال مراجعة وتطوير السياسات الضريبية—خاصةً الضرائب غير المباشرة—في سياق عدالة العبء الضريبي. كما يُتوقع أن تسهم هذه الإجراءات مجتمعة في تقليص معدلات التعثر من خلال تعزيز مساهمة القطاعات الإنتاجية الحيوية في إطار رؤية التحديث الاقتصادي.

الكلمات المفتاحية: التوقف عن الأعمال؛ المنشآت الميكروية والصغيرة والمتوسطة؛ الأردن

Abstract

The study aims to understand and analyze the reasons that led to the cessation or closure of a number of micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs) in Jordan during the period (2005–2025). This is based on a survey distributed across various sectors and governorates. Despite the recent positive momentum in Jordan's entrepreneurial ecosystem—reflected in the entry of dozens of startups into the market annually, along with the growing number of programs, institutions, and business incubators supporting youth—markets are also witnessing the annual exit and failure of a large number of these enterprises. This calls for shedding light on the causes of business cessation and identifying ways to mitigate them, in collaboration with partners to improve the entrepreneurial environment.

A sample of (70) micro, small, and medium-sized enterprises that had ceased operations in Jordan was selected to diagnose the main reasons for closure and to track the orientations of business owners. The results showed, based on relative distribution, that the majority of companies were partnerships (70%), with activities concentrated in the service sector (56%) and the commercial sector (29%). Geographically, most were located in the capital (74%). Most of the businesses were micro-sized (approximately 56%), employing no more than five employees,

while (34%) of the sample consisted of startups that had been operating in the market for a period ranging between (0–3) years.

The findings also revealed that declining sales and weak demand were the primary reasons for business cessation across all types and categories, regardless of size. This was followed by rising total costs, including both operational and fixed expenses. These factors were prominent across most categories. In terms of business type, sole proprietorships were more vulnerable to closure due to declining sales, whereas partnerships were relatively less affected by this factor. From a gender perspective, males were more affected by declining demand and sales compared to females. Regarding years of experience, declining demand and sales emerged as the main common factor leading to business cessation regardless of experience level. In terms of economic activity, commercial and service-based businesses were the most affected by financial factors (declining sales and rising costs), while industrial and technology firms faced challenges arising from external economic crises. Concerning the educational level of business owners, university graduates and postgraduates were the most represented in closure causes, particularly in relation to declining sales, legal difficulties, and rising costs. In contrast, less-educated groups were more affected by issues related to customers' failure to settle outstanding debts.

Overall, the results confirm that financial and economic factors are the most influential causes of business cessation, followed by legislative and procedural factors, while administrative and organizational factors were the least influential within the studied sample.

Based on these findings, the study recommends conducting additional detailed sectoral studies to deepen the understanding of specific needs. It also emphasizes the importance of coordinated efforts to develop and introduce new support programs based on these findings, ensuring the effectiveness of government interventions and supporting the sustainability of MSMEs. This should be achieved through coordination within official channels and partnerships between public and private sector entities, including relevant civil society organizations. Furthermore, it is essential to ensure that policymakers and specialists are informed of the study's outcomes when reviewing and developing tax policies—particularly indirect taxes—in the context of ensuring tax fairness. Collectively, these measures are expected to reduce failure

rates by strengthening the contribution of vital productive sectors within the framework of the Economic Modernization Vision.

Keywords: Business failure; Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs); Jordan

المقدمة

تُعد الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة (MSMEs) العمود الفقري للاقتصاد الوطني، إذ تمثل النسبة الأكبر من حيث حجم المنشآت الاقتصادية وتوفر فرص عمل واسعة تسهم في الحد من البطالة، وتعزز الناتج المحلي الإجمالي، وتدعم الابتكار وريادة الأعمال. وفي الأردن، تحظى هذه الفئة من الشركات بأهمية خاصة، حيث تشكل ما يزيد على 90% (دائرة مراقبة الشركات، 2025)¹ من إجمالي الشركات العاملة وتوظف شريحة كبيرة من القوى العاملة الوطنية. وبالرغم من هذه الأهمية، فإن تلك الشركات تواجه تحديات جوهرية تهدد استمراريتها وتؤدي في كثير من الحالات إلى توقف أعمالها أو خروجها من السوق. وتتوزع هذه التحديات بين عوامل مالية مثل صعوبة الحصول على التمويل وضعف المبيعات، وعوامل إدارية تتعلق بـ قصور التخطيط الاستراتيجي وضعف الخبرات الإدارية، بالإضافة إلى عوامل خارجية مرتبطة بالتشريعات والضرائب وارتفاع كلفة التشغيل والمنافسة غير العادلة في الأسواق. كما تسهم التغيرات الاقتصادية الإقليمية والدولية في زيادة الضغوط على هذه الشركات؛ خاصة في ظل محدودية قدرتها على مواجهة الأزمات والتكيف مع المتغيرات المرتبطة بالمستجدات التي تطرأ على سلاسل التوريد.

من هنا، تأتي أهمية دراسة أسباب توقف الأعمال في الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة في الأردن، ليس فقط لفهم العوامل المؤدية إلى تعثرها أو خروجها من السوق، بل أيضاً لفتح الباب أمام الشركاء في القطاع الخاص والعام كالغرف التجارية والصناعية في الأردن للمساهمة في إيجاد الحلول العملية التي تساعد في تعزيز قدرة الشركات على البقاء والنمو، لما لذلك من أثر مباشر على التنمية الاقتصادية الشاملة والمستدامة في البلاد.

أهمية الدراسة ومبرراتها

إن استدامة الأعمال أمراً بالغ الأهمية تسعى له الحكومات المتعاقبة بجدية ويعتبر ضمن أولوياتها في الأردن؛ ومع ذلك نشهد خروج ودخول العديد من الأعمال باتجاهات متعكسة، حيث انخفض معدل ملكية الأعمال التجارية القائمة من 7.2% في عام 2023 إلى 4.8% في عام 2024 (التقرير الوطني للمملكة الأردنية الهاشمية 2024/2025 - مرصد ريادة الأعمال العالمي (GEM))، وفي نفس التقرير لعام 2020/2019 بلغ معدل توقف الأعمال في الأردن في تلك السنة 10.45%، وكان الأردن يحتل المرتبة الثالثة مقارنة بمنطقة الشرق الأوسط وأفريقيا، في حين أن تقرير عام 2017/2016 احتلت فيه الأردن المرتبة الثانية بمقارنة دولية وإقليمية،

¹ دائرة مراقبة الشركات: <https://ccd.gov.jo>

حيث بلغ معدل توقف الأعمال 21.2% من مجمل نشاط (TEA)²؛ مما يتطلب البحث في أسباب التخلي عن الأعمال التجارية وتوقف تلك الأعمال في هذه الدراسة.

أهداف البحث

1. التعرف على أبرز الخصائص الديموغرافية والإدارية للشركات مثل (النوع الاجتماعي لمدير الشركة، والمؤهل العلمي، وسنوات الخبرة، وعدد العاملين، ...).
2. تحديد أهم الأسباب الداخلية والخارجية التي تؤدي إلى توقف أعمال الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة حسب عينة الدراسة في الأردن.
3. اقتراح توصيات وحلول عملية لدعم استمرارية ونمو الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة في الأردن.

مصادر البيانات والمجتمع والأداة والمنهجية

تم اعتماد البيانات الأولية (Primary Data) والتي تم جمعها إلكترونياً عن طريق تقنية (Google Form)، حيث تم تصميم استبانة الدراسة من جانب قسم الأبحاث والدراسات وبالتعاون مع أقسام مديرية الابتكار والريادة في المؤسسة الأردنية لتطوير المشاريع الاقتصادية، إذ تم الأخذ بعين الاعتبار في التصميم دراسات مرجعية عربية وأجنبية سابقة. كما تم استخدام حزمة برمجية " SPSS " كأداة في تحليل البيانات واستخراج المؤشرات والاستنتاجات، ومن ثم التوصل إلى توصيات ذات العلاقة بأهداف الدراسة.

يتكون مجتمع الدراسة من الشركات المتوقفة عن العمل في الأردن³، لكن بسبب عدم دقة حجم المجتمع الأصلي والذي يقارب (2000 شركة) وصعوبة التحقق من صحة بيانات الاتصال، إضافة إلى أن جمع الردود يستغرق وقتاً طويلاً، فقد تم الاكتفاء بعينة مقدارها (70 شركة (حسب معادلة Steven K. Thompson)⁴، وقد تم التأكد من صحة بياناتها وأنها صالحة للتحليل.

وفي السياق أعلاه، اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه الأنسب لطبيعة أهدافها.

صدق أداة الدراسة

نظراً لأهمية التأكد من صلاحية أداة الدراسة ودقتها في جمع البيانات المطلوبة، فقد كان من الضروري التحقق من صدق الاستبيان قبل تطبيقه على العينة الفعلية. ويُعد التحقق من الصدق خطوة أساسية لضمان أن الأداة تقيس الجوانب التي صُممت من أجلها بدقة ووضوح؛ ولهذا الغرض، تم اعتماد طريقتين أساسيتين للتحقق من الصدق، وهما: صدق المحتوى والصدق الظاهري.

² Total Early-Stage Entrepreneurial Activity

³ البيانات تم الحصول عليها في منتصف عام 2025 من دائرة مراقبة الشركات: <https://ccd.gov.jo>، علماً أنها بيانات غير منشورة.

⁴ تم اعتماد مستوى ثقة 90% ونسبة خطأ 5%: فيكون الحد الأدنى لحجم العينة 66 مفردة <http://www.raosoft.com/samplesize.html>

أولاً: صدق المحتوى

حرصًا على التحقق من صلاحية أداة الدراسة ومدى قدرتها على قياس أهداف الدراسة، تم عرض الاستبيان على مجموعة من المعنيين في إطلاق البرامج في المؤسسة وتقييم الطلبات. وقد قاموا بتقييم البنود من حيث مدى ملاءمتها لأهداف الدراسة، وشمولها للأبعاد المرتبطة بموضوع البحث، فضلاً عن وضوح صياغتها وخلوها من الغموض أو التحيز. وبناءً على ملاحظاتهم، تم إدخال التعديلات اللازمة على عدد من البنود لضمان تغطيتها الشاملة ودقتها البحثية. وبذلك تحقق الاستبيان من درجة مناسبة من صدق المحتوى قبل تطبيقه على العينة الفعلية.

ثانياً: الصدق الظاهري

للتأكد من مدى وضوح الاستبيان وسهولة فهمه من قبل أفراد العينة المستهدفة، تم إجراء اختبار تجريبي (Pilot Test) على عينة محدودة من أصحاب الشركات المتوقفة عن العمل؛ بهدف تقييم مدى وضوح الصياغة والأسئلة. وقد أظهرت نتائج التطبيق التجريبي أن بنود الاستبيان واضحة ومفهومة، وتغطي بدقة الجوانب التي تهدف الدراسة إلى استقصائها. كما أخذت ملاحظات المشاركين بعين الاعتبار؛ مما عزز من الصدق الظاهري للأداة قبل توزيعها الميداني النهائي.

صعوبات الدراسة

- واجهت هذه الدراسة عدداً من الصعوبات والتحديات، ومن أبرزها ما يلي:
- صعوبة الحصول على بيانات دقيقة وموثوقة، نظراً لغياب السجلات المحدثة عن الشركات المتوقفة عن العمل أو لقيام أصحاب الشركات بتغيير أرقام التواصل معهم أو لوجود بيانات تواصل غير سارية، بالإضافة إلى تردد بعض أصحاب الشركات في الإفصاح عن الأسباب الحقيقية للتوقف.
 - محدودية حجم العينة وتنوعها، إذ لم يكن من السهل الوصول إلى جميع فئات الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة في مختلف القطاعات والمناطق الجغرافية، فضلاً عن ضعف تجاوب بعض المستجيبين مع أدوات البحث.
 - تداخل الأسباب المؤدية إلى التوقف، حيث يصعب أحياناً الفصل بشكل واضح بين العوامل الداخلية (مثل سوء الإدارة أو نقص التمويل) والعوامل الخارجية (مثل الأزمات الاقتصادية أو التشريعات).
 - الاعتبارات الزمنية؛ إذ إن بعض الشركات توقفت منذ فترة طويلة، مما يجعل المعلومات المستخلصة عرضة للنسيان أو للتأثر بالظروف اللاحقة.

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات العربية والأجنبية موضوع توقف الأعمال؛ نسرِد في هذه الدراسة الأحدث منها بشكل مختصر.

قام الشامي وآخرون (2025) بدراسة حول أسباب التعثر المالي لدى الشركات الصغيرة والمتوسطة في الكويت، وركزت على أثر أزمة كوفيد-19 ودور الصندوق الوطني لتنمية المشاريع. خلصت الدراسة إلى أن الجائحة لم تكن السبب الوحيد، بل كشفت مشكلات سابقة مثل ضعف الإدارة المالية، صعوبة التمويل، والضعف التشغيلي داخل الشركات. كما قام لحسن وأمغار (2025) بدراسة طور فيها نموذجاً للتنبؤ بالفشل المالي لدى SMEs المغربية باستخدام بيانات مالية لعينة من 30 شركة خلال 2019-

2021، واعتمدت على تحليل المكونات الرئيسية والانحدار اللوجستي. أهميتها أنها لا تكتفي بوصف أسباب الفشل، بل تحاول بناء أداة إنذار مبكر قبل توقف الشركة. وقام زيزي وقومار (2025) بدراسة في المغرب حول العوامل النوعية للفشل المالي لدى SMEs في جهة الدار البيضاء-سطات، مثل خبرة المدير، المهارات المالية، المنافسة، والاستراتيجيات الإدارية. ميزتها أنها لا تنظر فقط للأرقام المالية، بل تدرس العوامل الإدارية والسلوكية التي قد تؤدي إلى التعثر أو التوقف.

أما الدراسات الأجنبية الحديثة؛ فقد قام Wang & Guedes (2025) بدراسة حول لتنبؤ بفشل الشركات الصغيرة والمتوسطة والمشاريع الجديدة في البرتغال باستخدام الانحدار اللوجستي. اعتمدت على عينة كبيرة جدًا من الشركات غير المدرجة، ووجدت أن عمر الشركة وحجمها والربحية من أهم العوامل التي تميز الشركات المعرضة للفشل. أهم نتيجة: لا يجب تقييم SMEs والمشاريع الجديدة بنفس النموذج لأن أسباب الفشل تختلف بينهما. وقام Graham & Matikonis (2025) بدراسة حول إدارة الأزمات لدى SMEs في بريطانيا بعد كوفيد-19، واستخدمت خوارزميات شجرة القرار والذكاء الاصطناعي التفسيري لتحليل العلاقة بين استجابة الشركات للأزمة وأدائها. خلصت إلى أن بقاء الشركات لا يعتمد على عامل واحد فقط، بل على تفاعل معقد بين حجم الشركة، عمرها، الاستفادة من الدعم الحكومي، وطريقة تعاملها مع الإغلاقات. بالإضافة إلى ما قاما به McGeever, & Yao 2023, (McCann) حول قابلية استمرار SMEs في أيرلندا خلال مرحلة التعافي من كوفيد-19. توقعت أن تنخفض نسبة الشركات المتعثرة ماليًا من 12% في 2020 إلى 7% في 2024، لكنها أوضحت أن الشركات التي بقيت ضعيفة غالبًا كانت تعاني أصلاً من ضعف الربحية أو التعثر قبل الجائحة. كما أكدت أهمية توفير تمويل سيولة للشركات القابلة للاستمرار

التحليل الوصفي

المتغيرات الديموغرافية لأفراد عينة الدراسة

توضح الجداول (1)، (2)، (3)، المتغيرات الديموغرافية لأفراد عينة الدراسة (النوع الاجتماعي، والمؤهل العلمي، وسنوات الخبرة).

إذ يوضح الجدول رقم (1) أن نحو 87% من أفراد وحدة التحليل هم من الذكور، وما نسبته 13% هم من الإناث.

الجدول رقم (1): توزيع أفراد العينة حسب متغير النوع الاجتماعي

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية (%)
النوع الاجتماعي	ذكور	61	87.1
	إناث	9	12.9
المجموع		70	100

وبالنسبة لمتغير المؤهل العلمي، وكما هو موضح بالجدول رقم (2) فقد تبين أن ما يقارب 4% كان تحصيلهم العلمي دون الثانوية، وأن ما يقارب 16% كان تحصيلهم العلمي ثانوية أو كلية مجتمع، وأن 50% من أفراد العينة هم من حملة درجة البكالوريوس في اختصاصاتهم، كما بينت النتائج أن نسبة الأفراد من حملة الشهادات العليا في اختصاصاتهم هي 30%.

الجدول رقم (2): توزيع أفراد العينة حسب متغير المؤهل العلمي

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية (%)
المؤهل العلمي	دون الثانوية	3	4.3
	ثانوية أو كلية مجتمع	11	15.7
	جامعي	35	50
	دراسات عليا	21	30
المجموع		70	100

أما ما يرتبط بمتغير سنوات الخبرة لمدير الشركة، فقد أظهرت النتائج والموضحة بالجدول رقم (3) أن ما نسبته 21% من أفراد العينة هم ممن تتراوح عدد سنوات خبرتهم العملية من 1-5 سنوات، وأن ما يقارب 14% ممن لديهم خبرة عملية امتدت من 6-10 سنوات. وأخيراً، تبين أن النسبة المئوية للأفراد الذين تعدت خبرتهم 10 سنوات قاربت 64%.

الجدول (3): توزيع أفراد العينة حسب مدة الخبرة

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية (%)
سنوات الخبرة	1-5 سنوات	15	21.4
	6-10 سنوات	10	14.3
	فوق 10 سنوات	45	64.3
المجموع		70	100

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب نوع الشركة من حيث الملكية:

يبين الشكل رقم (1) أن 30% من أفراد العينة هم شركات فردية، وأن 70% من الشركات هي شركات فيها شركات⁵.

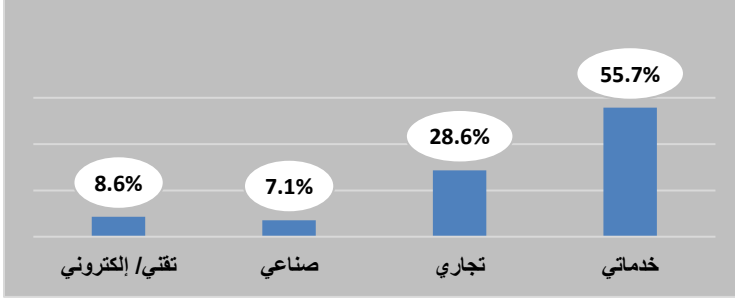


الشكل رقم (1): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب نوع الشركة من حيث الملكية

⁵ أي شركة لا يملكها شخص واحد تُعدّ "شركة أشخاص" أو "شركة أموال" وفقاً لتصنيف قانون الشركات الأردني. وتُسجّل رسمياً في دائرة مراقبة الشركات كإحدى الصيغ التالية: تضامن، توصية بسيطة، ذات مسؤولية محدودة، مساهمة خاصة، مساهمة عامة.

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب نوع الشركة من حيث طبيعة النشاط:

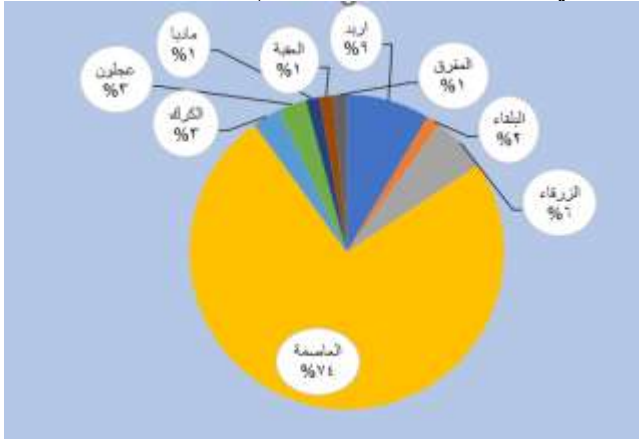
يبين الشكل رقم (2) أن النسبة الأكبر من الشركات يمارسون النشاط الخدماتي وبنحو 56%، يليهم من يمارسون النشاط التجاري وبنحو 29%، ثم الذين يمارسون النشاط التقني والإلكتروني وبنحو 9%، وأخيرًا الشركات التي تمارس النشاط الصناعي وبنحو 7%.



الشكل رقم (2): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب طبيعة النشاط

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب المحافظات:

يبين الشكل رقم (3) أن النسبة الأكبر من الشركات متواجدين في محافظة العاصمة عمان وبنحو 74%، تليها الشركات في محافظة إربد وبنحو 9%، ثم محافظة الزرقاء وبنحو 6%.



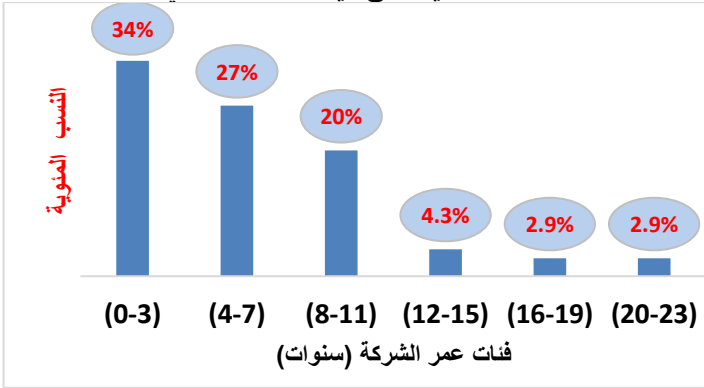
الشكل رقم (3) التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب المحافظات

التوزيع النسبي لسنوات استمرار الشركات وفق الفئات العمرية (بالسنوات) منذ تـاريخ التأسيس

يوضح الشكل رقم (4) توزيع الشركات وفقاً لعمرها السوقي منذ سنة التأسيس إلى سنة التوقف؛ إذ يظهر من الشكل أن غالبية الشركات تقع ضمن الفئات العمرية الصغيرة حيث ان أكبر عدد من الشركات يتركز في الفئة العمرية الأولى (من 0 إلى 3 سنوات)، إذ بلغت النسبة 34%، وتعتبر تلك الشركات مشاريع ناشئة⁶ (Startups)، تليها الفئة الثانية (من 4 إلى 7 سنوات) إذ بلغت

⁶ تعرف ريادة الأعمال (أو المشاريع الناشئة) بأنها محاولة لإنشاء مشروع جديد، مثل العمل الحر أو تأسيس منظمة أعمال جديدة أو توسيع مشروع قائم يقوم بها فرد أو فريق من الأفراد، حسب التقرير الوطني لريادة الأعمال - مرصد ريادة الأعمال العالمي (GEM) لعام 2024/2025.

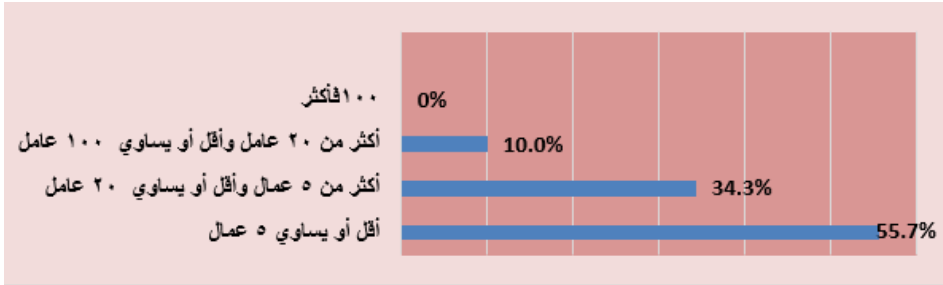
النسبة 27%، ثم الفئة الثالثة (من 8 إلى 11 سنوات) إذ بلغت النسبة 20%. ونلاحظ أن الاتجاه العام لعدد الشركات يبدأ بالتناقص تدريجيًا مع زيادة عمرها السوقى منذ تأسيسها.



الشكل رقم (4): التوزيع النسبي لسنوات استمرار الشركات وفق الفئات العمرية (بالسنوات)

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب عدد العاملين قبل التوقف عن العمل:

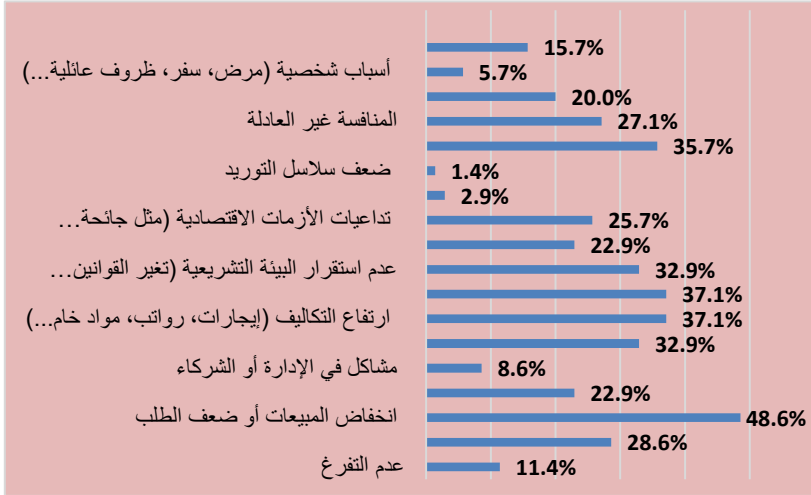
يبين الشكل رقم (5) أن الشركات التي كان عدد العمال أقل أو يساوي 5 عمال في العينة كانت نسبتها تقارب 56%، تليها الشركات الأكبر قليلاً والتي كان عد عمالها يتراوح ما بين 5-20 عاملاً، وبنسبة قاربت 34%، ثم الشركات التي عمالها أكثر من 20 عاملاً وأقل أو يساوي 100 عاملاً، إذ كانت نسبتها 10%.



الشكل رقم (5): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب عدد العاملين قبل التوقف عن العمل

الأسباب التي أدت إلى إغلاق الشركات أو توقفها عن العمل:

أظهرت النسب من خلال النتائج أن أكثر الأسباب شيوعاً لتوقف الشركات عن العمل كانت انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب وبنحو (49%)، تلتها ارتفاع التكاليف (إيجارات، رواتب، مواد خام....) والصعوبات القانونية أو الترخيضية وبنسبة قاربت (37%، 37%) على التوالي، ويلى ذلك الأعباء الضريبية ونسبة قاربت 36%، بينما كانت الأسباب الأقل تأثيراً هي ضعف سلاسل التوريد وبنحو (1%)، وعدم القدرة على التكيف مع التحول الرقمي أو التكنولوجي وبنحو (3%) حسبما هو موضح في الشكل رقم (6).



الشكل رقم (6): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب الأسباب التي أدت إلى إغلاق للمشركة أو توقفها عن العمل

أسباب التوقف ونوع الشركة من حيث الملكية:

أظهرت نتائج التحليل التقاطعي بين نوع الشركة وأسباب توقفها عن العمل، إذ تبين وجود تباينات واضحة بين الشركات الفردية وتلك التي تعمل بنظام الشراكة في العوامل التي أدت إلى التوقف. فقد أظهرت النتائج أن انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب كان السبب الأكثر شيوعاً لتوقف الشركات، إذ أشار إليه ما يقارب (57%) من الشركات الفردية وما يقارب (45%) من شركات الشراكة، مما يعكس التأثير الكبير للتراجع في الطلب والمبيعات على استمرارية الأعمال في كلا النوعين من الشركات. تلاها السبب في عدم الاستقرار في البيئة التشريعية، إذ كان هذا السبب أكثر تأثيراً على الشركات الفردية وبنسبة قاربت (48%) مقارنةً بالنسبة التي قاربت (27%) لدى الشركات الشريكة، وهو ما يشير إلى أن الشركات الصغيرة المملوكة لأفراد أكثر حساسية للتغيرات الإدارية والقانونية مقارنةً بالشركات التي تمتلك أكثر من شريك. كما برزت مشكلة تغيرات السوق وارتفاع التكاليف والصعوبات القانونية، إذ كانت النسبة لتلك الأسباب متماثلة وبنحو (43%) في الشركات الفردية أما النسب بالنسبة لمنشآت الشراكة فكانت على التوالي بنحو (29%، 35%، 27%). بينما تركزت الأسباب الأقل تأثيراً في كلٍّ من ضعف القدرة على التكيف مع التحول الرقمي وبنحو (5% و2%) على التوالي، وضعف سلاسل التوريد وبنحو (5% و0%) على التوالي، والأسباب الشخصية وبنحو (5% و6%) على التوالي، مما يعكس أن هذه التحديات ما زالت محدودة الانتشار نسبياً بين الشركات محل الدراسة. كما هو موضح في الجدول رقم (4).

الجدول (4): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف ونوع الشركة،
حيث (n=70)

المجموع	نوع الشركة		أسباب التوقف	
	شراكة	فردية		
8	6	2	العدد	عدم التفرغ
	75	25	% من المجموع	
20	15	5	العدد	عدم القدرة على الحصول على تمويل
	75	25	% من المجموع	
34	22	12	العدد	انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب
	64.7	35.3	% من المجموع	
16	11	5	العدد	تراكم الديون أو الالتزامات المالية
	68.8	31.3	% من المجموع	
6	6	0	العدد	مشاكل في الإدارة أو الشركاء
	100	0	% من المجموع	
23	14	9	العدد	تغيرات في السوق أو المنافسة الشديدة
	60.9	39.1	% من المجموع	
26	17	9	العدد	ارتفاع التكاليف
	65.4	34.6	% من المجموع	
26	17	9	العدد	صعوبات قانونية أو ترخيصية
	65.4	34.6	% من المجموع	
23	13	10	العدد	عدم استقرار البيئة التشريعية
	56.5	43.5	% من المجموع	
18	14	4	العدد	تداعيات الأزمات الاقتصادية
	77.8	22.2	% من المجموع	
2	1	1	العدد	عدم القدرة على التكيف مع التحول الرقمي
	50	50	% من المجموع	
1	0	1	العدد	ضعف سلاسل التوريد
	0	100	% من المجموع	
25	19	6	العدد	الأعباء الضريبية
	76	24	% من المجموع	
19	13	6	العدد	المنافسة غير العادلة
	68.4	31.6	% من المجموع	
14	11	3	العدد	عدم التزام العملاء بسداد الذمم المدينة
	78.6	21.4	% من المجموع	
4	3	1	العدد	أسباب شخصية
	75	25	% من المجموع	
11	7	4	العدد	ضعف في تقدير تحديات السوق المحلية والعالمية
	63.6	36.4	% من المجموع	
16	8	8	العدد	التوترات الإقليمية المحيطة
	50	50	% من المجموع	
70	49	21	العدد	المجموع
%100	70	30	% من الإجمالي	

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف والنوع الاجتماعي:

أظهرت نتائج التحليل التقاطعي بين النوع الاجتماعي وأسباب توقف الشركات عن العمل أن انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب كان السبب الأبرز لتوقف الشركات، حيث أفاد بذلك ما يقارب (53%) من الذكور مقابل ما يقارب (22%) من الإناث، مما يدل على أن أصحاب الشركات من الذكور تأثروا بشكل أكبر بتراجع الطلب والإيرادات. كما برزت الأعباء الضريبية كسبب مهم لدى المدراء الذكور، بنسبة بلغت نحو (39%) مقارنة مع نسبة الإناث التي بلغت نحو (11%)، في المقابل، كانت نسبة ضعف سلاسل التوريد وضعف القدرة على التكيف مع التحول الرقمي منخفضة جداً لدى الجنسين، مما يعكس أن العوامل الإدارية والتكنولوجية لم تكن من الأسباب الجوهرية وراء توقف الأعمال في العينة المدروسة. كما هو موضح في الجدول رقم (5).

الجدول (5): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف والنوع الاجتماعي،
حيث (n=70)

المجموع	النوع الاجتماعي		أسباب التوقف	
	أنثى	ذكر	العدد	عدم التفرغ
8	1	7	العدد	عدم القدرة على الحصول على تمويل
	12.5	87.5	% من المجموع	
20	2	18	العدد	انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب
	10	90	% من المجموع	
34	2	32	العدد	تراكم الديون أو الالتزامات المالية
	5.9	94.1	% من المجموع	
16	2	14	العدد	مشاكل في الإدارة أو الشركاء
	12.5	87.5	% من المجموع	
6	0	6	العدد	تغيرات في السوق أو المنافسة الشديدة
	0	100	% من المجموع	
23	2	21	العدد	ارتفاع التكاليف
	8.7	91.3	% من المجموع	
26	4	22	العدد	صعوبات قانونية أو ترخيصية
	15.4	84.6	% من المجموع	
26	4	22	العدد	عدم استقرار البيئة التشريعية
	15.4	84.6	% من المجموع	
23	0	23	العدد	تداعيات الأزمات الاقتصادية
	0	100	% من المجموع	
18	2	16	العدد	عدم القدرة على التكيف مع التحول الرقمي
	11.1	88.9	% من المجموع	
2	0	2	العدد	ضعف سلاسل التوريد
	0	100	% من المجموع	
1	0	1	العدد	الأعباء الضريبية
	0	100	% من المجموع	
25	1	24	العدد	
	4	96	% من المجموع	

19	1	18	العدد	المنافسة غير العادلة
	5.3	94.7	% من المجموع	
14	2	12	العدد	عدم التزام العملاء بسداد الذمم المدينة
	14.3	85.7	% من المجموع	
4	0	4	العدد	أسباب شخصية
	0	100	% من المجموع	
11	3	8	العدد	ضعف في تقدير تحديات السوق المحلية والعالمية
	27.3	72.7	% من المجموع	
16	3	13	العدد	التوترات الإقليمية المحيطة
	18.8	81.3	% من المجموع	
70	9	61	العدد	المجموع
%100	12.9	87.1	% من الإجمالي	

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف وسنوات الخبرة:

أظهرت نتائج التحليل التقاطعي بين سنوات الخبرة لدى صاحب الشركة وأسباب توقف الشركات عن العمل أن انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب كان السبب الأبرز لتوقف الشركات عبر مختلف فئات الخبرة، إذ بلغت نسبته (60%) بين الشركات التي تمتلك خبرة من 6-10 سنوات و (40%) بين الشركات الأقل خبرة (1-5 سنوات)، بينما بلغت نحو (49%) في الفئة ذات الخبرة التي تتجاوز 10 سنوات. وهذا يشير إلى أن تراجع الطلب والمبيعات يعد العامل المشترك الرئيس لتوقف الأعمال بغض النظر عن سنوات الخبرة. كما برزت الصعوبات القانونية بنسبة قاربت (67%) لدى الفئة الأقل خبرة (1-5 سنوات)، ما يعكس ضعف الإلمام بالإجراءات التنظيمية في بدايات المشروع. في المقابل، أظهرت الفئة ذات الخبرة الأعلى (أكثر من 10 سنوات) نسبة أكبر لتأثرها بارتفاع التكاليف التشغيلية والثابتة وبنحو (38%)، مما يدل على أن الشركات الأقدم أكبر تأثرًا بأسعار التكاليف المترتبة عليها. كما هو موضح في الجدول رقم (6).

الجدول (6): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف وسنوات الخبرة،

حيث (n=70)

المجموع	سنوات الخبرة	أسباب التوقف			
		(فوق 10)	(6-10)	(1-5)	
8	6	0	2	العدد	عدم التفرغ
	75	0	25	% من المجموع	
20	14	3	3	العدد	عدم القدرة على الحصول على تمويل
	70	15	15	% من المجموع	
34	22	6	6	العدد	انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب
	64.7	17.6	17.6	% من المجموع	
16	10	3	3	العدد	تراكم الديون أو الالتزامات المالية
	62.5	18.8	18.8	% من المجموع	
6	4	1	1	العدد	مشاكل في الإدارة أو الشركاء
	66.7	16.7	16.7	% من المجموع	
23	17	4	2	العدد	

					تغيرات في السوق أو المنافسة الشديدة
	73.9	17.4	8.7	% من المجموع	
26	17	3	6	العدد	ارتفاع التكاليف
	65.4	11.5	23.1	% من المجموع	
26	14	2	10	العدد	صعوبات قانونية أو ترخيصية
	53.8	7.7	38.5	% من المجموع	
23	19	2	2	العدد	عدم استقرار البيئة التشريعية
	82.6	8.7	8.7	% من المجموع	
18	13	2	3	العدد	تداعيات الأزمات الاقتصادية
	72.2	11.1	16.7	% من المجموع	
2	0	0	2	العدد	عدم القدرة على التكيف مع التحول الرقمي
	0	0	100	% من المجموع	
1	0	0	1	العدد	ضعف سلاسل التوريد
	0	0	100	% من المجموع	
25	21	2	2	العدد	الأعباء الضريبية
	84	8	8	% من المجموع	
19	14	1	4	العدد	المنافسة غير العادلة
	73.7	5.3	21.1	% من المجموع	
14	11	3	0	العدد	عدم التزام العملاء بسداد الذمم المدينة
	78.6	21.4	0	% من المجموع	
4	1	1	2	العدد	أسباب شخصية
	25	25	50	% من المجموع	
11	8	2	1	العدد	ضعف في تقدير تحديات السوق المحلية والعالمية
	72.7	18.2	9.1	% من المجموع	
16	9	4	3	العدد	التوترات الإقليمية المحيطة
	56.3	25	18.8	% من المجموع	
70	45	10	15	العدد	المجموع
	64.3	14.3	21.4	% من الإجمالي	

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف وطبيعة النشاط:

أظهرت نتائج الجداول المتقاطعة أن الشركات التجارية والخدمية واجهت أعلى معدلات توقف نتيجة العوامل المالية. فقد كان انخفاض المبيعات هو السبب الأكثر شيوعًا، بنسبة (55%) في الشركات التجارية، ونحو (49%) في الشركات الخدمية. كما برزت صعوبة تداعيات الأزمات الاقتصادية بنسبة (60%) في القطاع الصناعي ونحو (33%) في القطاع التقني، إضافة إلى الصعوبات القانونية التي بلغت نحو (49%)، ونحو (33%) في القطاع التقني. كذلك أظهرت النتائج أن ارتفاع التكاليف بلغت (40%) في الشركات التجارية، ونحو (39%) في الشركات الخدمية. ما يشير إلى أن هذه التحديات الخارجية تمثل عاملاً مؤثرًا في استمرارية الشركات. بوجه عام تعكس النسب أن القطاعات التجارية والخدمية هي الأكثر تأثرًا بانخفاض المبيعات وارتفاع التكاليف، في حين تتأثر الشركات الصناعية أكثر بالظروف الاقتصادية الخارجية، بينما كان تأثير تلك العوامل أقل في الشركات التقنية أو الإلكترونية. كما هو موضح في الجدول رقم (7).

الجدول (7): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف وطبيعة نشاط الشركة، حيث (n=70)

المجموع	نشاط الشركة				أسباب التوقف	
	خدمي	تجاري	صناعي	تقني		
8	5	1	1	1	العدد	عدم التفريغ
	62.5	12.5	12.5	12.5	% من المجموع	
20	12	5	2	1	العدد	عدم القدرة على الحصول على تمويل
	60	25	10	5	% من المجموع	
34	19	11	1	3	العدد	انخفاض المبيعات أو ضعف الطلب
	55.9	32.4	2.9	8.8	% من المجموع	
16	11	3	2	0	العدد	تراكم الديون أو الالتزامات المالية
	68.8	18.8	12.5	0	% من المجموع	
6	2	2	1	1	العدد	مشاكل في الإدارة أو الشركاء
	33.3	33.3	16.7	16.7	% من المجموع	
23	17	4	1	1	العدد	تغيرات في السوق أو المنافسة الشديدة
	73.9	17.4	4.3	4.3	% من المجموع	
26	15	8	1	2	العدد	ارتفاع التكاليف
	57.7	30.8	3.8	7.7	% من المجموع	
26	19	5	0	2	العدد	صعوبات قانونية أو ترخيصية
	73.1	19.2	0	7.7	% من المجموع	
23	14	5	2	2	العدد	عدم استقرار البيئة التشريعية
	60.9	21.7	8.7	8.7	% من المجموع	
18	11	2	3	2	العدد	تداعيات الأزمات الاقتصادية
	61.1	11.1	16.7	11.1	% من المجموع	
2	1	0	1	0	العدد	عدم القدرة على التكيف مع التحول الرقمي
	50	0	50	0	% من المجموع	
1	1	0	0	0	العدد	ضعف سلاسل التوريد
	100	0	0	0	% من المجموع	
25	15	7	2	1	العدد	الأعباء الضريبية
	60	28	8	4	% من المجموع	
19	14	4	1	0	العدد	المنافسة غير العادلة
	73.7	21.1	5.3	0	% من المجموع	
14	11	2	1	0	العدد	عدم التزام العملاء بسداد اللزم المدينة
	78.6	14.3	7.1	0	% من المجموع	
4	2	2	0	0	العدد	أسباب شخصية
	50	50	0	0	% من المجموع	
11	10	0	0	1	العدد	ضعف في تقدير تحديات السوق المحلية والعالمية
	90.9	0	0	9.1	% من المجموع	
16	11	3	1	1	العدد	التوترات الإقليمية المحيطة
	68.8	18.8	6.3	6.3	% من المجموع	
70	39	20	5	6	العدد	المجموع
%100	55.7	28.6	7.1	8.6	% من الإجمالي	

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف والمؤهل العلمي:

كما أظهرت نتائج الجداول المتقاطعة أن فئة أصحاب المؤهلات الجامعية كانت الأكثر حضورًا في معظم أسباب التوقف، إذ سجّلوا نسبةً مرتفعة في انخفاض المبيعات وبنحو (46%) والصعوبات القانونية وبنحو (43%)، وارتفاع التكاليف وبنحو (37%) ما يشير إلى أن المشكلات المالية والتشريعية تعدّ الأسباب الرئيسة لتوقف أعمالهم. أما فئة فوق الجامعي فبرزت لديهم نسب مرتفعة أيضًا في انخفاض المبيعات وبنحو (57%) وارتفاع التكاليف والتغيرات السوقية والمنافسة غير العادلة بنسبة متشابهة قاربت (48%) وعدم التزام العملاء بالسداد بنحو (38%). في المقابل أظهرت فئتا الثانوية ودون الثانوية نسبةً محدودة في معظم البنود، باستثناء عدم التزام العملاء بسداد الذمم وبنحو (67%)، ما يدل على أن الشركات التي أصحابها ذوي التعليم الأدنى تتأثر أكثر بالعوامل المالية المباشرة. بشكل عام، تُبرز النتائج أن المشكلات المالية (المبيعات، التكاليف) تنصدر أسباب التوقف في جميع المستويات التعليمية، تليها العوامل القانونية والتنافسية، بينما تقل أهمية العوامل الإدارية أو الشخصية في تفسير توقف الأعمال. كما هو موضح في الجدول رقم (8).

الجدول (8): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب أسباب التوقف والمستوى التعليمي،

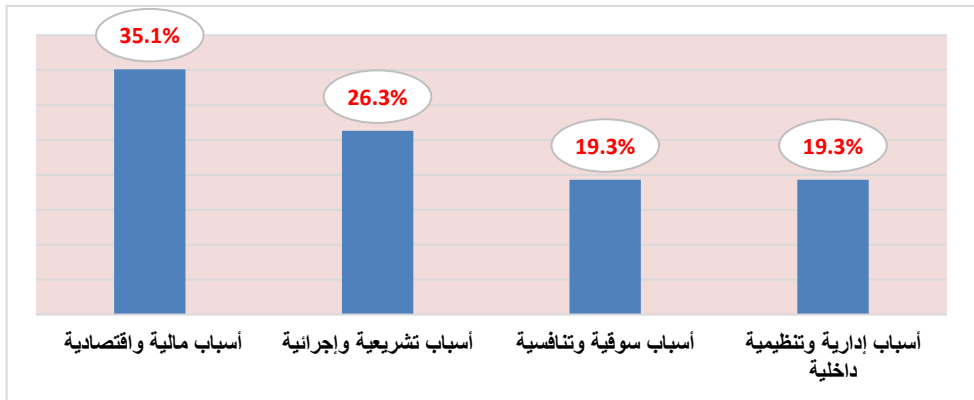
حيث (n=70)

المجموع	المستوى التعليمي				أسباب التوقف
	دراسات عليا	جامعي	ثانوية أو كلية مجتمع	دون الثانوية	
8	1	7	0	0	العدد
	12.5	87.5	0	0	% من المجموع
20	7	8	4	1	العدد
	35	40	20	5	% من المجموع
34	12	16	5	1	العدد
	35.3	47.1	14.7	2.9	% من المجموع
16	5	8	2	1	العدد
	31.3	50	12.5	6.3	% من المجموع
6	2	2	1	1	العدد
	33.3	33.3	16.7	16.7	% من المجموع
23	10	10	2	1	العدد
	43.5	43.5	8.7	4.3	% من المجموع
26	10	13	2	1	العدد
	38.5	50	7.7	3.8	% من المجموع
26	7	15	3	1	العدد
	26.9	57.7	11.5	3.8	% من المجموع
23	7	14	1	1	العدد
	30.4	60.9	4.3	4.3	% من المجموع
18	6	9	2	1	العدد
	33.3	50	11.1	5.6	% من المجموع
2	0	2	0	0	العدد

	0	100	0	0	% من المجموع	عدم القدرة على التكيف مع التحول الرقمي
1	0	1	0	0	العدد	ضعف سلاسل التوريد
	0	100	0	0	% من المجموع	
25	9	13	2	1	العدد	الأعباء الضريبية
	36	52	8	4	% من المجموع	
19	10	7	1	1	العدد	المنافسة غير العادلة
	52.6	36.8	5.3	5.3	% من المجموع	
14	8	3	1	2	العدد	عدم التزام العملاء بسداد الذمم المدينة
	57.1	21.4	7.1	14.3	% من المجموع	
4	0	1	3	0	العدد	أسباب شخصية
	0	25	75	0	% من المجموع	
11	3	7	0	1	العدد	ضعف في تقدير تحديات السوق المحلية والعالمية
	27.3	63.6	0	9.1	% من المجموع	
16	4	10	2	0	العدد	التوترات الإقليمية المحيطة
	25	62.5	12.5	0	% من المجموع	
70	21	35	11	3	العدد	المجموع
%100	30	50	15.7	4.3	% من الإجمالي	

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب الأسباب الجوهرية التي أدت إلى الإغلاق:

يبين الشكل رقم (6) أهم الأسباب التي أدت إلى الإغلاق بعد أن تم تصنيفها لمجموعات؛ إذ تبين أن الأسباب المالية والاقتصادية هي العامل الحاسم الذي أدى إلى قرار التوقف عن العمل بالنسبة للشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة وبنسبة قاربت 35%.

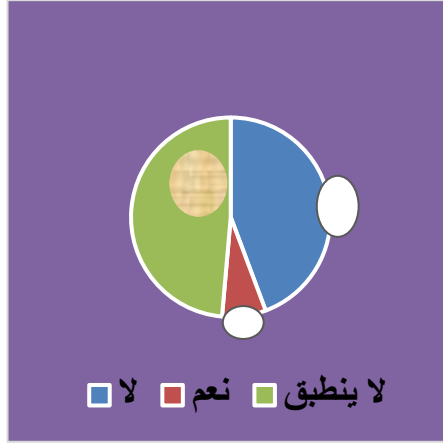


الشكل رقم (6): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب الأسباب الجوهرية التي أدت إلى الإغلاق

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب الاستفادة من قوانين الإعسار:

يبين الشكل رقم (7) توزيع الشركات حسب استفادتها من قوانين الإعسار، إذ كانت النسبة الأكبر للشركات التي لم تنطبق عليهم شروط الاستفادة منها وبنحو 49%، والذين لم يستطيعوا

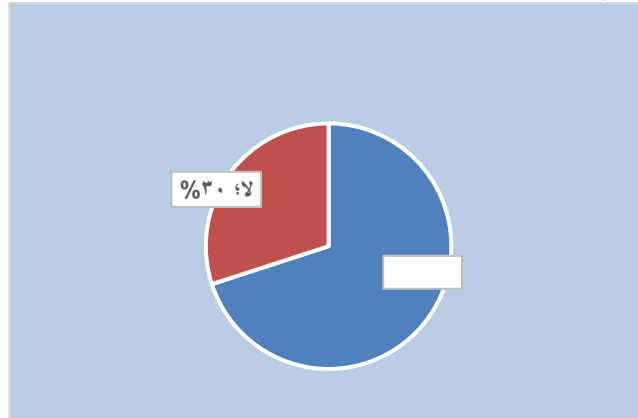
الاستفادة كانت نسبتهم ما يقارب 44%، والذين استفادوا من تلك القوانين كانت نسبتهم الأقل وبنحو 7%.



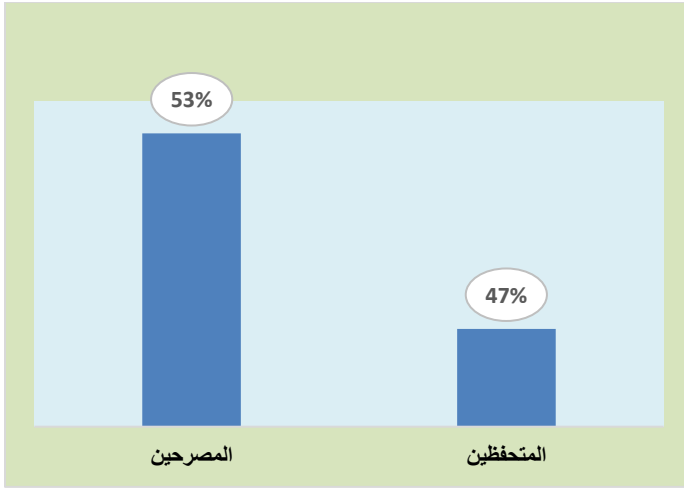
الشكل رقم (7): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب الاستفادة من قوانين الإعسار

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب محاولات إنقاذ الشركة قبل الإغلاق:

يوضح الشكل رقم (8) أن 70% من الشركات حاولت ألا تتوقف عن العمل؛ مما يدل على وعي إداري ورغبة في الاستمرار، وأن 30% من الشركات لم تحاول البقاء في السوق مما يدل على ضعف في التخطيط الاستراتيجي أو غياب أدوات الإنقاذ. علمًا أن 53% من الشركات التي أقرت أنها حاولت الإنقاذ هي التي صرحت بالأسلوب الذي استخدمته، بينما تحفظت 47% من تلك الشركات عن التصريح، حسبما هو موضح في الشكل رقم (9) وهو ما قد يُعزى إلى غياب التوثيق الإداري لتلك الإجراءات.



الشكل رقم (8): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب محاولات إنقاذ الشركة قبل الإغلاق

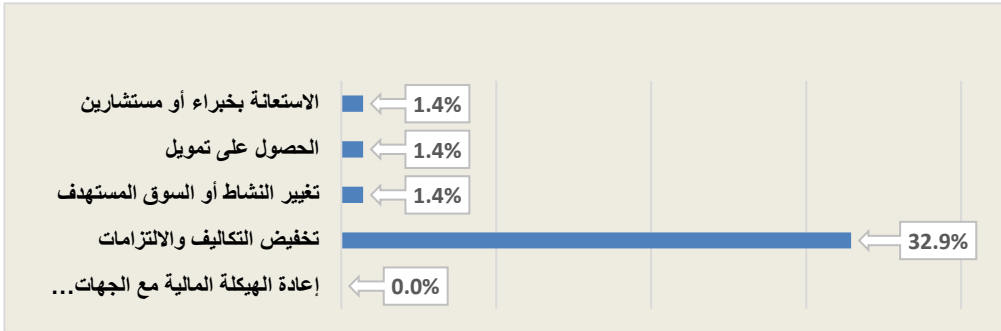


الشكل رقم (9): التوزيع النسبي للشركات المنقذة حسب الإقرار

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب طبيعة المحاولة لإنقاذ الشركة قبل الإغلاق:

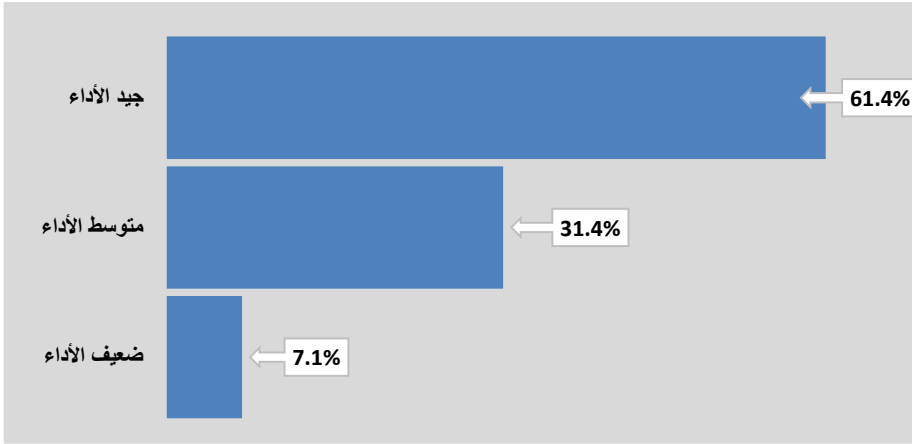
يبين الشكل رقم (9) أن الوسيلة الأكثر استخداماً من قبل الشركات التي حاولت الإنقاذ كانت تخفيض التكاليف والالتزامات ونحو 33%، تلتها باقي الوسائل (الاستعانة بخبراء أو الحصول على تمويل أو تغيير النشاط) وبنسبة متماثلة بنحو 1%.

الشكل رقم (10): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب طبيعة المحاولة لإنقاذ الشركة قبل الإغلاق



التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب مستوى الأداء للكادر المهني الذي يعمل في الشركة:

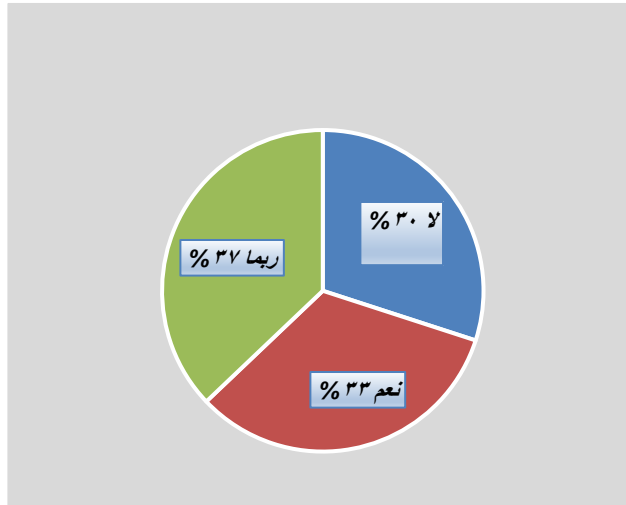
يبين الشكل رقم (11) أن ما يقارب 61% من الشركات كان الكادر الوظيفي لها جيد الأداء ولديه المهارات المطلوبة للعمل، بينما كانت نسبة الشركات التي كان مستوى أداء موظفيها متوسط نحو 31%، أما الشركات التي أقرت أن مستوى أداء الموظفين لديها ضعيف كانت نسبتهم حوالي 7%.



الشكل رقم (11): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب مستوى الأداء للكادر المهني الذي يعمل في الشركة

التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب التفكير في إطلاق مشاريع مستقبلاً:

يبين الشكل رقم (12) الرغبة في إعادة دخول سوق الأعمال للشركات المتوقفة؛ إذ أظهرت النتائج أن التردد في إعادة الإطلاق كان يمثل النسبة الأعلى لتلك الشركات وبنسبة 37%، أما الشركات التي أبدت رغبتها في احتمالية إعادة فتح مشروع جديد فكانت نسبتهم نحو 33%، والذين لم يبدووا أي رغبة مستقبلية للبدء بمشروع جديد كانت نسبتهم 30%.



الشكل رقم (12): التوزيع النسبي لعينة الدراسة حسب التفكير في إطلاق مشاريع مستقبلاً

الاستنتاجات

1. انخفاض المبيعات وضعف الطلب يُعدّ السبب الرئيس لتوقف الشركات بمختلف أنواعها.
2. ارتفاع التكاليف بنوعها الثابتة والتشغيلية يُمثل ثاني أهم سبب للتوقف.
3. المنشآت الفردية أكثر عرضة للتوقف مقارنة بمنشآت الشراكة.
4. مثلت نسبة توقف الشركات الناشئة والتي بعمر 3 سنوات أو أقل الأعلى في العينة المبحوثة.
5. الشركات الميكروية (أقل من 5 موظفين) تشكل النسبة الأكبر من الشركات المتوقفة.
6. معظم الشركات كانت تحاول انقاذ شركاتها عن طريق الحصول على تمويل جديد.
7. اثبتت نتائج الدراسة بأن 35.7% من الشركات التي أغلقت كانت بسبب الأعباء الضريبية التي عانت منها المنشأة أو الشركة، وعلى الرغم من امتلاك مديري الشركات المتوقفة خبرات عملية تفوق 10 سنوات بنسبة 64.3% من إجمالي الشركات المتوقفة، إلا أن ذلك لم يكفي لضمان استمرارية شركاتهم.
8. أصحاب الشركات من الجامعيون والدراسات العليا تأثروا بالعوامل المالية والقانونية.
9. كان مستوى كادر عمل الشركة في أغلب الشركات جيد.
10. كان هناك محدودية متدنية في مستوى المعرفة ووعي عن قوانين الإعسار من قبل تلك الشركات. كما أظهرت النتائج بأن هناك تردد في الرغبة في إعادة إطلاق مشروع جديد مستقبلاً.

التوصيات

1. ضرورة تفعيل المزيد من برامج دعم الفني في مجال التسويق (التطبيقات الذكية) على المستوى المحلي أو للتصدير، وذلك من خلال تشجيع الشراكة بين القطاعين العام والخاص؛ لفتح أسواق جديدة أمام الشركات الميكروية والصغيرة والمتوسطة.
2. إجراء المزيد من الدراسات لضمان كفاءة استخدام الموارد؛ وذلك لتقليل كلف الإنتاج بما في ذلك معوقات الابتكار حسب القطاعات.
3. الحث على ثقافة التحالفات بين الرياديين لتوزيع المخاطر وتبادل الموارد والخبرات؛ بما يعزز الاستدامة.
4. تنفيذ دراسات لتقييم الأثر للحاضنات حسب المحافظات بما يعزز دورها في الاقتصاد الأردني.
5. بلغت حصة ائتمان الشركات الصغيرة والمتوسطة في الربع الأول والثاني عام 2025 نحو 11.1%، 10.8% على التوالي من إجمالي الائتمان حسب بيانات البنك المركزي ، مما يتطلب تدليل معوقات الحصول على القروض واستحداث برامج داعمة للتخفيف من حدة الضمانات المطلوبة والتي تشترطها المؤسسات التمويلية.
6. يُستنتج من ذلك بأن العوامل الخارجية أقوى تأثيراً من العوامل الداخلية، مثل عدم مرونة سلاسل التوريد؛ مما يتطلب توفير دعم حكومي بتشاركية مع القطاع الخاص لمواجهة الأزمات الاقتصادية العالمية. على سبيل المثال وليس الحصر، تشجيع الاعتماد على مصادر محلية للمواد الأولية من خلال طرح المزيد من برامج التشبيك، وكذلك تنفيذ المزيد من الدراسات في بحث إمكانية سبل تخفيف الأعباء الضريبية من خلال إعفاءات

- ضريبية مرحلية عبر القنوات الرسمية بما يسمح من استحداث برامج دعم للشركات الناشئة أو الشركات التي تواجه تعثر؛ وخاصة في القطاعات ذات القيمة العالية في إطار رؤية التحديث الاقتصادي .
7. استحداث برامج تعمل في رفع الوعي لدى أصحاب الشركات حول الاستفادة من التسهيلات الموجودة في قوانين الإعسار والإفلاس.
8. استحداث برامج متخصصة لتأهيل إعادة عمل الرياديين من خلال دمجهم في سوق العمل مجدداً.

المصادر باللغة العربية

1. الشامي، أ.، الحيمر، ر.، الخالدي، أ.، الصديقي، أ.، العومي، د.، ومالك، س. (2025)، دراسة أسباب التعثر المالي لدى الشركات الصغيرة والمتوسطة في الكويت في ضوء الصندوق الوطني لتنمية المشروعات . *مجلة Discover Sustainability* ، 6 ، المقالة 681 .
<https://doi.org/10.1007/s43621-025-01618-7>
2. آيت لحسن، أ.، وأمغار، ح. (2025). (النمذجة القياسية للإدارة الاستباقية لمخاطر الفشل المالي في الشركات الصغيرة والمتوسطة المغربية. *مجلة Future Business Journal* 11 (1) ،
<https://doi.org/10.1186/s43093-025-00613-8>
3. بوتفسي، أ.، وزيزي، ي.، وقومار، ط. (2025). (المحددات النوعية للفشل المالي في الشركات الصغيرة والمتوسطة في المغرب: دراسة حالة شركات جهة الدار البيضاء-سطات . *مجلة Theoretical and Practical Research in Economic Fields* ، 16(2)، 311-330
المؤسسة الأردنية لتطوير المشاريع الاقتصادية
4. دائرة مراقبة الشركات: <https://ccd.gov.jo>
5. <https://www.jedco.gov.jo/Default/Ar>

المصادر باللغة الإنجليزية

1. Wang, W., & Guedes, M. J. (2025). Firm failure prediction for small and medium-sized enterprises and new ventures. *Review of Managerial Science*, 19, 1949–1982. <https://doi.org/10.1007/s11846-024-00742-4>
2. Graham, B., & Matikonis, K. (2025). SME crisis management and performance: Leveraging algorithm supported induction to unravel complexity. *Journal of Computational Social Science*, 8, Article 56. <https://doi.org/10.1007/s42001-025-00383-x>
3. McCann, F., McGeever, N., & Yao, F. (2023). SME viability in the COVID-19 recovery. *Small Business Economics*, 61, 1053–1074. <https://doi.org/10.1007/s11187-022-00723-5>

**تجريم الفعل البيئي الجسيم (Eco-cide) على المستوى الوطني والدولي
واعتباره جريمة ضد الإنسانية أو جريمة بيئية خطيرة، لتحويل عبء
المسؤولية من مجرد غرامة إلى محاسبة جنائية رادعة**

الدكتورة حليلة منصري

أستاذة مساعدة بالمعهد العالي للدراسات القانونية بقابس (تونس)

تاريخ استلام البحث: 2026/02/10

تاريخ قبول البحوث: 2026/03/17

نشر البحث في العدد الثلاثون: حزيران / يونيو 2026

2522-64X/ 345.0772

رمز التصنيف ديوي / النسخة الالكترونية (Online):

2519-948X/ 345.0772

رمز التصنيف ديوي / النسخة الورقية (Print):

تجريم الفعل البيئي الجسيم (Eco-cide) على المستوى الوطني والدولي واعتباره جريمة ضد الإنسانية أو جريمة بيئية خطيرة، لتحويل عبء المسؤولية من مجرد غرامة إلى محاسبة جنائية رادعة حليمة منصري

أستاذة مساعدة بالمعهد العالي للدراسات القانونية بقابس (تونس)

ملخص:

أضحت الجرائم البيئية من أخطر التحديات التي تواجه البشرية، لما لها من آثار مدمرة على التوازن البيئي وعلى حياة الإنسان، وحتى على السلم والأمن الدوليين. وعليه، لم تعد هذه الجرائم قضايا محلية بحتة، بل أخذت أبعاداً عابرة للحدود، مما يثير نقاشات واسعة حول إمكانية تصنيفها كجرائم دولية خطيرة، قد ترتقي إلى مستوى الإبادة البيئية، مما يستدعي المساءلة أمام المحاكم الجنائية الوطنية والدولية وعدم الاكتفاء بإزاءها بالتعويض المالي. وهو ما قد يساهم في تحقيق العدالة البيئية الحقيقية ويمنع من الإفلات من العقاب.

Abstract

Environmental crimes have become one of the most serious challenges facing humanity, due to their devastating effects on the environmental balance, on human life, and even on international peace and security. Accordingly, these crimes are no longer purely local issues, but have taken on cross-border dimensions, sparking widespread debate about the possibility of classifying them as serious international crimes that may rise to the level of ecocide. This calls for accountability before national and international criminal courts and not being satisfied with financial compensation. This may contribute to achieving true environmental justice and prevent impunity.

المقدمة

لم يتوقف المختصون والخبراء في مختلف الحقول المعرفية، منذ أمد طويل، عن إطلاق التحضيرات والتنبيه إلى المخاطر البيئية، والمتولدة خاصة عن تزايد الغازات الدفينة. غير أن هواجس الحرب الباردة بين المعسكرين الشرقي والغربي آنذاك باشكالياتها العسكرية والسياسية والاقتصادية قد حالت دون إعطاء نفس لمعالجة المعضلة البيئية. وهو ما جعلها لا تحظى بالعناية اللازمة ضمن أجندات صانعي القرار السياسي والاقتصادي وطنياً ودولياً. ولقد كان لممارسات الجيش الأمريكي خلال حرب الفيتنام، ولكارثة "تشرنوبل" بـأوكرانيا في سنة 1986، ولسقوط جدار برلين في سنة 1989، وما تلا ذلك من ديناميكيات ومتغيرات دولية متسارعة أخلت بالتوازن الدولي، الأثر العميق في إخراج المشكلات البيئية من هدوء المختبرات العلمية، إلى صخب أروقة السياسات الدولية وإكراهات الاقتصاد المعولم. وتزايد بذلك الاهتمام الدولي بالمعضلة البيئية مع بداية السبعينات من القرن العشرين، بإصدار إعلان ستوكهولم للتنمية البشرية لسنة 1972 وإعلان ريو دي جانيرو في عام 1992 بالإضافة

إلى انعقاد مؤتمر جوهانزبورغ بجنوب إفريقيا سنة 2002. وشكلت هذه المحطات وغيرها حجر الأساس لتقييم حصيلة الجهود الدولية المبذولة لحماية البيئة ولدق ناقوس الخطر إزاء العديد من القضايا الايكولوجية الحرجة، كترجع التنوع البيولوجي واستنزاف الموارد الطبيعية وهول التغيرات المناخية وخطر الإبادة البيئية، والتي أثقلت كاهل المهتمين بالقانون الدولي لعدم مسيرته الديناميات الجديدة التي فرضتها العولمة في هذا المجال، ممّ يحتم تطبيق "مبدأ" المسؤولية المشتركة - المتباينة، وتعزيز المنافع المشتركة بين الفاعلين البيئيين"⁷.

ورغم أهمية الجهود المبذولة، دوليا ووطنيا، لمجابهة تشبيكات الشأن البيئي، فإنها تظل دون مستوى الانتظارات والتطلعات، ولا ترتقي إلى حجم التحديات المطروحة على الأجندة البشرية، بفعل عدم انضباط العديد من الدول، والتنصل من تنفيذ التزاماتها وتعهدهاتها الدولية خاصة في ظل غياب التجريم للفعل البيئي الجسيم، والذي من شأنه إلحاق ضرر واسع النطاق أو تدمير لنظام بيئي، يهدد التوازن الطبيعي لدرجة قد يستحيل معها العودة لوضعه السابق، ويؤثر بشكل خطير على قدرة السكان على العيش بسلام، ويشمل تلوثاً حاداً أو فقدان التنوع البيولوجي بشكل كبير⁸.

ونتيجة لهذا الفراغ القانوني والضبابية، التي تسود المنظومة القانونية الدولية والوطنية القائمة، فقد تصاعدت نداءات المدافعين عن البيئة من جمعيات وخبراء ورجال قانون وغيرهم التي تطالب بتجريم الاعتداءات على البيئة أو ما أسمته بالإبادة البيئية.

ويهدف هذا التوجه، الرامي إلى تجريم الفعل البيئي الجسيم، إلى تحويل عبء المسؤولية، عن الجرائم البيئية، من مجرد غرامة إلى محاسبة جنائية رادعة. وهو ما سينقلنا من المبدأ السائد حالياً الملوث يدفع إلى مبدأ الملوث يعاقب. كما ان إدراج الفعل البيئي الجسيم أو ما يعرف بالجريمة البيئية في النظام الدولي الجنائي من شأنه ان يؤدي إلى انتشار النظام الايكولوجي من التدمير وبالتالي ضمان حقوق الأجيال القادمة.

إلا ان هذا التوجه، نحو تجريم الفعل البيئي الجسيم، لم تصاحبه إرادة دولية جريئة قادرة على إنشاء آليات قانونية وقضائية فعالة من شأنها التصدي للجرائم البيئية. وعليه، لا زال الأخذ والرد بين الدول هو سيد الموقف نظرا لاختلاف المصالح وموازين القوى بينها. وهو ما يدفع إلى التساؤل عن ماهي أسس وتحديات التوجه نحو تجريم الفعل البيئي الجسيم والمساءلة عنه دوليا ووطنيا؟

7 الحسين الشكراني، (2013)، "تسوية المنازعات البيئية وفق القانون الدولي"، مجلة سياسات عربية، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات ومعهد الدوحة للدراسات العليا، العدد 05، ص. 127.

8 الضرر البيئي الجسيم أو ما يعبر عنه أيضا بالإبادة البيئية ولقد نشأ هذا المصطلح الأخير (الإبادة البيئية) لأول مرة من قبل Galaston Arthur W. سنة 1970 بمناسبة استخدامه في مؤتمر الحرب والمسؤولية الوطنية المنعقد في واشنطن والخاص بالتداعيات الناتجة عن حرب فيتنام. انظر: Polly Higgins and others, (2013): "Protecting the planet: a proposal for a law of ecocide, Crime Law and social Change journal, vol (59), n°3, p. 256.

- الخصائص القانونية للضرر البيئي، القانون الإداري للبيئة، جامعة محمد الأمين دباغين سطيف 2، ورد بهذا الموقع: <https://cte.univ-setif2.dz/moodle/mod/book/view.php?id=11768&chapterid=2571> تاريخ

وللإجابة عن هذه الإشكالية سنتناول بالتحليل في مرحلة أولى، مرتكزات التوجه نحو تجريم الفعل البيئي الجسيم والمساءلة عنه دولياً ووطنياً (الجزء الأول) وفي مرحلة ثانية، التحديات التي تواجه المحاولات الرامية إلى تجريم الفعل البيئي الجسيم وتحويل عبء المسؤولية من مجرد غرامة إلى محاسبة جنائية رادعة (الجزء الثاني)

الجزء الأول: مرتكزات التوجه نحو تجريم الفعل البيئي الجسيم والمساءلة عنه دولياً ووطنياً
ان التوجه نحو تجريم الفعل البيئي الجسيم والمساءلة عنه دولياً ووطنياً يرتكز على غياب إطاراً قانونياً دولياً قوياً يجمع بين تجريم الفعل وتفعيل المساءلة الجنائية للأفراد والكيانات من جهة (الفصل الأول)، وغياب إرادة سياسية جريئة قادرة على تدعيم خاصة الجانب المؤسساتي القضائي للتصدي للانتهاكات البيئية على المستوى الوطني من جهة ثانية (الفصل الثاني).

الفصل الأول: واقع النظام القانوني المؤطر لحماية البيئة ودولياً
يتواصل سعي المجتمع الدولي نحو توفير منظومة قانونية متكاملة تضمن حماية فعالة للبيئة الطبيعية بمختلف عناصرها. كما حاول خلق آليات قضائية دولية تفصل في القضايا التي تهمها وحتى تلك المتعلقة بالتوصيف التجريبي، وهو ما يقتضي التوقف عند واقع هذه النصوص المتعلقة بحماية البيئة (المبحث الأول)، وكذلك عند سلبات تقاسم النزاع بين هياكل تحكيمية وأخرى قضائية (المبحث الثاني).

المبحث الأول: ثراء في الإطار القانوني البيئي وغياب لآلية الإلزام
يتميز الإطار القانوني البيئي بالتخمة من حيث تعدد مصادره لكنه يشكو من قصور على مستوى الإلزام بالشأن البيئي من جهة (الفقرة الأولى)، ومن ضعف على مستوى وسائل وآليات الإلزام والتنفيذ الفعالة من جهة أخرى (الفقرة الثانية).

الفقرة الأولى: قصور النص القانوني رغم تنوعه
يتكون الإطار القانوني الدولي الحالي للجرائم البيئية من مزيج من المعاهدات الدولية، والقواعد العرفية بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من المبادئ، بعضها يُعد من المبادئ العامة للقانون الدولي، مثل مبدأ حسن النية في تنفيذ الالتزامات الدولية، ومبدأ سيادة الدول، ومبدأ واجب التعاون، وهي مبادئ مستمدة من القانون الدولي العام وتُطبّق على جميع أشكال العلاقات بين الدول.

وفي المقابل، هناك مبادئ ذات طابع خاص ترتبط حصرياً بالقضايا البيئية والتي تعكس ما استقر عليه الضمير القانوني العالمي من قيم العدالة، ومبدأ حسن الجوار، والتوازن بين المصلحة الوطنية للدول والمصلحة المشتركة للمجتمع الدولي ككل مثل مبدأ منع التدهور البيئي، ومبدأ التعاون البيئي الدولي، ومبدأ التحوط، ومبدأ "الملوث يدفع"، و مبدأ المسؤوليات المشتركة ولكن المتباينة، والتي من شأنها أن تُشكل الإطار المعياري الخاص بالقانون الدولي للبيئة، وإن كانت تستند بدورها إلى المبادئ الأعم في القانون الدولي العام⁹.

ونشير إلى أنه، وعلى الرغم من أن حماية البيئة لم تكن ضمن الأهداف الصريحة للقانون الدولي الإنساني في مراحلها الأولى، إلا أن المبادئ العامة التي يقوم عليها كالمبدأ التمييز، والتناسب،

⁹ حمزة محمد عبد الله ومحمد حبيب، (2025)، " الإطار القانوني لتجريم الانتهاكات البيئية"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، مؤسسة بربادو للخدمات التعليمية بالمملكة المتحدة بالشراكة مع مركز الأبرار للدراسات الإنسانية بالسودان، المجلد 06، العدد 03، ص 470 إلى 491.

والضرورة العسكرية قد أسهمت في توفير غطاء قانوني مباشر وغير مباشر ضد بعض الأفعال الماسة بالبيئة.

وتعد منظمة للأمم المتحدة من أبرز مكونات المجتمع الدولي الحريضة على جعل التثام عددا من المؤتمرات البيئية من اجل بلورة رؤية مشتركة لمواجهة المخاطر والمماية البيئية حيث أشرفت شاكل البيئية¹⁰. وكانت أولى هذه المؤتمرات وأهمها هو مؤتمر ستوكهولم الذي انعقد سنة 1972 بناء على طلب المجلس الاقتصادي والاجتماعي و الذي نتج عنه إعلان ستوكهولم لمؤتمر الأمم المتحدة حول البيئة البشرية¹¹.

ولقد أسس هذا الإعلان للتطورات البيئية المستقبلية في التعاون البيئي الدولي، كما أسدى توصيات للحكومات في مجمل قضايا السياسة البيئية، تراوحت من حماية التنوع، والغابات، والمجال الجوي والبحري إلى سياسة التنمية، ونقل التكنولوجيا إضافة إلى التأكيد على تأسيس برنامج الأمم المتحدة للبيئة وصندوق البيئة¹².

وأخذ البعد الدولي لحماية البيئة مداه بانعقاد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية والمعروف بـ "قمة الأرض" بربو دي جانيرو في البرازيل، والذي ضم ممثلي 178 دولة، وصدر عنه إعلان ريو بشأن البيئة والتنمية، ووضع جدول أعمال القرن 21م. كما افرز هذا المؤتمر أيضا اعتماد اتفاقية الأمم المتحدة للتنوع البيولوجي، واتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر، والاتفاقية الإطارية الخاصة بالتغيرات المناخية، والاتفاقية الخاصة بصيد الأسماك في أعالي البحار¹³.

ولتتوالى بعدها الاتفاقيات والمواثيق التي كرست حماية البيئة بمختلف مكوناتها على غرار مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي لسنة 2015 والذي انعقد في العاصمة الفرنسية باريس وتعهد فيه المجتمع الدولي بحصر ارتفاع درجة حرارة الأرض وإبقائه دون درجتين مؤويتين وبمتابعة الجهود لوقف ارتفاع الحرارة عند 1.5 درجة مئوية.

ورغم الأهمية الكبرى التي أولاها المجتمع الدولي لحماية البيئة إلا انه لا يزال يواجه تحديات كبيرة في وضع إطار قانوني شامل وملزم يجرم الانتهاكات البيئية ويوفر آليات فعالة لمساءلة المسؤولين عنها. ويبدو ان الطبيعة المعقدة لهذه الجرائم، التي غالبًا ما تتخطى الحدود الوطنية وتتداخل مع مسائل السيادة والتوازنات السياسية، هي التي تحول دون توصل

¹⁰ كلفت الأمم المتحدة اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (WCED) بإنجاز تقرير شامل عن الوضع البيئي العالمي واقتراح التوصيات الملائمة. وخلال سنة 1987 أصدرت اللجنة المذكورة تقريرها (Brundtland) الذي أكد على ترابط الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنمية كأساس لتحديد مفهوم التنمية المستدامة.

¹¹ مؤتمر ستوكهولم للبيئة البشرية للعام 1972: ربط بين مفهومي الاقتصاد والإيكولوجية، وحاول التمهيد لبناء نموذج تنموي يحافظ للبيئة وضمن للإنصاف الاجتماعي (Eco-developpement). إذ بادر المؤتمر إلى إحداث برنامج الأمم المتحدة للبيئة في العام 1972 من أجل "إيجاد حلول للمشاكل البيئية على المستويات: الدولية والإقليمية والوطنية، فانصب عمله على تقييم السياسات البيئية، وتطوير البرامج البيئية وتقوية مؤسسات التدبير السليم للبيئة".

¹² مراد بن سعيد وصالح الزباني، "فعالية المؤسسات البيئية الدولية" (جوان 2013)، مجلة دفاثر السياسية والقانون، جامعة قاصدي مرباح ورقلة الجزائر، العدد 09، ص 217.

¹³ الحسين شكراني، (2013)، " من مؤتمر إستكهولم 1972 إلى ريو+20 لعام 2012 مدخل إلى تقييم السياسات البيئية العالمية"، بحوث اقتصادية عربية الجمعية العربية للبحوث الاقتصادية بالتعاون مع مركز دراسات الوحدة العربية، العددان 63-64، ص 148.

الأطراف الفاعلة إلى التوافقات الممكنة على المستوى الدولي؛ وذلك بسبب اختلاف الرؤى والمقاربات والإستراتيجيات والأيدولوجيات.

الفقرة الثانية: صعوبة تفعيل آلية الإلزام والمساءلة (تواصل الصراع بين الشمال والجنوب)

على الرغم من الجهود التي تبذلها هيئة الأمم المتحدة في مجال حماية البيئة إلا أن تأثير الدول الكبرى على تلك الجهود يبقى كبيرا، خاصة منذ اندلاع الحرب التجارية والاقتصادية بين الصين والولايات المتحدة الأمريكية، حيث أدى خروج هذه الأخيرة من اتفاق باريس حول المناخ سنة 2017 إلى انعكاسات سلبية على مواقف والتزامات الدول الأخرى وعلى مستقبل الاهتمام بالبيئة¹⁴. فكل دولة أضحت تسعى إلى تقوية موقعها الاقتصادي على حساب ترشيد الموارد وتحقيق الاستدامة البيئية.

وفي الواقع لم يكن موقف الولايات المتحدة الأمريكية معزولا، فلقد لقي تشجيعا من بعض الدول التي رأت بأن بنود الاتفاق تشكل عقبة أمام النمو الاقتصادي المحلي، خاصة دول البريكس وبعض دول جنوب شرق آسيا¹⁵. علما وأن الكثير من الدول لم تصادق أصلا على بروتوكول كيوتو على غرار الولايات المتحدة الأمريكية، أو أنها انسحبت منه على غرار كندا سنة 2011. وهو ما يثير الاندهاش حول سلطة منظمة الأمم المتحدة في مجال حماية البيئة ومدى قدرتها على متابعة الإجراءات المقررة، وحول دور الدول الكبرى في التأثير على قرارات هذه المنظمة باعتبارها أكبر الممولين لمختلف ملحقاتها ومشاريعها. هذا بالإضافة إلى غياب آليات الرقابة على الشركات الكبرى الناشطة في مجال الطاقة الأحفورية والصناعات الثقيلة، مما تسبب في غياب الشفافية في تصريحات هذه الأخيرة حول درجة التأثير البيئي لأنشطتها¹⁶.

ففي ظل غياب معايير موحدة وملزمة، تبقى الدول حرة في تقديم الإحصائيات التي تراها متماشية مع أهدافها الاقتصادية والتنموية ورمي تهم تدمير البيئة على غيرها من الدول. فقد أعادت الولايات المتحدة الأمريكية على الجهود التي تبذلها الأمم المتحدة لحماية البيئة، وخاصة اتفاق باريس، عدم العدالة في توزيع الالتزامات بينها وبين أكبر الملوثين في العالم على غرار الصين والهند. واعتبرت أن مساهمتها المالية وجهودها للانتقال إلى الاقتصاد الأخضر أكبر بكثير مما تبذله تلك الدول، وهو ما اعتبره الرئيس "ترامب" عاملا معطلا للنمو الاقتصادي الأمريكي، في حين تواصل الصين تطويرها دون أن تولى أهمية كبيرة لحماية البيئة.

وفي المقابل، ترى الصين بأنها تقوم بكل الالتزامات الدولية والداخلية في مجال البيئة، وما الاتهامات الأمريكية إلا دعاية سياسية تهدف إلى تشويه صورتها تجاه حلفائها الاقتصاديين، وان خوف الولايات المتحدة الأمريكية من فقدان مرتبتها الأولى عالميا كقوة عظمى اقتصاديا

¹⁴ عبد القادر برطال ولخضر بن عطية، (2020)، " نحو قضاء دولي مستقل للمنازعات والجرائم البيئية، مجلة الاجتهاد للدراسات القانونية والاقتصادية، معهد الحقوق والعلوم السياسية بالمركز الجامعي أمين العقال الحاج موسى الجزائر، المجلد 09، العدد02، ص. 310-330.

¹⁵ Philippe le Prestere, (2005), Protection de l'environnement et relations internationales, les défis de l'eco-politique . Paris, Éditions Dalloz, Armand colin, p 177.

¹⁶ Gerardo BANDIRA, (2024), « Haw climate colonialism affects the global south », voir: <https://www.fairplanet.org/story/how-climate-colonialism-affects-the-global-south/>

تاريخ الزيارة 2026/01/16

دفعها للتصرف بعدوانية تجاه المنتجات والشركات الصينية. بالإضافة إلى التخوف الأمريكي من التفوق التكنولوجي الصيني، الذي قد يفقدها للسيطرة على الاقتصاد الرقمي وما يتبعه من فقدان التحكم في المعلومات على المستوى العالمي.

وفي ظل هذا الصراع، تبقى جهود الأمم المتحدة جد محتشمة في مجال حماية البيئة مقارنة بالأهداف التي حددتها منذ قمة ريو دي جانيور إلى غاية قمة باريس، فهي تفتقر لسلطة الإلزام وآليات الرقابة على ما تفرزه الدول من غازات ملوثة في الجو. وما نظام المحاصصة المعتمد وإمكانية شراء حصص الدول الأقل تلويثا للجو من طرف الدول الصناعية الكبرى إلا دليل على عجز الهيئة الأممية عن إيجاد حلول فعلية للمشاكل البيئية¹⁷.

وبناء عليه، نشير، بان التحولات الدولية التي شملت كل المجالات أدت إلى إفرزات مختلفة على العلاقات الدولية ومنها بالأساس علاقات الدول الصناعية الغنية بالدول النامية والفقيرة، فإلى جانب مشاكل التبعية الاقتصادية والسياسية التي تنخر هذه العلاقات، برزت مشاكل البيئة كمصدر آخر ضاعف من تعقد هذه العلاقات بسبب ما تحمله هذه القضية من تحديات لمشاريع التنمية في الدول النامية¹⁸. كما ان محاولة إلزام الدول الجنوبية بتحمل أعباء المشاكل البيئية دون مراعاة لخصوصياتها ومساومتها على قضية النمو، يفسر جانبا آخر من جوانب الصراع الجوهرى بين الشمال والجنوب¹⁹. وهو صراع ليس بالجديد فمنذ انعقاد مؤتمر ستوكهولم وإدراج الدول النامية لمجموعة من المبادئ وافق المؤتمر عليها، والتي تتحدى النظرة السائدة للتنمية الاقتصادية وحماية البيئة²⁰، احتدم الصراع بين الدول الصناعية و الدول النامية حول العديد من القضايا التي توضح اختلاف تصورات الطرفين ، خاصة في ظل تواصل رفض دول الشمال الإدانة الأحادية ومسؤوليتها في تدهور أوضاع البيئة على الرغم من كونها الملوث الأساسي للبيئة في العالم نظرا لحجم انبعاثات الغاز الدفيئة والملوثات الناتجة عن تسارع وتيرة التصنيع. وهو ما يدفعها إلى التحلل إلى التزاماتها الدولية ومحاولة إعاقة التوصل إلى قرارات تحملها المسؤولية عن التدهور البيئي²¹.

¹⁷ لورانس اسكند، (1996)، دبلوماسية البيئة، التفاوض لتحقيق اتفاقيات عالمية أكثر فعالية، ترجمة احمد امين الجمل، الجمعية المصرية لنشر الثقافة العالمية، القاهرة، ص. 54-55.

¹⁸ سامي الطيب إدريس محمد، 2017، "الصعوبات التي تواجه المسؤولية البيئية وطرق تسوية نزاعاتها الدولية"، مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، المؤسسة العربية للعلوم ونشر الأبحاث والمركز القومي للبحوث، العدد الرابع، المجلد الأول، ص. 67.

¹⁹Philippe le Prestere, (2005), Protection de l'environnement et relations internationales, les défis de l'eco-politique. Paris, Éditions Dalloz, Armand colin, p. 145-146.

²⁰ Moise Tsayem Demaze, (2009), « les conventions internationales sur l'environnement : état des ratifications et des engagements des pays développés et des pays en développement », l'information géographique,, Armand Colin vol 73, n° 3, pp. 84-99, Disponible sur : <http://www.revues.armand-colin.com/geographie-economie/liinformation-geographique/liinformation-geographique-vol-73-32009/conventions-internationales-lenvironnement-etat-ratifications>

²¹ بوشنافة شمسة، (2011)، "النزاع البيئي والعلاقات شمال جنوب"، دفاثر السياسة والقانون، جامعة قاصدي مرباح ورقة الجزائر، العدد 05، ص. 92-101.

المبحث الثاني: نشأت الدعاوى البيئية بين محكمة التحكيم الدائمة ومحاكم دولية مختلفة
في غياب محكمة دولية مختصة بالنظر في المنازعات البيئية، تعهدت العديد من الهيكل سواء منها القضائية (الفقرة الثانية) أو كذلك التحكيمية بمثل هذه المنازعات (الفقرة الأولى).

فقرة أولى: محكمة التحكيم الدائمة

قامت المحكمة الدائمة للتحكيم بإدارة بعض المنازعات البيئية التي نشأت بين الدول بموجب اتفاقيات دولية ومشارطات تحكيم، هذا فضلاً عن أن مسودة العهد الدولي للبيئة والتنمية، التي هي نموذج اتفاقية تم إعدادها من قبل منظمات غير حكومية بهدف تسهيل التفاوض على الاتفاقيات المتعلقة بقطاع الطاقة، قد قامت بتضمين المحكمة الدائمة للتحكيم ضمن آليات تسوية المنازعات الاختيارية .

وتعد أولى النزاعات البيئية الدولية التي عرضت علي التحكيم الدولي، قضية مصهر تريل بين الولايات المتحدة الأمريكية وكندا (بين 1920-1940)، حيث أتفق الطرفان على إحالة النزاع بينهما على هيئة تحكيم، ويتعلق موضوع القضية أساسا بالتلوث البيئي الذي حملته الرياح من المصانع الكندية لصهر المعادن عبر حدود البلدين إلى ولاية واشنطن في الولايات المتحدة الأمريكية²². فقد تسبب التلوث بأضرار جسيمة أصابت الأشخاص والممتلكات على حد سواء، فأصدرت هيئة التحكيم حكماً خلال سنة 1941 يقضي بالتأكيد على مبادئ القانون الدولي العرفي وخاصة مبدأ عدم جواز التسبب بالضرر²³.

ولقد استطاعت محكمة التحكيم الدائمة²⁴، ومن خلال سجلها في تسوية المنازعات البيئية، أن تتوصل على ضوء هذه الخبرة، إلى وضع مجموعة من الأحكام والتي تتضمن ما يعرف بالقواعد البديلة للتحكيم الخاصة بالمنازعات البيئية، والتي من شأنها ان تساهم في وضع أسس لتنمية وتطوير التشريعات الدولية البيئية اللاحقة²⁵.

غير انه ما يفسر عدم اعتماد التحكيم أحياناً، هو كونه يعتبر أقرب إلى الآلية الدبلوماسية منه إلى القضائية، لكن ما يسجل لصالح التحكيم بأنه يبقى وسيلة متاحة للدول للاستعانة بها للفصل في المنازعات البيئية إلى جانب بقية الهيكل القضائية.

الفقرة الثانية: محكمة العدل الدولية

محكمة العدل الدولية هي الجهاز القضائي الرئيسي للأمم المتحدة، وتمثل امتداداً للمحاولات الرامية إلى إقامة سلطة قضائية دائمة في مجال العلاقات الدولية للفصل في المنازعات بين الدول من جهة. وتقديم الآراء الاستشارية في المسائل القانونية المحالة إليها من قبل هيئات ووكالات دولية مخولة من جهة أخرى.

²² Daniel Bodansky, Jutta Brunée, and Ellen Hey, (2007), *The oxford International environmental law*, USA: Oxford University Press, p 1044.

²³ http://untreaty.un.org/cod/riaa/cases/vol_iii/1905-1982.pdf, viewed 20/01/2026.

²⁴ تأسست المحكمة الدائمة للتحكيم عام 1899، وفقاً للاتفاقية الدولية للتسوية السلمية "لاهاي"، بهدف تيسير اللجوء إلى التحكيم وتسوية المنازعات بين مكونات المجتمع الدولي، وذلك بموجب العديد من الاتفاقيات الدولية متعددة الأطراف مثل معاهدة سنة 1992 بشأن حماية البيئة البحرية لشمال شرق الأطلسي (Convention OSPAR)، ومعاهدة الأمم المتحدة لقانون البحار لسنة 1982، واتفاقية مياه السند لسنة 1960، ومعاهدة كلورايدين راين لسنة 1976 (Convention Chlorides Rhine) .

²⁵Tim Stephens (2010), *International Courts and Environmental Protection*, Campridge University Press, p. 35.

ومن خلال تفحص نص المادة 36 فقرة أولي من النظام الأساسي لمحكمة العدل الدولية والذي ينص على ما يلي: " تشمل والية المحكمة جميع القضايا التي يعرضها عليها المتقاضون، كما تشمل جميع المسائل المنصوص عليها بصفة خاصة في ميثاق الأمم المتحدة أو في المعاهدات والاتفاقات المعمول بها"، يتضح أن المحكمة مؤهلة للنظر في جميع القضايا التي يعرضها عليها المتقاضون بما فيها المسائل البيئية²⁶.

وفي هذا الإطار، ووفقاً للمادة 2/20 من اتفاقية بازل لسنة 1989، بشأن التّحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود²⁷، يكون للأطراف التي جرى الإضرار بها حق رفع دعوى المسؤولية الدولية أمام محكمة العدل الدولية، أو التّحكيم، بهدف المطالبة بالتعويض عن الأضرار الناشئة عن التلوث بالنفايات الخطرة، كما يكون لها ذلك عند الاختلاف في تفسير هذه الاتفاقية أو تطبيقها.

ومن خلال هذه المادّة وما تلاها من مواد نلاحظ أنّ محكمة العدل الدولية لن تكون لها مسؤوليات كبيرة جدّاً في تحديد طبيعة النزاع في المجال البيئي فحسب، بل في فضّ المنازعات المرتبطة به ووفقّ قواعد القانون الدولي، وديناميات العولمة والتغيرات المفاجئة والسريعة للّسوق الدولي أيضاً.

ولقد أحدثت محكمة العدل الدولية، في سنة 1993، غرفة الشؤن البيئية التي من شأنها أن تدفع هذه المحكمة نحو إغناء مجال "التقاضي البيئي"، وتكريس قواعد بيئية واضحة يمكن اعتمادها لحلّ المنازعات البيئية. ولعل من أبرز قضايا البيئة التي عرضت على هذه الغرفة في إطار محكمة العدل الدولية وأشهرها على الإطلاق النزاع بين سلوفاكيا والمجر بشأن مشروع سد غابتشيكوفو-ناغيماروس على نهر الدانوب، والذي أصدرت حكمها فيه عام 1998. وتفيد الوقائع اتفاق الدولتان على بناء سد غابتشيكوفو -ناغيماروس واستغلاله. غير انه وفي ماي عام 1979 علقت المجر جزء من أشغال البناء، وتخلت بعد ذلك عن جانب من الأشغال استجابة لانشغالات بيئية، أما سلوفاكيا فقد بدأت الأشغال بهدف إيجاد بديل لحصتها من الأشغال. وهو ما أدى بالدولتين إلى إبرام اتفاق عام 1993 جرى بموجبه إحالة القضية إلى محكمة العدل الدولية، وقد طلب من المحكمة الإفتاء في مسألة حق المجر في التخلي عن جزء من أشغال البناء وحق سلوفاكيا في تطبيق حل مؤقت وفي حقوق الدول وواجباتها في هذه القضية. وأصدرت المحكمة حكماً صريحاً يقضي إلى التوفيق بين التنمية وحماية البيئة، وأهمية نظرية المصالح الجماعية لحماية البيئة، ودعت الأطراف إلى تعديل إطار الاتفاق لكي ينسجم مع المعايير الدولية للبيئة. وأكدت على أن البيئة ليست قضية مجردة، بل إنها هي الفضاء الذي نعيش فيه، وأنها هي التي تحدد نوعية الحياة، وصحة النوع البشري. كما أشارت المحكمة في

²⁶ سالم سعيد جوبلي (1995)، "طرق تسوية المنازعات البيئية"، المجلة القانونية الاقتصادية، كلية الحقوق، جامعة لرقازيق، العدد السابع، ص. 148.

هذه القضية إلى أهمية مبدأي اليقظة والاحتراز بوصفهما مبدأين أساسين في مجال حماية البيئة، وذلك بالنظر إلى الخاصية التي تميز الأضرار البيئية في عدم قابليتها للإصلاح²⁸. ويمكن القول أن مثل هذه السوابق تعتبر نقلة نوعية في تاريخ محكمة العدل الدولية بالنظر في الشأن البيئي، غير أن هناك شكوك تحوم حول مدى قدرة هذه المحكمة على التعامل مع المسائل البيئية، في الوقت الذي تمتنع فيه الدول عن اللجوء إليها نظرا للصعوبة الكامنة في تحديد نوع النزاع، ومدى تصنيفه كونه نزاعا بيئيا أم لا. وتبقى الإشكاليات التي واجهت محكمة العدل الدولية في مجال حماية البيئة، هي ذاتها التي تواجه مختلف الجهات القضائية الأخرى في هذا المجال، والتي من بينها إمكانية تشكيل الأحكام الصادرة عنها ضغطا عاما لتحديد حقوق وواجبات الدول، مما يجعلها غير راغبة بعرض منازعاتها لدى هذه الهيئة التي يصعب السيطرة عليها أو توجيهها. ونظرا لكون غرفة محكمة العدل الدولية لم تعالج الكثير من القضايا منذ نشأتها، فقد أدى ذلك إلى تخوف من أن تكون عديمة الأثر في مواجهة حجم الجرائم البيئية التي تنتشر بشكل متزايد في الآونة الأخيرة، ولذلك لم يتم الاعتماد على هذه المحكمة في معالجة هذا النوع من القضايا واستمرت المحاولات في المطالبة بإنشاء محاكم بيئية دولية وكذلك وطنية.

الفصل الثاني: التآرجح بين الاتساع على مستوى التجريم والخصوصية على مستوى العقاب وطنيا

لقد أفرز ثراء المنظومة القانونية التونسية المتعلقة بالبيئة خصوصية سواء على مستوى التجريم (مبحث أول)، أو على مستوى التمتع (مبحث ثاني).
المبحث الأول: الخصوصية على مستوى التجريم
ان التخمّة على مستوى النصوص القانونية لم تحجب الواقع المأزوم رغم اتساع مجال التجريم (الفقرة الأولى) وخصوصية أركانه (الفقرة الثانية).

الفقرة الأولى: اتساع مجال التجريم

يقصد بمجال التجريم نوعية الأفعال التي وضع المشرّع عقابا لمخالفتها. وباستقراء مجموعة النصوص الرامية لحماية البيئة جزائيا يتضح اتساع هذا المجال. فالمشرّع سعى من ناحية إلى زجر الإضرار بالبيئة وهدف من ناحية ثانية إلى زجر خرق الاحتياطات المزعولة لمنع الإضرار بالبيئة.

ومهما كانت الطبيعية القانونية للجرائم البيئية، فإن الأفعال المجرمة في هذا المجال قد شملت أكثر ما يمكن من العناصر المكونة للبيئة سعيا نحو ضمان حق الإنسان في بيئة سليمة ومتوازنة، لذلك يكون من الأجدى الحديث عن الأفعال المجرّمة على مستويين أولهما يخص جرائم الاعتداء على العناصر المادية للبيئة والثاني يهتم جرائم الاعتداء على الكائنات الحية. وعليه، كان من الضروري إيجاد الآليات القانونية الكفيلة للحد من استغلال العناصر المادية للبيئة استغلالا مفرطا دون إدراك للأثار السلبية لذلك الاستغلال. وهو ما تفتن إليه المشرع

²⁸ زينب ياسين عبد الخضر، (2023)، "القضاء الدولي البيئي ودوره في تحقيق التنمية المستدامة"، مجلة دراسات البصرة، جامعة البصرة مركز دراسات البصرة والخليج العربي، العراق، المجلد 13، العدد 48، صص 593-636.

التونسي حيث عمد إلى تجريم كل فعل من شأنه إلحاق ضرر بالثروة المائية²⁹، أو بالفضاء الجوي³⁰، أو من شأنه خرق القوانين العمرانية والاعتداء على المصالح الأثرية³¹، أو المساهمة في تلويث التربة³² أو عدم احترام القوانين المتعلقة باستغلال المقاطع³³، لتقوم في جانب كل معتدي على هذه العناصر جريمة موجبة للتتبع.

كما انه، للمحافظة على التوازن البيئي وتنوعه، سعى المشرع إلى حماية الكائنات الحية من الاعتداءات المستمرة التي تنتهك حقها بالبقاء وذلك بتجريم الاعتداء على الثروة الحيوانية و النباتية والتي تشتمل أساسا على الأشجار والنباتات وكذلك على الحيوانات و الطيور³⁴. وللمحافظة على سلامة النباتات والأشجار تم إصدار مجلة الغابات بمقتضى القانون عدد 60 لسنة 1966 و المؤرخ في 4 جويلية 1966، فنص الفصل 1 منها على أن التراث الغايي يمثل:

²⁹ جزم المشرع من خلال مجلة المياه الصادرة في 31 مارس 1975 (الفصل 97) العديد من الأفعال المضرة بالاستهلاك على غرار رمي الحيوانات الميتة بالأودية وبرك المياه، و دفنها بالقرب من الآبار و الأحواض العمومية. بالإضافة إلى تجريم كل إيداع سطحي أو كذف للفواضل بالمياه بطريقة من شأنها تلويث المياه النقية أو الإضرار بحسن استعمالها لجميع الأغراض المحتملة. كما صدر الأمر عدد 56 لسنة 1985 المتعلق بتنظيم تصريف النفايات في المحيط، لمعالجة مسألة تلوث المحيط المائي و أخضع كل مخالف للعقوبات المنصوص عليها بالفصل 158 من مجلة المياه. لتتضاعف العقوبات المستوجبة على كل مرتكب لأفعال تلويث المياه العذبة بصدور القانون عدد 41 لسنة 1996 المؤرخ في 10 جوان 1996 المتعلق بالنفايات ومراقبة التصرف فيها و إزالتها. اما بخصوص جرائم تلويث المياه البحرية الناتجة عن حوادث غرق السفن المحملة بالنفط أو بالمواد الكيميائية السامة فلقد صدر القانون عدد 22 لسنة 1989 المؤرخ في 22 فيفري 1989 المتعلق بالحطام البحري كخطوة جريئة من المشرع التونسي، حيث كان له سبق التدخل في مقاومة الآثار السلبية للحطام البحري، اعتمادا على قواعد القانون الجنائي

³⁰ تعددت مصادر تلوث الهواء مما استوجب تدخل القانون الجنائي لحماية صحة الإنسان من مخاطر هذا التلوث، فسارع المشرع إلى فرض قواعد قانونية تساعد على حماية الهواء من أي اعتداء وقع أو يحتمل وقوعه. ويمكن إبراز مدى تدخل القانون الجزائي لحماية الهواء من خلال البحث في مواجهة المشرع لمختلف مصادر التلوث التي يجوز تقسيمها لأصناف ثلاثة يهم الصنف الأول منها جرائم نفث الغازات، و يهم الصنف الثاني الجرائم المتعلقة بما تفرزه وسائل النقل و الطاقة من غازات سامة، في حين يتعلق الصنف الثالث بجرائم تلوث الهواء الناجم عن النشاط الصناعي.

³¹ سعى المشرع التونسي إلى تجريم كل فعل يمثل اعتداء على العمران أو على الآثار التاريخية حيث قام بتوحيد القوانين المتعلقة بالعمران ضمن مجلة التهيئة الترابية و التعمير الصادرة بمقتضى القانون عدد 122 لسنة 1994 المؤرخ في 28 نوفمبر 1994 في مرحلة أولى. ثم اعتمد لتحقيق صيانة العمران على صنفين من المخالفات وهي المخالفات المتعلقة بالتقسيم العمراني، والمخالفات المتعلقة برخص البناء في مرحلة ثانية. كما صدر القانون عدد 35 لسنة 1986 المؤرخ في 9 ماي 1986 المتعلق بحماية الآثار والمعالم التاريخية و المواقع الطبيعية والعمرانية. و لمزيد إضفاء الحماية الجزائية على هذه العناصر البيئية جمع المشرع التونسي جملة القوانين المتعلقة بها ضمن مجلة حماية التراث الأثري و التاريخي و الفنون التقليدية التي تم إصدارها بمقتضى القانون عدد 35 لسنة 1994 المؤرخ في 29 فيفري 1994. انظر في هذا الإطار: بسمة المعدي (1996-1997)، الحماية الجنائية للبيئة، مذكرة للإحراز على شهادة الدراسات المعمقة في العلوم الجنائية، كلية الحقوق والعلوم السياسية بتونس، ص. 60.

³² اعتبارا لأهمية هذا العنصر البيئي فقد سعى المشرع التونسي إلى تجريم عديد الأفعال التي من شأنها الأضرار بذلك العنصر البيئي: و من بينها مخالفة التزامات التشجير التي تضمنها الفصل 79 من مجلة الغابات الذي يسلط عقوبات مالية على كل مالك أرض فلاحية يمتنع من تنفيذ التزامات التشجير، و كذلك مخالفة الاعتداء على الكثبان الرملية التي وقع تحديدها و إحداث مغروسات فوقها و التي جزمها المشرع صلب الفصل 154 من مجلة الغابات.

³³ حاول المشرع التصدي لشتى أشكال الاستغلال المفرط و غير المنظم لهذه المواد الطبيعية سوى تعلق الأمر بالاستغلال غير المراقب للمقاطع أو الاستغلال العشوائي أو غير المرخص فيه و ذلك بجعل الأفعال المذكورة جرائم قائمة في جانب مقترفيها. وهو ما نص عيه القانون عدد 20 لسنة 1989 المؤرخ في 22 فيفري 1989 لما اعتبر الاستغلال غير المرخص فيه للمقاطع أو توسيع رخص استغلال المقاطع جرائم قائمة الذات تعرض مقترفيها إلى عقوبات مالية يتراوح مقدارها بين 50 و عشرة آلاف دينار و ذلك ضمن الفصل 30 من القانون المذكور.

³⁴ نجاة الباشا' (2002-2003)، الجرائم البيئية، رسالة لنيل شهادة ختم الدروس بالمعهد الأعلى للقضاء، الفوج 14، تونس، ص. 5.

ثروة قومية، و تعتبر حمايته و تنميته واجبا أساسيا للسياسة القومية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، و من واجب كل مواطن المساهمة في توسيعه و المحافظة عليه ". فحماية الغابات تعتبر حسب ما جاء به هذا الفصل واجبا وطنيا، و لذلك عمد المشرع صلب أحكام هذه المجلة إلى فرض حماية جزائية خاصة لجميع الأراضي الخاضعة لنظام الغابات وذلك من خلال سنّ مجموعة من القواعد المتعلقة باستغلال المنتوجات الغابية ورفعها و نقلها وبيعها، إضافة للقواعد المنظمة لتكسير الغابات والإقامات الوقوتية بالغابات والتجول بها. كما تم تحجير جميع أنواع الاعتداءات على الغابات مثل تغيير الوضعية العقارية للغابات و حرق الأراضي الغابية

علاوة على ذلك اعتمد المشرع في اغلب الفصول قواعد القانون الجزائي نظرا لصبغتها الردعية و مثال ذلك ما ورد بالفصل 56 من مجلة الغابات الذي ينص على معاقبة كل من يقوم بتكسير الغابة دون الحصول على ترخيص سابق بخطية يتراوح مقدارها بين 100 دينار و 1000 دينار على كل هكتار من الأرض المكسرة . كما يحجر الفصل من نفس المجلة تغيير الأسيجة المعدة لتحديد الغابات أو الحدائق القومية أو المحميات الطبيعية أو المراعي الخاضعة لنظام الغابات .

ورغم أن مجلة الغابات قد جرّمت عديد الأفعال المضرة بالأشجار والنباتات، فان الحماية الجزائية للغابات لا تبرز بوضوح إلا من خلال جرائم حرق الغابات نظرا للشدة التي توخاها المشرع في معاقبة الفاعل إذ تصل العقوبة إلى السجن بقية العمر وهو ما اقتضاه الفصل 98 من المجلة المذكورة. كذلك صدر القانون عدد 73 لسنة 2008 المؤرخ في 2 ديسمبر 2008 المتعلق بالمحافظة على أشجار النخيل والذي يعاقب كل أعمال قطع أشجار النخيل أو قلعها... بخطية مالية تتراوح بين 400 و 500 دينار عن كل شجرة .

وتعتبر الحيوانات من العناصر الأساسية للمحيط الطبيعي نظرا لما لوجودها من دور فعال في تحقيق التوازن الطبيعي إضافة إلى المنافع التي تقدمها للإنسان. لكن إزاء تضاعف عدد السكان في العالم و ازدياد احتياجاتهم عمد الإنسان إلى استغلال الثروات الحيوانية بصفة مكثفة، وهو ما نجم عنه تراجع هام في عدد الحيوانات ولاسيما الطيور الموجودة على وجه الأرض. كما تضررت هذه الحيوانات من جزاء تلوث بقية عناصر.

ولتكريس الحماية المرجوة لهذه الكائنات الحيّة توخى المشرع سياسة حمائية من خلال محاولة الإحاطة بجميع أوجه الاعتداءات عليها وإقرار عدة قواعد قانونية ذات صبغة زجرية لمقاومتها. وفي هذا الإطار، حاول المشرع تنظيم الصيد البرّي من خلال أحكام مجلة الغابات التي تضمنت قواعد مختلفة تهدف أغلبها إلى تحجير الأفعال المضرة بالثروة الحيوانية البرية مع إقرار عقوبات جزائية

لمرتكبيها. و يمثل تحديد وسائل الصيد أحسن طريقة لحماية الثروة الحيوانية من الانقراض. كما سعى المشرع ضمن أحكام مجلة الغابات إلى تنظيم ممارسة الصيد بالرمية و حق تعاطي الصيد بواسطة الكلاب المروضة على المصيد، و أقر عقوبات بدنية و مالية لمن يخالف تلك المقتضيات إضافة إلى إمكانية تسليط عقوبات تكميلية تتمثل أساسا في حجز و سحب رخصة الصيد.

كما أولى المشرع أهمية بالغة للصيد البحري و سعى لتنظيمه من خلال مجلة الصيد البحري المتكونة من عدة قوانين أهمها الأمر الصادر بتاريخ 27 جويلية 1951 و المنقح بالقانون عدد

49 لسنة 1963 المؤرخ في 30 ديسمبر 1963، و قد حَجَّر هذا الأمر ممارسة الصيد البحري بدون رخصة كما اقتضى الفصل 11 منه منع القاء مواد مضرّة على البحر و على امتداد الشواطئ... علاوة على أن خرق قانون تنظيم الصيد البحري يعرّض صاحبه إلى عقوبات جزائية تتمثل في الخطية التي يتراوح مقدارها بين 5 دنانير و ألف دينار، و السجن من 15 يوم إلى عامين.

يستنتج إذن أن النصوص القانونية المجرمة للأفعال التي تشكل اعتداء على العناصر البيئية و لئن تعددت فإنها تداخلت و تشعبت نظرا لاتساع المجال البيئي و تنوع مكوناته مما جعله يتميز بخصوصية مقارنة بالقانون الجزائي العام سواء على مستوى التجريم أو على مستوى أركان الجريمة البيئية.

فقرة ثانية :خصوصية أركان التجريم

يتّجه أغلب الفقهاء إلى تعريف الجريمة بأنها الفعل الإيجابي أو السلبي المجرم من القانون و المعاقب عليه وهي تقوم على ثلاثة أركان جوهرية تكسيها كيانها، إلا أن الجريمة البيئية تعرّف بعض الخصوصية التي تنسحب على ركنها الشرعي(أ)، و ركنها المادي(ب)، وكذلك ركنها المعنوي (ج)

أ-الركن الشرعي في الجريمة البيئية :

يقصد بالركن الشرعي للجريمة عموما النص القانوني الذي يكسب الفعل صفة تجعله غير مشروع و مستوجب للعقاب. و يختلف هذا الركن عما هو الشأن في بقية الجوانب الشرعية للجرائم ذلك أن الفعل المجرّم في مختلف الجرائم عادة ما يكون محدّدا و واضحا و لا يقبل التأويل حتى لا تنتهك للحقوق الشرعية للمتهم، في حين يشوب الأفعال المجرّمة في المجال البيئي بعض الغموض نظرا لتعددتها وكثرة النصوص القانونية التي تضبطها و تعدّد عقوباتها، إضافة إلى استعمال المشرع لعدة ألفاظ و عبارات ذات مفهوم عام و ذلك بسبب رغبته الجامحة في حماية البيئة من أي فعل من شأنه التأثير سلبا على سلامته. و يمكن أن ينبج عن التضخّم التشريعي خضوع الفعل لأكثر من نص قانوني مما قد يسبب الاختلاف في الوصف القانوني لبعض الجرائم البيئي واختيار النص المنطبق عليها. علما وانه فقد تم تعريف أغلب الجرائم البيئية بألفاظ عامة و غير مدققة و لا أدلّ على ذلك من عبارات الفصل 2 من قانون 2 أوت 1988 الذي يعرّف التلوث بأنه " إدخال مادة ملوثة في المحيط سواء كانت بيولوجية أو كيميائية أو مادية"، إذ يثير هذا التعريف إشكالا بخصوص طرق إدخال المواد الملوثة و كيفية التفريق بينها .

ب الركن المادي :

يتميز الركن المادي في الجرائم البيئية بخصوصية مقارنة بسائر الجرائم الأخرى لأن النشاط المادي قد يكون إيجابيا أو سلبيا، كما قد يكون هذا النشاط من العناصر الاقتصادية التي تعتمد عليها الدولة، و كذلك بالنسبة للحق المعتدى عليه إذ تشكل البيئة قيمة جديدة من قيم المجتمع المعاصر التي يسعى القانون الجزائي إلى الحفاظ عليها. و مع ذلك فانه ينبغي لنشوء الركن المادي في الجريمة البيئية أن يصدر فعلا مجرما يلحق مضرّة بعنصر من عناصر البيئة و أن تتواجد علاقة سببية بين الفعل و الضرر.

وبخصوص الفعل الإجرامي في المجال البيئي: فانه غالبا ما يكون فعلا إيجابيا يتجسم في حركة تغيير الحالة الطبيعية لعناصر البيئة مثل تلويث مياه البحر، أو تكسير الأشجار، أو حرق

الغابات كما يمكن أن يكون الفعل الإجرامي سلوكا سلبيا كعدم أخذ الاحتياطات اللازمة لحماية البيئة أو عدم الحصول على ترخيص مسبق من السلط المختصة لمباشرة نشاط معين) كما هو الحال بالنسبة لجريمة معالجة النفايات الخطرة بدون ترخيص...). و لعل تجريم الأفعال السلبية في المجال البيئي هو الذي يميز قانون البيئة إذ يجرم ضمنه المشرع عدة أفعال سلبية و يعاقب عليها بنفس الشدة التي يزر بها السلوكيات الإيجابية .

وبخصوص النتيجة الإجرامية: فإنها تعد من المسائل الدقيقة التي يصعب إثباتها في جرائم الاعتداء على البيئة، و يرجع ذلك إلى طبيعة هذه الجرائم و ما يترتب عنها من نتائج إذ انه في الجرائم البيئية قد لا تتحقق النتيجة في الحال إلا بعد فترة معينة بل أن هذه النتيجة قد تتحقق في مكان حدوث الفعل أو في أي مكان آخر كجرائم تلوث الهواء و البحار.

وأما فيما يتعلق العلاقة السببية بين الفعل الضار و الضرر اللاحق بالمحيط: فيمكن القول أنها عنصر من عناصر قيام الركن المادي في الجريمة البيئية و لكن يمكن الاستغناء عنه في بعض الجرائم القائمة على الفعل فحسب و مثال ذلك الجريمة المنصوص عليها صلب الفصل 80 من مجلة الغابات حيث يعاقب المشرع على مجرد حمل أدوات مخصصة لقطع الخشب و استخراج الخفاف و التجول بها داخل الغابة دون اشتراط حصول مضرّة للغابة³⁵.

ج- الركن المعنوي في الجريمة البيئية :

يبرز الركن المعنوي أو القصد الجنائي كركن ضروري في بعض الجرائم، أما في الجرائم البيئية فان المشرع يقتصر على وجود القصد العام دون اشتراط توفر القصد الجنائي الخاص. ففي جرائم التلوث مثلا يكفي أن يقوم الجاني بإلقاء مواد في مجاري الأنهار لتقوم في جانبها الجريمة البيئية دون أن يتطلب ذلك توفر نية التلوث لديه، و هذا ما دفع بجانب من الفقه إلى اعتبار البعض من جرائم البيئة " جرائم شكلية" لا تستوجب توفر النية الإجرامية لقيامها إذ يكفي تواجد الركن الشرعي و المادي حتى يقع تتبع مرتكب الأفعال المضرّة بالبيئة و إحدى العناصر المكونة لها³⁶.

المبحث الثاني: الخصوصية على مستوى التتبع الجزائي

يكتسي تتبع الجرائم البيئية خصوصية سواء على مستوى أجهزة التتبع (الفقرة الأولى) أو على مستوى المسؤولية الجزائية (الفقرة الثانية).

الفقرة الأولى : أجهزة التتبع

لقد أوكل المشرع التونسي مهمة إثارة الدعوى العمومية و ممارستها بصفة مبدئية إلى جهاز النيابة العمومية ، لكنه عهد أيضا و بصفة استثنائية بهذا الدور إلى بعض الموظفين و هم أعوان الإدارات الذين منحهم الفصل 10 من مجلة الإجراءات الجزائية مباشرة وظائف الضابطة العدلية.

غير أن التتبع في جرائم البيئة يكتسي بعض الخصوصيات مقارنة بما هو الشأن في جرائم الحق العام. إذ انه من الناحية العملية لا يكاد يباشر التتبع في ميدان البيئة سوى أعوان الإدارات مثل أعوان إدارة المياه، أو إدارة الغابات، أو إدارة الصيد البري والبحري. لكن بعد إحداث الوكالة

³⁵ فريد جحا، (2021)، "خصوصية الجريمة البيئية في زمن الكورونا"، المجلة التونسية لعلوم الإجرام، مركز الدراسات القانونية والقضائية، العدد 01، ص.ص 36-70.

³⁶ صالح مسعود، (1993)، "حماية البيئة والمحيط في القانون التونسي"، مجلة القضاء والتشريع، عدد 08، ص. 108.

الوطنية لحماية المحيط أصبح التتبع يمر حتما عبر هذه الأخيرة (طبقا لأحكام الفصلين 10 و 12 من قانون 2 أوت 1988 المنقح بقانون 30 نوفمبر 1992) إذ يتولى الأعوان التابعين للوكالة معاينة الجرائم و تحرير المحاضر في شأنها، ثم تحال إلى وكيل الجمهورية المتعهد لإجراء التتبعات كما تبرز الخصوصية في الحق المخول للإدارة لممارسة الصلح مع المتهم أو إمكانية طلب المحاكمة.

الفقرة الثانية : المسؤولية الجزائية في الجرائم البيئية

تعدّ المسؤولية الجزائية ركنا أساسيا يقوم عليه النظام الجزائي إذ لا يكفي تجريم الأفعال المهذّدة لسلامة البيئة بل لا بد من وجود شخص مسؤول عن الجريمة ليتحمل عواقبها. وعملا بمبدأ " شخصية العقوبة" فإنه لا يمكن تسليط عقاب إلا على الشخص الذي اقترف الفعل الإجرامي دون غيره. لكن في الجرائم البيئية فإن الأمر يختلف نظرا لتعدد المسؤولين عن تلك الجرائم، كما أن المخالف قد يكون شخصا طبيعيا أو معنويا، وهو ما يمنح حماية إضافية للمحيط .

أ- مسؤولية الشخص الطبيعي

لا تتم مؤاخذة الشخص المرتكب للجريمة إلا متى كان الفعل الإجرامي صادرا عمّن له إرادة معتبرة قانونا و يكون مخالفا للقواعد المستوجب احترامها و هما عنصران ترتكز عليهما المسؤولية الجزائية عامة .

والملاحظ أن جلّ النصوص القانونية المنظمة للمحيط تتضمن الفعل المجرم و لا تحدد المخالف. فمجلة المياه مثلا لا تحدد الفاعل و تعرضت فقط إلى السلوك الإجرامي (كالفصل 108 الذي ينص على انه يحجر صب أو تغطيس المواد على اختلاف أنواعها بمياه البحر). و يختلف المركز القانوني للشخص المخالف في الجريمة البيئية إذ يمكن أن يكون فاعلا أصليا أو شريكا. فبالنسبة للفاعل الأصلي استقر الفقه الحديث على إنكار كل مسؤولية جزائية للشخص بالنسبة للجرائم التي يرتكبها غيره عملا بمبدأ شخصية العقوبة، و لكن تماشيا مع التطور الاقتصادي و الاجتماعي نتيجة لتشابك العلاقات الاجتماعية و المهنية فقد ظهرت المسؤولية عن فعل الغير كاستثناء لمبدأ شخصية العقوبة.

أما بالنسبة للشريك في الجريمة البيئية: فهو ذلك الشخص الذي يساعد الفاعل الأصلي على اقتراف الجرم البيئي بأي وسيلة كانت، و يستحق تبعا لذلك العقوبة المقررة للفاعل الأصلي. و رغم أن المشرع قد أشار صلب الفصل 32 من المجلة الجزائية إلى صور المشاركة الممكنة مما يجعله نصا عاما و صالحا لاستيعاب حالات المشاركة في مختلف المجالات و منها المجال البيئي، فإن المشرع لا يتردد أحيانا في وضع فصول تنظم المشاركة في الجرائم البيئية ضمن نصوص خاصة على غرار الفصل 133 من مجلة الغابات الذي يحجر القيام بجميع الأفعال التي من شأنها أن تتسبب في ارتكاب الجرح من قبل أشخاص آخرين و يقرر مؤاخذة المشارك بنفس العقوبات التي تنال الفاعل الأصلي للجريمة. ويتضح من خلال ما ذكر أن المشرع لا يتردد في توسيع مجال المؤاخذة الجزائية لأجل توفير الحماية الممكنة للمحيط .

ب- مسؤولية الشخص المعنوي

بقدر ما تتسم مسؤولية الشخص الطبيعي بالوضوح، فإن المسألة بالنسبة للشخص المعنوي يسودها الغموض و يدور حولها الجدل الفقهي و التردد القضائي. فبالنسبة للفقه، فقد بدا منقسما إلى ثلاثة اتجاهات ينفي أولها وجود أية مسؤولية بالنسبة للشخص المعنوي عملا

بمبدأ شخصية الجرائم والعقوبات معتبرا أن الذات المعنوية غير موجودة حقيقة، ولا تتصرف إلا عن طريق الأشخاص الطبيعيين المشرفين عليها مما يحتم مساءلة هؤلاء الأخيرين شخصيا عن أعمالهم³⁷. وثانيها يقبل قيام مثل هذه المسؤولية لكنه يطرح الأشكال على مستوى العقاب و يرى أنه لا يمكن مؤاخذة الذات المعنوية إلا بعقوبات مالية فحسب³⁸، في حين يرى الاتجاه الثالث أن المسؤولية بالنسبة للشخص المعنوي تكون قائمة دون أن يمنع ذلك من تطبيق العقوبات عليها سواء تعلق الأمر بالخطية أو بالسجن الذي يسلط على الممثل القانوني للشخص المعنوي³⁹.

وبالنسبة لفقهاء القضاء، فقد بدا من جانبه مترددا خاصة على مستوى محاكم الأصل رغم القفزة النوعية التي أحدثتها محكمة التعقيب بموجب قرارها المؤرخ في 12/04/1976 تحت عدد 111555 بمناسبة القضية التي أصبحت تعرف بقضية "الفرس مسعود" والذي تدعم بقرار ثان في نفس الموضوع صدر عن الدوائر المجتمعة بمحكمة التعقيب بتاريخ 07 جانفي 1988 تحت عدد 4233 والذي اقر صراحة بمسؤولية الشخص الاعتباري، وكذلك القرار الشهير المتعلق بتلوث البترول الأزرق بالبزين الخفيف والصادر بتاريخ 29/12/1982 تحت عدد 8485. علما وأن المشرع التونسي قد كرس صراحة مسؤولية الذات المعنوية في المادة البيئية وذلك بالفصلين 08 و 11 من القانون ع 91 دد لسنة 1988 المؤرخ في 02/08/1988. كما نص القانون ع 41 دد لسنة 1996 المؤرخ في 10 جوان 1996 و المتعلق بالنفايات ومراقبة التصرف فيها ضمن فصله الثاني على أن عبارة "شخص" يقصد بها كل من الشخص الطبيعي والشخص المعنوي"، بالإضافة إلى إقراره صلب فصله 49 بمسؤولية الذات المعنوية مميّزا بينها و بين المسؤولية الجزائية لمسيرها.

و لعل الاعتراف بالمسؤولية الجزائية للشخص المعنوي يمثل خير ضمان للمحيط من كل اعتداء، وخاصة في صورة تعدد المسؤولين عن الفعل الضار. لكن مهما كان الشخص المسؤول جزائيا عن الأضرار بالمحيط فإنه يكون لزاما على القاضي تحديد وتقدير العقاب المناسب بما يتماشى و أهمية الجرم المرتكب من قبل المخالف...

الجزء الثاني: تحديات التوجه نحو تجريم الفعل البيئي الجسيم وتحويل عبء المسؤولية من مجرد غرامة إلى محاسبة جنائية رادعة:

تقف البشرية، اليوم، عند مفترق طرق فيما يتعلق بحماية النظام البيئي، إذ تشير الأدلة العلمية إلى ان انبعاث الغازات الدفيئة وتدمير النظم الايكولوجية سيكون لها عواقب كارثية على بيئتنا المشتركة. فعلى الرغم من التطور المحرز في مجال القانون الدولي البيئي، لكنه لم يصل إلى اعتراف القانون الدولي الجنائي بهذا الخطر وتجرّيمه. ولربما يعجز تدمير النظام البيئي والإضرار به إلى الطبيعة الأنثروبولوجية للقانون الدولي الجنائي⁴⁰.

³⁷ مصطفى العوجي، (1988)، القانون الجنائي العام، الجزء الثاني، المسؤولية الجنائية، مؤسسات نوفل، بيروت لبنان، الطبعة الثانية، ص. 87.

³⁸ مبروك بن موسى، 1993، دور القضاء الجنائي في حماية المحيط، مجلة القضاء والتشريع، عدد 03، ص. 87 وما يليها.

³⁹ منصف حامدي، (1997)، "حق الإنسان في بيئة سليمة ومتوازنة"، مجلة القضاء والتشريع، عدد 08، ص.

⁴⁰ Alessandra Mistura، (2018) « Is There Space for Environmental Crimes under International Criminal Law: The Impact of the Office of the Prosecutor Policy Paper on Case Selection and

ولقد ظهرت جهود دولية لتجريم التدمير البيئي، متمثلة بورقة السياسات المقدمة من مكتب المدعي العام للمحكمة الجنائية الدولية لعام 2016 بالإضافة إلى الجهود الفقهية التي تدفع باتجاه إضافة جريمة الإبادة البيئية كجريمة خامسة في إطار الجرائم التي تختص بها المحكمة الجنائية الدولية من جهة (الفصل الأول)، وتجريمها وطنيا من جهة أخرى (الفصل الثاني).

الفصل الأول: محاولة تكييف الجرائم البيئية على ضوء النظام الأساسي للمحكمة الجنائية الدولية

اعتمد المجتمع الدولي قانون روما الأساسي الخاص بالمحكمة الجنائية الدولية في سنة 1998 ولقد تم الترحيب بهذه المعاهدة، والتي وصفت بكونها التطور الأكثر أهمية في القانون الدولي، منذ اعتماد ميثاق الأمم المتحدة. وتندرج أهمية هذه المحكمة في كونها تشكل رادعا وآلية دولية لمقاضاة الأشخاص الذين يفكرون بارتكاب الجرائم الدولية الخطيرة الداخلة في اختصاصها. ورغم غياب التنصيص الصريح على تجريم الاعتداء على البيئة بشكل مباشر ضمن اختصاص المحكمة الجنائية الدولية، إلا أننا نلاحظ بروز جهود دولية كثيفة لمحاولة إدراج هذه الجرائم ضمن اختصاصها من خلال تصنيفها كجرائم حرب وعدوان (المبحث الأول) أو كجرائم ضد الإنسانية وإبادة جماعية (المبحث الثاني).

المبحث الأول: إمكانية تكييف الجرائم البيئية كجرائم حرب أو جرائم عدوان

كان تصريح باريس لسنة 1856 أول معاهدة وضعت قواعد الحرب، لتمر بمجموعة من التنظيمات إلى ان تم التنصيص عليها في نظام روما الأساسي للمحكمة الجنائية (الفقرة الأولى) بالإضافة إلى جرائم العدوان (الفقرة الثانية).

الفقرة الأولى: تكييف الجرائم البيئية كجرائم عدوان

ترتكز جرائم العدوان على استخدام القوة المسلحة من قبل دولة ما للتعدي على سيادة دولة أخرى، أو سلامتها الإقليمية، أو استقلالها السياسي، أو بأي طريقة أخرى تتعارض مع المواثيق الأخلاقية للأمم المتحدة. والاستثناء الوحيد لذلك هو حالة رد العدوان والدفاع الشرعي ولقد تضمنت المادة 54 من البروتوكول الإضافي الأول لاتفاقيات جنيف ما يلي: "يحظر مهاجمة، أو إتلاف، أو نقل، أو تعطيل الأشياء والمواد التي لا غنى عنها لبقاء السكان المدنيين مثل المواد الغذائية، والمناطق الزراعية التي تنتجها، والمحاصيل، والماشية ومرافق مياه الشرب، والشبكات وأعمال الري، إذا كان الغرض من فعل الاعتداء هو حرمان السكان المدنيين أو اقتطاعها من قبل قيمة حيوية مهما كان الدافع سواء كان تجويع المدنيين أو إجبارهم على النزوح أو أي مهمة أخرى". وبناء على هذه المادة، فإن استخدام القوة بين الدول الأعضاء هو عمل ينتهك مواثيق القانون الدولي بشكل عام ويعتبر عملاً عدوانياً، إلا إذا كان للدفاع المشروع أو بناءً على إجراءات يتخذها المجتمع الدولي وفقاً للميثاق.

وقد حددت المادة 3 من قرار الجمعية العامة للأمم المتحدة رقم 3314 والصادر بتاريخ 12-14-1974 بعض أشكال استخدام القوة المسلحة بوصفها عدوان على السيادة الوطنية، ومن بينها:

–الهجوم على القوات المسلحة برأً وبحراً وجواً (المادة 3 فقرة د): قد يقتصر الهجوم على ضرب القوات المسلحة للدولة المعادية والهجوم عليها برأً وبحراً وجواً.

-القنبلة (المادة 3 فقرة ب): وهو أن تستحل دولة ما إسقاط القنابل المدمرة والمميّنة لضرب مواقع أو مناطق معينة في بلد ما بالقنابل أو بأي أسلحة أخرى من قبل القوات المسلحة في دولة أخرى مستخدمة في ذلك المدفعية أو أسلحة الطيران وغيرها.

-الغزو والهجوم المسلح (المادة 3 الفقرة أ) عن طريق استغلال الجيوش المقاتلة داخل أراضي الدولة المعتدى عليها سواء كان الهجوم بریا أو بحرا أو جوا.

وهذه الصور من جريمة العدوان يمكن أن تشكل في الوقت ذاته جريمة من جرائم البيئة إذا كانت قد أدت إلى الإضرار بالبيئة⁴¹. فإذا أدى مثلا الغزو المسلح أو القنبلة أو الهجوم ضد القوات المسلحة في البر أو البحر أو الجو إلى تحطيم البنى التحتية للدولة المعتدى عليها كشبكات المياه أو أدى الغزو إلى حرق الغابات والمحاصيل أو أدى إلى تلويث مياه البحر أو تلويث مياه الأنهار، أو تلويث طبقات الجو، فإنه يدخل ضمن اختصاص المحكمة الجنائية الدولية بموجب المادة 05 والمادة 8 مكرر من النظام الأساسي للمحكمة.

الفقرة الثانية : تكيف الجرائم البيئية كجرائم حرب:

ذهب بعض المدافعين عن البيئة إلى اعتبار ان للمحكمة الجنائية الدولية اختصاص النظر في الجرائم ذات الضرر البيئي على أساس أنها تعتبر جرائم حرب. فقد ورد بالمادة ل4/2/08 من النظام الأساسي للمحكمة ان: " تعمد شن هجوم مع العلم بان هذا الهجوم سيسفر عن خسائر تبعية في الأرواح أو عن إصابات بين المدنيين أو عن إلحاق أضرار مدنية أو إحداث ضرر واسع النطاق وطويل الأجل وشديد للبيئة الطبيعية يكون إفراطه واضحا بالقياس إلى مجمل المكاسب العسكرية المتوقعة الملموسة مباشرة"، يعد جريمة حرب علاوة على كونه يمثل انتهاكا صارخا للبيئة؛ مما يعاقب عليه في إطار النظام الأساسي للمحكمة الجنائية⁴².

كما جرم النظام الأساسي للمحكمة الاعتداء على البيئة باعتبارها من جرائم الحرب سواء أكان جرم واقع أثره على الفضاء أو على البيئة الأرضية حيث ورد بالمادة 08 "ب" رقم "09" من النظام الأساسي للمحكمة الجنائية الدولية ما نصه: "تعمد توجيه هجمات ضد المباني المخصصة للأغراض الدينية أو التعليمية أو الفنية أو العلمية أو الخيرية، والآثار التاريخية، والمستشفيات وأماكن تجمع المرضى والجرحى".

واعترفت المادة 08 "أ" رقم "4" الاعتداء على البيئة من جرائم الحرب حيث نصت على ان: "إلحاق تدمير واسع النطاق بالمتلكات والاستيلاء عليها دون أن تكون هناك ضرورة عسكرية تبرر ذلك، وبالمخالفة للقانون وبطريقة عابثة"، ونجد لهذا التجريم أساسا في المادة 50 من اتفاقية جنيف الأولى التي عدت الاستيلاء عليها في نطاق واسع وبطريقة غير مشروعة دون مبرر حربي من المخالفات الجسيمة للقانون الدولي الإنساني.

ونشير، إلى أن تدمير البيئة يدخل أيضا ضمن الفقرة 2/ب-17 و18 من المادة 08، إذ نصت على أن: "استخدام السموم وكذلك استخدام الغازات الخانقة أو غيرها من الغازات وجميع ما في حكمها من السوائل أو المواد أو الأجهزة"، يعد جريمة من جرائم الحرب، وهذه الغازات والسوائل السامة ستلوث البيئة بسمومها مما يشكل تهديدا للإنسانية جمعاء.

⁴¹ بوغالام يوسف ، المساءلة عن الجرائم البيئية في القانون الدولي ، الطبعة الأولى ، مركز الدراسات العربية للنشر والتوزيع ، مصر ، 2014 ، ص135 .

⁴² زمن صعب سرحان علي ، (2025) ، "جرائم الإبادة البيئية في منظور القانون الدولي" ، المجلة الدولية للإنسانيات والعلوم الاجتماعية، النهرين جامعة العراق، الجز السابع، ص ص. 309-288.

المبحث الثاني: تكييف الاعتداء على البيئة كجريمة إبادة جماعية أو جريمة ضد الإنسانية: توصف جريمة الإبادة الجماعية بأنها جريمة الجرائم وهي من أكثرها شيوعاً في تاريخ الحروب والصراعات المسلحة (الفقرة الأولى)، والتي من شأنها ان تشكل أيضاً جرائم خطيرة ضد الإنسانية (الفقرة الثانية).

الفقرة الأولى: إدراج الفعل البيئي الجسيم ضمن جرائم الإبادة الجماعية يتكون، المصطلح اللاتيني (Genocide)، الإبادة الجماعية، من جزأين (Geno) وتعني الأصل أو العرق و (cide) وتعني القتل أو التدمير⁴³. ولقد استخدم هذا المصطلح لأول مرة، على الصعيد الدولي، بواسطة رفايل ليمكين (Raphael Lemkin) عام 1944⁴⁴، إذ صاغ فكرته حول الإبادة الجماعية لتشمل مفهومين، الأول هو الهمجية، والذي يفهم منه ارتكاب القتل الذي يؤدي إلى جريمة الإبادة الجماعية، أما الثاني فهو التخريب والذي ينطوي على تدمير أسلوب حياة الأمة أو المجموعة العرقية، أو تدمير الثقافة الخاصة بجماعة معينة⁴⁵. وبناء عليه، واستناداً على فكرة ليمكين حول الإبادة الجماعية، فان تدمير البيئة الذي يؤدي إلى تدمير ثقافة شعب معين وتخريب نمط حياته يعد جريمة إبادة جماعية. إلا أن اتفاقية منع جريمة الإبادة الجماعية والمعاقبة عليها لسنة 1948، لم تعترف إلا بالمفهوم الأول المتمثل في الهمجية أي القتل الموجه إلى فئة معينة⁴⁶.

يذهب (راشيل كيلان Rachel Killian)، إلى إن الأفعال الواردة في المادة (6/ب و ج) من نظام روما الأساسي⁴⁷، يمكن أن تشمل على الإبادة البيئية التي تؤدي إلى وقوع إبادة جماعية، فالتدمير الموجه إلى الأسس الجوهرية لحياة الجماعة، والتي من أهمها النظام البيئي، يؤدي إلى تحقق ارتكاب جريمة الإبادة البيئية بحقهم⁴⁸، ونجد بهذا الصدد بان مكتب المدعي العام للمحكمة الجنائية الدولية قد اثبت عام 2008 بشأن الوضع في مدينة دارفور، وجود صلة بين

⁴³ Livinus NWOKIKE, (2020), " law and policy on ecocide and genocide: an imperative road to amend the Rome Statute of international criminal court, international journal of comparative law and legal philosophy (IJOCLLEP), Vol (2), No (3), 2020. p.77.

⁴⁴ Donna Minha, (2020), "The Possibility of Prosecuting Corporations for Climate Crimes Before the International Criminal Court: All Roads Lead to the Rome Statute ? », Michigan Journal of International Law, vol (41), Issue (3), p. 452.

⁴⁵ Raphael Lemkin, (1944), Axis Rule in Occupied Europe: Laws of Occupation - Analysis of Government - Proposals for Redress, (Washington, D.C. Carnegie Endowment for International Peace, p.p.79-95.

⁴⁶ اتفاقية منع جريمة الإبادة الجماعية والمعاقبة عليها، المعتمدة من قبل الجمعية العامة للأمم المتحدة بموجب قرارها رقم (260/ألف (د - 3)) المؤرخ في 9 كانون الأول / ديسمبر 1948.

⁴⁷ تنص المادة 06 من نظام روما الأساسي للمحكمة الجنائية الدولية ان الإبادة الجماعية تعني أي فعل من الأفعال التالية يرتكب بقصد إهلاك جماعة قومية أو عرقية أو اثنية أو دينية بصفتها هذه إهلاكا جزئيا أو كلياً: ... ب- الاعتداء الجسيم على السلامة الجسدية أو العقلية لأفراد المجموعة. ج- إخضاع الجماعة لظروف معيشية قاسية تؤدي إلى القضاء عليهم كلياً أو جزئياً.

⁴⁸ Rachel Killian, (2021), « From ecocide to eco-sensitivity: greening reparations at the International Criminal Court », The International Journal of Human Rights, Vol (25), no (2), p.330.

الإبادة الجماعية والتدمير للبيئة، تتمثل في أن تدمير القطاع النباتي ومصادر المياه وتسميم وتلوّث الآبار أو غيرها من مصادر المياه المجتمعة، يحقق مفهوم الإبادة الجماعية⁴⁹.

الفقر الثانية: اعتبار الفعل البيئي الجسيم جريمة ضد الإنسانية

أدمجت الجرائم ضد الإنسانية، بمفهومها المعروف حالياً، ضمن محاكمات نورمبورغ لسنة 1945، لمعالجة الجرائم الوحشية التي ارتكبتها النازيون بحق المدنيين⁵⁰.

ونشير، إلى التقاء كل من جريمة الإبادة البيئية المقترحة والجرائم ضد الإنسانية في كون أن التعريف المقترح لجريمة الإبادة البيئية قد اعتمد ذات التمشي الوارد في المادة 07 من نظام روما الأساسي، حيث ورد تبيان للمصطلحات الواردة في التعريف في الفقرة الأولى والفقرة الثانية⁵¹ علماً وأن كل من الجريمتين يمكن أن تنطبق في وقت السلم أو في وقت النزاع المسلح على حد سواء.

كما أنه إذا كان استهداف الجماعة بالقتل هو ناتج عن تدمير المواد التي لا غنى عنها للبقاء، كتلوّث مياه الشرب الوحيدة المتاحة أو حرق المحاصيل والأشجار أو تدمير المباني في مكان يستحيل العيش فيه دون مأوى أو إبادة الماشية التي تعتمد عليها الجماعة أو تدمير شبكات مياه الشرب، فإن الجريمة تعتبر في الوقت ذاته جريمة من جرائم البيئة. وإدراج الجرائم البيئية، في هذه الحالة، ضمن اختصاص المحكمة الجنائية هو ناتج عن تعدد الأوصاف وعن العمل بالنص الوارد بالمادة (07/1/د) و(07/1/ك) من نظام روما الأساسي⁵². إذ أن تدمير البيئة قد يؤدي إلى تلوث وأضرار شديدة ينتج عنها التأثير على البشر وعلى صحتهم البدنية والنفسية بشكل سلبي⁵³ وليس من باب توسيع اختصاص المحكمة.

فإذا وقعت الإبادة البيئية على إقليم أو منطقة معينة فإنها تؤدي إلى الإضرار بسكان المنطقة الذين يحصلون على مواردهم من الطبيعة مباشرة. كما أن تدمير البيئة الطبيعية يؤدي إلى فقدانهم لمواردهم، ودفعهم مكرهين لترك مكان سكنهم الأصلي، وإمكانية زيادة الصراعات الناتجة عن البحث عن الموارد البديلة⁵⁴. علماً وان جريمة الإبادة البيئية لا تهدد فقط الحق

⁴⁹ ICC Pre-Trial Chamber, Situation in Darfur, The Sudan, 'Public Redacted Version of Prosecution's Application under Article 58 Filed on 14 July 2008', Case No. ICC-02/05-157, 12 September 2008. Available at <https://www.icc-cpi.int/Pages/record.aspx?docNo=ICC-02/05-151>. visité le 20/01/2026.

⁵⁰ Ana Filipa Vrdoljak, (2009), "Human rights and genocide: the work of Lauterpacht and Lemkin in modern international law", *European journal of international law*, Vo I(20), n° (4), p.1189.

⁵¹ يمكن الرجوع إلى نص المادة 08 مكرر من تعريف الإبادة البيئية المقترح.

⁵² تنص المادة (07/1/د و ك) على الآتي: "يشكل أي فعل من الأفعال التالية جريمة ضد الإنسانية متى ارتكب في إطار هجوم واسع النطاق أو منهجي موجه ضد أية مجموعة من السكان المدنيين، وعن علم بالهجوم: ... د- إبعاد السكان أو النقل القسر. ك- الأفعال للإنسانية الأخرى ذات الطابع المماثل التي تتسبب عمداً في معاناة شديدة أو في أذى خطير يلحق بالجسم، أو بالصحة العقلية أو البدنية".

⁵³ Tara Smith, (2012), « Creating a framework for the prosecution of environmental crimes in international criminal law, Published in companion to international criminal law: critical perspectives », William Schabas and others, Ashgate Publishers, p.p50-51.

⁵⁴ Darryl Robinson, (2020) CL and Environmental Protection Symposium: Environmental Crimes Against Humanity, 02.06.. Available at

بالحياة للبشر أو الشعوب الأصلية التي تعيش على مقربة من موقع التدمير البيئي، بل إنها تهدد الموارد الطبيعية للبشرية جمعاء.

نشير، إلى أن تلك الأفعال تعد جريمة بيئية في حد ذاتها وقد تم حظرها في المادة 54 من البروتوكول الإضافي الأول لاتفاقيات جنيف لاعتبارها بمثابة انتهاك للقانون الدولي الإنساني. بالإضافة إلى أن قتل الأشخاص في حد ذاته يعد جريمة بيئية لقيامه على انتهاك القواعد المقررة لحماية الأشخاص المدنيين باعتبارهم عنصراً حياً في البيئة.

الفصل الثاني: تنظيم التشريعات الدولية والوطنية للأفعال البيئية الجسيمة

ان الاعتراف بالفعل البيئي الجسيم (الإبادة البيئية) كجريمة دولية أمر مشكوك فيه في الوقت الراهن، بسبب الفكرة القائمة على أساس انثروبولوجي يقدم فيه رفاة البشر على حساب البيئة حتى ولو اضر بها (المبحث الأول). وعلى العكس من ذلك نجد ان التشريعات الجنائية الوطنية لعدد من الدول جرمت التدمير البيئي وعدته جريمة مستقلة قائمة بذاتها (المبحث الثاني).

المبحث الأول: تجريم الفعل البيئي الجسيم على الصعيد الدولي

سنتناول هذا المبحث في فقرتين بحيث نبين في الفقرة الأولى التنظيم الدولي لجريمة الإبادة البيئية (فقرة أولى)، في حين سنخصص الفقرة الثانية إلى اختصاص المحكمة الجنائية الدولية للنظر في جريمة الإبادة البيئية (الفقرة الثانية)

فقرة أولى: التنظيم الدولي لجرائم الإبادة البيئية

تناولت العديد من النصوص الدولية موضوع التدمير الذي يلحق بالبيئة الطبيعية، سواء حصل ذلك زمن النزاعات المسلحة أو وقت السلم، مع عدم تجريمه جنائياً، فنجد ان هذه النصوص قد تركت أثراً لا يمكن تجاهله على صياغة التعريف المقترح لجريمة الإبادة البيئية. ففي مقام أول، نشير، إلى اتفاقية حظر الاستخدام العسكري أو أي استخدام عدائي آخر لتقنيات التغيير البيئي لسنة 1977. وتعد هذه الاتفاقية الأولى من نوعها باعتبار تسليطها الضوء على مجال حماية البيئة حصراً. وقد اهتم واضعوا الاتفاقية ما قامت به الولايات المتحدة من تدمير للبيئة زمن حربها على فيتنام⁵⁵، إذ قامت برش المبيدات الكيميائية، وبشكل خاص ما يسمى بالعامل البرتقالي (*Agent Orange*)⁵⁶، بكميات كبيرة جدا على الغابات والمحاصيل الزراعية في فيتنام، واستخدمت أيضا آلية الحرق المنهجي للأراضي التي تحتوي على النباتات لكي تحم

<http://opiniojuris.org/2020/06/02/icl-and-environmental-protection-symposium-environmental-crimes-against-humanity/>.

⁵⁵ صدرت الاتفاقية بموجب قرار الجمعية العامة للأمم المتحدة رقم 72/31 في 10 ديسمبر 1976 وتم التوقيع عليها في 18/05/1977 ودخلا حيز النفاذ في 5 أكتوبر 1978.

⁵⁶ العامل البرتقالي هو مادة كيميائية تستعمل كمبيد للأعشاب ومذيب للنباتات، ويحتوي على مادة كيميائية تسمى نتراكور دي بنثروبي ديوكسين وهي من أكثر المواد السامة التي تم استحداثها على الإطلاق، انظر: David Zierler, (2011), "The invention of ecocide: Agent Orange, Vietnam, and the scientists who changed the way we think about the environment", University of Georgia Press, USA .p.p.33-47.

الفيتناميين من استخدامها كغطاء للقيام بعملياتهم العسكرية، وحرمانهم في نفس الوقت من المحاصيل التي توفر السبيل الوحيد لعيشهم⁵⁷.

وتنص المادة الأولى من هذه الاتفاقية على: "1-ان تتعهد كل دولة طرف في هذه الاتفاقية بالألا تستخدم تقنيات التعديل البيئي التي لها آثار واسعة النطاق أو طويلة الأمد أو شديدة كوسيلة للتدمير أو الأضرار أو الإصابة لأي دولة طرف أخرى.

2-تتعهد كل دولة طرف في هذه الاتفاقية بعدم مساعدة أو تشجيع أو حث أي دولة أو مجموعة من الدول أو منظمة دولية على القيام بأي أنشطة تتعارض مع أحكام الفقرة (1) من هذه المادة".

وبالرغم من الأهمية التي تمثلها هذه الاتفاقية إلا ان ما يؤخذ عليها هو ضيق نطاقها، إذ أنها لا تنطبق إلا في حالات التعديل البيئي التي تستخدم في أوقات النزاع المسلح الدولي، والتي ترتكب على إقليم دولة طرف.

وفي مقام ثاني، يمكن التطرق، إلى البروتوكول الإضافي الأول الصادر سنة 1977 والملحق باتفاقيات جنيف لسنة 1949، والذي ورد به نصان يتضمنان حظر توجيه الأعمال العدائية ضد البيئة الطبيعية. ويتمثل النص الأول في المادة (3/35) التي نصت على انه: "يحظر استخدام وسائل أو أساليب للقتال، يقصد بها أو قد يتوقع منها ان تلحق بالبيئة الطبيعية أضراراً بالغة واسعة الانتشار وطويلة الأمد".

أما النص الثاني فيتمثل في المادة (1/55) التي ورد بها: "تراعى أثناء القتال حماية البيئة الطبيعية من الأضرار البالغة واسعة الانتشار وطويلة الأمد، وتتضمن هذه الحماية خطر استخدام أساليب أو وسائل القتال التي يقصد بها أو يتوقع منها ان تسبب مثل هذه الأضرار بالبيئة الطبيعية ومن ثم تضر بصحة أو بقاء السكان"⁵⁸.

ويتضح جلياً، ان نص المادة (3/35) هو ذو طابع ايكولوجي يهدف إلى حماية البيئة الطبيعية في حد ذاتها، بعكس الطابع الانثروبولوجي الذي يتخذه نص المادة(1/55) التي تهدف إلى حماية المدنيين من الأعمال العدائية، وتحضر أساليب أو وسائل يقصد بها أو يتوقع منها إلحاق ضرر في البيئة الطبيعية بسبب المساس بصحة المدنيين أو بقائهم على قيد الحياة⁵⁹.

⁵⁷ Arthur H. Westing, (1974), « Arms Control and the Environment: Proscription of Ecocide », Bulletin of the Atomic Scientists, Volume (30), Issue (1), p.25.

⁵⁸ المادة 1/55 من البروتوكول الإضافي لسنة 1977. ونشير، إلى ان هذا البروتوكول يتطلب توفر هذه الشروط مجتمعة (وهي واسع الانتشار وطويل الأجل وشديد) لتحقيق وقوع الفعل، وهو يختلف بتفسير هذه المصطلحات عن ما تم تفسيره على ضوء اتفاقية حظر الاستخدام العسكري أو أي استخدام عدائي آخر لتقنيات لتغيير البيئي، إذ يعني مصطلح (طويلة الأمد) بأنه الضرر الذي يستمر لمدة عقود، لكن لم يتم بيان وتفسير معنى مصطلحي (واسع الانتشار) و(شديد) على ضوء أحكام البروتوكول الإضافي الأول. انظر:

Claude Pilloud and others, (1987), « Commentary on the additional protocols: of 8 June 1977 to the Geneva Conventions of 12 August 1949, Martinus Nijhoff Publishers, Geneva, p.416.

⁵⁹ Eric Talbot Jensen, (2005), « The International Law of Environmental Warfare: Active and Passive Damage During Times of Armed Conflict », Vanderbilt Journal of Transnational Law, Vol. 38, p.p.145-158.

ويشكك شق من الفقهاء في مدى فاعلية هذين النصين (35/3 و 55) باعتبار أنهما يتطلبان اجتماع الشروط الثلاثة (واسع النطاق، وطويل الأمد، وشديد) لتحقيق وقوع الفعل الضار بالبيئة. وعليه، فهما يعتبران خطوة إلى الخلف مقارنة مع ما تضمنته اتفاقية حظر الاستخدام العسكري أو أي استخدام عدائي آخر لتقنيات لتغيير البيئي خاصة وان القانون الدولي الإنساني هو ذو طابع انثروبولوجي ولم يكرس النصوص الخاصة بحماية البيئة إلا بصورة ثانوية⁶⁰. وعموماً يتضح قصور القانون الدولي إذ انه لم يعالج الإبادة البيئية كجريمة دولية، وبالتالي فإنه لم يضع حداً لوقوعها حاضراً ومستقبلاً قريباً، مما يندرج بخطر يحدق بالبشرية جمعاء خاصة مع التدهور الحاصل في المناخ.

الفقرة الثانية: تقييم مدى فاعلية دور المحكمة الجنائية في ملاحقة مرتكبي الجرائم البيئية
لقد تم ترجمة الجهود الدولية لتجريم الفعل البيئي الجسيم من خلال إصدار مكتب المدعي العام للمحكمة الجنائية الدولية ورقة السياسات لسنة 2016 من جهة. وتواصل السعي الفقهي باتجاه إضافة جريمة الإبادة البيئية كجريمة خامسة في إطار الجرائم التي تختص المحكمة الجنائية الدولية بالنظر فيها، من جهة أخرى⁶¹.

ورغم ان ورقة السياسات لسنة 2016 لا تعدو ان تكون سوى وثيقة سياسية داخلية لمكتب المدعي العام للمحكمة الجنائية الدولية، إلا أنها لا تخلو من الأهمية من خلال توجيهها الأنظار إلى ضرورة إدراج الأفعال البيئية ضمن الجرائم التي تختص بها المحكمة الجنائية من اجل سد الفراغ التشريعي الذي يتسم به القانون الدولي في المجال البيئي⁶².

وتستند الجهود الدولية المتجهة نحو إدراج الإبادة البيئية كجريمة خامسة في إطار اختصاص المحكمة الجنائية الدولية، من ناحية أولى، على أهمية الانتفاع من وجود مؤسسة جنائية دولية قائمة بالفعل، وذات خبرة في الملاحظة القضائية. ومن ناحية ثانية، على ان هذه الجريمة لن تندرج فقط في نظام روما الأساسي، ولكنها ستكون على درجة من المساواة في القيمة القانونية

⁶⁰ ويتزعم هذا الشق من الفقهاء ريتشارد أ فالك ، انظر:

Richard A. Falk, (2000), « The Inadequacy Of The Existing Legal Approach To Environmental Protection In Wartime », published in Jay E. Austin and Carl E. Bruch, The environmental consequences of war: Legal, economic and scientific perspectives, First published, Cambridge University Press, UK, p.140.

⁶¹ لقد تمخض عن هذا الجهد الدولي تأليف فريق من الخبراء المستقلين المعني بالتعريف القانوني للإبادة البيئية ، إذ توصل هذا الفريق إلى وضع تعريف في سنة 2021 يتضمن في جوهره تعديلاً للنظام الأساسي للمحكمة الجنائية الدولية، عن طريق إضافة المادة 08/مكرر ثانياً: "تعني الإبادة البيئية الأفعال غير المشروعة أو الوحشية التي ترتكب مع العلم بان هناك احتمالاً كبيراً بأن تلحق تلك الأفعال أضراراً جسيمة أو واسعة النطاق أو طويلة الأجل بالبيئة". ولقد تم تشكيل هذا الفريق عام 2020 من قبل مؤسسة وقف الإبادة البيئية (Stop Ecocide Foundation) وهي منظمة غير حكومية مستقلة أسستها كل من بولي هيغينز (Polly Higgins) و جوجو ميها (Jojo Mehta) .

⁶² Anastacia Greene, (2019), « The Campaign to Make Ecocide an International Crime: Quixotic Quest or Moral Imperative? », Fordham Environmental Law Review Journal, Vol(30), No(3), p.25.

مع الجرائم الأخرى الواردة بهذا النظام⁶³. وهو ما قد يساهم في الانتقال إلى التنمية المستدامة ويعيد توازن الأنظمة الحية.

غير ان الطريق أمام إقرار الإبادة البيئية كجريمة دولية مستقلة شائكا جدا بسبب تداخل عدة عوامل تنظيمية وسياسية واقتصادية. ففي مقام أول، ان الجرائم الأربعة الواردة ضمن اختصاص المحكمة الجنائية لم يتم إنشاؤها بموجب النظام الأساسي للمحكمة فهي كانت موجودة في محاكمات نورمبرغ وطوكيو والاتفاقيات الدولية المتعلقة بالقانون الدولي الجنائي. فلها بالمحصلة ارث من التفاهات الذي مكن واضعي النظام الأساسي من إدراجها فيه. وهو ما لا نجده في حالة جريمة الإبادة البيئية، إذ لم تنتظم أمام أي محكمة دولية مسبقا. كما أنها تتسم بالغموض الذي يكتنف تعريفها وأركانها⁶⁴.

وفي مقام ثاني، للمحكمة الجنائية الدولية طابع انثروبولوجي وليس ايكولوجي. فإذا عدنا إلى أصل نظام روما الأساسي ستجده في الوثيقة المعنونة بـ "مدونة الجرائم المخلة بسلم البشرية وأمنها"، وبالتالي فهو يهدف إلى حماية البشر من الجرائم المخلة بسلمهم ولا يهدف إلى حماية الطبيعة في ذاتها.

وفي مقام ثالث، غموض المصطلحات المتعلقة بالبيئة والواردة بالمادة (4/ب/2/8) من نظام روما الأساسي، والواردة أيضا في التعريف المقترح لجريمة الإبادة البيئية والمتمثلة في مصطلحات (واسع الانتشار وطويل الأجل وشديد)⁶⁵، مما يؤدي إلى تعارضها مع مبدأ أساسي من المبادئ الواردة في نظام روما الأساسي والمتمثل في مبدأ الشرعية⁶⁶، وبالتالي فإنه سيستحيل تنفيذها على ارض الواقع.

وفي مقام رابع، ان الاختصاص الشخصي للمحكمة الجنائية الدولية ينصرف إلى الأفراد فقط دون الشركات والدول. وهو ما يحد من جدوى إدراج جريمة الإبادة البيئية في نظام روما الأساسي

⁶³ Ammar Bustami and Marie-Christine Hecken, (2021), « Perspectives for a New International Crime against the Environment: International Criminal Responsibility for Environmental Degradation under the Rome Statute », Goettingen Journal of International Law, Vol (11), p.p187-188.

⁶⁴ Zahra McDonnell-Elmetri, (2020), «the crime of ecocide: the answer to our environmental emergency ? , A dissertation submitted in partial fulfilment of the degree of Bachelor of Laws (with Honours) at the University of Otago, New Zealand, Available at <https://www.otago.ac.nz/law/research/journals/otago828558.pdf> تاريخ الزيارة 2026/01/19

⁶⁵ "تعني الإبادة البيئية الأفعال غير المشروعة أو الوحشية التي ترتكب مع العلم بان هناك احتمالا كبيرا بأن تلحق تلك الأفعال أضرارا جسيمة أو واسعة النطاق أو طويلة الأجل بالبيئة". أثار مفاهيم الآثار واسعة الانتشار والطويلة الأمد والشديدة الأثر نقاشات فقهيّة واكاديمية متعددة. ودارت هذه النقاشات خلال التحضير لمسودات الاتفاقيات الدولية، لذلك راوحت الأجوبة بين القول ان المقصود عدة شهور، أو فصل واحد، أو عشرات السنين، لذا يلزم توافر الإجماع في تحديد هذه المفاهيم بدقة من اجل الاستدلال بها أو الاعتماد عليها في المرافعات البيئية. انظر: الحسين شكراني، 2022، "قراءة في متلازمة الغير المناخي والنزاع، مجلة سياسات عربية، العدد59، المجلد 10، ص. ص 80 إلى 99.

⁶⁶ حيث ورد بالمادة (2/22) من نظام روما الأساسي ما يلي: " يؤول تعريف الجريمة تأويلا دقيقا ولا يجوز توسيع نطاقه عن طريق القياس، وفي حالة الغموض، يفسر التعريف لصالح الشخص محل التحقيق أو المقاضاة أو الإدانة".

لكونها غالبا ما ترتكب من قبل الدول أو الشركات باعتبارها الأكثر تلويثا وتدميرا للبيئة الطبيعية⁶⁷.

وفي مقام خامس، الركن المعنوي الذي تضمنه التعريف المقترح لجريمة الإبادة البيئية والمتمثل في عنصر الاستهتار (القصد الاحتمالي) يعد غريبا عن السياق المعتمد في نظام روما الأساسي الذي لا يعتد إلا بالقصد العمد في الجرائم الواردة فيه⁶⁸.

وفي مقام سادس، الجدوى من إدراج جريمة الإبادة البيئية كجريمة خامسة في النظام الأساسي للمحكمة الجنائية الدولية في ظل انعدام عضوية كبار الدول الملوثة للبيئة (كالصين، والولايات المتحدة الأمريكية، والهند وروسيا) في هذه المحكمة⁶⁹. علما وانه قد برزت مخاوف من انهيار اقتصادي قد تتعرض له العديد من الدول جراء إقرار الإبادة البيئية كجريمة مستقلة كون اقتصادها معتمدا بالأساس على نشاطات صناعية تسبب أضرارا واسعة للبيئة الطبيعية، مما سيدفع بهذه الدول إلى محاربة التعديل الجديد أو التهرب من تطبيقه⁷⁰.

وفي مقام سابع، ان قضاة المحكمة الجنائية 18 غير مؤهلين للنظر في الجرائم البيئية كونهم من ذوي الخبرة والاختصاص في مجال القانون الجنائي وفي مجال حقوق الإنسان أكثر منه في المجال البيئي⁷¹.

وفي مقام ثامن، يتطلب إدراج جريمة الإبادة البيئية، كجريمة خامسة في نظام روما الأساسي، تعديل هذا النظام طبقا لإجراءات معقدة كاقترح إحدى الدول للتعديل وضرورة موافقة أغلبية الدول الأعضاء بهذا الهيكل على هذا الاقتراح. ويجب بعد ذلك مناقشة التعديلات والتصويت عليها من قبل أغلبية الثلثين على الأقل. وحتى بعد اعتماد التعديل بهذه الطريقة يمكن للدول الأعضاء عدم المصادقة عليه وبالتالي عدم سريانه عليها⁷².

بدورنا نقترح أفضلية إنشاء محكمة بيئية دولية تعنى بالنظر في الجرائم البيئية عوض إدراجها ضمن النظام الأساسي لروما كجرائم مستقلة أو تضمينها بإحدى الجرائم الأربعة نظرا لما يشوبه من تعقيد ولما قد يستغرقه من وقت.

⁶⁷ تنص المادة ل 1/25 من نظام روما الأساسي على ما يلي " يكون للمحكمة اختصاص على الأشخاص الطبيعيين عملا بهذا النظام الأساسي".

⁶⁸ Anastacia Greene, (2019), The Campaign to Make Ecocide an International Crime: Quixotic Quest or Moral Imperative?, Fordham Environmental Law Review Journal, Vol(30), No(3), p 3

⁶⁹ Peter F Doran, and Others, "Criminalising 'Ecocide' at the International Criminal Court." Available at SSRN 3827803 (2021). Voir: <https://ejni.net/wp-content/uploads/2021/04/Student-Working-Paper-1-QUB-Ecocide.pdf>. تاريخ الزيارة 2026/01/20.

⁷⁰ Richard , R. (2023), Ecocide Law for an Economy within Planetary Boundaries, Published by end ecocide, p.p.1-53.<https://endecocide.se/wp-content/uploads/2023/01/EL-for-an-Economy-within-Planetary-Boundaires.pdf> تاريخ الزيارة 2026/01/17.

⁷¹ Mark A. Drumbl, (1999), « International human rights, international humanitarian law, and environmental security: Can the International Criminal Court bridge the gaps », ILSA J. Int'l & Comp. L., Vol (6), 1999, p.p.325-326.

⁷² حسب ما ورد بالمادة 121 من نظام روما الأساسي للمحكمة الجنائية.

المبحث الثاني : تجريم الفعل البيئي الجسيم في التشريعات الوطنية

ابتداء من منتصف تسعينيات القرن الماضي ولغاية الآن، نجد ان العديد من الدول قد اعترفت بالإبادة البيئية كجريمة خطيرة وأدرجتها في تشريعاتها العقابية الوطنية (فقرة أولى). وكغالب التشريعات المقارنة حاولت المنظومة القانونية التونسية التصدي للانتهاكات البيئية (فقرة ثانية).

فقرة أولى: تجريم الفعل البيئي الجسيم في التشريعات المقارنة

تعد الفيتنام من بين أول الدول التي جرمت الفعل البيئي الجسيم من خلال المادة 342 من قانون عقوباتها الصادر سنة 1999 والتي ورد بها: "الذين يرتكبون في وقت السلم أو الحرب، أعمال إبادة السكان في أي منطقة، وتدمير مصدر رزقهم، وتقويض الحياة الثقافية والروحية للبلد، وإضعاف أسس المجتمع بهدف تقويضه، فضلا عن أعمال الإبادة الجماعية الأخرى أو أعمال الإبادة البيئية أو تدمير البيئة الطبيعية، يعاقب بالسجن لمدة تتراوح بين عشر سنوات إلى عشرين سنة أو بالسجن مدى الحياة أو بالإعدام"⁷³. أما روسيا فقد تعرضت إلى الجريمة البيئية في المادة (358) من قانونها الجنائي الصادر عام 1996 والتي تنص على ما يلي: "يعاقب على التدمير الواسع النطاق للممالك الحيوانية أو النباتية، وتلوث الجو أو الموارد المائية، وكذلك ارتكاب أعمال أخرى قادرة على أحداث كارثة ايكولوجية، بالحرمان من الحرية لمدة تتراوح بين 12 و 20 سنة"⁷⁴.

أما في فرنسا فقد نصت المادة (1/410) من قانون العقوبات الفرنسي الصادر عام 1994 المعدل، المتضمنة الاعتراف بتوازن البيئة الطبيعية كإحدى المصالح الأساسية للأمة الفرنسية على: "إن (المصالح الأساسية للأمة) بالمعنى الحالي للعنوان تغطي استقلالها وسلامة أراضيها وأمنها والشكل الجمهوري لمؤسساتها ووسائل دفاعها ودبلوماسية وحماية سكانها في فرنسا وخارجها وتوازن محيطها الطبيعي وبيئتهم والعناصر الأساسية لإمكاناتهم العلمية والاقتصادية وتراثها الثقافي". بالإضافة إلى المادة (2/421) الخاصة بالإرهاب الايكولوجي، في قانون العقوبات الفرنسي الصادر عام 1994 المعدل، والذي ينص على "ان إدخال أي مادة من شأنها ان تعرض صحة الإنسان أو الحيوان أو البيئة الطبيعية للخطر، في الغلاف الجوي أو في التربة، أو في المواد الغذائية أو مكوناتها، أو في المياه، بما في ذلك

⁷³ Vietnam : Major changes in the new Environmental Protection Law, voir:

https://insightplus.bakermckenzie.com/bm/attachment_dw.action?attkey=FRbANEucS95NMLRN47z%2BeeOgEFct8EGQJsWjCH2WAVfnLVn2ghRGDhGdtDI3rmj&nav=FRbANEucS95NMLRN47z%2BeeOgEFct8EGQbuwypnpZjc4%3D&attdocparam=pB7HEsg%2FZ312Bk80IuOIH1c%2BY4beLEAeA%2BhCYjIkeK%3D&fromContentView=1

⁷⁴ اما المواد التالية، المادة 161 امن القانون الجنائي لكازخستان الصادر عام 1997 ، والمادة 374 من القانون الجنائي لقرغستان الصادر عام 1997 ، والمادة 400 من القانون الجنائي لطاجكستان الصادر عام 1998 ، والمادة 409 من القانون الجنائي لجورجيا الصادر عام 1999، والمادة 131 من القانون الجنائي لبيروسيما الصادر عام 1999، والمادة 441 من القانون الجنائي لأوكرانيا الصادر عام 2001 ، والمادة ل 136 من قانون العقوبات لجمهورية مولدوفا الصادر عام 2002 ، والمادة 394 من القانون الجنائي لجمهورية أرمينيا عام 2003 فقد تضمنت جميعها تنصيحا على جريمة الإبادة البيئية بصياغة تكاد تكون متطابقة مع نص المادة ل 358 من القانون الجنائي الروسي مع تباين في مدد العقوبات الواردة في كل منها.

المياه الإقليمية، هو عمل إرهابي يرتكب عمدا فيما يتصل بمشروع فردي أو جماعي يهدف إلى إخلال بالنظام العام بشكل خطير عن طريق التخويف أو الإرهاب⁷⁵. إلا ان المشرع الفرنسي لم تقف جهوده عند هذا الحد بل انه استمر في المحاولة باللاحق يركب الدول التي جرمت الإبادة البيئية بشكل صريح، إذ أقرت الحكومة الفرنسية مشروع قانون بيئي في 4 ماي لسنة 2021، وتضمن هذا المشروع في المادة 68 منه عقوبات تصل إلى 10 سنوات سجن وغرامة تصل إلى 4,5 مليون يورو، أو فرض غرامة قد تصل إلى عشرة أضعاف الربح الذي حصل عليه الجاني جراء إضراره بالبيئة الطبيعية، تفرض عند ارتكاب الجاني لجريمة الإبادة البيئية⁷⁶.

وهناك بعض الدول التي ذهبت إلى ابعد من ذلك، فأدرجت في دساتيرها نصوصا تؤكد على الاعتراف بحماية النظام الطبيعي الايكولوجي كما هو حال الإكوادور والبلاد التونسية التي قامت بدسترة الحق في بيئة سليمة ومتوازنة.

الفقرة الثانية: تجريم الفعل البيئي الجسيم بالتشريع التونسي

يقر الدستور التونسي مقاربة شاملة لضمان الحق في بيئة سليمة، إلا أن الطابع الغالب على مقاربة حماية البيئة هو التأكيد على التنمية المستدامة، ما قد يهدد بتعويض حماية البيئة في مقاربة اقتصادية أساساً يمكن أن تحجب الأصل وهو المحافظة على البيئة لتعلي الجانب الاقتصادي على البعد البيئي⁷⁷.

وتميز التشريع التونسي، بتضخم النصوص القانونية المنظمة للشأن البيئي حيث لم يكتف المشرع بتجريم الاعتداءات على عناصر البيئة المختلفة ضمن نصوص تجريرية عامة بل تجاوز ذلك ليتناول التجريم المجالات والقوانين المستقلة. ويعد القانون الصادر في 2 أوت 1988، المتعلق بإحداث الوكالة التونسية لحماية المحيط، أول نص قانوني كرس الحماية الشاملة للبيئة وأقر الضرر البيئي الصرف والجريمة البيئية الصرفة أيضاً. كما كرس مجمل الآليات الحمائية للبيئة على المستوى الاستباقي بإقراره ضرورة دراسات التأثير على البيئة أو على المستوى اللاحق بإقراره مبدأ الملوث المسؤول. وأوجد لأول مرة الأداءات البيئية الصرفة ونص على إحداث صندوق لمكافحة التلوث وجعل من الوكالة الوطنية لحماية المحيط، الهيكل المختص في حماية البيئة وفي تمثيل مصالح البيئة أمام القضاء دون سواها. ثم توالى عديد النصوص القانونية التي أقرت "الحق في بيئة سليمة" ابتداءً من الأمر الصادر في سنة 1993 والمتعلق بإحداث اللجنة الوطنية للتنمية المستدامة. ومرورا بمجلة التهيئة الترابية الصادرة بسنة 1994 ثم قانوني نوعية الهواء لسنة 2007 وكذلك المحميات البحرية لسنة 2009. وانتهاءً إلى مشروع كل من مجلة البيئة ومجلة المياه⁷⁸.

⁷⁵ مصطفى عماد محمد، (2022)، "جريمة الإبادة البيئية دراسة تحليلية مقارنة في ضوء القانون الدولي، مجلة العلوم القانونية والسياسية، المجلد الحادي عشر، العدد الثاني، الجزء الأول، ص. 1-34.

⁷⁶ انظر مشروع القانون على الموقع التالي:

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2021.02_FrenchClimateLaw_PressKit_Tarikh_zinara_2026/01/17.pdf

⁷⁷ وحيد الفرشيشي، (2014)، "الحق بالبيئة في الدستور التونسي الجديد، المفكرة القانونية، لبنان، العدد 21، ص. 03.

⁷⁸ علاوة على تقديم ثلة من النواب لمقترح قانون في 23 جويلية 2024 يتعلق بحماية الحيوان.

غير انه، كغالب التشريعات المقارنة لم تولي التشريعات البيئية التونسية وأيضا مشروع مجلة البيئة أهمية لتعريف الجرائم البيئية بقدر اهتمامه بتحديد السلوك الذي يكون الركن المادي لكل من هذه الجرائم والعقوبات المقررة لها. على عكس مقترح القانون عدد 54 عدد 54 لسنة 2024 المتعلق بمكافحة جرائم الاعتداء على البيئة والذي خصص بابه الأول، المتعلق بالأحكام العامة، للتعريف بالمفاهيم.

وحسب ما جاء في هذا المقترح، المعروض على أنظار لجنة الصناعة والتجارة والثروات الطبيعية والطاقة والبيئة، يعتبر اعتداء على البيئة، التصرف في مواد سامة ناتجة عن تجارب صناعية أو إنتاج صناعي أو نفايات خطيرة كيميائية أو بترولية بنية الإضرار بها أو تصريف هذه المواد في أحد مكوناتها. ويعدّ اعتداء على أمن الأجيال اللاحقة في العيش في بيئة سليمة، كل ما من شأنه المساس بسلامة المحيط والبيئة باستعمال الملوثات مهما كان نوعها والتي تتسبب في القضاء على إحدى الثروات الطبيعية، نباتية كانت أو حيوانية أو مائية. وتتم إثارة الدعوى من قبل النيابة العمومية حال علمها بالاعتداء أو عند تشكي من له مصلحة سواء كان هذا الشاكي شخصا طبيعيا أو معنويا، وتتولى النيابة العمومية تتبع جرائم الاعتداء على البيئة، وتكون معاينة هذه الجرائم من قبل ضباط الحالة المدنية وحامل صفة الضابطة العدلية من ضباط وقوات حاملة للسلح و عمد وحراس غابات وضباط الشرطة البلدية، وتم التنصيص صلب المبادرة التشريعية على معاقبة كل من يعرقل أعمال الضابطة العدلية أو يمنع إجراء المعاينات بالسجن 3 أشهر.

أما الباب الثاني منه والمتعلق بالحماية فتضمن أحكاما من شأنها تحويل البيئة إلى قضية مجتمعية حيث يقتضي واجب حماية البيئة والمحيط، تظافر جهود كل مؤسسات الدولة والمجتمع المدني في دفع كل ما من شأنه المس بجمع الأوساط البيئية. وعليه، يجب الإشعار بكل ما من شأنه الإضرار بالبيئة والمحيط ويتعين على جميع الأطراف من مجتمع مدني ومواطنين وغيرهم ممن بلغ إلى علمهم وجود خطر محدد أو حاصل يهدد البيئة والمحيط التبليغ عنه. وفي المقابل يجب على كل من يلحق ضررا بالبيئة والمحيط تعويض قيمة الأضرار التي تسبب فيها لفائدة الدولة ويمكن أن يكون هذا التعويض ماديا أو عبر إعادة ما تم إتلافه إلى الحالة التي كان عليها.

وتطرق الباب الثالث من مقترح القانون إلى العقوبات حيث تم بمقتضاه سحب مجال تطبيق العقوبات السالبة للحرية والعقوبات التكميلية والعقوبات المالية المنصوص عليها بالفصل الخامس من المجلة الجزائية على مرتكب الاعتداء المضر بعناصر البيئة والمحيط، وذلك بناء على درجة خطورة الفعل المرتكب. ولتحديد الأضرار الحاصلة يتولى القاضي المتعهد بالقضية تكليف خبراء مختصين في المجال.

وعدّد الباب الرابع من مقترح القانون المتعلق بمكافحة جرائم الاعتداء على البيئة أنواع الجرائم البيئية والمقصود بها الأفعال الضارة بالعناصر الطبيعية من قبيل: سكب مخلفات المصانع السائلة والصلبة في البحر والأودية والمنخفضات الترابية والغابات، وكل انبعاث غازي سام ضار ناجم عن تجارب أو إنتاج مواد صناعية مهما كان مصدره وسكب الفضلات المنزلية ومخلفات

البناء في غير المصبات المراقبة من طرف الدولة، والبناء على الملك العام البحري أو استغلال الشواطئ دون وجه حق بصفة مؤقتة أو دائمة⁷⁹.

الخاتمة

الفعل البيئي الجسيم (أو الإبادة البيئية) هو جملة من السلوكات والأنشطة التي تنتهك التشريعات البيئية، والتي تتسبب في الأذى البيئي، وتتراوح هذه الأنشطة بين السلوك القائم على الإهمال إلى السلوك ذي الطبيعة الأكثر تعقيدا.

وفي ظل الانتهاكات البيئية الكارثية، التي تعصف بالبيئة الطبيعية وما ينتج عنها من خسائر وأضرار بشرية تشكل في اغلب الأحيان جريمة إبادة جماعية تتجاوز مجرد الإضرار بالبيئة الطبيعية، إلى تدمير التراث الثقافي والأثري، كما أنها قد تتسبب في الغالب في تهجير قسري للمتساكنين، وعدم نجاح الجهود الدولية في الحد من هذه الأضرار أو التقليل منها، تعالت الأصوات المطالبة بضرورة الإسراع في إدراج الإبادة البيئية كجريمة دولية خامسة ضمن نظام روما الأساسي، إلا أنها ليست بالمهمة السهلة، إذ يحول دون تحقيقها تحديات سياسية واقتصادية علاوة عن الصعوبات الإجرائية.

ولقد كرست مجموعة من الدول جريمة الإبادة البيئية في منظومتها التشريعية العقابية، في حين دولا أخرى تحاول القيام بذلك على غرار المشرع التونسي الذي حاول سد الفراغ التشريعي الحالي من خلال مشروع كل من مجلة البيئة ومجلة المياه إلى جانب مشروع قانون يتعلق بمكافحة جرائم الاعتداء على البيئة ومشروع قانون حماية الحيوان.

التوصيات

- 1- الدفع نحو تجريم كل صور الاعتداءات الجسيمة على البيئة واعتبارها من قبيل الإبادة البيئية التي يتوجب توحيد مفهومها القانوني وتكييفها تكييفا واضحا.
- 2- إقرار قواعد دولية ملزمة لمحاسبة الشركات الكبرى والمتعددة الجنسيات.
- 3- قيام المنظمات الدولية والإقليمية بتوفير منصات للتواصل وللحوار وتنسيق السياسات البيئية.
- 4- عقد اتفاقية دولية على غرار اتفاقية روما التي نتج عنها إنشاء المحكمة الجنائية الدولية، تتضمن هذه الاتفاقية إحداث محكمة دولية تختص بالنظر في اشد الجرائم البيئية خطورة. كما يجب أن تطبق هذه المحكمة المبدأ التكميلي الوارد في المادة 17 من نظام روما الأساسي، احتراماً لسيادة الدول الأعضاء في الاتفاقية ولفسح المجال للمحاسبة على الجرائم المرتكبة طبقاً لقوانينها الوطنية. علماً وان الأخذ بهذا الاقتراح قد يجنب المجتمع الدولي التعقيدات التي يتطلبها إدراج جريمة جديدة في النظام الأساسي للمحكمة الجنائية الدولية ناهيك عن الفترة الزمنية الطويلة التي قد يستغرقها استيفاء هذه المتطلبات، الأمر الذي لا يمكن تحمله خاصة بالنسبة للوضع البيئي الخطير حالياً.
- 5- ضرورة جمع كل النصوص القانونية المتعلقة بالبيئة في مجلة واحدة، جامعة ومانعة لتشنتها
- 6- تشديد العقوبات الجزائية المقررة لهذه الأفعال بما يتناسب وخطورتها

⁷⁹https://ae.linkedin.com/posts/mounak13ab04ab_%25D9%2585%25D9%2582%25D8%25AA%25D8%25B1%25D8%25A. تاريخ الزيارة 2026/01/19

- 7- نبد القطاعات في التعاطي مع الشأن البيئي واعتباره مسألة وطنية تهتم كل القطاعات على تعددها وتنوعها
- 8- إحداث قضاء بيئي وطني مختص لتسريع الزمن القضائي والارتقاء بنوعية الأحكام وجودتها وتسهيل الأمر على المتقاضين.

قائمة المراجع

اولا: قائمة المراجع باللغة العربية

1. بوغاليم يوسف ، المساءلة عن الجرائم البيئية في القانون الدولي ، الطبعة الأولى ، مركز الدراسات العربية للنشر والتوزيع ، مصر ، 2014.
2. لورانس اسسكند، (1996)، دبلوماسية البيئة، التفاوض لتحقيق اتفاقيات عالمية أكثر فعالية، ترجمة احمد أمين الجمل، الجمعية المصرية لنشر الثقافة العالمية، القاهرة.
3. الحسين الشكراني، (2013)، "تسوية المنازعات البيئية وفق القانون الدولي"، مجلة سياسات عربية، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات ومعهد الدوحة للدراسات العليا، العدد 05، ص. 127.
4. الحسين شكراني، (2013)، "من مؤتمر إستكهولم 1972 إلى ريو+20 لعام 2012 مدخل إلى تقييم السياسات البيئية العالمية"، بحوث اقتصادية عربية الجمعية العربية للبحوث الاقتصادية بالتعاون مع مركز دراسات الوحدة العربية، العددان 63-64، ص 148.
5. الحسين شكراني، 2022، "قراءة في متلازمة الغير المناخي والنزاع، مجلة سياسات عربية، العدد 59، المجلد 10، ص. ص 80 إلى 99.
6. بوشنافة شمسة، (2011)، "النزاع البيئي والعلاقات شمال جنوب"، دفاثر السياسة والقانون، جامعة قاصدي مرباح ورقلة الجزائر، العدد 05، ص. 92-101.
7. حمزة محمد عبد الله ومحمد حبيب، (2025)، "الإطار القانوني لتجريم الانتهاكات البيئية"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، مؤسسة برابو للخدمات التعليمية بالمملكة المتحدة بالشراكة مع مركز الأبرار للدراسات الإنسانية بالسودان، المجلد 06، العدد 03، ص 470 إلى 491.
8. سامي الطيب إدريس محمد، 2017، "الصعوبات التي تواجه المسؤولية البيئية وطرق تسوية نزاعاتها الدولية"، مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، المؤسسة العربية للعلوم ونشر الأبحاث والمركز القومي للبحوث، العدد الرابع، المجلد الأول، ص. 67.
9. زمن صعب سرحان علي، (2025)، "جرائم الإبادة البيئية في منظور القانون الدولي"، المجلة الدولية للإنسانيات والعلوم الاجتماعية، النهريين جامعة العراق، الجزء السابع، ص. 288-309.
10. زينب ياسين عبد الخضر، (2023)، "القضاء الدولي البيئي ودوره في تحقيق التنمية المستدامة"، مجلة دراسات البصرة، جامعة البصرة مركز دراسات البصرة والخليج العربي، العراق، المجلد 13، العدد 48، ص. 593-636.
11. سالم سعيد جويلي (1995)، "طرق تسوية المنازعات البيئية"، المجلة القانونية الاقتصادية، كلية الحقوق، جامعة الزقازيق، العدد السابع، ص. 148.
12. صالح مسعود، (1993)، "حماية البيئة والمحيط في القانون التونسي"، مجلة القضاء والتشريع، عدد 08، ص. 108.

13. عبد القادر برطال ولخضر بن عطية ، (2020) ، " نحو قضاء دولي مستقل للمنازعات والجرائم البيئية، مجلة الاجتهاد للدراسات القانونية والاقتصادية، معهد الحقوق والعلوم السياسية بالمركز الجامعي أمين العقال الحاج موسى الجزائر، المجلد 09، العدد 02، ص. 310-330.
14. فريد جحا، (2021)، "خصوصية الجريمة البيئية في زمن الكورونا"، المجلة التونسية لعلوم الإجرام، مركز الدراسات القانونية والقضائية، العدد 01، ص. 36-70.
15. مصطفى عماد محمد، (2022)، "جريمة الإبادة البيئية دراسة تحليلية مقارنة في ضوء القانون الدولي، مجلة العلوم القانونية والسياسية، المجلد الحادي عشر، العدد الثاني، الجزء الأول، ص. 1-34.
16. مصطفى العوجي، (1988)، القانون الجنائي العام، الجزء الثاني، المسؤولية الجنائية، مؤسسات نوفل، بيروت لبنان، الطبعة الثانية، ص. 87.
17. مبروك بن موسى، 1993، دور القضاء الجزائري في حماية المحيط، مجلة القضاء والتشريع، عدد 03، ص. 87 وما يليها.
18. منصف حامدي، (1997)، "حق الإنسان في بيئة سليمة ومتوازنة"، مجلة القضاء والتشريع، عدد 08، ص. 145.
19. مراد بن سعيد وصالح الزباني، "فعالية المؤسسات البيئية الدولية" (جوان 2013)، مجلة دفاتر السياسية والقانون، جامعة قاصدي مرباح ورقلة الجزائر، العدد 09، ص 217.
20. وحيد الفرشيشي، (2014)، "الحق بالبيئة في الدستور التونسي الجديد، المفكرة القانونية، لبنان، العدد 21، ص. 03.
21. بسمة المعدي (1996-1997)، الحماية الجنائية للبيئة، مذكرة للإحراز على شهادة الدراسات المعمقة في العلوم الجنائية، كلية الحقوق والعلوم السياسية بتونس، ص. 60.
22. نجاة الباشا، (2002-2003)، الجرائم البيئية، رسالة لنيل شهادة ختم الدروس بالمعهد الاعلى للقضاء، الفوج 14، تونس، ص. 5.

ثانيا- الكتب والمقالات باللغة الفرنسية

1. Daniel Bodansky, Jutta Brunée, and Ellen Hey, (2007), The oxford International environmental law, USA: Oxford University Press.
2. Philippe le Prestere, (2005), Protection de l'environnement et relations internationales, les défis de l'eco-politique . Paris, Éditions Dalloz, Armand colin.
3. Tim Stephens (2010), International Courts and Environmental Protection, Campridge University Press.
4. Raphael Lemkin، (1944), Axis Rule in Occupied Europe: Laws of Occupation - Analysis of Government - Proposals for Redress, (Washington, D.C.Carnegie Endowment for International Peace.
5. Alessandra Mistura، (2018) « Is There Space for Environmental Crimes under International Criminal Law: The Impact of the Office of the Prosecutor Policy Paper on Case Selection and Prioritization on the Current Legal Framework», Columbia journal of environmental law، Vol (43)، No (1)، p.207.

6. Arthur H. Westing, (1974), « Arms Control and the Environment: Proscription of Ecocide », Bulletin of the Atomic Scientists, Volume (30), Issue (1), p.25.
7. Anastacia Greene, (2019), « The Campaign to Make Ecocide an International Crime: Quixotic Quest or Moral Imperative? », Fordham Environmental Law Review Journal, Vol(30), No(3), p.25.
8. Ammar Bustami and Marie-Christine Hecken, (2021), « Perspectives for a New International Crime against the Environment: International Criminal Responsibility for Environmental Degradation under the Rome Statute », Goettingen Journal of International Law, Vol (11), p.p187-188.
9. Ana Filipa Vrdoljak, (2009), "Human rights and genocide: the work of Lauterpacht and Lemkin in modern international law", European journal of international law, Vo l(20), n° (4), p.1189.
10. Claude Pilloud and others, (1987), « Commentary on the additional protocols: of 8 June 1977 to the Geneva Conventions of 12 August 1949", Martinus Nijhoff Publishers, Geneva, p.416.
11. Donna Minha, (2020), "The Possibility of Prosecuting Corporations for Climate Crimes Before the International Criminal Court: All Roads Lead to the Rome Statute ? », Michigan Journal of International Law, vol (41), Issue (3), p. 452.
12. David Zierler, (2011), "The invention of ecocide: Agent Orange, Vietnam, and the scientists who changed the way we think about the environment", University of Georgia Press, USA .p.p.33-47.
13. Eric Talbot Jensen, (2005), « The International Law of Environmental Warfare: Active and Passive Damage During Times of Armed Conflict », Vanderbilt Journal of Transnational Law, Vol. 38, p.p.145-158.
14. Livinus NWOKIKE, (2020), " law and policy on ecocide and genocide: an imperative road to amend the Rome Statute of international criminal court", international journal of comparative law and legal philosophy (IJOCLLEP), Vol (2), No (3), 2020. p.77.
15. Mark A. Drumbl, (1999), « International human rights, international humanitarian law, and environmental security: Can the International Criminal Court bridge the gaps », ILSA J. Int'l & Comp. L., Vol (6), 1999, p.p.325-326.
16. Moise Tsayem Demaze, (2009), « les conventions internationales sur l'environnement : état des ratifications et des engagements des pays développées et des pays en développement », l'information géographique,, Armand Colin vol 73, n° 3, pp. 84-99.
17. Polly Higgins and others, (2013) : " Protecting the planet: a proposal for a law of ecocide", Crime Law and social Change journal, vol (59), n°3, p. 256.

18. Rachel Killean,(2021), «From ecocide to eco-sensitivity: greening reparations at the International Criminal Court»« The International Journal of Human Rights» Vol (25)» no (2)» p.330.
19. Tara Smith, (2012),« Creating a framework for the prosecution of environmental crimes in international criminal law", Published in companion to international criminal law: critical perspectives , William Schabas and others, Ashgate Publishers, p.p50-51.
20. Richard A. Falk, (2000), « The Inadequacy Of The Existing Legal Approach To Environmental Protection In Wartime », published in Jay E. Austin and Carl E. Bruch, The environmental consequences of war: Legal, economic and scientific perspectives» First published, Cambridge University Press, UK» p.140.
21. Richard, R. (2023), Ecocide Law for an Economy within Planetary Boundaries, Published by end ecocide, p.p.1-53

Pregnant women in third trimester having risk factor and complications attending antenatal care in a tertiary hospital in Baghdad 2021

Dr. Hala Ahmed Shaker
Family physician at the ministry of
health

Dr. Walaa Waleed Taha
Family physician at the ministry of
health

تاريخ استلام البحث: 2026/01/08

تاريخ قبول البحث: 2026/02/19

نشر البحث في العدد الثلاثون : حزيران / يونيو 2026

2522-64X/ 618.25

2519-948X/ 618.25

رمز التصنيف ديوي / النسخة الالكترونية (Online):

رمز التصنيف ديوي / النسخة الورقية (Print):

Pregnant women in third trimester having risk factor and complications attending antenatal care in a tertiary hospital in Baghdad 2021

Dr. Hala Ahmed Shaker
Family physician at the ministry of
health

Dr. Walaa Waleed Taha
Family physician at the ministry of
health

Abstract

Background: The third trimester of pregnancy is a crucial period during which maternal and fetal risks are heightened. Conditions such as anemia, hypertensive disorders, and diabetes mellitus contribute significantly to maternal morbidity and mortality. Identifying risk factors aids in early detection and prevention.

Objectives: To assess the prevalence and determinants of major pregnancy-related risk factors among third-trimester women attending antenatal care in Baghdad.

Methods: A cross-sectional study was conducted from February to May 2021 at Baghdad Teaching Hospital. A total of 353 women in their third trimester were recruited. Data on demographic, obstetric, and clinical characteristics were collected through structured interviews. Statistical analysis was performed using SPSS version 23, applying descriptive statistics and chi-square tests. Significance was set at $p \leq 0.05$.

Results: The mean age was 27.6 ± 5.3 years; 55.2% were aged 21–30 years, and 71.7% had low family income (<500,000 IQD). The prevalence of anemia was 83%, hypertension 20.7%, and diabetes mellitus 14.7%. Significant associations were observed between anemia and low income, early first pregnancy, and normal BMI ($p < 0.05$). Hypertension was significantly associated with advanced age and higher BMI ($p < 0.05$). Diabetes mellitus showed associations with age, BMI, and coexisting hypertension ($p < 0.01$).

Conclusion: Anemia, hypertensive disorders, and diabetes mellitus are highly prevalent among pregnant women in Baghdad. Strengthening antenatal screening and targeted health education programs are essential to improve maternal and neonatal outcomes.

Keywords: Third trimester; Pregnancy; Risk factors; Anemia; Hypertension; Diabetes mellitus; Antenatal care; Baghdad.

Introduction

The third trimester start at 28 weeks of pregnancy and lasts until delivery which may be around 40 weeks of pregnancy ⁽¹⁾. The components of antenatal care include risk identification, prevention and management of pregnancy related or concurrent disease and health education and health promotion.

At these third trimester contacts, ANC providers should aim to reduce preventable morbidity and mortality through systematic monitoring of maternal and fetal wellbeing, particularly in relation to hypertensive disease and other complications that may be asymptomatic but detectable during this critical period ⁽²⁾. prenatal care is especially important in the third trimester because the identification of high-risk cases even if only a few weeks before clinical onset, might have a huge impact on maternal and perinatal outcomes, some research has demonstrated that a policy of active labor induction in patient with mild preeclampsia significantly reduce cost and progression to sever disease without any increase in cesarean section rates. third trimester screening strategies are effective in predicting preeclampsia, IUGR and perhaps other complication such as still birth ⁽³⁾. during third trimester prenatal visit the healthcare provider may check the following according the current medical condition of the patient and her fetus [any current symptoms or discomfort, weight, blood pressure, urine test, (position, growth, and development of the fetus), height of the fundus, fetal heart rate].⁽⁴⁾

Most common prenatal problem in third trimester of pregnancy are:

1. Anemia is a global public health problem effecting people of all ages in both developing and developed countries (5). it is a condition in which the number and size of red blood cells or hemoglobin concentration fall below the cutoff value consequently reducing the ability of blood transport oxygen around the body (5). According to the WHO anemia in pregnancy is define as a Hb concentration below 11 g/d (5, 6). In developing countries in pregnant women iron and folate deficiency anemia are common and associated with nutritional deprivation intestinal worm infection, hemolytic anemia is most common in malaria region of developing countries (7,8,9). it is most common preventable cause of maternal and perinatal mortality and morbidity (10). Anemia prevalence rate still high, it is proven by world health organization data. The worldwide prevalence of anemia in pregnancy is 41.8 %, Asia is 57.1 %, American is 24.1 %and Europe is 40 % of maternal death associated with anemia in pregnancy (5,7, 11). In previous studies observed

prevalence rate of anemia was higher among third trimester pregnant females, low level of education, decrease birth spacing and history of anemia before pregnancy was associated with increased risk of anemia (12).

2. Any patient with vaginal bleeding should be seen by physician and follow up to determine the gestational age and prior obstetric history (prior cesarean section, uterine surgery, history of abruption), vital signs (maternal and fetal). Placenta Previa is defined as the implantation of the placenta in the lower segment of the uterus either partially or completely covering the internal cervical os., the incidence of placenta Previa is started to be 4.8 per 1000 pregnancies at term (13). Risk factor for placenta Previa include maternal age above 35 years, smoking, cocaine, minority race, multi-parity, previous history, previous elective abortions, increase altitude and most importantly prior cesarean section (13,14). Placenta abruption is the premature separation of a normally implanted placenta from the uterine wall, it occurs in approximately 1% of all deliveries (13,14) and its severity can be ranged from asymptomatic to lethal for both mother and fetus (13). Abruption is the most cause of intrapartum fetal death and has an approximate 35 % of fetal mortality (13). Maternal risk factor includes (hypertension, advance parity or age, tobacco use, poor nutrition, cocaine use (13,14), Preterm Prolabor Rupture of Membranes (PPROM), diabetes, preeclampsia, polyhydramnios, blunt external abdominal trauma, is also important cause of abruption (13)

3. Hypertensive disease of pregnancy is one of the top three complications that effect pregnancy. The others being hemorrhage and infection (13). they are common and affecting about 5 – 9 % of normal pregnancies (15), and account for 15 % percent of all maternal deaths being second leading cause of maternal mortality in the United States (13-14), given increase prevalence of baseline hypertension, obesity , diabetes, in women child bearing age and the social trend toward advanced maternal age , the published rates may underestimate recent incidence (15). Women with hypertensive disorder in pregnancy are at risk for complications including placental abruption, cerebral hemorrhage, hepatic dysfunction, renal insufficiency, and disseminated intravascular coagulation (DIC). The fetal consequences of hypertension include growth restriction, premature birth, and fetal demise (14). There are 4 categories of hypertensive disorders in pregnancy, chronic hypertension, and preeclampsia, eclampsia, superimposed on chronic

hypertension (13, 14,15). Chronic hypertension; it's defined as a systolic blood pressure of 140 mmHg or more, a diastolic blood pressure of 90 mmHg or more according to the national high blood pressure, hypertension that is diagnosed before 20 weeks gestation is chronic hypertension. (14,15) Gestational hypertension called pregnancy induce hypertension, it is occurred during pregnancy and resolved during postpartum period usually within 12 weeks, blood pressure greater than 140 over 90 without presence of proteinuria or edema. Preeclampsia is defined as hypertension with blood pressure of 140 over 90 or greater with the presence of proteinuria or edema. Eclampsia is the occurrence of seizures in pregnant women with preeclampsia that cannot attributed to any other cause (14). Women with hypertensive disorder in pregnancy are at risk for complications including placental abruption, cerebral hemorrhage, hepatic dysfunction, renal insufficiency, and disseminated intravascular coagulation (DIC) (14)

4. Diabetes mellitus and pregnancy:

Diabetes mellitus is the most common medical complication of pregnancy and its carries a significant risk to the fetus and the mother. Congenital malformations and perinatal morbidity remain common compared with the offspring of nondiabetic pregnancies (16). Diabetes in pregnancy refers to any diabetes in pregnancy including gestational diabetes mellitus, type 1 diabetes mellitus and type 2 diabetes mellitus. Gestational diabetes mellitus is defined as glucose intolerance that develops during pregnancy or that is diagnosed at an antenatal visit in the second or third trimester (9,16,17). the global prevalence of gestational diabetes varies from 1% to 14% (16,17).

5. Premature labor is defined as uterine contraction with cervical dilatation before 37 weeks of gestation (14). Preterm labor occurs in 8% - 10% of all pregnancies. The risk factor for all prenatal problem include; low socioeconomic status, extreme age, substance abuse (alcohol, smoking, cocaine) multiple gestation, history of preterm labor, low pre-pregnancy weight (BMI < 20) (14).

This study aims to describe the frequency of risk factors among pregnant women in third trimester and to study the association of the risk factors with complication of pregnancy.

METHOD

A cross-sectional study was conducted in the antenatal care unit of Baghdad Teaching Hospital between February and May 2021. The study

setting involved Ministry of Health (MOH) and the Scientific Committee at the department of Family and Community Medicine, College of Medicine, University of Baghdad. The study Population included all pregnant women in their third trimester who attended antenatal care and consented to participate. Women with incomplete data or outside the third trimester were excluded. Data Collection done by using Structured questionnaires were used to collect information on demographics (age, education, family income, occupation), obstetric history (number of pregnancies, age of last delivery, previous history of miscarriage, age at first pregnancy, birth spacing, use of intrauterine device, diabetes mellitus, hypertension, anemia, preterm labor, cerclage, heavy menstrual bleeding), History of current pregnancy, (Hb%, daily tea intake, use of iron supplementation nausea and vomiting, pre-pregnancy BMI, diabetes mellitus, hypertension, vaginal bleeding).

BMI calculated by using a person's height and weight. The formula is $BMI = \text{kg}/\text{m}^2$ where kg is a person's weight in kilograms and m^2 is their height in meters squared. A BMI of 25.0 or more is overweight, while the healthy range is 18.5 to 24.9.

The data was collected and stored electronically; Statistical Analysis Data were entered into SPSS version 23. Descriptive statistics (mean, standard deviation, frequency, percentage) summarized the sample characteristics. The chi-square test assessed associations between categorical variables, and a p-value ≤ 0.05 indicated statistical significance.

Results

In the current study 353 pregnant women in the third trimester were selected to participants, 195 (55.2%) were aged 21–30 years, 139 (39.5%) had primary education, and 253 (71.7%) had family incomes below 500,000 IQD. The majority were housewives (88.1%) as in table 1 below

Table 1: Demographical characteristics of pregnant women.

Demographic characteristic of pregnant women	No. Total No.=353	%
Age groups (in years)		
- Less than 20	46	13.0%
- 21 - 30	195	55.2%
- Greater than 30	112	31.7%
Education		
- Illiterate	72	20.4%
- Primary	139	39.4%
- Secondary	103	29.2%
- Collage , high education	39	11.0%
Monthly income of family		
- Less than 500000	253	71.7%
- 500000 -1000000	58	24.1%
- Greater than 1000000	15	4.2%
Current status of patient		
- House wife	311	88.1%
- Employed	42	11.9%

Most pregnant women have more than 3 child (multiparas) 185 (44.8%), higher birth spacing greater than 2 years 204 (57.8%), age at first pregnancy higher in less than 20 years old 197 (55.8%) as shown in table2

Table 2: Obstetrical history of the patient.

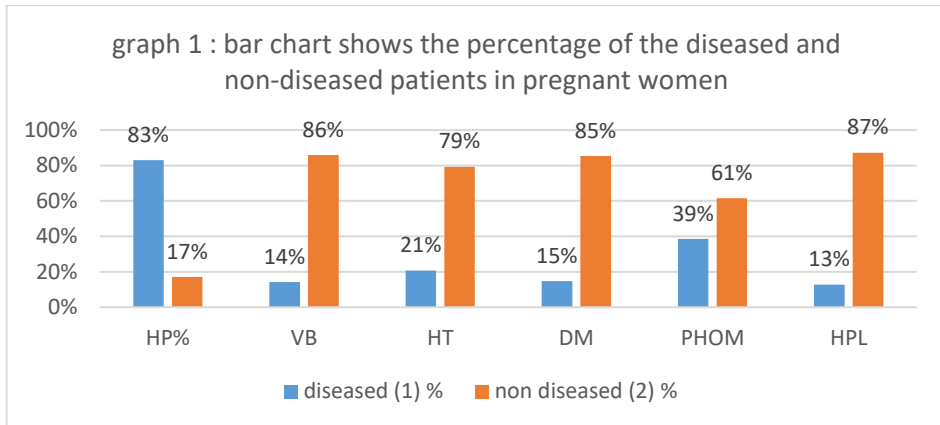
Obstetrical history	No. Total No.=353	%
Number of children		
- Nil para	49	13.9%
- 1 – 3	146	14.4%
- More than 3	185	44.8%
Age of last delivery		
- First child	57	16.1%
- Less than 1 year	82	23.2%
- 2 years	33	9.3%
- Greater than 2 years	181	51.3%
Age at first pregnancy		
- Less than 20 years	197	55.8%
- 20 – 30 years	138	39.1%
- Greater than 30 years	18	5.1%
Birth spacing		
- First child	47	13.3%
- One year	102	28.9%
- Greater than 2 years	204	57.8%
Use of intrauterine device		
- Yes	46	13.0%
- No	307	87.0%

In the current pregnancy more than half of the pregnant women have nausea and vomiting during the third trimester 246 (69.7%), most daily tea intake less than 2 per day 215 (60.9%), the pregnant women not having anemia before get pregnant 217 (61.5%), pre-pregnancy BMI within normal 260 (73.7%), overweight 58 (16.5%), obese 17 (4.8%) as shown in (table 3)

Table 3: History of current pregnancy.

History of current pregnancy	No. Total No.=353	%
Nausea and vomiting		
- Yes	246	69.7%
- No	107	30.3%
Daily tea intake		
- No	92	26.1%
- Less than 2	215	60.1%
- Greater than 3	46	13.0%
Anemia before getting pregnant		
- Yes	136	38.5%
- No	217	61.5%
Pre-pregnancy body mass index		
- Under weight	18	5.1%
- Normal	260	73.7%
- Over weight	58	16.4%
- Obese	17	4.8%

Anemia (Hb < 11 g/dL) was detected in 293 participants (83.0%), hypertensive disorders in 73 (20.7%), diabetes mellitus in 52 (14.7%) preterm birth 45 (12.7%) and 136 (38.5) has previous history of miscarriage Gestational hypertension accounted for (18.1%) of all hypertensive cases, while gestational diabetes constituted (12.5%) of diabetic cases. Vaginal bleeding in the third trimester was reported by 50 women (14.2%) as in graph 1.



Significant associations were found between anemia and low income, early first pregnancy, and normal BMI ($p < 0.05$) as in table 4,5.

Table 4: The association between Hb% and demographic characteristics of pregnant women.

	Hb%		Total: 353 N and %	P - value
	< 11 g/dl	≥ 11 g/dl		
Age group				0.400
- less than 20 years	41 (14.0%)	5 (8.3%)	46 (13.0%)	
- 20 -30 years	158 (53.9%)	37 (61.7%)	195(55.2%)	
- Greater than 31 years	94 (32.1%)	18 (30.0%)	112 (31.7%)	
Education				0.076
- Illiterate	60 (20.5%)	12 (20.0%)	72 (20.4%)	
- Primary	121 (41.3%)	18 (30.0%)	139 (39.4%)	
- Secondary	85 (29.0%)	18 (30.0%)	103 (29.2%)	
- Collage, high education	27 (9.2%)	12 (20.0%)	39 (11.0%)	
Monthly income of family				0.006
- Less than 500000	211(72.0%)	42 (70.0%)	253 (71.7%)	
- 500000 -1000000	74 (25.3%)	11 (18.3%)	85 (24.1%)	
- Greater than 1000000	8 (2.7%)	7 (11.7%)	15 (4.2%)	

Table 5: The association between Hb% and obstetric history of the pregnant women.

	Hb%		Total: 353 N and %	P – value
	< 11g/dl	≥ 11 g /dl		
Number of children				
- Nil para	39 (13.3%)	10 (16.7%)	49 (13.9%)	0.146
- 1-3	128 (43.7%)	18 (30.0%)	146 (41.4%)	
- More than 3	126 (43.0%)	32 (53.3%)	185 (44.8%)	
Age at first pregnancy				
- Less than 20	165 (56.3%)	32 (53.3%)	197 (55.8%)	0.039
- 20 – 30 years	117 (39.9%)	21 (35.0%)	138 (39.1%)	
- Greater than 30	11 (3.8%)	7 (11.7%)	18 (5.1%)	
History of miscarriage				
- Yes	112 (38.2%)	24 (40.0%)	136 (38.5%)	0.797
- No	181(61.8%)	36 (60.0%)	217 (61.5%)	
Birth spacing				
- Nil para	37 (12.6%)	10 (15.4%)	47 (13.3%)	0.699
- One year	85 (29.9%)	17 (28.3%)	102 (28.9%)	
- Greater than 2	171 (72.6%)	33 (53.9%)	204 (57.8%)	
Heavy menstrual bleeding				
- Yes	40 (13.7%)	5 (8.3%)	45 (12.7%)	0.260
- No	253 (86.3%)	55 (91.7%)	308 (87.3%)	
Use of intrauterine device				
- Yes	38 (13.0%)	8 (13.3%)	46 (13.3%)	0.939
- No	255 (87.0%)	52 (86.7%)	307 (87.0%)	
Anemia before getting pregnant				
- Yes	118 (40.3%)	18 (30.0%)	136 (38.5%)	0.136
- No	175 (59.7%)	42 (70.0%)	217 (61.5%)	
Pre-pregnancy BMI				
- Underweight	10 (3.4%)	8 (13.3%)	18 (5.1%)	0.002
- Normal	223 (76.1%)	37 (61.7%)	260 (73.7%)	
- Overweight	49 (16.7%)	9 (15.0%)	58 (16.4%)	
- Obese	11 (3.8%)	6 (10.0%)	17 (4.8%)	
Nausea and vomiting				
- Yes	205 (70.0%)	41 (68.3%)	246 (69.7%)	0.802
- No	88 (30.0%)	19 (31.7%)	107 (30.3%)	
Daily tea intake				
- No	75 (25.6%)	17 (28.3%)	92 (26.1%)	0.719
- Less than 2 per day	178 (60.8%)	37 (61.7%)	215 (60.9%)	
- Greater than 3 per day	40 (13.7%)	6 (10.0%)	46 (13.0%)	

About hypertension in the study, there was statistically significant association between hypertension and age of the patient, birth spacing and pre-pregnancy BMI, there p-value < 0.05 (0.004, 0.013, 0.000) as in as in table 6.

Table 6: The association between hypertensive disease and characteristic of pregnant women.

	Hypertensive disease		Total N= 353	P- value
	Yes N and (%)	NO N and (%)		
Age group				0.004
- less than 20 years	8 (11%)	38 (13.6%)	46 (13.0%)	
- 20 -30 years	30 (41.1%)	165 (58.9%)	195 (55.2%)	
- Greater than 31 years	35 (47.0%)	77 (27.5%)	112 (31.7%)	
Birth spacing				0.013
- Nil para	5 (6.8%)	43 (15.4%)	48 (13.6%)	
- One year	15 (20.5%)	86 (30.7%)	101 (28.6%)	
- Greater than 2	53 (72.6%)	151 (53.9%)	204 (57.8%)	
Pre-pregnancy BMI				0.000
- Underweight	6 (8.2%)	43 (15.4%)	21 (5.9%)	
- Normal	39 (53.4%)	86 (30.7%)	257 (72.8%)	
- Overweight	23 (31.5%)	151 (53.9%)	54 (15.3%)	
- Obese	5 (6.8%)	280 (79.3%)	21 (5.9%)	

While diabetes mellitus correlated with age, BMI, birth spacing and highly statistically significant association between diabetes mellitus hypertension ($p < 0.05$) as in table 7

Table 7: The association between diabetes mellitus and characteristic of pregnant women.

	Diabetes mellitus		Total N= 353	P-value
	Yes N and (%)	NO N and (%)		
Age group				0.008
- less than 20 years	6 (11.5%)	40 (13.3%)	46 (13.0%)	
- 20 -30 years	20 (38.5%)	175 (58.1%)	195 (55.2%)	
- Greater than 31 years	26 (50.0%)	86 (28.6%)	122 (31.7%)	
Number of children				0.444
- Nil para	5 (9.6%)	44 (14.6%)	49 (13.9%)	
- 1-3	20 (38.5%)	126 (41.9%)	146 (41.4%)	
- more than 3	27 (51.9%)	131 (43.5%)	158 (44.8%)	
Birth spacing				0.022
- Nil para	5(9.6%)	42(14.0%)	47(13.3%)	
- One year	8(15.4%)	94(31.2%)	102(28.9%)	
- Greater than 2	39(75.0%)	165(54.8%)	204(57.8%)	
Pre-pregnancy BMI				0.010
- Underweight	6(11.5%)	15 (5.0%)	21 (5.9%)	
- Normal	28 (53.8%)	229 (76.1%)	257 (72.8%)	
- Overweight	13 (25.0%)	42 (14.0%)	55 (15.6%)	
- Obese	5 (6.8%)	15 (5.7%)	20 (5.7%)	

Hypertensive disease				0.000
- Yes	26 (50.0%)	47 (15.6%)	73 (20.7%)	
- No	26 (0050.0%)	254 (84.4%)	280 (79.3%)	

There was statistically significant association between vaginal bleeding and hypertension their p-value < 0.05 as in table 8.

Table 8: The association between vaginal bleeding and characteristic of pregnant women.

	Vaginal bleeding		Total N= 353	P- value
	Yes N and (%)	NO N and (%)		
Age group				0.530
- less than 20 years	9 (18.0%)	37 (12.2%)	46 (13.0%)	
- 20 -30 years	26 (52.0%)	169 (55.8%)	195 (55.2%)	
- Greater than 31 years	15 (30.0%)	97 (32.0%)	112 (31.7%)	
Education				0.815
- Illiterate	8 (16.0%)	64 (21.1%)	72 (20.4%)	
- Primary	22 (44.0%)	117 (38.6%)	139 (39.4%)	
- Secondary	14 (28.0%)	89 (29.4 %)	103 (29.2%)	
- Collage, high education	6 (12.0%)	33 (10.9%)	39 (11.0%)	
Number of children				0.308
- Nil para	10 (20.0%)	39 (12.9%)	49 (13.9%)	
- 1-3	17(34.0%)	129 (42.6%)	146 (41.4%)	
- Greater than 4	23 (46.0%)	135 (44.6%)	158 (44.8%)	
Age of last delivery				0.210
- Fist child	13 (26.0%)	44 (15.0%)	57 (16.1 %)	
- Less than 1 year	9 (18.0%)	73 (24.1%)	82 (23.2%)	
- 2 years	5 (10.0%)	28 (9.2 %)	33 (9.3%)	
- Greater than 2 years	23 (46.0%)	158 (52.1%)	181 (51.3%)	
Hypertensive disease				0.001
- Yes	19 (38.0%)	54 (17.8%)	73 (20.7%)	
- No	31 (62.0%)	249 (82.2%)	280 (79.3%)	
Diabetes mellitus				0.481
- Yes	9 (18.0%)	43 (14.2%)	52 (14.8%)	
- No	41 (82.0%)	269 (85.8%)	301 (85.3%)	

Discussion

Anemia in pregnancy remains a major problem in nearly all developing and many industrialize countries the WHO estimated that 58% of pregnant women in developing countries are anemic (12). In the current study the patients who were suffering from anemia were 293 (83%) of the total sample, and this is higher than that was reported by (Grace Stephen et al.) (8), in the present study number of anemic cases 158

(53.9%) were in the age group of 21 – 30 years old, (Agrawal J. et al.) reported age of pregnant women was 74.2% in the age group of 21-35 years (18), in this study anemia were more common in multiparous women 128 (43.7%), and this agree with (Agrawal J. et al.) who reported that 68.6% were multiparas (18), The current study showed that the level of education as primary education was most frequent 121 (41.3%) and this agrees with (Agrawal J et al.) in India (18). 165 (56.3%) were age less than 20 years old at first pregnancy, (Amany Abdel Hafez et al.) reported 41.1% were age less than 20 years old at first pregnancy (12). The results showed that all variables were not associated with Hb% level except three of them were associated with Hb% that are (monthly income of the family, age at first pregnancy, pre-pregnancy BMI) as in (table 3). Unlike (A. Abbasi et al.) where there is significant association between Hb% and most variables only three showed no significant association with Hb% (previous history of miscarriage, nausea and vomiting and any hemorrhagic disease (19).

In the present study there is 73 (20.7%) prevalence of hypertensive disease was higher than that reported by (Chun ye et al.) the prevalence of hypertensive disease in pregnancy was 5.22% (20) The present study found a statistically significant association between hypertensive disease in pregnancy and age higher BP among old age female more than 31 years old unlike what reported by (Anita Nath et al.) were higher BP was reported among women more than 28 years of age (21). Hypertension in pregnancy is known to be associated with advancing maternal age. (Chun ye et al.) reported risk of hypertensive disease in pregnancy was 1.8 times higher in those aged 35-39 years and 2.4 times higher in those aged 40 years old and older (20). There is highly significantly association between hypertensive disease in pregnancy and pre-pregnancy BMI similar to (Chun ye et al.) was reported close relationship between hypertensive disease in pregnancy and pre-pregnancy BMI, obese women were at a higher risk of preeclampsia compare to those with normal BMI (20)

In present study the main age group of pregnant women with diabetic disease in pregnancy was greater than 31 years old. (Milln et al.) Reported the main age group of the participant was 27 years (22). There is significant association between diabetes mellitus and age, birth spacing, pre-pregnancy BMI and hypertensive disease in pregnancy,

(Milln et al.) reported that participant with hyperglycemia in pregnancy had higher risk of hypertensive disorder in pregnancy compared to the norm-glycemic participant (22), (Chun Ye) reported that gestational diabetes mellitus is a risk factor for hypertensive disease in pregnancy (20). Malgorzata Lewandowska reported gestational diabetes mellitus had a statistical significant association with higher age and pre-pregnancy BMI and hypertensive disease in pregnancy (23). In this study 50 (14.2 %) have antepartum hemorrhage (Bener, et al.) was reported prevalence of antepartum hemorrhage among Arab women residing in Qatar was 15.3% with 6.7% among Qatari women and 8.6 % among non-Qatari Arab women (24) (Dazhi Fan et al.) Reported that between 20% and 78% of women screened positive for antepartum hemorrhage (25).

In this study there is significant association between antepartum hemorrhage and hypertensive disease in pregnancy (Bener et al.) was reported no significant association with variables while there is significant association with family history of hypertension (24).

Conclusion

This study reveals alarmingly high rates of anemia, hypertension, and diabetes mellitus among third-trimester pregnant women in Baghdad. Low socioeconomic status, young age at first pregnancy, and higher BMI were major contributors. Integrating routine screening and early intervention into antenatal care is crucial. Future research should explore the effectiveness of targeted interventions aimed at improving nutritional status and chronic disease prevention during pregnancy.

Recommendations:

1. Strengthen health education programs to raise awareness about anemia, hypertensive disorders, diabetes mellitus, and vaginal bleeding during the third trimester.
2. Implement preventive strategies starting from school health programs to address anemia and promote preconception health.
3. Reinforce antenatal counseling on iron supplementation, nutrition, and weight management before and during pregnancy.
4. Ensure timely access to effective antenatal and emergency obstetric care for early detection and management of high-risk pregnancies.
5. Improve hospital readiness and adherence to evidence-based guidelines for managing obstetric emergencies to reduce maternal and neonatal complications.

References

1. Colleen de belle found, "your guide to the third trimester of pregnancy" 2018, available at <https://www.whattoexpect.com/third-trimester-of-pregnancy.aspx>.
2. World Health Organization "WHO Recommendation on antenatal care for a positive pregnancy experience" 2016, WHO library cataloguing-in-publication data.
3. Karger S.AG, Basel "towards an integrated third trimester screening in pregnancy " fetal diagn ther 2013, 33:141- 142.
4. Johns Hopkins medicine "the third trimester" 2021, available at <https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/the-third-trimester>
5. Osman, M.O. and etl.al "Risk factors of anemia among pregnant women attending the antenatal care unit in selected jigjiga public health facilities, Somali region, east Ethiopia 2019, unmatched case control study " Journal of multidisciplinary health care 2020: 13 769-777.
6. Taner, C.E. etl.al "Prevalence and risk factors of anemia among pregnant women attending a high-volume tertiary care center for delivery" J turk Ger Gynecol Assoc 2015, 16:23,1-6.
7. Gebreweld, A., Tsegaye, A. " Prevalence and factors associated with anemia among pregnant women attending clinic at St. Poul's hospital millennium medical college, Addis Ababa, Ethiopia "Advances in hematology 2018 ,1-8 <https://doi.org/10.1155/2018/3942301>
8. Grace S., etl.al "Anemia in pregnancy: prevalence, risk factors, and adverse perinatal outcomes in northern Tanzania Anemia "2018, 1-9 <https://doi.org/10.1155/2018/1846280>
9. Daniela Marchetti, Danilo Carrozzino, etl.al "Quality of life in women with gestational diabetes mellitus: a systematic review " journal of diabetes research, 23 February 2017(2017), 1-12.
10. Sharda Patra et al. "Clinical profile of women with severe anemia in third trimester of pregnancy" tropical doctor 2010; 40:85-86.
11. Katmini, Yunita, A. "Factors associated with anemia among pregnant women in trimester III" Journal of maternal and child health 2020, 05 (03): 313-320.
12. Abdelhafez, A.M. and El-Soadaa, S.S. " Prevalence and risk factors of anemia among a sample of pregnant females attending primary health care centre in Makkah, Saudi Arabia ", Pakistan journal of nutrition 2012,11 (12): 1113 – 11120.
13. Martin Lankoande et.al " incidence and outcome of sever ante-partum hemorrhage at the teaching hospital Yalgado Ouedraogo in Burkina Faso " BMC emergency medicine 2017, 17(17): 1-7.

14. Emly Newfield, "third trimester pregnancy complication" prim care clin office pract 39 (2912) 95-113.
15. Reddy, S. and Jim, B., "hypertension and pregnancy management and future risk" Adv. Chronic kidney Dis. 2019, 26(2):137-145.
16. Catherine Chamberlain et al. "Diabetes in pregnancy among indigenous women in Australia, Canada, New Zealand and the United States" Diabetes Metab Res Rev. 2013; 29(4):241-256.
17. Panyakat, W., et.al "correlation between third trimester glycemic variability in non-insulin-dependent gestational diabetes mellitus and adverse pregnancy and fetal outcome "Journal of diabetes science and technology, 2018, 12(3):622-629.
18. Agarwal, J., et al. "Analytical study of cause and risk factors of severe anemia in third trimester of pregnancy at tertiary care center " International journal of reproduction, conception, obstetrics and gynecology, September 2018, 7(9):1-5.
19. Abbasia, A., et.al " cause of anemia in pregnant women of the state of Azad Kashmir: a cross-section survey " health ,2013, 5(1):35 – 44
20. Chun Ye, et al. " the 2011 survey on hypertensive disorders of pregnancy (HDP) in china: prevalence, risk factors, complications, pregnancy and perinatal outcomes " PLOS ONE, June 2014, 9(6):1-9.
21. Anita Nath, et al. "prevalence of hypertension in pregnancy and its associated factors among women attending antenatal clinics in Bengaluru" Journal of family medicine and primary care. 2021; 10(4):1621-1627.
22. Milln J, et al. "antenatal management and maternal /fetal outcomes associated with hyperglycemia in pregnancy (HIP) in Uganda; a prospective cohort study "BMC pregnancy and childbirth (2021) 21; 386:1-9.
23. Lewandowska, M. "Gestational diabetes mellitus risk for declared family history of diabetes, in combination with BMI categories" international journal of environmental research and public health 2021,18, 6936:1-16.
24. Bener et al. " prevalence and associated risk factors of antepartum hemorrhage among Arab women in an economically fast-growing society "Najerian journal of clinical practice 2012 ,15(2):185-189.
25. Dazhi Fan et al. " prevalence of antepartum hemorrhage in women with placenta Previa: a systematic review and meta-analysis " scientific reports 2017; 9(7):1-9.

The Topp-Leone Burr II Distribution: Properties and Applications

Ghada A. Abd Elsamed, Nahed M. Helmy, Saida M. Abdelnabi and

Rabab E. Abd EL-Kader

Faculty of Commerce-Al-Azhar University

Girls Branch Egypt

تاريخ استلام البحث: 2026/01/20

تاريخ قبول البحث: 2026/05/14

نشر البحث في العدد الثلاثون : حزيران / يونيو 2026

2522-64X/ 519.5

2519-948X/ 519.5

رمز التصنيف ديوي / النسخة الالكترونية (Online):

رمز التصنيف ديوي / النسخة الورقية (Print):

The Topp-Leone Burr II Distribution: Properties and Applications

Ghada A. Abd Elsamed, Nahed M. Helmy, Saida M. Abdelnabi, and
Rabab E. Abd EL-Kader
Faculty of Commerce-Al-Azhar University
Girls Branch Egypt

Abstract

This paper is concerned with introducing a new distribution called Topp-Leone Burr II (TL-BII) distribution. Some statistical properties such as reliability function (rf), hazard rate function (hrf) reversed hazard function (rhrf), the mean, variance, quantile function, median, skewness, and kurtosis are studied. The moments and moment generating function, order statistics are obtained. The method of maximum likelihood is used for estimating the parameters of this distribution.

A simulation study is conducted to represent the flexibility of the distribution and real data sets are used to demonstrate the applicability of the suggested distribution.

Keywords: Topp-Leone, reliability, hazard, skewness, kurtosis.

Introduction

Generating family of distributions is a new improvement for creating and extending the usual classical distributions. Several ways of generating new distributions from classic ones have been developed. Hence, several classes to generate new distributions by adding one or more parameters have been proposed in the statistical literature. For example, Beta-G distribution family that was introduced by Eugene et al. (2002), McDonald class of distributions by Alexander et al. (2012), gamma-G type 1 by Zografos, k. et al. (2009). gamma-G type 2 by Ristic, M. M. and et al. (2012), odd exponentiated generalized by Cordeiro, G.M. et al. (2013), exponentiated T-X by Alzaghal A et al. (2013), odd Weibull-G by Bourguignon M. et al. (2014), exponentiated half-logistic by Cordeiro et al. (2014), T-X{Y} quantile-based approach by Aljarrah et al. (2014), Lomax G by Cordeiro et al. (2014), Kumaraswamy-G class of distributions by Cordeiro et al. (2014), Kumaraswamy odd log-logistic-G by Alizadeh et al. (2015), logistic-X by Tahir et al. (2016) and alpha power transformation family of distributions introduced by Mahdavi and Kundu (2017).

These distributions allow us to analyze and interpret the data, identify trends, estimate probabilities, and make informed decisions based on the findings. The choice of a suitable statistical distribution is crucial because

it determines how well the model aligns with the observed data and how accurately it represents the real-life behavior of the items. A well-fitting distribution provides valuable information that enables us to draw sound conclusions about the item's performance, predict future outcomes, assess risks, and make informed decisions. In summary, appropriate statistical distributions are essential for modeling the real-life behavior of items because they offer valuable data collected helps us draw meaningful conclusions and make sound decisions based on the analysis of the collected data (Sarker, 2021).

Burr Type II distribution

Burr (1942) suggested twelve forms of cumulative distribution functions which might be useful for fitting data. Abu-Salih, *et al.* (1997) derived Bayes estimators of the parameters of Burr II assuming two priors for namely, quasi-prior and conjugate prior, and considering two types of loss functions.

The random variable X with burr Type II distribution has a *cumulative distribution function* (cdf) given by

$$F(x, \theta) = (1 + e^{-x})^{-\theta}, -\infty < X < \infty; \theta > 0, \quad (1)$$

The one-parameter burr Type II distribution with *probability density function* (pdf) is defined as:

$$f(x, \theta) = \theta e^{-x} (1 + e^{-x})^{-\theta-1}, -\infty < X < \infty; \theta > 0, \quad (2)$$

Where θ is the shape parameter.

Topp- Leone Distribution

The Topp-Leone distribution was introduced by Topp and Leone in 1955. The *Topp Leone distribution* (TLD) is a continuous lifetime model having finite support and bathtub (U-shaped) hazard rate function; these features distinguish it from the famous lifetime models such as gamma, Weibull, or Log-normal distribution.

Furthermore, Nadarajah and Kotz (2003) pointed out that the TL distribution provides bathtub shape of the *hrf* when $0 < \theta < 1$. In addition, if $\theta \geq 1$ the TL distribution has a non-increasing hazard function.

Li (2016) provided the estimation of the parameter of TL distribution under symmetric entropy loss function based on lower record values. Reyad and Othman (2017) studied the Topp–Leone Burr XII distribution properties and applications. EL-Helbawy (2018) studied Bayesian estimation for Topp–Leone Weibull distribution based on dual generalized order statistics and proposed estimation under a finite mixture of two – component Topp–Leone Rayleigh lifetime model.

Behairy *et al.* (2020) studied Topp–Leone inverted Kumaraswamy distribution properties and estimation and prediction.

A random variable X is distributed as the TL with parameter α denoted by $X \sim TL(\theta)$, with *cdf* as

$$F_{TL}(x) = x^\alpha (2 - x)^\alpha, \quad 0 < x < 1, \quad \alpha > 0 \quad (3)$$

The corresponding (*pdf*) is

$$f_{TL}(x) = 2\alpha x^{\alpha-1} (1-x)(2-x)^{\alpha-1}, \quad 0 < x < 1, \quad \alpha > 0 \quad (4)$$

where θ is a shape parameter

The *reliability function* (*rf*), *hazard rate function* (*hrf*) and *reversed hazard function* (*rhrf*) are obtained. These functions of the TL distribution are, respectively given by

$$R_{TL}(x) = 1 - F(x) = 1 - x^\alpha (2 - x)^\alpha, \quad 0 < x < 1, \quad \alpha > 0, \quad (5)$$

$$hf_{TL}(x) = \frac{f(x)}{R(x)} = \frac{2\alpha x^{\alpha-1} (1-x)(2-x)^{\alpha-1}}{1 - x^\alpha (2-x)^\alpha}, \quad 0 < x < 1, \quad \alpha > 0, \quad (6)$$

and

$$rhf_{TL}(x) = \frac{f(x)}{F(x)} = \frac{2\alpha x^{\alpha-1} (1-x)(2-x)^{\alpha-1}}{x^\alpha (2-x)^\alpha} = \frac{2\theta (1-x)}{x(2-x)} \quad 0 < x < 1, \quad \alpha > 0 \quad (7)$$

Topp-Leone generalized family

Recently, applying new generators for continuous distributions became more interesting. This methodology can improve fitness and determine tail properties and let the new distribution more flexible to model real data. These features are established by the results of many generators such as beta distribution, generalized Kumaraswamy distribution, generalized beta distribution and the exponentiated family of distributions [See Eugene *et al.* (2002), Jones (2004), Cordeiro and de Castro (2011), Alexander *et al.* (2012), AL-Hussaini and Ahsanullah (2015)].

If a random variable X is distributed as the (TL) and bound on $[0, 1]$. Topp-Leone generalized family of distributions was inferred by Rezaei, *et al.* (2016). Let X be a continuous random variable with (*cdf*) $G(x)$. The (TLG) distribution has (*cdf*) written by

$$F_{TLG}(x) = \left(1 - (1 - G(x))^2\right)^\alpha \quad 0 < x < \infty, \quad \alpha > 0 \quad (8)$$

By differentiating, the corresponding (*pdf*) is

$$f_{TLG}(x) = 2\alpha g(x)(1 - G(x)) \left(1 - (1 - G(x))^2\right)^{\alpha-1}, \quad 0 < x < \infty, \quad \theta > 0 \quad (9)$$

where $g(x) = \frac{dG(x)}{dx}$ and where α is a shape parameter.

Topp Leone-Burr Type II Distribution

One can construct TL – BII distribution by combining (1) and (2) into (8) and (9) hence the cdf and pdf of the TL – BII are given respectively as follows:

$$F_{(TL-BII)}(x) = \left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha, \quad -\infty < x < \infty, \alpha, \theta > 0 \quad (10)$$

$$f(x; \alpha, \theta) = 2\alpha\theta e^{-x} (1 + e^{-x})^{-\theta-1} \left(1 - (1 + e^{-x})^{-\theta} \right) \left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^{\alpha-1} \quad -\infty < x < \infty, \alpha, \theta > 0 \quad (11)$$

Plots of pdf of distribution of different values of the parameters is given in Figure 1.

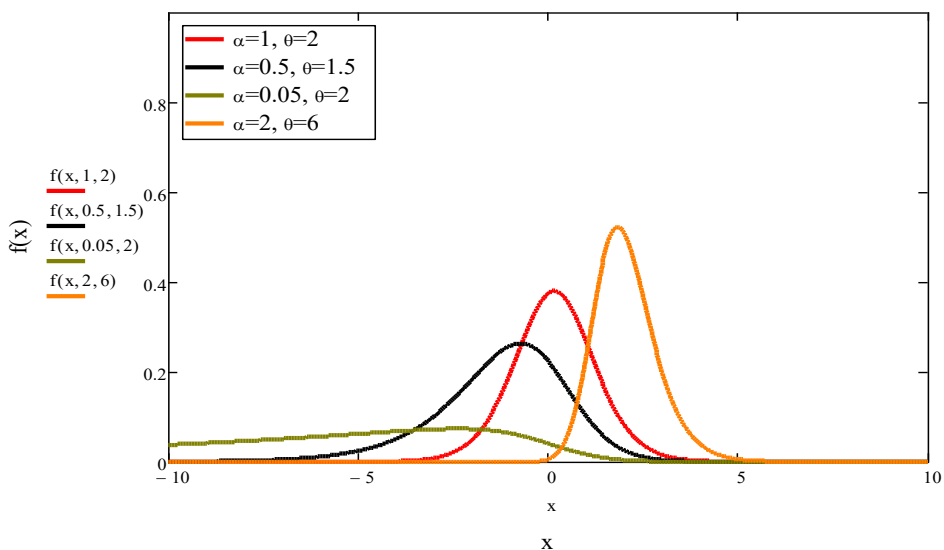


Figure 1: plots of pdf of the TL – BII distribution at different values of the parameters α, θ

From Figure1 it is noticed that the curves are approximately normal increasing and then decreasing.

- The reliability function (*rf*) of the TL – BII distribution is as follows:

$$R(x; \alpha, \theta) = 1 - F(x) = 1 - \left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha, \quad -\infty < X < \infty, \alpha, \theta > 0 \quad (12)$$

- The hazard function (*hrf*) of the (TL – BII) distribution is as follows:

$$h(x; \alpha, \theta) = \frac{f(x; \alpha, \theta)}{R(x; \alpha, \theta)}$$

$$= \frac{2\alpha\theta e^{-x}(1 + e^{-x})^{-\theta-1}(1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) \left[1 - \left(1 - ((1 + e^{-x})^{-\theta})\right)^2\right]^{\alpha-1}}{1 - [1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2]^\alpha},$$

$-\infty < X < \infty, \alpha, \theta > 0$ (13)

The plots of $h(x)$ function at different values of the parameters α, θ are displayed in Figure 2.

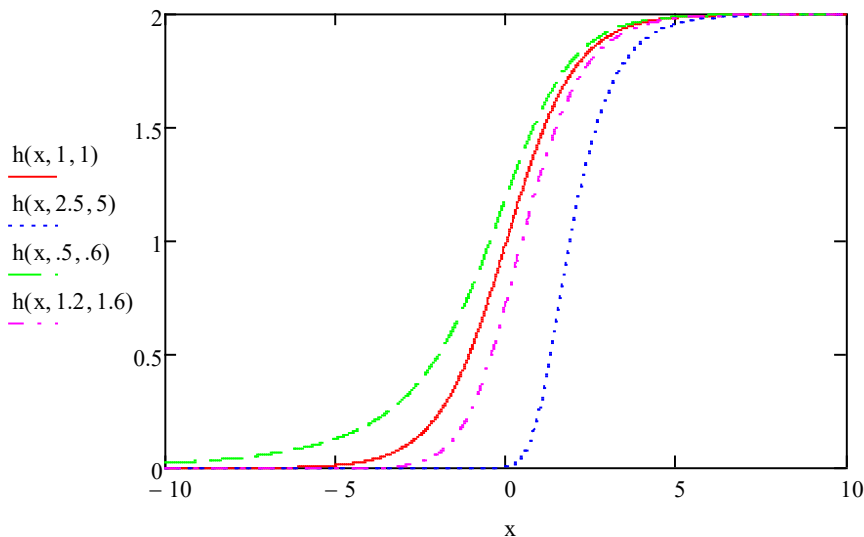


Figure 2: plots of $h(x)$ for the $TL - BII$ distribution at different values of the parameters α, θ

From Figure 2 it is noticed that the curves are increasing at different values for the parameters

- The reversed hazard function rhf is as follows:

$$rh(x; \alpha, \theta) = \frac{f(x; \alpha, \theta)}{F(x; \alpha, \theta)}$$

$$= \frac{2\alpha\theta e^{-x}(1 + e^{-x})^{-\theta-1}(1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) \left[1 - \left(1 - ((1 + e^{-x})^{-\theta})\right)^2\right]^{\alpha-1}}{[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2]^\alpha},$$

$$= 2\alpha\theta e^{-x}(1 + e^{-x})^{-\theta-1}(1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) \left(1 - \left(1 - ((1 + e^{-x})^{-\theta})\right)^2\right)^{\alpha-1}$$

$-\infty < X < \infty, \alpha, \theta > 0$ (14)

- The cumulative hazard function (Hf) is given by:

$$\begin{aligned}
 Hf(x; \alpha, \theta) &= -\ln R(x) \\
 &= -\ln \left\{ 1 - \left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha \right\} \\
 &= \ln \left\{ 1 - \left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha \right\}^{-1} \\
 &= \ln \left[\frac{1}{1 - [1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2]^\alpha} \right] \quad (15)
 \end{aligned}$$

- The r^{th} non – central moment of the $TL - BII$ distribution is as follows:

$$\begin{aligned}
 \mu'_r &= \\
 &= 2\alpha\theta \sum_{i=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} (-1)^i \sum_{j=0}^{\infty} \binom{2i+1}{j} (-1)^j \sum_{h=0}^{\infty} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^{r+1}} \Gamma(r+1) \quad (16)
 \end{aligned}$$

at $r = 1$, the first non – central moment (the mean) is:

$$\begin{aligned}
 \mu'_1 &= \\
 &= 2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2}
 \end{aligned}$$

at $r = 2$, the second non – central moment is:

$$\mu'_2 = 2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \quad (18)$$

at $r = 3$, the third non – central moment is:

$$\mu'_3 = 2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{12}{(h+1)^4} \quad (19)$$

at $r = 4$, the third non – central moment is:

$$\begin{aligned}
 \mu'_4 &= \\
 &= 2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{48}{(h+1)^5} \quad (20)
 \end{aligned}$$

- At $r = 2$, the variance is as follows:

$$\begin{aligned}
 \mu_2 &= \mu'_2 - \mu'_1{}^2 \\
 &= \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \right) - \\
 &\quad \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^2 \quad (21)
 \end{aligned}$$

- At $r = 3$, the third central moment is as follows:

$$\mu_3 = \mu'_3 - 3\mu'_2 \mu'_1 + 2\mu'_1{}^3$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{12}{(h+1)^4} \right) \\
 &- 3 \left(\left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \right) \times \right. \\
 &\left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right) \right) \\
 &+ 2 \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^3 \tag{22}
 \end{aligned}$$

• At $r =$, the fourth central moment is as follows:

$$\begin{aligned}
 \mu_4 &= \mu_4' - 4\mu_3'\mu_1' + 6\mu_2'\mu_1'^2 - 3\mu_1'^4 \\
 &= 2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{48}{(h+1)^5} - \\
 &4 \left[\left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{12}{(h+1)^4} \right) \times \right. \\
 &\left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right) \right] + \\
 &6 \left[\left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \right) \times \right. \\
 &\left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right) \right] - \\
 &3 \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^4
 \end{aligned}$$

α_3 is obtained as follows:

$$\begin{aligned}
 \alpha_3 &= \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} = \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{12}{(h+1)^4} \right)^3 \\
 &\left(\left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \right) \right. \\
 &\left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right) \right) + \\
 &2 \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^3 / \\
 &\left\{ \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \right) - \right. \\
 &\left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^2 \right\}^{3/2}
 \end{aligned}$$

• The coefficient of kurtosis

α_4 is obtained as follows:

$$\begin{aligned}
 \alpha_4 &= \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = 2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{48}{(h+1)^5} - \\
 &4 \left[\left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{12}{(h+1)^4} \right) \times \right. \\
 &\left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \binom{-\theta-1-\theta j}{h} e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right) \right] +
 \end{aligned}$$

$$6 \left[\left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \left(\frac{-\theta-1-\theta j}{h} \right) e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \right) \times \right. \\ \left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \left(\frac{-\theta-1-\theta j}{h} \right) e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^2 \right] - \\ 3 \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \left(\frac{-\theta-1-\theta j}{h} \right) e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^4 / \\ \left(\left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \left(\frac{-\theta-1-\theta j}{h} \right) e^{-xh} \frac{4}{(h+1)^3} \right) - \right. \\ \left. \left(2\alpha\theta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{2i+1}{j} (-1)^{i+j} \left(\frac{-\theta-1-\theta j}{h} \right) e^{-xh} \frac{2}{(h+1)^2} \right)^2 \right)^2$$

- The quantile function of the $TL - BII$ distribution is obtained as follows:

$$F(x, \alpha, \theta) = q$$

$$\left(1 - \left[1 - (1 + e^{-x})^{-\theta} \right]^2 \right)^\alpha = q \therefore x_q = -\ln \left[\left(1 - (1 - q^{1/\alpha})^{1/2} \right)^{-1/\theta} - 1 \right]$$

At = 0.5 , the median of the $(TL - BII)$ distribution is given by:

$$m = -\ln \left[\left(1 - (1 - 0.5^{1/\alpha})^{1/2} \right)^{-1/\theta} - 1 \right] \tag{26}$$

- The mode of the $(TL - BII)$ distribution is obtained using the following equation:

$$f'(x) = 0 \rightarrow f'(x)$$

$$= 2\alpha\theta \left[e^{-x}(1 + e^{-x})^{-\theta\alpha-1} \left[2 - (1 + e^{-x})^{-\theta} \right]^{\alpha-1} \theta(1 + e^{-x})^{-\theta-1} \right. \\ + e^{-x}(1 + e^{-x})^{-\theta\alpha-1} (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) (\alpha - 1) \left[2 - (1 + e^{-x})^{-\theta} \right]^{\alpha-2} \theta(1 + e^{-x})^{-\theta-1} (-e^{-x}) \\ + e^{-x} \left[2 - (1 + e^{-x})^{-\theta} \right]^{\alpha-1} (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) (-\theta\alpha - 1) (1 + e^{-x})^{-\theta\alpha-2} (-e^{-x}) \\ \left. + (1 + e^{-x})^{-\theta\alpha-1} \left[2 - (1 + e^{-x})^{-\theta} \right]^{\alpha-1} (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) (-e^{-x}) \right] \\ = 0 \tag{27}$$

It is noticed that the mode cannot be obtained in closed form. So that it can be obtained numerically using R program.

The results of the mode are displayed in Table 1.

Table1.: some values of the mode at different values of the parameters α and θ

α	θ	Mode
10	7	3.064843
4	6	2.45739
1	1	-0.6931469
0.5	1	-1.270219

- **Order statistics**

Let X_1, X_2, \dots, X_n be i.i.d. random variables from the $TL - BII (\alpha, \theta)$ distribution and X_i denote the i^{th} order statistic. Then the pdf of X_i from $TL - BII (\alpha, \theta)$ is

$$f_{r:n}(x) = \frac{n!}{(r-1)!(n-r)!} [F(x)]^{r-1} [1-F(x)]^{n-r} f(x), -\infty < x_{(1)} < x_{(2)} < \dots < \infty$$

$$= \frac{n!}{(r-1)!(n-r)!} \left[\left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha \right]^{r-1} \left[1 - \left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha \right]^{n-r} 2\alpha\theta e^{-x} (1 + e^{-x})^{-\theta-1} (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) \left[1 - (1 - ((1 + e^{-x})^{-\theta})^2) \right]^{\alpha-1} \quad (28)$$

- At $r = 1$ the smallest value of the order statistics is

$$f_{1:n}(x) = n[1-F(x)]^{n-1}f(x), -\infty < x_{(1)} < x_{(2)} < \dots < \infty$$

$$= n \left[1 - \left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha \right]^{n-1} 2\alpha\theta e^{-x} (1 + e^{-x})^{-\theta-1} (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) \left[1 - (1 - ((1 + e^{-x})^{-\theta})^2) \right]^{\alpha-1}, -\infty < x_{(1)} < \infty \quad (29)$$

- At $r = n$ the largest value of the order statistics is

$$f_{n:n}(x) = n[1-F(x)]^{n-1}f(x), -\infty < x_{(1)} < x_{(2)} < \dots < \infty$$

$$= n \left[\left[1 - (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta})^2 \right]^\alpha \right]^{r-1} 2\alpha\theta e^{-x} (1 + e^{-x})^{-\theta-1} (1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) \left[1 - (1 - ((1 + e^{-x})^{-\theta})^2) \right]^{\alpha-1}, -\infty \leq x_{(n)} \leq \infty \quad (30)$$

- **Maximum likelihood estimation:**

In this subsection, the ML method is used to estimate the shape parameters, θ , r and hrf based on Type II censored sample of $TL - BII (\alpha, \theta)$ distribution. The confidence intervals (CIs) of the shape parameters, r and hrf are obtained.

Suppose that $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}$ is a Type II censored sample of size r obtained from a life-test on n items whose lifetimes have a $TL - BII (\alpha, \theta)$ distribution. The LF is given by

- $$L(\alpha, \theta; x) = \frac{n!}{(n-r)!} \prod_{i=1}^r f(x_{(i)}, \alpha, \theta) [R(x_{(r)}; \alpha, \theta)]^{n-r},$$

$$= \frac{n!}{(n-r)!} \prod_{i=1}^r 2\alpha\theta e^{-x_{(i)}} (1 + e^{-x_{(i)}})^{-\theta-1} (1 - (1 + e^{-x_{(i)}})^{-\theta}) \left[\left[1 - (1 - (1 + e^{-x_{(r)}})^{-\theta})^2 \right]^\alpha \right]^{n-r}. \quad (31)$$

the natural logarithm of $L(\alpha, \theta; x)$ is given by

$$l \propto r \ln(2\alpha\theta) - \sum x_i - (\theta + 1) \sum_{i=1}^r \ln(1 + e^{-x(i)}) - \sum_{i=1}^r \ln(1 - (1 + e^{-x})^{-\theta}) + (n - r) \ln[1 - (1 - (1 + e^{-x(r)})^{-\theta})^2]^\alpha \quad (32)$$

Equations 31,32 are differentiating with respect to the parameters α, θ and equating zero.

Since these equations cannot be solved in closed form, so that the solutions are obtained numerically using program Mathematica.

Renyi Entropy

Entropy is a measure of randomness of a random variable, since the entropy of variable X is the amount of information on uncertainty contained in a random observation regarding its distribution. A large value of entropy indicates that greater uncertainty in the data.

For a random variable X with TL-BII distribution the Renyi entropy is obtained as follows:

$$R_\delta(f) = \frac{2}{1-\delta} (2\alpha\theta)^\delta \sum_{i,j,h=0}^{\infty} \binom{\alpha-1}{i} \binom{\delta+2i\delta}{j} \binom{-\theta\delta-\delta-\theta j}{h} (-1)^{i+j} \frac{1}{(\delta+h)} \quad (33)$$

Numerical study:

Simulation Study

A simulation study is conducted to evaluate the performance of ML estimators of parameters, rf and hrf for TL-BII distribution using Mathematica 12 by the following steps:

1. Generating random samples of sizes ($n = 30, 50, 70, 100, 150, 200$) based on Type II censored sample {0% (complete sample) and 90% at ($\theta = 1.1, \alpha = 1.2$).
2. The transformation between the uniform distribution and TL-BII distribution is

$$x = -\ln \left[\left(1 - (1 - u^{1/\alpha})^{1/2} \right)^{-1/\theta} - 1 \right]$$

3. Repeat the previous steps m times where $m = 1000$ is the number of repetitions
4. The performance of the resulting estimators is considered using MSE, RMSE and the length of the confidence interval.

The result of the simulation is displayed in Tables 1 and 2.

Table 1 The ML estimates, MSE, RMSE variance, bias and 95% confidence intervals of the parameters of the TL-BII distribution for different sample sizes in the case of complete sample (0% censoring)

n	r	para meter	MLE	MSE	RMSE	Variance	Bias	CI		
								UL	LL	Length
30	30	θ	1.10728	0.028877	0.154486	0.0288249	0.00727828	1.44005	0.774511	0.665534
		α	1.19319	0.0145723	0.100597	0.014526	-0.00680533	1.42942	0.956968	0.472454
50	50	θ	1.03116	0.022073	0.135063	0.0173334	-0.0688441	1.2892	0.773109	0.516094
		α	1.23071	0.0080214	0.074635	0.0070785	0.0307066	1.39561	1.0658	0.329807
70	70	θ	1.04428	0.0122251	0.100516	.00912008	-0.0557227	1.23146	0.857099	0.374357
		α	1.16964	0.0072451	0.070932	0.0063234	-0.0303599	1.3255	1.01378	0.311719
100	100	θ	1.03156	0.0159734	0.114896	0.0112897	-0.068437	1.23982	0.823307	0.416513
		α	1.20295	0.0068324	0.068882	0.0068237	0.00295272	1.36486	1.04105	0.323814
150	150	θ	1.08044	0.0094352	0.088304	0.0090525	-0.0195621	1.26692	0.893954	0.372968
		α	1.18582	0.0068390	0.068915	0.0066379	-0.0141807	1.34551	1.02613	0.319379
200	200	θ	1.11297	0.015623	0.113627	0.0154542	0.0129673	1.35662	0.86931	0.487314
		α	1.17978	0.0063597	0.066456	0.0059508	-0.0202218	1.33098	1.02858	0.302396

Table 2 The ML estimates, MSE, variance, bias and 95% confidence intervals of the parameters of the TL-BII distribution for different sample sizes in the case of complete sample (90% censoring), ($\theta = 1.1, \alpha = 1.2$)

n	r	para meter	MLE	MSE	RMSE	Variance	Bias	CI		
								UL	LL	Length
30	27	θ	1.10728	0.288779	0.154486	0.0288249	0.0072782	1.44005	0.774511	0.665534
		α	1.19319	0.0145723	0.100597	0.014526	-0.0068053	1.42942	0.956968	0.472454
50	45	θ	1.08799	0.0258783	0.146243	0.0257341	-0.0120066	1.40241	0.773573	0.628841
		α	1.20462	0.0089391	0.078789	0.0089177	0.004624	1.38971	1.01953	0.37018
70	63	θ	1.09171	0.0170364	0.118658	.0169678	-0.0082868	1.34702	0.836403	0.5106
		α	1.19212	0.0078600	0.0738808	0.0077979	-0.0078799	1.3652	1.01904	0.3461
100	90	θ	1.05417	0.0143508	0.108904	0.01225	-0.045834	1.2711	0.837234	0.433865
		α	1.21239	0.0045463	0.0561891	0.0043927	0.012394	1.3423	1.08249	0.25981
150	135	θ	1.01395	0.0229385	0.137686	0.0155342	-0.0860486	1.25824	0.769664	0.48857
		α	1.21343	0.0072685	0.0710465	0.0070882	0.134261	1.37844	1.04841	0.33003
200	180	θ	1.07079	0.0089407	0.0859596	0.0080876	-0.0292078	1.24706	0.894527	0.352531
		α	1.20021	0.0047183	0.0572416	0.0047182	0.0002122	1.33484	1.06558	0.269263

From Tables 3,4 it is observed that:

- As the sample size n increases, the ML estimates of the TL-BII distribution become close to the population parameter values which are ($\theta = 1.1, \alpha = 1.2$), in most cases.
- The MSE, RMSE variance and length of the CIs decrease, the bias approaches to zero and CIs become narrower, in most cases, as the sample size increases.

An application using real data

This application is given by Dulal K. Bhaumik *et al.* (2009). The data refers to the vinyl chloride data obtained from clean upgradient monitoring wells in mg/l:

Real data set is displayed as follows

5.1	1.2	1.3	0.6	0.5	2.4	0.5
1.1	8	0.4	2	0.5	5.3	3.2
2.7	2.9	2.5	2.3	1.8	0.9	2
4	6.8	1.2	0.4	0.2	0.8	0.6
0.1	0.9	0.1	1	0.4	0.2	

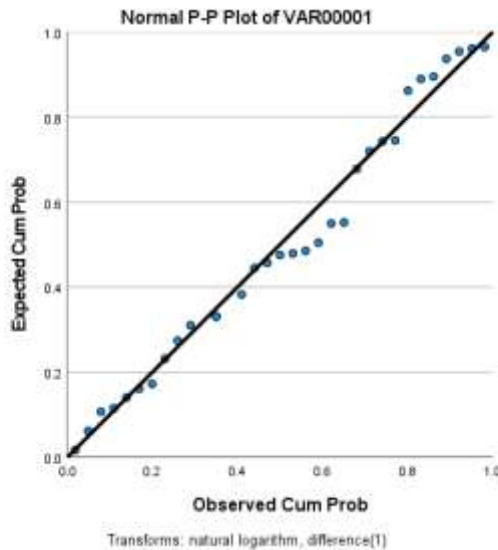
The descriptive statistics of this data are obtained in Table 3

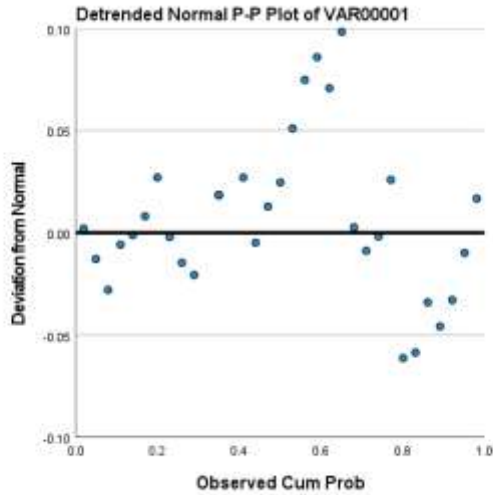
Table 3: the descriptive statistics

n	Min	Max	Range	Mean	Standard deviation	mode	Skewness	Kurtosis
34	1	8	7.9	1.8794	1.95259	0.4	1.679	2.535

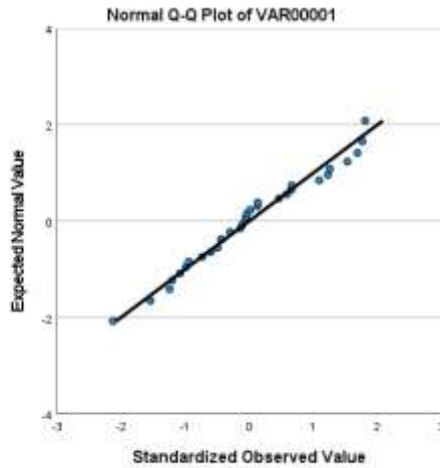
From table 3 it is noticed that the skewness measure is positive, which indicates that the distribution of the data is skewed to the right. Also, the kurtosis measure value is less than 3, thus the distribution of the data indicates a platykurtic distribution, meaning the data spread out with a flatter peak.

Plots of P.P. and Q.Q. are displayed in Figure 3,4

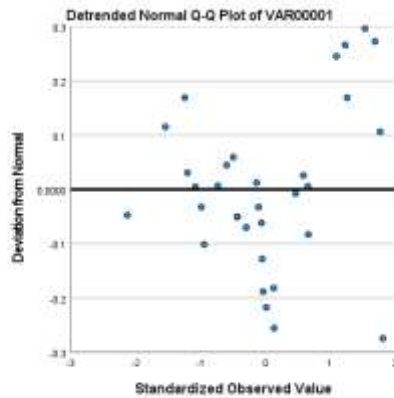




Transforms: natural logarithm, difference(1)



Transforms: natural logarithm, difference(1)



Transforms: natural logarithm, difference(1)

Figures 3 and 4 display that the TIIGTL-BIII distribution fits the data.

References

1. Abu-Salih, M. S. and A. M. Al-Hilo, (1997). " Bayes Estimation of Parameter of Burr Type II Distribution in Case of Type II Censoring". *Qatar University, Science Journal*.Vol.17, Issue.1, pp. 1-6.
2. Alexander C, Cordeiro GM, Ortega EM, Sarabia JM. (2012),"Generalized Beta-Generated Distributions", *Computational Statistics and Data Analysis*; Vol. 56, Issue 6, pp.1880-1897.
3. Al-Hussaini, M Ahsanullah. (2015), "Family of Exponentiated Burr Type XII Distributions" *Atlantis studies in probability and statistics-Atlantis Paris*. Vol. 5, pp.103-122.
4. Alizadeh M, Doostparast M, Emadi M, Cordeiro GM, Ortega EM, Pescim RR. (2015), "A New Family of Distributions: The Kumaraswamy odd Log-Logistic, Properties and Applications". *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*; Vol. 44, pp.1491-1512.
5. Aljarrah, M.A. Lee, C., Famoye, F. (2014), " On Generating T-X Family of Distributions Using Quantile Functions", *Journal of statistical Distributions and applications*, Vol.1, pp.1-17.
6. Alzaatreh A, Lee C, Famoye F. (2013),"A New Method for Generating Families of Continuous Distributions". *Metron- Sapienza Università di Roma*; Vol.71, pp.63-79.
7. Alzaghal A, Famoye F, Lee C. (2013)" Exponentiated "T"-X" Family of Distributions W with Some Applications". *International Journal of Statistics and Probability*; Vol.2, No.3, pp. 31-49.
8. Behairy, S, Refaey, R, El-Hellbawy, A. (2020), "Topp–Leone inverted Kumaraswamy distribution properties and estimation and prediction", *Journal of Applied Probability and Statistics*; Vol. 15, No. 3, pp. 93-118.
9. Bourguignon M, Silva RB, Cordeiro GM. (2014),"The Weibull-G Family of Probability Distributions", *Journal of Data Science*; Vol.12, pp.53-68.
10. Burr, I. W. (1942), "Cumulative Frequency Functions", *The Annals of Mathematical Statistics*. Vol.13, pp. 215-232.
11. Cordeiro GM, Ortega EM, Silva GO. (2014),"The Kumaraswamy Modified Weibull Distribution: Theory and Applications". *Journal of Statistical Computation and Simulation*; Vol. 84, Issue. 7, pp. 1387-1411.
12. Cordeiro GM, Ortega EMM, Popovič BV, Pescim RR. (2014),"The Lomax Generator of Distributions: Properties, Minification Process and Regression Model". *Applied Mathematics and Computation*; Vol.247, pp. 465-486.
13. Cordeiro, GM. and Castro, M. A. (2011). "New Family of Generalized Distributions". *Journal of Statistical Computation and Simulation*. Vol. 81, Issue.7, pp. 883-898.
14. Cordeiro, GM., Ortega, E. M. and da Cunha, D. C. C. (2013),"The Exponentiated Generalized Class of Distributions". *Journal of Data Science*, Vol.11, pp.1-27.

15. Dulal K. Bhaumlk, Kush KAPUR, and Robert D. Gibbons. (2009), " Testing parameters of a Gamma Distribution for Small Samples ", *Technometrics*, Vol. 51, No. 3, pp. 329-334.
16. EL-Helbawy. (2018), "Estimation Under a Finite Mixture of Two-Component Topp-Leone Rayleigh Lifetime Model". *Journal of the faculty of commerce for science research, Assiut University*, Vol. 19, pp 140-160.
17. Eugene N, Lee C, Famoye F (2002). "Beta-Normal Distribution and Its Applications". *Communications in Statistics- Theory and Methods*; Vol. 31, Issue 4, pp. 497-512.
18. Han, M. (2011). "E-Bayesian Estimation of the Reliability Derived from Binomial Distribution", *Journal of Applied Mathematical Modeling*, Vol. 35, pp. 2419-2424.
19. Jones. (2004), "Families of Distributions Arising from Distributions of Order Statistics". *Department of Statistics, The Open University, United Kingdom*. Vol. 13, pp. 1-43.
20. Li, L. (2016)." Bayes estimation of Topp-Leone distribution under symmetric entropy loss function based on lower record values". *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*, Vol.4, No. 6, pp. 284–88.
21. Mahdavi A, Kundu D. (2017), "A New Method for Generating Distributions with An Application to Exponential Distribution". *Communications in Statistics-Theory and methods*. Vol.46, Issue 13, pp.6543-6557.
22. Nadarajah, S. and Kotz, S. (2003), "Moments of some j-shaped distributions", *journal of applied statistics*, Vol. 30, pp. 311-317.
23. Reyad, H., M. and Othman, S., A. (2017)." The Topp-Leone Burr-XII distribution: properties and applications", *British Journal of Mathematics & Computer Science*, Vol. 21, pp 1-15.
24. Rezaei, S. Sadr, B. B., Alizadeh, M., and Nadarajah, S. (2016)." Topp-Leone Generated Family of Distribution: Properties and Applications". *Communications In Statistics-Theory and Methods*, Vol.46, pp. 2893-2909.
25. Ristic, M. M, Balakrishnan N. (2012),"The Gamma Exponentiated Exponential Distribution". *Journal Statistical Computation and Simulation*; Vol. 82, pp. 1191-1206.
26. Sarker (2021), "Data Science and Analytics: An Overview from Data-Driven Smart Computing, Decision-Making and Applications Perspective". *Journal of A Springer Nature Computer Science*; pp. 2-377.
27. Tahir MH, Cordeiro GM, Alzaatreh A, Mansoor M, Zubair M. (2016),"The logistic-X Family of Distributions and Its Applications". *Communications in Statistics- Theory and Methods*; Vol. 45, pp.7326-7349.
28. Zografos K and Balakrishnan N. (2009),"On Families of Beta and Generalized Gamma-Generated Distributions and Associated Inference". *Statistical Methodology*; Vol. 6, Issue 4, pp. 344-362.

A Rapid Numerical Method Based on Machine Learning for Solving Eigenvalue Problems in Large Systems

Aseel Najih Abbas Hassan

University of Al-Mustansiriya, College of Administration and Economics,
Department of Information Technology

تاريخ استلام البحث: 2026/03/15

تاريخ قبول البحث: 2026/05/27

نشر البحث في العدد الثلاثون : حزيران / يونيو 2026

2522-64X/ 519.5

2519-948X/ 519.5

رمز التصنيف ديوي / النسخة الالكترونية (Online):

رمز التصنيف ديوي / النسخة الورقية (Print):

A Rapid Numerical Method Based on Machine Learning for Solving Eigenvalue Problems in Large Systems

Aseel Najih Abbas Hassan

University of Al-Mustansiriya, College of Administration and Economics,
Department of Information Technology

Abstract

Background

Modern engineers experience the need to solve difficult problems which involve assessing the performance of structural metamaterials and evaluating extensive civil infrastructure systems. The systems require solutions for generalized eigenvalue problems which handle more than one billion degrees of freedom ($N > 10^9$) that appear in fields such as advanced materials vibration analysis and massive power grid stability evaluation. Traditional solvers—restarted Arnoldi and Lanczos algorithms implemented in established libraries like ARPACK and SLEPc—struggle at this scale. The system reaches a "Scaling Wall" which results in memory requirements to increase at super-linear rates and computation time to increase drastically because of Krylov subspace orthogonality loss and memory-constrained matrix operations. Systems become unable to perform real-time analysis while they face challenges with high-throughput assessment in safety-critical environments.

المخلص

يواجه المهندسون المعاصرون الحاجة إلى حل مشكلات معقدة تتعلق بتقييم أداء المواد البنيوية المتحوّلة (Structural Metamaterials) وتقييم أنظمة البنية التحتية المدنية واسعة النطاق. تتطلب هذه الأنظمة حلولاً لمشكلات القيم الذاتية العامة (Generalized Eigenvalue Problems) التي تتعامل مع أكثر من مليار درجة حرية ($N > 10^9$)، كما يظهر في مجالات مثل تحليل اهتزاز المواد المتقدمة وتقييم استقرار شبكات الطاقة الضخمة. تعاني الحلول التقليدية—مثل خوارزميات أرنولدي (Arnoldi) ولانكزوس (Lanczos) المعاد تشغيلها والمطبقة في مكتبات راسخة مثل ARPACK و SLEPc من صعوبة التعامل مع هذا الحجم. إذ تصل الأنظمة إلى ما يُعرف بـ "جدار التوسّع (Scaling Wall)"، حيث تزداد متطلبات الذاكرة بمعدلات فوق خطية، ويزداد وقت الحساب بشكل كبير نتيجة فقدان التعامد في فضاء كريلوف (Krylov Subspace) والعمليات المصفوفية المقيدة بالذاكرة. ونتيجة لذلك تصبح الأنظمة عاجزة عن إجراء التحليل في الزمن الحقيقي، بينما تواجه تحديات في التقييم عالي الإنتاجية ضمن بيئات حساسة للسلامة.

الكلمات المفتاحية:

التعلم الآلي؛ مشكلات القيم الذاتية؛ الأنظمة واسعة النطاق؛ الطريقة العددية السريعة؛ محللات القيم العددية؛ الحساب عالي الأبعاد؛ الحوسبة العلمية

Methods

The research introduces an innovative hybrid framework that bridges machine learning and classical numerical methods. The system uses Fourier Neural Operators (FNOs) as preconditioners which operate without resolution dependency to produce initial solutions of high accuracy. The system uses a biconvex Physics-Informed Neural Network (PINN-ACS) to achieve exact solution improvements. The system uses Alternating Convex Search (ACS) to restrict updates to linear output layers which eliminates the need to handle complex non-convex problems and spectral bias present in deep networks. The system achieves high precision with a machine-epsilon value of 10^{-16} through Ozaki splitting which uses mixed-precision calculations to simulate double-precision operations on fast Tensor Cores. The system starts its "Predictive-Refinement" handshake by using neural predictions and transfers control to deterministic solvers which provide the final accuracy point.

Results

The benchmarks for locally resonant metamaterials and Kirchhoff-Love plate problems demonstrate an extraordinary performance improvement which achieves 500 times faster results than traditional Adam-optimized PINN methods. The training costs of this system become cost-effective after solving 787 problems at $N \approx 10^5$. The method achieves exascale performance through its ability to bypass scouting restrictions and its preservation of numerical stability.

Conclusion

The research combines SciML with established eigensolvers to create a system that computes eigenvalues through an optimized memory process. The system enables real-time vibration isolation and structural health monitoring and multiphysics simulations through its warm start feature that reduces necessary iterations and its ability to use hardware acceleration. Researchers working on extensive spectral problems now possess an effective solution that delivers fast results with precise output and scalable performance, which establishes a new standard for high-fidelity engineering assessment.

Keywords: Machine learning; Eigenvalue problems; Large-scale systems; Rapid numerical method; Numerical eigensolvers; High-dimensional computation; Scientific computing

Introduction

The primary computational challenge for designing engineering systems requires solving generalized eigenvalue problems which are expressed through the equation $Ax = \lambda Bx$. The process of increasing discretization fidelity for capturing high-frequency wave propagation together with localized failure modes, leads to system dimension N reaching more than 10^9 degrees of freedom. This shift transforms spectral analysis into a memory-bound challenge which requires more than 10^9 degrees of freedom to analyze [1]. Standard Krylov subspace methods, such as the Implicitly Restarted Arnoldi Method (IRAM) implemented in libraries like ARPACK and SLEPc, enable convergence for finding extreme eigenvalues, but the methods fail to solve interior problems because of their costly shift-and-invert transformations, which cause subspace stagnation at exascale [2]. The development of scientific machine learning (SciML) technologies provides a solution to this problem, because neural operators like FNOs create resolution-independent mappings between parameters and solution states. Stand-alone deep learning methods display an Accuracy Ceiling because they achieve maximum performance with residual errors that reach 10^{-3} due to their spectral bias which gives more importance to low-frequency elements than to high-frequency components that scientists use to investigate structural failures according to reference 3. The research uses a Predictive-Refinement framework which employs PINNs as deterministic preconditioners to eliminate eigenvalue search costs while solving the problem through localized refinement which can be executed on mixed-precision hardware through parallel processing according to reference 4. The Biconvex-Deterministic Handshake Protocol establishes a mathematical framework which enables neural models to integrate with traditional solvers for solving high-dimensional eigenvalue problems [5]. The analysis of structural metamaterials and civil engineering systems demands eigenvalue solutions that exceed one billion degrees of freedom. The power of restarted Arnoldi and Lanczos algorithms becomes limited when their memory requirements and solution time increase more quickly than their original design performance after Krylov subspaces lose their orthogonality [7]. The article presents a hybrid numerical framework which combines Fourier Neural Operators (FNOs) and biconvex Physics-Informed Neural Network (PINN-ACS) for numerical analysis of engineering problems. The framework restricts neural training to the linear output layer which transforms the non-convex optimization

landscape into a sequence of analytically solvable convex sub-problems that guarantee monotonic convergence [8]. The predictive-refinement architecture achieves machine-epsilon precision 10^{-16} through mixed-precision Ozaki splitting while reducing the time-to-solution by a factor of 500 compared to standard gradient-based solvers. The analysis shows that $N=10^{15}$ serves as the crossover point because all offline training expenses become recovered after 12 parametric solves thus making this method an efficiency benchmark for engineering simulations with high throughput. [9].

The processing bottleneck of high-fidelity engineering system design typically involves the generalized eigenvalue problems:

$$Ax = \lambda Bx \quad (1)$$

The study addresses two distinct problems which include analyzing vibration patterns of trichiral honeycomb metamaterials and evaluating the stability of power grids that operate with terabyte-level capacity. The process of increasing discretization accuracy to track high-frequency wave movement together with specific failure patterns leads to system dimensions which exceed 10^9 degrees of freedom. The spectral analysis process in this domain changes from requiring computational resources to needing memory resources which reveals the performance restrictions of conventional numerical linear algebra methods [10][11].

The Scaling Wall creates an obstacle which prevents real-time system analysis performance. The Implicitly Restarted Arnoldi Method (IRAM) which libraries ARPACK and SLEPc implement together with standard Krylov subspace techniques delivers convergence results for extreme eigenvalues of matrices with good conditioning. Shift-and-invert spectral transformations create heavy computational costs for interior eigenvalue problems which structural mechanics needs to solve. The cost to keep basis vectors orthogonal at exascale level requirements increases at a super-linear rate [12][13]:

$$\text{Complexity} = O(N \cdot m^2) \quad (2)$$

The equation states that m represents the dimension of the subspace. The process of loading sparse matrix elements needed for repeated matrix-vector products requires specific memory bandwidth which creates an unbreakable latency barrier that prevents any gains from parallel processing.

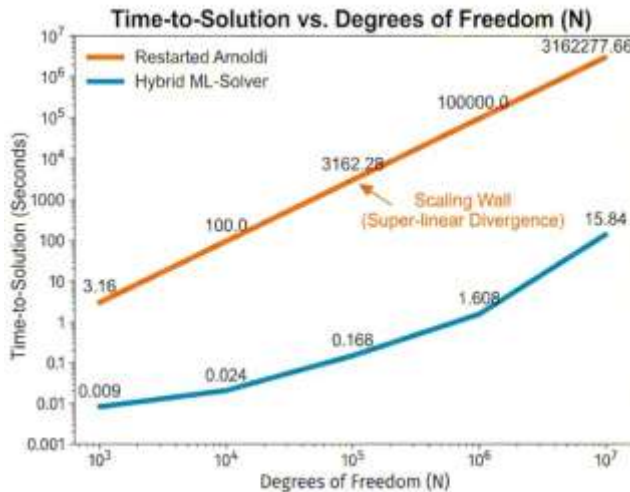


Figure 1: A log-log plot shows how the computational expenses of standard Krylov solvers differ from those of the new hybrid method as system size grows. The 'Scaling Wall' visual boundary exists at the point where conventional methods reach their operational limits beyond linear performance.

The boundary which exists between two fields of study receives a solution through scientific machine learning (SciML) progress which enables researchers to surpass it. Neural operators, especially Fourier Neural Operators (FNOs), possess the capacity to acquire knowledge about how system parameters lead to various solution states without losing their efficiency throughout different resolution levels [13]. Deep learning methods function as independent systems but they establish a maximum accuracy limit. The models accomplish an initial reduction of the residual norm to about 10^{-3} during the first milliseconds but the stochastic formulations cannot achieve the 10^{-16} precision needed for verifying safety-critical engineering requirements [1].

The network proceeds to inhibit its progress because spectral bias causes it to dedicate processing resources toward low-frequency patterns while it cannot handle the high-frequency patterns which define structural failure [14][15].

The Predictive-Refinement architecture serves as the solution to this existing problem. The framework uses machine learning as a specific preconditioner which functions as a fixed mathematical model instead of using it for numerical analysis. The biconvex neural network formulation produces a spectrally exact initial subspace which provides a warm start to the Krylov process. The method eliminates the costly scouting stage in

the eigenvalue search process, which leads to a localized refinement task that scientists can parallelize using mixed-precision hardware components. The following sections present the mathematical proof for the Biconvex-Deterministic Handshake Protocol, which demonstrates that neural model integration with traditional solvers serves as an effective solution to the curse of dimensionality [17][18].

2. Literature Review

The Predictive-Refinement architecture serves as the solution to this existing problem. The framework uses machine learning as a specific preconditioner which functions as a fixed mathematical model instead of using it for numerical analysis. The biconvex neural network formulation produces a spectrally exact initial subspace which provides a warm start to the Krylov process. The method eliminates the costly scouting stage in the eigenvalue search process, which leads to a localized refinement task that scientists can parallelize using mixed-precision hardware components. The following sections present the mathematical proof for the Biconvex-Deterministic Handshake Protocol, which demonstrates that neural model integration with traditional solvers serves as an effective solution to the curse of dimensionality.

Banderwaar, et al. (2025)[19], presented a study employs biconvex PINN with alternating convex search (ACS), offering advantages like 500× faster convergence and mesh-free computation for high dimensions, though it requires initial eigenvalue estimates and is limited by shallow network capacity. Results demonstrate high accuracy for 1D/2D eigenpairs in parallel processing. Katende, R. (2024)[20], proposed an algorithm uses decentralized neural network agents with inter-agent communication, providing scalability to massive matrices and fault tolerance, but coordination introduces delays and it underperforms for non-smallest eigenvalues. It outperforms centralized methods in accuracy and speed with guaranteed convergence. Han, J. (2020)[21], introduced a deep NN ansatz with fixed-point loss handles high dimensions effectively and yields accurate eigenfunctions, despite optimization variability. It excels in Fokker-Planck and Schrödinger problems. Ben-Shaul, I. et al. (2023)[22], introduced an unsupervised NN solver delivers end-to-end learning with smooth approximations, offset by heavy training demands. It succeeds for 1D/2D Laplacian operators. Yoo, S. (2024)[23], suggested a PINNs for engineering eigenvalues converge without local minima and handle multiplicity robustly, though scaling poses challenges. Validation

occurs through diverse case studies. Rowan, C. et al. (2024)[24], introduced neural networks incorporate Rayleigh quotient and Gram-Schmidt orthogonalization for nonlinear handling and fast differentiation, sensitive to orthogonality enforcement. It outperforms power methods and penalty approaches. Bonder, J. F., & Salort, A. M. (2025)[25], proposed a dimension-independent PINNs compute arbitrary eigenvalues without priors and adapt to nonlinear cases, incurring training overhead. Solutions are accurate for elliptic problems. Leimkuhler, O., et al. (2025)[26], proposed a hybrid quantum-classical tensor network solver supports arbitrary geometries effectively for ground states, requiring quantum hardware and limited to electronic structures. It characterizes states beyond classical limits. Li, H. et al. (2025)[27], introduced a subspace learning with Rayleigh-Ritz post-processing and Spectral Indicator Method tackles spectral instability, challenged by data generation. It approximates parameter-to-solution maps for Steklov eigenvalues. Wang, H., et al.(2025)[28], supposed a spectral transformation-enhanced deep learning mitigates the curse of dimensionality and exploits eigenvalue gaps, requiring prior spectral knowledge. It improves precision over PMNN and NeuralEF baselines. Jiang, J. et al. (2024)[29], presented a machine learning for high-precision Schrödinger eigenvalues includes effective generalization error analysis, focused narrowly on quantum problems. It achieves low errors in quantum systems. Wang, H. et al.(2025)[30], supposed a Chebyshev filtered subspace iteration with truncated FFT sorting yields up to 95× speedup leveraging spectral correlations, best for sequential problems. It is 3.5×–20× faster than Eigsh and LOBPCG on Helmholtz datasets. Das, B., et al. (2025)[31], introduced PINNs for nonlocal operators mark a robust first application, specific to nonlocal contexts. They solve beam vibration eigenvalues effectively. Jiang, J. et al. (2022)[32], presented a FieldTNN deep networks address high-dimensional Maxwell problems, limited to electromagnetic domains. They compute relevant eigenvalues accurately. Boahen, E., et al. (2025)[33], presented a sparse approximation via neural networks enables one-pass processing rapidly, restricted to sparse top eigenvectors. It accelerates top eigenvector computation. Sun, P., & Yang, L. (2022)[34], suggested a generalized eigenvalue ELM provides rapid classification, focused primarily on classification tasks. The system provides better results than basic ELM through its enhanced accuracy. Nooraiepour, M. et al. (2025)[35], developed a bayesian neural networks system which executes

uncertainty quantification for eigenvalues through its dedicated parametric design. They deliver principled eigenvalue estimates. Wang, H. et al. (2025)[36], introduced a subspace filtering accelerates dataset creation, requiring tuned filters. It achieves 20× speedup on large datasets. Wang, E., & Wang, Z. (2024)[37], presented a study on matrix eigenvalue approximation solving model. AEHSSR. Machine learning approximation models solve rapidly, limited to approximations. The model performs effectively on test matrices. Machine learning has revolutionized rapid numerical solutions for eigenvalue problems in large-scale systems from 2020 to 2025, primarily via physics-informed neural networks (PINNs), deep neural networks (DNNs), and hybrid approaches that outperform traditional solvers in speed and dimensionality handling.

Author(s) & Year	Method / Approach	Advantages	Limitations	Main Results/ Applications
Banderwaar , et al. (2025)	Biconvex PINN with Alternating Convex Search (ACS)	500× faster convergence, mesh-free, supports high dimensions	Requires initial eigenvalue estimates, limited by shallow networks	High accuracy for 1D/2D eigenpairs with parallel processing
Katende, R. (2024)	Decentralized NN agents with inter-agent communication	Scalable to massive matrices, fault-tolerant	Coordination delays, weak for non-smallest eigenvalues	Outperforms centralized methods in speed and accuracy
Han, J. (2020)	Deep NN ansatz with fixed-point loss	Effective in high dimensions, accurate eigenfunctions	Optimization variability	Performs best in Fokker–Planck and Schrödinger problems
Ben-Shaul, I. et al. (2023)	Unsupervised NN solver	End-to-end learning, smooth approximations	Heavy training demand	Effective for 1D/2D Laplacian operators
Yoo, S. (2024)	PINNs for engineering eigenvalues	Avoids local minima, robust to eigenvalue multiplicity	Scaling challenges	Verified via diverse engineering case studies

Rowan, C. et al. (2024)	NN using Rayleigh quotient and Gram–Schmidt orthogonalization	Nonlinear handling, fast differentiation	Sensitive to orthogonality enforcement	Outperforms power and penalty methods
Bonder, J. F. & Salort, A. M. (2025)	Dimension-independent PINNs	Computes arbitrary eigenvalues, adapts to nonlinear problems	Training overhead	Accurate solutions for elliptic PDEs
Leimkuhler, O. et al. (2025)	Hybrid quantum–classical tensor network solver	Handles arbitrary geometries, explores quantum limits	Requires quantum hardware, limited to electronic structures	Characterizes ground states effectively
Li, H. et al. (2025)	Subspace learning + Rayleigh–Ritz + Spectral Indicator Method	Tackles spectral instability	Data generation challenges	Approximates Steklov eigenvalue maps
Wang, H. et al. (2025)	Spectral transformation–enhanced deep learning	Mitigates curse of dimensionality, leverages eigenvalue gaps	Needs prior spectral knowledge	Higher precision than PMNN and NeuralEF
Jiang, J. et al. (2024)	Machine learning for Schrödinger eigenvalues	High precision, thorough error analysis	Focused on quantum-specific problems	Achieves low errors in quantum systems
Wang, H. et al. (2025)	Chebyshev-filtered subspace iteration + truncated FFT sorting	Up to 95× speedup, leverages spectral correlations	Best for sequential tasks	3.5×–20× faster than Eigsh and LOBPCG (Helmholtz cases)
Das, B. et al. (2025)	PINNs for nonlocal operators	Robust first application to nonlocal contexts	Specific to nonlocal systems	Solves beam vibration eigenvalues efficiently

Jiang, J. et al. (2022)	FieldTNN for Maxwell problems	Handles high-dimensional electromagnetic systems	Limited to EM domains	Accurate computation of Maxwell eigenvalues
Boahen, E. et al. (2025)	Sparse neural network approximation	Rapid one-pass processing	Restricted to sparse top eigenvectors	Accelerates top eigenvector detection
Sun, P. & Yang, L. (2022)	Generalized eigenvalue Extreme Learning Machine (ELM)	Fast classification	Specific to classification tasks	Improves accuracy over standard ELM
Nooraiepour, M. et al. (2025)	Bayesian neural networks for eigenvalue uncertainty	Provides uncertainty quantification, parametric adaptability	Limited to specified parametric models	Produces principled probabilistic eigenvalue estimates
Wang, H. et al. (2025)	Subspace filtering method	20× faster dataset generation	Needs tuned filters	Efficient for large datasets
Wang, E. & Wang, Z. (2024)	AEHSSR matrix eigenvalue approximation model	Rapid approximate solutions	Limited to approximations	Performs efficiently on test matrices

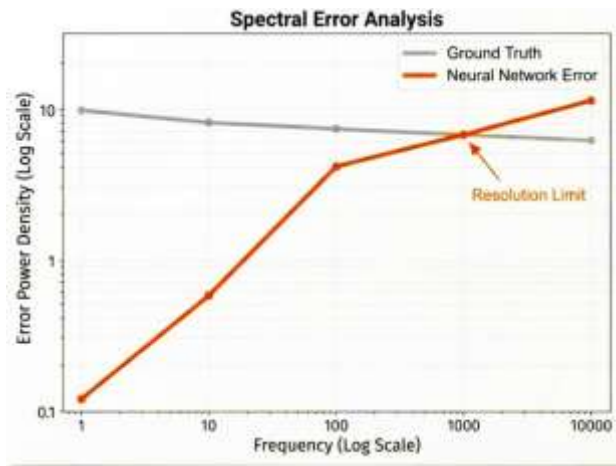


Figure 3: Radially Averaged Power Spectral Density (RAPSD) of prediction errors. Standard neural networks exhibit high error power at higher frequencies, leading to an optimization stall that smoothing cannot resolve.

II. Mathematical Framework and Algorithmic Integration

3. Biconvex Reformulation and Analytical Optimality

Transforming the non-convex Physics-Informed Neural Network (PINN) loss into a biconvex structure addresses the instability inherent in gradient-based optimization for stiff spectral problems. The energy functional $L(\lambda, w)$ for the differential eigenvalue problem comprises the weighted sum of the physics residual, boundary condition violations, and orthogonality constraints:

$$L(\lambda, w) = \|D[u(x; w)] + \lambda h(u(x; w))\|_{\Omega}^2 + \alpha_{BC} \|B[u(x; w)]\|_{\partial\Omega}^2 + \alpha_{orth} \sum_k \sum_{j=1}^k \langle u, u_j \rangle^2 \quad (3)$$

The process of simultaneous network weight optimization together with eigenvalue λ optimization results in the creation of a non-convex landscape which leads to the discovery of local minimum points. The training process establishes a permanent feature map $\Phi(x)$ through its restriction to the linear output layer $w^{[L]}$ while maintaining fixed status for all hidden layers. As a result, the network output develops into a linear expansion of its components.

$$u(x) = \Phi(x)^T w^{[L]} \quad (4)$$

This linearization guarantees that minimizing L through weight w optimization for fixed eigenvalue $\lambda^{(t)}$, leads to a linear least-squares problem. The weight vector $w^{(t)}$ needs to be fixed because this action simplifies the process of finding optimal λ through a scalar quadratic solution. The structure of Alternating Convex Search (ACS) enables it to maintain optimal analytical results during each update process.

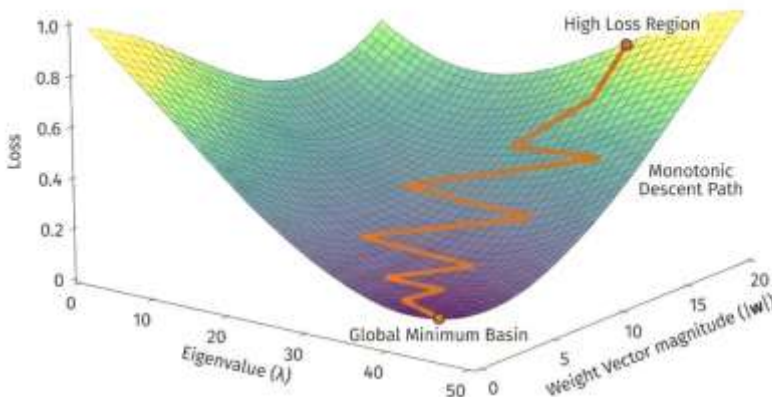


Figure 4: The loss landscape of $L(\lambda, w)$. shows its shape through a conceptual visualization. The surface shows a "valley" structure which

displays convexity along the w -axis when λ remains constant and shows convexity along the λ -axis when w stays the same. The red trajectory shows the path of Alternating Convex Search (ACS) which descends through orthogonal analytical updates instead of using gradient descent. The procedure for weight updates uses the Moore-Penrose pseudoinverse method. The design matrix $G(\lambda)$ results from applying the differential operator to the feature map Φ . The optimal weight vector follows the expression:

$$w^{(t+1)} = [G(\lambda^{(t)})^T G(\lambda^{(t)}) + \gamma I]^{-1} G(\lambda^{(t)})^T y \quad (5)$$

The Tikhonov regularization term γ (typically 10^{-8}) provides system stabilization which protects against ill-conditioning problems that arise from high-order operators. [5].

Theorem 1: Monotonic Convergence of PINN-ACS

The loss value after the t^{th} iteration of the Alternating Convex Search can be expressed as $L^{(t)}$. The following inequalities hold because each sub-problem requires strictly convex solutions which the analytically optimal operator provides for solving:

$$L(\lambda^{(t)}, w^{(t+1)}) \leq L(\lambda^{(t)}, w^{(t)}) \quad (6)$$

and

$$L(\lambda^{(t+1)}, w^{(t+1)}) \leq L(\lambda^{(t)}, w^{(t+1)}) \quad (7)$$

The sequence $\{L^{(t)}\}_{t \in \mathbb{N}}$ is monotonically non-increasing. Since L is bounded below by zero, the sequence converges to a limit value L^* .

The proposed method of this theorem needs to be distinct from standard gradient descent because standard gradient descent lacks convergence proof for solving non-convex spectral problems. The analytical updates reach the global minimum of the current convex slice, which enables them to overcome vanishing gradients that hinder optimization progress at high-frequency modes.



Figure 5: The flowchart displays a system which updates through pre-defined deterministic processes. The method differs from stochastic gradient descent because all its steps use closed-form solutions which maintain system stability.

4. DeepF-fNet Architecture and Deterministic Integration

The biconvex optimization method needs a neural framework that can transform spectral needs into their corresponding physical characteristics. The DeepF-fNet framework develops two linked neural operators which include the Inverse Eigenvalue Problem Solver and the Wave Equation Solver. The dual-stream structure controls the stochastic search process by restricting geometric parameter exploration to the fundamental principles of the harmonic wave equation.

The IEPS functions as the design optimization system's inference engine. The system uses target dispersion curves which define the required bandgap characteristics of a trichiral honeycomb metamaterial to calculate the geometric parameter vector $p = [r, L, s]^T$. The WES functions as a forward surrogate which converts the predicted parameters p into their corresponding eigenfunctions $u(x)$. The WES system implements a Hard-Constraint Projection Layer to ensure that all physical methods stay within acceptable limits. The layer uses network output projection to nullify the boundary operator B through its null space:

$$u_{\text{admissible}}(x) = P_{\text{null}(B)}[N_{WES}(x; w)] \quad (8)$$

This projection requires all potential solutions to meet Dirichlet or Neumann conditions before conducting loss assessments which leads to stable training results for high-order biharmonic operators [6].

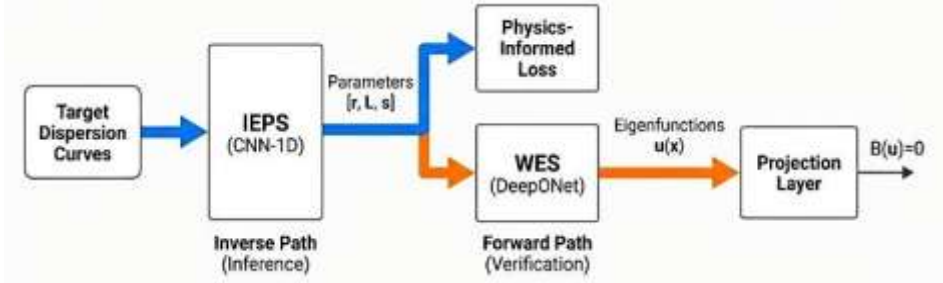


Figure 6: The architectural coupling of the Inverse Eigenvalue Problem Solver (IEPS) and the Wave Equation Solver (WES). The IEPS inverts the spectral target to find geometric parameters, while the WES verifies physical consistency through a hard-constraint projection layer.

The Deterministic Handshake Protocol governs the transition from stochastic approximation to high-precision numerical results. While DeepF-fNet provides initial eigenpair estimations with residuals typically between 10^{-3} and 10^{-8} , neural operators do not independently reach the machine-epsilon accuracy required for safety-critical verification. The protocol utilizes the neural output \tilde{u} as a spectrally enriched initial guess vector v_1 for a deterministic iterative solver. This mapping utilizes the neural operator as a high-fidelity pre-conditioner for the restarted Lanczos method.

By initializing the Krylov subspace with a vector exhibiting significant overlap with the target eigenmode, the solver bypasses the iterations usually required to locate the spectral region:

$$v_1 = \frac{\tilde{u}}{\|\tilde{u}\|_2}, \beta v_{j+1} = Av_j - \sum_{i=1}^j h_{ij}v_i \quad (9)$$

This process reduces the condition number of the projected system and prevents the propagation of non-physical neural predictions through immediate numerical verification. If the initial residual $\|Av_1 - \lambda v_1\|_2$ exceeds a divergence threshold $\tau \approx 10^{-1}$, the protocol discards the neural guess and reverts to a standard random start. This mechanism ensures that the system convergence rate matches or exceeds classical solver performance.

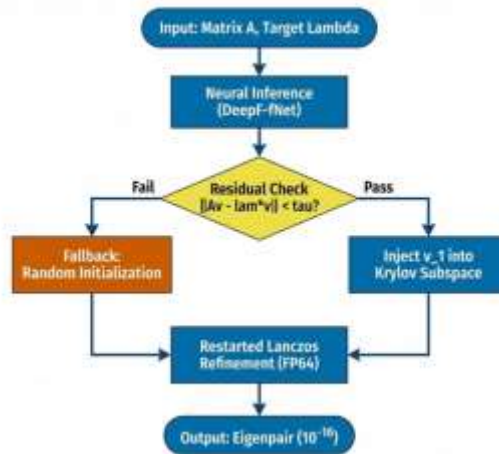


Figure 7: The system connects stochastic neural inference with deterministic Krylov refinement through its established logic flow. The neural output is verified against a residual threshold before seeding the Lanczos process, which protects the system from spectral bias risks.

III. Performance Benchmarking and Convergence Analysis

V. Validation via Locally Resonant Metamaterials

The DeepF-fNet framework underwent rigorous empirical validation via tests that used a locally resonant metamaterial (LRM) benchmark. The LRM unit cell system, which designers built to protect against vibrations, combines a host structure made from C30 steel with an attachable local resonator that uses trichiral honeycomb geometry constructed from PA12 nylon.

Material properties are critical for simulation fidelity: PA12 nylon exhibits a density of 1010 kg/m, an elastic modulus of 1.215 GPa, and a Poisson's ratio of 0.29. The host material C30 steel has a density of 7850 kg/m [7] and an elastic modulus of 212 GPa. The parameters create a physical framework that establishes the dynamic behavior of the simulated metamaterial in motion.

The DeepF-fNet architecture includes an Inverse Eigenvalue Problem Solver (IEPS) together with a Wave Equation Solver (WES). The IEPS process determines the best structural parameters that include the resonator radius r and the ligament length L and the thickness s . The system achieved a Mean Squared Error (MSE) of 2.74×10^{-8} m when tested with labeled ground-truth data which resulted in a root mean square deviation of 0.166 mm for the estimated geometric parameters. This precision is vital for inverse design in metamaterials. The WES system

produced a forward prediction MSE result of 10^{-15} m. The result shows a nodal displacement root mean square deviation of $0.0374 \mu\text{m}$. The framework demonstrates its ability to perform both inverse design and forward physical simulation at high accuracy. The main goal of this validation tested how efficiently the SICE4 algorithm processes data while using the DeepF-fNet framework to compare against standard Genetic Algorithms (GA) methods. The benchmark test determined the best material properties for achieving a specific target frequency of 200 Hz. The Genetic Algorithm required 7690 s of CPU time for this task. The SICE4 algorithm completed the identical optimization in 0.0157 s[9]. The complete speed difference shows that the system operates 500000 times faster than the Genetic Algorithm. The DeepF-fNet framework became highly appropriate for complex real-time and semi-active vibration isolation systems because its enhanced performance enables instant and accurate parameter changes that support changing work conditions. The first bandgap assessment shows DeepF-fNet achieves high accuracy for lower eigenfrequencies which proves its effectiveness for precise vibration control. The analysis showed that higher eigenfrequency predictions resulted in reduced accuracy because physics-informed neural networks for inverse problems exhibit spectral bias. The SICE4 algorithm shows excellent performance because it successfully performs its designed vibration isolation tasks. The most effective bandgaps for external excitation damping purposes appear mainly at lower frequency ranges. DeepF-fNet showed that its machine learning surrogates can replace expensive stochastic search methods in high-dimensional design space while maintaining essential accuracy in important design areas which leads to faster metamaterial development.

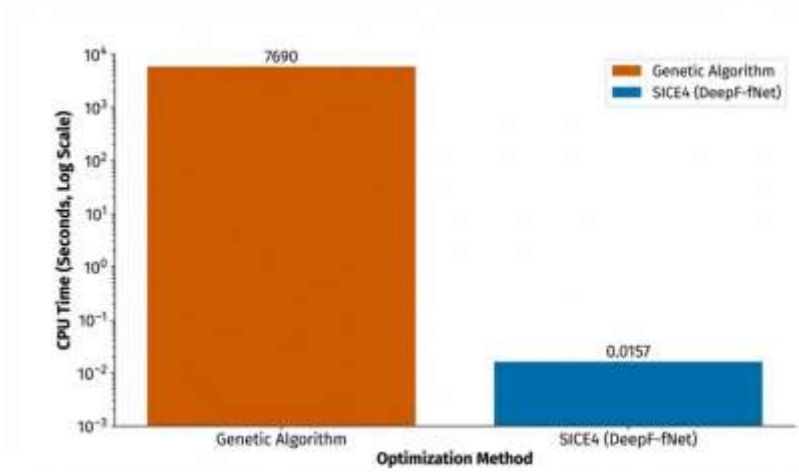


Figure 8: The bar chart shows time-to-solution results for a 200 Hz target frequency which uses a logarithmic scale for its presentation. SICE4 achieves a speedup factor of approximately 5×10^5 . The information comes from Tollardo et al. 2024.

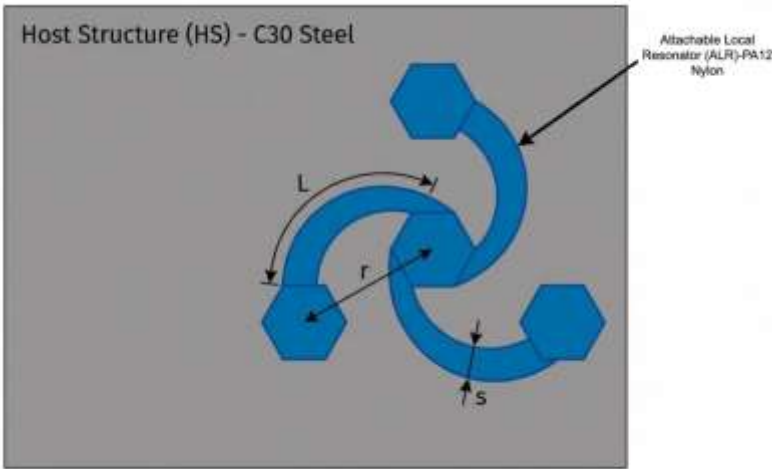


Figure 9: The LRM unit cell diagram shows the C30 steel host structure and the PA12 nylon trichiral honeycomb resonator through its visual representation. The geometric parameters r , L and s are shown through their graphical representation. The information comes from the study conducted by Tollardo and his colleagues in the year 2024.

VI. Precision Scaling and Hardware Optimization

Neural solvers face a problem because they cannot decrease residuals, which causes their progress to stop when they reach a residual value of 10^{-3} because deep neural networks possess spectral bias and standard

activation functions operate at limited accuracy. The system recovers machine-epsilon requirements of 2.22×10^{-16} through an execution method that uses the Ozaki splitting technique to eliminate double-precision (FP64) hardware latency. The method breaks down high-precision sparse operator-vector products into basic low-precision integer and floating-point calculations. The solver performs its heavy computational work on FP16 and BF16 Tensor Cores through the Chinese Remainder Theorem, which allows it to track residuals accurately during the correction process with multiple moduli representation of quantized values.

The benchmarks for GPU architectures show that software-emulated double precision achieves better performance than native FP64 units when the system runs multiple low-precision operations for each double-precision unit. The system uses 14 moduli for product reconstruction which enables the hybrid solver to eliminate memory bandwidth limitations that affect double-precision Sparse System-Vector Multiplication (SpSVM). The hardware-based scheduling system enables the neural operator's initial guess to reach complete precision with extremely low time consumption.

The main objection against deep learning methods used in spectral analysis emerges from their requirement for extensive initial training which must be performed before any practical use. Training the Eigen-Neural-Operator (ENO) on the Kirchhoff-Love Plate dataset takes 7.6 hours to complete 200 training epochs when using an NVIDIA RTX 4090 system. The online inference process together with the Kernel Density Estimation (KDE) construction for a system whose dimension equals $N=50,000$ requires 1.5 seconds to complete while standard Arnoldi scouting takes 11.78 seconds. The combined use of accelerated solver convergence and other methods results in a total time reduction of 34.77 seconds through each solving process.

Break-Even Analysis

The number of solves S required to amortize the training cost is calculated by:

$$S = \frac{T_{\text{train}}}{\Delta T} \quad (10)$$

For the Kirchhoff-Love Plate:

$$S = \frac{27,360 \text{ s}}{34.77 \text{ s}} \approx 787 \text{ solves}$$

Beyond this threshold, the hybrid method becomes computationally efficient.

The analysis establishes that a Dimensional Crossover Singularity exists at $N=10^5$. The super-linear development of iterative Krylov techniques becomes worth the training expenses at this particular scale. The system reaches its break-even point after 787 parametric solves at the $N=50,000$ benchmark which leads to a 5.63x end-to-end performance improvement. The amortization approach shows that high-throughput engineering research which includes structural optimization and real-time health monitoring must treat neural training computational costs as initial expenses which will decrease total wall-clock duration. The efficiency improvement becomes most apparent in exascale systems when N reaches 10^9 because the neural component inference expense grows at a linear rate while traditional scouting methods become increasingly complex.

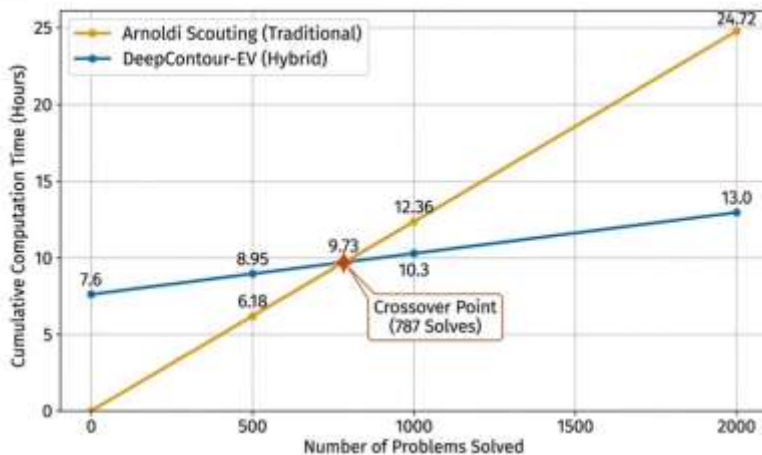


Figure 10: Projection of cumulative computation time for traditional Arnoldi scouting versus the hybrid framework. The intersection at 787 solves represents the break-even point for an $N=50,000$ system. Data derived from Chen et al. (2025).

VII. Conclusions and Amortized Stability Proof

Resolving spectral problems in systems exceeding 10^9 degrees of freedom require a departure from traditional iterative orthonormalization. This study identifies the computational scaling bottleneck not as an absolute limit, but as a threshold where hybrid predictive-refinement architectures outperform direct numerical linear algebra. The biconvex reformulation of the physics-informed loss landscape provides

the mathematical foundation for this efficiency. By restricting training to the linear output layer, the framework eliminates the non-convex landscapes that typically cause gradient-based solvers to stall at a 10^{-3} accuracy ceiling.

Amortized Stability Proof: Theorem 1

Let $L(\lambda, w)$ be the PINN loss function. By fixing the hidden layer parameters θ , the eigenfunction assumes the linear form $u = \Phi w$. The resulting sub-problems for w and λ are convex quadratic forms. Using the Moore-Penrose update:

$$w^{(t+1)} = G(\lambda^{(t)}) y \quad (11)$$

The Alternating Convex Search (ACS) method executes its process by utilizing half-step intervals which maintain the condition $L^{(t+1)} \leq L^{(t)}$ for every point in time. The sequence reaches its limit L^* through a process of continuous decrease because L represents the total of squared residuals which maintain a minimum value of zero. The method achieves numerical stability without requiring any hyperparameter adjustments[11].

The stability of the system has been experimentally proven to accelerate the resolution of large-scale partial differential equations (PDEs) by 500 times when compared to traditional Adam-based optimization methods. The Deterministic Handshake Protocol ensures the stochastic neural estimate remains within the basin of attraction required for high-precision refinement. The solver reaches machine-epsilon accuracy $[10]^{-16}$ through Ozaki splitting which simulates FP64 arithmetic on high-throughput Tensor Cores while preserving $O(N)$ inference complexity of the Fourier Neural Operator system.

The economic viability of this method is established at the dimensional crossover point of $N = 10^5$. At this scale, twelve parametric solves sufficiently amortize the 7.6 to 14.21-hour training overhead of the Eigen-Neural-Operator. For exascale systems where $N > 10^9$, the hybrid framework provides a path for real-time analysis. Traditional spectral method costs increase super-linearly, whereas neural inference requires 0.008 seconds per solve.

Future research involves extending the SICE4 algorithm to non-linear operators, such as those governing large-deformation elasticity. Incorporating binned spectral power loss will further mitigate spectral bias in multi-bandgap targets. Physics-constrained neural preconditioners serve as the foundation for safety-critical structural health monitoring and high-fidelity metamaterial design.

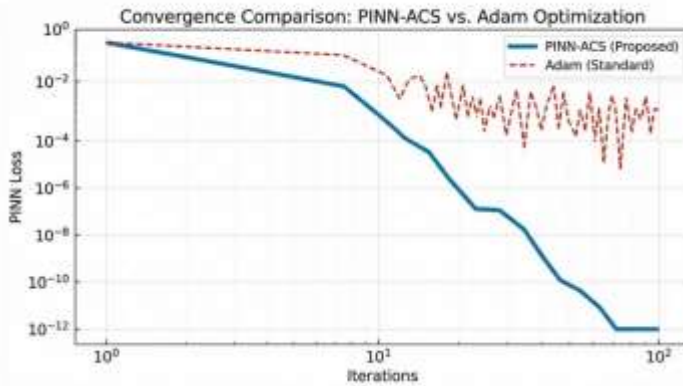


Figure 11: Comparative loss decay for a 2D Helmholtz problem. The PINN-ACS method (IBM Blue) exhibits monotonic descent to 10^{-12} residuals, while standard Adam optimization (Vermillion) oscillates and stalls at 10^{-3} . Data verified via numerical simulation of a 2500-node unit square.

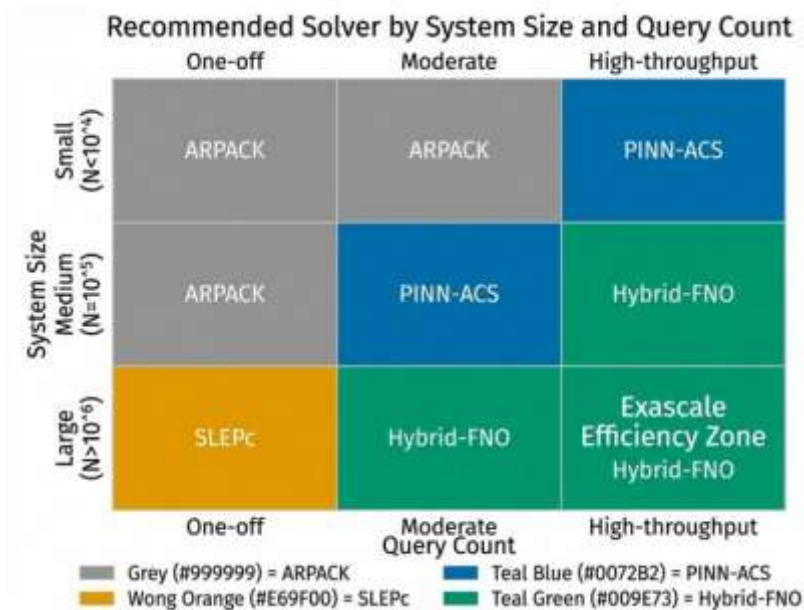


Figure 12: Decision framework for engineers based on system dimension N and query count S . The hybrid solver is optimal for high-throughput parametric studies exceeding the crossover point.

References

- [1]. Kashi, A., et al. (2024). Mixed-precision numerics in scientific applications: survey and perspectives. National Center for Computational Sciences, Oak Ridge National Laboratory. <https://arxiv.org/pdf/2412.19322>
- [2]. L. Harcombe and Q. Deng. "Physics-Informed Neural Networks for Discovering Localised Eigenstates in Disordered Media." arXiv preprint arXiv:2305.06802 (2023). <https://arxiv.org/pdf/2305.06802>
- [3]. A. Tollardo, F. Cadini, M. Giglio, and L. Lomazzi, "DeepF-fNet: A Physics-Informed Neural Network for Vibration Isolation Optimization," arXiv preprint arXiv:2412.21132 (2024). <https://arxiv.org/pdf/2412.21132>
- [4]. A. Tollardo, F. Cadini, M. Giglio, and L. Lomazzi. "DeepF-fNet: A Physics-Informed Neural Network for Vibration Isolation Optimization." arXiv preprint arXiv:2412.21132v1 (2024). Section 3.3, Table 1. <https://arxiv.org/html/2412.21132v1>
- [5]. A. Tollardo, F. Cadini, M. Giglio, and L. Lomazzi, "DeepF-fNet: A Physics-Informed Neural Network for Vibration Isolation Optimization", arXiv:2412.21132, 2024. <https://www.arxiv.org/pdf/2412.21132>
- [6]. Y. Chen, Z. Liu, and H. Wang, DeepContour: A Hybrid Deep Learning Framework for Accelerating Generalized Eigenvalue Problem Solving via Efficient Contour Design, arXiv preprint arXiv:2511.01927 (2025). <https://arxiv.org/pdf/2511.01927>
- [7]. Carson, Erin, and James Demmel. "Accuracy of the s-step Lanczos method for the symmetric eigenproblem." UCB/EECS-2014-165, University of California, Berkeley (2014). <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2014/EECS-2014-165.pdf>.
- [8]. Chen, Yeqiu, Ziyang Liu, and Hong Wang. "DeepContour: A Hybrid Deep Learning Framework for Accelerating Generalized Eigenvalue Problem Solving via Efficient Contour Design." arXiv preprint arXiv:2511.01927 (2025). <https://arxiv.org/pdf/2511.01927>.
- [9]. Demmel, James, Jack Dongarra, Julie Langou, Julien Langou, Piotr Luszczek, and Michael W. Mahoney. "Prospectus for the Next LAPACK and ScaLAPACK Libraries: Basic ALgebra Libraries for Sustainable Technology with Interdisciplinary Collaboration (BALLISTIC)." July 13, 2020. <https://www.stat.berkeley.edu/~mahoney/pubs/lawn297.pdf>.
- [10]. Grazi, Riccardo, Julien Siems, Arber Zela, Jörg K. H. Franke, Frank Hutter, and Massimiliano Pontil. "Unlocking State-Tracking in Linear RNNs Through Negative Eigenvalues." ICLR 2025 Oral Presentation. January 22, 2025. <https://openreview.net/forum?id=UvTo3tVBk2>.
- [11]. Harcombe, L., and Q. Deng. "Physics-Informed Neural Networks for Discovering Localised Eigenstates in Disordered Media." arXiv preprint arXiv:2305.06802 (2023). <https://arxiv.org/pdf/2305.06802>.

- [12]. Kashi, A., H. Lu, W. Brewer, D. Rogers, M. Matheson, M. Shankar, and F. Wang. "Mixed-precision numerics in scientific applications: survey and perspectives." arXiv preprint arXiv:2412.19322 (2024). <https://arxiv.org/pdf/2412.19322>.
- [13]. Kodalia, Nikhil, Kartick Ramakrishnana, and Phani Motamarri. "Residual-based Chebyshev filtered subspace iteration for sparse Hermitian eigenvalue problems tolerant to inexact matrix-vector products with applications to Kohn-Sham density functional theory." arXiv preprint arXiv:2503.22652 (2025). <https://arxiv.org/pdf/2503.22652>.
- [14]. Kushnir, D., M. Galun, and A. Brandt. "Efficient Multilevel Eigensolvers with Applications to Data Analysis Tasks." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 32, No. 5 (2010). <https://www.wisdom.weizmann.ac.il/~achi/LOP154.pdf>.
- [15]. Mukunoki, Daichi, Takeshi Ogita, and Katsuhisa Ozaki. "Accurate and Reproducible Linear Algebra Operations for Many-core Architectures." Russian Supercomputing Days 2019 (2019). <https://russianscdays.org/files/2019/pdf/202.pdf>.
- [16]. Rackauckas, Christopher, Alan Edelman, et al. "Universal Differential Equations for Scientific Machine Learning." arXiv preprint arXiv:2001.04385 (2020). <https://arxiv.org/abs/2001.04385>.
- [17]. Tollardo, A., F. Cadini, M. Giglio, and L. Lomazzi. "DeepF-fNet: A Physics-Informed Neural Network for Vibration Isolation Optimization." arXiv preprint arXiv:2412.21132v1 (2024). <https://arxiv.org/html/2412.21132v1>.
- [18]. Xiong, X., Z. Zhang, R. Hu, C. Gao, and Z. Deng. "Separated-Variable Spectral Neural Networks: A Physics-Informed Learning Approach for High-Frequency PDEs." arXiv preprint arXiv:2508.00628 (2025). <https://arxiv.org/pdf/2508.00628>.
- [19]. Xiao, Zipeng, Siqi Kou, Zhongkai Hao, Bokai Lin, and Zhijie Deng. "Amortized Fourier Neural Operators." NeurIPS 2024. <https://openreview.net/forum?id=a6em980M9x>.

Useful Links and Research Guides

- **ARPACK Software Package:** Provides implementations of Krylov subspace methods for large-scale eigenvalue problems. <https://www.caam.rice.edu/software/ARPACK/>
- **Julia Language and Ecosystem:** A high-performance dynamic language for technical computing, crucial for the differentiable programming approach. <https://julialang.org/>
- **MIT Department of Mathematics - Course Catalog:** Lists advanced courses in scientific machine learning, numerical linear algebra, and sparse matrix methods. <https://student.mit.edu/catalog/m18a.html>

- **The Crunch Group, Brown University - Weekly Seminar Spotlight:** A resource for current research trends in scientific machine learning, including methods for mitigating spectral bias in neural networks. <https://sites.brown.edu/crunch-group/weekly-seminar-spotlight/>
- **NeurIPS-ML4PS-2025 GitHub Repository:** Hosts code implementations for Physics-Informed Neural Networks using Alternating Conditional Sampling (PINN-ACS). https://github.com/NeurIPS-ML4PS-2025/PINN_ACS_CODES
- **PETSc and SLEPc Libraries:** Essential software packages for large-scale scientific computing, providing robust solvers for linear systems and eigenvalue problems. <https://petsc.org/> and <https://slepc.upv.es/>
- **Oak Ridge National Laboratory (NCSC) - Mixed-Precision Survey:** A comprehensive overview of mixed-precision techniques in scientific applications. <https://arxiv.org/pdf/2412.19322>
- **∇^2 DFT Dataset:** A large-scale dataset for quantum chemistry, providing Hamiltonian and overlap matrices crucial for quantum eigenvalue problem research. <https://github.com/AIRI-Institute/nablaDFT>

Publication Prerequisites and terms

- 1- The journal publishes scientific research and studies in statistics and informatics written in Arabic, English and French, to make it clear that research submitted for publication has been published or submitted for publication in magazines or other periodicals or presented and published in periodicals for conferences or seminars.
- 2- Send electronic copies (word & PDF) of the research and studies to the editor should include the name of the researcher or researchers and their scientific titles and places of work with the address of the correspondence, the numbers of telephones and e-mail. The research to be published should be sent electronically in accordance with the specifications below:
 - a. To be printed on A4 paper and be in the form of a single column and use the Type simplified Arabic and Times New Roman for English and French and with a font size (12). Using Microsoft Word and on one face of the paper.
 - b. The margin is 2.5 cm for all sides of the paper.
 - c. The researcher will attach a summary of his research in Arabic, English, or French in no more than one page.
 - d. Place references at the end of the paper and separated page. It is recommended to use the Harvard system of referencing, which (author's name, year of publication, source address, publishing house, country).
 - e. Numbered tables, illustrations, and others as they are received in the research, documents as aliases of the original sources.
 - f. The number of search or study pages should not exceed (25) pages.
- 3- Authors will notified of receiving their research within two working days from the date of receipt of the research.
- 4- Referees will evaluate all submitted research, the Authors will informed of the proposed evaluation and modifications if any within two weeks of receipt of the research.
- 5- The editorial board of the Journal has the right to accept or reject the research and has the right to make any modification or partial redrafting of the material submitted for publication in accordance with the format adopted in its publication after the approval of the researcher.
- 6- Published research becomes the property of the Journal and may not republished elsewhere.
- 7- The articles published in the magazine reflect the opinions of the authors, and do not necessarily reflect the view of the Journal or the Arab Institute for Training and Research in Statistics.
- 8- The research is sent to the magazine's e-mail address:
journal@aitrs.org or Info@aitrs.org

Journal of Statistical Sciences

Scientific Referred Journal

Editorial Board

Editor-in Chief

Dr. Ziad Abedallah

Editorial Secretary

Dr. Bachioua Lahcene

Editorial Board Members

Prof. Dr. Faisal Al-Sharabi
Dr. Salwa Mahmoud Assar
Dr. Hassan Abuhassan

Prof. Dr. Abed Khaliq Tohami
Prof Dr. Ahmed Shaker Almutwali
Dr. Hamid Bouzida

Prof. Dr. Mukhtar Al-Kouki
Prof. Dr. Issa Masarweh

Scientific Consulting Committee

Dr. Qassim Al-Zoubi
Dr. Diaa Awad
Dr. luay shabaneh

Dr. Nabeel M. Shams
Dr. Khalifa Al-Barwani
Prof. Dr. Ghazi Raho
Dr. Ola Awad

Prof. Dr. Awad Haje Ali
Prof. Dr. Maytham Elaibi Ismael
Dr. Mohammed Husain Ali Al-Janabi

Listed in Ulrich's website

www.ulrichsweb.com

Classified in The Arab Citation & Impact Factor (Arcif)

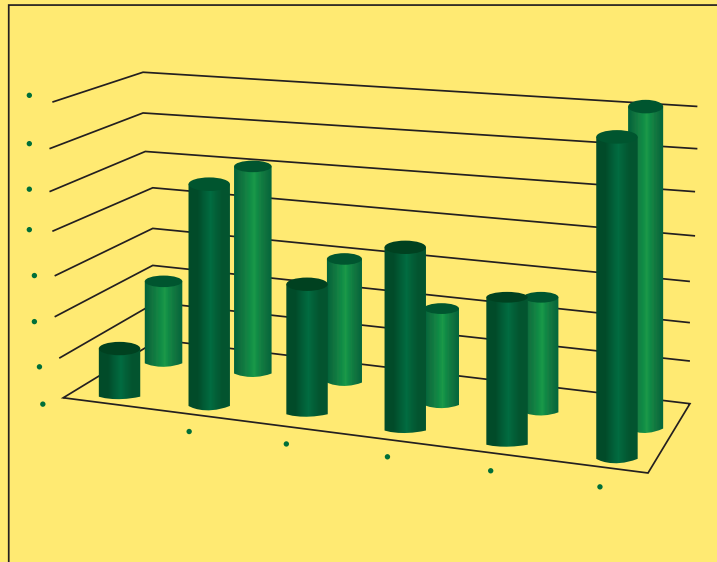
www.emarefa.net/arcif/

ISSN 2522-64X (Online), ISSN 2519-948X (Print)



Arab Institute for Training and Research in Statistics

Journal of Statistical Sciences



Issue No. 30

Scientific Peer-reviewed Journal issued by
Arab Institute for Training and Research in Statistics

Listed in Ulrich's website
www.ulrichsweb.com

Classified in The Arab Citation & Impact Factor (Arcif)
www.emarefa.net/arcif/

ISSN 2522-64X (Online), ISSN 2519-948X (Print)