تحسين الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية باستخدام أساليب دعم القرار متعددة المعايير لدعم استدامة استخدام الطاقة في المنشآت الصناعية

Using Multiple Criteria Decision Support Tools to Enhance the Environmental Internal Control and Auditing and Support Energy Sustainability in the Manufacturing firms

اعداد

د / نور الدين مرتاح حسن بريك

مدرس بقسم المحاسبة –كلية التجارة – جامعة القاهرة

noormirtah@foc.cu.edu.eg

د / مصطفى السيد محمود جودة فرنوي

مدرس بقسم المحاسبة –كلية التجارة – جامعة القاهرة

Mostafa_elsayed_farnawy@foc.cu.edu.eg

المستخلص:

مع زيادة الاهتمام بحماية البيئة من أثر العمليات الإنتاجية في المنشآت الصناعية، تبرز أهمية تحسين وتطوير أنظمة الرقابة والمراجعة البيئية لضمان تحقيق الالتزام البيئي للمنشأة. ولعل من أهم أسس الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية هو التحديد الدقيق للمعايير أو الأساس المرجعي الذي يقود عملية تقييم ورقابة أداء المنشأة ويتم مقارنة الأداء الفعلي به، ومنها معايير استخدام المواد الخام والطاقة بما يضمن الحفاظ على البيئة وفي نفس الوقت تحقيق أهداف التكلفة والربحية. لذلك تستهدف هذه الدراسة تحسين وتطوير أنظمة الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية للمنشأة من خلال تحديد أفضل معيار يمثل المستوى المرجعي لاستخدام مصادر الطاقة المختلفة بما يحقق أهداف

استخدام الطاقة وأهمها: تخفيض التكلفة الاقتصادية وحماية البيئة من الانبعاثات الناتجة عن استخدامها.

ولتحقيق الهدف السابق، تم تطوير نموذج يمكن للقائمين على أنظمة الرقابة والمراجعة البيئية استخدامه الوصول إلى المعيار أو المستوى المرجعي لاستخدام مصادر الطاقة المختلفة اقتصادياً وبيئياً للإنتاج في المنشآت الصناعية، وذلك بالاعتماد على أساليب دعم القرار متعددة المعايير مثل أسلوب التحليل الهرمي (AHP) وأسلوب تحليل التكلفة والعائد(CBA). وقد تم تطبيق النموذج على بيانات استخدام الطاقة التي تم الحصول عليها من خبراء صناعة البتروكيماويات وصناعة الأسمنت المصرية كأحد أهم الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة، بجانب بيانات أخرى ذات صلة بمؤشرات استهلاك الطاقة. أوضحت نتائج الدراسة إمكانية الوصول إلى معيار المستوى المرجعي لاستخدام مصادر الطاقة المختلفة باستخدام النموذج المقترح والذي يحقق أهداف التنمية المستدامة لاستخدام الطاقة في الإنتاج اقتصادياً وبيئياً، والذي يمكن استخدامه من قبل القائمين على الرقابة والمراجعة الداخلية للمنشآت في ضبط الأداء الفعلى لاستخدام الطاقة والذي يراعي البعدين الاقتصادي والبيئي لأحد أهم مدخلات الإنتاج المرتبطة مباشرة بجوانب التنمية الاقتصادية وهي الطاقة.

كلمات الفهرسة:

الرقابة والمراجعة البيئية، الكفاءة الاقتصادية والبيئية لاستخدام الطاقة، معيار المستوى المرجعي لاستخدام للطاقة بيئياً واقتصادياً، أسلوب التحليل الهرمي (AHP)، تحليل التكلفة والعائد.

Abstract:

Preserving environment from the negative impact of production processes has been gaining more attention in the manufacturing sector. Thus, more improving efforts have to be continuously made especially in internal control and auditing activities to ensure firm environmental compliance. One of the first and most critical components of environmental internal control and auditing is setting precise and efficient standards, using which managers can compare to the real performance measures, especially those of using energy and raw materials in production, to protect environment and achieving cost targets and hence profitability. This study aims at developing a model to detect the best benchmark standard of using energy in production that would meet economic and environmental cost targets, to be relied on be managers of environmental internal control and audit in manufacturing firm in Egypt.

This aim has been achieved through developing and testing a two phase model to determine the best benchmark standard, combining both environmental and economic aspects of energy sources in manufacturing firms, to assess the impact of industry`s energy use economically and environmentally, and to meet goals of using energy such as reducing costs and mitigating carbon emissions. Data related to energy consumption in reality from petrochemical manufacturing sector was obtained to test the proposed model, which use two decision support tools, respectively: Analytical Hierarchy Process and Cost-Benefit Analysis.

The results indicate that the proposed model is applicable in practice, and the results of using such model have proven valuable in setting the most precise benchmark standard of using energy, and offers the most satisfying solution, which can be used by internal control and auditing of environmental activities of energy use to meet energy goals (Cost; Emissions).

Keywords: Environmental Internal Control, Environmental Internal Auditing, the best benchmark standard of using Energy resources in production, Energy Ecological & Economic Efficiency, Analytic Hierarchy Process-AHP, Cost Benefit Analysis-CBA

مقدمة:

أكد التقرير الشامل للبنك الدولي لعام ٢٠٢٢، وخاصة في الجانب البيئي، أن خسائر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بسبب التلوث بلغت ما يتجاوز ١٤٠ مليار دولار أمريكي، مما جعل التقرير يوصي دول المنطقة بضرورة جعل اقتصادياتها "أكثر خضرة" على حد تعبيرها. وعلى مستوى الاقتصاد المحلي المصري أظهر التقرير أن التلوث الناتج عن الأنشطة الاقتصادية وخاصة الصناعية منها يكلف الدولة ما يُقدر ب (٣ %) من الناتج المحلي الإجمالي، وهو ما يمثل جرس إنذار لمدى مقدار التكاليف البيئية والذي دفع الحكومة المصرية لمزيد من المبادرات في مجال البيئة، والتي كان أبرزها استضافة مصر للمؤتمر العالمي للمناخ (COP/27)، والذي يُعد ناجحاً على مستوى العالم كله في تعهد المزيد من الدول للاهتمام بالمشروعات والخطط والمنهجيات البيئية التي تحقق الهدف من المؤتمر وهو الحفاظ على البيئة للأجيال القادمة وتحقيق التنمية المستدامة.

وقد أشار التقرير السابق إلى أن أبرز أسباب التلوث تتمثل في: أولاً استخدام مصادر الطاقة التقليدية ذات الجودة المنخفضة بشكل غير كفء وغير مخطط، وثانياً وهو الأهم من وجهة نظر الباحث هو ضعف مستويات وضع المعايير البيئية التي تعتمد عليها إدارة الرقابة والمراجعة الداخلية في المنشأة، حيث تتسم عملية تحديد المعايير والمستويات الجيدة بالتعقيد بسبب ضعف مرونة التعامل مع مصادر الطاقة التقليدية لمحدوديتها وحاجة المنشآت الصناعية لها في الأنشطة الإنتاجية مع ضعف المصادر الجديدة من الطاقة وخاصة المتجددة في تلبية احتياجات منشآت القطاع الصناعي بشكل خاص.

يأتي ما سبق في ظل ضرورة التزام منشآت الأعمال وفقاً لنظرية العقد الاجتماعي(Social Contract Theory) بتحقيق التنمية الاقتصادية للمجتمع وفي نفس الوقت تقليل الآثار السلبية لأنشطتها على البيئة المحيطة، في ظل الحاجة الملحة لتقليل معدلات التلوث التي تؤدي إلى الاحتباس الحراري. وتزايد الحاجة إلى وضع التوازن البيئي كمحور أساسي مع تحقيق التنمية الاقتصادية وفقاً لمفهوم التنمية المستدامة(Sustainable Development). وبالتالي أصبح

على منشـــآت الأعمال خلال عملية اتخاذ القرارات ضـــرورة تحقيق التوازن بين تحقيق الأرباح الاقتصـــادية والتأثيرات البيئية المترتبة على هذه القرارات(Zairi, 2000;Rodgers & Housel, 2004; Gray et al, 1988).

طبيعة المشكلة:

تحقيقاً لمبدأ الكفاءة الاقتصـــادية البيئية (Eco-efficiency)، تلتزم منشـــآت الأعمال بالاهتمام المســـتمر بتخطيط ورقابة وتحقيق الاســـتخدام الأمثل لثروات وموارد المجتمع، وذلك لأن زيادة الربحية على حســـاب إهمال التأثيرات البيئية لأنشطة المنشأة سوف يؤثر سلبياً على الربحية على المدى الطويل (Cowen et al وأســاليب لقياس ورقابة ما تســببه الطاقة من تلوث للبيئة نتيجة اســتخدامها في الإنتاج، ووضع معايير ومستويات يجب الالتزام بها.

وتتمثل أهم مصـادر الطاقة المسـتخدمة في القطاع الصـناعي (كثيف اسـتهلاك الطاقة) في الفحم والبترول والغاز الطبيعي، والتي تمثل المحرك الأسـاسـي للنشـاط الصـناعي، لقدرتها على توفير الطاقة الحرارية اللازمة للإنتاج. وتمثل تكلفة الطاقة نســبة كبيرة من إجمالي تكلفة الإنتاج في بعض الصـــناعات الاســـتراتيجية كثيفة استهلاك الطاقة، في ظل نقص الإمدادات من هذه المصادر غير المتجددة (محمود جيلاني، ٢٠١٥;Zhang et al., 2015). على الجانب الآخر، فإن مشـــكلة اســـتخدام الطاقة في الصـــناعة ترتبط بكمية الانبعاثات الكربونية الناتجة من اســـتخدامها وما يترتب عليها من تلوث الهواء الذى يســـبب ظاهرة الإحتباس الحراري(Global Warming)، وما تتحمله المنشـــأة من تكاليف (إجبارية او اختيـاريـة) للحفـاظ على البيئـة (Datta et al., 2011; Andersson et al., 2020).

وللتعامل مع مشـكلة الاسـتخدام المتوازن للطاقة، فإن المنشـآت الصـناعية قد تعتمد على مصـادر الطاقة منخفضـة الانبعاثات مع تحمل تكلفتها المرتفعة نتيجة زيادة أســعارها مثل الغاز الطبيعي. أو قد تعتمد المنشـــآت على مصـــادر الطاقة منخفضـة التكلفة ذات الانبعاثات الكبيرة مع تحمل التكاليف البيئية الناتجة عن تلك المصـادر مثل الفحم. أو أن تلجأ المنشـآت إلى اسـتخدام مزيج من مصـادر مختلفة للطاقة يوازن بين الجانب الاقتصـــادي (التكلفة) وبين الجانب البيئي (الانبعاثات)،

وبالتالي يصبح هدف المنشأة تخفيض كمية الطاقة اللازمة لإنتاج مستوى معين من الإنتاج وفي نفس الوقت تخفيض مستوى التلوث الناتج عنها (Radwan, 2012; Worrel et al., 2009).

ولتحقيق الالتزام البيئي، فقد تزايد دور الإدارة البيئية في المنشـــأة وازدادت حاجتها إلى معلومات دقيقة يمكن الاعتماد عليها لأداء مهامها مثل التخطيط والرقابة والمراجعة الداخلية بكفاة وفعالية، مما يؤكد مدى أهمية توافر معلومات عن التكاليف البيئية والأداء البيئى للمنشأة عند اتخاذ قرارات1987 ,.).

مما زاد من أهمية تطوير نظم الرقابة والمراجعة البيئية خاصة في المنشآت التي تتصف بحساسية أنشطتها وعملياتها تجاه البيئة مثل المنشآت الصناعية. حيث تهدف نظم الرقابة والمراجعة البيئية إلى دمج القضـــايا البيئية ضـــمن نظم الرقابة والمراجعة لدى كل منشأة لضمان الالتزام البيئي عند ممارسة الأنشطة الإنتاجية المختلفة (Al Hanini 2021; UNDSD, 2001). ولذلك أصبح على منشآت الأعمال كلها وخاصة المنشآت الصناعية ضرورة تطوير طرق
تتعلق بالمحافظة على البيئة وتأكيد الالتزام البيئي في أنشطة وعمليات المنشأة (عز الدين فكري، ٢٠١١: صفاء محمد عبدالدايم، ٢٠٠٣:Wade, 1995). هذا، وقد أصبح الأداء البيئي من أركان الأداء العام للمنشأة وله من الأهمية ما للأداء المالي والتشغيلي ومن أكثر العوامل أهمية للوصول إلى المزايا التنافسية، ويعكس كفاءة المنشـــأة في إدارة أي تفاعل بين أنشـــطتها وعملياتها وبين البيئة المحيطة بهدف تخفيض الآثار السلبية في صورة انبعاثات كربونية إلى الهواء أو مخلفات صلبة أو مخلفات سائلة (UNDSD, 2001).

ومن أهم مجالات تحســـين الأداء البيئي هو رقابة وتقييم مدخلات العملية الإنتاجية من مواد خام وطاقة لازمة لعملية الإنتاج، والبحث عن وســـائل لتقليل استخدام المواد ومصادر الطاقة التي تضر بالبيئة (Darnall et al., 2008; Henri & Journeault, 2010). ولذلك فقد أصبح من الضروري تطوير نظم الإدارة وما تشتمل عليه من نظم الرقابة والمراجعة الداخلية بما يجعلها تشمل كافة الجوانب المالية والاقتصادية والبيئية خاصة وأن الكثير من التكاليف المترتبة على أنشطة حماية البيئة يمكن تخفيضها عن طريق القرارات الإدارية (Bennet &;

James, 1998 عز الدين فكري، ٢٠١١: أمين السيد، ٢٠٠٥). وتفيد الدراسة الحالية في تأكيد دور المراجعة الداخلية على أنشطة حماية البيئة من وجهة نظر المراجع الداخلي مع إمكانية استخدامها من قبل المراجع الخارجي كمقياس مرجعي.

ومن ثم يرى الباحثان أن هناك ضرورة لتطوير أساليب الرقابة والمراجعة البيئية، خاصة مع تطور أساليب القياس الكمية، وأهمها أساليب بحوث العمليات، ومن ثم إمكانية التحديد الدقيق للمعيار المرجعي لاستخدام الطاقة اقتصاديا وبيئياً، والذي يمكن للقائمين على المراجعة والرقابة البيئية الاستناد اليه عند تقييم الاستخدام الفعلي للطاقة في المنشآت الصناعية ومن ثم إمكانية تحسين الأداء الفعلي في ضوء استخدام الطاقة في الواقع العملي للصناعة.

بناء على ما سبق، تكمن مشكلة البحث في صعوبة تحديد المعيار المرجعي الأفضل لاستهلاك الطاقة من مصادرها المختلفة، الذى يشمل الجانبين الاقتصادي والبيئي، والذي يمكن استخدامه في رقابة ومراجعة الأداء البيئي في المنشآت الصناعية كثيفة استهلاك الطاقة، خاصة مع تعارض تحقيق الجانب الاقتصادي لاستخدام الطاقة مع البعد البيئي، وذلك لاختلاف مصادر الطاقة فيما بينها من ناحية التكلفة ومن ناحية الأثر البيئي.

الأسئلة البحثية:

يشتمل البحث على مجموعة من الأسئلة التي تعكس المشكلة البحثية فيما يلي:

- كيف يمكن للقائمين على نظم المراجعة والرقابة البيئية تحديد مستوى المعيار المرجعي الذي يمكن الاستناد عليه في التقييم الشامل لكل من الأثر المالي والأثر البيئي لاستخدام الطاقة في المنشآت الصناعية والحكم على الأداء الفعلي ؟
- هل من الممكن دمج الجانبين البيئي والاقتصادي في نموذج كمي واحد عند تحديد المعيار المرجعي لاستخدام الطاقة في المنشأة الصناعية ؟
- هل يمكن تطبيق النموذج المقترح في الواقع العملي في المنشآت الصناعية في تحديد المعيار المرجعي لاستخدام الطاقة وخدمة وظيفة الرقابة والمراجعة البيئية وبالتالي تحسين وتطوير عمليات الرقابة والمراجعة البيئية بما يحقق ابعاد التنمية المستدامة الاقتصادية والبيئية ؟

هدف البحث:

يهدف البحث إلى تقديم أسلوب كمي يمكن استخدامه في وظيفة الرقابة والمراجعة الداخلية وذلك للوصول إلى المعيار المرجعي الأفضل لاستخدام الطاقة في المنشآت الصناعية كثيفة استهلاك الطاقة بحيث يستخدم كمقياس مرجعي لكفاءة استخدام الطاقة اقتصادياً وبيئياً.

ويشتمل الهدف السابق على مايلي:

- تطوير نظام الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية في المنشآت الصناعية وجهود قياس وتقييم وإدارة التلوث البيئي، بحيث تصبح الإدارة البيئية أكثر فاعلية في الرقابة على ومراجعة والوقاية من مخاطر التلوث، من خلال تطوير الإجراءات الرقابية على الأنشطة الإنتاجية ذات التأثير البيئي ووضع المعايير ومقاييس دقيقة للملوثات البيئية المسموح بها، بحيث يتم مراقبة التلوث البيئي عند حدوثه ومحاولة تجنبه وتخفيضه قدر الإمكان.
- تطوير أسلوب كمي يمكن الاعتماد عليه في تحديد المعيار المرجعي الأفضل لاستخدام الطاقة في ضوء أهداف المنشأة، بحيث يتم دمج البُعد الاقتصادي (التكلفة) مع البُعد البيئي (الانبعاثات الكربونية)، وذلك باستخدام الأدوات الكمية المناسبة في إطار متكامل، ومن ثم إمكانية المقارنة بين المعيار المرجعي وبين الاستخدام الفعلي للطاقة في المنشآت الصناعية وتحديد الانحرافات ومعالجتها.
- اختبار الأسلوب المقترح في الواقع العملي على بيانات عملية وذلك لتحديد مدى امكانية تطبيق الأسلوب المقترح في المنشآت الصناعية المصرية.

منهج البحث:

يبدأ البحث بالإطار النظري والمفاهيمي الخاص بمكونات المشكلة البحثية، ثم تحليل ومناقشة ما تم تناوله في دراسات الأدب المحاسبي المرتبطة بالرقابة والمراجعة البيئية وتقييم الأثر البيئي لاستخدام الطاقة في الصناعة. يلي ما سبق صياغة النموذج المقترح بمكوناته، ثم تنفيذ الدراسة العملية على بيانات منشآت صناعية مصرية، مع الاستعانة ببيانات استخدام الطاقة في الصناعة وذلك لتطبيق الأسلوب المقترح، ثم تقييم استخدام المعيار المرجعي لاستخدام الطاقة اقتصادياً وبيئياً في المراجعة والرقابة

البيئية في المنشآت الصناعية، ومن ثم مناقشة النتائج وتحليلها في ضوء أهداف البحث.

حدود البحث:

يقتصر هذا البحث على مجال الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية في المنشآت الصناعية لخدمة الأطراف الداخلية في المنشأة، ولا يتناول البحث مجال الإفصاح عن المسئولية الاجتماعية لأصحاب المصالح أو الأطراف الخارجية ذات العلاقة. كما تقتصر الدراسة العملية على تطبيق الأسلوب المقترح باستخدام المقاييس الكمية وليس النوعية، في حدود ما أمكن للباحثين الوصول إليه، وفي صناعات البتروكيماويات والأسمدة والخبراء فيها كمجال للتطبيق العملي وكمثال على الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة.

خطة البحث:

يشتمل الجزء الآتي من البحث على النقاط التالية:

١: الإدارة البيئية في منشأت الأعمال:
٢: الرقابة البيئة:
٣: المراجعة الداخلية البيئية:
٤: الإدارة البيئية لاستخدام الطاقة في الصناعة:
٥: مناقشة للدراسات السابقة المرتبطة بموضوع البحث:
٦: نموذج مقترح لتحديد معيار القياس المرجعي للرقابة والمراجعة البيئية لاستخدام الطاقة في الصناعة:
٧: نتائج التطبيق العملي للنموذج المقترح:
٨: خلاصة البحث:
٩: توصيات البحث:
١٠: مراجع البحث:

١: الإدارة البيئية في منشأت الأعمال

نظراً لأن الاهتمام بالبيئة وحمايتها من الأثر السلبي للعمليات والأنشطة أصبح أمر حتمي في منشآت الأعمال للحد من تلوث البيئة والمحافظة على الموارد الطبيعية، بما يحقق التوازن بين الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة بيئياً واجتماعياً واقتصادياً، فقد

تزايد دور الإدارة البيئية ووظائفها في منشآت الأعمال عامةً والصناعية على وجه الخصوص، حيث تهدف الإدارة البيئية إلى التحكم في الأثر البيئي الذي تحدثه أنشطة وعمليات المنشأة بهدف تخفيضه، من خلال دمج الأهداف البيئية كإحدى المدخلات الرئيسية في أنشطة الإدارة المختلفة مثل التخطيط والرقابة (محمد عبد الحميد، ٢٠٠٦: Soh, & Martinov-Bennie, 2015). ولتحقيق الالتزام بالمعايير والقوانين البيئية وتحت ضغط عامل التكلفة التي تتحملها المنشآت لتحسين أدائها البيئي، ظهر مفهوم الكفاءة الاقتصادية البيئية (Ecological- Economic Efficiency) ليعكس العلاقة بين تكلفة المنتج المالية (استهلاك المواد الخام والطاقة) وتكلفة إنتاجه البيئية (التأثير البيئي والانبعاثات (Cowen et al., 1987).

وقد اهتمت المعايير الدولية بإدارة الطاقة على وجه التحديد كأحد أهم العوامل المسببة للتلوث وأكثرها من ناحية التأثير الاقتصادي، حيث يعد معيار الأيزو (ISO 50001) ترجمة لمدى الاهتمام الدولي بإدارة الطاقة في المنشآت الصناعية لتحقيق ثلاثة أهداف هي تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، وتخفيض تكلفتها المالية وتخفيض الانبعاثات الكربونية الناتجة من استخدامها، خاصةً وأن تشريعات الكثير من الدول تجبر المنشآت على اتخاذ إجراءات تمنع وتعالج التلوث مما يمثل تكلفة زائدة على المنشأة تؤثر على جانب الربحية (ISO, 2011; Wade, 1995; Al Hanini, 2021).

ويرى الباحثان ضرورة تناول موضوع حماية البيئة من أنشطة منشآت الأعمال وخاصة المنشآت الصناعية من خلال التدرج العلمي والمفاهيمي في إطاره الشامل من خلال تناول نظام الإدارة البيئية الذي يشتمل على نظام الرقابة الإدارية البيئية الذي بدوره يشتمل على وظيفة المراجعة الداخلية البيئية. وفيما يلي يتناول الباحث بشكل موجز مفاهيم الإدارة البيئية والرقابة البيئية ومفهوم المراجعة الداخلية على البيئية وعلاقتها بمجال الرقابة على استخدام الطاقة في المنشآت الصناعية، تمهيداً للجزء التطبيقي بما يخدم أهداف البحث.

وقد أصبح من الضروري تطوير نظم الإدارة وما تشتمل عليه من نظم الرقابة والمراجعة الداخلية بما يجعلها تشمل كافة الجوانب المالية والاقتصادية والبيئية خاصة وأن الكثير من التكاليف المترتبة على أنشطة حماية البيئة، وهذه التكاليف يمكن

تخفيضها عن طريق القرارات الإدارية (عز الدين فكري، ٢٠١١ & Harasheh Provasi, 2023;). هذا، ويُعد الأداء البيئي في الوقت الحالي أحد أركان استراتيجية المنشأة وجزءاً مكملاً في أدائها ومن أكثر العوامل أهمية للوصول إلى المزايا التنافسية، حيث يُعرف الأداء البيئي بأنه كفاءة المنشأة في إدارة أي تفاعل بين أنشطتها وعملياتها وبين البيئة، لتخفيض الآثار البيئية السلبية التي تسبب التلوث سواء في صورة انبعاثات كربونية إلى الهواء أو مخلفات صلبة أو مخلفات سائلة (UNDSD, 2001). ويشتمل تخطيط الأداء البيئي على عدة أهداف أهمها: التحكم في والرقابة على مدخلات العملية الإنتاجية من مواد خام وطاقة لازمة لعملية الإنتاج، ووضع المعايير الدقيقة للرقابة البيئية على استخدام أي عناصر قد تضر بالبيئة المحيطة بالمنشأة(Soh & Martinov-Bennie, 2015; Henri & Journeault, 2010). وبالتالي تكتسب وظيفة الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية أهميتها مما سبق.

٢: الرقابة البيئة:

١/٢: مفهوم الرقابة البيئة وأهدافها ومتطلبات تطبيقها

تمثل الرقابة بوجه عام إحدى أهم وظائف الإدارة، وتهدف إلى مساعدة الإدارة على التأكد من أن الأداء الفعلي يطابق الخطط والمعايير الموضوعة وضمان كفاءة العمليات والأنشطة وفعاليتها. ويُعرف نظام الرقابة الداخلية على تكاليف التلوث البيئي كجزء من الإدارة البيئية بأنه مجموعة السياسات والإجراءات التي تضعها الإدارة لمساعدتها في تحقيق أهدافها البيئية ومنها حماية الموجودات البيئية، والتأكد من الالتزام بتطبيق القوانين والتشريعات البيئية، وتهيئة المعلومات المالية وغير المالية البيئية، وتنظيم العمل بما يمكن من تحقيق الأهداف السابقة. وتعتمد وظيفة الرقابة البيئية بالضرورة على نظام الرقابة الداخلية البيئية المطبق في المنشأة في تحقيق أهدافها، حيث تهدف عملية المراجعة الداخلية لنظام الإدارة البيئية إلى: الرقابة على جودة الأداء البيئي، ومنع المخالفات المحتملة للالتزامات البيئية، وإنتاج توصيات موثقة للإدارة والقطاعات التي ينتج عنها مزيدا من التلوث بالمقارنة (Rodgers & Housel, 2004; Soh, & Martinov-Bennie, 2015; Scully & Accardi, 1993; Ubaldini, 1995).

وقد أشار معهد المراجعين الداخليين الأمريكي (IIA) في تعريفه للمراجعة الداخلية إلى أن من أهم أهدافها هو مساعدة المنشأة في تحقيق أهدافها من خلال تقديم طريقة منهجية منظمة لتقييم وتحسين فعالية وظيفة الرقابة وإدارة المخاطر في مختلف مجالات العمل في المنشأة حيث إن تقييم المخاطر وإدارتها هي ركن أساسي من مهام إدارة المراجعة الداخلية (Rodgers & Housel, 2004; Harasheh & Provasi, 2023;).

ويرى الباحثان أنه يجب على المراجعين الداخليين التركيز على مخاطر النشاط الرئيسية ومن أهمها المخاطر البيئية، وأن يتوافر لدى المراجعين الداخليين القدرة الكافية للتعامل مع المشكلات المتعلقة بهذه المخاطر، وتحديد وإدارة تلك المخاطر ارتباطاً باستراتيجية المنشأة، مما يمثل مصدر القوة الذي يسمح للمراجعين الداخليين القيام بدور هام في تحقيق أهداف المنشأة ومواجهة أي مخاطر مستجدة بشكل أفضل.

٢/٢: متطلبات تطبيق الرقابة البيئة

وهناك بعض العوامل التي يجب توافرها في النظام السليم للرقابة الداخلية على تكاليف التلوث البيئي توافرها، ومن أهمها ما يلي وفقاً لدراسات(Al Hanini 2021; Harasheh & Provasi 2023; أمين السيد، ٢٠٠٥ & Soh ; Martinov-Bennie, 2015; Ubaldini, 1995; IIA, 2022):

- توافر نظام إدارة بيئية فعال يهتم بالمسؤوليات والممارسات وأساليب العمل والعمليات والموارد لغرض تطوير وتنفيذ وإنجاز ومراجعة تنفيذ السياسة البيئية.
- وضع معايير بيئية دقيقة لحماية البيئة وعناصرها المختلفة وحفظ التوازن الطبيعي بين الأهداف الاقتصادية والبيئية.
- وجود فريق كفء يتولى القيام بعملية الرقابة البيئية يضم اختصاصات المحاسبة والاقتصاد والتلوث البيئي وخبراء في الصناعة ومحللين ماليين.
- توافر نظام للمحاسبة البيئية ينتج معلومات عن أثر ممارسة الوحدة لأنشطتها على البيئة واستخدام المعلومات الناجمة عن ذلك في حماية البيئة بشكل يمكن من الرقابة وتقويم الأداء البيئي للوحدة.

- وجود نظام مراجعة بيئية داخلية يفحص بشكل منظم وموثوق كافة الممارسات البيئية، ويتحقق من الوفاء بالمتطلبات البيئية التي تفرضها القوانين المنظمة للبيئة او سياسات المنشأة.

وتضيف دراسات (Al Hanini 2021; Wade, 1995; Shih et al., 2006; Soh, & Martinov-Bennie, 2015) أن أفضل ممارسات الوحدة تجاه الأمور البيئية ورقابة نظام الإدارة البيئية يجب أن تتضمن: وضع سياسة بيئية تضم المعايير البيئية الدقيقة التي تراعي الجوانب البيئية والمقتضيات القانونية وغيرها في الاعتبار عند تخطيط وتحديد أهداف الإدارة البيئية وتنفيذ الخطط والسياسات البيئية، ثم الرقابة واتخاذ الإجراءات التصحيحية وتحديد أسباب عدم المطابقة مع الخطط واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة. كما أن أكبر مخاطر للرقابة هو مخاطر المعلومات الخاطئة سواء في المعايير الرقابية غير الدقيقة او التقديرات الخاطئة التي لا يمكن اكتشافها وتصحيحها في الوقت المناسب بواسطة نظام الرقابة الداخلية، ولذلك قد تلجأ الإدارة إلى طلب استشارات فنية من مختصين، كالمحاسبين والمهندسين وخبراء البيئة، لمساعدتها في وضع التقديرات المحاسبية المتعلقة بالأمور البيئية.

وتؤكد دراسات (Scully & Accardi, 1993 ; أمين السيد، ٢٠٠٥) على أهمية مراقبة الالتزام بالسياسات البيئية للوحدة وبالقوانين والأنظمة البيئية ذات العلاقة، وكذلك توفير مطابقات للمعلومات البيئية مع المعلومات المالية المرتبطة بها. ثم المتابعة المستمرة والتقييم الدوري لمختلف مكونات الرقابة الداخلية لتحديد مدى الحاجة لإجراء التطوير والتحديث المطلوب لمسايرة المستجدات في بيئة الاعمال وتفادي احتمال تقادم الرقابة الداخلية. إذ أن نظام الرقابة الداخلية بما يشتمل عليه من معايير وأهداف وخطط عرضة للتقادم فقد يصبح مع مرور الزمن وتغير الظروف غير مناسب مما يستوجب تطويرها بشكل دوري.

ويرى الباحثان أن المخاطر البيئية من أهم المخاطر التي تواجهها المنشأة والتي يجب على المراجعة الداخلية تحديدها وتحليلها وتقييمها واقتراح الأساليب الملائمة للتعامل معها، ومساعدة الإدارة في التأكد من سلامة التنفيذ تلك الأساليب، تحقيقاً

للرقابة الفعالة على أداء الأنشطة البيئية بما يحقق أهداف واستراتيجيات المنشأة ويضمن بقاءها واستمرارها في بيئة الأعمال.

يرتكز نظام الرقابة الداخلية على وظيفة المراجعة الداخلية لتحقيق أهدافه، حيث تُعد المراجعة الداخلية لنظم الإدارة البيئية أحد المكونات الرئيسية في تحقيق فعالية نظام الرقابة الادارية على الممارسات البيئية، ويتم من خلالها تقييم الرقابة البيئية الخاصة بالمنشأة والسياسات الداخلية البيئية، وتوجيه اهتمام المسؤولين في المنشأة نحو تطوير وتحسين طرق وأساليب الوقاية من عناصر التلوث البيئي ومعالجتها للحد من آثارها(Soh, & Martinov-Bennie, 2015; Al Hanini, 2021).

وفيما يلي عرض مختصر للمراجعة الداخلية البيئية ارتباطاً بموضوع البحث،

٣: المراجعة الداخلية البيئية

١/٣: مفهوم المراجعة الداخلية البيئية وأهدافها

تعددت تعريفات المراجعة البيئية على مستوى الجهات الرقابية المنظمة وأيضاً على مستوى الدراسات المحاسبية ذات العلاقة، حيث عرفها معهد المراجعين الداخليين الأمريكي (IIA, 2022) (IIA–Institute of Internal Auditors) بأنها جزء متكامل من نظام الإدارة البيئية للمنشأة يمكن من خلاله تقييم مدى كفاية وملاءمة نظم الرقابة البيئية بالمنشأة لتحقيق أهدافها في حماية البيئة من الآثار الضارة لأنشطة المنشأة وعملياتها، ولضمان الالتزام بالمتطلبات القانونية والتشريعية بالإضافة إلى متطلبات السياسة الداخلية. كما عرفها معيار الأيزو ١٤٠٠١– بأنها عملية منظمة وموثقة تهدف إلى فحص وتقييم نظام الإدارة البيئية وتحديد ما إذا كان هذا النظام يتوافق مع المقاييس والمعايير التي تعمل بها المنظمة ومساعدة المنشأة في تحقيق أهدافها باستخدام منهجية منظمة لتقييم وتحسين فعالية عمليات إدارة المخاطر والرقابة وتوصيل نتائج هذه العملية للإدارة (عمرو عبد البر، ٢٠٠٣:أمين السيد، ٢٠٠٥).

في حين عرفها أخرون بأنها نشاط مستقل داخل للمنشأة وتتضمن عدة مهام منها: تحديد وتقييم مستوى التزام العاملين بالسياسات والخطط التي أعدتها الإدارة، ومدى الاعتماد على البيانات والمعلومات المحاسبية والمالية المتاحة للإدارة في تنفيذ مهامها والوفاء بمسؤولياتها، وتطورت نتيجة لزيادة الاهتمام بالبيئة والقوانين البيئية التي تدعم

اتجاه التنمية المستدامة لتحقيق الأهداف الاقتصادية دون تدمير للبيئة وإفسادها واستنفاد للموارد النادرة، وتستهدف تمكين المنشآت للتعرف على المشاكل البيئية وأسبابها والعواقب التي قد تترتب عليها وقياس مدى التقدم في حلها. وتزايدت الحاجة إلى تطوير أساليب المراجعة البيئية بشكل مستمر نتيجة تطور بيئة الأعمال وظهور بعض المستجدات والصعوبات التي يمكن أن تحد من فعاليتها في للمنشأة، خاصة مع التطور المستمر للصناعة واستخدام أنواع الطاقة المختلفة والتكنولوجيا المتطورة في الإنتاج (Shih et al., 2006; Akers & Klos 1995; Soh & Martinov-Bennie, 2015).

بينما عرفتها دراسات (Wade, 1995; Rodgers & Housel, 2004) بأنها فحص فني منظم وموثق وهي عملية تقييم داخلية يقوم بها فريق عمل من مراجعين داخليين وفنيين متخصصين في مجال البيئة للتحقق من جودة الأداء البيئي وذلك بهدف المساهمة في حماية البيئة وتقييم مدى التوافق مع سياسات الشركة الخاصة بالالتزام بالمعايير والمتطلبات التي تفرضها قوانين حماية البيئة السارية عالميا ومحلياً، وتشتمل على عدة مهام منها فحص وتقييم للنظم البيئية بإدارة المنشأة والتحقق من مدى التزام المنشأة بالمتطلبات القانونية وبالسياسات والبرامج المرتبطة بالأنشطة البيئية. وقد دفعت العديد من داخليا.

وتتمثل أهم المشكلات التي تواجه أنظمة الإدارة البيئية في تحديد أفضل معايير تمثل المقياس المرجعي الأمثل الذي تعتمد عليه عمليات المراجعة البيئية، وأن يتم تطوير هذه المعايير والبرامج بصفة دورية، بهدف تحديد مدى تطابق نظام الإدارة البيئية مع الأهداف المخططة للإدارة البيئية، وما إذا كان نظام الإدارة البيئية يتم تنفيذه بالشكل الصحيح، ومن ثم توفير المعلومات عن نتائج المراجعات وابلاغها للإدارة. خاصة في ظل تزايد متطلبات الجهات والمنظمات الرقابية الدولية والمحلية في مجال البيئة بتطوير معايير دقيقة لكيفية التعامل مع الموارد المتاحة من حيث الاستهلاك ومعدلات التلوث الناتج عنها، ولقد أصبح لدى العديد من المنشآت الاقتصادية في الدول المتقدمة برامج مراجعة بيئية رسمية لتطبيقها بما يتوازن مع المعايير البيئية العالمية، خاصة وأن التزام إدارة المنشأة بمسؤوليتها تجاه البيئة ينشأ عنه تحملها

لتكاليف وأعباء مالية تؤثر على الربح المحقق (Harasheh & Provasi 2023; Shih et al., 2006; Al Hanini, 2021).

وتبرز أهمية المراجعة الداخلية لنظام الإدارة البيئية باعتبارها أحد اهم مكونات برامج الإدارة البيئية نتيجة لأسباب متعددة أهمها ما يلي: (أمين السيد، ٢٠٠٥: Al Hanini 2021; Scully & Accardi, 1993; Rodgers & Housel, 2004; Harasheh & Provasi 2023; Akers & Klos 1995; Shih et al., 2006; IIA, 2022)

- ❖ تسبب الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة في مخاطر بيئية كبيرة، إذ أن العمليات الإنتاجية ينتج عنها مواد خطرة وتؤثر على البيئة الداخلية والخارجية للشركة، في صورة انبعاثات كربونية والتي تؤدي بدورها إلى الإضرار بالبيئة إذا لم تعالج بطريقة صحيحة وعلمية.
- ❖ وضع قوانين واجبة التطبيق من قبل جهات رقابية خارجية تراقب قيام المنشأة باتخاذ اجراءات لحماية البيئة وتقليل حجم الملوثات التي تطرحها الشركة أثناء العملية الإنتاجية، وإلاّ تعرضت لغرامات وعقوبات كبيرة تصل إلى وقف أنشطتها.

- ❖ تزايد أهمية وضع سياسات داخلية بيئية وإجراءات تقليل الفاقد وأوجه الاسراف، إلى جانب الإجراءات الأخرى المرتبطة بالشئون البيئية، وبناء على نتائجها يتقرر مدى صحة انظمة الإدارة البيئية ومدى نجاحها في أداء عملها، ومن ثم فإنها توفر المعلومات التي تساعد في تحسين برامج الإدارة البيئية بالإضافة إلى ما تحققه من رقابة على التكاليف.

٢/٣: أنواع المراجعة البيئية:

أوردت العديد من دراسات الادب المحاسبي أنواع متعددة للمراجعة البيئية، والتي من أهمها ارتباطاً بموضوع البحث ما يلي: (أمين السيد، ٢٠٠٥: Al Hanini 2021; Akers & Klos, 1995; IIA, 2022; Soh & Martinov-Bennie, 2015)

- ❖ مراجعة نظم الإدارة البيئية: وتغطي إجراءات الإدارة للعمليات البيئية للمنشأة، والهدف منها تقييم فعالية نظام الإدارة البيئية وفحص إجراءات الإدارة البيئية للمنشأة. ويتم من خلالها توضيح ما إذا كانت نظم الإدارة القائمة حاليا تعمل بطريقة ملائمة لإدارة الأخطار المتوقعة.
- ❖ مراجعة الالتزام البيئي: وتهدف للتحقق أن وحدة العمل تتبع القوانين والسياسات والإجراءات القانونية والتنظيمية المناسبة. وهي من أكثر صور المراجعة البيئية انتشارا وذلك بسبب المسئولية المدنية والجنائية التي تنشأ نتيجة انتهاك القوانين البيئية، وهي مراجعة تفصيلية تنصب على العمليات والأنشطة ذات التأثير البيئي، وتتضمن كذلك التأكد من الالتزام بالحدود والنسب المسموح بها.
- ❖ مراجعة منع التلوث: وتتضمن إجراءات عملية تهدف إلى التعرف على الفرص التي يمكن عن طريقها جعل النفايات عند الحد الأدنى والقضاء على التلوث من المصدر بدلاً من محاولة السيطرة عليها في نهاية العملية الإنتاجية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال تنظيم أو استبدال الخامات، وبرامج المحافظة على الطاقة.
- ❖ المراجعة المالية الناشئة عن المسئولية البيئية وهي التحقق من سلامة ومعقولية المعايير والتقديرات المحددة للالتزامات المحتملة والمتوقعة، وسلامة أساليب الإفصاح عنها في التقارير المالية.
- ❖ مراجعة الأداء البيئي وخفض التلوث والتي تستهدف خفض استخدام المواد الخام والطاقة وخفض التلوث عند المنبع والذي من شأنه أن يزيد من ربحية المنشأة وذلك من أجل الوصول إلى أفضل استغلال للموارد وتحسين أداء العمليات.
- ❖ ومراجعة المخاطر: وتهتم بتحديد وتقييم مستويات ومعايير التلوث الناتج من استخدام المواد الخام والطاقة.

٣/٣: متطلبات التطبيق الفعال للمراجعة البيئية

هناك العديد من متطلبات تطبيق المراجعة الداخلية البيئية والتي من أهمها ارتباطاً بموضوع البحث ما يلي: (Harasheh & Provasi 2023; ; Rodgers & Housel, 2004; Shih et al., 2006; Scully & Accardi, 1993; Ubaldini, 1995; Al Hanini 2021)

- ❖ أن يتوافر لدى المراجعين الداخليين مستوى كاف من المعرفة والمهارة والخبرة والفهم الكامل للمشاكل البيئية الناتجة عن مزاولة المنشأة لأنشطتها مما يمكنهم من إدارة المخاطر البيئية التي قد تتعرض لها المنشأة من خلال تحديدهم للمعايير والمستويات والمجالات التي قد تعرض المنشأة للمخاطر البيئية.
- ❖ قيام المراجعين الداخليين بالمنشأة بمساعدة الإدارة في تنفيذ برامج وخطط المراجعة البيئية وتطويره، والعمل مع خبراء ومتخصصين في مجال الهندسة البيئية للقيام بتنفيذ عمليات المراجعة البيئية بشكل أفضل.
- ❖ توافر معايير محددة للمراجعة البيئية، تتوافق مع الأنشطة والتأثيرات البيئية التي تمارسها المنشأة، ووجود سياسة بيئية محددة وخطة زمنية يمكن متابعتها، ونظام للمحاسبة عن الالتزامات والنفقات البيئية.
- ❖ وضع مجموعة من الخطط والمعايير الدقيقة المرتبطة بحماية البيئة من التلوث وتقليل الانبعاثات الضارة من مراحل الإنتاج المختلفة إلى أدنى حد ممكن، وتطبيق الخطط والسياسات البيئية بدقة والتعامل مع المخالفات البيئية للقوانين والأنظمة، وتقدير الالتزامات المحتملة وتوفير معلومات عن مقدار الانحراف عن المعايير المقدرة، وبالتالي مقدار المبالغ المخصصة لهذا الانحراف.
- ❖ تطوير إجراءات التدقيق الداخلي التي يفترض ممارستها وأهمها الاعتماد على معايير دقيقة لتقدير الآثار البيئية لأنشطة وعمليات المنشأة على البيئة، وفحص الخطط والسياسات البيئية التي تم وضعها، وتعزيز دور الرقابة الداخلية من خلال تطوير المنشأة أساليب جديدة لأغراض تنفيذ الرقابة على التلوث البيئي في الشركة، من خلال تقييم المخاطر البيئية والتقدير الدقيق للالتزامات البيئية المحتملة.

ويرى الباحثان أن البحث الحالي يأتي استجابة للمتطلبات السابقة، وتحقيقاً لهدف التطوير المستمر لنظم الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية تحديداً، وأهمها دقة وضع المعايير البيئية اللازمة لتقييم الأنشطة البيئية وخاصة معايير استخدام المواد الخام والطاقة في الإنتاج.

٤: الإدارة البيئية لاستخدام الطاقة في الصناعة

١/٤: مفهوم الطاقة واستخدامها في الصناعة

تعني الطاقة قدرة المادة على إعطاء قوى قادرة على إنجاز عمل معين، وتأخذ الطاقة صوراً متنوعةً كالطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية، وتُعد الطاقة الحرارية الأكثر استخداماً في النشاط الاقتصادي خاصة في المنشآت الصناعية التي تقوم بتحويل المواد الخام بالحرارة إلى منتجات نهائية (محمد منير، ٢٠١٤). وتعد محدودية موارد الطاقة وتكلفتها خاصة في قطاع الصناعة من أكبر المشكلات التي تواجه المنشآت الصناعية (Patterson, 1996; Cevik et al, 2016). لذلك اتجهت جهود كافة دول العالم إلى تطوير أساليب وسياسات جديدة تستهدف تحقيق الكفاءة عند استخدام مصادر الطاقة المتاحة، بما يضمن تحقيق الأهداف الاقتصادية والبيئية في توازن مقبول. خاصة مع تعدد مصادر الطاقة التي يتم الاعتماد عليها حالياً واختلافها من حيث طبيعة المادة وتكلفة الحصول عليها والانبعاثات الصادرة من كل منها، وكذلك تعدد قطاعات استخدام الطاقة وضرورة مواءمة المصادر مع أوجه الاستخدام (عزة على، ٢٠١٥: Radwan, 2012).

وتعتمد المنشآت الصناعية كيفة استهلاك الطاقة مثل صناعة البتروكيماويات والأسمدة والأسمنت على المصادر غير المتجددة أو الناضبة التي لا تتوفر بشكل دائم وتنتهي مع الزمن لكثرة الاستخدام، لاحتوائها على كميات كبيرة من الطاقة الكيميائية والتي تتحوّل بسهولة خلال عملية الاحتراق إلى طاقة حرارية. وتتمثل أهم مصادر الطاقة غير المتجددة من الوقود الأحفوري الذي يعد مصدر الطاقة الرئيس ويسهم بما يزيد عن ٩٠٪ من الطاقة المستخدمة في الوقت الحالي في البترول والغاز الطبيعي والفحم(EIA, 2016): حيث أن البترول هو أكثر مصادر الطاقة غير المتجددة انتشاراً وأهمها من الناحية الاقتصادية ويُعد مصدراً رئيسياً للطاقة في كثير من الاستخدامات، خاصةً في قطاعات الصناعة والنقل، حيث يسهم اليوم بحوالي ٣٣٪ من استهلاك الطاقة العالمي. أما الغاز الطبيعي فهو أحد مصادر الطاقة البديلة عن البترول، وقد بلغت نسبة مساهمته في هيكل الطاقة العالمي حوالي ٢٣٪ (EIA, 2016). ويدخل الغاز الطبيعي كوقود في الصناعات ذات الاستخدام الكثيف للطاقة، إلا أنه يستخدم أيضاً كمادة خام أساسية للصناعة الكيماوية بجانب كونه مصدراً

للطاقة الحرارية كوقود.وأخيراً الفحم: وهو أول مصادر الطاقة من الوقود الأحفوري استخداماً، ويسهم في هيكل الطاقة العالمية بما يزيد على ٣٠٪ من احتياجات الطاقة العالمية، إلا أن استخدامه يؤدي إلى عدة مشاكل تؤثر على البيئة، لكونه أكبر مصدر للانبعاثات الكربونية الملوثة للغلاف الجوي. ومن المتوقع أن يستمر تزايد استهلاك الطاقة في المستقبل حسب النشاط الاقتصادي وبالأخص قطاع الصناعة، مما يبرز أهمية تطوير أساليب جديدة لترشيد استخدام مصادرها وتحسين معدلات كفاءة استخدامها اقتصادياً وبيئياً وهو ما يمثل تحدياً رئيسياً عالمياً ومحلياً (محمد منير، ٢٠١٤).

٢/٤: مؤشرات استخدام الطاقة

يتم قياس استخدام الطاقة بالاعتماد على عدة مؤشرات أهمها (Huang, 2013; EPA, 2017; Patterson, 1996 ; Cevik et al, 2016): مؤشر كثافة الطاقة (Energy Intensity): ويعكس كمية الطاقة المستهلكة لإنتاج قيمة معينة من السلع والخدمات، وهو أحد أهم مؤشرات الأداء التي تستخدم في الحكم على مدى اقتصادية استهلاك الطاقة بأنواعها المختلفة. ومؤشر كفاءة الطاقة (Energy Efficiency) ويعكس مقدار المدخلات من الطاقة بالنسبة إلى المخرجات من المنتجات، ويهتم هذا المؤشر بتخفيض كمية الطاقة المستخدمة لإنتاج نفس القدر من المنتجات، أو استخدام نفس كمية الطاقة لإنتاج كمية أكبر من المنتجات، مما يعني في الحالتين تخفيض تكلفة الطاقة والانبعاثات الناتجة نسبة إلى حجم الإنتاج. ومؤشر بصمة الكربون (Carbon Footprint): ويُعد أهم المقاييس المستخدمة في تقييم وإدارة والتحكم في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وحيث إن القضاء على التلوث بالكامل يوجب ضرورة توقف النشاط الاقتصادي بالكامل، وهو ما يستحيل من الناحية العملية، لذلك يتم السماح بقدر من التلوث في شكل حدود مسموح بها مقابل استمرار النشاط الاقتصادي، وهى ما يُعرف بمستويات الكربون المسموح بها، ويُستخدم لذلك مقياس موحد عالمياً هو مكافئ الكربون.

٣/٤: رقابة ومراجعة استخدام الطاقة في الصناعة

نتيجة لاختلافات أولويات استخدام المصادر، فإن الاعتماد على مصدر واحد فقط من مصادر الطاقة قد يحقق هدفاً ما على حساب هدف أخر، مما يبرز مفهوم استخدام المعيار المرجعي الأمثل من مصادر الطاقة، ويقصد به مجموعة مصادر الطاقة التي تستخدم في الوقت ذاته، وتعتمد عليها الدول والقطاعات الاقتصادية المختلفة والمنشآت في قطاع معين مثل قطاع الصناعة، لسد احتياجاتها من الطاقة بمختلف صورها، سواء طاقة كهربية أو طاقة حرارية.

وقد أدى النمو المتزايد في الطلب العالمي على مصادر الطاقة المحدودة وارتفاع تأثيراتها البيئية إلى ضرورة تحديد مستوى المعيار المرجعي للطاقة، الذي يحقق التوازن بين كلا الجانبين الاقتصادي والبيئي(نجلاء صبحي، ٢٠١٠؛IEA, 2016) (عزة علي، ٢٠١٥). وتؤثر تكلفة شراء الطاقة والتأثيرات البيئية والانبعاثات (Emissions Factor) التي تؤثر سلبياً على البيئة، على قرارات تحديد المعيار الأفضل لاستخدام مصادر الطاقة (Datta et al., 2011; Ba-Shammakh et al., 2008; Harasheh & Provasi 2023).

ويرى الباحثان أن الأهداف الاقتصادية والبيئية من استخدام الطاقة تختلف باختلاف طبيعة النشاط والصناعة، إلا أن الأهم هو السعي إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتطوير نظم دعم القرارات الخاصة برقابة استخدامها ومراجعة مدى توافقها مع المعايير الموضوعة والتي يجب أن يتم حسابها بدقة وهنا تظهر أهمية توفير معلومات مالية وبيئية تتسم بالدقة والملاءمة تخدم وظائف الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية لاستخدام الطاقة في الإنتاج.

٥: مناقشة للدراسات السابقة المرتبطة بموضوع البحث

يشتمل الجزء التالي من البحث على مناقشة لبعض الدراسات الخاصة بتقييم استخدام الطاقة في منشآت الأعمال من خلال محاور متعددة ارتباطاً بموضوع البحث:

دراسات (Akers & Klos, 1995; Scully & Accardi, 1993) وهما من أوائل الدراسات التي تناولت عمليات المراجعة الداخلية البيئية وأنواعها وأهميتها في المنشآت الصناعية، فقد ركزت الدراسة الأولي على أنواع المراجعة البيئية والتي ضمت مراجعات منع التلوث واستخدام المواد الخام ومصادر الطاقة في الإنتاج، وقد توصلت إلى أهمية المراجعة الداخلية البيئية للتحقق من مدى التزام المنشأة بيئياً، وذلك لتخفيض التكاليف البيئية التي قد تؤثر سلباً على الأداء المالي والربحية. في حين تناولت الدراسة الثانية نفس الهدف وأضافت مدى أهمية قيام أقسام المراجعة الداخلية في المنشآت الصناعية بتقييم المخاطر البيئية الناتجة عن ممارسة منشآت الأعمال لأنشطتها الإنتاجية، وقد أشارت الدراسة إلى أن من أهم صعوبات عمل المراجعة الداخلية البيئية تتمثل في ضعف الإمكانيات والأساليب العلمية والعملية اللازمة لتقدير المخاطر البيئية وقياس الالتزام البيئي للمنشأة وفقاً للقوانين البيئية والتشريعات التي تفرضها الهيئات البيئية المحلية والتي قد تعرض المنشأة لغرامات والتزامات بيئية إضافية تمثل عبئاً على الأداء المالي، مما دفع العديد من المنشآت نحو تخصيص أقسام دعم فني وتقني للقيام بالمراجعات البيئية وخاصة ما يتعلق بالمعايير التي تمثل المقياس المرجعي لتقييم الأنشطة البيئية في المنشأة.

في حين تناولت دراسات (Wade, 1995) (Boulhaga et al., 2023) (Eremeeva, 2020) تحليل تأثير ضعف نظم الرقابة الداخلية على والمراجعة الداخلية على أداء المنشأة والأداء البيئي والحوكمة الاجتماعية، وتم الاعتماد على قوائم الاستقصاء لبيانات أولية، وتوصلت نتائج تلك الدراسات إلى أن ضعف نظام الرقابة الداخلية في المنشأة يؤثر بصورة مباشرة على الأداء البيئي لها وكذلك على الحوكمة الاجتماعية والبيئية، وأن ضعف الرقابة الداخلية يؤثر على العلاقة المباشرة بين الأداء البيئي وبين الأداء المالي للمنشأة، مما يؤكد أهمية قياس الأثر المالي للجانب البيئي على التكلفة والأداء المالي في القوائم المالية لكل شركة.

بينما ركزت دراسات (Kayhan, 2023) (Izat, 2019) Sameer, 2017 (Stanescu et al., 2020) (Al Hanini 2021) على دراسة تأثير المراجعة

البيئية الداخلية بأبعادها المختلفة على (مراجعة الالتزام، ومراجعة نظم الإدارة البيئية ومراجعة القوائم المالية البيئية من ناحية التكاليف والأداء البيئي) على مدى تحقيق أهداف التنمية المستدامة للمنشأة الصناعية في عمان وتوصلت نتائج الدراسات إلى أنه على المنشآت الصناعية ضرورة تطوير نظم الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية بالأدوات اللازمة لتحقيق أهدافها، وتطوير قدرات فريق المراجعة الداخلية البيئية على تقدير المخاطر البيئية ووضع معايير المراجعة والرقابة البيئية وتقدير الالتزامات والتكاليف البيئية الناتجة عن مخالفة المعايير البيئية، وذلك تحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة.

وقد تناولت دراسة (Ba'ajaja, 2012) موضوع الصعوبات التي تواجه المراجعين الداخليين على الأنشطة البيئية للشركات الصناعية كثيفة استهلاك الطاقة مثل صناعات الأسمنت والبتروكيماويات في تأدية عملهم نتيجة ضعف التشريعات الملزمة للشركات لتحسين الالتزام البيئي، فضلاً عن ضعف دعم إدارة المنشآت لدور المراجعين الداخليين البيئيين، مما أدى إلى ضعف ممارسة مهام الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية، وانعكس ذلك على الأداء البيئي للشركات التي تم دراستها، وأوصت الدراسة بضرورة تطوير أقسام المراجعة الداخلية البيئية بما يكسب عملهم القوة المطلوبة لتحقيق أهداف حماية البيئة من أنشطة منشآت الأعمال وخاصة المنشآت الصناعية، وكذلك ضرورة تطوير المهارات والإمكانيات العلمية والعملية لأقسام الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية في المنشآت الصناعية.

وقد ركزت دراسة (Harasheh & Provasi 2023; Shih et al., 2006) على جانب هام من جوانب مجال الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية، فقد تناولت مدى تأثر أداء الاستدامة البيئية والاجتماعية والحوكمة بتكلفة أنشطة الرقابة والمراجعة البيئية، خاصة في ظل الدعوات المتزايدة بتقوية وتعزيز نظم الرقابة الداخلية البيئية وتضمينها للجوانب البيئية والاجتماعية لأداء المنشأة، وقد توصلت الدراسة إلى ضرورة اشتمال الأهداف الاستراتيجية للمنشأة على نظم الرقابة الداخلية البيئية والاجتماعية وتطويرهما لزيادة قيمة المنشأة، مما يستلزم ضرورة تخصيص الموارد المطلوبة بشكل كاف لتطوير أقسام المراجعة والرقابة الداخلية البيئية والعاملين بها لتحقيق أهداف التنمية المستدامة والحوكمة البيئية والاجتماعية.

وقد ركزت دراسة (Soh & Martinov-Bennie, 2015) على نقطة هامة وهي الخبرة والمهارات التي يجب أن يمتلكها المراجع الداخلي ومسؤولي الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية لكي يمكن القيام بالتقييم الصحيح لأثر أنشطة المنشآت على البيئة، ومن أهمها كيفية تحديد ووضع المعايير والأسس البيئية المناسبة التي يتم الاعتماد عليها في الحكم الصحيح على مدى الالتزام البيئي وحماية البيئة من أنشطة المنشأة، كما أوصت الدراسة بضرورة تطوير أساليب أقسام الرقابة الداخلية والمراجعة الداخلية البيئية خاصة ما يتعلق بالجانب العلمي والفني والأساليب المستخدمة لتحديد المعايير البيئية الدقيقة التي تمثل المرجع في الحكم على الأداء البيئي للمنشأة في كل أنشطتها خاصة نظام معالجة المواد الخام والطاقة المسببة للانبعاثات والنفايات الضارة بالبيئة.

وفيما يتعلق باستخدام الطاقة وتخطيطها في الإنتاج، فقد حيث أوضحت دراسات (Tai Wu et.al., 2010; Singh & Bajpai, 2013; Saidi & Hammami, 2015) أن هناك اختلافات في اهتمامات وأولويات كل منشأة عن الأخرى، فبعضها قد يهتم بتحقيق الكفاءة الاقتصادية والبيئية معاً، والبعض الآخر قد يفضل الأداء الاقتصادي الذي يعتمد على انخفاض تكلفة بديل الطاقة مثل الفحم، عن الأداء البيئي، مع تحملها للغرامات البيئية، نظراً لأن فارق التكلفة كبير، خاصة عندما يتعلق الأمر بنوعية الانبعاثات وتكلفة التخلص منها.

تضيف دراسات (نجلاء صبحي، ٢٠١٠: Datta et al., 2011) إلى أهمية التعرف على محددات المزيج المرجعي للطاقة على مستوى الدول ومقارنتها مع بعضها البعض، والتركيز على تحقيق أهداف التنمية المستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية على حد سواء، مع بحث سيناريوهات بدائل الطاقة ومزيجها المرجعي لتحقيق أمن الطاقة والحفاظ على البيئة، وأن هناك عوامل مؤثرة في اختيار وتحديد مزيج الطاقة المرجعي، مثل التكلفة وتكنولوجيا الإنتاج والانبعاثات الناتجة من الاستخدام بجانب عوامل أخرى أهمها القوانين التشريعية المشجعة والعقوبات ومقدار المتاح من مصادر الطاقة المختلفة.

ارتباطاً بأهمية تكلفة بدائل الطاقة والجانب البيئي لاستخدامها، فقد أشارت دراسات (Jeong & Kim, 2013; et al., 2011; Andersson et al., ; 2020)، إلى أنه حتى مع اختلاف مجالات استخدام الطاقة، فإن أسعار بدائل الطاقة

وتكلفة الحصول عليها تعد العامل الرئيس في قرار مزيج الطاقة المستخدم، ولا تظهر أي أهمية تذكر للجانب البيئي قد تدفع المنشأة نحو التحويل إلى بديل طاقة آخر.

في حين أكدت دراسات (Nakata, 2003; Yanes & Grosse , 2007; Fuentes-Bracamontes, 2012; Madlool et al., 2011)، أن استخدام الضرائب البيئية مثل ضريبة الكربون، يسهم في تحقيق الكفاءة البيئية وكفاءة الطاقة المستخدمة عن طريق تشجيع طرق الاستهلاك النظيف وتحسين كفاءة الطاقة المستخدمة، كما أن تطبيق سيناريو مزيج الطاقة المتوازن يؤدي إلى تخفيض انبعاثات الكربون بنسب قد تصل إلى ٣٠ % في الأجل الطويل، مما يعد تنفيذاً للبروتوكولات والمعاهدات الدولية البيئية.

وقد اهتمت العديد من الدراسات بتناول الجانبين الاقتصادي والبيئي عند تخطيط ورقابة استخدام الطاقة، فدراسة (Rogner et el., 2008) استخدمت أسلوب تحليل التكلفة والعائد بناء على بيانات عملية تختص باستهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة من البترول والفحم والغاز ومصادر الطاقة النووية، وأوضحت الدراسة أن التكلفة تعد العامل الأكثر تأثيراً في تشكيل مزيج الطاقة المستخدمة في توليد الكهرباء، وأن تكنولوجيا احتواء الكربون قد تؤدي إلى زيادة تكلفة تطبيق واستخدام مصادر الطاقة من الوقود الأحفوري، وقد أشارت دراسة (Allan et al., 2015) أن مزيج الطاقة المستخدم يمكن تحسينه اقتصادياً، باستخدام التكنولوجيا الحديثة التي تعمل بمصادر الطاقة غير المتجددة مثل البترول والغاز الطبيعي، مع عدم إهمال عنصر الكفاءة البيئية لمزيج الطاقة مع افتراض ثبات استخدام بدائل الطاقة غير المتجددة وتدعيمها بالطاقة المتجددة.

ارتباطاً بما سبق فقد أكدت دراستا(Purwanto et al., 2015; Gutowski, 2007) والتي اعتمدت في تقييمها لمزيج الطاقة على بحوث العمليات التي تشمل جوانب التقييم الثلاثة (التكلفة الاقتصادية، والانبعاثات الكربونية، وكفاءة الاستخدام) أن التركيز على تخفيض تكلفة الطاقة إلى أدنى حد ممكن كهدف أول، يؤدي إلى عدم تحقيق النتائج المرجوة في مجال تخفيض الانبعاثات، بمعنى أنه يجب أخذ الهدفين الاقتصادي والبيئي لكل بديل في الحسبان وبنفس الأهمية حتى يمكن الوصول إلى المزيج المرجعي اقتصادياً وبيئياً

وبتحليل الدراسات السابقة، يتضح ما يلي:

- ❖ تركزت الدراسات التي تناولت إدارة استخدام الطاقة ومهام الرقابة البيئية والمراجعة الداخلية البيئية كأحد أركان نظام الإدارة البيئية في المنشأة على تحقيق أهداف المراجعة بشكل عام، والتي ترتبط بمراجعة نظم الإدارة البيئية، للتحقق من وجودها في المنشأة وخاصة لأغراض الإفصاحات والتقارير البيئية في المنشأة الموجهة إلى أطراف خارجية مثل الهيئات الرقابية، بمعنى أنها كانت تختص بتوصيل معلومات الإدارة البيئية لأغراض الإفصاح الخارجي لتأكيد الالتزام البيئي للمنشأة، دون التركيز على المعلومات التفصيلية البيئية للمنشأة الموجهة إلى إدارة المنشأة والإدارة البيئية لأغراض تطوير وتحسين الأداء البيئي.
- ❖ اعتمدت أغلب الدراسات التي تناولت الرقابة الداخلية والمراجعة الداخلية البيئية على بيانات استقصائية وليست بيانات عملية ترتبط بالأداء الفعلى للمنشأة في الجانب البيئي، مما يبرز أهمية الاعتماد على بيانات داخلية خاصة بالمنشأة وبيانات عملية عند تقييم الالتزام البيئي للمنشأة.

- ❖ أكدت أغلب الدراسات في موضوع الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية على أهمية توافر نظم قوية لقياس وتقييم الأداء البيئي للمنشأة وخاصة المنشآت الصناعية، وخاصة ما يختص بتطوير مهام الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية من خلال زيادة الخبرات والمهارات الخاصة بالمراجعين الداخليين وخاصة فيما يتعلق باستخدام أساليب حديثة لقياس وتقييم أثر أنشطة المنشأة على البيئة والانبعاثات والنفايات وغيرها.

- ❖ أكدت معظم الدراسات السابقة على أهمية عنصر التكلفة التي تتحملها المنشأة لتأكيد التزامها البيئي، فضلاً عن تأثير تكاليف تأكيد الالتزام البيئي على التكاليف الكلية للمنشأة والتي تؤثر على أدائها المالي بالتأكيد.

- ❖ لم تتناول الدراسات السابقة بشكل مباشر ضرورة توافر أساليب دعم القرار الخاصة بحساب المستويات والمعايير الدقيقة التي يجب الالتزام بها، والتي تمثل مقاييس مرجعية يجب توافرها كأول أركان نشاط الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية، ويمكن عن طريقها الحكم الصحيح على الأداء الفعلي لأنشطة الإدارة البيئية وخاصة فيما يتعلق بمستويات الانبعاثات التي يجب الالتزام بها من قبل أنشطة وعمليات الإنتاج، وهو ما تركز عليه الدراسة الحالية.

- ❖ لم يتم التركيز على العلاقة بين الأداء المالي والتكلفة وبين الأداء البيئي وأثر أنشطة وعمليات المنشأة على البيئة، بشكل محدد يعكس الأثر الشامل بيئياً واقتصادياً، مما يتطلب اختبارها على بيئات تتصف بالحساسية البيئية مثل المنشآت الصناعية كثيفة استهلاك الطاقة كصناعات البتروكيماويات والأسمدة وغيرها والتي تنتشر في البيئة المصرية وتمثل نسبة كبيرة من النشاط الاقتصادي فيها.

- ❖ هناك حاجة ماسة إلى دراسات تتناول مستوى المعيار المرجعي لاستخدام الطاقة المرجعي بيئياً واقتصادياً على مستوى المنشأة الواحدة وليس فقط على مستوى قطاع الصناعة ككل، خاصة تلك التي تسعى إلى تحديد المقاييس المرجعية لتقييم المراجعة البيئية الداخلية والرقابة البيئية في المنشآت الصناعية، مع استخدام المقاييس العملية المناسبة التي تمكن من تحقيق التكامل بين وجهتي النظر الاقتصادية والبيئية.
- ❖ ضرورة وضع الأثر المالي للحفاظ على البيئة مع الأثر البيئي في شكل مالي يؤثر مباشرة على متخذي القرارات، ولذلك لما للجانب المالي لأنشطة الشركة من أولوية كبيرة عند إدارة المنشأة لتحقيق الربحية في المقام الأول لضمان استمرارها.
- ❖ هناك أهمية كبيرة لاجراء دراسات في مجال الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية

- ❖ لاستخدام الطاقة في المنشآت الصناعية، وذلك بتطبيق أساليب كمية محددة لدعم القرار وخاصة النماذج الثابتة التنبؤية سعياً للتوصل إلى أفضل المقاييس وأكثرها تحديداً.

٦: نموذج مقترح لتحديد معيار القياس المرجعي للرقابة والمراجعة البيئية لاستخدام الطاقة.

يتمثل الهدف النهائي للبحث الحالي في تقديم الدعم لمتخذي القرارات في أقسام الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية في منشآت الأعمال في تحقيق أهداف التنمية المستدامة عند إدارة واستخدام الطاقة ومصادرها في العمليات الإنتاجية، واستكمالاً للبناء البحثي من الناحية العملية، يستهدف الباحثان في الجزء التالي تطوير وتطبيق نموذج يمكن باستخدامه تحديد المعيار أو المستوى المرجعي والذي يمثل الهدف المرجعي في مجال استخدام الطاقة في الإنتاج بما يحسن من وظيفة الرقابة والمراجعة الداخلية البيئية، في ظل نقص مصادر الطاقة المتاحة وضعف سبل إدارتها بما يحقق أهداف الحفاظ على البيئة من أثر الأنشطة والعمليات خاصة في المنشآت ذات الحساسية البيئية مثل المنشآت الصناعية.وفيما يلي يمكن عرض النموذج المقترح وتطبيقه ومن ثم مناقشة النتائج.

يشتمل النموذج المقترح على أسلوبين من أساليب دعم القرار هما بالترتيب: أسلوب التحليل الهرمي (Analytical Hierarchy Process- AHP) ثم أسلوب تحليل التكلفة والعائد(Cost Benefit Analysis- CBA) يتم تطبيقهما في مرحلتين على التوالي. وفيما يلي يمكن عرض كل أسلوب ودوره في النموذج ومنهجيته تمهيداً لتطبيقه عملياً في حدود البيانات التي تم الحصول عليها.

❖ **أسلوب التحليل الهرمي(AHP)**

هو أحد أساليب بحوث العمليات الكمية المستخدمة لدعم القرارات، تم تطويره للتعامل مع مشكلات ذات أبعاد وأهداف متعددة، ويستخدم في ترتيب أبعاد وعناصر مشكلة ما وإعطاء أولويات لكل منها بناء على بيانات دقيقة ومن ثم تقييمها ثم إتاحتها لمتخذي القرارات. ويُستخدم في وضع مجموعة من البدائل وترتيبها من الأكثر أهمية إلى الأقل أهمية، وتحديد الأولويات والأهمية النسبية لمجموعة من البدائل بدلاً من اختيار بديل واحد والتقييم والاختيار(Saaty, 1980 , 2004).

ويقوم أسلوب التحليل الهرمي على تحليل المشكلة إلى عناصرها ومكوناتها التفصيلية حسب درجة تعقيد القرار والمشكلة التي يراد حلها، ثم إجراء مقارنات ثنائية

بين عناصر المشكلة باستخدام مقياس دقيق لتحديد أولوية كل عنصر، من خلال تحديد تأثيره على العناصر الأخرى وفق القيم التي يتم حسابها. ولتحديد القيم المستخدمة في إجراء المقارنات الثنائية يتم الاعتماد على تقديرات وأحكام الخبراء في كل مجال لإعطاء قيم لتأثير العناصر بعضها على بعض. أما مخرجات عملية التحليل الهرمي فتكون عبارة عن ترتيب للبدائل المتاحة والتي تمثل أفضل الحلول للمشكلة حسب أولويات كل منشأة بما يحقق أهدافها (Saaty, 1982).

ويتم إعداد مصفوفة المقارنات الثنائية بتحديد مدى أهمية عنصر ما مقارنة بعنصر آخر، ويستخدم فيها ميزان تساعي: بحيث يدل الرقم (١) على أن العنصرين على نفس القدر من الأهمية، والرقم (٣) يدل على تفضيل عنصر على الآخر بدرجة بسيطة، الرقم (٥) يعكس تفضيل عنصر على الآخر بقوة، الرقم (٧) يعكس تفضيل عنصر على الآخر بدرجة كبيرة جداً، في حين يعكس الرقم (٩) أقصى درجات التفضيل لعنصر على آخر، ثم يتم حساب قيمة آيجن (Eigenvalue) لحساب الأولويات الناتجة من المقارنات الثنائية، وحساب نسبة الثبات (Consistency ratio) ويجب أن تكون نسبة الثبات ١٠٪ أو أقل. ويتمثل الهدف من إستخدام أسلوب التحليل الهرمي في:

- ✓ ترتيب أولويات الأهداف الثلاثة لمشكلة استخدام المواد الخام والطاقة، وهي هدف كفاءة الاستخدام وهدف تكلفة مصادر الطاقة وهدف الانبعاثات البيئية الناتجة من استخدام الطاقة، ومن ثم تحديد أوزان أهمية نسبية وترتيب أولويات تحقيقها.
- ✓ ترتيب الأهمية النسبية لإستخدام بدائل الطاقة في العمليات الإنتاجية بإستخدام معايير الأهداف، وذلك بما يعكس المستوى والمعيار المرجعي لاستخدام الطاقة من وجهة نظر خبراء المجال.

❖ أسلوب تحليل التكلفة والعائد (CBA)

يُستخدم أسلوب تحليل التكلفة والعائد لقياس التوازن بين العوائد والتكاليف الخاصة ببدائل متوقعة في المستقبل مقارنة بالوضع القائم، وهو عبارة عن منهجية يمكن من خلالها حساب عوائد وتكاليف بدائل القرار المتاحة في صورة مالية، ومن ثم تحديد هل العوائد الخاصة بكل البديل تفوق التكاليف الخاصة به، ثم مقارنة النتيجة مع البدائل الأخرى المتاحة والمفاضلة بينها بما يمكِن متخذ القرار من الفهم الجيد لأثر تطبيق

واستخدام تلك البدائل والمفاضلة بينها، ومن ثم الوصول إلى البديل الذي يحقق مبدأ الكفاءة الاقتصادية للمنشأة (Boardman, et al., 1996).

وتتمثل الطريقة الشائعة لإجراء تحليل التكلفة والعائد في تحديد بدائل القرار محل الدراسة محل التقييم، وتحديد قيم مالية للتأثيرات المرتبطة بكل بديل بحيث يتم اعتبار التأثيرات الإيجابية كعوائد وغير الإيجابية كتكاليف، وذلك بتحويل التكاليف والعوائد إلى قيم مالية، ومن ثم مقارنة التكاليف والعوائد الإجمالية لكل بديل وحساب صافي العوائد (إجمالي العوائد – إجمالي التكاليف) ثم تحديد البديل الأفضل.

٧: نتائج التطبيق العملي للنموذج المقترح

١/٧: تطبيق أسلوب التحليل الهرمي وتشغيل البيانات وتحليل النتائج

تتمثل منهجية التطبيق العملي لأسلوب التحليل الهرمي في الاستعانة بلجنة من خبراء المراجعة الداخلية وإدارة الطاقة والادارات البيئية ومديري التنمية المستدامة في عدد من الشركات الصناعية المصرية من قطاعي البتروكيماويات والأسمدة والأسمنت (عدد ٧ خبراء)، ثم استيفاء مصفوفات المقارنات الثنائية من كل خبير (المصفوفات الخاصة بالأهداف ومصفوفات المقارنات الثنائية الخاصة ببدائل الطاقة بإستخدام معايير الأهداف)، وذلك لصعوبة تجميع أكثر من خبير في الوقت ذاته، ويعد التقييم الفردي إحدى طرق تطبيق أسلوب التحليل الهرمي في حالة صعوبة تجميع الخبراء معاً وهو ما أوضحته دراسات (Saaty, 2005, 2008) ثم يتم تشغيل بيانات المصفوفات على برامج إلكترونية متخصصة وتحليل نتائجها.

إعتمد الباحثان على برنامج اختيار الخبير (Expert Choice) وهو برنامج متخصص في تشغيل أسلوب التحليل الهرمي، وقد قام الباحثان بإستيفاء المصفوفات والبيانات من كل خبير وتم تشغيل البيانات وحساب معدلات الثبات والتناسق (Consistency Ratio) وفيما يلي نتائج التشغيل:

نتائج تشغيل مصفوفات المقارنات الثنائية لتحديد أولويات الأهداف

بعد تشغيل مصفوفات الخبراء على البرامج الالكترونية المتخصصة، ظهرت النتائج في الجدول التالي لتوضح أولويات الأهداف الخاصة بمشكلة إدارة واستخدام الطاقة في المنشآت الصناعية حسب رأي العينة المختارة من خبراء المجال:

جدول (١) : نتائج تقييمات الخبراء لأولويات الأهداف

الأهداف	الكفاءة	التكلفة	البيئة	تقييمات الخبراء	خبير (١)	خبير (٢)	خبير (٣)	خبير (٤)	خبير (٥)	خبير (٦)	خبير (٧)	ناتج متوسط الأهمية النسبية
الكفاءة	١	٢	٢		٥٠	٥٠	٢٥	٣٥	٤٠	٤٥	٣٠	٣٩.٣
التكلفة	٠.٥	١	١		٢٥	٣٠	٢٥	٣٥	٣٥	٣٥	٣٠	٣٠.٧
البيئة	٠.٥	١	١		٢٥	٢٠	٥٠	٣٠	٢٥	٢٠	٤٠	٣٠
المجـــــمـــــــــــوع					١٠٠ %	١٠٠ %	١٠٠ %	١٠٠ %	١٠٠ %	١٠٠ %	١٠٠ %	٪١٠٠
معدل الثبات والتوافق = ٥ % ، وهو ضمن الحدود المسموح بها لعدد ثلاثة أهداف (متغيرات هدفية)												

المصدر: اعداد الباحثان

تحليل نتائج الجدول السابق:

يتضح من الجدول السابق أن معدل الثبات بلغ (٥٪) وهو ضمن معدل الثبات والتوافق المقبول لعدد ثلاثة متغيرات والتي تساوي أيضاً (٥٪)، مما يدل على كفاءة تشغيل البرنامج وإمكانية الاعتماد على النتائج، وبذلك يكون الترتيب النهائي لأولويات الأهداف مقربة إلى النسبة الصحيحة بدون كسور كما يلي: هدف الكفاءة بنسبة أولوية ٣٩٪، ثم هدف التكلفة بنسبة أولوية ٣١٪، وأخيرا هدف البيئة بنسبة أولوية ٣٠٪. مما يوضح تزايد ضرورة تضمين الجانب البيئي ضمن أهداف إدارة ورقابة الطاقة ومراجعة الأثر البيئي لها في المنشآت الصناعية بحسب تقديرات الخبراء.

جدول (٢): نتائج تشغيل مصفوفات المقارنات الثنائية في أسلوب التحليل الهرمي وفقاً لأهداف المنشأة

تحديد المعيار المرجعي لاستخدام مصادر الطاقة وفق هدف الكفاءة												
	بترول	غاز	فحم		خبير (١)	خبير (٢)	خبير (٣)	خبير (٤)	خبير (٥)	خبير (٦)	خبير (٧)	ناتج متوسط الأهمية النسبية
هدف الكفاءة												
بترول	١	٢	١		٤٠	٣٣	٣٥	٣٠	٢٥	٤٣	٣٠	٣٣.٧
غاز	٠.٥	١	١		٢٧	٤٣	٤٠	٣٥	٥٥	٢٨	٣٥	٣٧.٦
فحم	١	١	١		٣٣	٢٤	٢٥	٣٥	٢٠	٢٩	٣٥	٢٨.٧
المجموع					١٠٠٪							١٠٠٪

❖ معدل الثبات والتوافق = ٥ % ، وهو ضمن الحدود المسموح بها لعدد ٣ متغيرات بدائل.
❖ وبذلك يكون الترتيب النهائي لمتوسط الأهمية النسبية لبدائل الطاقة وفقاً لمعيار الكفاءة الحرارية مقربة إلى النسبة الصحيحة بدون كسور، كما يلي:
▪ بديل البترول / المازوت = ٣٠ % ، بديل الغاز الطبيعي = ٣٣ %، بديل الفحم = ٢٢ %

تحديد المعيار المرجعي لاستخدام مصادر الطاقة وفق هدف التكلفة												
	بترول	غاز	فحم		خبير (١)	خبير (٢)	خبير (٣)	خبير (٤)	خبير (٥)	خبير (٦)	خبير (٧)	ناتج متوسط الأهمية النسبية
هدف التكلفة												
بترول	١	٢	٠.٥		٢٨	٣٠	٢٥	٣٢	٣٠	٣٥	٣٥	٣٠.٨
غاز	٠.٥	١	٠.٣		٢٥	٢٠	٣٠	٢٨	٣٠	٢٥	٢٠	٢٥.٤
فحم	٢	٣	١		٤٧	٥٠	٤٥	٤٠	٤٠	٤٠	٤٥	٤٣.٨
المجموع					١٠٠٪							١٠٠٪

❖ معدل الثبات والتوافق = ٥ % ، وهو ضمن الحدود المسموح بها لعدد ثلاثة متغيرات بدائل.
❖ وبذلك يكون الترتيب النهائي لمتوسط الأهمية النسبية لبدائل الطاقة الأربعة وفقاً لمعيار التكلفة مقربة إلى النسبة الصحيحة بدون كسور كما يلي:
▪ بديل البترول = ٣٠,٨ % ، بديل الغاز الطبيعي = ٢٥,٤ % ، بديل الفحم = ٤٣,٨ %

تحديد المعيار المرجعي لاستخدام مصادر الطاقة وفق الهدف البيئي												
	بترول	غاز	فحم		خبير (١)	خبير (٢)	خبير (٣)	خبير (٤)	خبير (٥)	خبير (٦)	خبير (٧)	ناتج متوسط الأهمية النسبية
الهدف البيئي												
بترول	١	٠.٢	٠.٢		٢٨	٣٠	٢٥	٣٥	٢٨	٣٠	٢٥	٢٨.٧
غاز	٥	١	٥		٤٦	٤٥	٥٠	٤٥	٤٨	٤٠	٦٠	٤٧.٧
فحم	٠.٥	٠.٢	١		٢٦	٢٥	٢٥	٢٠	٢٤	٣٠	١٥	٢٣.٦
المجموع					١٠٠٪							١٠٠٪

❖ معدل الثبات والتوافق = ٥ % ، وهو ضمن الحدود المسموح بها لعدد ثلاثة متغيرات.
❖ وبذلك يكون الترتيب النهائي لمتوسط الأهمية النسبية لبدائل الطاقة الأربعة وفقاً لمعيار التكلفة مقربة إلى النسبة الصحيحة بدون كسور كما يلي:
▪ بديل البترول = ٢٨,٧ % ، بديل الغاز الطبيعي = ٤٧,٧٪ ، بديل الفحم = ٢٣,٦ %

المصدر: اعداد الباحثان

تحليل نتائج الجدول السابق:

يتضح من الجدول السابق أن نتائج تشغيل البيانات تشير إلى تفضيل بديلي الغاز الطبيعي(٣٧.٦٪) والبترول(٣٣.٧٪) بالترتيب عند التركيز على هدف كفاءة الطاقة الحرارية، في حين جاء بديل الفحم في المركز الثالث بنسبة(٢٨.٧في حين جاء

البترول في المرتبة الثانية بنسبة (٣٠.٨٪)، بينما جاء بديل الغاز في المرتبة الثالثة والأخيرة بنسبة (٢٥.٤٪) وذلك يتفق مع ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي على المستوى المحلي والمستوى العالمي نتيجة زيادة الاعتماد عليه في الصناعة. وأخيراً توضح نتائج تشغيل البيانات في الجدول السابق تفضيل الغاز الطبيعي على باقي البدائل عند التركيز على الهدف البيئي، حيث بلغت نسبة الأهمية النسبية له (٤٧.٧٪) في حين جاء بديل البترول في المركز الثاني بنسبة (٢٨.٧٪)، وأخيراً جاء بديل الفحم في المركز الثالث والأخير بنسبة (٢٣.٦٪)، وهو ما يتفق مع الاتجاهات الحديثة محلياً وعالمياً لزيادة الاعتماد على المصادر النظيفة بيئياً مثل الغاز الطبيعي حتى مع تكلفته المرتفعة، وتقليل الاعتماد على الفحم بنسبة كبيراً نظراً لآثاره البيئية وزيادة الانبعاثات الناتجة من استخدامه في الصناعة.

وبذلك يكون الترتيب النهائي لمتوسط الأهمية النسبية لبدائل الطاقة الأربعة وفقاً لمعايير الأهداف الثلاثة مقربة إلى النسبة الصحيحة بدون كسور، والذي يتم حسابه بقسمة مجموع الأهمية النسبية للمعايير الثلاثة لكل بديل ÷ ٣ وهو عدد المعايير، حتى يمكن إستخدامها للمقارنة مع نتائج أسلوب برمجة الأهداف كما يلي:

جدول (٣): النتائج النهائية لإستخدام أسلوب التحليل الهرمي للأهمية النسبية لإستخدام بدائل الطاقة

البديل	متوسط الأهمية النسبية المحسوبة	النسبة مقربة إلى اقرب رقم صحيح
البترول	▪ (٣٣,٧ + ٣٠,٨ + ٢٨,٧) ÷ ٣ = ٣١,٠٦ %	٣١ %
الغاز	▪ (٣٧,٦ + ٢٥,٤ + ٤٧,٧) ÷ ٣ = ٣٦,٩ %	٣٧ %
الفحم	▪ (٢٨,٧ + ٤٣,٨ + ٢٣,٦) ÷ ٣ = ٣٢ %	٣٢ %
	المجموع	١٠٠ %

المصدر: اعداد الباحثان

يتضح من الجدول السابق للنتائج النهائية لإستخدام أسلوب التحليل الهرمي لترتيب الأهمية النسبية لإستخدام بدائل الطاقة، بالاعتماد على معايير الأهداف الثلاثة التي يراد تحقيقها من إستخدام بدائل الطاقة في الإنتاج، أن بديل الغاز الطبيعي يحظى بأكبر قدر من الأهمية النسبية بين بدائل الطاقة (٣٧٪)، في حين تتساوى تقريباً الأهمية النسبية لإستخدام بديلي البترول والفحم بمقدار (٣١٪) و (٣٢٪) على التوالي. وهذا ما يتوافق مع الإتجاهات الحديثة لزيادة إستخدام

الغاز الطبيعي تدريجياً لتوفير الطاقة اللازمة للإنتاج، خاصة مع زيادة اكتشافات الغاز الطبيعي في البيئة المصرية الواعدة وتميزه في جانب البيئة والانبعاثات الناتجة عنه، مع التوقع بدعم الحكومة وتخفيض أسعاره في المستقبل وفق تقرير وزارة الطاقة المصرية (٢٠٢٢).

٢/٧: تطبيق أسلوب تحليل التكلفة والعائد وتحليل النتائج

يستهدف النموذج في هذه المرحلة التقييم النهائي للمعيار المرجعي الأفضل لاستخدام الطاقة، الذي تم التوصل إليه في المرحلة السابقة باستخدام أسلوب تحليل التكلفة والعائد، وذلك من خلال مقارنته بالوضع الراهن وهو استخدام مصدر طاقة واحد فقط بشكل أساسي في الصناعة. ويعتمد التقييم النهائي لبدائل استخدام الطاقة (بدائل القرار) وفقاً لأسلوب تحليل التكلفة والعائد على ترجمة العوائد والتكاليف في صورة مالية والذي يعد مقياساً شاملاً لجوانب مشكلة الطاقة اقتصادياً وبيئياً.

تتمثل منهجية التطبيق العملي لأسلوب تحليل التكلفة والعائد لتقييم بدائل استخدام الطاقة في العمليات الإنتاجية على قياس تكاليف الطاقة اللازمة لإنتاج طن أسمنت كلنكر، وترجمة الانبعاثات الناتجة عنه في صورة نقدية أيضاً باستخدام سعر كربون تقريبي ثابت كأساس للمقارنة بين بديل استخدام المعيار المرجعي للطاقة المحسوب، وبين بديل استخدام كل مصدر من مصادر الطاقة بشكل فردي للحصول على الطاقة اللازمة للإنتاج (وهو المطبق في منشآت الأسمنت المصرية)، ثم تحديد إجمالي التكاليف في رقم واحد واستخدامه في المقارنة بين البديلين، وما يرتبط به من هدف الكفاءة والتكلفة والبيئة.

وقد اعتمد الباحثان على استخدام أسلوب تحليل التكلفة والعائد بالصيغة المبسطة، لتقييم قرار تشغيلي خاص بالإحتياجات من مصادر الطاقة اللازمة للإنتاج، وذلك لايعد قراراً إستثمارياً تستخدم فيه معدلات الخصم لحساب القيمة الحالية للإستثمارات والأرباح المستقبلية، وبالاستعانة بالبيانات العملية التي حصل عليها الباحثان من الواقع العلمي والتى تخص مصادر الطاقة المستخدمة ومعاملاتها(التكلفة والانبعاثات). بإعتبار مخزون مصادر الطاقة اللازمة للعمليات الإنتاجية ضمن

الأصول المتداولة التي يتم تغيير كميتها زيادةً ونقصاً خلال السنة، والذي قد يتغير بتغير أولويات الأهداف وتكلفة مصادر الطاقة وضريبة الكربون إذا تم تطبيقها.

تستند عملية ترجمة الانبعاثات الناتجة من استخدام الطاقة إلى مقياس مالي في هذه الدراسة على ما جاء في تقرير الجهاز المركزي للمحاسبات المصري (٢٠٢٢) والذي أوضح أن تكلفة الطن من انبعاثات الكربون على الاقتصاد تقدر بنحو ٨٠ دولار أى حوالى ٢٤٠٠ جنيه مصرى، مما يعنى أن تكلفة الكيلو من انبعاثات الكربون تُقدر بـ (٢.٤) جنيه، ويتم الاعتماد على هذا الرقم كأساس موحد للمقارنة بين مصادر استخدام الطاقة.

تمهيد لتطبيق تحليل التكلفة والعائد:

يبدأ التطبيق الصحيح لتحليل التكلفة والعائد وفقاً لدراسات الادب المحاسبي والاداري بتحديد الاساس الذي يتم الاعتماد عليه في المفاضلة والتقييم الدقيق بين بنود المشكلة وبدائل الحل المطروحة، وبالتطبيق على المشكلة البحثية الحالية، فإن الباحثان اعتمدا على تحديد مستوى معين لقياس استخدام الطاقة في مختلف الصناعات ذات الحساسية البيئية مثل صناعة البتروكيماويات والاسمدة والصناعات الكيماوية والأسمنت، وهذا المقياس ومضاعفاته هو ما يعتبر وحدة القياس والتعامل مع الطاقة المستخدمة في الإنتاج وهو مقدار (واحد جيجا جول طاقة حرارية) وهو المقياس المستخدم عالمياً والذي يمكن تحويله إلى مقاييس اخرى متعددة وفقاً لظروف الصناعات ومجالات البحث.

ولذلك فإن تحليل التكلفة والعائد سوف يكون مبنياً على حساب تكلفة (المالية والبيئية) وعائد إنتاج ما مقداره (واحد جيجا جول طاقة حرارية)، وسعياً لتحقيق مزيد من الدقة عند التعامل مع معاملات الطاقة وتكلفتها والأثر البيئي لها وترجمة الاثر البيئي في شكل انبعاثات، سوف يتم تحويلها في العمليات الحسابية التفصيلية إلى مقياس (الوحدة الحرارية البريطانية – **BTU**). بحيث يتم تحويل مقدار (واحد جيجا جول طاقة إلى ما يكافئه من وحدات الحرارية البريطانية، ثم حساب ما يتطلبه إنتاج هذا الكم من الطاقة من المصادر المختلفة (بترول/ مازوت، غاز طبيعي، فحم)، وحساب التكلفة المالية او الاقتصادية لتوفير الكمية المطلوبة، ثم بناء عليها يتم حساب

كمية الانبعاثات الكربونية لكل كمية من كل بديل او من مزيج المستوى المرجعي او المعيار المرجعي، ومن ثم تحليل النتائج في ضوء أهداف البحث.

وفيما يلي جدول يشتمل على البيانات المستخدمة في تحليل التكلفة والعائد يتم فيه توضيح كل البيانات المطلوبة وكيفية حسابها ومصادر هذه البيانات:

جدول (٤): البيانات المستخدمة في اسلوب تحليل التكلفة والعائد

✓ واحد جيجا جول طاقة يساوي تقريبا ٢٤٠٠٠٠ كيلو كالوري، ويساوي أيضاً ٢٧٨ كيلو وات / ساعة. ✓ يُقدر المحتوى الحراري المعتمد علمياً لكل كيلو جرام من مصادر الطاقة وفقاً للمقاييس الدولية بـ: (٩٦٠٠ كيلو كالوري/ كيلو جرام مازوت، ١٢٥٠٠ كيلو كالوري/ كيلوجرام غاز طبيعي، ٧٠٠٠ كيلو كالوري/كيلو جرام فحم) ✓ الكميات المطلوبة لإنتاج واحد جيجا جول طاقة يحسب كالتالي: ** من البترول/المازوت = ٢٤٠٠٠٠/٩٦٠٠= ٢٥ كجم ** من الغاز الطبيعي = ٢٤٠٠٠٠/١٢٥٠٠ = ١٩.٢ كجم ** من الفحم = ٢٤٠٠٠٠/٧٠٠٠ = ٣٤ كجم باستخدام نفس طريقة الحساب السابقة لكل بديل وكذلك لمزيج معيار المستوى المرجعي يمكن الحصول على نتائج تشغيل البيانات والذي يتم تضمينها في التحليل الاساسي للتكلفة والعائد.		
بيان	**البند**	**القيمة**
بيانات قيم المحتوى الحراري لمصادر الطاقة	البترول	٤٥ ميجا جول / كجم
	الغاز	٣٥ ميجا جول/ متر مكعب غاز طبيعي
	الفحم	٣٠ جيجاجول / طن متري من الفحم (بيتومينوس) ٢٦ جيجا جول / طن متري من الفحم (الليجنيت)
بيانات وقيم تكلفة بدائل الطاقة وفق أحدث الاسعار العالمية والمحلية	البترول	٦٠٠٠ جنيه / لكل طن مازوت
	الغاز	١٦٠٠٠ ج / طن غاز طبيعي بما يعادل : ١٦ج / كجم غاز
	الفحم	٤٠٠ دولار لكل / طن فحم حجري، ١٢٠٠٠ ج

	(وفق أخر قرار تسعير للحكومة المصرية ٢٠٢٢-٢٠٢٣، وبسعر صرف ٣٠ج/ دولار وقت الدراسة) مع تغير أسعار مصادر الطاقة بنسب متقاربة لارتباطها بسوق الطاقة العالمي وفقاً لدراسات وكالة الطاقة العالمية (IEA,2022) كما أن هناك ثبات نسبي للتغيرات بين أسعار مصادر الطاقة.	
بيانات وقيم الأثر البيئي والانبعاثات الكربونية لمصادر الطاقة	البترول	٧٧ كيلو كربون / ١٠٠٠ جول طاقة حرارية– بترول
	الغاز	٥٥ كيلو كربون/١٠٠٠ جول طاقة حرارية– غاز طبيعي
	الفحم	٩٦ كيلو كربون / ١٠٠٠ جول طاقة حرارية– فحم
	يتم الاعتماد على معاملات الانبعاثات المعتمدة عالمياً من اللجنة العالمية لتغير المناخ (IPCC, 2006)، وتُقدر بـ – ٠.٢٩ كجم من مكافئ الكربون/كجم من المازوت، – ٠.١٨ كجم من مكافئ الكربون/كجم من الغاز الطبيعي، – ٠.٣٩ كجم من مكافئ الكربون/كجم من الفحم،	
بيانات وقيم تكلفة الأثر البيئي والانبعاثات لمصادر الطاقة	تكلفة الطن من انبعاثات الكربون على الاقتصاد تقدر بنحو ٨٠ دولار أى حوالى ٢٤٠٠ جنيه مصرى وفقاً لأسعار صوف الدولار في وقت اعداد الدراسة ٢٠٢٢-٢٠٢٣ (كرقم تقديري للتأثيرات السلبية للتلوث بأنواعه على البيئة)، مما يعنى أن التكلفة السلبية للكيلو من انبعاثات الكربون تُقدر بـ (٢.٤) جنيه، ويتم الاعتماد على هذا الرقم في النموذج كأساس موحد للمقارنة بين مصادر استخدام الطاقة	
المصادر / المراجع		
(IPCC 2006); IPCC Emission Factor , UNIDO Industerial Statistical Database, UNEP, (EPA 2017); Federal Register 2010, (DOE 2017). مشروع الموازنة العامة للدولة ٢٠٢١-٢٠٢٢ ، جهاز شئون البيئة وزارة البيئة المصرية ، مركز جامعة القاهرة للحد من المخاطر البيئية. تقرير البنك الدولي ٢٠٢٢ عن تأثير التلوث على الناتج المحلي لدول شمال أفريقيا السابق الاشارة اليه.		

المصدر: اعداد الباحثان بتجميع البيانات من مصادرها المذكورة

جدول (٥): تحليل التكلفة والعائد لمصادر الطاقة والمستوى المرجعي لاستخدامه في مجال الرقابة والمراجعة البيئية

البدائل الفردية والمعيار المرجعي		مقاييس المقارنة الكمية والمالية الاقتصادية والبيئية للحصول على قيمة واحد جيجا جول طاقة للإنتاج في المنشآت الصناعية				
		(١) الكمية المطلوبة من الطاقة (كجم)	(٢) التكلفة الاقتصادية (جنيه)	(٣) كمية الانبعاثات البيئية (كجم مكافئ كربون)	(٤) التكلفة البيئية (جنيه)	(٥)/(٤+٢) مجموع التكلفة الاقتصادية والبيئية (جنيه)
بدائل الطاقة						
البترول		٢٥	١٥٠	٧.٢٥	١٧.٥	١٦٧.٥
الغاز		١٩.٢	٣٠٧	٣.٥	٨.٥	٣١٥.٥
الفحم		٣٤	٣٤٠	١٣.٣	٣٢	٣٧٢
متوسط ت. البدائل الثلاثة			**٢٦٦**	**٨.٠٢**	**١٩.٣**	**٢٨٥.٣**
المعيار المرجعي						
بترول	**٣١ %**	٧.٢٥	٤٣.٥	٢.١	٥	٤٨.٥
غاز	**٣٧ %**	٧	١١٢	١.٢٦	٣	١١٥
فحم	**٣٢ %**	١١	١١٠	٤.٢٩	١٠	١٢٠
مجموع المعيار المرجعي			**٢٦٥.٥**	**٧.٦٥**	**١٨**	**٢٨٣.٥**

المصدر: اعداد الباحثان

تحليل نتائج الجدول السابق:

فيما يخص تكلفة مصادر الطاقة وهي الجانب المالي الاقتصادي لاستخدام الطاقة في الإنتاج، بتضح أن مزيج المعيار اوالمستوى المرجعي المستخدم يتفوق على كل من الغاز الطبيعي والفحم بفارق كبير نسبياً (وفر تخفيض في التكلفة يمثل عائد محقق بمقدار ٤١.٥ ج ، و ٧٤.٥ ج على التوالي) فيما يتفوق بديل المازوت على المستوى او المعيار المرجعي المحسوب فقاً للنموذج بفارق١١٥.٥ ج ، ويرجع ذلك إلى أن بديل المازوت ما يزال ضمن دعم الحكومة والذي قد ينخفض في المستقبل بعد رفع الدعم عنه مما قد يمثل أفضلية لاستخدام مزيج المعيار او المستولى المرجعي المحسوب. وبالرغم من ذلك يتفوق بديل التكلفة على متوسط تكلفة البدائل الثلاثة بمقدار ٠.٥ ج لكل جيجا جول طاقة والذي يمثل وفراً وعائداً كبيراً اذا تم

حسابه على مستوى التكلفة الاجمالية للطاقة المستخدمة في الإنتاج، والذي يخفض التكلفة ويزيد الربحية بالتبعية.

أما فيما يتعلق بكمية الانبعاثات الناتجة من استخدام الطاقة لإنتاج واحد جيجا جول، فيلاحظ أن كمية الانبعاثات الناتجة عن استخدام مزيج المعيار او المستوى المرجعي يتفوق على بديل الفحم بفارق ملحوظ قدره (٦ كجم كربون)، في حين يتساوى مع كمية انبعاثات بديل البترول / المازوت، إلا أن بديل الغاز الطبيعي بطبيعته النظيفة يتفوق على مزيج المعيار او المستوى المرجعي المحسوب بالنموذج المقترح. وأخيراً يلاحظ تفوق مزيج المعيار المرجعي على متوسط البدائل الثلاثة في كمية الانبعاثات بمقدار (١.٥ كجم كربون) والذي يمثل عائداً بيئياً في خفض الانبعاثات الناتجة عن استخدام الطاقة في الإنتاج على مستوى الانبعاثات الكلية من الطاقة المستخدمة في الإنتاج.

وفيما يتعلق بتكلفة الانبعاثات الكربونية وفقاً لأسعار الكربون، فهي ترجمة للنقطة السابقة تماما بعد تحويل كمية الكربون والانبعاثات إلى تكلفة مالية بيئية، حيث يتفوق مزيج المعيار والمستوى المرجعي المحسوب على الفحم ويتسلوى تقريباً مع البترول/المازوت، في حين يتفوق الغاز الطبيعي فيالتكلفة البيئية، إالا أن مزيج المعيار والمستوى المرجعي على تكلفة متوسط البدائل الثلاثة بمقدار ١.٣ ج تقريباً وهو ما يمثل وفراماليا وعائدا بيئياًكبيراً إذا ما تم حسابه على مستوى الطاقة الاجمالية المستخدمة والذي يقدر بملايين الجيجا جول من الطاقة، مما مثل عائدا ووفرا ماليا بيئياً يمكن أن يؤثر بصورة مباشرة في ربحية المنشأة من خلال تخفيض التكاليف البيئية.

باستخدام التقييم المالي الشامل لكل من التكلفة الاقتصادية والبيئية، يتضح أفضلية استخدام مزيج المعيار المرجعي او المستوى المرجعي لاستخدام الطاقة والذي تم حسابه بالنموذج المقترح على التكلفة الكلية لمتوسط البدائل الثلاثة بمقدار ١.٥ ج تقريباً، مما يؤكد أفضلية النموذج المقترح في حساب معيار مستوى الاسنخدام المرجعي للطاقة، والذي يمثل وفراً كبيراً اذا تم حسابهعلى مستوى التكلفة الاجمالية للطاقة المستخدمة اقتصادياً وبيئياً.

وبناءً على النتائج السابقة، يرى الباحثان صحة النموذج المستخدم وكفاءته في تطوير معايير ومستويات الرقابة والمراجعة البيئية لاستخدام الطاقة كمقياس مرجعي في الإنتاج، مع امكانية تطوير النموذج المقترح للحصول على نتائج أفضل وأدق وفق ظروف كل منشأة ومتغيرات بيئة الأعمال وأسعار الطاقة والتشريعات البيئية المحلية والعالمية ومدى تطورها في المستقبل والذي يضغط على المنشآت الصناعية في زيادة أهمية الجانب البيئي عند تخطيط ورقابة ومراجعة التزامها البيئي.

٨: خلاصة البحث:

استهدف البحث تطوير نظام الرقابة والمراجعة البيئية داخل المنشآت الصناعية وخاصة فيما يتعلق بالمنشآت كثيفة استهلاك الطاقة مثل صناعات البتروكيماويات والأسمدة وغيرها،من خلال توفير أسلوب تحديد وتقييم مستوى المعيار المرجعي لاستخدام الطاقة بما يراعي الجانب البيئي لاستخدامها جنباً إلى جنب مع الجانب الاقتصادي الخاص بتكلفة الحصول على الطاقة من مصادرها المختلفة واستخدامها بكفاءة.

أصبح من الضروري تطوير نظم الإدارة وما تشتمل عليه من نظم الرقابة والمراجعة الداخلية بما يجعلها تشمل كافة الجوانب المالية والاقتصادية والبيئية ونتيجة لزيادة الاهتمام بالأثر البيئي لأنشطة المنشآت الصناعية، برز الهدف البيئي ضمن أهداف إدارة وتخطيط الطاقة ومصادرها في المنشآت الصناعية من خلال نظم الرقابة والمراجعة البيئية. ويُعد توافر معايير محددة للمراجعة البيئية، من أهم متطلبات التطبيق الفعال للمراجعة والرقابة البيئية.

أوضحت نتائج الجزء العملي من البحث أن استخدام النموذج المقترح في البحث الحالي والذي يضمن أسلوب التحليل الهرمي وأسلوب تحليل التكلفة والعائد قد أثبت صحة نتائجه في تحديد مستوى المعيار المرجعي لاستخدام الطاقة بيئياً واقتصادياً والذي يمثل مقياساً مرجعياً يمكن لأقسام الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية الاستعانه به لإنجاز أهدافهم وتطوير أنشطة الرقابة والمراجعة في منشآتهم، وذلك حتى مع العدد المحدود من الخبراء ومحدودية البيانات المستخدمة من قبل الباحثين في مجال الطاقة

واختلاف ظروف واولويات ونسب أهمية أهداف المنشأة والإدارة التي تعمل بها أهدافها الخاصة ومدى قوة التشريعات المطبقة والنظام الرقابي المطبق محلياً وعالمياً، مما يدل على إمكانية تحقيق أهداف التنمية المستدامة في مجال الطاقة والمتمثلة في تخفيض الانبعاثات الكربونية والأثر السلبي وبالتالي تخفيض التكاليف البيئية وفي نفس الوقت تخفيض تكلفة الطاقة المستخدمة وتحسين كفاءة استخدامها.

٩/: توصيات البحث:

ارتباطاً بنتائج البحث، يوصي الباحثان بالقيام بأبحاث تكميلية في مجال الإدارة البيئية في المنشآت الصناعية أهمها:

- أهمية وجدوى تكوين احتياطيات أو تقدير التزامات بيئية محتملة لمواجهة أي التزامات في المستقبل ووضع إجراءات معينة للقيام بذلك.
- بحث إمكانية الاعتماد على الإسناد الخارجي للقيام بأنشطة الرقابة والمراجعة البيئية الداخلية في المنشآت الصناعية كثيفة استهلاك الطاقة التي تتصف بحساسيتها الشديدة تجاه البيئة نتيجة اعتمادها على الطاقة بشكل كبير في العمليات الانتاجية والتي تمثل تكلفة الطاقة نسبة كبيرة في هيكل التكلفة لديها.
- تحليل تطبيق مبدأ العدالة البيئية وتطبيق الضرائب البيئية في البيئة المصرية حسب القطاعات الصناعية ونسب استخدام الطاقة في كل منها.

١٠: مراجع البحث

المراجـع العربيـة

- أمين السـيد أحمد لطفي، المراجعة البيئية، الدار الجامعية، الإسـكندرية، مصر،2005 .
- تقرير البنك الدولي لدول الشـرق الأوسـط وشـمال أفريقيا، ٢٠٢٢، https://www.albankaldawli.org/ar/about/annual-report#anchor-annual).

- حســـين محمد عيســـى. ١٩٩٩. نظم إدارة التكاليف البيئية. المجلة العلمية للاقتصـــاد والتجارة. كلية التجارة. جامعة عين شـــمس. العدد الثالث. يوليو ٢٠٠٧. صـ. ٧٤٩–٧٨٨.
- صـــفاء محمد عبد الدايم. ٢٠٠٣ . "مدخل مقترح لتقييم البعد البيئى كبعد خامس فى منظومة الأداء المتوازن (BSC)– دراســـة ميدانية". مجلة كلية التجارة للبحوث العلمية. كلية التجارة. جامعة الاسكندرية. العدد الثانى. المجلد الاربعون. سبتمبر ٢٠٠٣ يناير. السنة الرابعة. صـ ٢٠١–٢٥١.
- عز الدين فكري تهامي. ٢٠١١. الاطار العلمى لنظم محاسبة الإدارة البيئية. المجلة العلمية لقطاع كليات التجارة. كلية التجارة – جامعة الازهر. (العدد الثامن– يناير ٢٠١١). صـ ٣٠٨–٣٨٢.
- عزة علي فرج. ٢٠١٥. "اقتصاديات بدائل توليد الطاقة لصناعة الأسمنت". المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة. كلية التجارة. جامعة عين شمس. العدد الاول. يناير ٢٠١٥. صـ٣٤٩–٣٧٨.
- علي إبراهيم طلبة، (٢٠٠١)، دور الأجهزة الرقابية العليا في المراجعة البيئية : تحدي جديد للجهاز المركزي للمحاسبات، المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة، العدد الثالث، جامعة عين شمس، كلية التجارة،2001.
- عمرو عبد البر، ٢٠٠٣" دراسة تحليلية للتكاليف البيئية :إطار مقترح لحصر التكاليف البيئية في القطاع الصـناعي المصـري"، المجلة العلمية للاقتصـاد والتجارة، كلية التجارة، جامعة عين شمس، القاهرة، ع1
- محمد عبد الحميد مطاوع. ٢٠٠٦. "نحو اطار فكرى للمحاسبة الادارية البيئية: دراسة نظرية تطبيقية " مجلة افاق جديدة للدراسات التجارية. كلية التجارة. جامعة جامعة المنوفية. السنة الثامنة عشر. العدد الاول والثاني. يناير وابريل ٢٠٠٦. صـ ٤٣–١٠٣.

- محمد منير مجاهد. ٢٠١٤. مصادر الطاقة في مصر و آفاق تنميتها. المكتبة الاكاديمية. القاهرة . مصر. ٢٠١٤
- محمود جيلاني. ٢٠١٥. هندسة القوى الكهربية: دراسات فى توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربية. كلية الهندسة . جامعة القاهرة.
- نجلاء صبحي خالد علام. ٢٠١٠. محددات المزيج المرجعي للطاقة من التجارب الدولية التنموية التكنولوجية وتغير المناخ. المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة. كلية التجارة. جامعة عين شمس. ع ٤. الجزء الاول. اكتوبر ٢٠١٠. صـ ١٦٧-٢٢٧.

المراجع الأجنبية:

- Akers, M. D., & Klos, M. A. (1995). Environmental Auditing: An Examination of Internal Audit Involvement. *Internal auditing*.
- Al Hanini, E. A. (2021). Does the Environmental Internal Audit Impact the Achieving of Sustainable Development in Industrial Companies Listed on the Amman Stock Exchange?. International Journal of Financial Research, 12(3), 220-229.
- Allan, G., Eromenko, I., Gilmartin, M., Kockar, I., & McGregor, P. (2015). The economics of distributed energy generation: A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42, 543-556.
- Andersson, K., Brynolf, S., Hansson, J. and Grahn, M., (2020). Criteria and Decision Support For A Sustainable Choice of Alternative Marine Fuels. Sustainability, 12(9), 3623.
- Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. Energy Policy, 35(10), 4772-4778.
- Ba-Shammakh, M., Caruso, H., Elkamel, A., Croiset, E., & Douglas, P. L. (2008). Analysis and optimization of carbon dioxide emission mitigation options in the cement industry. *American Journal of Environmental Sciences*, *4*(5), 482-490.
- Boardman A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., and Weimer, D.L. (1996) Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall

- Boulhaga, M., Bouri, A., Elamer, A. A., & Ibrahim, B. A. (2023). Environmental, social and governance ratings and firm performance: The moderating role of internal control quality. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 30(1), 134–145. https://doi.org/10.1002/csr.2343
- Cevik, S., Turna, F., & Erdogdu, M. M. (2016). Energy Efficiency and Policy Mix in the European Countries. *European Journal of Sustainable Development Research*, *1*(1), pp. 53-62.
- Cowen, S., Ferreri, L. and Parker, L. (1987). The impact of corporate characteristics on social responsibility disclosure: a typology and frequency-based analysis. Accounting, Organisation and Society, 12 (2), 111–122
- Darnall, N., Jolley, G. J., & Handfield, R. (2008). Environmental management systems and green supply chain management: complements for sustainability?. Business Strategy and the Environment, 17(1), 30-45.
- Datta, A., Ray, A., Bhattacharya, G., & Saha, H. (2011). Green energy sources (GES) selection based on multi-criteria decision analysis (MCDA). International Journal of Energy Sector Management, 5(2), 271-286.
- EIA (2015), EGYPT Overview, *International energy data and analysis*, US Energy Information Administration, , *June 2, 2015*, pp. 1-13.
- EIA 2016, International Energy Outlook 2016, Energy Information Administration, US Department of Energy, Washington, DC. International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040, https://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/1296780
- EPA (2017) AVERT, U.S. national weighted average CO_2 marginal emission rate, year 2016 data. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Fuentes-Bracamontes, R. (2012). How to reform the power sector in Mexico? Insights from a simulation model. International Journal of Energy Sector Management, 6(4), 438-464.
- Gutowski, T. G. (2007, June). The carbon and energy intensity of manufacturing. In 40th Seminar of CIRP, Keynote Address, Liverpool University, Liverpool, UK.

- Harasheh, M., & Provasi, R. (2023). A need for assurance: Do internal control systems integrate environmental, social, and governance factors?. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 30(1), 384-401.
- Henri, J. F., & Journeault, M. (2010). Eco-control: The influence of management control systems on environmental and economic performance. Accounting, Organizations and Society, 35(1), 63-80.
- Huang, S. (2013). Three papers on input-ouput [sic] energy and environmental accounting (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- IEA (2016) World Energy Outlook Special Report: Energy and Air Pollution. Paris: International Energy Agency (IEA).
- IIA, 2022, INTERNAL AUDIT'S ROLE IN ESG REPORTING, https://www.theiia.org/globalassets/documents/communications/2021/june/white-paper-internal-audits-role-in-esg-reporting.pdf
- International Organization for Standardization (ISO), (2011), Win the energy challenge with ISO 50001, Energy Management system, In June 2011 (*www.iso.org*)
- IPCC: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, edited by: Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., and Tanabe, K., IGES, Hayama, Japan.
- Izat, R. (2019). Reflection of the Application of Environmental Auditing to Support the Process of Sustainable Development -Study in a Sample of Industrial Companies in the Kurdistan Region of Iraq,.Journal of Al Anbar, 26(11), 368-398.
- Jeong, K., & Kim, S. (2013). LMDI decomposition analysis of greenhouse gas emissions in the Korean manufacturing sector. Energy Policy, 62, 1245-1253.
- Kayhan, Fatih, 2022, Internal Audit, Internal Control Systems in Finance Industry in the Changing Business Environment, Evidence From Turkey as an Emerging Economy: Banking Applications, Internal Systems, Managing Inflation and Supply Chain Disruptions in the Global Economy, All IGI Global Scholarly Journals, DO - 10.4018/978-1-6684-5876-1.ch018.
- Kookos, I. K., Pontikes, Y., Angelopoulos, G. N., & Lyberatos, G. (2011). Classical and alternative fuel mix optimization in cement production using mathematical programming. Fuel, 90(3), 1277-1284.

- Madlool, N. A., Saidur, R., Hossain, M. S., & Rahim, N. A. (2011). A critical review on energy use and savings in the cement industries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(4), 2042-2060.
- Nakata, T. (2003). Energy modeling on cleaner vehicles for reducing CO2 emissions in Japan. *Journal of Cleaner Production*, *11*(4), 389-396.
- Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. Energy policy, 24(5), 377-390.
- Radwan, A. M. (2012). Different possible ways for saving energy in the cement production. *Advances in Applied Science Research*, *3*(2), 1162.
- Rodgers, W., & Housel, T. J. (2004). The effects of environmental risk information on auditors' decisions about prospective financial statements. *European Accounting Review*, *13*(3), 523-540.
- Rogner, H.-H., Sharma, D., & Jalal, A. I. (2008). Nuclear power versus fossil-fuel power with CO2 capture and storage: A comparative analysis. International Journal of Energy Sector Management, 2(2), 181–196.
- Saaty, T. L (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill International.
- Saaty, T. L. (2005). Theory and applications of the analytic network process: Decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. Pittsburgh: RWS Publications
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), 83-98.
- Saidi, K., & Hammami, S. (2015). The impact of CO 2 emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries. Energy Reports, 1, 62-70.
- Sameer, W. (2017). The Role of Environmental Audit in Achieving Sustainable development in Adrar/ Algeria.Unpublished thesis of master, Ahmad Draya University, Algeria.
- Scully, J. J., & Accardi, J. (1993). The role of internal auditors in environmental issues: a research report prepared by CH2M Hill. Internal Auditor, 50(3), 16-17.

- Shih, K. H., Chen, H. J., & Chen, J. C. (2006). Assessment of sustainable development and knowledge of environmental management: internal auditors' perspectives. Industrial Management & Data Systems.
- Singh S.K , & V K Bajpai , (2013) "Estimation of operational efficiency and its determinants using DEA: The case of Indian coal-fired power plants", International Journal of Energy Sector Management, Vol. 7 Iss: 4, pp.409 – 429
- Soh, D. S., & Martinov-Bennie, N. (2015). Internal auditors' perceptions of their role in environmental, social and governance assurance and consulting. Managerial Auditing Journal.
- Stanescu, S. G., Ionesco, C. A., & Coman, M. D. (2020). Environmental Audit Contribution to the Evaluation and Control of Environmental nformation. LUMENProceedings, 10,200-213. https://doi.org/10.18662/lumproc/gidtp2018/23
- Tai Wu, H., Pineau, P. O., & Caporossi, G. (2010). Efficiency evolution of coal-fired electricity generation in China, 1999-2007. International Journal of Energy Sector Management, 4(3), 316-336.
- Tanaka, K. (2008). Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy. Energy policy, 36(8), 2887-2902.
- Ubaldini, S. J. (1995). Should Internal Auditors Be Responsible for Environmental Auditing.
- UNDSD, United Nations Division for Sustainable Development, (2000). Improving governments' role in the promotion of environmental managerial accounting. United Nations Publications. New York, 2000.
- UNDSD, United Nations Division for Sustainable Development, (2001), environmental Management Accounting Procedures and Principles, United Nations Publications. New York, 2001.pp. 1-141.
- UNSD, 2016, International Recommendations For Energy Statistics (IRES), United Nations, new Yourk, 2016.

- Wade, K. (1995). Internal environmental audits: The role of the internal audit department. Eco-Management and Auditing: The Journal of Corporate Environmental Management, 2(1), 24-31.
- World Bank, MENA Region Report, 2022, Retrieved from (https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/38065/English.pdf?sequence=18)
- Yañes, J., & Grosse, R. (2007). US oil import dependence: which way out?. International Journal of Energy Sector Management, 1(2), 195-202.
- Zairi, M. (2000). Social responsibility and impact on society. *The TQM Magazine*, *12*(3), 172-178.
- Zhang, S., Worrell, E., & Crijns-Graus, W. (2015). Evaluating co-benefits of energy efficiency and air pollution abatement in China's cement industry. *Applied Energy*, *147*, 192-213.