دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقاريرها وضمان جودتها

إعداد

د/ وليد سمير عبد العظيم الجبلى

أستاذ مساعد المحاسبة والمراجعة

كلية البنات القبطية بالعباسية

٢٠٢٥م – ١٤٤٦هـ

قسم المحاسبة والمراجعة ... كلية التجارة ... جامعة مدينة السادات

خلاصة الورقة البحثية :-

استهدفت الورقة :- دراسة دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقارير الاستدامة وضمان جودتها ؛ وتحديد اتجاهات البحث المستقبلية.

التصميم/المنهجية : تستند الورقة البحثية إلى الأدبيات الأكاديمية لاستكشاف دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقاريرها وضمان جودتها.

الأهمية العلمية :-

- تسعى هذه الورقة إلى تحديد أجندة الأبحاث الحالية والمستقبلية حول المحاسبة المستدامة وإعداد تقارير الاستدامة وضمان جودتها والتقنيات الرقمية.
- تقدم الورقة رؤية شاملة لمفاهيم وتقنيات وممارسات المحاسبة والإبلاغ وضمان جودة تقارير الاستدامة، والدور المحتمل الذي يمكن أن تلعبه التقنيات الرقمية فيها. كما تقدم رؤى قيّمة لأبحاث مستقبلية في مجال معاصر ألا وهو التقنيات الرقمية .

الأهمية العملية :- تتضمن نتائج هذه الورقة آثاراً على الجهات التنظيمية وواضعي المعايير والممارسين (بما في ذلك مديري تقارير الاستدامة ومقدمي ضمان الاستدامة)، مما يسلط الضوء على تأثير التقنيات الرقمية على المحاسبة المستدامة وإعداد التقارير وضمان الاستدامة.

الأهمية الاجتماعية :- تلعب مفاهيم وتقنيات وممارسات المحاسبة والإبلاغ وضمان الاستدامة دوراً محورياً في تعزيز الشفافية والمساءلة التنظيمية تجاه أصحاب المصلحة بشأن الاستدامة. إن فهم كيفية الاستفادة من التقنيات الرقمية لتعزيز المحاسبة والإبلاغ وضمان الاستدامة يعود بالنفع على أصحاب المصلحة والمجتمع.

الاستنتاجات :- يمكن للتقنيات الرقمية أن تُسهم في :-

- تحديد نطاق وأهداف الإفصاح (التصنيفات الإلكترونية)؛
- وإجراء تقييمات الأهمية النسبية (الاتصالات الرقمية، والذكاء الاصطناعي، وتحليلات البيانات الضخمة)؛
- وجمع البيانات وتحليلها (إنترنت الأشياء .....)؛
- وإحداث ثورة محتملة في ممارسات ضمان الاستدامة؛ ونشر الإفصاحات (التقارير التفاعلية).
- يمكن للبحوث المستقبلية أن تدرس تأثير تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، ومعوقات تبنيها (وكيفية التغلب عليها)، واستخدام نظريات ومنهجيات بديلة، والفحص النقدي لفوائد الرقمنة، وتأثير التقنيات الرقمية على عمليات إعداد تقارير الاستدامة وضمان الاستدامة.

المقدمة :-

تؤثر التقنيات الرقمية **(De Villiers et al., 2021)** على الأفراد والمؤسسات والمجتمع، إذ تُشكل طريقة تفكيرنا وسلوكنا وعملنا. ورغم وجود أنواع متعددة من التقنيات الرقمية، إلا أن تركيزنا ينصب على التقنيات الرقمية المعاصرة، مثل تحليلات البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي، وسلسلة الكتل (البلوك تشين) والعملات المشفرة، وسائل التواصل الاجتماعي، والحوسبة السحابية، وإنترنت الأشياء. وتُتيح التطورات السريعة في هذه التقنيات تطبيقات متعددة في مجال المحاسبة، مما يتطلب إجراء بحث أكاديمي حول استخدامها. في هذه الورقة البحثية، نستكشف تأثير التقنيات الرقمية على محاسبة الاستدامة، وإعداد التقارير، وضمان الجودة.

إن الحاجة إلى التنمية المستدامة تُشكّل تغييرًا جوهريًا يُشكّل المجتمع المعاصر. لم تعد الاستدامة تُعتبر عنصرًا مرغوبًا فيه بل اختياريًا في المجتمع؛ بل أصبحت تُعتبر جوهرية لبقائنا. برزت المحاسبة والإبلاغ وضمان الاستدامة كمفاهيم وتقنيات وممارسات أساسية لتعزيز الشفافية والمساءلة بشأن الأداء الاجتماعي والاقتصادي والبيئي للمنظمات، وبالتالي دعم التطلعات المجتمعية نحو النمو والتنمية المستدامة **(Farooq & De Villiers, 2019a; Lodhia, 2018)** يتضمن ذلك جمع وتحليل وإعداد التقارير عن تأثيرات الاستدامة للمنظمات **(Farooq and De Villiers, 2019a; Kaur and Lodhia, 2018; Lodhia, 2024)** علاوة على ذلك، ظهر ضمان الاستدامة لتوفير ضمان بشأن مصداقية إفصاحات الاستدامة للمنظمات **(Farooq and De Villiers, 2019b, 2020;Farooq et al., 2024a, 2024b) .**

وعليه فإن السؤال الهام هنا ما هو دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقارير الاستدامة وضمان جودتها ؟

هذا ما تستهدف الورقة البحثية الاجابة عليه وفق منهجية بحثية تحليلية من خلال دراسة دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقارير الاستدامة وضمان جودتها وذلك من خلال دراسة أهم أنواع التكنولوجيا الرقمية واستخداماتها وفوائدها وتحدياتها في المحاسبة وتقارير الاستدامة وضمان جودتها .

وتستمد الورقة **أهميتها العلمية** فى كونها تسعى إلى تحديد أجندة الأبحاث الحالية والمستقبلية حول المحاسبة المستدامة وإعداد تقارير الاستدامة وضمان جودتها والتقنيات الرقمية ، كما تقدم رؤية شاملة لمفاهيم وتقنيات وممارسات المحاسبة والإبلاغ وضمان جودة تقارير الاستدامة، والدور المحتمل الذي يمكن أن تلعبه التقنيات الرقمية فيها. كما تقدم رؤى قيّمة لأبحاث مستقبلية في مجال معاصر ألا وهو التقنيات الرقمية . كما تظهر **أهميتها العملية** حيث تتضمن نتائج هذه الورقة آثاراً على الجهات التنظيمية وواضعي المعايير والممارسين (بما في ذلك مديري تقارير الاستدامة ومقدمي ضمان الاستدامة)، مما يسلط الضوء على تأثير التقنيات الرقمية على المحاسبة المستدامة وإعداد التقارير وضمان الاستدامة ، أما من حيث **أهميتها الاجتماعية** تلعب مفاهيم وتقنيات وممارسات المحاسبة والإبلاغ وضمان الاستدامة دوراً محورياً في تعزيز الشفافية والمساءلة التنظيمية تجاه أصحاب المصلحة بشأن الاستدامة. إن فهم كيفية الاستفادة من التقنيات الرقمية لتعزيز المحاسبة والإبلاغ وضمان الاستدامة يعود بالنفع على أصحاب المصلحة والمجتمع .

وتحقيقاً لهدف هذه الورقة سوف تعتمد على **المنهج التحليلى** حيث تستند إلى أهم الإصدارات المهنية والدراسات السابقة ذات الصلة لاستكشاف دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقاريرها وضمان جودتها، والإشارة الى مجالات البحث المحاسبى فى هذا المجال مستقبلاً .

وقد تم تقسيم الجزء المتبقى من الورقة الى الأقسام التالية :-

القسم الأول :- رؤية عامة لتأثير التقنيات الرقمية على المحاسبة المستدامة وإعداد التقارير والضمان .

القسم الثانى :- التقنيات الرقمية المعاصرة والمحاسبة المستدامة .

القسم الثالث :- التقنيات الرقمية المعاصرة وتقارير الاستدامة.

القسم الرابع :- التقنيات الرقمية المعاصرة وضمان جودة الاستدامة .

القسم الخامس : - خلاصة الورقة البحثية واتجاهات البحث المستقبلية .

القسم الأول:- رؤية عامة لتأثير التقنيات الرقمية على المحاسبة المستدامة وإعداد التقارير والضمان

يُحدث التقدم السريع للتقنيات الرقمية تحولاً جذرياً في ممارسات المحاسبة والإبلاغ وضمان الاستدامة. تُحدث تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي، وتحليلات البيانات الضخمة، وسلسلة الكتل، والحوسبة السحابية، وإنترنت الأشياء ثورةً في جمع البيانات البيئية والاجتماعية والحوكمة (**ESG**) ، وتحليلها، وإعداد التقارير عنها، بينما تُسهم أتمتة العمليات الروبوتية **robotic process automation (RPA)**، والتصور ثلاثي الأبعاد **3D visualization**، والإفصاح عبر وسائل التواصل الاجتماعي في تبسيط العمليات، وتعزيز مشاركة أصحاب المصلحة، وتقوية آليات ضمان الجودة. ومن أهم دوافع هذا التحول الثورة الصناعية الرابعة، التي تدمج إنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة، والحوسبة السحابية، لتمكين التتبع الفوري لاستهلاك الطاقة، وانبعاثات الكربون، والنفايات، مما يضمن التوافق مع معايير الاستدامة العالمية.

إلى جانب المحاسبة وإعداد التقارير، تُعيد الرقمنة تعريف ضمان الاستدامة. تُعزز تقنية البلوك تشين أمن البيانات وإمكانية تتبعها، مما يُخفف من مخاطر التضليل البيئي، بينما يُحسّن كشف الاحتيال المُعتمد على الذكاء الاصطناعي تقييم المخاطر. كما يُسهّل التدقيق المُمكّن بإنترنت الأشياء التحقق من بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية عن بُعد. ومع ذلك، لا تزال هناك تحديات قائمة، مثل مخاطر الأمن السيبراني، ومخاوف خصوصية البيانات، والثغرات التنظيمية، واحتمال إساءة استخدام الأدوات الرقمية، ويمكن إيضاح ذلك من خلال الجدول التالى :-

الجدول رقم (١)
أنواع التكنولوجيا الرقمية واستخداماتها وفوائدها وتحدياتها في المحاسبة وتقارير الاستدامة وضمان جودتها

نوع التكنولوجيا	الاستخدامات			فوائد	القيود والتحديات
	المحاسبة المستدامة	تقارير الاستدامة	ضمان الاستدامة		
Cloud computing	تخزين بيانات ESG مركزي، يدعم المحاسبة في الوقت الفعلي والتكامل عبر سلاسل التوريد	أتمتة تقارير ESG(على سبيل المثال XBRL للامتثال التنظيمي)، وتمكين الإفصاحات القائمة على البيانات	يسهل عمليات المراجعة عن بعد، مما يسمح لمقدمي الضمان بالتحقق من بيانات ESG من أي مكان	تحسين قابلية التوسع، وخفض التكاليف، وتعزيز إمكانية الوصول إلى البيانات	مخاطر الأمن السيبراني والمخاوف بشأن سيادة البيانات والخصوصية
Big data analytics	معالجة مجموعات كبيرة من بيانات ESGلتتبع أداء الاستدامة	يعزز الإفصاحات الديناميكية في الوقت الفعلي للاستدامة، ويحسن تقييم الأهمية	تمكين تقييمات المخاطر واكتشاف الاحتيال وتحسين جودة الضمان	يعزز القدرات التنبؤية ويدعم التقارير القائمة على الأدلة والمشاركة في الضمان	تكاليف عالية، وتتطلب أطر حوكمة البيانات
Artificial intelligence (AI) and NLP والبرمجة اللغوية العصبية	أتمتة محاسبة ESG، واكتشاف الشذوذ وتعزيز عملية اتخاذ القرار	أدوات مدعومة بالذكاء الاصطناعي تعمل على توليد إفصاحات الاستدامة، مما يضمن الاتساق	يمكنه اكتشاف التضليل البيئي والتناقضات، ولكن يمكن أيضًا إساءة استخدامه في التقارير المضللة التي يتم إنشاؤها بواسطة الذكاء الاصطناعي	يُحسّن الكشف عن المخاطر ومنع الاحتيال في عمليات إعداد التقارير والضمان. لديه القدرة على تبسيط العمليات/قراءة/تفسير الإفصاح السردي.	خطر التحيز والمعلومات المضللة والمخاوف التنظيمية على سبيل المثال ادعاءات الاستدامة الناتجة عن Chat GPT
Internet of Things (IOT)	أتمتة جمع بيانات ESG في الوقت الفعلي (على سبيل المثال انبعاثات الكربون واستهلاك الطاقة)	يوفر مقاييس ESGفي الوقت الفعلي لإعداد التقارير المتكاملة	تحسين إمكانية التدقيق والتحقق من بيانات الاستدامة من خلال تقليل الاعتماد على العمليات اليدوية	يعزز دقة البيانات وشفافيتها وتوقيتها	مشكلات التوافق بين العمليات العالمية وثغرات الأمن السيبراني
Blockchain technology	معترف بها لقدرتها على توفير دفتر	يعزز الشفافية وإمكانية تتبع إفصاحات	إنشاء مسارات تدقيق قابلة	يعزز ثقة أصحاب المصلحة، ويؤتمت الامتثال للعقود الذكية	قضايا قابلية التوسع والقبول التنظيمي لا

تزال في طور التطور		للتحقق، مما يحسن المصداقية في مشاركات التأكيد	الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية، مما يقلل من مخاطر التضليل البيئي	أستاذ ثابت وشفاف، مما يقلل من خطر الاحتيال ويعزز موثوقية البيانات المالية	
يتطلب تطوير ودمج محركات الألعاب ثلاثية الأبعاد والواقع الافتراضي في تقارير الاستدامة وضمانها استثمارًا كبيرًا في البرمجيات والأجهزة والكوادر المؤهلة. قد تكون التكاليف باهظة بالنسبة للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة.	يُعزز مشاركة أصحاب المصلحة وإمكانية الوصول إليهم في عمليات المحاسبة والإبلاغ والضمان المتعلقة بالاستدامة. تُعزز هذه التقنية التفاعلية والشعور بالانتماء بين أصحاب المصلحة، مما يُحسّن فعالية تبادل المعلومات.	يمكن محاكاة سيناريوهات الضمان في العالم الحقيقي، مما يحسن التدريب لمحترفي الضمان	تعزيز السرد البصري في تقارير الاستدامة	تحسين مشاركة أصحاب المصلحة من خلال إنشاء نماذج بيانات ESG تفاعلية	3D Game Engine Technology and Virtual Reality (VR) تقنية محرك الألعاب ثلاثية الأبعاد والواقع الافتراضي(VR)
خطر المعلومات المضللة، وتشويه السمعة، والتضليل البيئي. يُمثل رد الفعل السلبي للجمهور تجاه منشورات وسائل التواصل الاجتماعي تحديًا، وقد يُسبب ضغطًا إضافيًا على الشركات.	توسيع نطاق التواصل، وتعزيز التواصل مع أصحاب المصلحة في الوقت المناسب	تمكين حلقات ردود الفعل لأصحاب المصلحة، مما قد يؤدي إلى تحسين مصداقية الضمان	يعزز الشفافية من خلال تحديثات الاستدامة التفاعلية ويدعم مشاركة أصحاب المصلحة في عملية إعداد التقارير	يدعم الإفصاحات المالية والاجتماعية والحوكمة في الوقت الفعلي، مما يعزز المشاركة العامة	Social media disclosure (Facebook, X, LinkedIn)
القدرة المحدودة على التكيف مع بيانات ESG غير المنظمة	يقلل التكاليف ويعزز دقة البيانات في مهام الضمان	تحسين كفاءة المراجعة من خلال أتمتة عمليات التحقق من الامتثال وتقييم المخاطر	يُحسّن أتمتة العمليات الروبوتية (RPA) تقارير الاستدامة من خلال تقليل الأخطاء	يُؤتمت إدخال بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية (ESG)، والتصنيفات،	Robotic process automation (RPA)

			البشرية في استخراج البيانات، وضمان الدقة والاتساق، وأتمتة الامتثال لأطر عمل مثل GRI وSASB كما يُبسّط تتبع البصمة الكربونية ، ويُمكّن من المراقبة الفورية، ويُحسّن الكفاءة والشفافية بشكل عام في إعداد التقارير.	وإعداد تقارير الامتثال. يستطيع روبوت RPA مسح واستخراج المعلومات الأساسية (مثل رقم الفاتورة، والتاريخ، والمبلغ، وتفاصيل المورد) من رسائل البريد الإلكتروني أو ملفات PDF باستخدام تقنية التعرف الضوئي على الحروف (OCR).	
خطر استخدام التصورات المضللة في التضليل البيئي	يحول مقاييس ESG المعقدة إلى تنسيقات مفهومة	يجعل تقارير التأكيد أكثر سهولة في الوصول إليها لغير المتخصصين من خلال الرسوم البيانية والمخططات والأدوات التفاعلية	تحسين قابلية قراءة تقارير الاستدامة من خلال السرد البصري	يعزز وضوح البيانات المالية والبيئية والاجتماعية والحوكمة من خلال لوحات معلومات تفاعلية	Data visualization and dashboards

المصدر: إعداد الباحث

القسم الثانى :- التقنيات الرقمية المعاصرة والمحاسبة المستدامة

يمثل دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة مجالاً ناشئاً للبحث يحظى باهتمام متزايد من العلماء والممارسين لقد خلق تطور هذه التقنيات بيئةً جديدةً لجمع البيانات ومعالجتها، مما أتاح فرصاً غير مسبوقة لدعم أهداف الاستدامة **(Lodhia, Kaur, and Stone, 2020)**. فمن خلال رقمنة عمليات الشركات، يمكن تسخير كميات هائلة من البيانات (أو البيانات الضخمة) لتسهيل أنظمة محاسبة الاستدامة، مما يُمكّن من اتخاذ قرارات مدروسة وتعزيز عمليات أعمال أكثر استدامة **(Klymenko et al., 2021)** تلعب تقنيات الثورة الصناعة الرابعة دوراً محورياً في مساعدة الشركات على تحقيق أهداف الاستدامة **(Petcu, Sobolevschi-David and Curea, 2024)** .

في سياق المحاسبة والإبلاغ وضمان الاستدامة، يمكن لتقنيات الثورة الصناعة الرابعة أن تلعب دورًا حاسمًا في تحقيق الشفافية والدقة والكفاءة. تستطيع مستشعرات إنترنت الأشياء المُدمجة في الآلات أو عمليات الإنتاج جمع بيانات بيئية آنية، مثل استهلاك الطاقة، واستخدام المياه، وانبعاثات الكربون، وإنتاج النفايات. ويمكن إدخال هذه البيانات في تقارير الاستدامة، مما يضمن دقة تتبع المؤسسات لتأثيرها البيئي وقياسه **(Petcu et al.,2024)** يمكن أيضاً استخدام تحليلات البيانات الضخمة لتقييم دورة حياة المنتجات والخدمات، مما يساعد الشركات على فهم بصمتها البيئية الأوسع.

تُمكّن أدوات الثورة الصناعة الرابعة من أتمتة وتبسيط محاسبة الاستدامة من خلال التتبع المستمر للموارد المستخدمة (الطاقة، والمياه، والمواد الخام) والنفايات المُنتجة آنيًا. يُمكّن هذا المؤسسات من إدارة آثارها البيئية بكفاءة أكبر وخفض التكاليف المرتبطة بعدم الكفاءة. تُمكّن تقنيات الثورة الصناعة الرابعة من التكامل السلس مع أطر إعداد تقارير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية. ستتمكن المؤسسات من توفير بيانات دقيقة وفي الوقت المناسب، بما يتماشى مع معايير إعداد التقارير العالمية، مثل معايير مبادرات إعداد التقارير العالمية **(GRI)**والمعيارين **S1** و **S2**الأحدث الصادرين عن مجلس معايير الاستدامة الدولي **(ISSB)**التابع لمؤسسة معايير إعداد التقارير المالية الدولية**(IFRS)** .

على الرغم من إمكاناتها، لا يزال اعتماد تقنيات الثورة الصناعة الرابعة في المحاسبة المستدامة غير مستكشف بشكل كافٍ، على سبيل المثال، تسليط دراسة **Tiwari and Khan (2020)** الضوء على الأدلة التجريبية المحدودة في هذا المجال، مؤكدًا على الحاجة إلى مزيد من البحث والتطبيق العملي. الاستدامة بحد ذاتها، كما عرّفتها لجنة الأمم المتحدة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية **(UNWCED, 1987)** ،تهدف إلى تلبية الاحتياجات الحالية دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها. إلا أن تحقيق هذا الهدف يُعيقه سياسات وممارسات تنظيمية غالبًا ما تسعى إلى تحقيق المصالح الشخصية، متجاهلةً الآثار الاجتماعية والاقتصادية والبيئية على المجتمع والكوكب **Burritt and Christ (2016)** تجدر الإشارة إلى أن العديد من الشركات تفتقر إلى البنية التحتية التكنولوجية اللازمة لجمع بيانات دقيقة وفي الوقت المناسب، مما قد يُقوّض مصداقية الجهود البيئية ويُعرّض الشركات لاتهامات بالتضليل البيئي. ورغم تطور المحاسبة المالية على مدى قرون، إلا أن توفير رؤية مفصلة للشركات والعمليات المالية وأنظمة المحاسبة لتتبع أداء الشركات في مجال الاستدامة لا يزال قيد التطوير نسبياً **(Hourneaux et al., 2018)** .

تخدم بيانات محاسبة الاستدامة أغراضاً بالغة الأهمية. فهي تُمكّن المؤسسات من عرض تقدمها في تحقيق الأهداف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لأصحاب المصلحة، مما يُعزز الشفافية والمساءلة التنظيمية. داخليًا، تُثري هذه البيانات عمليات صنع القرار، مما يُمكّن المؤسسات من تحسين عملياتها بما يتماشى مع أهداف الاستدامة، مثل الصيانة وإعادة الاستخدام وإعادة التصنيع وإعادة التدوير. بالإضافة إلى ذلك، تُوفر البيانات رؤىً ثاقبة للحد من استهلاك المواد وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري والنفايات **(Burritt and Christ, 2016)** ، بالإضافة إلى التحسينات التشغيلية ، تلعب بيانات المحاسبة المستدامة أيضًا دورًا استراتيجيًا، حيث توجه المؤسسات نحو اعتماد نماذج الأعمال المستدامة ، من خلال دمج الابتكار المُمكّن بتقنية إنترنت الأشياء مع مبادئ الاستدامة، يُمكن للمؤسسات تحديد نماذج أعمال جديدة. ومن خلال الرقمنة، يُمكن للمؤسسات تحسين وتحسين استخدام الطاقة الإنتاجية، وكفاءة الموارد، وإدارة المخزون، وتطبيق التكنولوجيا في الصيانة

التنبؤية . علاوة على ذلك، من الممكن أن تساهم التقنيات الرقمية في تسهيل عملية اتخاذ القرار أثناء حالة عدم اليقين.

لاحظ **Burritt and Christ (2016)** أن التركيز في تطوير تقنيات الثورة الصناعة الرابعة انصبّ على "تقليل الأخطاء، وتحسين جودة المنتج، وتحرير البشر من المهام الشاقة و/أو الخطرة، وتزويد العملاء بالمنتجات التي يرغبون بها في الأوقات التي يرغبون بها" ، كما يشيرون إلى أن كفاءة الموارد غير محط اهتمام كافٍ، ويجادلون بأن المفهوم الأوسع لدمج استدامة الشركات مع تقنيات الثورة الصناعة الرابع لا يزال غير مكتمل ، ولمعالجة هذه المسألة، قدّمت الدراسة كيفية دمج استدامة الشركات من خلال المحاسبة البيئية في تطوير رؤية للثورة الصناعية الرابعة ، ويشيرون إلى أربعة تحسينات محتملة في المحاسبة البيئية الخارجية: **تحسين جودة البيانات** (التوقيت، الدقة، الموثوقية، قابلية المقارنة)؛ **تقليل فرص "التضليل البيئي"** و**"التضليل البني"**؛ **تقليص سلطة الإدارة في القياسات؛ وزيادة مصداقية البيانات.**

قد يكون الدافع الرئيسي لاستخدام التقنيات الرقمية في محاسبة الاستدامة هو **تلبية توقعات أصحاب المصلحة (وخاصةً العملاء والموردين) بشأن جودة المنتجات والخدمات.** وتعتمد عملية اتخاذ القرارات الإستراتيجية للشركات بشكل رئيسي على المنافع الاقتصادية **(Klymenko et al., 2021)** ، بخلاف ذلك، لا تنخرط الشركات في الاستدامة إلا للامتثال للأنظمة، أو الاستجابة لضغوط محددة من العملاء. يُعد إنترنت الأشياء الصناعي (**IOT**)وتحليلات البيانات الضخمة جوهر تقنيات الثورة الصناعة الرابعة .

ووفقاً **Tiwari and Khan (2020)** ، يمكن اعتبار قدرات تقنيات الثورة الصناعة الرابعة بمثابة الخطوة العملاقة التالية في مجال الابتكار، متجاوزةً التصميمات والهندسة والتصنيع بمساعدة الحاسب. توفر إنترنت الأشياء الصناعي بيانات متسلسلة زمنيًا حول خصائص أداء العمليات في الوقت الفعلي لتحليلات البيانات الضخمة، التي تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحديد وضبط متغيرات العوامل التي تؤثر على فعالية الإنتاج **(Kiel et al., 2017)** ، حيث قدّمت تقنيات الثورة الصناعة الرابعة مزايا في مجالات الأتمتة وكفاءة التشغيل، بالإضافة إلى محاسبة الاستدامة وإعداد التقارير عنها. يتناول القسم التالي دور التقنيات الرقمية المعاصرة في إعداد تقارير الاستدامة.

القسم الثالث : التقنيات الرقمية المعاصرة وتقارير الاستدامة

للتحقق من التطبيق المحتمل للتقنيات الرقمية في إعداد التقارير عن الاستدامة، نعتمد على عمل **Farooq and De Villiers (2019a, 2019b)**، الذين يستكشفون إضفاء الطابع المؤسسي على تقارير الاستدامة في المؤسسات. يتيح عملهم للباحثين تحديد المراحل الرئيسية في عملية إعداد التقارير، بما في ذلك القضايا الرئيسية التي يجب على مديري تقارير الاستدامة معالجتها عند إعدادها. وبالتالي، يوفر الإطار أداةً مفيدةً لمناقشة التطبيقات المحتملة للتقنيات الرقمية في كل مرحلة من مراحل عملية إعداد التقارير.

أ. تحديد نطاق وأهداف تقارير الاستدامة :-

تتضمن المرحلة الأولى في عملية إعداد التقارير قيام مديري المخاطر البيئية بتحديد المعيار أو مجموعة المعايير التي يجب استخدامها عند إعداد إفصاحات الاستدامة الخاصة بهم. يكشف استعراض المشهد عن وفرة من المعايير، بدءًا من مجموعة معايير المبادرة العالمية لإعداد التقارير(GRI) ، وبروتوكولات غازات الاحتباس الحراري(GHG) ، وتوصيات فريق العمل المعني بالإفصاحات المالية المتعلقة بالمناخ.

ومما يزيد الأمور تعقيداً ، أن المشهد لا يزال يتغير مع إهمال المعايير القديمة، وتقديم معايير جديدة. على سبيل المثال:- **Farooq and De Villiers (2019a, 2019b)**

- تم إطلاق المجلس الدولي لإعداد التقارير المتكاملة في عام ٢٠١١، وأصدر إطاراً بشأن التقارير المتكاملة في عام ٢٠١٣، وتم حله بعد ١١ عامًا في عام٢٠٢١ .
- أصدر الاتحاد الأوروبي توجيهاً جديداً لإعداد تقارير استدامة الشركات (CSRD) ، وأعلن أنه يعمل على مجموعة من المعايير الخاصة بالاتحاد الأوروبي.

قد يتأثر اختيار المعيار (أو المعايير) المُستخدمة باللوائح الحكومية و/أو متطلبات الإدراج في بورصات الأوراق المالية. يتنوع نطاق هذه المعايير وأهدافها، حيث يُركز بعضها على جوانب مُحددة من الاستدامة، بينما يُقدم بعضها الآخر إرشادات حول النطاق الكامل لقضايا الاستدامة التي قد يواجهها المُبلّغون. علاوةً على ذلك، تُتيح المبادرة العالمية لإعداد التقارير للمُبلّغين خيار إعداد إفصاحاتهم إما وفقًا لمعاييرها (التطبيق الكامل) أو بالرجوع إليها (التطبيق الجزئي) .

قد يُمثل استخدام التصنيفات، وخاصةً التصنيفات الإلكترونية **e-taxonomies** ، حلاً (أو حلاً جزئياً) لهذا التحدي. ويُعدّ تصنيف الاتحاد الأوروبي للأنشطة الاقتصادية المستدامة مثالاً على ذلك. يصف الاتحاد الأوروبي تصنيفه بأنه "نظام تصنيف يُحدد معايير الأنشطة الاقتصادية التي تتوافق مع مسار صافي الانبعاثات الصفري بحلول عام ٢٠٥٠ والأهداف البيئية الأوسع نطاقاً بخلاف المناخ" (**المفوضية الأوروبية، بدون تاريخ**). يتعين على الشركات المُلزمة بالإبلاغ بموجب نظام الإبلاغ المركزي الجديد للاتحاد الأوروبي تحديد الأنشطة التي يشملها تصنيف الاتحاد الأوروبي. ولا يزال بإمكان الشركات المُعفاة من الإبلاغ بموجب نظام الإبلاغ المركزي الجديد اختيار الإفصاح طواعيةً عن هذه المعلومات لأصحاب المصلحة لديها (**المفوضية الأوروبية، بدون تاريخ**).

تتجنب المفوضية الأوروبية استخدام مصطلحات مثل التوحيد القياسي أو الاتساق أو قابلية المقارنة عند وصف تصنيفها، والذي يُقدم بدلاً من ذلك كأداة لتعزيز الشفافية من خلال إنشاء "لغة مشتركة وتعريف واضح لما هو مستدام (**European Union,2025**) تتمثل الحجة التجارية للمفوضية الأوروبية بشأن التصنيف في إمكانية الوصول إلى التمويل المستدام، بينما تتمثل الحجة المعيارية في منع التضليل البيئي. علاوة على ذلك، ورغم أن التصنيف ليس رقميًا، إلا أنه يُقال إنه الخطوة الأولى نحو الرقمنة، والتي لا يمكن تحقيقها إلا بوجود قدر من التوافق (أي لغة مشتركة) لإعداد تقارير الاستدامة. ومع ذلك، فإن التصنيفات (والتصنيفات الإلكترونية)، سواءً عن قصد أو عن غير قصد، ستُدخل درجةً من التوحيد القياسي في مجالٍ يُمكن القول إنه شديد التعقيد والديناميكية، وفي وقتٍ لا تزال فيه معرفتنا بإعداد تقارير الاستدامة (والاستدامة) في بداياتها وتطورها. في مثل هذه الحالة، قد يُفضل الابتكار والتجريب على إدخال لغة مشتركة.

ب. تقييم الأهمية وإشراك أصحاب المصلحة.

ربما يكون تقييم الأهمية هو المرحلة الأكثر أهمية في عملية إعداد التقارير، حيث أن نتيجة التقييم تملي الموضوعات /القضايا التي سيتم الإبلاغ عنها في تقرير الاستدامة **Farooq and De Villiers (2019a, 2019b)** ، حيث يؤدي عدم الإفصاح عن القضايا الجوهرية إلى نشر تقارير غير متوازنة، تغطي عادةً الأخبار الجيدة بينما تتجاهل الأخبار السيئة الجوهرية (المعروفة باسم التضليل البيئي).وقد اكتسب مفهوم الأهمية المزدوجة[١]

[١] أي " التأثير المادي والأهمية المالية" .قد تؤدي عملية تقييم الأهمية النسبية للكيان إلى تحديد المواقف التي قد يكون فيها لإجراءات معالجة تأثيرات أو مخاطر معينة ، أو للاستفادة من فرص معينة فيما يتعلق بقضية الاستدامة ، آثار سلبية مادية أو تسبب مخاطر

double materiality، وهو مثال آخر على الطبيعة التطورية لهذا المجال، شعبيةً مؤخراً. ويشمل هذا المفهوم تحديد كيفية تأثير عمليات وأنشطة المؤسسة على المجتمع والاقتصاد والبيئة، بالإضافة إلى كيفية تأثير القضايا المتعلقة بالاستدامة (مثل تغير المناخ والاحتباس الحراري) على الجهة المُبلغة، والإبلاغ عنها، **(Global Reporting Initiative, 2025)**، فالأول هو النظرة الأكثر شيوعًا للأهمية النسبية، بينما الثاني هو إصدار أحدث، ويستكشف الآثار المالية لقضايا مثل تغير المناخ. يُعدّ إشراك أصحاب المصلحة عنصرًا أساسيًا في تقييم الأهمية النسبية. يحدد مديرو الموارد البشرية أصحاب المصلحة ويتواصلون معهم لفهم القضايا التي يرونها مهمة. بمجرد تحديد القضايا الرئيسية، يمكن للمديرين تحديد المديرين أو مالكي المحتوى الذين يمكنهم المساهمة بالبيانات والمعلومات حول قضايا محددة.

ومع ذلك، وجدت الدراسات أن جودة تقييم أهمية الشركات تتطلب تحسينًا كبيرًا **(Farooq et al., 2021b)**يمكن للتقنيات الرقمية مساعدة مسئولي إدارة الموارد البشرية بطرق متعددة أثناء تقييم المواد:-

أولًا، تُمكّن التقنيات الرقمية مسئولي إدارة الموارد البشرية من التواصل مع أصحاب المصلحة. وهذا مهم بشكل خاص للكيانات الكبيرة المنتشرة جغرافيًا. باستخدام التقنيات الرقمية، يُمكن لمسئولي إدارة الموارد البشرية إجراء استطلاعات رأي عبر الإنترنت وإجراء مقابلات هاتفية وفيديو **(De Villiers et al., 2024; Farooq and De Villiers, 2018)**

ثانياً، يمكن لمديري إدارة الموارد البشرية استخدام الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات الضخمة لتتبع القضايا الرئيسية الرائجة على الإنترنت، وتحليل المناقشات على منصات التواصل الاجتماعي والمدونات. تتيح الأدوات الرقمية لمديري العلاقات العامة فرز كميات هائلة من البيانات بسرعة نسبية، وتحليل المقاييس لفهم مناقشات أصحاب المصلحة، وقياس مشاعرهم .

ومع ذلك، تشير الأبحاث إلى أن استخدام الإنترنت من قبل الشركات الألمانية المدرجة كان مقتصراً في المقام الأول على نشر نسخ إلكترونية من تقارير الاستدامة، حيث كان يُنظر إلى هذا على أنه خيار أرخص وأكثر كفاءة من نشر نسخ ورقية **(Herzig and Godeman, 2010)** ، بينما توصلت دراسة **Manetti and Bellucci (2016)** بعنوان استخدام الشركات لمنصات التواصل الاجتماعي كأداة للحوار مع أصحاب المصلحة حول قضايا الاستدامة. الى أن أقلية ضئيلة فقط من الجهات المُبلّغة استفادت من وسائل التواصل الاجتماعي، وأن مستوى/كثافة التفاعلات عند استخدامها كان محدودًا. وخلصوا إلى أن قدرة هذه التقنيات على دعم الشفافية والمساءلة محدودة. وقد أفاد نتائج مماثلة **Lodhia et al. (2020)**أن استخدام منصات التواصل الاجتماعي لنشر معلومات الاستدامة ليس شائعاً بين الكيانات الأسترالية المدرجة. علاوة على ذلك، غالباً ما تُستخدم هذه التقنيات لدعم شرعية

جوهرية فيما يتعلق بواحد أو أكثر قضايا الاستدامة الأخرى. حيث تقوم الأهمية المادية المزدوجة بتقييم الأمور من منظورين :- منظور التأثير" من الداخل إلى الخارج"، أي التأثير الفعلي أو المحتمل للشركة على الأشخاص أو البيئة ، منظور مالي " من الخارج إلى الداخل"، أي كيف تخلق القضايا الاجتماعية والبيئية مخاطر وفرصًا مالية للشركة ، ولذلك يجب على الشركات المعنية بمعايير ESRS أن تأخذ في الاعتبار ليس فقط كيفية تأثير التهديدات الخارجية والبيئة والقضايا الأخرى على عملياتها وأنشطتها التجارية ولكن أيضًا كيفية تأثير أنشطتها على البيئة والمجتمعات. ويجب الكشف عن الأمور التي تعتبر جوهرية بموجب أحد هذين المعيارين أو كليهما .

الكيان المُبلّغ من خلال التحكم في السرد، وليس لتعزيز الحوار الصادق والمساءلة المؤسسية تجاه أصحاب المصلحة.

ج. قياس الأداء؛ جمع البيانات وتحليلها :-

يُعد قياس أداء الاستدامة للكيان المُبلغ عنه أمراً صعباً، حيث غالباً ما تكون التأثيرات المتعلقة بالاستدامة معقدة ومترابطة وغير محددة جيداً ولها آثار بعيدة المدى. ونتيجة لذلك، يتجنب العديد من المُبلغين مناقشة التأثيرات ويركزون بدلاً من ذلك بشكل أساسي على المخرجات التي يسهل قياسها نسبياً. وهذا أحد أسباب عدم الإبلاغ عن بعض القضايا الجوهرية مما يؤدي إلى نشر تقارير استدامة تفتقر إلى التوازن. ومما يزيد الأمور تعقيداً، أن المقاييس المستخدمة لقياس أداء الاستدامة والإبلاغ عنه تستمر في التغير مع تحسن معرفتنا ولكن أيضًا مع ضغط الأطراف المختلفة من أجل السيطرة على هذا المجال (على سبيل المثال مشروع التقارير المتكاملة لمهنة المحاسبة).

قد يتمكن مديري المخاطر المستدامة من تأمين بعض احتياجاتهم من البيانات والمعلومات المتعلقة بالاستدامة (أو محتوى الاستدامة) من المصادر الموجودة داخل الكيان المقدم للتقارير **(Farooq and De Villiers, 2019a, 2019b)** على سبيل المثال، ستبدأ العديد من المؤسسات بالفعل بتتبع أدائها في مجالات مثل الصحة والسلامة واستهلاك الطاقة. ومع ذلك، سيتطلب الأمر في مجالات أخرى عديدة إدخال أنظمة وعمليات لتتبع الأداء وتحليل الأرقام. يمكن للتقنيات الرقمية، بما في ذلك إنترنت الأشياء، إلى جانب جمع البيانات في الوقت الفعلي والتحليلات التنبؤية باستخدام تحليلات البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي والتصنيع السحابي أن تساعد مسئولي إدارة المخاطر في الإبلاغ عن المشكلات الجوهرية بما يتماشى مع معايير المبادرة العالمية لإعداد التقارير **(Tiwari and Khan, 2020).**

د. الانتشار:-

عادةً ما يتم نشر تقارير الاستدامة من خلال نسخ ورقية أو رقمية/ملفات PDF ، ويُفضل الخيار الأخير غالبًا لأنه يقلل التكاليف ويزيد من الوصول. ومع ذلك، غالبًا ما يشكو مديرو الموارد البشرية من عدم قراءة أي شخص لتقارير الاستدامة التي استثمروا فيها وقتًا وجهدًا كبيرين في إعدادها **(Farooq and De Villiers, 2019a, 2019b)** ، قد يكون انخفاض معدلات القراءة نتيجة لمجموعة من العوامل بما في ذلك؛ التحديات في فهم القضايا ذات الطبيعة المعقدة والتقنية/العلمية؛ والحجم الكبير للبيانات والمعلومات (التي تمت معالجتها جزئياً على الأقل من خلال تقييم الأهمية)؛ ونشر التقارير التي تفشل في تقديم معلومات حول القضايا أو المواقع ذات الصلة بأصحاب المصلحة؛ وقدرة أصحاب المصلحة الكبار على الوصول إلى المعلومات التي يحتاجون إليها من خلال قنوات أخرى .

يُسهّل **استخدام التقارير التفاعلية** الكشف عن البيانات عالية المستوى/الملخصة من خلال روابط تشعبية تُحيل الجهات المعنية إلى البيانات الأساسية. ورغم أن هذه الممارسة قد اكتسبت بعض الزخم بين المُبلّغين، إلا أن الروابط التشعبية تُستخدم بشكل أساسي لتوجيه القراء إلى جداول مُفصّلة موجودة إما ضمن الوثيقة نفسها (في الملاحق) أو على المواقع الإلكترونية. عادةً، لا يُضيف المُبلّغون روابط تشعبية إلى تقاريرهم بالبيانات الخام التي تكمن وراء الأرقام. على سبيل المثال، قد يُقدّم المُبلّغ بيانات مُلخصة عن انبعاثات الكربون للسنة مع رابط تشعبي يُحيل القارئ إلى جدول يُقدّم تحليلاً لانبعاثات الكربون عبر الأنشطة و/أو المواقع. مع ذلك، قد يرغب صاحب مصلحة يعيش في موقع مُعيّن في الحصول على مزيد من المعلومات المتعلقة بموقع مُعيّن، وهذا غائب في مُعظم التقارير. كما يُوسّع المُبلّغون

استخدام **مواقعهم الإلكترونية ومنصات التواصل الاجتماعي** للتواصل مع الجهات المعنية بشأن أدائهم في مجال الاستدامة.

قد تحظى قنوات التواصل هذه بشعبية كبيرة، لا سيما بين شرائح مُعيّنة من المجتمع، وبالتالي تُعدّ فعّالة في فتح حوار مع الجهات المعنية. علاوة على ذلك، فإن التقنيات الرقمية في شكل البث عبر الويب والعروض التقديمية المتعددة الوسائط لديها القدرة على إثراء التواصل مع مديري المخاطر من خلال تقديم تقرير الاستدامة الخاص بهم مباشرة إلى أصحاب المصلحة **(Lodhia and Stone, 2017)**خلال العرض التقديمي، يُمكن المديرين من الإجابة على أسئلة مُباشرة من أصحاب المصلحة المُنتشرين حول العالم. بعد ذلك، يُمكن تسجيل العرض التقديمي مع الأسئلة والأجوبة ليتمكن الآخرون من مُراجعته (قراءته و/أو الاستماع إليه) بالسرعة التي تُناسبه.

القسم الرابع : التقنيات الرقمية المعاصرة وضمان جودة الاستدامة :-

وبالمقارنة بتقارير الاستدامة، فإن ضمان جودة الاستدامة ظاهرة جديدة نسبياً وتظل إما طوعية/غير منظمة تماماً أو في أفضل الأحوال منظمة بشكل فضفاض[٢] ، ونتيجة لذلك، لا يزال هناك اختلاف كبير في نطاق وأهداف مشاركات ضمان الاستدامة، بما في ذلك الاختلافات في ما يتم ضمانه (البيانات والمعلومات أو الأنظمة والعمليات الأساسية أو كليهما)، ومن هو مقدم الضمان وكيف يتم تنفيذ مشاركة الضمان (منهجية الضمان). ، يُصنف مُقدِّمو ضمان الاستدامة عادةً إلى مُقدِّمي ضمان استدامة محاسبيين وغير محاسبيين، مع تفاوت كبير في نطاق وعمق التزاماتهم **Farooq and De Villiers (2020) .**

كشفت نتائج **Zaman, Farooq et al. (2021)** الذين حللوا جودة ضمان تقارير الاستدامة الصادرة عن أفضل ١٠٠ شركة مدرجة في أستراليا ونيوزيلندا بين عامي ٢٠١٧ و٢٠١٩. عن ضعفٍ مستمر في ضمان الجودة في كلا البلدين، مما قلل من فرص التخفيف من حدة النزاعات بين أصحاب المصلحة والجهات المعنية، وأكد على الحاجة إلى تحسينات منهجية. ومما يزيد الأمر تعقيدًا أن ضمان الاستدامة معقدٌ بطبيعته نظرًا لمتطلبات البيانات المكثفة وانتشار أطر ومعايير تقارير الاستدامة **(Bakarich, Castonguay and O'Brien, 2020)**، على سبيل المثال، سيكون لمعايير ISSB الجديدة S1 و S2 آثار على مقدمي خدمات الضمان.

توفر التقنيات الرقمية المعاصرة مساراً واعداً لمعالجة هذه التحديات (انظر الجدول ١) على سبيل المثال، يمكن للأدوات الرقمية المتقدمة مثل Blockchain والذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات الضخمة أن تحدث ثورة في ممارسات ضمان جودة الاستدامة **(Bellucci et al., 2022; De Silva et al., 2024)** . حيث :-

- يُجادل مؤيدو تقنية البلوك تشين بأنها تضمن ثبات البيانات، مما يعزز الثقة في الإفصاحات.
- كما تُحدد التحليلات القائمة على الذكاء الاصطناعي الأنماط والتناقضات والمخاطر، مما يُساعد مُقدمي خدمات الضمان على تحقيق الأهداف. وفي الوقت نفسه،

[٢] لا يُتوقع إعداد تقرير استدامة منفصل وفقًا لمعايير ESRS للشركات التي يغطيها CSRD وذلك لأن معلومات الاستدامة أصبحت مؤخرًا جزءًا من التقرير السنوي، وتخضع هذه المعلومات غير المالية المتعلقة بالاستدامة أيضًا لمتطلبات المراجعة الخارجي. وفي هذا السياق، يجب أن تكون الشركات قادرة على شرح كيفية جمع بعض بيانات ESRS ESG وكيفية جمع مؤشرات الأداء الرئيسية الخاصة بـ ESRS وبالتالي فإن مؤشرات الأداء الرئيسية للاستدامة تتساوى مع المعلومات الأخرى التي يمكن الإبلاغ عنها من التقارير المالية.

- يُؤتمت إنترنت الأشياء عملية تسجيل المقاييس البيئية والتشغيلية، مما يُعزز دقة البيانات وموثوقيتها ، مع المساهمة في كفاءة إجراءات الضمان وتقييم الأهمية النسبية خلال عملية الضمان.

حيث يُبسّط استخدام هذه التقنيات عملية الضمان، كما يُحسّن الجودة والمصداقية العامة لتقارير الاستدامة، مما يُوائِم توقعات أصحاب المصلحة مع الالتزامات البيئية والاجتماعية والحوكمة المتطورة. وتُتيح هذه التقنيات مجتمعةً فرصةً للتغلب على التحدي المزدوج المتمثل في جودة الضمان والتعقيدات المرتبطة بإجراءات الضمان.

ومع ذلك، لا تزال الدراسات التي تتناول تأثير هذه التقنيات على ضمان الاستدامة محدودة للغاية. على سبيل المثال، **Bakarich et al. (2020)** حللوا حالات شركات في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، ووجدوا أن الشركات التي تتبنى تقنية البلوك تشين تُنتج معلومات عالية الجودة في تقارير الاستدامة الخاصة بها. تُمكّن سلامة البيانات المُحسّنة هذه متخصصي الضمان من التحقق من المعلومات بأقل جهد، مما يُحسّن جودة الضمان بشكل كبير

توصلت دراسة **De Silva et al. (2024)** إلى نتائج مماثلة، مما يشير إلى أن إنترنت الأشياء يعزز دقة تقارير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية بينما تعمل الذكاء الاصطناعي على تحسين تقييمات دورة الحياة ومصداقية التقارير - وكلاهما له آثار على ضمان الاستدامة.

ومع ذلك، تحمل هذه التقنيات أيضًا مخاطر قد تُقوّض جودة التقارير وتؤدي إلى ضمان دون المستوى الأمثل. على سبيل المثال، أعربت **De Villiers et al. (2022)** عن مخاوفها بشأن أدوات الذكاء الاصطناعي مثلChat GPT ، التي يمكنها توليد محتوى شبيه بالمحتوى البشري، مما قد يُسهم في إعداد تقارير "مُضلِّلة بيئيًا" تُشوِّه جهود الاستدامة.

وبالمثل استكشفت دراسةُ **Crawford, Kastrup, and Monazzam (2023)** اعتمادَ شركات المراجعة للتقنيات الرقمية المتقدمة لتحسين جودة المراجعة، مع التركيز على تطبيقها في ضمان الاستدامة في السويد. وتشير دراستهم، التي اعتمدت على بيانات من مصادر متعددة - بما في ذلك مقابلات مع مستثمرين ومراجعين وهيئات تنظيمية، بالإضافة إلى أدلة أرشيفية - إلى أن اعتماد التكنولوجيا الرقمية لم يثبت فعاليته في تعزيز التزامات ضمان جودة الاستدامة في السياق السويدي. وتُبرز هذه النتائج إمكانات وتحديات الاستفادة من التقنيات الرقمية في ضمان الاستدامة، مما يُقدم لمحةً عن كيفية تطور دورها في المستقبل.

القسم الخامس : خلاصة الورقة البحثية واتجاهات البحث المستقبلية

استهدفت الورقة دراسة دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقارير الاستدامة وضمان جودتها ؛ وتحديد اتجاهات البحث المستقبلية ، واستندت الورقة البحثية إلى الأدبيات الأكاديمية لاستكشاف دور التقنيات الرقمية في المحاسبة المستدامة وإعداد تقاريرها وضمان جودتها ، كما سعت هذه الورقة إلى تحديد أجندة الأبحاث الحالية والمستقبلية حول المحاسبة المستدامة وإعداد تقارير الاستدامة وضمان جودتها والتقنيات الرقمية ، وتقديم رؤية شاملة لمفاهيم وتقنيات وممارسات المحاسبة والإبلاغ وضمان جودة تقارير الاستدامة، والدور المحتمل الذي يمكن أن تلعبه التقنيات الرقمية فيها. كما تقدم رؤى قيّمة لأبحاث مستقبلية في مجال معاصر ألا وهو التقنيات الرقمية .

واستنتجت الورقة ان التقنيات الرقمية يمكن أن تُسهم في تحديد نطاق وأهداف الإفصاح (التصنيفات الإلكترونية)؛ وإجراء تقييمات الأهمية النسبية (الاتصالات الرقمية، والذكاء

الاصطناعي، وتحليلات البيانات الضخمة)؛ وجمع البيانات وتحليلها (إنترنت الأشياء .....)؛ وإحداث ثورة محتملة في ممارسات ضمان الاستدامة؛ ونشر الإفصاحات (التقارير التفاعلية).

وختاماً قد تهدف الأبحاث المستقبلية إلى:-

- تحديد كيفية مساهمة تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في تسهيل المحاسبة الإدارية البيئية وإعداد التقارير البيئية الخارجية بشكل آني ودقيق وعالي الجودة في القطاعات ذات الصلة، وأحجام الشركات، وعبر مختلف الأدوار الإدارية والبيئات التعاونية، وكذلك في البيئات داخل المنظمة مثل سلاسل التوريد. هناك حاجة ملحة للمؤسسات لتبني تقنيات الثورة الصناعية الرابعة ، ولتحقيق ذلك، يجب أن يواكب البحث التطورات العملية ويرسم خريطة الاستخدامات المحتملة لهذه التقنيات .**الجدول رقم (٢)** يحدد إمكانيات البحث المستقبلية المحتملة فيما يتعلق باستخدام التقنيات المختلفة في المحاسبة والتقارير والضمان للاستدامة.
- يمكن للباحثين دراسة عوائق تبني التقنيات الرقمية، وكيفية تغلّب مديري تقارير الاستدامة (وكذلك العاملين في مجال ضمان الاستدامة) عليها .
- يمكن أن يُقدم استخدام النظريات والمنهجيات البديلة رؤى جديدة ومثيرة للاهتمام حول تأثير التقنيات الرقمية على تطور هذا المجال. تقتصر الأبحاث الحالية في مجال محاسبة الاستدامة وإعداد التقارير عنها على الرؤى النظرية التي تُركز على محتوى المعلومات. ونظرًا للدور المحوري الذي تلعبه التقنيات الرقمية في عمليات الاستدامة، **تبرز الحاجة إلى تنظير هذه التقنيات وقدراتها**. على سبيل المثال، كإلقاء الضوء على فائدة نظريات الاتصال، مثل إطار ثراء الوسائط، في تجاوز محتوى المعلومات وتقييم إمكانات التواصل في الإفصاح عبر وسائل التواصل الاجتماعي.
- في حين نوقشت فوائد التقنيات الرقمية في المحاسبة والتقارير وضمان الاستدامة، يُمكن للباحثين أيضاً مقارنة الفوائد المُعلنة بالفوائد الفعلية من ذوي الخبرة في استخدام هذه التقنيات. كما أن هناك حاجة إلى مزيد من البحث في كيفية الاستفادة من التقنيات الناشئة لتحقيق أهداف الاستدامة.
- على الرغم من الأهمية المتزايدة للرقمنة في ضمان الاستدامة، إلا أن هناك فجوة ملحوظة في الأبحاث التي تُركز على تفاصيل كيفية تأثير هذه التقنيات على مختلف جوانب ممارسات الضمان. تُقدم لورقة الحالية رؤىً محدودة، مما يترك الكثير لاستكشافه فيما يتعلق بتأثيرها على عمليات الضمان ونتائجه. على سبيل المثال، في حين تُشاد بالتقنيات الرقمية كثيرًا لتعزيزها جودة الضمان **(De Silva et al.,2024)** لا يزال هناك نقص في الأدلة التجريبية الطولية لإثبات هذه الادعاءات. وبالمثل، في حين أن أدوات البيانات الضخمة تُوسّع بلا شك نطاق وتفاعل مُقدّمي خدمات الضمان **(Salijeni, Samsonova-Taddei and Turley, 2021)** وتظل ديناميكيات التكلفة والفائدة المترتبة على اعتماد مثل هذه الأدوات غير مدروسة إلى حد كبير.
- تشير الأدلة إلى أن التقنيات الرقمية تعمل على تعزيز قابلية قراءة التقارير **(Ante, 2022; Shimamura et al., 2025)** ،ومع ذلك، **لم يُوسّع هذا التحليل نطاقه ليشمل تقارير ضمان الاستدامة بالكامل**. ويمثل هذا فجوةً حرجة في فهم كيفية تحسين هذه التقنيات لوضوح هذه التقارير وإمكانية الوصول إليها.
- يمكن للذكاء الاصطناعي أن يعزز وضوح التقارير بشكل أكبر من خلال تلخيص النتائج الرئيسية وتنظيم المحتوى من خلال معالجة اللغة الطبيعية. ومع ذلك، فإن هذه الفوائد

تأتي مع مخاطر؛ إذ يمكن إساءة استخدام نفس الأدوات لأغراض التضليل البيئي، مما يسمح للمنظمات بتقديم ادعاءات استدامة مضللة (**De Villiers, Dimes and Molinari, 2024**).

ويعتقد الباحث أن هذه الإمكانية المزدوجة – الجوانب المشرقة والمظلمة لتبني التكنولوجيا – تسلط الضوء على الحاجة الملحة إلى إجراء فحص أكثر تعمقًا لكيفية تسخير التقنيات الرقمية بشكل مسئول لتعزيز مصداقية وشفافية تقارير ضمان الاستدامة.

ويمكن تلخيص ذلك فى الجدول التالى

الجدول رقم (٢)

نوع التكنولوجيا واتجاهات البحث المستقبلية

نوع التكنولوجيا	اتجاهات البحث المستقبلية		
	المحاسبة المستدامة	تقارير الاستدامة	ضمان الاستدامة
Cloud computing	• دراسة كيفية دعم الحوسبة السحابية للمحاسبة الإدارية البيئية في الوقت الفعلي • تقييم التحديات في اعتماد الحوسبة السحابية لمعالجة بيانات ESG عبر أنظمة تنظيمية مختلفة	• التحقق من اتساق تقارير الاستدامة عبر الحدود باستخدام منصات قائمة على الحوسبة السحابية • دراسة كيفية تعزيز الحوسبة السحابية للإفصاحات البيئية والاجتماعية والحوكمة في الوقت الفعلي	• استكشاف مخاطر الأمن السيبراني في أنظمة ضمان الاستدامة المستندة إلى السحابة • فحص ما إذا كانت نماذج السحابة المدعومة بالذكاء الاصطناعي تعزز تقييمات مخاطر الاستدامة وكيف تعمل على ذلك
Big data analytics	• دراسة دور البيانات الضخمة في المحاسبة التنبؤية للاستدامة وتقييمات الأهمية • دراسة كيفية تأثير المنطق المؤسسي، بما في ذلك المؤسسات المالية والعوامل الثقافية والأطر التنظيمية، على اعتماد البيانات الضخمة في ممارسات الاستدامة	• فحص مدى تعزيز البيانات الضخمة لدقة واتساق وإمكانية الوصول إلى إفصاحات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية، والتخفيف من عدم التماثل في المعلومات • تحليل فعالية تحليلات ESGفي الوقت الفعلي في تحديد مخاطر الاستدامة وإبلاغ عملية صنع القرار القائمة على الأدلة • التحقيق في كيفية تأثير ملكية البيانات الرقمية على جودة تقارير ESG	• كيف تعمل أدوات البيانات الضخمة على تعزيز فعالية أطر ضمان الاستدامة القائمة على المخاطر؟ • ما هي المقايضات بين التكلفة والفائدة المرتبطة بدمج البيانات الضخمة في التزامات ضمان الاستدامة؟
Artificial intelligence (AI) and NLP	• كيف يمكن الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لتقييم	• كيف تتم مقارنة مصداقية تقارير الاستدامة التي يتم	• كيف يساهم الكشف عن الاحتيال المستند إلى الذكاء الاصطناعي في

فعالية ضمان الاستدامة؟ • ما هو تأثير عمليات التدقيق التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي على شكوك المدققين في ضمان الاستدامة؟ • ما إذا كان التحول الرقمي القائم على الذكاء الاصطناعي يحسن مصداقية الضمان في التقارير المالية والتقارير البيئية والاجتماعية والحوكمة، وكيف؟	إنشاؤها بواسطة الذكاء الاصطناعي مع التقارير التي يكتبها الإنسان؟ • إلى أي مدى يمكن لتحليل اتجاهات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية المدعوم من الذكاء الاصطناعي أن يعزز التنبؤ بتحديات الاستدامة؟ • دراسة دور الذكاء الاصطناعي في توحيد تقارير الاستدامة عبر الصناعات	مخاطر التقاضي في مجال الاستدامة، وخاصة في التنبؤ بدعاوى التضليل البيئي؟ • إلى أي مدى يمكن للذكاء الاصطناعي أتمتة المحاسبة المستدامة في سلاسل التوريد المعقدة ومتعددة المستويات؟ • كيف يمكن للنماذج المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تحسين تقييم الأثر البيئي وحساب البصمة الكربونية؟	والبرمجة اللغوية العصبية
• ما هي التحديات الفنية والتشغيلية والتنظيمية في تنفيذ عمليات مراجعة الاستدامة في الوقت الفعلي المدعومة بتقنية إنترنت الأشياء، وكيف يمكن معالجتها؟ • كيف تؤثر الأطر التنظيمية على سلامة وموثوقية وتوحيد بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية التي تم جمعها عبر إنترنت الأشياء لإعداد التقارير وضمان الاستدامة؟ • فحص ما إذا كان من الممكن دمج التكنولوجيا الخضراء في معايير ضمان الاستدامة الخاصة بطرف ثالث	• كيف يعمل إنترنت الأشياء على تعزيز معايير إعداد التقارير البيئية الخاصة بالصناعة؟ • ما هو دور تقارير إنترنت الأشياء في الوقت الفعلي في تحسين مراقبة الاستدامة والامتثال؟	• فحص ما إذا كان اتباع الاستدامة الذي يعتمد على إنترنت الأشياء يؤدي إلى تغيير سلوكي حقيقي في الشركات (على سبيل المثال خفض الانبعاثات) • استكشاف آليات خفض التكاليف المعتمدة على إنترنت الأشياء في المحاسبة المستدامة	Internet of Things (IOT)
كيف يمكن لتقنية Blockchainتحسين إمكانية التتبع في عمليات تدقيق الاستدامة والمشاركة في الضمان، وما هي العوائق الرئيسية أمام تبنيها؟	كيف ينظر المستثمرون والهيئات التنظيمية إلى مصداقية وموثوقية تقارير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية التي تم التحقق منها باستخدام تقنية Blockchain مقارنة بالإفصاحات التقليدية؟	إلى أي مدى تساهم أنظمة المحاسبة المستدامة القائمة على تقنية البلوك تشين في التخفيف من ممارسات الشركات المتعلقة بالبيئة، وما هي العوامل التي تؤثر على فعاليتها؟	Blockchain technology

ما هي إمكانات الواقع الافتراضي في التدقيق على الاستدامة في الوقت الفعلي، وما مدى فعاليته في عمليات التفتيش عن بعد للامتثال لمعاييرESG ؟	كيف يؤثر إعداد التقارير المتعلقة بالاستدامة المستندة إلى الواقع الافتراضي التفاعلي على الامتثال التنظيمي وإشراك أصحاب المصلحة؟	كيف يمكن الاستفادة من الواقع الافتراضي لتعزيز تدريب المحاسبين المعنيين بالاستدامة على فهم وتطبيق مقاييس ESG المعقدة؟	3D Game Engine Technology and Virtual Reality (VR)
هل ينبغي أن تخضع ادعاءات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية القائمة على وسائل التواصل الاجتماعي لضمانات خارجية، وما هي الأطر أو المعايير التي من شأنها ضمان مصداقيتها وموثوقيتها؟	إلى أي مدى تؤثر الإفصاحات البيئية والاجتماعية والحوكمة التي يتم التحكم فيها عبر وسائل التواصل الاجتماعي على أداء الشركات في مجال الاستدامة، وما هي العوامل التي تتوسط هذه العلاقة؟	فحص ما إذا كان محاسبو الاستدامة يستخدمون وسائل التواصل الاجتماعي كمصدر لبياناتESG ، وكيف يؤثر ذلك على دقة التقارير ومصداقيتها	Social media disclosure (Facebook, X, LinkedIn)
إلى أي مدى تعمل عمليات تدقيق الاستدامة المعتمدة على أتمتة العمليات الروبوتية على تعزيز الكفاءة، وما هي التنازلات المحتملة في الحد من الحكم البشري والشك المهني؟	ما هي العوائق الرئيسية التي تحول دون اعتماد القوى العاملة لـ RPA في تقارير الاستدامة، وما هي الاستراتيجيات التي يمكن للمنظمات تنفيذها للتغلب على المقاومة وتعزيز التكامل؟	كيف يمكن الاستفادة من RPAلأتمتة الامتثال الضريبي البيئي والاجتماعي والحوكمة للشركات المتعددة الجنسيات، وما هي التحديات والفوائد المرتبطة بذلك؟	Robotic process automation (RPA)
• ما هي الآليات التي يمكن لمقدمي ضمان الاستدامة تنفيذها للكشف عن آثار التصورات المضللة للاستدامة والتخفيف منها؟ • كيف ينبغي لأطر ضمان الاستدامة أن تعالج التصورات المضللة لتعزيز ثقة أصحاب المصلحة؟	كيف تؤثر تنسيقات التصور المختلفة للبيانات على الإدراك النفسي وقابلية قراءة تقاريرESG ؟	ما إذا كانت لوحات المعلومات المعززة بالذكاء الاصطناعي تعمل على تحسين فهم أصحاب المصلحة وثقتهم ببيانات المحاسبة المستدامة، وكيف تعمل على ذلك	Data visualization and dashboards تصور البيانات ولوحات المعلومات

المصدر : إعداد الباحث

قائمة المراجع

Anarbaeva, A. and Garst, J. (2024), "Accounting for downstream value chain: examining the accountability for social impact of digitalisation", available at: www.researchgate.net/publication/388642925_Accounting_for_downstream_value_chain_examining_the_accountability_for_social_impact_of_digitalisation .

Ante, L. (2022), "The relationship between readability and scientific impact: evidence from emerging technology discourses", Journal of Informetrics, Vol. 16 No. 1, p. 101252.

Bakarich, K.M., Castonguay, J.J. and O'Brien, P.E. (2020), "The use of blockchains to enhance sustainability reporting and assurance", Accounting Perspectives, Vol. 19 No. 4, pp. 389-412.

Bellucci, M., Cesa Bianchi, D. and Manetti, G. (2022), "Blockchain in accounting practice and research: systematic literature review", Meditari Accountancy Research, Vol. 30 No. 7, pp. 121-146.

Burritt, R. and Christ, K. (2016), "Industry 4.0 and environmental accounting: a new revolution?", Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility, Vol. 1 No. 1, pp. 23-38.

Crawford, J., Kastrup, T. and Monazzam, A. (2023), "Advanced digital technologies and sustainability assurance: evidence from Sweden", Auditing Transformation, Routledge, London, pp. 180-202.

De Silva, P., Gunarathne, N. and Kumar, S. (2024), "Exploring the impact of digital knowledge, integration and performance on sustainable accounting, reporting and assurance ", available at:www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/medar-02-2024-2383/full/html

De Villiers, C., Kuruppu, S. and Dissanayake, D. (2021), "A (new) role for business – promoting the United Nations' Sustainable Development Goals through the Internet-of-things and Blockchain technology", Journal of Business Research, Vol. 131, pp. 598-609.

De Villiers, C., Farooq, M.B. and Molinari, M. (2022), "Qualitative research interviews using online video technology – challenges and opportunities", Meditari Accountancy Research, Vol. 30 No. 6, pp. 1764-1782.

De Villiers, C., Dimes, R. and Molinari, M. (2024), "How will AI text generation and processing impact sustainability reporting? Critical analysis, a conceptual framework and avenues for future

research", Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, Vol. 15 No. 1, pp. 96-118

.European Union (2025), "EU taxonomy for sustainable activities", available at: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy.

Farooq, M.B. and De Villiers, C. (2018), "Sustainability assurance: who are the assurance providers and what do they do?", Challenges in Managing Sustainable Business: Reporting, Taxation, Ethics and Governance, Springer, Cham, pp. 137-154.

Farooq, M.B. and De Villiers, C. (2020), "How sustainability assurance engagement scopes are determined, and its impact on capture and credibility enhancement", Accounting, Auditing and Accountability Journal, Vol. 33 No. 2, pp. 417-445.

Farooq, M.B. and de Villiers, C. (2019a), "Understanding how managers institutionalise sustainability reporting: evidence from Australia and New Zealand", Accounting, Auditing and Accountability Journal, Vol. 32 No. 5, pp. 1240-1269.

Farooq, M.B. and De Villiers, C. (2019b), "The shaping of sustainability assurance through the competition between accounting and non-accounting providers", Accounting, Auditing and Accountability Journal, Vol. 32 No. 1, pp. 307-336.

Farooq, M.B., Zaman, R. and Nadeem, M. (2021a), "Account ability's AA1000AP standard: a framework for integrating sustainability into organisations", Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, Vol. 12 No. 5, pp. 1108-1139.

Farooq, M.B., Zaman, R., Sarraj, D. and Khalid, F. (2021b), "Examining the extent of and drivers for materiality assessment disclosures in sustainability reports", Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, Vol. 12 No. 5, pp. 965-1002.

Farooq, M.B., Azantouti, A.S.A. and Zaman, R. (2024a), "Non-financial information assurance: a review of the literature and directions for future research", Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, Vol. 15 No. 1, pp. 48-84.

Farooq, M.B., Naveed, K., Zahir-Ul-Hassan, M.K. and Rauf, F. (2024b), "AI adoption, ESG disclosure quality and sustainability committee heterogeneity: evidence from Chinese companies", Meditari Accountancy Research.

Global Reporting Initiative (2025), "Double materiality. The guiding principle for sustainability reporting", available at:

www.globalreporting.org/media/rz1jf4bz/gri-double-materiality-final.pdf

Herzig, C. and Godemann, J. (2010), "Internet-supported sustainability reporting: developments in Germany", Management Research Review, Vol. 33 No. 11, pp. 1064-1082.

Hogarth, K., Lodhia, S., Kaur, A. and Stone, G. (2024), "Social media usage for sustainability reporting: a study of the top 50 Australian companies", available at: https://eprints.qut.edu.au/251636/

Hourneaux, F., da Salva Gabriel, M.L. and Gallardo-V'azquez, D.A. (2018), "Triple bottom line and sustainable performance measurement in industrial companies", Revista de Gestão, Vol. 25 No. 4, pp. 413-429.

Huang, C., Mirza, S.S., Zhang, C. and Miao, Y. (2024), "Corporate digital transformation and audit signals: building trust in the digital age ", available at: www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/medar-10-2023-2187/full/html?skipTrackin .

Kaur, A. and Lodhia, S. (2018), "Stakeholder engagement in sustainability accounting and reporting: a study of Australian local councils", Accounting, Auditing and Accountability Journal, Vol. 31 No. 1, pp. 338-368.

Khan, S. and Gupta, S. (2024), "Boosting the efficacy of green accounting for better firm performance: artificial intelligence and accounting quality as moderators ", available at: www.emerald.com/ insight/content/doi/10.1108/medar-02-2024-2379/full/html?.

Kiel, D., Muller, J., Arnold, C. and Voigt, K. (2017), "Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0", In the XXVIII ISPIM innovation Conference-Composing the Innovation Symphony, 18-21 June 2017, World Scientific, Austria, Vienna, pp. 1-21.

Klymenko, O., Halse, L.L. and Jaeger, B. (2021), "The enabling role of digital technologies in sustainability accounting: findings from Norwegian manufacturing companies", Systems, Vol. 9 No. 2,

Lodhia, S. (2018), "Is the medium the message? Advancing the research agenda on the role of communication media in sustainability reporting", Meditari Accountancy Research, Vol. 26 No. 1, pp. 2-12.

Lodhia, S. (2024), "Sustainable development goals accounting and reporting for the 'other' sector", Journal of Public Budgeting, Accounting and Financial Management.

Lodhia, S. and Stone, G. (2017), "Integrated reporting in a social media and internet communication environment: conceptual insights", Australian Accounting Review, Vol. 27 No. 1, pp. 17-33.

Lodhia, S., Kaur, A. and Stone, G. (2020), "The use of social media as a legitimation tool for sustainability reporting: a study of the top 50 Australian stock exchange (ASX) listed companies", Meditari Accountancy Research, Vol. 28 No. 4, pp. 613-632.

Manetti, G. and Bellucci, M. (2016), "The use of social media for engaging stakeholders in sustainability reporting", Accounting, Auditing & Accountability Journal, Vol. 29 No. 6, pp. 985-1011.

Muhammad, A. and Hazelton, J. (2024), "An analysis of the use of 3D game engine technology in visualising sustainability data ", available at: www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/medar-02-2024-2381/full/html.

Nižetić, S., Šolić, P., Gonzalez-De, D.L.D.I. and Patrono, L. (2020), "Internet of Things (IoT): opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future", Journal of Cleaner Production, Vol. 274, p. 122877.

Petcu, M.A., Sobolevschi-David, M.-I. and Curea, S.C. (2024), "Integrating digital technologies in sustainability accounting and reporting: perceptions of professional cloud computing users", Electronics, Vol. 13 No. 14, p. 2684, doi: 10.3390/electronics13142684.

Salijeni, G., Samsonova-Taddei, A. and Turley, S. (2021), "Understanding how big data technologies reconfigure the nature and organization of financial statement audits: a sociomaterial analysis", European Accounting Review, Vol. 30 No. 3, pp. 531-555.

Shimamura, T., Tanaka, Y. and Managi, S. (2025), "Evaluating the impact of report readability on ESG scores: a generative AI approach", International Review of Financial Analysis, p. 104027.

Thuy, T.T. (2025), "Unlocking environmental management accounting and environmental performance: a mediated moderation model through green technology innovation and

environmental strategy",available at: www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/medar-07-2024-2558/full/html

Tiwari, K. and Khan, M.S. (2020), "Sustainability accounting and reporting in the industry 4.0",Journal of Cleaner Production, Vol. 258, p. 120783.

UNWCED (1987), "Report of the world commission on environment and development: our Commonfuture", Oxford University Press, Oxford, UK.

Valentinetti, D. and Rea, M.A. (2024), "Factors influencing the digitalization of sustainability accounting, reporting and disclosure: a systematic literature review", available at: www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/medar-02-2024-2385/full/html?skipTracking=true.

Xu, M., Chen, X. and Kou, G. (2019), "A systematic review of blockchain", Financial Innovation, Vol. 5 No. 1, p. 27.

Zaman, R., Farooq, M.B., Khalid, F. and Mahmood, Z. (2021), "Examining the extent of and determinants for sustainability assurance quality: the role of audit committees", Business Strategy and the Environment, Vol. 30 No. 7, pp. 2887-2906.