مجلة الدراسات الإقتصادية والمالية المجلد 18 / العـدد: ديسمبر (2025)، ص 292– 309

الذكاء الاصطناعي ودوره في تعزيز المسؤولية البيئية للشركات الصناعية

–شركة أرامكو السعودية نموذجا–

Artficial Intelligence and its role in enhancing environmental responsibility of industrial companies

–A case study of Saudi Aramco-

* حدوش زهرة [1]، بوزيدة حميد [2]

[1] جامعة بومرداس (الجزائر)، *z.haddouche@univ-boumerdes.dz

[2] جامعة بومرداس (الجزائر)، h.bouzida@univ-boumerdes.dz

تاريخ الاستلام: 2025/09/10 تاريخ القبول: 2025/09/20 تاريخ النشر:2025/12/25

ملخص:

تسعى هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز المسؤولية البيئية داخل الشركات الصناعية، في ظل تزايد الضغوطات المحلية والدولية، بالتركيز على شركة أرامكو السعودية في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين أدائها البيئي، وقد غطت الدراسة الفترة الممتدة من 2019 إلى 2024، حيث اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي في عرض الإطار المفاهيمي للذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية، والمنهج التحليلي في جمع وتحليل مؤشرات الأداء البيئي لشركة أرامكو السعودية، وقد توصلت الدراسة إلى وجود تحسّن ملحوظ في معدلات إعادة التدوير وخفض الانبعاثات وتقليل حوادث الانسكابات، مع دور ملموس لتقنيات الذكاء الاصطناعي في الرقابة على العمليات البيئية وتحسين استدامة الموارد.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، المسؤولية البيئية، التنمية المستدامة، الأداء البيئي.

تصنيف JEL: Q55، Q56، L86.

Abstract:

This study aims to highlight the role of artificial intelligence in enhancing environmental responsibility within industrial companies, in light of increasing local and international pressures, focusing on Saudi Aramco's use of artificial intelligence technologies to improve its environmental performance. The sudy covers the period from 2019 to 2024, utilising the descriptive approach to present the conceptual framework of artificial intelligence and environmental responsibility, and the analytical approach to collect and analyze the environmental performance indicators of Saudi Aramco, The study concluded that was a significant improvement in recycling rates, emission reductions, and a decrease in spill incidents, with a tangible role for artificial intelligence technologies in monitoring environmental operations and improving resource sustainability.

Keywords: artificial intelligence, environmental responsibility, sustainable developmeny, environmental performance.

JEL Classification Codes :033 , Q55, Q56, L86 .

* **المؤلف المرسل.**

مقدمة:

تعدّ حماية البيئة واستدامة مواردها الطبيعية الهدف الأساسي في برامج التنمية المستدامة، فالإخلال بالتوازن البيئي يؤدي إلى تدهور النظم البيئية وتلوث المياه والهواء والتربة، وتعدّ الشركات الصناعية المتسبب الأول في هذا التدهور، وعليه ارتبط مفهوم المسؤولية البيئية بمفهوم التنمية المستدامة، والذي يقضي بضرورة التوفيق بين النمو الاقتصادي والصناعي من جهة، والتقليل من الأثر السلبي البيئي للعمليات التي تقوم بها الشركات من جهة أخرى، وفي ظل كبر حجم عملياتها وتعقيدها أصبحت أدوات الإدارة التقليدية غير كافية للحد من المشكلات التي تعترضها، كارتفاع حجم النفايات الصناعية، تزايد الانبعاثات الصناعية وكثرة وقوع الحوادث البيئية.

وعليه، باتت الحاجة إلى استخدام تقنيات حديثة ومتطورة أمرا ملحا، خاصة مع التحولات الناتجة عن الثورة الصناعية الرابعة، وبالأخص نظم الذكاء الاصطناعي، الذي يقدّم حلول فعّالة وذكية تهدف إلى تجاوز التحديات التي تعيشها البيئة، ويمكن أن تسهم هذه النظم في تعزيز المسؤولية البيئية وتحقيق الاستدامة ضمن بيئة صناعية متسارعة النمو .

وممّا سبق، يمكن طرح الإشكالية التالية:

كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم في تعزيز المسؤولية البيئية لشركة أرامكو السعودية؟

فرضية الدراسة:

تقوم الدراسة على فرضية رئيسية، وهي:

إنّ استخدام الذكاء الاصطناعي في شركة أرامكو السعودية يساهم في تعزيز مسؤوليتها البيئية من خلال التقليل من النفايات والانبعاثات، تحسين إدارة الموارد الطبيعية والحد من الحوادث البيئية، وهذا ما يحقق لها توازنا بين نموها الصناعي وحفاظها على البيئة .

أهمية الدراسة:

تبرز أهمية الدراسة في معالجتها لموضوع حديث يجمع بين الذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية بالقطاع الصناعي، حيث تستعرض نتائج تطبيق الذكاء الاصطناعي في إحدى أكبر الشركات السعودية، وهذا ما يفسح المجال أمام شركات صناعية أخرى الاستفادة من هذه المبادرة، وتسمح لصانعي القرار من وضع سياسات مستقبلية تعتمد على البيانات والتحليل الذكي .

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة، إلى:

- التعرف على كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في الشركات الصناعية لتعزيز مسؤوليتها البيئية؛
- دراسة استخدام نظم الذكاء الاصطناعي (مثل المراقبة الذكية، الطائرات المسيرة وتعلم الالة) في إدارة المياه والنفايات، الإنسكابات والانبعاثات وكذا التنوع الحيوي؛
- عرض تجربة شركة أرامكو السعودية في تطبيق الذكاء الاصطناعي، لاستخلاص دروس وتوصيات تدعم التنمية المستدامة؛

- إثراء الأدبيات العلمية بالمعرفة التطبيقية بالربط بين الذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية.

منهج الدراسة:

نظرا لطبيعة الدراسة، تمّ الاعتماد على المنهج الوصفي في عرض الإطار المفاهيمي للذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية، والمنهج التحليلي في جمع وتحليل مؤشرات الأداء البيئي لشركة أرامكو السعودية.

الدراسات السابقة:

من أهم المواضيع الحديثة التي بدأت تستقطب اهتمام العديد من الباحثين في السنوات الأخيرة هو العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية، وفيما يلي عرض لأهم هذه الدراسات:

- Manish Yadav and Gurjeet Singh, **Environmental sustainability with artificial intelligence**, EPRA International Journal of Multidisciplinary Research, volume 9, Issue 5, May 2023

هدفت الدراسة إلى التركيز على كيفية تحسين الاستدامة البيئية باستخدام الذكاء الاصطناعي، والفوائد البيئية المحتملة من تبنيه، وقد ركزت الدراسة على تحديد الطرق التي يمكن من خلالها استخدام الذكاء الاصطناعي للممارسات البيئية المستدامة، وقد توصلت الدراسة إلى أنّ الذكاء الاصطناعي يعتبر أداة فعالة في تعزيز الاستدامة البيئية من خلال تحسين إدارة الموارد ممّا يقلل الهدر ويحسن الأداء البيئي، تقليل التلوث، وزيادة كفاءة استهلاك الطاقة، التنبؤ بالكوارث الطبيعية وتحسين إدارة النفايات، إلاّ أنّ هناك تحديات بيئية مرتبطة بالذكاء الاصطناعي وهي استهلاك كبير للطاقة في مراكز البيانات نتيجة تشغيل نماذج الذكاء الاصطناعي، ممّا يزيد من الانبعاثات الكربونية والنفايات الإلكترونية .

- سالمة أحمد محمود شرف، **تقييم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية "دراسة حالة"**، المجلة المصرية لبحوث الإعلام، العدد 89، الجزء الثاني، أكتوبر/ديسمبر 2024.

هدفت الدراسة إلى استكشاف مجالات وآليات استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية وبيان أهم العوامل المؤثرة على توظيف هذه التقنيات، وتقييم درجة نجاحها في تحقيق الاستدامة البيئية وأبرز معوقات تفعيلها بالشركات، واستخدمت الباحثة منهج دراسة الحالة عبر عينة عمدية لأربعة قطاعات مختلفة، وهي القطاع التكنولوجي ويمثله شركة جوجل، قطاع التجارة الإلكترونية ويمثله شركة أمازون، القطاع الصناعي ويمثله شركة سيمنز والقطاع المعماري، وقد توصلت الدراسة إلى تعدد مجالات تفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي في الاستدامة البيئية، كالقطاع التكنولوجي من خلال تطوير المنتجات التي تساعد على حياة أكثر استدامة، الاستثمار في الطاقة المتجدّدة، إصدار تطبيقات ببرامج إلكترونية للمساعدة في اختيار المسارات المستدامة البيئية، والقطاعات المتعلقة بالصناعة والتجارة الإلكترونية من خلال تعزيز إدارة المحاصيل الزراعية، التصميم الصديق للبيئة وإنتاج المنتجات الخضراء، إدارة البصمة الكربونية للمنتجات وتنفيذ البرمجيات الذكية في التصنيع والإنتاج، وأخيرا القطاع المعماري من خلال التصميم التوليدي، معالجة البيانات، استخدام الموارد

المستدامة، استخدام الطاقة الشمسية وتدوير المياه، هذا بالإضافة إلى البرمجيات المدعومة بالذكاء الاصطناعي المصممة للمراقبة والتنبؤ ومعالجة تأثيرات الطقس والمناخ .

وتعتبر هذه الدراسة مكملة للدراسات السابقة فهي تقدم مثالا واقعيا عن شركة رائدة في الطاقة والكيميائيات، وكيف تمّ استخدام الذكاء الاصطناعي فيها للوفاء بمسؤوليتها البيئية، والتركيز على التطبيقات المبتكرة المستخدمة من طرف الشركة كالروبوتات والطائرات المسيرة للتقليل من الانبعاثات وتخفيض الهدر .

تقسيم الدراسة:

لتحقيق هدف الدراسة قمنا بتقسيمها إلى قسمين، تعرضنا في القسم الأول إلى الإطار المفاهيمي للذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية، وفي القسم الثاني عرضنا نموذجا عن شركة تعمل في مجال الطاقة والكيميائيات وهي شركة أرامكو السعودية للوقوف على دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز مسؤوليتها البيئية.

المحور الأول: الإطار المفاهيمي للذكاء الاصطناعي والمسؤولية البيئية

يقوم الذكاء الاصطناعي بأداء مهام مختلفة بشكل مشابه أو يضاهي قدرات البشر، وقد تمّ استخدام هذه التقنية في جميع مجالات الحياة، وفي ظل تزايد الضغوط البيئية والتشريعية على الشركات الصناعية، ظهر الذكاء الاصطناعي كأداة حيوية لتعزيز المسؤولية البيئية لهذه الأخيرة والتقليل من الأثر السلبي لنشاطها.

أولا: تعريف الذكاء الاصطناعي وأبعاده

يعتبر مصطلح الذكاء الاصطناعي مصطلحا حديثا نسبيا، ولكن جذوره التاريخية تمتد لعدّة عقود، وأصبح استخدامه جزءا لا يتجزأ من حياتنا اليومية، وفي هذا السياق، يأتي موضوع الذكاء وأبعاده ليشمل تعريف الذكاء الاصطناعي، أهدافه، خصائصه وأنواعه، مما يساعدنا في فهم أعمق له.

1– تعريف الذكاء الاصطناعي وأهدافه::

يشار إلى مصطلح الذكاء الاصطناعي بالإنجليزية Artificial Intelligence واختصارهAI ، تمّ صياغته لأوّل مرة من قبل عالم الكمبيوتر McCarthy عام 1955، عندما اقترح تنظيم مشروع بحث صيفي في كليةDartmouth ، وهو الحدث الذي يعدّ الانطلاقة الرسمية لهذا المجال العلمي(Russell & Norvig, 2020, p. 17) ، وقد عرّفه هذا العالم (McCarthy, 2007, p. 1)بأنّه " علم وهندسة صناعة آلات ذكية، وخاصة البرامج الحاسوبية الذكية."

ويعرّف الذكاء الاصطناعي حسب (Ng & Alarcon, 2022, p. 12) هو "قدرة الحاسوب على محاكات قدرات العقل البشري، مثل التعلم من الأمثلة والخبرة، والتعرف على الأشياء، وفهم اللغة والاستجابة لها، واتخاذ القرارات، وحل المشكلات."

ويعرّفه أيضا(Gansascian, 2011, p. 5) بأنّه "مجموعة من النظريات والتقنيات التي تستعمل لصنع آلات قادرة على محاكاة الذكاء الاصطناعي."

استنادا إلى التعريفات السابقة يمكننا أن نستنتج أنّ الذكاء الاصطناعي يعتبر جهازا ذكيا يقوم بتقليد التفكير البشري، وهذا الجهاز يمتلك القدرة على استخدام مجموعة من النظريات والتقنيات التي تسمح له بفهم وتحليل المعلومات، واتخاذ قرارات مشابهة لما يقوم به الإنسان، أو التفاعل مع المواقف بطريقة ذكية.

والهدف الرئيسي للذكاء الاصطناعي هو توجيه الحواسيب لأداء المهمات الصعبة واتخاذ قرارات بشكل مستقل، ممّا يعني جعل الأجهزة أكثر ذكاء، بالإضافة إلى ذلك، هناك أهداف أخرى، يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

-تحليل البيانات وتخزينها واسترجاعها بدقة؛

-زيادة فائدة الأجهزة؛

-تمكين الآلات من معالجة المشكلات بأسلوب قريب من الإنسان؛

-معالجة المهام التي تتطلب معرفة عميقة؛

-تحسين الكفاءة عبر الأتمتة وتوفير الوقت والجهد؛

-زيادة الإنتاجية من خلال إنجاز المهام بسرعة وفي وقت أقل وبدون حاجتها للراحة؛

-ابتكار أفكار جديدة، وتقديم حلول خلاقة؛

- دعم أهداف التنمية المستدامة من خلال تحقيق توازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ البيئة والعدالة الاجتماعية.

2- خصائص الذكاء الاصطناعي:

يتميز الذكاء الاصطناعي بمجموعة من الخصائص تجعله فريدا من نوعه، نذكر منها:

- يعتمد على التعلم الآلي(Machine learning) ، فهو قادر على تحليل البيانات وتحسين أدائه دون الحاجة إلى التدخل البشري المباشر؛

- حل المشكلات المعقدة واتخاذ القرارات باستخدام أسلوب بشري، وذلك بالاعتماد على الخوارزميات والمنطق؛

- القدرة على فهم اللغة البشرية وتحليلها والتفاعل معها، وكذا فهم العواطف وتفسيرها في بعض التطبيقات كالروبوتات الاجتماعية؛

- القدرة على معالجة وتحليل كميات ضخمة من البيانات بسرعة ودقة.

3- أنواع الذكاء الاصطناعي:

تتمثل أنواع الذكاء الاصطناعي، في :

- الذكاء الاصطناعي الضيق:

هو من أكثر التقنيات شيوعا في العالم، وهو يقوم بأداء مهمة واحدة مخصصة له، ولا يتعدى مجال هذه المهمة.

- الذكاء الاصطناعي العام:

تقوم الحواسيب في هذا النوع بمهام فكرية مشابهة لطريقة قيام الانسان بها، وهو أصعب بكثير من النوع السابق .

- الذكاء الاصطناعي الفائق:

يعرف الفيلسوف في أكسفورد نيك بوستروم الذكاء الفائق بأنّه " فكر أذكى بكثير من أفضل العقول البشرية في كل مجال تقريبا، بما في ذلك الإبداع العلمي والحكمة العامة والمهارات الاجتماعية". (سليم، 2023، صفحة 8)

أي أنّ هذا النوع من الذكاء، يمكن أن تتفوق فيه الآلات على الذكاء البشري، وتقوم بأداء المهام بشكل أفضل من الإنسان، وذلك لقدرتها على التفكير وحل الألغاز وإصدار الأحكام وكذا التعلم والتواصل مع الآخرين من تلقاء نفسها.

ثانيا: تعريف المسؤولية البيئية، أهدافها وأسباب تبني الشركات الصناعية لها

في ظل ممارسة الشركات الصناعية لنشاطاتها قد تضر بالبيئة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، وهذا ما يحتم عليها تحمل مسؤوليتها للتقليل أو للحد من هذه الأضرار، بهدف حماية البيئة والحفاظ على مواردها للأجيال القادمة، وعليه، سنقوم بتعريف المسؤولية البيئية وتحديد الأهداف الرامية لتحقيقها وذكر أهم أسباب تبني الشركات الصناعية لها .

1- تعريف المسؤولية البيئية:

المسؤولية بالمعنى العام، هي حقيقة أنّ كل شخص ملزم بشكل قانوني أو معنوي على أفعاله وقراراته وتحمل العواقب، وقد تعني المسؤولية أيضا بالنسبة للأمة واجبا أخلاقيا لمواجهة موقف تاريخي يتطلب اصلاحه، وينطبق مبدأ المسؤولية على المجال البيئي.

وترتبط المسؤولية البيئية ارتباطا واضحا بالمسؤولية الاجتماعية للشركات لأنّها تشير إلى البعد البيئي، فمنذ فترة السبعينات، تمّ استخدام مصطلح المسؤولية الاجتماعية للشركات، لكن حتى اليوم لا يوجد تعريف متفق عليه بشكل شائع (Bisschop, 2010, p. 35)، وسنتطرق إلى بعض التعاريف :

المسؤولية البيئية للشركات الصناعية هي" عملية تغطية الآثار السلبية الملوثة للبيئة نتيجة العمليات الانتاجية للشركات الصناعية والعمل على تخفيض عملية تلف المنتجات والانبعاثات الغازية، وتقليص الممارسات التي تكون لها آثار سلبية مستقبلا على البيئة، كما يمكن أن تتمثل المسؤولية البيئية في تطبيق العمليات الخاصة بحماية البيئة . (الموساوي و حسن، 2017، صفحة 49)

وتعرف المسؤولية البيئية كذلك بأنّها المصطلح الذي يستخدم للعملية التي يتم من خلالها نقل مسؤولية تكلفة إتلاف البيئة إلى من يتسبب في الضرر، وأحيانًا ما يسمى المبدأ الذي تعمل بموجبه المسؤولية البيئية "مبدأ الملوث يدفع " والهدف النهائي هو تقليل الأضرار التي تلحق بالبيئة، والمسؤوليات البيئية المفروضة على الشركات هي من مصادر مختلفة مثل اللوائح والقوانين والإعلانات والمعاهدات التي مرت على المستوى الإقليمي إلى المستوى الدولي. (Joshi, 2012, p. 5)

من خلال التعاريف السابقة يمكن إعطاء تعريف بسيط للمسؤولية البيئية للشركات: هي التزام المنشآت بأخذ بعين الاعتبار البيئة عند صنع القرار للحفاظ عليها من الضرر الذي سببته لها نتيجة قيامها بنشاطها، من خلال منعها لحدوثه للوقاية من أي ضرر قد يحدث على البيئة، أو من خلال دفعها لمبالغ مالية لمعالجة ما خلّفته من أضرار (مبدأ الملوث يدفع)، أو من خلال التعويض الذي تقوم به إذا تمّ بالفعل الضرر على البيئة كنهج علاجي، فالتعويض هو وسيلة لإصلاح الضرر.

2- أهداف المسؤولية البيئية:

تهدف المسؤولية البيئية إلى التأكد من أن الشخص الذي تسبب في أضرار للبيئة (الملوث) يدفع مبلغا من المال لعلاج الضرر الذي تسبب فيه. ولا يمكن للمسؤولية البيئية علاج جميع أشكال الضرر الذي يلحق بالبيئة، ولتطبيق مبدأ المسؤولية يجب: (européenne, 2000, p. 13)

- تحديد من هو الملوث؛

- أن يكون الضرر ملموسًا وقابلًا للقياس؛
- إقامة صلة سببية بين الضرر والملوث (الملوثات) المحدّد.

ومع ذلك، فإنّ المسؤولية البيئية ليست أداة مناسبة في حالة التلوث الواسع الانتشار، حيث أنّه من المستحيل إقامة صلة بين التدهور البيئي وأنشطة بعض الأشخاص، ومن الأمثلة على هذا النوع من التلوث هو التغير المناخي الناجم عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والانبعاثات الأخرى، وسقم الغابات الناتجة عن الأمطار الحمضية .

3- دوافع تبني الشركات للمسؤولية البيئية:

يعتبر الاهتمام بالمسؤولية البيئية من المتطلبات الأساسية للانضمام إلى المنظمات الدولية للتجارة، لذلك قام العديد من الشركات بالاهتمام بمسؤولياتها البيئية وبشكل طوعي للدوافع الداخلية والخارجية التالية: (فلاق، 2016، الصفحات 112-113)

أ- الدوافع الداخلية : تتمثل الدوافع الداخلية لتبني الشركات للمسؤولية البيئية في:

- تحقيق مزايا تسويقية و وفرات مالية للمنشأة من خلال تنفيذها للبرامج البيئية، كما يسهم في تقليل التكاليف من خلال اعادة تدوير تلك المخلفات بعد ان تم معالجتها بطريقة سليمة بيئيا؛

- تقليل كمية المخلفات الصناعية، وبالتالي الحد من مظاهر التلوث البيئي الهادفة إلى حماية الإنسان وموارده، ودخل المجتمع ومكان العمل؛

- حماية الأنظمة البيئية واستخدام أكفأ للموارد الطبيعية من المياه والأرض والطاقة والمساهمة في عمل التنمية المستدامة لها عبر الأجيال القادمة؛

- يساهم في زيادة التعاون مع السلطات التشريعية والرقابية، مما يسهل عملية حل المشكلات البيئية الخاصة بالمنظمة، والتخلص من تلك المخلفات مما يترك الأثر العميق لتحسين الصورة العامة في مجتمعها، وبالتالي تحقيق الدعم والتأكيد من وجودها؛

- تحسين الأداء من الناحية البيئية ودفع العاملين للتعرف على متطلبات البيئية وتحسين قدرتهم على رفع مستوى الأداء البيئي وتحفيز المنظمات الصناعية الأخرى .

ب- الدوافع الخارجية : نذكر منها الآتي :

- **المتطلبات الحكومية** : تتمثل في حماية منظمات الأعمال من التعرض للمخلفات القانونية نتيجة لعدم الالتزام بتطبيق التعليمات الصادرة عن الجهات الحكومية؛
- **المستهلكين** : لقد انتشر الوعي البيئي لدى العديد من المستهلكين مع الزمن، وأصبح المستهلك يبحث عن المنتجات الأكثر أمانا على صحته وأقل خطرا على البيئة المحيطة به ممّا أسهم بظهور العديد من المفاهيم التسويقية الحديثة التي تسعى لحماية الإنسان وموارده من خطر التلوث ومنها المنتجات الخضراء؛
- **المساهمين والمقرضين** : حيث أن الضغوطات المتزايدة من جانب تلك الفئة على ادارة منظمة الأعمال دفعها لتقديم المعلومات الواضحة على الأداء المالي أو البيئي نتيجة لقناعتهم بأنّ الممارسات البيئية قد يترتب عليها غرامات مالية تصل في بعض التشريعات إلى حد إغلاق تلك المنظمة؛
- **المتعاقدين** : يطلب الكثير من المتعاقدين من إدارة المنظمة أن يكون منتجها الذي تم تصنيعه طبقا لمواصفات بيئية معينة، وأن تكون مدخلات الإنتاج من مصادر حديثة بيئيا مما يمكنها من التأكد من سلامة الإجراءات الخاصة بعمليات الإنتاج.

المحور الثاني: دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز المسؤولية البيئية لشركة أرامكو السعودية

مع تزايد الوعي البيئي من عدّة جهات محلية ودولية، زاد الضغط على الشركات لتحمل مسؤوليتها عن الحفاظ على البيئة، والمحافظة على حق الأجيال القادمة في الموارد، ولدمج هذه المسؤولية ضمن استراتيجيتها وأعمالها، تعمل الشركات على الاستعانة بتقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين أدائها البيئي، وتعتبر شركة أرامكو نموذجا يقتدى به، فقد حقق لها استخدام الذكاء الاصطناعي عدّة مزايا، سنستعرضها من خلال هذا المحور.

أولا: بطاقة تعريفية بشركة أرامكو

تعتبر شركة أرامكو إحدى أكبر الشركات في مجال الطاقة والكيميائيات في العالم، وقد تمّ اختيارها كنموذج للدراسة نظرا لتفوقها في استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، ممّا يجعلها خيارا مثاليا لإبراز دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز مسؤوليتها البيئية، بالإضافة إلى ذلك، فهي تقوم سنويا بنشر تقرير للاستدامة تستعرض من خلاله الإجراءات التي اتخذتها لدمج الاستدامة ضمن استراتيجيتها وأعمالها، وعليه، سنستعرض بطاقة تعريفية لها.

1– تعريف شركة أرامكو وأهدافها:

شركة أرامكو هي شركة سعودية تقوم بأعمال التنقيب والاستكشاف عن النفط والغاز، وهذا ما ، واسمها رسميا هو شركة الزيت العربية السعودية (Saudi Arabian Oil Co)، ويقع المقر الرئيسي لها في مدينة الظهران شرق المملكة السعودية، حيث تتمركز الحقول الرئيسية لها في المنطقة الشرقية والوسطى للمملكة، وتربط بينها خطوط من الأنابيب لنقل النفط والغاز إلى معامل المعالجة، التكرير والتصدير، وتنتج الشركة مجموعة من المنتجات تشمل النفط الخام، الغاز، سوائل الغاز الطبيعي، المكثفات، المنتجات المكررة، المواد الكيميائية، الطاقة الكهربائية، الأمونيا الزرقاء والمواد اللامعدنية، وقد بلغ صافي دخلها سنة 2024 ما يقارب 398,4 مليار ريال سعودي أي ما يعادل 106,2 مليار دولار أمريكي (السعودية، التقرير السنوي، 2024، صفحة 6)، وتميز الشركة نابع من أدائها وقيمها التي ترتكز عليها وهي السلامة، المواطنة، النزاهة، المسؤولية والتميز.

وتسعى الشركة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، نذكر منها:

- أن تصبح أكبر شركة متكاملة في قطاعي الطاقة والكيميائيات على مستوى العالم، ومزاولة الأعمال بأمان واستدامة وموثوقية؛
- تعزيز مراكز التنافسية من خلال أعمالها في قطاعي التنقيب والإنتاج، التكرير، المعالجة والتسويق؛
- توفير طاقة موثوقة وأكثر استدامة وبأسعار معقولة للمجتمعات في جميع أنحاء العالم؛
- تحقيق القيمة للمساهمين عبر دورات الأعمال من خلال المحافظة على ريادتها في انتاج النفط والغاز ومكانتها الرائدة في مجال الكيميائيات؛
- تحقيق القيمة في جميع مراحل سلسلة القيمة للطاقة، بالاعتماد على أربعة محاور الربحية، المرونة، النمو والاستدامة؛
- تحقيق أهداف اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي، واتفاق باريس، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة؛ (السعودية، التقرير السنوي، 2019، صفحة 9)
- تبني التقنيات والممارسات المستدامة لإنتاج الطاقة التي تسهم في خفض الأثر البيئي؛
- التوسع في أعمال الغاز في المملكة وعلى مستوى العالم؛
- تعزيز العلامة التجارية للشركة على الساحة العالمية.

بالنظر إلى الأهداف التي تسعى شركة أرامكو لتحقيقها، نلاحظ أنّها أدرجت الاستدامة ضمن استراتيجيتها وأعمالها، وذلك بالاهتمام بالجوانب البيئية، الاجتماعية والاقتصادية.

2- النشأة والتطور التاريخي لشركة أرامكو:

تعود نشأة شركة أرامكو إلى سنة 1933، وهو تاريخ توقيع اتفاقية امتياز مع شركة ستاندرد أويل أوف كاليفورنيا التي أسست شركة كاليفورنيا أرابيان ستاندرد أويل لتتولى تنفيذ هذه الاتفاقية، وبعد مسح صحاري المملكة لتحديد مواقع النفط، بدأت أعمال حفر الآبار سنة 1935، ولكن باءت بالفشل إلى غاية سنة 1938، وقد شهدت الشركة عدّة محطات وانجازات على مر السنين إلى يومنا هذا، نلخصها في الشكل الموالي:

شكل رقم (01): التطور التاريخي لشركة أرامكو

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على موقع المؤسسة https://www.aramco.com/ ، 2025/06/02، 21:46.

إنّ المتتبع لتاريخ الشركة منذ ظهورها يلاحظ مدى إصرارها ومثابرتها لتحقيق أهدافها، بالرغم من التحديات التي واجهتها، حيث توسعت شيئا فشيئا في جميع أرجاء المملكة، وحققت شهرة كبيرة إلى أن أصبحت شركة عالمية، وأدخلت على نشاطها تقنيات متطورة لمساعدتها في اكتشاف النفط الخام، كما واصلت استثماراتها في تطوير حلول جديدة، ترفع من كفاءة انتاج الطاقة واستخدامها، وتحرص الشركة على اتخاذ إجراءات صارمة للاعتناء بالجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

3- نشاط شركة أرامكو:

يرتكز نشاط أعمال شركة أرامكو في الأعمال الرئيسية وهي نشاط التنقيب والإنتاج، وكذا نشاط التكرير والكيميائيات والتسويق وتساندهما في ذلك أنشطة الأعمال العامة.

أ- الأعمال التشغيلية المتكاملة:

- **قطاع التنقيب والإنتاج:** يشمل نشاط قطاع التنقيب والإنتاج في الشركة، التنقيب عن النفط الخام، المكثفات والغاز الطبيعي وسوائل الغاز الطبيعي، وتطويرها وانتاجها (السعودية، التقرير السنوي، 2019، صفحة 46)، وهي تنقل عبر شبكة خطوط أنابيب إلى عدّة محطات لمعالجتها وتحويلها إلى منتجات مكررة ومواد بتروكيميائية أو يوجه إلى الزبائن المحليين، أو إلى فرض التصدير.
- **قطاع التكرير والكيميائيات والتسويق:**

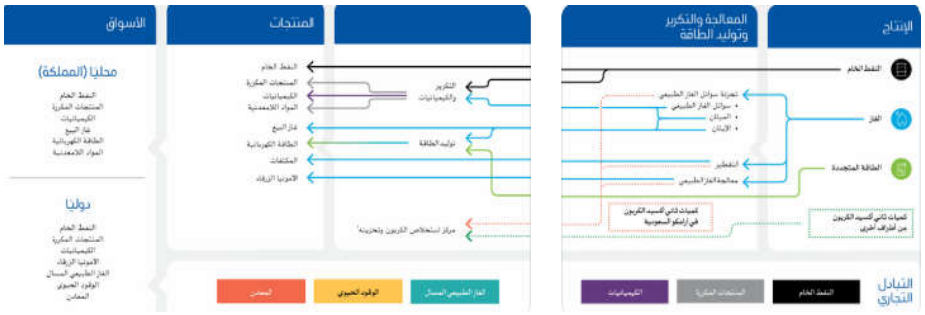
تتضمن أعمال قطاع التكرير والكيميائيات والتسويق، بشكل أساس أنشطة التكرير والكيميائيات وزيوت الأساس ومواد التشحيم والبيع بالتجزئة والتوزيع والإمداد والتجارة توليد الطاقة الكهربائية، وتعمل الشركة على تنويع مصادر دخلها وتحقيق التكامل في مجال النفط والغاز لتحقيق الاستفادة المثلى في تعظيم القيمة في مختلف مراحل سلسلة القيمة الهيدروكربونية، وأيضا على تطوير مصادر الطاقة المتجددة من خلال استخلاص الانبعاثات من مرافقها ومرافق الغير، وتطوير أنواع جديدة من الوقود والمنتجات كالهيدروجين الأزرق والأمونيا الزرقاء.

ب–أنشطة الأعمال العامة:

تشمل أنشطة الأعمال العامة أنشطة الخدمات الفنية الضرورية، بالإضافة إلى الشؤون القانونية والمالية والتقنية والابتكار والموارد البشرية والخدمات المساندة، وهي تدعم قطاعي أعمال الشركة لمزاولة نشاطها بنجاح، ويتم تعزيزها عن طريق ترسيخ الحوكمة الفاعلة والقيادة، ويشمل ذلك ممارسات الاستدامة، إدارة المخاطر وحوكمة الشركة.

ويوضح الشكل أدناه ملخصا عن مراحل سلسلة القيمة للطاقة، بدءا من انتاج قطاع التنقيب والإنتاج للنفط الخام والغاز والطاقة المتجددة، وصولا إلى تسويق وبيع النفط الخام والمنتوجات المكررة والبتروكيميائيات.

شكل رقم (02): سلسلة القيمة المتكاملة



المصدر: التقرير السنوي لعام 2024، أرامكو السعودية، ص ص 16-17.

ثانيا: المسؤولية البيئية لشركة أرامكو

نالت شركة أرامكو على شهادة الايزو 14001 بنسبة 95 % في 57 دائرة مسجلة في نظام إدارة البيئة، وهذا بفضل جهودها للمحافظة على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة، وإدارة تأثير أنشطتها على البيئة، وذلك من خلال الاعتماد على تقنيات متطورة ومبتكرة وتبني مبادئ الاقتصاد الدائري، لتحسين أدائها البيئي والحد من صافي الانبعاثات الكربونية المصاحبة لأعمالها، وتتجلى المسؤولية البيئية للشركة في أربع محاور أساسية، وهي:

- **المحافظة على المياه:**

تسعى شركة أرامكو إلى ترشيد استهلاك المياه في أعمالها، وذلك من خلال تقليل استخدام المياه الجوفية وتحسين وتعزيز كفاءة الاستخدام، ولتحقيق ذلك ترتكز الشركة على: (السعودية، تقرير الاستدامة، 2023، صفحة 74)

- خفض الاعتماد على المياه الجوفية باستخدام مياه البحر المعالجة والمحلاة، وكذا إعادة استخدام المياه الرمادية، وإعادة تدوير مياه الصرف الصحي؛
- خفض تكلفة وحدة المياه عن طريق تطبيق حلول مبتكرة مثل المفاعلات العضوية الغشائية وتحلية مياه البحر باستخدام الطاقة الشمسية وأنظمة الضخ الذكية؛
- الخفض من الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذات الصلة بالمياه باستخدام الطاقة المتجددة.

ويوضح الجدول أدناه، استهلاك المياه العذبة وحجم تصريف المواد الهيدروكربونية في مياه الصرف خلا سنوات 2022، 2023 :2024

جدول رقم (01): تطور استهلاك المياه العذبة وتصريف المواد الهيدروكربونية في المياه خلال (2022-2023)

	2022	2023	2024
استهلاك المياه العذبة(مليون متر مكعب)	93,6	89,9	83,0
تصريف المواد الهيروكربونية في المياه	16,4	14,3	11,6

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على التقرير السنوي للاستدامة لأرامكو السعودية لعام 2024.

من خلال الجدول رقم (01) نلاحظ انخفاض مستمر في استهلاك المياه العذبة، حيث انخفض بنسبة 4 % سنة 2023 بالمقارنة مع سنة 2022، وبنسبة انخفاض 7,7 % بين سنتي 2023 و2024، وهذا راجع إلى جهود الشركة لترشيد استهلاك المياه، وذلك من خلال الحلول الرقمية التي ابتكرتها لتقليل من هدر المياه، وأيضا استخدام تقنية التفريغ الصفري للسوائل، وأعيد استخدام المقطرات الناتجة عن هذه التقنية في أعمال التكسير، ممّا يدعم عملية تدوير المياه بشكل أكبر، وحصلت بسبب هذه التقنية على "جائزة التقدير الخاصة للابتكار الهندسي" سنة 2024 تحت فئة إدارة المياه.

أمّا بالنسبة إلى حجم تصريف المواد الهيروكربونية في المياه ، فهو كذلك انخفض بنسبة 12,8 % بمقارنة سنة 2023 مع سنة 2022، واستمر الانخفاض سنة 2024 بنسبة 18,9 % بالمقارنة مع سنة 2023، وهذا بسبب تحسين الشركة لقدرتها على مراقبة حجم ذلك التصريف باستخدام لوحة بيانات تصريف المواد الهيروكربونية في المياه، وتحديث قدراتها باستخدام أجهزة تعمل عبر شبكة الأنترنت لقياس المواد الهيدروكربونية في المياه لتحسن جمع البيانات، وكذا إجراء صيانة وقائية منظمة على المبادلات الحرارية باستخدام وسائط التبريد مثل مياه البحر، وقد أدّى هذا إلى تحسين سلامة هذه المبادلات ومنع تسرب المواد الهيدروكربونية بسبب التآكل.

- **إدارة النفايات:**

تهدف شركة أرامكو إلى دمج المنهج الدائري في التعامل مع النفايات الناتجة من جميع أنشطتها، ولذلك قامت بإعادة فحص تلك الأنشطة من أعلى المستويات الإدارية حتى أدناها، وفي سنة 2020 أنشأت فريق عمل الاقتصاد الدائري، وبعد أن اطلع هذا الفريق على أفضل الممارسات حول العالم، وضع سبعة مبادئ رئيسية لتوجيه مفهوم الاقتصاد الدائري في الشركة، وقد بدأ تطبيقه في ثمان إدارات، ويجرى حاليا تعميمه على نطاق أوسع في الشركة، وحصدت هذه الأخيرة فوائد منهجية الاقتصاد الدائري في سنة 2021، حيث فازت بجائزة تحدي الاقتصاد الدائري الذي تنظمه المؤسسة الأوروبية لإدارة الجودة، وتتمثل المبادئ السبعة في الشكل أدناه:

شكل رقم (03): المبادئ السبع لتوجيه الاقتصاد الدائري في شركة أرامكو

المصدر: كيف يمكن لمفهوم الاقتصاد الدائري في أرامكو أن يساعد الكوكب؟، **https://www .aramco .com**، **2025/06/03**، **15:00**.

وتصنف النفايات في الشركة إلى ثلاث أنواع من حيث طرق إدارتها: نفايات خطرة، نفايات غير خطرة (منها نفايات البلدية) ونفايات خاملة، وترتب كل طريقة من طرق إدارة النفايات حسب أثرها البيئي، فتكون الأولوية لمنع تكوّن النفايات، يليها إعادة استخدام النفايات وتدويرها والاستفادة منها، وأخيرا التخلص منها، وقد وضعت الشركة اشتراطات للاقتصاد الدائري لتوجيه وتشجيع اعتماده في نشاطها وفقا للمعايير الدولية مثل ايزو 59004 وايزو 59010 وايزو 59014.

ولتحسين الأنشطة القائمة على الاقتصاد الدائري، قامت الشركة سنة 2024 بعدّة مبادرات، تشمل:

– إعادة تدوير المواد والمياه وبيع الأنابيب غير المستخدمة وإعادة استخدام الزيت المستنفد، ونتيجة لذلك، تمّ استخدام 21 ألف طن من خطوط الأنابيب بشكل فعّال؛

– استخدام الطباعة الثلاثية الأبعاد لإنتاج بعض قطع الغيار التي تستخدم لمنع تسرب أي أجسام غريبة إلى الأجزاء الداخلية للصمامات وتحسين موثوقيتها، وقد قامت الشركة بإعادة تدوير 0,5 مليون متر مكعب من طين الحفر ونقلها بين أجهزة الحفر؛

– أنشأت إدارة خدمات الصيانة العامة في الشركة نظام إعادة استخدام المواد الفائضة، لتحسين استخدام الموارد وتقليل الهدر، وقد أدّى هذا النظام إلى إعادة استخدام 500 ألف طن من المواد.

ويوضح الجدول أدناه، إدارة النفايات في الشركة:

جدول رقم (02): إدارة النفايات في شركة أرامكو

	2022	2023	2024
النفايات الصناعية المعاد تدويرها (%)	39,9	35,7	47,8
النفايات المتخلص منها (طن متري)	318,656	481,561	512,980

المصدر: التقرير السنوي للاستدامة لأرامكو السعودية لعام 2024، ص91.

من خلال الجدول رقم (02)، نلاحظ أنّ نسبة النفايات سنة 2023 قد انخفض بحوالي 4,2 % عن سنة 2022، وهذا راجع حسب ما هو ظاهر في الجدول إلى زيادة اجمالي النفايات المتخلص منها بنحو 51,6 % نتيجة إلى التوسع المستمر في أعمال الشركة، ممّا سبب ضغطا على قدرات إعادة التدوير، وأيضا لانخفاض في التمويل، حيث بلغ الإنفاق على إدارة النفايات وإعادة تدويرها 16,3 مليون دولار سنة 2023 بالمقارنة مع السنة الماضية كان 32,3 مليون دولار، وقامت كذلك بإعادة تقييم الشركات الحالية المقدمة لخدمات إدارة النفايات الصناعية والموجودة في قائمة الموردين المؤهلين لديها والتي تشمل 22 شركة (العزيز، 2024)، وهذا ما أثر على عمليات التدوير خلال فترة الانتقال، ونلاحظ أيضا زيادة نسبة اجمالي النفايات المعاد تدويرها بنسبة 12,1 % سنة 2024 بالمقارنة بالسنة الماضية، وهذا نتيجة لتطبيق مبادئ ومبادرات الاقتصاد الدائري، حيث أدخلت تقنيات مبتكرة لتحويل النفايات إلى طرق، عن طريق إعادة تدوير

مخلفات الإطارات والبلاستيك وإضافتها إلى خليط الخرسانة للإسفلت ممّا يزيدها قوة وصلابة، وهذا ما يقلل استخدام كمية البيتومين في الخليط بنسبة 10 %، وهذا ما يجعله خيارا اقتصاديا.

- **الأثر على البيئة المحلية:**

أ- الانبعاثات الملوثة للهواء:

يتم تصنيف الانبعاثات الكربونية الصادرة عن الشركة ضمن فئة الانبعاثات الأقل على مستوى قطاع الطاقة، وهذا نتيجة للسياسة التي تتبعها في خفض الانبعاثات وأعمال الحرق إلى أقل مستوى ممكن بالاستعانة على التقنيات المتقدمة، حيث أطلقت سنة 2018 برنامج لكشف التسربات وإصلاحها (LDAR) وهو يمسح ملايين النقاط سنويا في كل مرفق من مرافق الإنتاج لضمان تحديد أي تسربات محتملة وإصلاحها بسرعة، وهذا ما سمح بخفض كثافة انبعاثات غاز الميثان في قطاع التنقيب والإنتاج بنسبة 0,05 % والمحافظة عليها، وأيضا تساهم الشركة في التخفيف من حرق الغاز في الشعلات، والذي ينتج عنها اطلاق ثاني أكسيد الكربون في الجو إلى جانب ملوثات أخرى، والتي يمكن استخدامها في انتج مواد كيميائية مفيدة، وتقوم بمراقبة عمليات الحرق من خلال مراكز الابتكارات المتقدمة وبتطبيق تقنيات الثورة الصناعية الرابعة من مقر الشركة بالظهران، وقد وقعت الشركة على مبادرة التخلص من الحرق التقليدي للغاز نهائيا بحلول عام 2030 التي أطلقها البنك الدولي.

ب- الانسكابات النفطية في البيئة:

نظرا لشساعة المساحة التي تزاول فيها شركة أرامكو نشاطها وتواجد العديد من مواقعها في أماكن نائية، يصعّب اكتشافها للانسكابات الحادثة، وبالرغم من هذا تسعى هذه الأخيرة إلى منع الانسكابات، من خلال تطبيق برامج تفتيش صارمة لتقييم سلامة الموجودات، ووضع تدابير وقائية، وتقديم برامج تدريب شاملة للموظفين، وإجراء تدريبات محاكاة دورية للاستجابة لحوادث انسكاب النفط في مرافق مناولة المواد الهيدروكربونية، وفي سنة 2024 شهد عدد وحجم انسكابات الهيدروكربونية انخفاظا ملحوظا، حيث تراجع عددها بنسبة 41,7 %، وانخفض حجمها بنسبة 99,6% مقارنة بالسنة الماضية (أرامكو، التقرير السنوي للاستدامة، 2024، صفحة 65)، ويوضح الجدول أدناه ذلك:

جدول رقم (03): انسكاب المواد الهيدروكربونية في البيئة

	2022	2023	2024
عدد حالات انسكاب المواد الهيدروكربونية	15	12	7
كمية انسكاب المواد الهيدروكربونية (برميل)	142,885	8,566	34
نسبة المواد الهيدروكربونية المستعادة (%)	9	88	49

المصدر: التقرير السنوي للاستدامة لأرامكو السعودية لعام 2024، ص 85.

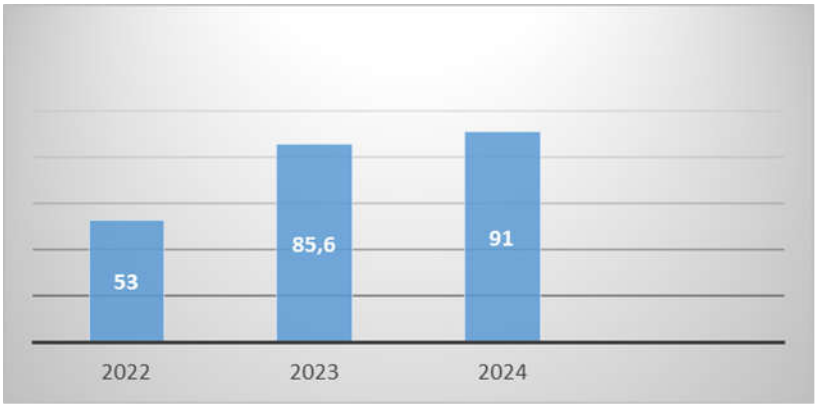
نلاحظ من خلال الجدول أنّ أكبر كمية انسكاب كانت سنة 2022 وهذا راجع لوقوع حادث كبير أدّى إلى تسرب كمية كبيرة من النفط الخام واشتعال النار فيها، وبسبب احتراق النفط الخام لم تتمكن الشركة من استعادة المواد الهيدروكربونية، وتمكنت الشركة من إعادة تأهيل المنطقة المتضررة والاستفادة من هذا الدرس، وهذا ما انعكس على سنتي 2023 و2024.

- **مبادرات التنوع الحيوي**: تقوم شركة أرامكو بمبادرات التنوع الحيوي للمحافظة على البيئة وحمايتها، وذلك من خلال تقليل الآثار الضارة على التنوع الحيوي، وهذا بـ:

- تجنب العمل في الموائل الطبيعية عالية الجودة، والأماكن المدرجة ضمن قائمة اليونيسكو لمواقع التراث العالمي؛
- التقليل من الآثار الناتجة عن نشاطها، وذلك بإضافة محميات جديدة، حيث بلغ عددها 28 سنة 2024 تغطي ما يقارب 1900 كم^2، وقد أحصت الشركة 844 نوعا من النباتات والحيوانات؛
- تدعيم المشاريع لاستعادة الأوضاع البيئية، حيث قامت بزراعة 185 ألف شجرة في المملكة؛
- تعويض الآثار التي لم تتمكن من تجنبها أو الحد منها أو استعادتها بالاستعانة بجهة خارجية لتقييم أعمالها التعويضية والتأكد منها، كإعادة زراعة الغابات.

وتحرص الشركة على تحقيق آثار إيجابية على التنوع الحيوي، وذلك عن طريق دعم برامج حماية البيئة التي تزيد في التنوع الحيوي بنسبة تفوق التأثيرات السبية الناتجة عن نشاطها، وهي تقيس صافي الأثر الإيجابي عن طريق مقارنة مساحة مسطحات محميات التنوع الحيوي التابعة لها مع المساحة التي تشغلها موجوداتها التشغيلية، وقد حدّدت الشركة هدفا مرحليا في سنة 2022 لتحقيق تحسن في صافي الأثر الإيجابي بنسبة 30 % بحلول سنة 2030، وهذا التحسن ظهر في سنتي 2023 و2024، كما هو موضح في الشكل الموالي:

شكل رقم (04): صافي الأثر الإيجابي على التنوع الحيوي



المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على التقرير السنوي للاستدامة لأرامكو السعودية لعام 20244، ص 80.

ثالثا: دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز المسؤولية البيئية لشركة أرامكو

يمثل الذكاء الاصطناعي أداة أساسية في برنامج التحول الرقمي لشركة أرمكو، حيث تستخدمه في تحسين الكفاءة والموثوقية والاستدامة في مجموعة واسعة من أنشطتها في قطاع الطاقة، وهو يساهم بشكل كبير في التقليل من الآثار البيئية، وسنبرز دوره من خلال المحاور الأساسية للمسؤولية البيئية للشركة التي تطرقنا لها سابقا:

1– دور الذكاء الاصطناعي في المحافظة على المياه:

تتميز المملكة العربية السعودية بندرة المياه، وبهدف المحافظة على المياه الجوفية، قامت الشركة باستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي مثل مستشعرات أنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية وأنظمة المراقبة الذكية في:

- الكشف عن تسربات المياه حال حدوثها واصلاحها لتقليل الهدر، فعلى سبيل المثال تمّ خفض استهلاك المياه العذبة بمقدار 18 ألف متر مكعب سنة 2024 بمعمل الغاز في حرض؛
- إدارة وتخطيط استهلاك المياه في أعمال حفر آبار الغاز غير التقليدي، عن طريق تقنية أكوا سايت وهي لوحة معلومات رقمية للمياه؛

–إعادة تدوير المياه المنتجة للمواد الهيدروكربونية في حقول النفط والغاز، والحد من تصريف مياه الصرف الصحي، وإعادة معالجتها لاستخدامها في أعمال حقن المكامن، وأعمال التكسير غير التقليدية؛

–استخراج السوائل من المكامن الجوفية إلى السطح، عن طريق تقنيات الرفع الاصطناعي، مثل المضخات الكهربائية المغناطيسية ورفع الغاز؛

– نمذجة المكامن، عن طريق تقنية الحفر المتقدمة لتحقيق أقصى معدلات الاستخلاص والتقليل من انتاج المياه، حيث طورت الشركة مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية جهازا لقياس التدفق يعتمد على رنين الموجات الدقيقة، مزود بنموذج التوأم الرقمي القائم على الذكاء الاصطناعي الذي يوفر قياسات دقيقة وآنية لمحتوى المياه مما يعزز قدرات إدارة المكامن، وتقلل هذه التقنية من استهلاك الطاقة والماء.

2– دور الذكاء الاصطناعي في إدارة النفايات:

تتبنى شركة أرامكو استراتيجيات شاملة ومبتكرة في إدارة النفايات بهدف تحقيق أعلى مستويات الاستدامة والكفاءة، ففي سنة 2022، طوّرت الشركة استراتيجية لإدارة النفايات، لتقليل منها والحيلولة دون وصولها إلى مكبّات النفايات، حيث ركّزت على الحد منها في خمسة (05) مجالات رئيسية، وهي: النفايات العامة، النفايات الصناعية، نفايات الحفر، المواد المشعة الطبيعية والنفايات البلاستيكية، (الطاقة، 2024)وذلك من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحديد وتحليل الأنماط في إنتاج النفايات، ممّا يساعد في:

– التنبؤ بكميات النفايات وتحسين عمليات الفرز باستخدام روبوتات مزودة برؤية حاسوبية؛

– تدعيم سبل التخلص الآمن، وذلك عن طريق إيجاد أفضل المواقع لدفن النفايات؛

– إعادة تدوير النفايات الناتجة من أنشطة التنقيب والإنتاج، التكرير والكيميائيات والتسويق، كإدخال النفايات البلاستيكية في صناعة الإسفلت؛

– تحويل النفايات العضوية إلى أسمدة وذلك بتحليل البيانات لتطوير أنشطة التسميد؛

– مراقبة امتلاء الحاويات، وتتبع مسار الشاحنات التي تجمع النفايات؛

– تقليل التكاليف التشغيلية، وذلك عن طريق الكشف عن الأعطال قبل وقوعها، وهذا ما يخفض تكاليف الإصلاح وتفادي التوقف عن العمل؛

– تجنب المخاطر المالية المتمثلة في الغرامات البيئية أو الأعطال المفاجئة، باستخدام مثلا الطائرات الذكية للكشف عن الانسكابات النفطية.

3– دور الذكاء الاصطناعي في تقليل الأثر على البيئة المحلية:

أ– مراقبة حرق الغاز في الشعلات:

تسمح نظم الذكاء الاصطناعي بالتنبؤ بالوقت الذي يتوقع أن تتجاوز فيه أحد المرافق حدّه الأقصى من أنشطة حرق الغاز وذلك لاتخاذ قرارات تصحيحية قبل حدوث ذلك، وقد أدّى استخدامه إلى خفض الشركة لحرق الغاز بنسبة 50 % مند عام 2010، والجدول التالي يوضح حجم الغاز المحروق في الشعلات خلال 2022 – 2024:

جدول رقم (04): الغاز المحروق في الشعلات خلال السنوات 2022، 2023 و2024

	2022	2023	2024
الغاز المحروق في الشعلات	23,818	27,506	28,846

المصدر: التقرير السنوي للاستدامة لأرامكو السعودية لعام 2024، ص 35.

من خلال الجدول نلاحظ أنّ حجم الغاز المحروق في الشعلات في تزايد مستمر، وهذه الزيادة راجعة إلى أعمال الصيانة والأنشطة التشغيلية بالإضافة إلى إدراج الوحدات المستقرة في مصفاة "جازان" ضمن تقارير انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري لسنة 2023 ومؤشرات قياس حرق الغاز في الشعلات، وقد نجحت الشركة في إبقاء حجم حرق الغاز دون 01 % من إجمالي انتاج الغاز الخام، وهذا راجع إلى تبني الشركة لنظم الذكاء الاصطناعي في المراقبة الآنية لأعمالها في مركز الثورة الصناعية الرابعة في الظهران.

ب–تحديد أماكن وصلات أنابيب الحفر:

تستخدم الشركة الذكاء الاصطناعي في مراقبة وتفتيش أماكن وصلات أنابيب الحفر، وذلك عن طريق:

– استخدام الطائرات المسيرة للتفتيش على السلامة، وهي مجموعة من تقنيات المركبات الآلية غير المأهولة ثابتة الجناحين، والتي تقوم بالمراقبة المنتظمة على خطوط الأنابيب في جميع أنحاء المملكة وتفتيش حوامل الكوابل المرتفعة؛

– "نسر سلامتك" يساعد على تقليل فرص وقوع الإصابات على أجهزة الحفر وفي المواقع باستخدام كاميرات لاسلكية علاية الدقة ومقاومة للماء وذكية، وأجهزة استشعار تستخدم الذكاء الاصطناعي، وتعلم الآلة لمعالجة مقاطع الفيديو والصور الملتقطة وتحليلها، وهي تعمل على أتمتة عملية تحديد مكان مجموعة أنابيب الحفر وتحسينها؛

– "رقيب" يساعد في تحديد الملاحظات التي تعنى بالسلامة، وذلك من خلال استخدام تحليلات البيانات الآنية، لتحسن فرص اكتشاف المخاطر وضمان الاتزام التنظيمي.

ج–حقل خريص النفطي:

استخدمت الشركة 40 ألف جهاز استشعار في حقل خريص النفطي، بهدف مراقبة أكثر من 500 بئر لنفط، وقد أسهم تسخير تقنية الذكاء الاصطناعي في خفض استهلاك غاز الوقود في المراجل، وقد أسهم هذا الحل بالإضافة إلى الحلول الرقمية التي تبنتها الشركة إلى زيادة انتاج النفط بنسبة 15 %، وعزّزت من وقت الاستجابة لاستكشاف الأعطال وإصلاحها، إلى نسبة 100 %.

د–معمل بقيق:

يعتبر أكبر مرفق لمعالجة النفط في الشركة، وأكبر معمل لتركيز النفط الخام في العالم، حيث أسهمت الاستعانة بالروبوتات والطائرات المسيرة الذكية في ثلث الأعمال الاعتيادية تقريبا، في الحد من الاعتماد على جولات التفتيش الميدانية التقليدية، وأدّى استخدام خوارزميات تعلم الآلة والذكاء الاصطناعي من معرفة أماكن تركيز النفط، ممّا أسهم في الارتقاء بمستوى توليد الكهرباء، وخفض انبعاثات أكسيد الكربون.

4– دور الذكاء الاصطناعي في حماية التنوع الحيوي:

للذكاء الاصطناعي دور بارز في شركة أرامكو، حيث يتم استخدامه في حماية التنوع الحيوي وتدعيم التوازن البيئي، ومن أبرز المبادرات المبتكرة التي تمّ استخدامه فيها، نذكر:

– مراقبة النظم البرية والبحرية عن طريق الطائرات المسيرة الذكية، لتفادي التأثير السلبي للقيادة المتهورة بواسطة المركبات التي تسير على الطرق الوعرة على الأنظمة البيئية الصحراوية، من خلال تحريك الرمال وإتلاف النباتات وتسريع عملية التعرية؛ (أندرو، 2022)

– حماية الحياة البحرية في الخليج العربي، عن طريق إنشاء المركز الإقليمي للتنمية المستدامة للثروة السمكية في جزيرة أبو علي، باستخدام تقنيات الاستزراع المائي الحديثة المبنية على الذكاء الاصطناعي، والتي تبدأ من أسماك التفريخ لإنتاج البيوض، مرورا بتربية اليرقات

التي تتغذى على العوالق التي ينتجها المركز، وانتهاءا بإطلاق الأسماك الصغيرة في مياه الخليج العربي، مع استخدام تقنيات ذكية لإعادة تدوير المياه، والكشف عن الانسكابات النفطية؛

– إطلاق شركة "ألفة" غير الربحية لرعاية الحيوانات الضالة، حيث يرتكز عملها على خدمات إيواء الحيوانات الضالة وتقديم الرعاية الصحية البيطرية لها، والتقليل من مخاطر تكاثرها العشوائي وتهديدها للسلامة العامة عبر العيادات الذكية المتنقلة؛ (المدينة، 2024)

– نموذج الذكاء الاصطناعي العملاق "أرامكو ميتا برين" وهو يستند على بيانات تراكمية جمعتها الشركة خلال 90 عاما، وهو يستخدم في تشغيل التطبيقات المعرفية عبر أعمالها، كتحليل الاتجاهات البيئية طويلة المدى.

خلاصة:

يعدّ استخدام الذكاء الاصطناعي في تعزيز المسؤولية البيئية للشركات الصناعية ميزة تنافسية، فهو ليس مجرد تقنية فحسب بل يعتبر كمحفز لتحقيق الاستدامة، وهذا ما أظهرته الدراسة التي تمت على مستوى شركة أرامكو السعودية، حيث توصلت الدراسة إلى أنّ استخدام الذكاء الاصطناعي ساهم بشكل كبير في وفائها بمسؤوليتها البيئية، وحقق لها توازنا بين نموها الصناعي وحفاظها على البيئة وذلك من خلال استخدامه في:

–المحافظة على المياه من خلال الكشف الآني عن التسربات للتقليل من الهدر؛

–إعادة تدوير المياه المنتجة للمواد الهيدروكربونية في حقول النفط والغاز ومياه الصرف الصحي، واستخدامها في حقن المكامن؛

–إدارة النفايات للتقليل منها، وإعادة تدويرها واستخدامها في صناعات أخرى؛

–التقليل من حرق الغاز في الشعلات، حيث نجحت الشركة في إبقاء حجم حرق الغاز دون 01% من إجمالي انتاج الغاز الخام؛

–تحديد أماكن وصلات أنابيب الحفر عن طريق الطائرات المسيرة الذكية؛

–زيادة انتاج النفط باستخدام أجهزة استشعار وتعزيز وقت الاستجابة لاستكشاف الأعطال وإصلاحها؛

–تحديد أماكن تركيز النفط باستخدام خوارزميات تعلم الآلة والاستعانة بالروبوتات والطائرات المسيرة الذكية؛

–تعزيز التوازن البيئي وحماية التنوع الحيوي من خلال المبادرات المبتكرة.

التوصيات والاقتراحات:

–تشجيع الشركات الصناعية على الاستثمار في نظم الذكاء الاصطناعي للرفع من كفاءة إدارة النفايات والمياه والتنبؤ بالحوادث البيئية قبل وقوعها؛

–دعم الاقتصاد الدائري القائم على الذكاء الاصطناعي لزيادة معدلات التدوير والاستفادة بطريقة أفضل من المخلفات الناتجة من عملية الإنتاج؛

–زيادة الوعي لدى العاملين وتدريبهم على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي؛

–تعزيز الشراكات بين الشركات الصناعية والمراكز البحثية لإيجاد حلول مبتكرة وتطويرها للتنبؤ بالتأثيرات البيئية؛

–الاقتداء بالشركات الصناعية التي تبنت ممارسات مستدامة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لتحقيق الاستدامة البيئية كشركة أرامكو السعودية.

قائمة المراجع باللغة العربية:

1. أرامكو السعودية. (2019). *التقرير السنوي*. السعودية.
2. أرامكو السعودية. (2023). *تقرير الاستدامة*. السعودية.
3. أرامكو السعودية. (2024). *التقرير السنوي*. السعودي.
4. الفكي عبد العزيز. (18 جوان، 2024). *16.3 مليون دولار إنفاق «أرامكو» على إدارة وتدوير النفايات الصناعية في 2023*. تاريخ الاسترداد 7 جوان، 2025، من صحيفة الاقتصادية: https://www.aleqt.com/2024/06/18/article_2735846.html
5. جريدة المدينة. (2024). *أرامكو السعودية تعلن إطلاق شركة (ألفة) غير الربحية لرعاية الحيوانات الضالة*. تاريخ الاسترداد 02 جويلية، 2025، من https://www.al-madina.com/article/901548
6. شركة أرامكو. (2024). *التقرير السنوي للاستدامة*. السعودية.
7. علاء الموساوي، و يوسف حسن. (2017). *العلاقة بين المسؤولية البيئية والأبعاد المحاسبية للرفاهية الاجتماعية وأثرها على تعظيم قيمة الشركة (دراسة تطبيقية)*. مذكرة ماجستير في المحاسبة، جامعة القادسية كلية الإدارة والاقتصاد، العراق.
8. عمر سليم. (2023). *الذكاء الاصطناعي*. دولة عربية: إلكتروني.
9. غراي أندرو. (2022). *كيف يشكّل التحوّل الرقمي في أرامكو مستقبل بيئة أعمالنا*. تاريخ الاسترداد 02 جويلية، 2025، من مجلة ايليمنتس: https://www.aramcolife.com/ar/publications/elements/ar/articles/2022/04/how-aramco-digital-transformation-is-shaping-the-workplace-of-the-future
10. محمد فلاق. (2016). *المسؤولية الاجتماعية لمنظمات الأعمال*. الأردن: دار اليازوري العلمية.
11. منصة الطاقة. (2024). *الاقتصاد الدائري في أرامكو السعودية.. 300 مبادرة تدعم الاستدامة وخفض الانبعاثات*. تاريخ الاسترداد 22 جوان، 2025، من https://attaqa.net

قائمة المراجع باللغة الأجنبية:

1. Bisschop, L. (2010, Décembre 05). Corporate environmental responsability and criminology. *Crime law soc change, 53*(4), 35.
2. européenne, C. (2000). *Livre blanc sur la responsabilité environnementale.* Bruxelles, Belgique: Commission des Communautés européennes.
3. Gansascian, J. G. (2011). *L'intelligence artificielle.* Paris, France: Cavalier Bleu.
4. Joshi, A. (2012). Corporate environmental responsability: A liability or challengr. *SSRN Eléctronique Journal*, 5.
5. McCarthy, J. (2007). What is Artificial Intelligence? 01.
6. Ng, C., & Alarcon, J. (2022). *Artificial intelligence in Accounting: Pratical Applications.* Londres, Royaume-Uni: Routledgr.
7. Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (éd. 4). London, United Kingdoom: Pearson.
8. ش, أرامكو. (s.d.). Consulté le جوان 02, 2025, sur www.aramco.com