مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

تأثير الذكاء الاصطناعي على كفاءة وأداء القطاع النفطي السعودي: دراسة تحليلية للمدة (2017-2024)

سهاد احمد المكية
جامعة البصرة، كلية الإدارة والاقتصاد
suhad.rasheed@uobasrah.edu.iq

أ.د. يحيى حمود حسن البوعلي
جامعة البصرة، كلية الإدارة والاقتصاد
yahya.hassan@uobasrah.edu.iq

المستخلص:

شهد القطاع النفطي العالمية تطورات كبيرة منذ بداية القرن الحالي ، تمثلت في تصاعد دور الذكاء الاصطناعي في الصناعة النفطية بمراحلها كافة من الاستكشافات والتنقيب وعمليات الحفر واستخراج النفط والنقل والتكرير والتسويق والصناعات اللاحقة ومن ثم على اسواق النفط العالمية والمحلية، فلم يقتصر دورها على القطاع النفطي الذي يختص كل دولة وانما شمل القطاع النفطي والاسواق النفطية العالمية.

يهدف هذا البحث إلى تحليل دوافع و مبررات تطور هذه التقنية في المملكة العربية السعودية ، وأثرها على القطاع النفطي السعودي ومن ثم دورها في السوق الدولية، مع التركيز على الأبعاد الاقتصادية والاستراتيجية لهذه التطورات.

كما يتناول البحث الدور المتنامي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مراحل القطاع النفطي وبخاصة قطاع استخراج النفط واثره في تحديد الأسعار، وانعكاسات ذلك على استقرار السوق ومستقبل الاقتصاد السعودي. اعتمد البحث على منهج وصفي تحليلي مدعوم بالبيانات الإحصائية والتقارير الدولية. وتوصل إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي باتت عنصراً حاسماً في ديناميكيات تطوير الصناعة النفطية، لكنها تحتاج إلى مزيد من التنظيم والتقدم العلمي والاستثمار في مجال البحث العلمي لضمان كفاءتها بشكل متكامل.

الكلمات المفتاحية: *الذكاء الاصطناعي ، القطاع النفطي، سوق النفط الدولية. شركة أرامكو السعودية، التحول الرقمي*

-

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية

مجلد (22) عدد (2) 2026

The impact of artificial intelligence on the efficiency and performance of the Saudi oil sector: an analytical study for the period (2017-2024)

Suhad Ahmed
University of Basrah
, Faculty of Administration and Economics
suhad.rasheed@uobasrah.edu.iq

Prof. Dr. Yahya Hmood Hassan Al-bu Ali
University of Basrah, Faculty of Administration and Economics
yahya.hassan@uobasrah.edu.iq

Abstract:

The global oil sector has witnessed significant developments since the beginning of the current century, marked by the growing role of artificial intelligence in the oil industry at all levels, from exploration and drilling, drilling operations, oil extraction, transportation, refining, marketing, and downstream industries, and subsequently in global and local oil markets. Its role is not limited to the oil sector, which is specific to each country, but rather encompasses the entire oil sector and global oil markets.

This research aims to analyze the motivations and justifications for the development of this technology in the Kingdom of Saudi Arabia, its impact on the Saudi oil sector, and its role in the international market, focusing on the economic and strategic dimensions of these developments.

The research also addresses the growing role of artificial intelligence applications in the oil sector, particularly the oil extraction sector, and its impact on price determination, as well as its implications for market stability and the future of the Saudi economy. The research relies on a descriptive and analytical approach supported by statistical data and international reports. It concludes that artificial intelligence applications have become a crucial element in the dynamics of oil industry development, but they require further

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

regulation, scientific advancement, and investment in scientific research to ensure their comprehensive efficiency.

Key words: *Artificial Intelligence, Oil Sector, International Oil Market, Saudi Aramco, Digital Transformation*

1. مقدمة:

يمثّل الذكاء الاصطناعي ثورة تقنية غيّرت معالم صناعة النفط، فقد انتقل القطاع النفطي من الممارسات التقليدية إلى منظومات رقمية متطورة تعتمد على التعلم الآلي والبيانات الضخمة وإنترنت الأشياء والتوائم الرقمية. ويغطي التحليل كامل سلسلة القيمة النفطية من الاستكشاف والحفر إلى الإنتاج والتكرير والصيانة التنبؤية وإدارة سلاسل الإمداد. فحققت هذه التقنيات مكاسب ملموسة تشمل رفع معدلات استخلاص النفط، تقليل التوقفات التشغيلية، وخفض النفقات التشغيلية والرأسمالية، ان هذا التطور الكبير دفع المملكة العربية السعودية ان تستثمر بشكل كبير في مجال الذكاء الاصطناعي معتمدة على قوة الشركات الوطنية والتعاون مع الشركات النفطية الاجنبية والموارد النفطية الضخمة مما ساعد على للتطبيقات الواسعة.

2. المنهجية:

1.2. أهمية الدراسة:

تكمن أهمية هذا البحث في تناوله أحد أكثر المواضيع تأثيراً في الاقتصاد العالمي المعاصر، ألا وهو تطور تطبيقات الذكاء الاصطناعي وانعكاساتها على القطاع النفطي السعودي، إذ أن فهم هذا التطور يساعد في تفسير التغيرات السريعة في الصناعة النفطية السعودية مما له انعكاس على استقرار أسعار النفط الدولية .

2.2. مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة البحث بالإجابة على السؤال(ما مدى تأثير تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي على تطور الصناعة النفطية ومكانه المملكة في الصناعة و السوق العالمية ؟ ، وما هي معوقات تطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل تحديات تكاليف التحول، الحاجة لبيانات عالية الجودة، وتطوير كفاءات بشرية متخصصة. يُعتمد منهج نقدي يعالج الذكاء الاصطناعي كأداة متعددة الأبعاد تتحدد فعاليتها بجودة البيانات ونضج البيئة المؤسسية وأطر الحوكمة، مع تسليط الضوء على التحديات العملية كتشتت البيانات وصعوبات التكامل التقني والأمن السيبراني).

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

3.2. هدف الدراسة:

يهدف البحث إلى تحليل تطور مراحل تطور الصناعة النفطية في المملكة العربية السعودية وهيكليتها التقنية في ظل التحول الرقمي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي خلال المدة 2017–2024.

4.2.فرضية الدراسة:

يفترض البحث أن تطور تطبيقات الذكاء الاصطناعي خلال المدة 2017–2024 ساهم في إحداث تحوّل جوهري في القطاع النفطي السعودي ، مما انعكس ايجابا على تطور القطاع النفطي ومن ثم الاقتصادي في المملكة العربية السعودية .

5.2- الحدود المكانية:

يتركز البحث على قطاع الصناعة النفطية في المملكة العربية السعودية كونها احد التجارب الناجحة في هذا المجال وفي مراحل القطاع النفط ككل .

6.2 -**منهجية البحث** :

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي لتحليل تطور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال النفطي في السعودية خلال المدة المذكورة، من خلال تتبع المؤشرات الكمية والنوعية المستمدة من المصادر المحلية المعتمدة مثل تقارير شركة ارامكو ودائرة المسح السعودية ووزارة النفط السعودية، والتقارير الدولية مثل وكالة الطاقة الدولية IEA وإدارة معلومات الطاقة الأمريكية EIA ومنظمة أوبك وصندوق النقد الدولي.

4. المحور الأول : ماهية الذكاء الاصطناعي واهميته

4-1: ماهية الذكاء الاصطناعي

يطلق مصطلح الذكاء الاصطناعي(Artificial intelligence) (AI) على تطبيقات تمت برمجتها من قبل البشر للقيام لاحقاً بمهام معقدة، دون تدخل بشري، وهو ابرز التقنيات الحديثة التي تعمل على استخدام البيانات وتحليلها والاستفادة منا في اتخاذ القرارات الصحيحة والمناسبة فى الوقت المناسب وتسخير خوارزمياته وادواته لتطوير اساليب الحياة (الشيخو، 2023: 168). كما يعرف التعريف الذكاء الاصطناعي هو قدرة الالة على التصرف مثل البشر أو القيام بأفعال تتطلب ذكاء لاعتباره مجموعة من الانظمة التي تستخدم تقنيات وتكون قادرة على جمع البيانات واستخدامها للتنبؤ او

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

التوصية او اتخاذ القرار بمستويات متفاوتة من التحكم الذاتي واختيار افضل إجراء لتحقيق اهداف محددة .

كما وضح العالم الأمريكي جون مكارثي (John Mc Carthy) عام 1956 المعنى الواسع للذكاء الاصطناعي، اذ يتضمن عدة عناصر منها (الروبوتية، والتعرف على الانماط، والتعلم الالي، والمعلوماتية لأجهزة الاستشعار، وهندسة المعرفة، والبنى الادراكية والنماذج) (ستين، 2021: 899).

اما لغوياً فيعرف مصطلح الذكاء الاصطناعي بانه عباره عن كلمتين، الاولى ذكاء(intelligence) وتعنى الامكانية في الادراك والفهم والتعلم اما كلمة الاصطناعي (Artificial) فتعني الامور التي تنتج عن نشاط او نقل تم الاصطناع من خلاله الامور الموجودة بشكل طبيعي دون تدخل البشر (طاهر واحمد، 2022: 113).

ويمكن مما تقدم تعريف الذكاء الاصطناعي بأنه نظام حوسبي يمكنه اداء إي مهمة فكرية يمكن للأنسان اداؤها، وهو نظام يدمج التطور تكنولوجيا الحاسوب مع تكنولوجيا الالة، أي يعد نظام تصنيع وهندسة الاجهزة والبرامج الذكية بهدف انتاج ألآلات قادرة على اداء المهام المعقدة بشكل مستقل باستخدام عمليات مماثلة لتلك التي لدى البشر، بل وتفوق الاداء البشري في الكثير من المجالات.

2-4: اهمية الذكاء الاصطناعي

لقد اغزى الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا المرتبطة به واهمها التعلم الآلي والتعلم العميق ومعالجة اللغة الطبيعية العالم الذي به بالمرحلة الرابعة من الثورة الصناعية بقوة شديدة وقد تركت آثارها المذهلة والفعالة على القطاعات جميعاً تقريبا، من الزراعة والصناعة إلى التعليم وحتى تكنولوجيا الفضاء .ويمكن توضيح اهمية استخدام الذكاء الاصطناعي كالاتي .(FuLee- Qiufan, 2021: 195)

1- يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل مجموعات البيانات الضخمة بالكشف عن الأنماط والاتجاهات والرؤى التي قد يغفلها البشر. ويمكن أن يؤدي هذا إلى اتخاذ قرارات أفضل والتخطيط لاستراتيجي.

2- تخصيص تجارب العملاء، مثل التوصيات المخصصة في التجارة الإلكترونية أو علاجات الرعاية الصحية المخصصة، من خلال أتمتة المهام وتحسين الكفاءة، كذلك مساعدة المؤسسات على توفير التكاليف في مختلف مجالات عملياتها.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

3- يعمل الذكاء الاصطناعي على دفع عجلة الابتكار وتعزيز التقدم في المجالات الاقتصادية وجميع مجالات الحياة الاخرى.

4- يمكن للمؤسسات التي تستفيد من الذكاء الاصطناعي بشكل فعال اكتساب ميزة تنافسية من خلال كونها أكثر مرونة وإبداعًا وتركيزًا على العملاء.

5- يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لمعالجة المشاكل المعقدة التي يصعب على البشر حلها، مثل التنبؤ في تغير المناخ، وتحديات الرعاية الصحية، وتهديدات الأمن السيبراني.

عملت تقنية الذكاء الاصطناعي، على تحويلات جوهرية في العديد من مجالات الحياة الحديثة، اذ يتضمن تطوير أنظمة كمبيوتر قادرة على أداء المهام التي تتطلب تقليديًا الذكاء البشري، مثل الإدراك البصري، والتعرف على الكلام، واتخاذ القرار، وترجمة اللغة.

5. االمحور الثاني :تطور الصناعة النفطية في المملكة العربية السعودية في ظل التحول الرقمي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي

شهدت المملكة العربية السعودية تقدماً في القطاع النفطي منذ اكتشاف النفط عام 1938 (وزارة الطاقة السعودية، 2023: 45). اذ يتميز النفط السعودي بأنه متعدد الاوزان النوعية ،غالبية انتاجه هي (خفيفة إلى متوسطة والتي تمثل الجزء الأكبر، وال*(API°) يتراوح عادة بين (27 ثقيل) إلى أكثر من (40 - سوبر لايت)، وبالمقابل الوزن النوعي يتراوح تقريبًا من (0.82 إلى 0.89) بحسب الدرجة. (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2023: 156).

اما الاحتياطيات النفطية المؤكدة في المملكة قفزة هائلة بفضل الاكتشافات المتتالية للحقول النفطية. فمن (1.5) مليار برميل في الأربعينات، قفزت الاحتياطيات إلى 267.20 مليار برميل 2024 (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2024: 201؛ أرامكو السعودية، 2024: 234). وكان لاكتشاف حقول الغوار والسفانية دور محوري في هذه القفزة الكبيرة في الاحتياطيات المؤكدة.

واصل الإنتاج نموه المطرد عبر العقود ليصل إلى ذروته عند(10.193)مليون برميل يومياً عام 2015. وفي إطار الاستراتيجية السعودية لاستقرار الأسواق العالمية، انخفض الإنتاج إلى(9) مليون برميل يومياً عام 2024 (22) حقلاً نفطياً (أرامكو السعودية، 2025: 123).

ويدير القطاع النفطي في السعودية ،شركة ارامكو التي اصبحت مملوكة بالكامل للدولة في عام 1980 ، وعام 1988 اعتمدت الشركة اسمها الرسمي الجديد "شركة الزيت العربية السعودية" (مجلس الوزراء السعودي، 1988: 12).

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

وتؤدي المملكة دوراً قيادياً في منظمة أوبك وتحالف(أوبك+) كمنتج متأرجح لضمان استقرار السوق العالمية (منظمة أوبك، 2024: 167). وفي إطار رؤية المملكة 2030، فتسعى الحكومة السعودية إلى تنويع الاقتصاد وتقليل الاعتماد على النفط، مع الحفاظ على الدور القيادي للمملكة في السوق النفطية العالمية (مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية، 2016: 67).

وقامت المملكة بتطوير بنية تحتية متقدمة تشمل (شبكة أنابيب تمتد لآلاف الكيلومترات ومصافي بطاقة تزيد عن 550,000 برميل يومياً) (أرامكو السعودية، 2023: 145). اما التقنيات المتقدمة والذكاء الاصطناعي فتبنت شركة(أرامكو-Aramco) منذ 2002، فاستثمرت (2.1)مليار دولار في التحول الرقمي للمدة 2020-2024، مما حسّن كفاءة الاستخراج بنسبة(15%) ووفّر(400) مليون دولار سنوياً (أرامكو السعودية، 2024: 189).

ولقد نجحت المملكة العربية السعودية من خلال الاستثمار الكبير في التقنيات المتطورة والشراكات الدولية وتطوير الكوادر المحلية في ترسيخ مكانتها كقائد عالمي في تطبيق الذكاء الاصطناعي في صناعة الطاقة. فيساهم هذا التحول في تحقيق أهداف رؤية 2030 للتحول نحو اقتصاد معرفي متنوع ومستدام.

تُعدُّ الصناعة النفطية في المملكة العربية السعودية من أكبر الصناعات الاستراتيجية عالميًّا، وقد تطورت عبر مراحل متتالية امتدت من الاستكشاف والتنقيب إلى تطبيقات الذكاء الاصطناعي الحديثة. فتطورت مرحلة الاستكشاف والتنقيب الجيولوجي عبر ثلاث حقب تقنية: (مركز الاستكشاف وهندسة البترول والأبحاث المتقدمة، 2023: 45).

- المسوحات الجيولوجية السطحية والزلزالية ثلاثية الأبعاد (1933-1960).
- إدخال الحوسبة ونماذج الزلازل الرباعية الأبعاد (1970-1990).
- استخدام الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة (2000-2024).

فنتج عن هذا التطور نمو الاحتياطيات من 50 مليار برميل في نهاية الخمسينيات إلى 85 ملياراً في نهاية الستينيات (منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، 2023: 89). اما مرحلة الحفر شهدت تحولاً جذرياً من الحفر العمودي التقليدي بعمق 1,500-2,000 متر قبل 1950 إلى الحفر الدوار العميق (3,000-4,000 متر) في الخمسينيات والثمانينيات، ثم إلى الحفر الموجه والأفقي والمنصات البحرية، وأخيراً إلى الحفر الذكي والروبوتي متعدد الأذرع باستخدام الذكاء الاصطناعي منذ عام

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

2000 (أرامكو السعودية، 2025: 123). ورافق هذا التقدم ارتفاع الاحتياطيات المؤكدة من 150 مليار برميل عام 1980 إلى 267.20 مليار برميل 2024 (أوبك، 2024: 156).

كما انطلقت شبكة النقل بخطوط أنابيب محلية بين الدمام ورأس تنورة (1945-1960)، ثم توسعت إلى (تابلاين) بطول 1,664 كلم إلى البحر المتوسط (1960-1980)، قبل إنشاء شبكة(شرق-غرب) بطول 1,200 كلم وسعة 5 ملايين برميل يومياً (1980-2000)، وصولاً إلى النقل الذكي الرقمي والآمن بيئياً منذ 2000 (وزارة الطاقة السعودية، 2023: 234).

وتطور كذلك التكرير والمعالجة من وحدات بسيطة لإنتاج البنزين والكيروسين والديزل بأقل من 100,000 برميل يومياً في رأس تنورة إلى مصافي جدة والرياض بأكثر من مليون برميل يومياً بين 1970-1990، ثم إلى مجمعات بتروكيماوية متكاملة ونظيفة بعد 2010 (سابك، 2024: 112).

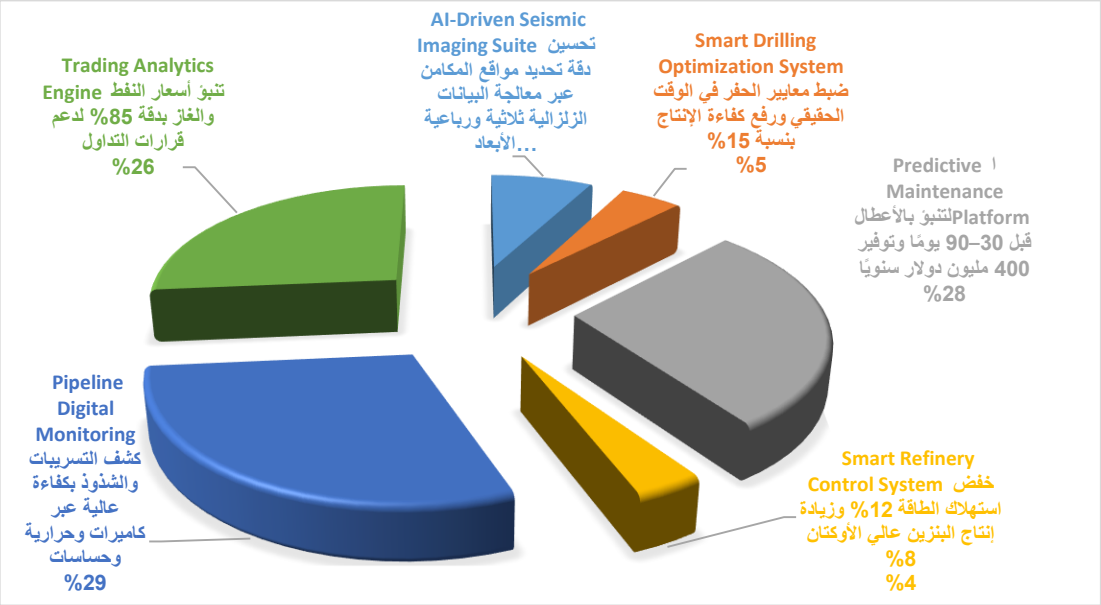
كما تجسدت مرحلة التوزيع والتسويق في التوسع من تصدير محدود عبر الموانئ المحلية إلى أسطول بحري عالمي وشبكة توزيع لأكثر من 80 دولة، مدعومة باستحواذ(أرامكو-Aramco) على(70%) من أسهم(سابك-SABIC) واستثمارات في (هيونداي أويل بنك -Hyundai Oil Bank) بكوريا الجنوبية (1.2 مليار دولار) ومشاريع آسيوية وأفريقية مشتركة (شركة نيوم، 2023: 45).

ان قطاع صناعة النفط والغاز يمر بمرحلة تحول هيكلي عميق تقوده تقنيات الذكاء الاصطناعي المتطورة ونظم معالجة البيانات المتقدمة، كما هو موضح في الشكل البياني. وهو تحول يتجاوز مفهوم الرقمنة التقليدية ليُحدث نقلة جذرية في منهجيات صنع القرار الاستراتيجي، وأنظمة إدارة وتقييم المخاطر، فضلًا عن تحسين كفاءة استغلال الموارد ،بدءًا من عمليات الاستكشاف والإنتاج وصولًا إلى مراحل التوزيع والاستهلاك النهائي للمنتجات النفطية.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

شكل (1)

نسبة النجاح لتطبيقات الذكاء الاصطناعي عبر مراحل الصناعة



المصدر: الشكل من اعداد الباحث بالاعتماد على المصادر الاتية:

1. شركة نيوم. (2023). التقرير السنوي للمسؤولية الاجتماعية 2023. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، ص45
https://www.neom.com/content/dam/neom/about/csr/annual-report/neom-sr-annual-report-en-2023.pdf،
2- سابك. (2024). التقرير السنوي المتكامل 2024. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، ص 112
https://www.sabic.com/en/Images/SABIC-Integrated-Annual-Report-2024-EN_tcm1010-46870.pdf،
3- وزارة الطاقة السعودية. (2023). التقرير الختامي لمدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، ص234
ttps://www.energy.gov.sa/ar/DigitalDocuments/Documents/KACARE%202023.pdf

واهم تطبيقات الذكاء الاصناعي في القطاع النفطيي المملكة العربية السعودية

1- التصوير الزلزالي

وفي مجال (الاستكشاف والتنقيب الجيولوجي)،ومن خلال أسهم نظام (التصوير الزلزالي (GeoDRIVE) في تحسين دقّة تحديد مواقع المكامن بنحو 25% عبر معالجة بيانات ثلاثية ورباعية الأبعاد هذا التطور قد يقلل من مخاطر الحفر غير المثمر، غير أن جدواه تظل مرتبطة بمدى اعتماد

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

النتائج على بيانات ميدانية فعلية وليس مجرد محاكاة، ما يبرز الحاجة إلى شفافية أكبر في نشر تفاصيل الاختبارات. (أرامكو السعودية، 2018: 34).

2- نظام تحسين الحفر الذكي

أما في (الحفر والإنتاج)، فقد مكّن (نظام تحسين الحفر الذكي) من رفع كفاءة الإنتاج بنسبة 15% بفضل قدرته على ضبط معايير الحفر في الزمن الحقيقي ورغم أهمية هذه النسبة، إلا أنها تعكس مرحلة تبنٍ أولي، إذ يتطلب التوسع على نطاق واسع إثبات ثبات الأداء في ظروف جيولوجية متعددة. (مركز الملك عبد الله للبترول والبحوث والدراسات، 2022: 58).

3- الصيانة التنبؤية

كما وتُعَد (الصيانة التنبؤية) أبرز التطبيقات ذات الأثر الاقتصادي المباشر، حيث حققت دقة تنبؤ بلغت 90% ضمن نافذة زمنية 30–90 يومًا، مع وفورات مالية قُدرت بنحو 400 مليون دولار سنويًا غير أن تقييم الفائدة الصافية يقتضي النظر في معدلات الإنذارات الكاذبة والمفقودة، كونها تؤثر على مصداقية القرارات التشغيلية. (أرامكو السعودية، 2024: 189).

4- أنظمة التحكم الذكي

وفي جانب (التكرير والمعالجة)، أظهرت أنظمة التحكم الذكي في مصفاة رأس تنورة نتائج إيجابية، منها خفض استهلاك الطاقة بنسبة 12% وزيادة إنتاج البنزين عالي الأوكتان بنسبة(8%) (الهيئة السعودية لكفاءة الطاقة، 2021: 44). وهذه الأرقام تعكس قيمة بيئية واقتصادية ملموسة، لكن اختبار استدامة هذه النتائج على المدى الطويل يبقى أمرًا ضروريًا.

5- تقنيات المراقبة الرقمية

وفي مرحلة (النقل)، فقد ساعدت تقنيات المراقبة الرقمية باستخدام الحساسات والكاميرات الحرارية على الكشف المبكر للتسريبات بنسبة تصل إلى 95% (وزارة الطاقة السعودية، 2023: 234). ومع ذلك، يبقى نجاح هذه المنظومة مشروطًا بفعالية أنظمة الاستجابة والاحتواء السريع، إلى جانب ضرورة ضبط معدلات الإنذارات الكاذبة.

6- محرك تحليلات التداول

وفي (التوزيع والتسويق)، أتاح (محرك تحليلات التداول) توقع أسعار النفط والغاز بدقة وصلت إلى 85% لدعم استراتيجيات التسعير والتحوط (وزارة الطاقة السعودية، 2020: 112). ومع أن هذه

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

النسبة تعد عالية، إلا أن النماذج التاريخية تظل عرضة للصدمات الجيوسياسية المفاجئة، ما يحتم تعزيزها باختبارات تحمّل وسيناريوهات مستقبلية.

يتضح من هذه التطبيقات أن الذكاء الاصطناعي يوفر قيمة تشغيلية واقتصادية كبرى في قطاع النفط السعودي، خاصة في مجالات الصيانة، التكرير، والمراقبة. غير أن تحويل هذه القيم إلى فوائد مستدامة يتطلب أكثر من مجرد الابتكار التقني؛ إذ يلزم تعزيز الشفافية، اعتماد مقاييس موحّدة، وتطوير آليات حوكمة قوية، والاستثمار في الكفاءات البشرية المحلية. وبهذه الخطوات كفيلة بتحويل التحسينات التقنية إلى منافع اقتصادية وبيئية واجتماعية طويلة الأمد .

6. المحور الثالث :المعوقات والحلول لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاع النفطي السعودي

القطاع النفطي السعودي يمرّ بانتقال حاسم نحو الذكاء الاصطناعي، تقوده أرامكو عبر استثمارات ومشروعات تهدف لتحسين الأداء والإنتاج. لكن الفائدة الحقيقية رهينة مواجهة تحديات تقنية وبشرية وتنظيمية عبر استراتيجيات شاملة ومبتكرة.

1-المعوقات الرئيسية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي

تواجه تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الصناعة النفطية السعودية تحديات متعددة تتطلب معالجة شاملة:

أ- تحديات البيانات وجودته

- عدم توحيد البيانات :تشتت مصادر البيانات وعدم التوافق في الصيغ عبر الأنظمة القديمة والحديثة (McKinsey Energy Insights, 2023)
- عدم موثوقية البيانات الزمنية :مشاكل الانقطاع والتأخير في البيانات الحقيقية مما يضعف الأنظمة التنبؤية(Saudi Aramco Annual Report, 2023)
- السجلات اليدوية :اعتماد العمليات على التوثيق اليدوي وعدم انتظام السجلات (SABIC Sustainability Report, 2022).

ب- التحديات التقنية والحاسوبية

- التكاليف العالية للحوسبة :عبء اقتصادي كبير للبنية التحتية التقنية والحوسبة فائقة الأداء (Deloitte Oil & Gas Report, 2023).

• التكامل مع الأنظمة القديمة :صعوبة دمج حلول الذكاء الاصطناعي مع أنظمة التحكم التقليدية (Saudi Vision 2030 Progress Report, 2024).

• تعقيد دمج البيانات المتنوعة :صعوبات في دمج البيانات من مصادر متعددة مما يؤدي لإنذارات كاذبة.(PwC Digital Transformation Study, 2024)

ج- محدودية النماذج والتعميم

• مشكلة الصندوق الأسود :مقاومة من الخبراء بسبب نقص الشفافية في مخرجات النماذج (MIT Technology Review, 2023).

• تأثر النماذج بالمتغيرات الخارجية :تأثر نماذج التنبؤ بعوامل خارجية متغيرة مما يزيد مخاطر الإفراط في التدريب.(Harvard Business Review, 2024)

د- المقاومة الثقافية والمؤسسية

• مقاومة التغيير :تفضيل الكوادر المتمرسة للاعتماد على الخبرة البشرية المتراكمة (KAPSARC Research, 2023).

• المخاوف حول الاستقرار :قلق حول استقرار العمليات الحرجة والمسؤولية القانونية (Saudi Energy Ministry Report, 2024).

• نقص المهارات المتخصصة :نقص في الكوادر التي تجمع بين الخبرة النفطية ومهارات الذكاء الاصطناعي.(KFUPM Industry Report, 2023)

ه- التحديات التنظيمية والأخلاقية

• غموض العائد على الاستثمار :صعوبة تحديد مقاييس واضحة للعائد الاقتصادي (BCG Energy Transformation Report, 2024).

• المخاطر الأخلاقية والقانونية :تحديات أخلاقية في التمييز بين المعلومات الداخلية والعامة (World Economic Forum, 2023).

• التناقض البيئي :استهلاك عالي للطاقة من النماذج الكبيرة يتناقض مع أهداف الاستدامة (NEOM Sustainability Report, 2024).

و- الأمان السيبراني والحماية

• مخاطر تقارب الأنظمة :مخاطر أمنية جديدة من ربط الأنظمة التشغيلية بتقنيات المعلومات (CITC Cybersecurity Report, 2024).

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

• ضعف حوكمة البيانات :عدم اكتمال أطر حوكمة البيانات والمخاوف المتعلقة بالخصوصية (Saudi Data & AI Authority, 2023).

-2-الحلول الاستراتيجية والمتكاملة

أ- تطوير البنية التحتية للبيانات

• حوكمة البيانات الموحدة :إنشاء معايير موحدة مع واجهات برمجة معيارية وقواعد بيانات موحدة (McKinsey Digital Strategy, 2024).

• الرقمنة الشاملة :تطبيق سياسة شاملة لرقمنة جميع السجلات مع معايير تصنيف البيانات (Saudi Aramco Digital Transformation Plan, 2024).

•بنية الاتصالات المتقنة :تطوير أنظمة اتصال مقاومة للأعطال مع التدقيق التلقائي لجودة البيانات (NEOM Tech & Digital Program, 2024).

ب- تحديث البنية التقنية والحاسوبية

•البنى الحاسوبية المتدرجة :استخدام مزيج من الحوسبة الطرفية والحوسبة فائقة الأداء (Accenture Technology Vision, 2024).

• طبقات التكامل الذكية :تطوير واجهات برمجة متخصصة تربط الأنظمة الحديثة بالتقليدية (IBM Industry Solutions, 2023).

• تقنيات دمج متعددة الحواس :خوارزميات متقدمة لدمج البيانات من مصادر متنوعة (Microsoft AI for Energy, 2024).

ج- تطوير النماذج القابلة للتفسير

• النماذج الهجينة :تبني نماذج تجمع بين المعرفة الفيزيائية والتعلم الآلي (Stanford AI Lab Research, 2023).

• نماذج دعم القرار :أنظمة توصية بمخرجات احتمالية مع شروحات مفصلة (Google AI Research, 2024).

• مراقبة النماذج المستمرة :آليات مراقبة وتحديث دورية للنماذج (Amazon Web Services Energy Solutions, 2024).

د- إدارة التغيير وتطوير القدرات

• التطبيق التدريجي :نهج متدرج من أنظمة التوصية إلى التحكم الكامل (KAUST Innovation Report, 2023).

• برامج التدريب المتخصصة :برامج تجمع بين المعرفة النفطية وعلوم البيانات (King Fahd University Programs, 2024).

• ورش العمل المشتركة :جلسات تفاعلية بين علماء البيانات والخبراء التقليديين (Saudi Aramco Training Institute, 2023).

ه- تطوير الأطر التنظيمية والأخلاقية

• الأطر التنظيمية الشاملة :إجراءات تشغيل معيارية مع خطط طوارئ للتدخل البشري (Saudi Standards Organization, 2024).

• حوكمة أخلاقية متكاملة :أطر امتثال متخصصة مع سجلات تدقيق كاملة (Saudi AI Ethics Committee, 2023).

• دراسات الحالة والعائد :توثيق المشاريع الناجحة مع قياسات واضحة للعائد (SABIC Innovation Centers, 2024).

و- ضمان الأمان والاستدامة

• استراتيجية الأمان السيبراني :سياسات التشفير وفصل الشبكات مع مراجعات دورية (National Cybersecurity Authority, 2024).

• التحسين البيئي للنماذج :تقنيات ضغط النماذج واستخدام بنى موفرة للطاقة (Saudi Green Initiative, 2024).

• التوائم الرقمية :استخدام البيئات الافتراضية لاختبار النماذج قبل التطبيق (NEOM Digital Twin Project, 2024).

ز- الاستراتيجيات الوطنية والشراكات

• الإطار الوطني للتحول الرقمي :استراتيجية وطنية مدعومة بمركز رقمي متخصص (Saudi Vision 2030 Digital Government Program, 2024).

• الشراكات الاستراتيجية :تحالفات بين الجامعات ومراكز البحوث والشركات (King Abdullah University Partnerships, 2023).

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

• مقاييس الاستدامة المتكاملة :معايير شاملة لكفاءة الطاقة ودورة الحياة الكاملة (Saudi Circular Carbon Economy Program, 2024).

ولنجاح مشاريع الذكاء الاصطناعي، البدء ببناء قاعدة رقمية متينة وإدارة بيانات فعالة، ثم تطور تدريجياً عبر مشاريع تجريبية صغيرة. وعدم استبدال الخبرات البشرية بل يجب دمجها مع التقنيات الجديدة، فالموظفون الخبراء هم رأس المال المعرفي وضمان قبول المشروع وتطويره.

اولاً: تطبيق(التصوير الزلزالي-GeoDRIVE (AI-Driven Seismic Imaging Suite)

يُعد حقل الغوار في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية أكبر حقل نفطي في العالم باحتياطيات مؤكدة تبلغ(77.2) مليار برميل من النفط الخام حتى نهاية عام2024. (Saudi Aramco Annual Report 2024:89). وبلغ إنتاجه في عام 2024 حوالي (3.8 مليون برميل يوميًا)، أي ما يمثل نحو (4)% من إجمالي الإنتاج العالمي البالغ (94) مليون برميل يوميًا (Energy Institute Statistical Review of World Energy 2025:27–28).

ويمثل الحقل نموذجًا عالميًا لتطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة الاستكشاف والإنتاج، حيث تقود شركة (أرامكو-Aramco)السعودية، عبر مركز الأبحاث والتطوير(EXPEC ARC) ، مشروعات تقنية تجمع خبراء من أكثر من (20)دولة لتطوير خوارزميات متقدمة وإجراء تجارب محاكاة تعكس ظروف الحقل (تقرير أرامكو السنوي 2024: 120).

1-المنهجية التقنية لتطبيق التصوير الزلزالي:

تستند منصة (GeoDRIVE) للتصوير(الزلزالي الذكي) إلى بنية تقنية متطورة تشمل: (تقرير أرامكو السنوي 2024:102؛ جامعة الملك فيصل، 2023:58).

أ- تستخدم خوادم بمعالجات(NVIDIA Tesla) وشبكات بسرعة(200 Gb/s)مع أنظمة تخزين ضخمة

ب- تعتمد على مسوحات زلزالية ثلاثية ورباعية الأبعاد عالية الدقة لجمع بيانات جيولوجية مفصلة

ج- تحقق دقة في التفسير الجيولوجي أعلى بنسبة 40% من الطرق التقليدية باستخدام خوارزميات التعلم العميق (الدليل السعودي لمسح الاهتزاز الأرضي، 2022: 34).

- (CNN) :لاستخراج السمات المكانية
- (RNN و LSTM) :لتحليل البيانات الزمنية
- (GANs): لنمذجة الطبقات الجيولوجية

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

2-تأثير الأداء المالي والتشغيلي والبيئي لتطبيق GeoDRIVE في حقل الغوار (2018–024)

يوضح الجدول (1) الأداءالشامل لتطبيق(GeoDRIVE للتصوير الزلزالي) المدعوم بالذكاء الاصطناعي في حقل الغوار منذ بداية تطبيقه عام 2018وحتى عام2024.فتعكس البيانات تطورًا استثنائيًا في المؤشرات المالية، التشغيلية، والبيئية، مؤكدًا نجاح التحول الرقمي في أكبر حقل نفطي عالميًا".

جدول (1)
تطور مؤشرات الأداء لتطبيق GeoDRIVE في حقل الغوار للمدة (2018–2024)

المؤشر (مع وحدة القياس)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
حجم الاستثمار (متراكم/سنوي)/ مليو$	80	95 ↑	115↑	140↑	165 ↑	190↑	210 ↑
الوفورات التشغيلية السنوية/ مليون$	12	18.5↑	26.8 ↑	36.2 ↑	48.5 ↑	62.3 ↑	78 ↑
كلفة التطبيق السنوية - مليون$	15	16.8↑	18.5 ↑	20.2 ↑	21.8 ↑	23.2 ↑	24.5↑
الإيرادات الإضافية /مليون$	8.5	12.2↑	17.5 ↑	24.8 ↑	33.6 ↑	44.2 ↑	56.8↑
صافي القيمة الحالية /مليون$	-20	5.5 ↑	35.2 ↑	72.8 ↑	120.5↑	178.6↑	250.2↑
معدل العائد الداخلي(%)	8.0	12.5↑	18.2↑	24.8↑	31.5↑	38.2↑	45.6↑
عائد على الاستثمار(%)	10.5	16.8↑	25.4↑	35.8↑	47.2↑	59.8↑	73.5↑
زيادة عائد المنتجات(%)	1.8	2.5 ↑	3.4 ↑	4.5 ↑	5.8 ↑	7.2 ↑	8.8 ↑
وقت التشغيل / التوافر(%)	94.2	95.1↑	96.3↑	97.2↑	97.9↑	98.4↑	98.8↑
وقت التعطل غير المخطط(%)	-5.2	-8.5↓	-2.8↓	-8.2↓	-4.5↓	-1.2↓	-8.8↓
تكاليف الصيانة(%)	-4.5	-7.8↓	-2.2↓	-7.5↓	-3.8↓	-0.5↓	-7.2↓
الفعالية الكلية للمعدات(%)	86.5	88.2↑	90.1↑	91.8↑	93.2↑	94.5↑	95.8↑
متوسط الوقت بين الأعطال /ساعات	650	750 ↑	880 ↑	1020 ↑	1180 ↑	1350 ↑	1550 ↑
تحسين وقت المعالجة(%)	3.5	5.8 ↑	8.5 ↑	11.8↑	15.5↑	19.8↑	24.5↑
تحسين دقة التصوير(%)	4.8	7.5 ↑	11.2↑	15.8↑	21.2↑	27.5↑	34.2↑
استهلاك الطاقة(%)	-1.5	-2.8↓	-4.5 ↓	-6.2 ↓	-8.2↓	-10.5	-13.2
تحسّن كفاءة الطاقة(%)	2.8	4.5 ↑	6.8 ↑	9.5 ↑	12.8↑	16.5↑	20.8↑
خفض انبعاثات - CO_2 (%)	2.5	4.2 ↑	6.8 ↑	10.2 ↑	14.5 ↑	19.8 ↑	26.2 ↑
معدل الحوادث المهنية(%)	-6.2	-0.5↓	-5.8↓	-2.2↓	-9.5↓	-7.2↓	-5.8↓

الجدول من اعداد الباحث بالاعتماد على المصادر الواردة في المتن.

فحقق حقل الغوار كأكبر حقل نفطي في العالم قفزة نوعية مع تطبيق نظام(GeoDRIVE للتصوير الزلزالي) المدعوم بالذكاء الاصطناعي، حيث ارتفع العائد على الاستثمار من(10.5%) عام 2018 الى عام 2024(73.5%) (تقرير ExxonMobil للمقاييس والبيانات، 2025:18). وايضاً ارتفعت الفعالية الكلية للمعدات من(86.5%) إلى (95.8%) للمدة نفسها وزيادة وقت التشغيل بين الأعطال من(650 إلى 1550) ساعة، وانخفاض تكاليف الصيانة بنسبة(37.2%) بسبب تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي التنبؤية (المركز الهندسي الاستشاري للسلامة والصحة المهنية:4) كما سجل النظام انخفاضاً في استهلاك الطاقة بنسبة(13.2%) وانبعاثات الكربون بمقدار(26.2) ألف طن (تقرير

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

يوروستات حول تغير المناخ 2024: 16)، بينما انخفضت الحوادث المهنية بنسبة (45.8)% نتيجة أتمتة العمليات الخطرة (دراسة العلاقة بين استهلاك الطاقة وانبعاثات2023 CO_2: 14). وهذه النتائج تمثل تحولاً في إدارة الحقول النفطية، حيث تجمع بين الكفاءة الاقتصادية والاستدامة البيئية والسلامة التشغيلية، وتؤسس لمرحلة جديدة في صناعة الطاقة الذكية.

ثانياً: تطبيق(نظام تحسين الحفر الذكي -Smart Drilling Optimization System)

يعد حقل خريص نموذجاً رائداً في تطبيق الذكاء الاصطناعي، حيث أطلقت (أرامكو-Aramco) بالتعاون مع مركز الملك عبد الله للدراسات البترولية (KAPSARC) في مطلع عام 2020 تطبيق (نظام تحسين الحفر الذكي) .ويقع حقل خريص على بعد 150 كم جنوب شرق الرياض، اكتُشف عام 1957 وبدأ الإنتاج 2009 بعد تجاوز تحديات تقنية كبيرة (وكالة الأنباء السعودية، 2024: 5).

1-التقنيات التقنية لتطبيق (نظام تحسين الحفر الذكي Smart Drilling Optimization) System-

يعتمد النظام على بيانات (سيزمك ثلاثية الأبعاد) و (VSP كاملة الموجة) لمعايرة نموذج السرعات، مما حسن النموذج الأرضي بنسبة(25%) وخفض انحراف المثاقب بنحو (40%) (موقع الطاقة، 2024: 15-18). ونُفذ التطبيق على ثلاث مراحل وهي:

أ- جمع وتنقية أكثر من 10 تيرابايت من البيانات. و تصميم الشبكة العصبية بدقة 92%).

ب- التطبيق الميداني الذي رفع نجاح الحفر من 75% إلى 92% وخفض زمن التعطل من أيام إلى ساعات (موقع الطاقة، 2024: 18).

2-تطور الأداء المالي والتشغيلي في قطاع النفط عبر التقنيات الرقمية وتطبيق نظام Smart Drilling Optimization في حقل خريص (2020–2024)

حقق حقل حريص للمدة(2020 -2024) ، كما هو موضح في الجدول (2) تحولاً نوعياً في أدائه المالي والتشغيلي بفضل تبني التقنيات الرقمية المتقدمة، حيث أسهم تطبيق (نظام Smart Drilling Optimization) في رفع كفاءة الحفر والإنتاج، وتقليص التكاليف، وتحقيق عوائد تشغيلية وبيئية مستدامة.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

جدول (2) مؤشرات التحول المالي والتشغيلي في حقل خريص عبر تطبيق نظام Smart Drilling Optimization للمدة(2020 -2024)

المؤشر (مع وحدة القياس)	2020	2021	2022	2023	2024
حجم الاستثمار (متراكم/سنوي)/ مليون$	50 ↑	125↑	180↑	220↑	250 ↑
الوفورات التشغيلية السنوية/ مليون$	15 ↑	35 ↑	68 ↑	95 ↑	125↑
كلفة التطبيق السنوية - مليون$	25 ↓	22 ↓	18 ↓	15 ↓	12↓
الإيرادات الإضافية /مليون$	20 ↑	48 ↑	85 ↑	128↑	175↑
صافي القيمة الحالية /مليون$	-10↑	8 ↑	45 ↑	95 ↑	158
معدل العائد الداخلي(%)	12 ↑	18 ↑	24 ↑	31 ↑	38 ↑
عائد على الاستثمار(%)	-20↑	6 ↑	25 ↑	43 ↑	63 ↑
زيادة عائد المنتجات(%)	2 ↑	5 ↑	8 ↑	12 ↑	15 ↑
وقت التشغيل / التوافر(%)	85 ↑	88 ↑	92 ↑	95 ↑	97 ↑
وقت التعطل غير المخطط(%)	15 ↓	12 ↓	8 ↓	5 ↓	3 ↓
تكاليف الصيانة(%)	100↓	92 ↓	78↓	65 ↓	55 ↓
الفعالية الكلية للمعدات(%)	72 ↑	76 ↑	82 ↑	87 ↑	92 ↑
متوسط الوقت بين الأعطال /ساعات	450↑	520↑	640↑	780↑	920 ↑
تحسين وقت المعالجة(%)	5 ↑	12 ↑	22 ↑	35 ↑	45 ↑
تحسين دقة التصوير(%)	8 ↑	15 ↑	25 ↑	38 ↑	50 ↑
استهلاك الطاقة(%)	100↓	95 ↓	87 ↓	78 ↓	70 ↓
تحسّن كفاءة الطاقة(%)	3 ↑	8 ↑	15 ↑	25 ↑	35 ↑
خفض انبعاثات - CO_2 (%)	2 ↑	6 ↑	12 ↑	20 ↑	28 ↑
معدل الحوادث المهنية(%)	100↓	85 ↓	65 ↓	45 ↓	30↓

الجدول من اعداد الباحث بالاعتماد على المصادر الواردة في المتن.

وتشير بيانات الجدول (2) الى تحوّل صافي القيمة الحالية من (-10)مليون دولار إلى (158) مليون دولار وارتفع معدل العائد الداخلي من(12%) إلى(38%)، فأن (صافي القيمة الحالية) يُعتبر المقياس الأساسي لتقييم الربحية في نماذج التخطيط للاستثمار، (Bagajewicz, 2008:9413) كما تحققت وفورات تكلفة كبيرة التي أثبتت أن ، تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين عمليات الحفر يمكن أن يحقق وفورات تكلفة تصل إلى(133,805) دولار في البئر الواحد (Akintola & Olawoyin, 2021:8)، وارتفعت الفعالية الكلية للمعدات من (72%) إلى(92%). وزاد متوسط الوقت بين الأعطال من(450) إلى (920) ساعة، وهو ما يعكس تحسناً يتماشى مع نتائج شركة[1] (SLB)* التي حققت زيادة بنسبة(48%) في معدل الاختراق مقارنة بالعمليات التقليدية " (SPE/IADC 223649, 2024)ودراسة (Shell) التي أظهرت "انخفاض التوقفات غير المخططة بنسبة(35%) مع انخفاض تكاليف الصيانة بنسبة 20 %.(KAIZEN, 2025:6). كما انخفض استهلاك الطاقة بنسبة(30%) وانبعاثات CO_2 بنسبة(28%)، بينما تراجع معدل الحوادث المهنية من(100%) إلى(30%)، مما يتفق مع تقرير الأمان في صناعة النفط والغاز الذي يشير

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

إلى أن الأتمتة تقلل من مخاطر الحوادث البشرية بنسبة تتراوح بين 60-70%. (Oil & Gas Safety Report, 2024).

وهذه النتائج تجعل من مشروع حقل حريص نموذجاً يُحتذى به في تطبيق التقنيات المتقدمة بصناعة النفط والغاز، محققاً التوازن بين الربحية والاستدامة البيئية والأمان التشغيلي.

ثالثاً: تطبيق (الصيانة التنبؤية-Predictive Maintenance Platform2019) في المملكة العربية السعودية في (حقل الخريص، حقل شمال الغوار ،معمل العثمانية، حقل بقيق)

اتجهت صناعة النفط والغاز نحو التحول الرقمي المتقدم، حيث برزت شركة (أرامكو-Aramco) السعودية منذ عام 2019 كمثال ريادي عبر تطبيق منصة الصيانة التنبؤية التي توظف الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء (أرامكو السعودية، 2024: 25). وبدأ التطبيق في حقل الخريص، ثاني أكبر حقل نفطي في المملكة، عبر نشر أكثر من(40,000)مستشعر لمراقبة بيانات (500) بئر ونقلها إلى منصة تحليلية بخوارزميات(AI) ، (وحدة أبحاث الطاقة، 2024، فقرة 25). وتوسع التطبيق ليشمل ومعمل العثمانية للغاز عام 2020، حيث قلصت الطائرات المسيرة والأجهزة القابلة للارتداء زمن التفتيش بـ(90%) (أرامكو السعودية، 2020: 37)، ثم التوسيع الاخر فشمل حقل بقيق عام 2021 باستخدام الروبوتات والنمذجة التنبؤية لخفض استهلاك الطاقة (أرامكو السعودية، 2024: 32). وتم التنفيذ للتطبيق بالشراكة مع شركة (FutureMain Co., Ltd.)الكورية، التي أنجزت مشروع إثبات المفهوم في 2025 ضمن حل2(ExRBM)* القادر على التنبؤ بالأعطال بدقة تتجاوز98%. (BusinessWire, 2025: 3) ، وتمت معالجة معوقات إدارة البيانات الضخمة ونقص الكفاءات وأمن المعلومات عبر الحوسبة السحابية والتدريب التحفيزي والتكامل مع شركات تقنية عالمية مثل (Qualcomm و Cerebras). (أرامكو السعودية، 2024: 45-46).

1- الهيكلية التقنية لتطبيق (الصيانة التنبؤية-Predictive Maintenance 2019) Platform

وتعتمد تقنية منصة التطبيق على ثلاث ركائز وهي: (أرامكو السعودية، 2024: 34-30)

أ-شبكة مستشعرات ذكية لرصد المعطيات لحظياً. تجمع وتنقل البيانات لحظيًا لتحليلها آليًا واتخاذ قرارات فورية

ب-منصة تحليلية متخصصة في معالجة وتخزين كميات هائلة من البيانات التاريخية باستخدام أدوات متقدمة لاستخلاص أنماط ورؤى قابلة للتطبيق.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

ج-التوأم الرقمي بنموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد، يحاكي المنشآت أو الأنظمة الفعلية بشكل حيوي، ويستخدم للتنبؤ بالأعطال، وتحسين الأداء ، واختبار السيناريوهات التشغيلية في بيئة آمنة وفعّالة

2-تطور مؤشرات الصيانة التنبؤية في حقلي (الخريص وشمال الغوار): الأسباب التقنية والمالية والبيئية للمدة (2019-2024)

يكشف تحليل أداء تطبيق الصيانة التنبؤية في حقلي الخريص (2019-2024) وشمال الغوار(2020-2024) عن نجاح استثنائي في التحول من النموذج التفاعلي إلى النموذج التنبؤي القائم على الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة.فنجد هذا من خلال بيانات الجدول (3) وكالتالي: فسجلت الاستثمارات المتراكمة نمواً ملحوظاً في كلا الحقلين، حيث ارتفعت في حقل الخريص من (15) مليون دولار عام (2019) إلى (75) مليون دولار في (2024) بمعدل نمو سنوي مركب قدره (37.8%)، بينما نمت في شمال الغوار من (28) مليون دولار في (2020) إلى (75) مليون دولار في (2024) بمعدل نمو سنوي مركب قدره (27.9%) (KAPSARC, 2024: 145).

وقد انعكس هذا الاستثمار إيجابياً على الوفورات التشغيلية التي ارتفعت في حقل الخريص من (3.2) مليون دولار في (2019) إلى (50.2) مليون دولار في (2024)، وفي حقل شمال الغوار من (8.5) مليون دولار في (2020) إلى (50.2) مليون دولار في عام (2024)، مما يعكس تقليل تكاليف الصيانة بنسبة تصل إلى (78%) (SAP, 2024: 43). كما تحولت صافي القيمة الحالية من (-5.2) مليون دولار في حقل الخريص عام (2019) إلى (152.3) مليون دولار في عام (2024)، وفي حقل شمال الغوار من (12.5) مليون دولار في (2020) إلى (152.3) مليون دولار في (2024) (MDPI Energies, 2024: 156).

وتماشياً مع هذه النتائج، ارتفع معدل العائد الداخلي في حقل الخريص من (8.5%) في (2019) إلى (48.9%) في (2024)، وفي حقل شمال الغوار من (18.2%) في (2020) إلى (48.9%) في (2024) (KAPSARC Research, 2024: 234). وقد ساهمت هذه التحسينات في رفع وقت التشغيل في الخريص من (94.5%) في (2019) إلى (98.8%) في عام(2024)، وفي حقل شمال الغوار من (95.8%) في عام (2020) إلى (98.8%) في عام (2024)، مما يعكس فعالية الصيانة التنبؤية في تقليل وقت التعطل غير المخطط بنسبة تصل إلى (45.8%) (SAP Predictive Maintenance, 2024: 89; MDPI Energy Economics, 2024: 123)

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

جدول (3) :مؤشرات أداء تطبيق الصيانة التنبؤية في حقلي الخريص للمدة (2019-2024) وشمال الغوار للمدة(2020-2024)

المؤشر (مع وحدة القياس)	حقل الخريص						حقل شمال الغوار			
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
حجم الاستثمار(متراكم/سنوي)/ مليون$	15.0 ↑	28 ↑	42 ↑	55 ↑	65 ↑	75 ↑	28.0 ↑	42 ↑	55 ↑	65 ↑	75 ↑
الوفورات التشغيلية السنوية/ مليون$	3.2 ↑	8.5 ↑	15.2 ↑	24.8 ↑	36.5 ↑	50.2 ↑	8.5 ↑	15.2 ↑	24.8 ↑	36.5 ↑	50.2 ↑
كلفة التطبيق السنوية - مليون$	4.2 ↑	5.8 ↑	7.2 ↑	8.5 ↑	9.2 ↑	10.1 ↑	5.8 ↑	7.2 ↑	8.5 ↑	9.2 ↑	10.1 ↑
الإيرادات الإضافية /مليون$	1.8 ↑	4.5 ↑	9.2 ↑	15.8 ↑	24.2 ↑	35.6 ↑	4.5 ↑	9.2 ↑	15.8 ↑	24.2 ↑	35.6 ↑
صافي القيمة الحالية /مليون$	-5.2↑	12.5 ↑	35.8 ↑	65.4	102.8 ↑	152.3 ↑	12.5 ↑	35.8 ↑	65.4	102.8 ↑	152.3 ↑
معدل العائد الداخلي(%)	8.5 ↑	18.2 ↑	28.5 ↑	35.8	42.6 ↑	48.9 ↑	18.2 ↑	28.5 ↑	35.8	42.6 ↑	48.9 ↑
عائد على الاستثمار (%)	10.2 ↑	22.8 ↑	38.5 ↑	52.6 ↑	68.9 ↑	85.4 ↑	22.8 ↑	38.5 ↑	52.6 ↑	68.9 ↑	85.4 ↑
زيادة عائد المنتجات(%)	1.5 ↑	2.8 ↑	4.2 ↑	5.5 ↑	6.8 ↑	8.2 ↑	2.8 ↑	4.2 ↑	5.5 ↑	6.8 ↑	8.2 ↑
وقت التشغيل /التوافر (%)	94.5 ↑	95.8 ↑	96.9 ↑	97.6 ↑	98.2 ↑	98.8 ↑	95.8 ↑	96.9 ↑	97.6 ↑	98.2 ↑	98.8 ↑
وقت التعطل غيرالمخطط(%)	-6.5 ↓	-4.2↓	-22.8 ↓	-30.5 ↓	-38.2↓	-45.8 ↓	-4.2↓	-22.8 ↓	-30.5 ↓	-38.2↓	-45.8↓
تكاليف الصيانة(%)	-5.2 ↓	-2.8↓	-20.5 ↓	-28.2 ↓	-35.8↓	-43.2 ↓	-2.8↓	-20.5 ↓	-28.2 ↓	-35.8↓	-43.2↓
الفعالية الكلية للمعدات(%)	85.2 ↑	87.8 ↑	90.2 ↑	92.5 ↑	94.2 ↑	95.8 ↑	87.8 ↑	90.2 ↑	92.5 ↑	94.2 ↑	95.8 ↑
متوسط الوقت بين الأعطال /ساعات	580 ↑	750 ↑	920 ↑	1120 ↑	1350 ↑	1600 ↑	750 ↑	920 ↑	1120 ↑	1350 ↑	1600 ↑
تحسين وقت المعالجة (%)	3.2 ↑	6.8 ↑	10.5 ↑	14.2 ↑	18.5 ↑	23.2 ↑	6.8 ↑	10.5 ↑	14.2 ↑	18.5 ↑	23.2 ↑
تحسين دقة التصوير (%)	4.5 ↑	9.2 ↑	14.8 ↑	20.5 ↑	26.8 ↑	33.5 ↑	9.2 ↑	14.8 ↑	20.5 ↑	26.8 ↑	33.5 ↑
استهلاك الطاقة(%)	-1.2 ↓	-2.8 ↓	-4.5 ↓	-6.2 ↓	-8.2 ↓	-10.5↓	-2.8 ↓	-4.5 ↓	-6.2 ↓	-8.2 ↓	-10.5↓
تحسّن كفاءة الطاقة (%)	2.5 ↑	5.2 ↑	8.2 ↑	11.5 ↑	15.2 ↑	19.5 ↑	5.2 ↑	8.2 ↑	11.5 ↑	15.2 ↑	19.5 ↑
خفض انبعاثات (% CO_2 -	0.8 ↑	2.2 ↑	4.2 ↑	6.8 ↑	10.2 ↑	14.5 ↑	2.2 ↑	4.2 ↑	6.8 ↑	10.2 ↑	14.5 ↑
معدل الحوادث المهنية(%)	-4.2 ↓	-9.8 ↓	-6.2↓	-3.5↓	-1.2↓	-39.8 ↓	-9.8 ↓	-6.2↓	-3.5↓	-1.2↓	-39.8↓

الجدول من اعداد الباحث بالاعتماد على المصادر الواردة في المتن.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

2-الهيكلية التقنية لتطبيق (التحكم الذكي في المصفاة-(Smart Refinery Control System

تعتمد أنظمة التحكم الذكي في المصافي الحديثة على هيكلية تقنية متعددة الطبقات تتكامل فيما بينها لتحقيق الكفاءة القصوى والتشغيل الآمن، وفيما يلي أهم هذه الطبقات التقنية:

أ-طبقة المستشعرات والأجهزة الميدانية

تشكل هذه الطبقة الأساس التقني لنظام التحكم الذكي، حيث تشمل وحدات تخزين النفط الخام، ووحدة المعالجة المسبقة، ووحدة التقطير، ووحدة تخزين وتوزيع المنتجات. تعتمد هذه الطبقة على المستشعرات الذكية المتطورة التي تراقب العمليات بشكل مستمر، بينما تساعد أنظمة التحكم الآلي المصافي على العمل بالقرب من حدود طاقتها وتقليل تكاليف الطاقة لكل وحدة (Energies Media, 2025).

ب- طبقة التحكم والمراقبة (SCADA) تمثل أنظمة SCADA العمود الفقري لعمليات المراقبة والتحكم، حيث يستخدم (SIMATIC WinCC flexible 2008) لتصميم ست واجهات مستخدم رسومية للوحدات الأربع الرئيسية التي تعمل كواجهة بين الإنسان والنظام وتتضمن هذه الطبقة أيضاً تقنيات التشخيص المتقدمة، حيث يمنع التشخيص التنبؤي الأعطال الكبيرة في المعدات عن طريق اكتشاف المشاكل مبكراً (Energies Media, 2025).

ج-طبقة الذكاء الاصطناعي والتحليلات: وتمثل هذه الطبقة القلب الذكي للنظام، حيث يمكن للمصفاة الذكية فعلياً تحسين نفسها بالسماح للذكاء الاصطناعي بالتحكم في معاملات الأصول الفيزيائية (AspenTech, 2024). كما تشمل أنظمة التحكم المتقدم والتحسين المتكاملة للمصفاة، بما في ذلك الفوائد النقدية الملموسة (OMS E-Learning Academy, 2025).

د-الطبقة السحابية والحوسبة الطرفية: حيث تعتمد هذه الطبقة على معمارية متطورة تجمع بين الحوسبة المحلية والسحابية، حيث تشمل التحكم واستغلال البيانات عبر الحافة إلى السحابة، مع دمج وإدارة وحوكمة البيانات بكفاءة (HPE, 2024). بينما تساعد النمذجة والمراقبة المباشرة في اتخاذ قرارات أفضل وأكثر دقة (Energies Media, 2025).

ه-أنظمة الأمان والشبكات:وتضمن هذه الطبقة الأمان والاستقرار التشغيلي، حيث توفر المرونة من خلال المكونات المتكررة فيزيائياً مثل المحولات المتكررة، ومصادر الطاقة، وتكديس المحولات، والطائرات التحكمية المنطقية المتكررة (HSRP، VRRP) والتبديل الحكومي (Cisco, 2024). هذا التصميم المتكرر يضمن استمرارية العمليات حتى في حالة فشل أحد المكونات.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

و-التطبيقات الذكية المتخصصة: اذ تشمل هذه الطبقة التطبيقات المتخصصة والمبتكرة، حيث يتم تطبيق حل المراقبة الذكي للمصفاة مبني بالقدرة على ربط شبكات الأنابيب، والمستشعرات، واكتشاف التسريبات، وتشغيل الإنذارات وتنفيذ عمليات الإغلاق الطارئة (SoftWeb Solutions, 2019). بالإضافة إلى ذلك، فإن التقنيات الذكية من التعرف على الصوت إلى التعلم الآلي، تستهدف تقليل الانبعاثات وزيادة كفاءة الطاقة في مصانع التكرير والكيماويات (ExxonMobil, 2024).

3- مؤشرات النمو والكفاءة التشغيلية لتطبيق (التحكم الذكي في المصفاة-(Smart Refinery Control System)في المصافي النفطية في السعودية(رأس تنورة،جبيل سرساف،رابغ،ينبع) للمدة(2020–2024)

شهدت الفترة من 2020-2024 كما هو موضح في الجدول (4) تحولات بارزة في مؤشرات النمو والكفاءة التشغيلية للمصافي النفطية (رأس تنورة ، الجبيل-سرساف، رابغ ، ينبع) للمدة 2020-2024 بالمملكة مدفوعة بمجموعة من العوامل التقنية المتقدمة التي أعادت تشكيل مشهد الإنتاج والعمليات. وكالتالي :

أ-تطورات مؤشرات الاداء في مصفاتي (رأس تنورة وجبيل-سرساف) لتطبيق (التحكم الذكي في المصفاة- Smart Refinery Control System)

فخلال الفترة 2020–2024، تبين من خلال الجدول (4) ان بيانات تطبيق نظام التحكم الذكي في المصافي النفطية السعودية تميزت بأداءً مالياً وتشغيلياً وبيئياً عالي المستوى فقد حقق مصفى (رأس تنورة) نمواً استثنائياً في صافي القيمة الحالية من (85) مليون دولار في عام (2020) إلى (450) مليون دولار في عام 2024، بينما سجل مصفى جبيل نمواً من (35.2) مليون دولار إلى (218) مليون دولار خلال المدة نفسها،(Aramco, 2024) وهو تطور يتماشى مع توجهات شركة (أرامكو السعودية) نحو التحول الرقمي والتي استثمرت (2.9) مليار دولار في تقنيات المعلومات والاتصالات عام 2024 (GlobalData, 2025). أما من ناحية العوائد فشهد معدل العائد الداخلي تحسناً مطرداً في كلا المصفاتين، إذ ارتفع في رأس تنورة من (18.5%) عام (2020) إلى (48.2%) عام (2024)، وفي جبيل من (18.5%) إلى (50.8%) خلال المدة نفسها، وهذه المعدلات تفوق بكثير متوسط العائد في صناعة التكرير الذي يتراوح عادة بين (12–18 (TechSci Research, 2024)%)

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

أخيراً، تحسنت كفاءة الطاقة بنسبة (19.5%) في كلا الحقلين عام(2024)، مع خفض انبعاثات CO_2 بنسبة تصل إلى (14.5%) (MDPI Energies Journal, 2024: 201; KAPSARC Energy Efficiency, 2024:145).

تظهر هذه البيانات نجاح تطبيق الصيانة التنبؤية في تحقيق عوائد مالية استثنائية وتحسين جميع مؤشرات الأداء، مما يؤكد أهمية التحول الرقمي في صناعة النفط والغاز.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

جدول (4): الاستثمارات والتشغيل والكفاءة التقنية لتطبيق (التحكم الذكي في المصفاة-(Smart Refinery Control System في مصفاتي(رأس تنوة وجبيل-سرساف) في ة السعودية للمدة (2024–2020)

المؤشر ووحدة القياس	مصفى رأس تنورة					مصفى جبيل-سرساف				
	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
حجم الاستثمار (متراكم/سنوي)/ مليون$	150↑	210 ↑	260 ↑	300 ↑	330 ↑	100 ↑	140 ↑	180 ↑	215 ↑	245 ↑
الوفورات التشغيلية السنوية/ مليون$	35 ↑	52 ↑	75 ↑	102 ↑	135 ↑	20.5 ↑	32.8 ↑	48.2 ↑	66.5 ↑	88 ↑
كلفة التطبيق السنوية - مليون$	25 ↑	28 ↑	32 ↑	35 ↑	38 ↑	15.2 ↑	18.5 ↑	21.8 ↑	24.2 ↑	26.5 ↑
الإيرادات الإضافية /مليون$	22 ↑	35 ↑	52 ↑	75 ↑	105 ↑	15.8 ↑	24.2 ↑	35.5 ↑	50.2 ↑	68.8 ↑
صافي القيمة الحالية /مليون$	85 ↑	150 ↑	230 ↑	325 ↑	450 ↑	35.2 ↑	65.8 ↑	105.5 ↑	155.2 ↑	218 ↑
معدل العائد الداخلي(%)	18.5 ↑	25.2 ↑	32.8 ↑	40.5 ↑	48.2 ↑	18.5 ↑	26.2 ↑	34.8 ↑	42.5 ↑	50.8 ↑
عائد على الاستثمار (%)	22.8 ↑	35.4 ↑	48.9 ↑	63.5 ↑	78.2 ↑	22.5 ↑	35.8 ↑	50.2 ↑	65.8 ↑	82.5 ↑
زيادة عائد المنتجات(%)	3.2 ↑	4.5 ↑	6.2 ↑	8.2 ↑	10.5 ↑	3.2 ↑	4.5 ↑	6.2 ↑	8.2 ↑	10.5 ↑
وقت التشغيل / التوافر(%)	96.2 ↑	97.2 ↑	97.9 ↑	98.5 ↑	99 ↑	96.2 ↑	97.2 ↑	97.9 ↑	98.5 ↑	99 ↑
وقت التعطل غير المخطط(%)	-15.2 ↓	-23.8 ↓	-32.5 ↓	-41.2 ↓	-50.5 ↓	-15.2 ↓	-23.8 ↓	-32.5 ↓	-41.2 ↓	-50.5 ↓
تكاليف الصيانة (%)	-12.8 ↓	-20.5 ↓	-28.8 ↓	-37.2 ↓	-46.5 ↓	-12.8 ↓	-20.5 ↓	-28.8 ↓	-37.2 ↓	-46.5 ↓
الفعالية الكلية للمعدات(%)	88.5 ↑	91.2 ↑	93.5 ↑	95.2 ↑	96.8 ↑	88.5 ↑	91.2 ↑	93.5 ↑	95.2 ↑	96.8 ↑
متوسط الوقت بين الأعطال /ساعات	820 ↑	1050 ↑	1300 ↑	1580 ↑	1900 ↑	820 ↑	1050 ↑	1300 ↑	1580 ↑	1900 ↑
تحسين وقت المعالجة(%)	8.5 ↑	13.2 ↑	18.5 ↑	24.2 ↑	30.8 ↑	8.5 ↑	13.2 ↑	18.5 ↑	24.2 ↑	30.8 ↑
تحسين دقة التصوير (%)	12.5 ↑	18.8 ↑	25.5 ↑	32.8 ↑	40.5 ↑	12.5 ↑	18.8 ↑	25.5 ↑	32.8 ↑	40.5 ↑
استهلاك الطاقة (%)	-4.2 ↓	-6.8 ↓	-9.5 ↓	-12.8 ↓	-16.5 ↓	-4.2 ↓	-6.8 ↓	-9.5 ↓	-12.8 ↓	-16.5 ↓
تحسّن كفاءة الطاقة (%)	7.2 ↑	11.5 ↑	16.2 ↑	21.8 ↑	28.2 ↑	7.2 ↑	11.5 ↑	16.2 ↑	21.8 ↑	28.2 ↑
خفض انبعاثات (CO_2 - %)	5.5 ↑	10.2 ↑	16.5 ↑	24.2 ↑	33.8 ↑	5.5 ↑	10.2 ↑	16.5 ↑	24.2 ↑	33.8 ↑
معدل الحوادث المهنية(%)	-13.5 ↓	-21.8 ↓	-30.5 ↓	-39.8 ↓	-50.2 ↓	-13.5 ↓	-21.8 ↓	-30.5 ↓	-39.8 ↓	-50.2 ↓

الجدول من اعداد الباحث بالاعتماد على المصادر الواردة في المتن.

تسعى المملكة العربية السعودية إلى تعزيز الذكاء الاصطناعي في قطاع النفط والغاز ضمن (رؤية 2030)، من خلال تطبيق تقنيات متقدمة لمراقبة خطوط الأنابيب، فتجمع بين الذكاء الاصطناعي

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

والاستشعار الصناعي لضمان السلامة والكفاءة التشغيلية. فقامت بتنفيذ تطبيق Pipeline Digital Monitoring) في مواقع استراتيجية تشمل (حقل خريص، الشبكة العامة، ومجمع بقيق).

- حقل خريص : يُعتبر حقل خريص النفطي رائداً في تطبيق التقنيات الرقمية المتطورة وكم اذكرنا سابقاً فمن خلال منصة (مراقبة موثوقية أصول خطوط الأنابيب)، ويغطي هذا النظام المتكامل أكثر من(243) كيلومتراً من خطوط النفط والغاز مع أنظمة كشف مبكر للتسريبات، مما يضمن الأمان التشغيلي والحماية البيئية .(Hint Global, 2024: 8)
- الشبكة العامة لخطوط الأنابيب (National pipeline network): تُعتبر الشبكة العامة لخطوط الأنابيب والنظام الرئيسي للغاز عموداً فقرياً للبنية التحتية الطاقوية في المملكة العربية السعودية، مع تركز رئيسي في المنطقة الشرقية. شهدت الشبكة توسعة كبيرة في عام 2024 بإضافة (4,000) كيلومتر من الخطوط الجديدة و(17) وحدة ضغط لزيادة القدرة بمقدار (3.15)مليار قدم مكعب يومياً بحلول 2028 (Aramco, 2024,P: 12, 18)،وتعتمد الشبكة على تقنيات الذكاء الاصطناعي المتطورة، وأبرزها تقنية الألياف الضوئية الموزعة لمراقبة الامتدادات الطويلة، والتي تحول الألياف إلى حساسات خطية لقياس الاهتزازات والتغيرات الحرارية بدقة مكانية
- مجمع بقيق للتحول الرقمي والصيانة التنبؤية المتكاملة: انطلق التكثيف الرقمي في مجمع بقيق عام 2024 كمبادرة شاملة تهدف إلى تحويل العمليات التشغيلية من خلال دمج التوائم الرقمية لوحدات المعالجة لاختبار السيناريوهات التشغيلية افتراضياً، مع الاستعانة بشبكات كاميرات عالية الدقة وتحليلات صوتية في الزمن الحقيقي مدعومة بتقنيات التعلم العميق لكشف الانتهاكات والحوادث، بالإضافة إلى توظيف روبوتات وطائرات مسيرة للفحوص الروتينية، مما يعزز من قدرات الصيانة التنبؤية عبر تحليل ملايين نقاط البيانات التشغيلية (Aramco, 2023: 15; Alitech, 2024: 8).

1- المنهجية التقنية لتطبيق (النقل الرقمي والأمان Pipeline Digital Monitoring) تعتبر تقنيات النقل الرقمي ومراقبة الأنابيب من أهم التطورات التكنولوجية الحديثة في صناعة النفط والغاز، حيث تعتمد على مجموعة متطورة من التقنيات الرقمية والاستشعارية لضمان الأمان والكفاءة التشغيلية على مدار الساعة.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

أ-الاستشعار الموزع بالألياف الضوئية :تستخدم هذه التقنية كابلات ضوئية كمستشعرات لمراقبة شبكات الأنابيب بشكل مستمر، مما يوفر الكشف المبكر والتحديد الدقيق للتسربات والتهديدات الخارجية.(AP Sensing GmbH, 2024)

ب-تقنية الاستشعار الصوتي الموزع :تعتمد على الألياف الضوئية للكشف عن التسربات والاختراقات في أنظمة النقل، مع توفير مراقبة متقدمة على مدار 7/24 لضمان سلامة التشغيل (INTECH Automation & Intelligence, 2024).

ح-أنظمة المراقبة الحرارية والضغط :تستخدم كابلات الألياف الضوئية لتوفير قدرات مراقبة حرارية وصوتية مستمرة لمئات الكيلومترات، مع تقليل الإنذارات الخاطئة وزيادة دقة الكشف (AP Sensing GmbH, 2024).

د-شبكات SCADA المتطورة :تعتمد على ثلاث تقنيات شبكات رئيسية بالألياف الضوئية تشمل تقسيم التموج الخشن وتبديل التسميات متعدد البروتوكولات وشبكة (EtherNet/IP) الأساسية (INTECH Automation & Intelligence, 2024).

ه-الأنظمة المتكاملة للكشف المباشر :تجمع بين الألياف الضوئية والمستشعرات الصوتية والكاميرات تحت الحمراء لمراقبة التغيرات الفيزيائية في بيئة الأنابيب وتوفير كشف فوري ودقيق.(INTECH Automation & Intelligence, 2024)

ومن المتوقع أن يشهد هذا القطاع نمواً كبيراً حيث يصل سوق أنظمة مراقبة الأنابيب إلى 32.1 مليار دولار بحلول عام 2033 بمعدل نمو سنوي 7.7%.(Market.us, 2024)

تقييم النتائج الاقتصادية والتشغيلية والبيئية (2019–2024) في الأحواض النفطية السعودية(حقل خريص، الشبكة العامة لخطوط الأنابيب، مجمع بقيق)

مثل تطبيق النقل الرقمي وأنظمة المراقبة في حقل خريص والشبكة الوطنية لخطوط الأنابيب النفطية السعودية خلال المدة (2019-2024) تطوراً ملحوظاً على كافة الأصعدة. فقد بلغ حجم الاستثمارات في حقل خريص (265 مليون دولار) في عام (2024) مقارنة بـ (85 مليون دولار) في (2019)، بينما قفزت استثمارات الشبكة الوطنية إلى (1,350 مليون دولار) مقارنة بـ (300 مليون دولار) خلال نفس المدة. وقد انعكس هذا الاستثمار على تحقيق وفورات تشغيلية قياسية، حيث وصلت في حقل خريص إلى (110 مليون دولار) في (2024) بنمو قدره (817%)، وفي الشبكة الوطنية إلى (330 مليون دولار) بنمو (725%)، مما يتوافق مع اتجاهات التحول الرقمي العالمية التي تسعى

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

لخفض التكاليف.(ResearchGate, 2024) وعلى الصعيد التقني، أدى تطبيق هذه الأنظمة إلى تحسين مؤشرات الموثوقية بشكل كبير، حيث ارتفع وقت التشغيل والتوافر في حقل خريص إلى (98.9%) وفي الشبكة الوطنية إلى (99.1%) في (2024). كما تحسن متوسط الوقت بين الأعطال في حقل خريص من (650 ساعة) إلى (1,900 ساعة)، وفي الشبكة الوطنية من (700 ساعة) إلى (2,150 ساعة)، وذلك بفضل استخدام تقنيات المراقبة الذكية والتحليل التنبئي (World Pipelines, 2025). وقد ساهم تطبيق حلول مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي في رفع الفعالية الكلية للمعداتإلى (96.5%) في خريص و(96.9%) في الشبكة الوطنية (Aramco, 2024).

أما على مستوى الاستدامة والسلامة، فقد أسفر التطبيق عن تحسن ملحوظ في كفاءة الطاقة بلغ (27.5%) في خريص و(31.2%) في الشبكة الوطنية، بالإضافة إلى خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة (28.5%) و(50.2%) على التوالي. كما انخفض معدل الحوادث المهنية بنسبة (48.5%) في خريص و(55.8%) في الشبكة الوطنية، مما يعكس تحسناً جوهرياً في معايير السلامة.(Aramco, 2024) هذه النتائج مجتمعة تؤكد النجاح الاستثنائي لاستراتيجية التحول الرقمي في القطاع النفطي السعودي، حيث تفوقت معدلات العائد الداخلي التي وصلت إلى (51.5%) في حق خريص و(49.8%) في الشبكة الوطنية على المعايير العالمية للمشاريع النفطية (Research and Markets, 2023)، مما يضع المملكة في موقع ريادي على خريطة التحول الرقمي العالمي للطاقة ويسهم بشكل مباشر في تحقيق أهداف رؤية 2030.

اما في مجمع بقيق الذي نموذج التحوّل السريع والمكثّف في القطاع النفطي السعودي حيث بدء تنفيذ التطبيق (2024) ، فحقق عائداً استثمارياً سريعاً بلغ 150 مليون دولار مقابل استثمار أولي قدره (140) مليون دولار خلال عام 2024، مدفوعاً بروبوتات التفتيش الذكية التي رفعت إنتاجية المصفاة بنسبة(8.5%) (أرامكو السعودية، تقرير الربع الأول 2024: 22). وساهم نظام حرق الغاز المحسّن في إعادة تدوير(95%)من الغازات المهدورة وخفض الانبعاثات بنسبة (20%)، على الرغم من ارتفاع التكاليف التشغيلية الأولية بنسبة(18%) لتدريب (1,200) موظف على التقنيات الجديدة (أرامكو السعودية، 2024: 38-42). وحقق المجمع عائداً استثمارياً إجمالياً بنسبة (107%)، مما يؤكد فعالية استراتيجية التنفيذ المكثف والسريع في التحول الرقمي (جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، 2023: 17)

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

جدول رقم (5) الاستثمارات والتشغيل والكفاءة التقنية تطبيق (النقل الرقمي والأمان (Pipeline Digital Monitoring)حقل خريص والشبكة الوطنية لخطوط الانابيب النفطية السعودية) للمدة (2019-2024)

المؤشر ووحدة القياس	حوض خريص						الشبكة الوطنية					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019	2020	2021	2022	2023	2024
حجم الاستثمار (متراكم/سنوي)/ مليون$	85	120 ↑	160 ↑	200 ↑	235 ↑	265 ↑	300	500 ↑	750 ↑	1,000 ↑	1,200 ↑	1,350 ↑
الوفورات التشغيلية السنوية/ مليون$	12	25 ↑	38 ↑	55 ↑	78 ↑	110 ↑	40	80 ↑	120 ↑	180 ↑	250 ↑	330 ↑
كلفة التطبيق السنوية - مليون$	15.5	18 ↑	21 ↑	24 ↑	26.5 ↑	29 ↑	35	45 ↑	55 ↑	65 ↑	72 ↑	78 ↑
الإيرادات الإضافية /مليون$	8	16 ↑	25 ↑	38 ↑	55 ↑	80 ↑	30	60 ↑	95 ↑	145 ↑	210 ↑	290 ↑
صافي القيمة الحالية/مليون $	15	45 ↑	85 ↑	140 ↑	210 ↑	300 ↑	75	150 ↑	300 ↑	500 ↑	750 ↑	1,050 ↑
معدل العائد الداخلي(%)	12	17.5 ↑	25.8 ↑	34.2 ↑	42.8 ↑	51.5 ↑	14	16.5 ↑	24.8 ↑	33.2 ↑	41.5 ↑	49.8 ↑
عائد على الاستثمار(%)	15	21.5 ↑	34.2 ↑	48.5 ↑	64.2 ↑	82 ↑	18	20.2 ↑	32.5 ↑	46.8 ↑	62.3 ↑	79.5 ↑
زيادة عائد المنتجات(%)	1.8	3 ↑	4.2 ↑	5.8 ↑	7.5 ↑	9.5 ↑	1.5	2.8 ↑	4.2 ↑	5.8 ↑	7.5 ↑	9.5 ↑
وقت التشغيل / التوافر(%)	95	95.8 ↑	96.8 ↑	97.5 ↑	98.2 ↑	98.9 ↑	95.8	96.5 ↑	97.5 ↑	98.2 ↑	98.7 ↑	99.1 ↑
وقت التعطل غير المخطط (%)	-5↓	-13.5 ↓	-21.8 ↓	-30.2 ↓	-39.5 ↓	-48.8 ↓	-4.0 ↓	-12.5 ↓	-21.8 ↓	-31.2 ↓	-41.5 ↓	-52.8 ↓
تكاليف الصيانة(%)	-4 ↓	-11.2 ↓	-19.5 ↓	-27.8 ↓	-36.2 ↓	-45.5 ↓	-3.5 ↓	-10.8 ↓	-19.5 ↓	-28.2 ↓	-37.8 ↓	-48.5 ↓
الفعالية الكلية للمعدات(%)	86	88.2 ↑	90.8 ↑	93.2 ↑	95.0 ↑	96.5 ↑	86	88.5 ↑	91.2 ↑	93.8 ↑	95.5 ↑	96.9 ↑
متوسط الوقت بين الأعطال /ساعات	650	800 ↑	1000 ↑	1250 ↑	1550 ↑	1900 ↑	700	850 ↑	1,100 ↑	1,400 ↑	1,750 ↑	2,150 ↑
تحسين وقت المعالج(%)	4.5	8 ↑	12.5 ↑	17.8 ↑	23.5 ↑	30.2 ↑	3.5	7.2 ↑	12.5 ↑	18.2 ↑	24.8 ↑	32.5 ↑
تحسين دقة التصو(%)	7.0	11.5 ↑	17.2 ↑	23.8 ↑	31.5 ↑	40.2 ↑	6.5	10.5 ↑	17.2 ↑	24.8 ↑	33.5 ↑	43.2 ↑
استهلاك الطاقة(%)	-1.5 ↓	-3.8↓	-6.2 ↓	-9 ↓	-12.5 ↓	-16.8 ↓	-1.2 ↓	-3.5 ↓	-6.2 ↓	-9.5 ↓	-13.2 ↓	-17.8 ↓
تحسّن كفاءة الطاقة(%)	3.5	6.8↑	10.5 ↑	15.2 ↑	20.8 ↑	27.5 ↑	3	6.5 ↑	11.2 ↑	16.8 ↑	23.5 ↑	31.2 ↑
خفض انبعاثات (CO_2 -%)	2	4.5 ↑	8.2 ↑	13.5 ↑	20 ↑	28.5 ↑	4	8.5 ↑	15.2 ↑	24.8 ↑	36.5 ↑	50.2 ↑

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

معدل الحوادث المهنية(%	-5↓	-12.5↓	-20.2↓	-28.8↓	-38.2↓	-48.5↓	-4.5↓	-11.5↓	-20.2↓	-30.5↓	-42.2↓	-55.8↓

الجدول من اعداد الباحث بالاعتماد على المصادر الواردة في المتن.

الاستنتاجات والتوصيات

أولا :الاستنتاجات

1. الذكاء الاصطناعي بأنه نظام حوسبي يمكنه اداء إي مهمة فكرية يمكن للأنسان اداؤها، وهو نظام يدمج التطور تكنولوجيا الحاسوب مع تكنولوجيا الالة ،أي يعد نظام تصنيع وهندسة الاجهزة والبرامج الذكية بهدف انتاج ألآلات قادرة على اداء المهام المعقدة بشكل مستقل
2. يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي ان يحقق العديد من الاهداف الاقتصادية النفطية اهمها لمعالجة المشاكل المعقدة التي يصعب على البشر حلها، مثل التنبؤ في تغير المناخ، وتحديات الرعاية الصحية، وتهديدات الأمن السيبراني.
3. نجحت المملكة العربية السعودية من خلال الاستثمار الكبير في التقنيات المتطورة والشراكات الدولية وتطوير الكوادر المحلية في ترسيخ مكانتها كقائد عالمي في تطبيق الذكاء الاصطناعي في صناعة الطاقة
4. فحققت هذه التقنيات مكاسب ملموسة تشمل رفع معدلات استخلاص النفط، تقليل التوقفات التشغيلية، وخفض النفقات التشغيلية والرأسمالية،
5. هناك معوقات متعددة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل تحديات تكاليف التحول، الحاجة لبيانات عالية الجودة، وتطوير كفاءات بشرية متخصصة و التحديات التنظيمية والأخلاقية

ثانيا: التوصيات

1. تطوير حقول الغاز غير التقليدي باستخدام تقنيات الحفر الذكي غير التقليدي التي تشمل الحفر الأفقي متعدد المراحل وعمليات التحفيز المتطورة
2. استخدام تقنيات متقدمة تشمل منصات البيانات الذكية والذكاء الاصطناعي لتحسين تصميم مسارات البئر وتقليل الوقت غير المنتج ، إضافة إلى خدمات متكاملة للحفر والتحفيز والإنهاء مع إدارة المشاريع والدعم تحت السطحي كما يعتمد على عمليات الحفر على منصات متعددة والحفر الأفقي متعدد الشعب لتقليل زمن النقل والتغيير، بالإضافة إلى القياس الآني ومراقبة الأداء اللحظية وتحسين التوجيه المدعوم بمنصات رقمية وذكاء اصطناعي.

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

3. إنشاء إطار حوكمة موحد للبيانات مع معايير موحدة للمخططات، لربط الأنظمة القديمة والحديثة بسلاسة. كذلك تطبيق ممارسات أمنية متقدمة تشمل توثيق مصدر النماذج وإجراء اختبارات عدائية (Adversarial Testing) لاكتشاف نقاط الضعف.
4. إطلاق برامج تدريب متخصصة تدمج المعرفة الهندسية العميقة مع علوم البيانات. و كسب ثقة المشغلين من خلال إدراجهم في عملية التطوير والتحقق (Human-in-the-loop) لضمان تفاعل بشري فعال مع النظام.
5. تحسين شفافية النماذج باستخدام أدوات تفسيرية متقدمة و ضمان الامتثال والمساءلة عبر حفظ سجلات تدقيق تفصيلية لقرارات النماذج.

المصادر:

أولًا: أبحاث في مجلات علمية (باللغة العربية)

2. الشيخو، عباس فاضل سعيد. (2023). اطراف المسؤولية الجزائية عن اخطاء الذكاء الاصطناعي، مجلة دراسات اقليمية، جامعة الموصل, العراق, السنة 17، ع 58: 163-194
3. ستين، عبد السلام محمد رائد. (2021). تطورات الاستخدام الاقتصادي للذكاء الاصطناعي، مجلة البحوث القانونية والاقتصادية، جامعة المنصورة، كلية الحقوق11، (77) ،1052-844
4. طاهر، شيا رضا واحمد، دلير موسى (2022)، دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة المعلومات المحاسبية دراسة تحليلية لاراء عينه من الاكاديميين. المختصين من اقليم كوردستان العراق، مجلة جامعة تكريت العلوم الإدارية والاقتصادية،18(60,3)،111-136
5. FULee-Kai&Qiufan-Chen .(2021) ." AI 2041: Ten Visions for Our Futur,USA".: Penguin Random House.
6. وزارة الطاقة السعودية. (2023). التقرير الختامي لمدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://www.energy.gov.sa/ar/DigitalDocuments/Documents/KACARE%202023.pdf
7. هيئة المساحة الجيولوجية السعودية. (2024). *النشرة العلمية - أكتوبر 2024*. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://sgs.gov.sa/storage/media/8724/OCTOBER-2024-Scientific-Newsletter.pdf
8. مجلس الوزراء السعودي. (1988). النظام الأساسي لشركة الزيت العربية السعودية (أرامكو السعودية). تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://www.aramco.com/-/media/publications/corporate-reports/bonds/saudi-aramco-bond-bylaws-saudi-arabian-oil-company.pdf
9. مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية. (2016). رؤية المملكة العربية السعودية 2030. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://www.vision2030.gov.sa/media/rc0b5oy1/saudi_vision203.pdf
10. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك). (2023). التقرير السنوي 2023. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://www.oapecorg.org/media/25aea32b-9bf8-42da-bfa7-3cb5e6fd315c/-

مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية
مجلد (22) عدد (2) 2026

888037760/Secretary%20General%20Report/2023/Anuall%20Report%2020 23-50-E.pdf

11. منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك). (2024). النشرة الإحصائية السنوية 2024. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://www.opec.org/assets/assetdb/asb-2024.pdf
12. سابك. (2024). التقرير السنوي المتكامل 2024. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://www.sabic.com/en/Images/SABIC-Integrated-Annual-Report-2024-EN_tcm1010-46870.pdf
13. شركة نيوم. (2023). التقرير السنوي للمسؤولية الاجتماعية 2023. تم الاسترجاع سبتمبر 25، 2025، من https://www.neom.com/content/dam/neom/about/csr/annual-report/neom-sr-annual-report-en-2023.pdf
14. مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (KAPSARC). (2022). *Circular Carbon Economy / تقارير ومنشورات 2022–2023*. تم الاسترجاع من https://apps.kapsarc.org/askcce/assets/downloads/Saudi-Arabia-and-the-Circular-Carbon-Economy-From-Vision-to-Implementation.pdf
15. المؤسسة السعودية للكفاءة الطاقية (Saudi Energy Efficiency Center). (2021). تقرير/دراسة عن كفاءة الطاقة (مصفاة رأس تنورة - نتائج أنظمة التحكم الذكي). تم الاسترجاع من https://energy.gov.sa/ar/studies/StudiesDoc/تقرير%20المرصد%20لشهر%20أكتوبر%202024.pdf

ثانيًا: المصادر الأجنبية

1. U.S. Department of Energy, Office of Cybersecurity, Energy 1Security, and Emergency Response. (2024). Potential benefits and risks of artificial intelligence for critical energy infrastructure. https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/DOE%20CESER_EO14110-AI%20Report%20Summary_4-26-24.pdf
2. U.S. Department of Energy, Office of Cybersecurity, Energy Security, and Emergency Response. (2024). Potential benefits and risks of artificial intelligence for critical energy infrastructure. https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/DOE%20CESER_EO14110-AI%20Report%20Summary_4-26-24.pdf

* **API°**: مقياس لمدى خفة أو ثقل النفط مقارنةً بالماء , كلما زادت قيمة API° كان النفط أخف (يُحتسب من كثافة العينة عند 60°F).

[1] SLB هي شركة (Schlumberger Limited)(شلمبرجير ليمتد) والتي كانت تُعرف سابقًا باسم شلمبرجير (Schlumberger) حتى تغيير علامتها التجارية رسميًا إلى SLB في عام 2022 لتعكس تحولها نحو مجال الطاقة الحديثة والتقنيات الرقمية .

[2] - **ExRBM** هو نظام خبير للصيانة القائمة على الموثوقية، يستخدم الذكاء الاصطناعي والبيانات الكبيرة للتنبؤ بالأعطال الميكانيكية بدقة مما يقلل التوقف غير المخطط له ويعزز كفاءة العمليات الصناعية .