AL KUT JOURNAL OF ECONOMIC AND ADMINISTRATIVE SCIENCES
Publisher: College of Economics and Management - Wasit University

استعمال تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) في تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات دراسة حالة قطاع النفط والغاز

Using Internet of Things (IoT) Technologies in Industrial Cost Analysis and Process Improvement: A Case Study of the Oil and Gas Sector

وليد خالد شهاب[1]

الجامعة التقنية الشمالية

الكلية التقنية الادارية

Wakeed_khalid@ntu.edu.iq

سامي حميد سليمان[2]

جامعة الحمدانية

كلية الادارة والاقتصاد

samiham89@uohmdaniya.edu.iq

المستخلص

يهدف البحث الى دراسة تأثير تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) على تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات في شركة الاستكشافات النفطية (OEC)، مع التركيز على كفاءة أصول الإنتاج وتأثيرها على التكاليف التشغيلية. تم جمع البيانات في الوقت الفعلي من آبار النفط باستعمال أجهزة استشعار متقدمة، وتحليلها عبر منصات ذكاء الأعمال مثل SpagoBI لاستخلاص رؤى دقيقة حول الأداء والتكاليف.

وتتثمل اهمية البحث في ثلاثة ابعاد اقتصادياً تقليل التكاليف التشغيلية، بيئيا تقليل استهلاك الموارد، اجتماعيا تحسين ظروف العمل. وتتمثل مشكلة البحث إلى أي مدى يمكن أن تساهم تقنيات إنترنت الأشياء في تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات التشغيلية في المؤسسات الصناعية؟

وتتمثل مشكلة البحث إلى أي مدى يمكن أن تساهم تقنيات إنترنت الأشياء في تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات التشغيلية في المؤسسات الصناعية؟

أظهرت النتائج أن زيادة أصول الإنتاج لكل بئر تقلل التكاليف، بينما يؤثر استهلاك الطاقة ودرجة حرارة لف المحركات (MWT) بشكل مباشر على كفاءة التشغيل وتكاليف الصيانة.

يوصي البحث بتعزيز الصيانة التنبؤية، وتحسين أنظمة التبريد، وتوظيف تحليلات البيانات الضخمة لاتخاذ قرارات قائمة على الأدلة، مما يساهم في تقليل النفقات التشغيلية وتحسين استدامة الإنتاج.

الكلمات المفتاحية: انترنت الأشياء، التكاليف الصناعية، تحسين العمليات.

Abstract

The research aims to study the impact of Internet of Things (IoT) technologies on industrial cost analysis and process improvement at an Oil Exploration Company (OEC), focusing on the efficiency of production assets and their impact on operating costs. Real-time data was collected from oil wells using advanced sensors and analyzed via business intelligence platforms such as SpagoBI to extract accurate insights into performance and costs.

The research is important in three dimensions: economically, by reducing operating costs; environmentally, by reducing resource consumption; and socially, by improving working conditions. The research question is: To what extent can IoT technologies contribute to industrial cost analysis and operational process improvement in industrial enterprises؟

The results showed that increasing production assets per well reduces costs, while energy consumption and motor winding temperature (MWT) directly impact operational efficiency and maintenance costs.

The research recommends enhancing predictive maintenance, optimizing cooling systems, and employing big data analytics to make evidence-based decisions, which contribute to reducing operating expenses and improving production sustainability.

Keywords: Internet of Things, Industrial Costs, Process Improvement.

المقدمة

في ظل التطورات الصناعية الحالية، تتراجع الأنظمة التقليدية والموروثة أمام التقنيات الأكثر ذكاءً والأتمتة والاتصال المتزايد. أدى ظهور الأجهزة الذكية من الجيل التالي المدمجة بأجهزة الاستشعار والمحركات إلى تغييرات جذرية في القطاع الصناعي، مما ساهم في زيادة الكفاءة وتقليل تكاليف التشغيل. يمكن تعريف إنترنت الأشياء (IoT) على أنه شبكة متنامية من الأجهزة المترابطة القادرة على جمع البيانات وتبادلها في الوقت الفعلي، مع الاستفادة من الحوسبة السحابية لتمكين أنظمة أكثر ذكاءً وسرعة مع تدخل بشري ضئيل أو معدوم (Ghashghaee, 2016,3).

يمتلك إنترنت الأشياء القدرة على إحداث ثورة في الصناعة، على غرار ما فعله قطاع السيارات سابقًا، حيث يستفيد كل قطاع من قطاعات المجتمع منه.

كل جهاز متصل في نظام إنترنت الأشياء يمكن مراقبته وتحسينه بذكاء، مما يوفر الوقت والموارد. يسهل الترابط بين الأجهزة مشاركة المعلومات ونقلها بطريقة تعاونية، مما يجعل الأجهزة الذكية المتصلة تعمل بكفاءة أعلى من مجموع أجزائها الفردية. يمكن برمجة كل جهاز للتواصل مع الآخر لتنفيذ نتائج سريعة ومرنة تشبه عمل خلية النحل. يركز إنترنت الأشياء على ثلاثة مجالات رئيسة: تحليل التكاليف، الموارد المخصصة مثل الوقت والقوى العاملة، وتحسين العمليات من خلال مقارنتها بعمليات إنتاج مماثلة، وفضلاً عن ذلك، اكتشفت تطبيقات أخرى مثل اللوجستيات وصيانة المعدات.

تم تجهيز أنظمة إنترنت الأشياء بميزة الوعي بالموقع، مما يعني أنها قادرة على تتبع وتسجيل البيانات حول مراحل تصنيع المنتجات. من خلال مراقبة هذه البيانات وتحليلها، يمكن توفير بيئة اختبار وتحقيق تحسينات كبيرة في كفاءة المنشآت الصناعية (Agha,138، 2023).

المبحث الاول: منهجية البحث والدراسات السابقة

مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة البحث في السؤال التالي:

إلى أي مدى يمكن أن تساهم تقنيات إنترنت الأشياء في تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات التشغيلية في المؤسسات الصناعية؟

أهمية البحث

تتمثل اهمية البحث في ثلاثة ابعاد:

1. اقتصاديًا : تقليل التكاليف التشغيلية.
2. بيئيا : تقليل استهلاك الموارد.

3. اجتماعيا: تحسين ظروف العمل.

أهداف البحث

يهدف البحث الى دراسة تأثير استعمال تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) في تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات دراسة حالة قطاع النفط والغاز، وتتمثل الأهداف الرئيسية للبحث فيما يلي:

1. تحليل أثر تقنيات إنترنت الأشياء على تكاليف الإنتاج الصناعي، من خلال دراسة كيفية تحسين إدارة الموارد وتقليل الهدر.
2. تحليل تأثير استعمال المستشعرات الذكية والبيانات الضخمة في تحسين دقة التكاليف الصناعية.
3. دراسة دور إنترنت الأشياء في تقليل استهلاك الموارد والطاقة داخل المصانع.

منهج البحث

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، مع التركيز على تحليل البيانات الكمية والنوعية

لشركة الاستكشافات النفطية.

تقنيات جمع البيانات وتحليلها

تتناول هذه الدراسة تأثير تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) على تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات في شركة الاستكشافات النفطية (OEC). تم تحليل كفاءة أصول الإنتاج (PA) المستخدمة في استخراج النفط، من خلال عدة عوامل، منها:

- عدد أصول الإنتاج لكل بئر.
- كفاءة المضخات.
- استهلاك الطاقة لمضخات ESP (Electrical Submersible Pump).
- درجة حرارة لف المحركات (MWT - Motor Winding Temperature) وتأثيرها على التكاليف اليومية لكل بئر.

يتم جمع البيانات في الوقت الفعلي من آبار النفط عبر أجهزة استشعار مثبتة على المعدات المختلفة. هذه البيانات يتم معالجتها باستعمال منصة التشغيل التي تعمل كمكرر للإرسال، ثم يتم تحليلها باستعمال منصة SpagoBI للحصول على رؤى واضحة حول الأداء والتكاليف.

حدود البحث

الحدود الموضوعية: التركيز على شركة الاستكشافات النفطية

الحدود المكانية: بغداد، العراق.

الحدود الزمانية: بيانات عام 2024 ومشروع التحول المستقبلي.

الدراسات السابقة

دراسة (شاهين وشحاتة،2021)

يتمثل الهدف الرئيس للدراسة في قياس أثر تطبيق تقنيات أنترنت الأشياء (IOT) كأحد ابتكارات تكنولوجيا المعلومات التي تركز على الحساسية الذكية لربط كافة المعاملات والصفقات المالية للشركات بالأثار البيئية والأجتماعية. وتوصلت الدراسة الى عدة من النتائج أهمها انه تسهم تطبيقات تقنية أنترنت الأشياء في تعزيز كفاءة وفعالية وظائف النظام المحاسبي من خلال رصد وقياس وتسجيل كافة الصفقات والمعاملات الاقتصادية والبيئية والمجتمعية، وإعداد وتقديم التقارير الدورية بشأنها على المواقع الألكترونية والمنصات الرقمية.

دراسة (Mashayekhy ،2022)

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على تأثير تقنيات إنترنت الأشياء على إدارة المخزون في سلاسل التوريد، وتُجري دراسة شاملة لتحديد الفجوة البحثية في تطبيق إنترنت الأشياء على إدارة المخزون. وتوصلت الدراسة الى أن الأبحاث حول هذا الموضوع تتزايد في مختلف القطاعات كما يُعدّ تطوير سلسلة التوريد إلى سلسلة توريد متكاملة 4.0 أمرًا مفيدًا.

دراسة (النقودي،2024)

يهدف البحث الى استكشاف أثر تطبيق تكنولوجيا انترنت الاشياء في الحد من التكاليف اللوجستية بهدف رفع الكفاءة التشغيلية للمؤسسات. بالإضافة إلى تحليل الإختلاف في مؤشرات الربح التشغيلي قبل وبعد تطبيق إنترنت الإشياء. كشف النتائج وجود إختلافات كبيرة في مؤشرات الربح التشغيلي قبل وبعد تطبيق إنترنت الإشياء وان تطبيقه قد ساهم بشكل ملحوظ في الحد من التكاليف اللوجستية ورفع الكفاءة التشغيلية لشركات الاتصالات محل الدراسة، وأثبتت النتائج وجود تأثير ايجابي ومعنوي لتطبيق أنترنت الأشياء على تكاليف النقل والإدارة بشكل أكبر من تأثيره على المخزون والمستودعات ويعزو ذلك لطبيعة الشركات محل الدراسة. وأوصت الدراسة بمزيد من البحث والتقييم لأثر تطبيق إنترنت الأشياء على الصناعات الأخرى.

فجوة البحث

يُعد هذا البحث امتدادًا لعدة دراسات تناولت تحليل التكاليف الصناعية من جهة، وتطبيقات إنترنت الأشياء (IoT) في العمليات الصناعية من جهة أخرى، إلا أن معظم تلك الدراسات تناولت هذين الجانبين بشكل منفصل. فبينما ركزت بعض الأبحاث على استعمال الأساليب التقليدية لتحليل التكاليف مثل نظام التكاليف على أساس الأنشطة(ABC) ، تناولت أخرى تطبيقات IoT في مجالات مثل الصيانة التنبؤية وتحسين الكفاءة التشغيلية دون ربط مباشر بالجوانب المحاسبية. كما أن الدراسات التي تناولت قطاع النفط والغاز اقتصرت غالبًا على استعمال (IoT) لأغراض تتعلق بالسلامة أو مراقبة المعدات، دون التطرق إلى أثر هذه التقنيات على تحليل التكاليف وتحسين العمليات. ومن هنا، يسعى هذا البحث إلى سد هذه الفجوة من خلال دمج الجانب

التكنولوجي بالمحاسبي في بيئة تطبيقية حيوية، وذلك عبر دراسة حالة في قطاع النفط والغاز، مما يجعله إضافة نوعية للأدبيات الأكاديمية والتطبيقية في آنٍ واحد.

المبحث الثاني: الإطار النظري لتطور إنترنت الأشياء

مفهوم إنترنت الأشياء

يعود مفهوم إنترنت الأشياء (IoT) إلى فترة طويلة، حيث يشير إلى توصيل بعض الأشياء بالإنترنت. يمكن أن تشمل "الأشياء" في إنترنت الأشياء مجموعة واسعة من الكائنات، بدءًا من الأجهزة المنزلية المزودة بأجهزة استشعار مدمجة إلى الأنظمة الصناعية المتقدمة، مثل الشريحة الحيوية المزروعة التي تحتوي على جهاز إرسال بيانات. على الرغم من اختلاف المناقشات حول المفهوم، فقد كانت هناك عدة تطورات تقنية مهدت الطريق لإنترنت الأشياء، مما ساعد في ظهور تقنيات تحليل البيانات وأساليب المعالجة الخاصة به. (Mouha,2021,79)

إنترنت الأشياء Internet of Things ، يشار له اختصارا بـ IOT وهو أسلوب تقني حديث يهدف إلى استقطاب الأشياء متمثلة بالأجهزة وأجهزة الاستشعار وإيصالها بشبكة الإنترنت لتتراسل البيانات فيما بينها دون تدخل البشر بذلك، ويكون ذلك تلقائيًا في حال تواجد الشيء في المنطقة الجغرافية التي تغطيها شبكة الإنترنت (العسيري، 24,2020). يصف مصطلح إنترنت الأشياء نظامًا يرتبط فيه العالمان الرقمي والمادي لتشكيل شبكة عالمية. يستغل إنترنت الأشياء المحركات والمستشعرات وتقنيات نقل البيانات المدمجة في الأشياء المادية (على سبيل المثال، في حالة المباني الذكية: المصاعد، والواجهات، والنوافذ، والأثاث، والجدران، وأنظمة المياه، والأسقف، ووحدات الإضاءة، ووحدات التدفئة/التبريد، ووحدات التهوية، والمعدات، وأنظمة الاتصالات الكهربائية، وأنظمة الطاقة، وأنظمة التخزين، إلخ). يسمح هذا بتتبع هذه الأشياء أو تنسيقها أو التحكم فيها عبر شبكات البيانات أو الإنترنت، مما يُسهم في تحقيق قيمة للمستخدم طوال دورة حياة النظام .(رشيد واخرون،2022، 17)

التطبيقات الصناعية لإنترنت الأشياء في تحليل التكاليف وتحسين العمليات

أدى ظهور التقنيات الحديثة إلى تأثير عميق على الطريقة التي تنفذ بها المؤسسات، لا سيما في القطاعات الصناعية، تحليل التكاليف وتحسين العمليات بكفاءة. ومن بين جميع التقنيات الحديثة، أثبت إنترنت الأشياء (IoT) أنه يمتلك تطبيقات مهمة بشكل خاص في تحليل التكاليف وتحسين العمليات داخل البيئات الصناعية (Ghashghaee, 2016,18). وقد ساعد هذا التقاطع بين التكنولوجيا والصناعة على إنشاء مجال جديد أثار اهتمامًا متزايدًا من قبل الباحثين والممارسين.

يساهم إنترنت الأشياء في جمع البيانات في الوقت الفعلي والمراقبة المستمرة، مما يجعل القطاعات الصناعية أكثر حساسية تجاه تحليل التكاليف والنمذجة الهيكلية. وبهذه الطريقة، يمكن اتخاذ قرارات مستنيرة، والتي قد لا تكون دائمًا الأفضل من الناحية النظرية، لكنها الأكثر ربحية من الناحية العملية. وعليه، فإن إنترنت الأشياء يعمل كأداة للتعامل مع التعقيدات المتزايدة التي تحكم الأنشطة الصناعية.

وبالمثل، فإن الطبيعة الفورية لتقنيات إنترنت الأشياء تعزز إمكانيات التحسين المستمر. إذ إن التغيرات في بيئات الإنتاج ديناميكية، وما يكون الأكثر كفاءة من حيث التكلفة في لحظة معينة قد لا يكون كذلك في لحظة أخرى. لذا، فإن القدرة على اتخاذ قرارات مدروسة أثناء التشغيل تعد ميزة حيوية. ومن الضروري الإشارة إلى أنه على الرغم من أن المناهج الصناعية الواسعة يتم تطويرها في ورش العمل، وغرف الاجتماعات التنفيذية، والنقاشات الأكاديمية، إلا أن هذه المناهج نفسها تُطبق فورًا على نطاق واسع في مواقع التصنيع الفعلية.(Vermesan,2022,22)

يعد تحليل التكاليف والنمذجة الهيكلية من القضايا المحورية في المجال الصناعي. ومن بين العديد من المجالات التي تهتم بتحسين العمليات نجد (الدوسري، 2023):

- الصناعة 4.0 (Industry 4.0)
- الإنتاج في الوقت المناسب (JIT - Just In Time)
- إدارة المخاطر
- عمليات التشكيل (Forging)
- البثق (Extrusion)
- السباكة (Casting)
- نظم إدارة الإنتاج الحديثة (MEGs)
- أنظمة كانبان (Kanban Systems)
- جدولة العمليات (Scheduling)
- إعادة هندسة العمليات التجارية (BPR - Business Process Reengineering)

ولفهم السياق الأوسع لنماذج التكنولوجيا وتطبيقاتها، فإن النهج العالمي يكشف عن أطر العمل الخاصة بتحليل التكاليف والنمذجة الهيكلية، مما يسهم في تحسين العمليات الصناعية بكفاءة أكبر

(Nahafi,2022,35)

أهمية انترنت الأشياء

شهدت تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) اعتمادًا متزايدًا في مختلف القطاعات، مما أدى إلى تحسين الكفاءة التشغيلية بشكل كبير وخلق فرص تجارية جديدة (Ghashghaee, 2016). وبحلول عام 2020، قُدر أن قطاع إنترنت الأشياء سيحقق زيادة اقتصادية تصل إلى 1.32 تريليون دولار لصناعات النفط والغاز.

يُعد تحليل التكاليف الصناعية حجر الأساس للقطاعات الصناعية، حيث أصبح أكثر أهمية بالنسبة للشركات، إذ يساعد في تحديد موقعها ضمن بيئة تنافسية عبر تقديم مؤشر للمنافسة. وفي ضوء تقنيات إنترنت الأشياء، يهدف هذا البحث إلى تقديم

نهج منهجي لتحليل المنافسين في صناعة استكشاف النفط، من خلال الكشف عن التوزيع الجغرافي للمناطق الساخنة، واعتماد البيانات الديناميكية لتعزيز موثوقية تحليل التكاليف.(Rehman,2022,127)

يتم تطبيق النهج المقترح في شركة الاستكشافات النفطية (OEC)، حيث يتم احتساب التكاليف المعروفة، مما يساهم في حل العديد من المشكلات في هذا المجال، كما تم إثبات ذلك من خلال نظام إدارة المشاريع. وعلى عكس الدراسات السابقة، يقوم هذا البحث بإنشاء شبكة علاقات متطورة تستند إلى جميع العقود والتعاونات بين الشركات. علاوة على ذلك، يمكن لهذا النموذج معالجة الشركات العابرة من خلال تصفية الشركات غير المرتبطة، مما يساعد على التحكم في الديناميكيات التطويرية في المراحل الأولية لعمل OEC (محمد،2021، 19)

تساعد التحليلات التفاعلية المبنية على المخططات البيانية والانحدار الإحصائي في الكشف عن المعلومات المخفية. كما تؤكد نتائج دراسات أخرى فعالية ومتانة هذا النهج استنادًا إلى مجموعة واسعة من اختبارات المتانة. بالإضافة إلى ذلك، يتم لأول مرة تطبيق تحليل مشترك لمنافسة الشركات، مما يسهم في تطوير وتحسين تقنيات إدارة البيانات في القطاعات الصناعية المستقبلية. (Barnawi,2021,124)

التحديات والفرص في تطبيق إنترنت الأشياء في البيئات الصناعية

الفرص المتاحة:

دمج التكنولوجيا مع العمليات الميدانية: تمتلك OEC 20 مكتبًا/موقع عمل حضريًا، بالإضافة إلى 120 بئر نفط موزعة في الصحراء والجبال، مما يوفر فرصة فريدة لاختبار تطبيقات IoT في البيئات القاسية.

التعاون مع شركات التقنية: بدأت الشركة شراكات مع مزودي حلول تكنولوجية، وتركز هذه الشراكات على:

- تحديث البنية التحتية لاستيعاب إنترنت الأشياء.
- جمع وتحليل البيانات التشغيلية.
- تحسين كفاءة العمل والتخطيط المستقبلي لمواكبة التحولات التكنولوجية.

تطوير البنية الرقمية: استثمار OEC في الأتمتة والرقمنة يمكن أن يعزز الاقتصاد المحلي ويؤدي إلى تحفيز الصناعات الأخرى مثل الزراعة والتعدين.

المخاوف الأمنية والخصوصية

مع زيادة عدد الأجهزة المتصلة بالإنترنت، تتزايد مخاطر الهجمات الإلكترونية، خاصة في القطاعات الثقيلة التي تعتمد على آلاف الآلات الصناعية المتصلة. وفقًا لدراسة

(Urquhart & McAuley, 2018,33)، فإن هذه الهجمات قد تؤدي إلى:

- تعطل سلاسل التوريد.
- أضرار بيئية خطيرة.
- انقطاع واسع في الطاقة.
- تسريب بيانات صناعية حساسة مما يضر بالثقة العامة ويؤثر على مسؤولية الشركات.

المبحث الثالث الإطار النظري (تحليل التكاليف الصناعية ، تحسين العمليات)

مفهوم تحليل التكاليف وأهميته

قيام الإدارة المالية للمؤسسة بتحليل التكلفة المتوقعة للمشروع أو أي قرار تنوي الإدارة اتخاذه وتحديد الفوائد التي ستحصل عليها بعد تنفيذ هذا القرار، والمقارنة بين الأمرين بشكل موضوعي ودقيق.(أبو عميرة،2024).

أهمية تحليل التكاليف

بشكل واضح ومبسط تكمن الأهمية الكبرى لتحليل التكلفة والفائدة في أنه يساعد الإدارة على اختيار القرار الأفضل لهم من بين العديد من البدائل المطروحة أمامهم، وذلك بناءً على ما سيحققه المشروع من فوائد وهل سيغطي تكاليفه أم لا؟ وهل يستحق المغامرة والعناء في تنفيذه أم من الأفضل البحث عن بديل غيره؟

تحسين العمليات

تعددت التعريفات المقدمة لمفهوم تحسين العمليات

هي عملية يقظة تمارسها المؤسسة في مواجهتها للتحديات البيئية والاختلالات التي تترصدها على مستوى عملياتها بقصد تحسينها باستمرار، إضافة إلى ذلك فإنها تسمح بمطابقة منتجاتها للمواصفات المطلوبة بقصد ضمان الرضا التام للزبائن من جهة، وتخفيض وقت وتكاليف الإنتاج من جهة أخرى. إن تحسين الأداء مرهون بتحسين العمليات (حسن، 2020، 9).

المنهجيات المستخدمة لتحليل التكاليف وتحسين العمليات باستعمال إنترنت الأشياء

توفر تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) فرصة ذهبية للوصول إلى كميات ضخمة من البيانات بتكلفة منخفضة، مما يجعل تحليل البيانات أداة أساسية لاستخراج المعلومات القيمة واتخاذ قرارات مبنية على البيانات. تهدف هذه الورقة إلى اقتراح منهجيات منهجية لتحليل التكاليف وتحسين العمليات استنادًا إلى البيانات التي يتم جمعها عبر تقنيات IoT.

تحليل بيانات كفاءة أصول الإنتاج (PA) وتأثيرها على التكاليف

1. **عدد أصول الإنتاج لكل بئر مقابل التكاليف اليومية**

الجدول (1)

عدد أصول الإنتاج (PA)	التكاليف اليومية ($)
2	15,000
3	12,500
4	10,800
5	9,700
6	8,500

يوضح الجدول أن زيادة عدد أصول الإنتاج لكل بئر تساهم في تقليل التكاليف اليومية، حيث يؤدي وجود أصول إنتاج متعددة إلى زيادة الكفاءة التشغيلية وتوزيع الحمل على المضخات.

2. **استهلاك طاقة مضخة ESP مقابل كفاءة التشغيل**

الجدول (2)

استهلاك الطاقة (ك.و.س/ساعة)	كفاءة التشغيل (%)
150	70
180	75
200	80
220	85
250	88

يوضح الجدول أن زيادة استهلاك الطاقة تؤدي إلى تحسين كفاءة التشغيل، ولكن عند حد معين (250 ك.و.س/ساعة) تصبح الزيادة غير فعالة من حيث التكاليف مقارنة بالعائد الناتج عن تحسين الأداء.

3. درجة حرارة لف المحركات (MWT) وتأثيرها على تكاليف الصيانة

الجدول (3)

درجة حرارة اللف (C°)	تكلفة الصيانة السنوية ($)
60	12,000
70	15,000
80	18,500
90	22,000
100	27,000

كلما ارتفعت درجة حرارة لف المحركات (MWT) زادت تكاليف الصيانة السنوية. لذلك، فإن استعمال أنظمة تبريد أكثر كفاءة يمكن أن يقلل من الأعطال ويحسن استدامة المعدات.

هناك العديد من الطرق التي يمكن من خلالها الاستفادة من بيانات IoT لتحليل التكاليف وتحسين العمليات الصناعية، ومن أبرزها:

- رصد التكاليف (Cost Observation): يتم جمع بيانات التكاليف عبر أجهزة الاستشعار المتصلة بالأنظمة الصناعية لمراقبة تكلفة الصيانة، التشغيل، استهلاك الطاقة، وإدارة المخزون.
- نمذجة التكاليف والتنبؤ بها (Cost Modeling & Prediction): يساعد تحليل البيانات التاريخية المستخرجة من أجهزة IoT على بناء نماذج تنبؤية تتوقع التكاليف المستقبلية استنادًا إلى الأنماط السابقة.
- تحليل الأداء (Performance Analysis): يمكن استعمال تقنيات التحكم الإحصائي في العمليات (SPC) لتحديد معايير الأداء وكشف الأنماط غير الطبيعية التي قد تشير إلى مشكلات تشغيلية أو فرص تحسين.

دور تقنيات إنترنت الأشياء في مراقبة التكاليف وتحسين العمليات

يمكن لتقنيات إنترنت الأشياء أن توفر بيانات دقيقة، موضوعية، وقابلة للتكرار عن العمليات الصناعية، مما يساعد على:

- تحليل البيانات الضخمة لاكتشاف العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى ارتفاع تكاليف الصيانة والتشغيل.
- تحديد فرص تحسين العمليات من خلال تحليل بيانات الأداء لاكتشاف نقاط الضعف والاختناقات التشغيلية.
- استعمال التحليل التنبؤي لاكتشاف المشكلات المحتملة قبل وقوعها، مما يسمح باتخاذ إجراءات استباقية لتقليل الخسائر التشغيلية.

استعمال الشبكات اللاسلكية الصناعية لمراقبة المعدات

استخدمت بعض المصانع شبكات الاستشعار اللاسلكية الصناعية (IWSNs) لمراقبة المعدات الحيوية وتحليل اهتزازات المعدات عبر التحليل الطيفي. وتم تطوير خوارزمية تحليل البيانات لاكتشاف الأنماط التي تشير إلى احتمالية حدوث أعطال قبل وقوعها. وكانت النتائج على النحو التالي:

- تقليل تكاليف الإصلاح بشكل ملحوظ بفضل الصيانة التنبؤية التي تعتمد على البيانات الحية.
- تحسين استعمال المعدات وزيادة كفاءتها التشغيلية من خلال تقليل الأعطال غير المتوقعة.
- تحسين معايير الأمان في بيئة العمل من خلال منع الأعطال المفاجئة التي قد تشكل مخاطر.

توفير التكاليف وتحسين الكفاءة

في السياق العام لتقنيات إنترنت الأشياء، تدور المناقشات غالبًا حول التأثيرات التحويلية عبر المجالات الصناعية المختلفة. ومع ذلك، من منظور تحليل التكاليف الصناعية، تميل النتائج الأولية إلى تسليط الضوء على تأثيرات واسعة النطاق ومتنوعة إلى حد ما بسبب تطبيق تقنيات إنترنت الأشياء وبالتأكيد الحلول الذكية القائمة على السحابة والتي تتوسع بسرعة.

مع جمع بيانات المراقبة في الوقت الفعلي، يتم جمع المزيد والمزيد من الرؤية حول ظروف استعمال العمليات والموارد الصناعية. وفي حين أنها خالية من النزاعات، فإن أنظمة المراقبة الشاملة هذه من شأنها أن تعزز آفاق تخصيص الموارد عند مستويات القيمة الأكثر تحسينًا، والتي قد تعني من ناحية استثمارات مربحة (حلول ذكية) ولكن من ناحية أخرى أتمتة إغلاق العمليات غير الضرورية (التي غالبًا ما تستهلك الطاقة).

الإدارة الفعّالة، وتخصيص الموارد بشكل أفضل، ومحولات التكلفة الإضافية ليست سوى جانبين من الفوائد المالية. ويتضح من الأمثلة أن الصناعات التي تستخدم حلول إنترنت الأشياء القائمة على السحابة بشكل مرضٍ غالبًا ما تصور أسرع وتيرة في توسيع أسواقها إلى المستوى الوطني وحتى العالمي.

من خلال تحديد جوانب معينة قابلة للقياس لتحليل التكلفة، يتم الحصول على نظرة أعمق على جوانب توفير التكاليف وتحسين الكفاءة الملموسة التي تحفزها تقنيات إنترنت الأشياء في بيئة صناعية. يبدأ الوصف من الروتين اليومي والممارسات البسيطة، مثل مراقبة مستويات الخزان، وينتقل إلى الأنظمة الأكثر تعقيدًا، بما في ذلك الصيانة التنبؤية، ومراقبة الحالة، والديناميكيات الجماعية بين الأنظمة المختلفة، مثل تخصيص الموارد بين عمليات الحفر وإعادة العمل.

في حين يسعى الجميع في العمل إلى المزيد من الصفقات والعمليات الأكثر سلاسة، يُلاحظ أن الشركاء والموظفين وحقل النفط نفسه يمكن أن يكونوا متطلبين للغاية. نظرًا لكونها زميل عمل متحمس وداعم في حل المشكلات، يُلاحظ أن منصة إنترنت الأشياء أثبتت نفسها من خلال المغامرة الأولى لتقليص وقت التوقف بمقدار 120 دقيقة في ليلة واحدة. كما لفتت الانتباه بشكل خاص إلى تلك المناقشات الأخيرة.

إن التوقف عن العمل هو كابوس أي شركة استكشاف نفط (OEC)، حيث يتعلق الأمر بعدم نشاط منصة الحفر المطلوبة للتدخلات الإصلاحية أو الصيانة. إن إنفاق الوقت والموارد بشكل مفرط مفيد فقط لشركات الخدمة القادرة على فرض رسوم على المشغلين تزيد ثلاثة أضعاف المعدلات العادية أثناء التوقف عن العمل. للتغلب على مثل هذه الأحداث، قامت OEC سابقًا بتوظيف وتوقيع عقد لاحقًا لمنصة الحفر الآلية IoT المدعومة بالذكاء الاصطناعي LEED.

من خلال تحويل عمليات الحفر التقليدية إلى مساعٍ آلية تعتمد على البيانات، يتم التعامل مع مراقبة مستوى الخزان في الوقت الفعلي وتوقعات إنتاجية البئر ومراقبة الحالة الآلية (ACM) بواسطة واجهة بشرية بديهية. يشبه الشكل الأخير قمرة القيادة في مركبة فضائية، حيث يقوم أخصائي الأتمتة المتمرس بتكوينها بسهولة من جهاز كمبيوتر محمول يقع على بعد آلاف الأميال.

إن الانتشار السريع لتقنيات إنترنت الأشياء (IoT)، التي تتميز بالربط اللاسلكي لأي جهاز أو نظام أو مستشعر، مما يسمح بتبادل كميات هائلة من البيانات، ومنهجيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي (ML)، تُحدث ثورة في العديد من القطاعات، وخاصة التصنيع والطاقة، مع آثار كبيرة أيضًا على تحليلات التكاليف والعمليات الصناعية.

ومن خلال الجمع بين تقنيات إنترنت الأشياء ومنهجيات الذكاء الاصطناعي/التعلم الآلي، تُصبح معالجة البيانات الناتجة عن الأجهزة والمستشعرات المثبتة على طول العمليات الصناعية وسيلةً تُمكّن من وضع تحليلات متقدمة وأتمتة مراقبة الإنتاج والتحكم فيه. في الواقع، يمكن لخوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي توفير تفسيرات أكثر ذكاءً لمجموعات البيانات الكبيرة الناتجة عن قدرات إنترنت الأشياء، مما يسمح للشركات باتخاذ قرارات أكثر استنارة ومعالجة مجموعة من المشكلات تتجاوز ما يمكن تحقيقه من خلال إنترنت الأشياء وحده.

وقد شهدت العديد من الصناعات، مثل الطاقة والرعاية الصحية والسيارات، تطبيقات ناجحة عديدة لهذا الدمج، حيث تُتاح الصيانة التنبؤية بالاعتماد على البيانات المُولّدة من مستشعرات إنترنت الأشياء، أو حيث يُحسّن جدول إنتاج القطع بما يتناسب مع طلبات سوق البيع وأداء آلات الإنتاج (Gill & Shea, 2018).

ويُولى اهتمام أكبر لقطاع الطاقة، حيث تنتشر أجهزة وأنظمة إنترنت الأشياء على نطاق واسع، ويُحدث استعمال الحلول الرقمية تحولاً جذرياً في هذا القطاع، مع الأخذ في الاعتبار في الوقت نفسه استعمال الشركات لمنهجيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، مستفيدةً من خوارزميات التعلم الآني التي تتكيف مع الأنظمة المادية، ومن فرص المراقبة والتحكم عن بُعد عبر الإنترنت في الأنظمة المعقدة.

تُناقش التحديات التي ستواجهها الشركات في تبني هذه التقنيات، مثل الاستثمارات المطلوبة في هذه الحلول الرقمية، والمهارات الجديدة المطلوبة للقوى العاملة. كما تُناقش أيضًا كيف يُتوقع أن يُسهم نشر هذه التقنيات ليس فقط في وضع الشركات في مستوى مختلف فيما يتعلق بمراقبة العمليات الصناعية والتحكم فيها، بل أيضًا في آثار جوهرية على تحسين الإنتاج والاستدامة البيئية والمجتمعية للعمليات. ويتعلق هذا الاعتبار الأخير بمراقبة محطات توليد انبعاثات ثاني أكسيد

الكربون والتحكم فيها، ومن المرجح أن يمتد نطاقه في نهاية المطاف إلى نطاق أوسع، لا سيما في ضوء الاهتمام المتزايد الذي يوليه اتحاد الطاقة واتفاقية باريس للاستدامة البيئية.

المبحث الرابع دراسة حالة : شركة الاستكشافات النفطية (OEC)

تمت دراسة شركة الاستكشافات النفطية (OEC) كشركة تم فيها دمج تقنيات إنترنت الأشياء ضمن إطار تحليل التكاليف وتحسين العمليات في القطاع الصناعي، مما وفر رؤى قيمة حول كيفية مساهمة هذه التقنيات في تحسين كفاءة التكلفة وتعزيز الإنتاجية في بيئة صناعية ديناميكية.

تأسيس شركة OEC وعملياتها الإنتاجية

تأسست شركة OEC في عام 1997، وتمتلك مصنعين يعمل بهما حوالي 300 موظف. يستخدم مصنع OEC آلات إنتاج صناعية منذ 23 عامًا في عدة قطاعات، تشمل السيارات، والصناعات الكيميائية، والصناعات الغذائية، والطيران، والطاقة الكهربائية، والصناعات الدفاعية. يهدف المصنع إلى إنتاج سلع عالية الجودة بأقل تكلفة ممكنة.

الوضع الحالي لسوق الاستكشاف النفطي:

إلى جانب هذا التباطؤ، بدأ سوق استكشاف النفط في إظهار علامات ركود، مع تراجع فرص الاستكشاف، وضعف السوق النفطية، وارتفاع المنافسة من قبل شركات أخرى بارزة في المجال.

التحديات الرئيسية:

تفاقمت هذه التحديات بسبب حدثين رئيسيين:

كارثة الحفر العميق في الفراغ (Vacuum Deep-Sea Drilling Disaster)، والتي تسببت في انخفاض كبير في آفاق الاستكشاف البحري، وهو المجال الرئيسي الذي تركز عليه OEC.

في أغسطس 2013، استجابةً للظروف المتغيرة في السوق، تم اقتراح استراتيجية جديدة تركز على تحسين الكفاءة التشغيلية.

التحولات في القطاع:

خلال هذه الفترة، قامت العديد من الشركات المنافسة بزيادة معداتها وإنتاجها، مما أدى إلى ارتفاع هائل في احتياطيات النفط والغاز. وفي هذا السياق، أصبح الحفاظ على الكفاءة في إدارة التكاليف أمرًا ضروريًا لبقاء OEC.

تبني التكنولوجيا لمواجهة التحديات

من أجل مواجهة التحديات غير المسبوقة، يتم النظر في اعتماد التكنولوجيا المتقدمة كحل مستدام. ومن أبرز الحلول المقترحة:

- ميكنة القوى العاملة من خلال الاستعمال الواسع لتقنيات إنترنت الأشياء (IoT).

- استكشاف مدى قدرة تقنيات إنترنت الأشياء على تحسين الكفاءة التشغيلية وإدارة التكاليف.

الاستنتاج الأولي

توضح هذه الدراسة أن الاعتماد على تقنيات إنترنت الأشياء يمكن أن يكون حلاً رئيسيًا يساعد OEC على تحقيق كفاءة تشغيلية أعلى وتخفيض التكاليف، مما يسمح لها بالتكيف مع بيئة السوق المتغيرة والبقاء قادرة على المنافسة

الجدول (4) المقارنة بين الوضع قبل التطبيق وبعده في شركة الاستكشافات النفطية

العنصر	قبل تطبيق الإنترنت الأشياء	بعد تطبيق إنترنت الأشياء
التكاليف	تكاليف تشغيل وصيانة مرتفعة بسبب الأعطال غير المتوقعة والمراقبة اليدوية.	تقليل التكاليف التشغيلية عبر الصيانة التنبؤية والمراقبة الفورية للأصول.
الإنتاج	تأخير في الإنتاج بسبب الأعطال غير المخطط لها وضعف مراقبة الإنتاج المعدات.	زيادة الإنتاج نتيجة تقليل الأعطال وتحسين عمليات الاستخراج والمعالجة.
الكفاءة	كفاءة أقل بسبب نقص المعلومات الفورية وصعوبة اتخاذ القرار السريع	تحسين الكفاءة من خلال جمع البيانات اللحظي والتحليلات المتقدمة
الاستهلاك	استهلاك غير محكم للموارد مثل الوقود والطاقة والمياه	تحسين استهلاك الموارد عبر المراقبات الذكية وتقنيات التحكم التلقائي
الآثار البيئية	انبعاثات ملوثة اعلي نتيجة العمليات الغير فعالة والتسريبات الغير مكتشفة	تقليل الانبعاثات من خلال المراقبة البيئية المستمرة وكشف التسريبات المبتكرة
أبعاد تحسين العمليات	اعتماد علي التقييم اليدوي واتخاذ القرارت بناءً على تجارب سابقة	تحسين العمليات باستعمال الذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية لتخطيط أفضل

المبحث الخامس النتائج والاستنتاجات

تحديد العدد الأمثل من أصول الإنتاج لكل بئر يمكن أن يقلل من التكاليف التشغيلية ويحسن الأداء.

الاستهلاك الأمثل للطاقة يساهم في زيادة كفاءة المضخات، ولكن يجب موازنة التكلفة مع الكفاءة.

مراقبة درجات حرارة لف المحركات (MWT) يمكن أن يساعد في تقليل تكاليف الصيانة وتحسين عمر المعدات.

التوصيات

1. تحسين عمليات الصيانة التنبؤية باستعمال إنترنت الأشياء لتجنب الأعطال وتقليل التكاليف.
2. تحديث تقنيات التبريد للمضخات للحد من ارتفاع درجات الحرارة وتحسين كفاءة المحركات.
3. استعمال تحليلات البيانات الضخمة لاتخاذ قرارات قائمة على الأدلة لتقليل التكاليف وتحسين الإنتاجية.

الاستنتاجات

1. يُعد إنترنت الأشياء (IoT) ثورة رقمية في مجال تحليل التكاليف الصناعية وتحسين العمليات، حيث يُمكن المؤسسات من جمع البيانات الدقيقة وتحليلها بشكل فوري، مما يُسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الهدر والتكاليف. من خلال التكامل مع الذكاء الاصطناعي والتحليلات المتقدمة، يتيح إنترنت الأشياء رؤية أوضح لسير العمليات، مما يؤدي إلى قرارات أكثر دقة واستجابة أسرع للمشكلات المحتملة.
2. يُمكن لإنترنت الأشياء أن يقلل التكاليف التشغيلية في قطاع الصناعات الثقيلة مثل النفط والغاز بنسبة تصل إلى 50%، ويُحسن الإنتاجية عبر الصيانة التنبؤية وتقليل التوقفات غير المخطط لها. إضافةً إلى ذلك، يسهم في تعزيز الاستدامة البيئية عبر تقليل استهلاك الموارد والانبعاثات الضارة.
3. يُمثل إنترنت الأشياء أداة حيوية للتحول الرقمي في الصناعة، مما يساعد الشركات على تحقيق ميزة تنافسية قوية من خلال تحسين الأداء، تقليل المخاطر، وتعظيم الربحية على المدى الطويل.

قائمة المراجع

المراجع العربية

1. أبو عميرة، فهد.(2024). ما هو تحليل التكلفة والفائدة وما أهميته وكيفية القيام به. دفتره.
2. حسن، محمد مصطفي.(2020). دور التحسين المستمر في تحسين اداء العمليات الانتاجية. المجلة الالكترونية الشاملة متعددة المعرفة لنشر الأبحاث العلمية والتربوية.
3. الدوسري، مشاري محمد راشد سالم تلاب، السيد، محمد صابر حمودة، وعبد الرحمن، مروة أحمد. (2023). دور تقنيات إنترنت الأشياء في تدعيم خدمات التوكيد المهني لتقارير الأعمال المتكاملة. المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية، مجلد 15، عدد خاص، 1 -20.

4. رشيد، سالار جمال، الكبابجي، احمد مأمون، خضر، عبدالستار محمد، (2021) " تقنيات الاتصالات والشبكاتلانترنت الاشياء في المباني الذكية دراسة استقصائية" مجلة الجامعة التقنية الشمالية الكلية التقنية الهندسية، المجلد 1، الاصدار الاول، الصفحة (1-18).
5. شاهين،عبدالحميد أحمد، شحاتة، محمد موسى علي (2021) "أثر تطبيق أنترنت الأشياء على تحسين مستوى شفافية تقارير الإستدامة كركيزة لتحقيق رؤية مصر 2030" جامعة مدينة السادات، كلية التجارة.
6. العسيري، رغد محمد.(2020). انترنت الاشياء. العطاء الرقمي.
7. محمد، محمد مصطفى جمعة خميس. (2021). أثر تطبيق إنترنت الأشياء في ظل تبني الحوسبة السحابية على نظام إدارة المخزون. مجلة الإسكندرية للبحوث المحاسبية، مجلد 5، ع1، 1 -38.
8. النقودي، سوزي فاروق (2024) "أثر تطبيقات انترنت الأشياء في الحد من التكاليف اللوجستية بهدف رفع الكفاءة التغيلية للمؤسسات" كلية تكنولوجيا الإدارة ونظم المعلومات، جامعة بورسعيد مصر، مجلة البحوث المحاسبية، المجلة (11) العدد (4).

المراجع الأجنبية

1. Agha, A. M., Massoudi, A. H., & Zaidan, M. N. (2023). The influence of individual, environmental, technology, and manufacturing factors on Iraqi gas and oil companies. Cihan University-Erbil Journal of Humanities and Social Sciences, 7(1), 136-147.
2. Barnawi, A., Chhikara, P., Tekchandani, R., Kumar, N., & Alzahrani, B. (2021). Artificial intelligence-enabled Internet of Things-based system for COVID-19 screening using aerial thermal imaging. Future Generation Computer Systems, 124, 119-132 .
3. Ghashghaee, P. A. Y. A. (2016). Smart manufacturing: role of Internet of Things in process optimization. Tampere University of Technology, Master of Science Thesis.
4. Gill, B. & Shea, T. (2018). Industrial IoT Brings Benefits and Opportunities for Rotating Equipment Suppliers and Plant Operators.
5. Gupta, R. M. (2015). Intelligent Data in the context of the internet-of-things. arXiv preprint arXiv:1507.01368.
6. Mashayekhy, Y.; Babaei, A.; Yuan, X.-M.; Xue, A. (2022) “Impact of Internet of Things (IoT) on Inventory Management” A Literature Survey. Logistics 2022, 6, 33. https:// doi.org/10.3390/logistics6020033
7. Mouha, R. A. R. A. (2021). Internet of things (IoT). Journal of Data Analysis and Information Processing, 9(02), 77.

8. Najafi, S. E., Nozari, H., & Edalatpanah, S. A. (2022). Artificial Intelligence of Things (AIoT) and Industry 4.0–Based Supply Chain (FMCG Industry). A roadmap for enabling industry 4.0 by artificial intelligence, 31-41 .
9. Rehman, A., Saba, T., Kashif, M., Fati, S. M., Bahaj, S. A., & Chaudhry, H. (2022). A revisit of internet of things technologies for monitoring and control strategies in smart agriculture. Agronomy, 12(1), 127 .
10. Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., (2009). Internet of Things Strategic Research Roadmap
11. Urquhart & McAuley, **(**2018**)** Avoiding the internet of insecure industrial things, Volume 34, Issue 3, Pages 450-466