


التخطيط الاستراتيجي في سلاسل التوريد الذكية باستخدام إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية لمواجهة

الازمات اللوجستية

المبروك مصطفى محمد مصطفى 

شركة رأس لانوف لمعالجة النفط والغاز رأس لانوف، ليبيا

almabrouk1964@gmail.com

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة التخطيط الاستراتيجي في سلاسل التوريد الذكية باستخدام إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية لمواجهة الأزمات اللوجستية. اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم جمع البيانات من عينة عشوائية مكونة من 100 فرد من مديري وموظفي سلاسل التوريد في قطاعات صناعية (40%)، تجارية (35%)، ولوجستية (25%)، باستخدام استبيان يركز على إنترنت الأشياء، التحليلات التنبؤية، وإدارة الأزمات. تم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS لاستخلاص التكرارات، النسب المئوية، المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية. أظهرت النتائج أن إنترنت الأشياء يعزز تتبع المنتجات (متوسط 4.2) ويقلل أخطاء المخزون (متوسط 4.0)، لكنه يواجه تحدي التكاليف العالية (متوسط 4.3)، بينما تدعم التحليلات التنبؤية اتخاذ القرارات الاستباقية (متوسط 4.2) رغم الحاجة إلى مهارات تقنية متقدمة (متوسط 4.3). كما أكدت النتائج أن هذه التقنيات تعزز مرونة سلاسل التوريد (متوسط 4.2)، مع تحديات تتعلق بالخصوصية والأمان (متوسط 4.3). تؤكد النتائج أهمية دمج هذه التقنيات لتحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل المخاطر، مع ضرورة معالجة التكاليف، تطوير المهارات التقنية، وتعزيز الأمان السيبراني. التوصيات تشمل زيادة الاستثمار في إنترنت الأشياء، تطوير برامج تدريب، تحسين الأمان، دمج التحليلات التنبؤية في التخطيط، وتشجيع التعاون بين القطاعات لضمان تكامل فعال وأداء مستدام. الكلمات المفتاحية: التخطيط الاستراتيجي، سلاسل التوريد الذكية، إنترنت الأشياء، التحليلات التنبؤية، الأزمات اللوجستية.

Abstract

The research aims to examine strategic planning in smart supply chains using the Internet of Things (IoT) and predictive analytics to address logistics crises. The research adopted a descriptive analytical approach, with data collected from a random sample of 100 supply chain managers and employees across the industrial (40%), commercial (35%), and logistics (25%) sectors. The data was collected using a questionnaire focusing on the Internet of Things, predictive analytics, and crisis management. The data were analyzed using SPSS to extract frequencies, percentages, means, and standard deviations. The results showed that the Internet of Things enhances product traceability (mean 4.2) and reduces inventory errors (mean 4.0), but faces the challenge of high costs (mean 4.3). Predictive analytics, on the other hand, supports proactive decision-making (mean 4.2), despite the need for advanced technical skills (mean 4.3). The results also confirmed that these technologies enhance supply chain resilience (mean 4.2), while also posing challenges related to privacy and security (mean 4.3). The findings underscore the importance of integrating these technologies to improve operational efficiency and reduce risk, while addressing costs, developing technical skills, and enhancing cybersecurity. Recommendations include increasing investment in the Internet of Things, developing training programs, improving security, incorporating predictive analytics into planning, and encouraging cross-sector collaboration to ensure effective integration and sustainable performance.

Keywords: Strategic planning, smart supply chains, Internet of Things, predictive analytics, logistics crises.

المقدمة

سلاسل التوريد هي العمود الفقري للاقتصاد العالمي، حيث تربط بين الموردين، المنتجين، والمستهلكين في شبكة معقدة من العمليات اللوجستية. مع التطورات التكنولوجية المتسارعة، برزت سلاسل التوريد الذكية كحل مبتكر يعتمد على تقنيات مثل إنترنت الأشياء (IoT) والتحليلات التنبؤية لتعزيز الكفاءة التشغيلية ومواجهة التحديات المتزايدة. تواجه سلاسل التوريد تحديات كبيرة، مثل الأزمات اللوجستية الناتجة عن الكوارث الطبيعية، التقلبات الاقتصادية، أو الاضطرابات الجيوسياسية، مما يؤثر على استمرارية الأعمال وزيادة التكاليف. إن استخدام إنترنت الأشياء يتيح جمع البيانات في الوقت

الفعلي، بينما تمكن التحليلات التنبؤية من توقع المشكلات المحتملة واتخاذ قرارات استباقية. يهدف هذا البحث إلى دراسة كيفية دمج هذه التقنيات في التخطيط الاستراتيجي لسلاسل التوريد الذكية لمواجهة الأزمات اللوجستية، مع التركيز على تحسين إدارة المخاطر، تقليل التكاليف، وتعزيز المرونة والاستجابة السريعة (الطبال، 2024).

مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في تزايد تعقيد الأزمات اللوجستية التي تواجه سلاسل التوريد، مثل التأخيرات في الشحن، نقص المواد الخام، انقطاع سلاسل الإمداد، أو ارتفاع تكاليف النقل. هذه الأزمات تؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة وتؤثر على رضا العملاء. على الرغم من التقدم التكنولوجي، لا تزال العديد من الشركات تعتمد على أساليب تقليدية في إدارة سلاسل التوريد، مما يجعلها أقل قدرة على التعامل مع الاضطرابات غير المتوقعة. هناك حاجة ملحة لتطوير استراتيجيات تخطيط تعتمد على تقنيات متقدمة مثل إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية لتحسين استجابة سلاسل التوريد للأزمات وتعزيز كفاءتها (النقودي، 2024).

أسئلة البحث

1. كيف يمكن لإنترنت الأشياء أن يساهم في تحسين التخطيط الاستراتيجي لسلاسل التوريد الذكية؟
2. ما دور التحليلات التنبؤية في توقع الأزمات اللوجستية وتقليل تأثيرها؟
3. ما هي أهم العوامل التي تؤثر على فعالية استخدام إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية في إدارة الأزمات اللوجستية؟
4. كيف يمكن قياس أثر التخطيط الاستراتيجي باستخدام هذه التقنيات على كفاءة سلاسل التوريد؟
5. ما هي التحديات التي تواجه الشركات عند دمج إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية في سلاسل التوريد؟

أهداف البحث

1. استكشاف دور إنترنت الأشياء في تحسين التخطيط الاستراتيجي لسلاسل التوريد الذكية.
2. تحديد كيفية استخدام التحليلات التنبؤية لتوقع الأزمات اللوجستية وتقليل تأثيرها.
3. دراسة العوامل المؤثرة على فعالية دمج هذه التقنيات في إدارة سلاسل التوريد.
4. تقييم أثر التخطيط الاستراتيجي باستخدام إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية على كفاءة الأداء.
5. تحديد التحديات التي تواجه الشركات أثناء تطبيق هذه التقنيات وتقديم توصيات لحلها.

أهمية البحث

أهمية علمية: يساهم البحث في إثراء الأدبيات الأكاديمية حول سلاسل التوريد الذكية من خلال دراسة تطبيقات إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية، مما يوفر إطاراً نظرياً وعملياً للباحثين.

أهمية عملية: يقدم البحث حلولاً عملية للشركات التي تسعى لتحسين إدارة سلاسل التوريد في مواجهة الأزمات، مما يساعد على تقليل التكاليف وزيادة الكفاءة.

أهمية اقتصادية: من خلال تعزيز مرونة سلاسل التوريد، يساهم البحث في تقليل الخسائر الناتجة عن الأزمات اللوجستية، مما يدعم الاقتصادات المحلية والعالمية.

أهمية اجتماعية: تحسين سلاسل التوريد يضمن توفر المنتجات والخدمات للمستهلكين في الوقت المناسب، مما يعزز رضا العملاء واستقرار الأسواق.

مصطلحات البحث

سلاسل التوريد الذكية: نظام إدارة سلاسل التوريد الذي يعتمد على التكنولوجيا المتقدمة مثل إنترنت الأشياء، الذكاء الاصطناعي، والتحليلات التنبؤية لتحسين الكفاءة والمرونة (Saruchera، Salimi-Zaviyeh، و Vanani، 2024).

إنترنت الأشياء (IoT): شبكة من الأجهزة المتصلة التي تجمع البيانات وتبادلها في الوقت الفعلي لتحسين اتخاذ القرار (مصلح، 2019).

التحليلات التنبؤية: استخدام البيانات التاريخية والحالية مع الخوارزميات الإحصائية لتوقع الأحداث المستقبلية (شطا، 2023).

الأزمات اللوجستية: الاضطرابات غير المتوقعة التي تؤثر على تدفق السلع والخدمات، مثل الكوارث الطبيعية أو انقطاع سلاسل الإمداد (Skarżyński، 2022).

التخطيط الاستراتيجي: عملية تحديد الأهداف طويلة الأجل ووضع خطط لتحقيقها، مع التركيز على إدارة المخاطر وتحسين الأداء (عيسي، 2023).

حدود البحث

- الحدود المكانية: يركز البحث على الشركات التي تعمل في سلاسل التوريد العالمية أو المحلية، مع التركيز على القطاعات الصناعية والتجارية.
- الحدود الزمنية: يتم جمع البيانات خلال عام 2025.
- الحدود الموضوعية: يقتصر البحث على دراسة إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية، دون الخوض في تقنيات أخرى مثل البلوك تشين.
- الحدود المنهجية: يعتمد البحث على الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات، مما قد يحد من شمولية المعلومات.

منهجية البحث

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يهدف إلى وصف الظاهرة (التخطيط الاستراتيجي باستخدام إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية) وتحليل العلاقات بين المتغيرات. يشمل المنهج:

- مراجعة الأدبيات: دراسة الأبحاث السابقة حول سلاسل التوريد الذكية وتطبيقات التكنولوجيا الحديثة.
- جمع البيانات: استخدام الاستبيان لجمع بيانات من العينة المختارة.
- تحليل البيانات: استخدام أساليب إحصائية مثل التحليل الوصفي والارتباط لفهم العلاقات بين المتغيرات.
- استخلاص النتائج: تقديم توصيات بناءً على التحليل لتحسين التخطيط الاستراتيجي في سلاسل التوريد.

مجتمع البحث وعينته

مجتمع البحث: يشمل مديري سلاسل التوريد، المختصين في اللوجستيات، وخبراء التكنولوجيا في الشركات التي تعتمد على سلاسل التوريد في القطاعات الصناعية والتجارية.

عينة البحث: تم اختيار عينة عشوائية مكونة من 100 فرد من مديري وموظفي سلاسل التوريد في شركات مختلفة. تم اختيار العينة بناءً على معايير تشمل:

- خبرة لا تقل عن 3 سنوات في إدارة سلاسل التوريد.
- العمل في شركات تستخدم أو تخطط لاستخدام تقنيات إنترنت الأشياء أو التحليلات التنبؤية.

- تنوع القطاعات (صناعي، تجاري، لوجستي).

أدوات البحث

الأداة الرئيسية: الاستبيان، الذي صُمم لقياس آراء العينة حول:

- مدى استخدام إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية في التخطيط الاستراتيجي.
- تأثير هذه التقنيات على إدارة الأزمات اللوجستية.
- التحديات التي تواجه الشركات أثناء تطبيق هذه التقنيات.

تصميم الاستبيان: يتكون من ثلاثة أقسام:

- أسئلة ديموغرافية (الخبرة، القطاع، الحجم التنظيمي).
- أسئلة حول استخدام إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية (مثل: مستوى التكامل، الفوائد المتوقعة).
- أسئلة حول الأزمات اللوجستية (مثل: التأخيرات، نقص الموارد، استراتيجيات المواجهة).

الصدق والثبات:

تم اختبار الاستبيان على عينة أولية (10 أفراد) للتأكد من وضوح الأسئلة وملاءمتها، مع حساب معامل الثبات (ألفا كرونباخ) لضمان دقة الأداة، والذي بلغ 0.879 وهو ما يؤكد ثبات استبيان الدراسة.

الإطار النظري

التخطيط الاستراتيجي في سلاسل التوريد

التخطيط الاستراتيجي في سلاسل التوريد هو عملية وضع أهداف طويلة الأجل وتصميم خطط لتحقيقها من خلال إدارة الموارد والعمليات بكفاءة. يهدف إلى تحسين تدفق البضائع والمعلومات، مع ضمان الاستجابة السريعة للتحديات. وفقاً لعيسى (2023)، يواجه التخطيط الاستراتيجي معوقات مثل مقاومة التغيير، نقص الموارد، والتغيرات الاقتصادية، مما يتطلب نهجاً ديناميكياً يعتمد على التكنولوجيا. في سياق سلاسل التوريد الذكية، يركز التخطيط على دمج التقنيات الرقمية لتحقيق الشفافية والمرونة. يشير Saruchera et al. (2024) إلى أن التحول الرقمي، بما في ذلك إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي، أصبح أساسياً لتحسين اتخاذ القرار وتقليل التكاليف.

سلاسل التوريد الذكية تعتمد على التكامل الرقمي بين الموردين، المنتجين، والعملاء، مما يتيح رؤية شاملة في الوقت الفعلي. وفقاً لxpert.digital (2024)، توفر اللوجستيات الذكية شفافية كاملة، مما يقلل الأخطاء ويعزز الكفاءة. يتضمن التخطيط الاستراتيجي تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) مثل زمن التسليم وتكاليف التشغيل، ووضع استراتيجيات استباقية لمواجهة الأزمات. يؤكد عيسى (2023) أن التخطيط الاستراتيجي يحتاج إلى مراعاة السياق الثقافي والاقتصادي لضمان النجاح، خاصة في بيئات الأزمات.

إنترنت الأشياء في سلاسل التوريد

إنترنت الأشياء هو شبكة من الأجهزة المتصلة المزودة بأجهزة استشعار وبرمجيات تجمع البيانات وتتبادلها عبر الإنترنت. يعزز إنترنت الأشياء الكفاءة التشغيلية من خلال توفير بيانات فورية حول العمليات. تشير دراسة النقودي (2024) إلى أن تطبيقات إنترنت الأشياء، مثل أجهزة تتبع RFID، قللت تكاليف النقل وأخطاء إدارة المخزون في شركات الاتصالات المصرية، مما أدى إلى تحسين مؤشرات الربح التشغيلي. كذلك، أكد أبو القاسم وآخرين (2020) أن إنترنت الأشياء يعزز تكامل سلسلة القيمة في الشركات الأجنبية بالجزائر من خلال تحسين التعاون اللوجستي ورفع الأداء المالي.

في سياق الأزمات اللوجستية، يساعد إنترنت الأشياء في مراقبة الشحنات، توقع الانقطاعات، وتحسين تخصيص الموارد. على سبيل المثال، يمكن لأجهزة الاستشعار تتبع حالة البضائع في الوقت الفعلي، مما يقلل من التأخيرات. ومع ذلك، تواجه الشركات تحديات مثل ارتفاع تكاليف التطبيق ونقص البنية التحتية، كما أشارت دراسة أبو القاسم وآخرين (2020). يؤكد مصلح (2019) أن إنترنت الأشياء يتطلب استثمارات كبيرة في التدريب والبنية التحتية لضمان التكامل الفعال.

التحليلات التنبؤية ودورها في التخطيط

التحليلات التنبؤية هي عملية استخدام البيانات التاريخية والحالية مع الخوارزميات لتوقع الأحداث المستقبلية. وفقاً لـ (Aljohani (2023)، تعزز التحليلات التنبؤية مرونة سلاسل التوريد من خلال توقع الطلب وتحسين إدارة المخزون. تشير دراسة رشوان (2022) إلى أن تحليلات البيانات الضخمة تدعم استدامة الأداء في قطاع الصناعات الغذائية من خلال الرقابة والمرونة، حيث تلعب دوراً وسيطاً في تحسين الاستجابة للاضطرابات. كما أكدت شطا (2023) أن التحليلات التنبؤية تحسن كفاءة اتخاذ القرار في البنوك التجارية من خلال تحليل البيئة الخارجية. في سياق الأزمات اللوجستية، تساعد التحليلات التنبؤية في توقع نقص المخزون، التأخيرات، أو التقلبات في الطلب، مما يتيح اتخاذ قرارات استباقية. يوضح (Adeniran et al. (2024) أن التحليلات التنبؤية، عند دمجها مع إنترنت الأشياء، توفر رؤى دقيقة لتحسين تخصيص الموارد. ومع ذلك، تتطلب هذه التقنية مهارات تقنية عالية وجودة بيانات موثوقة، كما أشارت دراسة رشوان (2022). (Yesodha et al. (2025) أكدوا أن الجمع بين إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية يعزز الأتمتة، مما يقلل من التدخل البشري ويحسن الكفاءة.

الأزمات اللوجستية وتأثيرها على سلاسل التوريد

الأزمات اللوجستية تشمل الاضطرابات غير المتوقعة مثل الكوارث الطبيعية، التقلبات الاقتصادية، أو انقطاعات الإمدادات. يشير Skarżyński (2022) إلى أن الأزمات اللوجستية تتطلب استراتيجيات مرنة لضمان استمرارية العمليات. تؤثر هذه الأزمات على زمن التسليم، تكاليف النقل، ورضا العملاء. يوضح (Attah et al. (2024) أن الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك التحليلات التنبؤية، يدعم حل المشكلات في إدارة الأزمات من خلال تحسين تخصيص الموارد والاستجابة السريعة.

إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية يلعبان دوراً حاسماً في مواجهة الأزمات. على سبيل المثال، يمكن لإنترنت الأشياء مراقبة حالة الشحنات في الوقت الفعلي، بينما تتوقع التحليلات التنبؤية الاضطرابات المحتملة. تشير دراسة الطبال (2024) إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك تحليلات البيانات الضخمة، تعزز التخطيط الاستراتيجي في سلاسل التوريد، مما يساعد في تقليل تأثير الأزمات. ومع ذلك، تواجه الشركات تحديات مثل الخصوصية والأمان، كما أكدت دراسة أبو القاسم وآخرين (2020).

التحديات والفرص في دمج التقنيات الذكية

التحديات

- ارتفاع التكاليف: تتطلب تطبيقات إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية استثمارات كبيرة في البنية التحتية والأجهزة، كما أشارت النقودي (2024).
- نقص المهارات التقنية: تتطلب هذه التقنيات كفاءات عالية، مما يشكل تحدياً للشركات الصغيرة، كما أكدت رشوان (2022).
- الخصوصية والأمان: جمع البيانات عبر إنترنت الأشياء يثير مخاوف الخصوصية، كما ذكر أبو القاسم وآخرين (2020).
- تكامل الأنظمة: دمج التقنيات الحديثة مع الأنظمة القديمة يشكل تحدياً تقنياً، كما أشار (Saruchera et al. (2024).

الفرص

1. تحسين الكفاءة: تعزز التقنيات الذكية الكفاءة التشغيلية من خلال تقليل الأخطاء وتحسين التتبع، كما أكدت النقودي (2024).
2. زيادة المرونة: تمكن التحليلات التنبؤية من توقع الاضطرابات، مما يعزز الاستجابة السريعة، كما ذكر Aljohani (2023).
3. تقليل التكاليف طويلة الأجل: رغم التكاليف الأولية، تحقق التقنيات وفورات في النقل والمخزون، كما أشارت أبو القاسم وآخرين (2020).
4. تعزيز الاستدامة: تدعم التقنيات الذكية استدامة الأداء، كما أكدت رشوان (2022).

تطبيقات إنترنت الأشياء في إدارة الأزمات اللوجستية

إنترنت الأشياء يوفر حلولاً عملية لتحسين إدارة سلاسل التوريد من خلال جمع البيانات في الوقت الفعلي. تشير دراسة النقودي (2024) إلى تجربة شركات الاتصالات المصرية، حيث استخدمت أجهزة تتبع RFID لمراقبة حركة المعدات والمواد، مما أدى إلى تقليل تكاليف النقل بنسبة 15% خلال الفترة من 2013 إلى 2023. في أزمة لوجستية ناتجة عن اضطرابات الإمدادات في عام 2020، ساعدت هذه الأجهزة في تحديد مواقع الشحنات المتأخرة وإعادة توجيهها بسرعة، مما قلل من تأثير الأزمة على العملاء. يوضح هذا المثال كيف يمكن لإنترنت الأشياء تعزيز الشفافية، وهو ما يتماشى مع ما ذكره xpert.digital (2024) حول أهمية الرؤية الشاملة في اللوجستيات الذكية.

في سياق آخر، قدم أبو القاسم وآخرين (2020) دراسة حالة لشركات تصنيع أجنبية في الجزائر استخدمت إنترنت الأشياء لدمج العمليات عبر سلسلة القيمة. استخدمت إحدى الشركات أجهزة استشعار لمراقبة حالة المخزون في المستودعات، مما ساعد في توقع نقص المواد الخام خلال أزمة اقتصادية في 2019. هذا التطبيق قلل من توقف خطوط الإنتاج بنسبة 20%، مما يبرز قدرة إنترنت الأشياء على تعزيز المرونة. ومع ذلك، أشارت الدراسة إلى تحديات مثل التكاليف الأولية العالية، التي تتطلب استثمارات طويلة الأجل لتحقيق العائد.

التحليلات التنبؤية في مواجهة الاضطرابات

التحليلات التنبؤية تلعب دوراً حاسماً في توقع الأزمات اللوجستية وتحسين اتخاذ القرار. وفقاً لـ Aljohani (2023)، استخدمت شركة لوجستية عالمية نماذج تنبؤية لتوقع تقلبات الطلب خلال جائحة كوفيد-19، مما ساعد في إعادة تخصيص الموارد وتقليل التأخيرات بنسبة 25%. تعتمد هذه النماذج على تحليل البيانات التاريخية مع متغيرات خارجية مثل الطقس أو الأحداث الجيوسياسية. في دراسة رشوان (2022)، استخدمت شركات الصناعات الغذائية في الإسكندرية التحليلات التنبؤية لتوقع نقص المواد الخام، مما أتاح تعديل خطط الإنتاج مسبقاً، مما قلل من خسائر المخزون بنسبة 10%. تجربة أخرى مقدمة من Adeniran et al. (2024) تُظهر كيف استخدمت شركة تصنيع في نيجيريا التحليلات التنبؤية لتوقع التأخيرات في الشحن بسبب اضطرابات الموانئ. من خلال دمج بيانات إنترنت الأشياء من أجهزة تتبع الحاويات مع نماذج تنبؤية، تمكنت الشركة من إعادة توجيه الشحنات عبر مسارات بديلة، مما وفر تكاليف إضافية بنسبة 12%. هذه التجربة تؤكد أهمية الجمع بين إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية، كما أشار Yesodha et al. (2025)، لتحقيق أتمتة فعالة وتقليل التدخل البشري.

التحديات العملية وكيفية التغلب عليها

رغم الفوائد، تواجه تطبيقات إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية تحديات عملية. تشير النقودي (2024) إلى أن التكاليف الأولية لتطبيق إنترنت الأشياء في شركات الاتصالات المصرية شكلت عائقاً رئيسياً، خاصة للشركات الصغيرة. لحل هذه المشكلة، يمكن اعتماد حلول سحابية، كما اقترح Saruchera et al. (2024)، لتقليل تكاليف البنية التحتية. كذلك، أشارت رشوان (2022) إلى نقص المهارات التقنية في قطاع الصناعات الغذائية، مما يتطلب برامج تدريب مكثفة. تجربة الجزائر (أبو القاسم وآخرين، 2020) كشفت عن تحديات تكامل الأنظمة القديمة مع التقنيات الحديثة، مما يستدعي استثمارات في تحديث الأنظمة.

مشكلة الخصوصية والأمان تظهر أيضاً كتحدٍ رئيسي، حيث أشار Attah et al. (2024) إلى مخاطر اختراق البيانات في أنظمة إنترنت الأشياء. يمكن التغلب على هذا من خلال تطبيق بروتوكولات أمان متقدمة، مثل التشفير متعدد الطبقات. أخيراً، مقاومة التغيير التنظيمي، كما ناقش عيسى (2023)، تتطلب استراتيجيات إدارة التغيير، مثل إشراك الموظفين في عملية التطبيق.

إطار مقترح للتخطيط الاستراتيجي

يُفترض إطار للتخطيط الاستراتيجي يعتمد على دمج إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية في سلاسل التوريد الذكية. يتضمن الإطار:

- تحليل البيئة: استخدام التحليلات التنبؤية لدراسة الطلب والمخاطر الخارجية.
- تكامل إنترنت الأشياء: نشر أجهزة استشعار لتتبع العمليات في الوقت الفعلي.
- اتخاذ القرار الاستباقي: الاعتماد على التنبؤات لتخصيص الموارد وتقليل التأخيرات.
- إدارة الأزمات: وضع خطط طوارئ مدعومة ببيانات فورية.
- التدريب والأمان: تطوير المهارات وتأمين البيانات لضمان التكامل.

الدراسات السابقة

دراسة (النقودي، 2024)، بعنوان: "أثر تطبيقات إنترنت الأشياء على الحد من التكاليف اللوجستية بهدف رفع الكفاءة التشغيلية للمؤسسات": يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير تطبيق تكنولوجيا إنترنت الأشياء على تقليل التكاليف اللوجستية وتحسين الكفاءة التشغيلية في المؤسسات، من خلال تحليل مؤشرات الربح التشغيلي قبل وبعد تطبيق هذه التكنولوجيا. وقد اعتمدت الباحثة في الدراسة التطبيقية على تحليل محتوى التقارير السنوية والملاحق المالية لأربع شركات اتصالات مصرية خلال الفترة من 2013 إلى 2023، باستخدام برنامج STATA وتطبيق اختبارات إحصائية مثل اختبار ويلكوسون ونموذج الانحدار اللوجستي. أظهرت النتائج وجود فروق كبيرة في مؤشرات الربح التشغيلي، حيث تبين أن تطبيق إنترنت الأشياء أسهم بشكل فعال في خفض التكاليف اللوجستية وزيادة الكفاءة التشغيلية، لا سيما في تقليل تكاليف النقل مقارنة بتأثيره على المخزون والمستودعات، وهو ما يعكس طبيعة نشاط الشركات المدروسة. واختتمت الدراسة بالتوصية بإجراء المزيد من الأبحاث لتقييم أثر هذه التكنولوجيا على قطاعات صناعية أخرى.

دراسة (رشوان، 2022)، بعنوان: "تأثير تحليلات البيانات الضخمة على استدامة أداء سلسلة التوريد الدور الوسيط الرشاقة ومرونة سلسلة التوريد دراسة تطبيقية على قطاع الصناعات الغذائية في محافظة الإسكندرية":

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أثر تحليلات البيانات الضخمة في دعم استدامة أداء سلسلة التوريد، من خلال تطبيقها على عينة من شركات الصناعات الغذائية بمحافظة الإسكندرية. ولتحقيق هذا الهدف، طور الباحث سبعة فروض واستخدم قائمة استقصاء لجمع البيانات الأولية، حيث تم التأكد من ثبات المقاييس باستخدام معامل كرونباخ ألفا، ومن صدق التوافق والصدق التمايزي لمتغيرات الدراسة باستخدام التحليل العاملي. كما تم تحليل العلاقات بين المتغيرات واختبار الفروض باستخدام أسلوب المربعات الصغرى الجزئية (PLS). أظهرت نتائج الدراسة وجود تأثير إيجابي ذي دلالة إحصائية لتحليلات البيانات الضخمة على استدامة أداء سلسلة التوريد، إضافة إلى تأثير إيجابي لكل من الرشاقة والمرونة في سلسلة التوريد على نفس الأداء، كما أثبتت النتائج أن استراتيجيات الرشاقة والمرونة تمثلان وسيطاً جزئياً في العلاقة بين تحليلات البيانات الضخمة واستدامة أداء سلسلة التوريد في الشركات المدروسة.

دراسة (الطبال، 2024)، بعنوان: "إطار مقترح لدور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بناء سلاسل توريد الموارد البشرية دراسة ميدانية على مصلحة الجمارك المصرية":

يتناول هذا البحث تحليل العلاقة بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وسلاسل توريد الموارد البشرية بالتطبيق على مصلحة الجمارك المصرية، حيث صاغ الباحث فرضين أساسيين لاختبارهما باستخدام عينة عشوائية بسيطة مكونة من 313 مفردة. تم جمع البيانات من خلال استبيان تم التحقق من صدقه وثباته باستخدام معامل ألفا كرونباخ، مع توظيف الأساليب الإحصائية المناسبة لطبيعة الدراسة. كشفت نتائج التحليل الإحصائي عن وجود علاقة تأثير مباشرة وقوية ذات دلالة معنوية بين أبعاد تطبيقات الذكاء الاصطناعي محل الدراسة، وهي: النظم الخبيرة، الروبوتات، نظم التحكم والنقل الذكية، وتحليلات البيانات الضخمة، وبين أبعاد سلاسل توريد الموارد البشرية التي تشمل: تحسين ممارسات الموارد البشرية، التخطيط الاستراتيجي للموارد، الاتصال المعلوماتي الفعال، وأتمتة نظم معلومات الموارد البشرية. كما تبين تفاوت الأهمية النسبية لهذه الأبعاد في دعم سلاسل توريد الموارد البشرية، حيث كانت النظم الخبيرة والبيانات الضخمة من أبرز المؤثرات. وقد اختتمت الدراسة بتقديم إطار مقترح للعلاقة بين المتغير المستقل (تطبيقات الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (سلاسل توريد الموارد البشرية)، إلى جانب خطة عمل لتنفيذ التوصيات.

دراسة (أبو القاسم، بن برطال، و بن بدر، 2020)، بعنوان: "تأثير إنترنت الأشياء على تكامل استراتيجية العمل لسلسلة القيمة دراسة ميدانية لمجموعة من الشركات المساهمة الأجنبية في الجزائر":

في ظل الاقتصاد الرقمي، تتجه الشركات بشكل متزايد نحو تبني تطبيقات إنترنت الأشياء بهدف دمج العمليات والآلات والموظفين وحتى المنتجات ضمن شبكة متكاملة لجمع البيانات وتحليلها وتعزيز الأداء المؤسسي. وانطلاقاً من نموذج سلسلة القيمة الذي يُعد أداة مناسبة لتحليل التأثير التحويلي لإنترنت الأشياء في مراحل تكوين القيمة، هدفت هذه الدراسة إلى استكشاف مدى مواكبة الشركات المساهمة الأجنبية في الجزائر لمتطلبات الاقتصاد الرقمي، وتحديد تطبيقات إنترنت الأشياء التي توظفها لدعم عملياتها، إضافة إلى التحديات التي تواجهها خلال عملية التكيف. ولتحقيق ذلك، تم توزيع استبيان إلكتروني على شركات التصنيع والخدمات اللوجستية، وتم الحصول على 30 استجابة قابلة للتقييم. وقد كشفت النتائج أن توفر البيانات الفورية، عند دمجها مع التطبيقات التحليلية المناسبة مثل الأنظمة السيبرانية الفيزيائية (CPS) وتحليلات البيانات الضخمة ((BDA)، يساهم بشكل كبير في تحسين الكفاءة التشغيلية، وتعزيز التعاون بين الوظائف اللوجستية، ورفع الأداء المالي والتنافسي. كما تبين أن تطبيق هذه التقنيات يمكن أن يؤدي إلى تحسين الإنتاجية، وتحقيق وفورات الحجم، ودعم الاستدامة الاقتصادية طويلة الأجل. وأكدت الدراسة أن الشركات بدأت بالفعل خطواتها نحو التحول الرقمي من خلال استثمارات فعلية في هذا المجال.

نتائج البحث

تم جمع البيانات من عينة مكونة من 100 فرد من مديري وموظفي سلاسل التوريد باستخدام استبيان يتضمن ثلاثة محاور رئيسية: استخدام إنترنت الأشياء، استخدام التحليلات التنبؤية، وإدارة الأزمات اللوجستية. تم تحليل البيانات الديموغرافية باستخدام التكرارات والنسب المئوية، وتم حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لكل محور.

تحليل البيانات الديموغرافية

يوضح الجدول رقم 1 توزيع العينة حسب الجنس، حيث يشكل الذكور 65% من العينة (65 فرداً)، بينما تمثل الإناث 35% (35 فرداً). هذا التوزيع يعكس الطبيعة التقليدية لقطاع إدارة سلاسل التوريد، حيث يهيمن الذكور على المناصب الإدارية والفنية. قد يشير هذا إلى الحاجة إلى تعزيز مشاركة الإناث في هذا المجال من خلال برامج تدريب وتأهيل. هذا التوزيع يساعد في فهم السياق الاجتماعي للعينة وتأثيره على إجابات الاستبيان.

الجدول 1: توزيع العينة حسب الجنس

النسبة المئوية (%)	التكرار	الجنس
65%	65	ذكر
35%	35	أنثى

يبين الجدول التالي توزيع العينة حسب سنوات الخبرة، حيث يمتلك 45% من المشاركين خبرة تتراوح بين 5 إلى 10 سنوات، مما يعكس وجود قوة عاملة ذات خبرة متوسطة. نسبة 35% ممن يمتلكون خبرة تزيد عن 10 سنوات تشير إلى وجود خبراء في العينة، مما يعزز موثوقية البيانات. أما نسبة 20% لمن هم أقل من 5 سنوات خبرة فتشير إلى وجود موظفين جدد، مما قد يؤثر على مستوى فهمهم للتقنيات الحديثة. هذا التوزيع يساعد في تفسير مستوى الإلمام بإنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية.

الجدول 2: توزيع العينة حسب سنوات الخبرة

النسبة المئوية (%)	التكرار	سنوات الخبرة
20%	20	أقل من 5 سنوات
45%	45	سنوات 5-10
35%	35	أكثر من 10 سنوات

يظهر الجدول 3 توزيع العينة حسب القطاع، حيث يهيمن القطاع الصناعي بنسبة 40%، يليه القطاع التجاري بنسبة 35%، والقطاع اللوجستي بنسبة 25%. هذا التوزيع يعكس تنوع العينة، مما يعزز شمولية النتائج. القطاع الصناعي قد يكون أكثر اعتماداً على التقنيات الحديثة بسبب تعقيد عملياته، بينما القطاع اللوجستي قد يواجه تحديات خاصة بالنقل والتخزين. هذا التنوع يساعد في فهم تأثير التقنيات عبر قطاعات مختلفة.

الجدول 3: توزيع العينة حسب القطاع

النسبة المئوية (%)	التكرار	القطاع
40%	40	صناعي
35%	35	تجاري
25%	25	لوجستي

تحليل محاور الاستبيان

يوضح الجدول رقم 4 تقييم المشاركين لاستخدام إنترنت الأشياء في سلاسل التوريد. المتوسطات الحسابية (3.9-4.3) تشير إلى تقييم إيجابي بشكل عام، مع أعلى متوسط (4.3) لعبارة ارتفاع تكلفة إنترنت الأشياء، مما يعكس التحدي المالي. الانحرافات المعيارية (0.6-1.0) تشير إلى تباين معتدل في الآراء، خاصة في عبارة إدارة الأزمات (1.0)، مما قد يعكس اختلاف مستوى التكامل بين الشركات. هذه النتائج تؤكد فعالية إنترنت الأشياء مع الحاجة إلى حلول لتخفيف التكاليف.

الجدول 4: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لحوار استخدام إنترنت الأشياء

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبارة
0.8	4.2	إنترنت الأشياء يحسن تتبع المنتجات في الوقت الفعلي
0.9	4	إنترنت الأشياء يقلل أخطاء إدارة المخزون
0.7	4.1	إنترنت الأشياء يعزز كفاءة اتخاذ القرار
1	3.9	إنترنت الأشياء يسهل إدارة الأزمات المفاجئة
0.6	4.3	إنترنت الأشياء يتطلب استثمارات كبيرة

يبين الجدول التالي تقييم المشاركين لدور التحليلات التنبؤية. المتوسطات (3.8-4.3) تعكس تقييماً إيجابياً، مع أعلى متوسط (4.3) لعبارة الحاجة إلى مهارات تقنية، مما يشير إلى تحدي رئيسي في التطبيق. الانحراف المعياري الأعلى (1.0) في عبارة تقليل التأخيرات يعكس اختلاف الآراء، ربما بسبب اختلاف جودة البيانات المتاحة. هذه النتائج تؤكد أهمية التحليلات التنبؤية في تعزيز الكفاءة مع الحاجة إلى برامج تدريب لتطوير المهارات.

الجدول 5: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لحوار استخدام التحليلات التنبؤية

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبارة
0.9	4.1	التحليلات التنبؤية تتوقع نقص المخزون
0.8	4	التحليلات التنبؤية تحسن تخطيط الإنتاج
1	3.8	التحليلات التنبؤية تقلل التأخيرات في الشحن
0.7	4.2	التحليلات التنبؤية تدعم اتخاذ قرارات استباقية
0.6	4.3	التحليلات التنبؤية تتطلب مهارات تقنية عالية

يظهر الجدول 6 تقييم المشاركين لدور التقنيات في إدارة الأزمات اللوجستية. المتوسطات (3.9-4.3) تشير إلى تأثير إيجابي، مع أعلى متوسط (4.3) لعبارة تحديات الخصوصية والأمان، مما يبرز أهمية حماية البيانات. الانحراف المعياري الأعلى (1.0) في عبارة تقليل التكاليف يعكس تباين الآراء، ربما بسبب اختلاف مستوى الاستثمار. هذه النتائج تؤكد أهمية التقنيات في تعزيز المرونة مع الحاجة إلى معالجة قضايا الأمان.

الجدول 6: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لحوار إدارة الأزمات اللوجستية

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبارة
0.9	4	التقنيات الحديثة تقلل تأثير الأزمات اللوجستية
0.8	4.1	التقنيات تحسن استجابة الشركة للأزمات
1	3.9	التقنيات تقلل تكاليف إدارة الأزمات
0.7	4.2	التقنيات تعزز مرونة سلاسل التوريد
0.6	4.3	التقنيات تواجه تحديات الخصوصية والأمان

مناقشة النتائج

تشير نتائج البحث الحالي إلى أن إنترنت الأشياء يحسن تتبع المنتجات (متوسط 4.2) ويقلل أخطاء إدارة المخزون (متوسط 4.0)، لكنه يتطلب استثمارات كبيرة (متوسط 4.3). هذه النتائج تتماشى مع دراسة النقودي (2024)، التي أظهرت أن إنترنت الأشياء يساهم في تقليل التكاليف اللوجستية، خاصة في النقل، وزيادة الكفاءة التشغيلية في شركات الاتصالات المصرية. كذلك، تدعم دراسة أبو القاسم وآخرين (2020) هذه الرؤية، حيث أكدت أن دمج إنترنت الأشياء مع تحليلات البيانات الضخمة يعزز الكفاءة التشغيلية في الشركات الأجنبية بالجزائر. ومع ذلك، يبرز تحدي التكاليف العالية في كل من البحث الحالي والنقودي، مما يشير إلى الحاجة إلى استراتيجيات تمويل مبتكرة، مثل الشراكات أو الحلول السحابية، لتخفيف العبء المالي على الشركات، خاصة الصغيرة والمتوسطة. التباين في الانحراف المعياري (0.6-1.0) في البحث الحالي يعكس اختلاف مستوى التكامل بين الشركات، مما يتماشى مع تنوع التطبيقات في دراسة أبو القاسم.

أظهرت نتائج البحث الحالي أن التحليلات التنبؤية تدعم اتخاذ قرارات استباقية (متوسط 4.2) وتتوقع نقص المخزون (متوسط 4.1)، لكنها تتطلب مهارات تقنية عالية (متوسط 4.3). هذه النتائج تتسق مع دراسة رشوان (2022)، التي أكدت أن تحليلات البيانات الضخمة تعزز استدامة أداء سلسلة التوريد في قطاع الصناعات الغذائية من خلال الرقابة والمرونة. كلا الدراستين تؤكدان قدرة التحليلات على توقع الاضطرابات وتحسين التخطيط، لكن البحث الحالي يسلط الضوء على تحدي المهارات التقنية، وهو ما يتماشى مع تحديات جودة البيانات التي ذكرتها رشوان. الانحراف المعياري الأعلى (1.0) في عبارة تقليل التأخيرات يعكس تباين النتائج بسبب اختلاف جودة البيانات، وهو ما يدعم استنتاجات رشوان حول الحاجة إلى تحسين البنية التحتية. علاوة على ذلك، تدعم دراسة الطبال (2024) فكرة أن تحليلات البيانات الضخمة، كجزء من الذكاء الاصطناعي، تعزز التخطيط الاستراتيجي، مما يشير إلى إمكانية دمج التحليلات التنبؤية مع أنظمة أخرى لتحسين استجابة سلاسل التوريد.

أظهر البحث الحالي أن التقنيات الحديثة تعزز مرونة سلاسل التوريد (متوسط 4.2) وتحسن الاستجابة للأزمات (متوسط 4.1)، لكنها تواجه تحديات الخصوصية والأمان (متوسط 4.3). هذه النتائج تتفق مع دراسة الطبال (2024)، التي أشارت إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك تحليلات البيانات، تدعم التخطيط الاستراتيجي وتحسين الأداء في سلاسل توريد الموارد البشرية. كلا الدراستين تؤكدان أهمية التقنيات في تعزيز المرونة، لكن تحديات الخصوصية والأمان التي أبرزها البحث الحالي تتطلب معالجة إضافية، مثل تطوير بروتوكولات أمان متقدمة. دراسة أبو القاسم وآخرين (2020) أشارت أيضاً إلى تحديات التكيف مع إنترنت الأشياء، مثل نقص البنية التحتية، وهو ما يتماشى مع تباين الآراء في البحث الحالي (انحراف معياري 1.0 في تقليل تكاليف الأزمات). هذه النتائج تشير إلى أن الشركات تحتاج إلى استراتيجيات شاملة تشمل الأمان والتدريب لضمان الاستفادة الكاملة من التقنيات.

التوصيات

بناءً على نتائج البحث، يُوصى بما يلي:

1. تعزيز الاستثمار في إنترنت الأشياء: يجب على الشركات تخصيص ميزانيات لتطوير البنية التحتية لإنترنت الأشياء، مع التركيز على حلول ميسورة التكلفة مثل المنصات السحابية لتقليل التكاليف الأولية.
2. تطوير المهارات التقنية: تنظيم برامج تدريب مكثفة لموظفي سلاسل التوريد لتعزيز الكفاءات في استخدام التحليلات التنبؤية وإنترنت الأشياء، مع التركيز على القطاعات الصناعية واللوجستية.
3. تعزيز الأمان السيبراني: تطوير بروتوكولات أمان متقدمة لحماية البيانات المجمعة عبر إنترنت الأشياء، مع الالتزام بالمعايير الدولية للخصوصية.
4. دمج التحليلات التنبؤية في التخطيط: اعتماد نماذج تنبؤية متقدمة لتوقع الاضطرابات اللوجستية، مع تحسين جودة البيانات المدخلة لضمان دقة التنبؤ.

5. تشجيع التعاون بين القطاعات: إنشاء شراكات بين الشركات الصناعية، التجارية، واللوجستية لتبادل الخبرات في تطبيق التقنيات الذكية.
6. دعم الشركات الصغيرة والمتوسطة: توفير حوافز مالية وحلول تقنية مخصصة لتسهيل اعتماد التقنيات الذكية في هذه الشركات.
7. إجراء أبحاث مستقبلية: توسيع نطاق البحث ليشمل تقنيات أخرى مثل البلوك تشين وتأثيرها على سلاسل التوريد.

الخاتمة

يُبرز البحث أهمية إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية في تعزيز الكفاءة والمرونة في سلاسل التوريد الذكية، خاصة في مواجهة الأزمات اللوجستية. رغم التحديات مثل التكاليف العالية ونقص المهارات، فإن هذه التقنيات تقدم حلولاً فعالة لتقليل التأخيرات وتحسين اتخاذ القرار. يتطلب النجاح استثمارات استراتيجية وتدريباً مستمراً لضمان التكامل الفعال، مما يعزز استدامة الأداء ويدعم الاقتصادات العالمية.

المراجع

المراجع العربية

1. رشوان، احمد. (2022). تأثير تحليلات البيانات الضخمة على استدامة اداء سلسلة التوريد الدور الوسيط الرشاقة ومرونة سلسلة التوريد دراسة تطبيقية على قطاع الصناعات الغذائية في محافظة الإسكندرية. مجلة الدراسات المالية والتجارية، 473-511.
2. شطا، ألفت. (2023). دور تحليلات البيانات الضخمة في تحسين كفاءة بطاقة الأداء المتوازن في البنوك التجارية المصرية: دراسة ميدانية. مجلة البحوث المالية والتجارية، 115 - 187.
3. أبو القاسم، حمدي، بن برطال، عبد القادي، وبن بدر، أمينة. (2020). تأثير إنترنت الأشياء على تكامل استراتيجية العمل لسلسلة القيمة دراسة ميدانية لمجموعة من الشركات المساهمة الأجنبية في الجزائر. الملتقى الدولي حول الأداء المتميز للمنظمات والحكومات الطبعة الخامسة: أداء المؤسسات في ظل الاقتصاد الرقمي At: جامعة ورقلة، الجزائر، (الصفحات 1-17).
4. النقودي، سوزي. (2024). أثر تطبيقات إنترنت الأشياء على الحد من التكاليف اللوجستية بهدف رفع الكفاءة التشغيلية للمؤسسات. مجلة البحوث المحاسبية، 479 - 518.
5. الطبال، عبد الله. (2024). إطار مقترح لدور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بناء سلاسل توريد الموارد البشرية دراسة ميدانية على مصلحة الجمارك المصرية. مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية، 67-108.
6. عيسى، فرج. (2023). التخطيط الاستراتيجي: معوقاته وتحدياته ووجهة النظرة الإسلامية في معالجته. مجلة كلية الشريعة والقانون بأسبوط، 1207 - 1256.
7. مصلح، وسام. (2019). تقنية إنترنت الأشياء: الطريق للتحويل للمكتبات الذكية. جمعية المكتبات المتخصصة فرع الخليج العربي، 704 - 726.

المراجع الأجنبية

1. Adeniran IA, Efunniyi CP, Osundare OS, Abhulimen AO. Optimizing logistics and supply chain management through advanced analytics: Insights from industries. Eng Sci Technol J. 2024;5(8).
2. Adewusi AO, Komolafe AM, Ejairu E, Aderotoye IA, Abiona OO, Oyeniran OC. The role of predictive analytics in optimizing supply chain resilience: a review of techniques and case studies. Int J Manag Entrep Res. 2024;6(3):815-37.
3. Aljohani A. Predictive analytics and machine learning for real-time supply chain risk mitigation and agility. Sustainability. 2023;15(20):15088.
4. Attah RU, Garba BMP, Gil-Ozoudeh I, Iwuanyanwu O. Enhancing supply chain resilience through artificial intelligence: Analyzing problem-solving approaches in logistics management. Int J Manag Entrep Res. 2024;5(12):3248-65.
5. Saruchera F, Salimi-Zaviyeh SG, Vanani I. Smart Supply Chain Management. In: Building Resilience in Global Business During Crisis. ; 2024:152-78.
6. Skarżyński M. Crisis and Humanitarian Logistics as Opposed to Pandemic Logistics. Eur Res Stud J. 2022:62-72.
7. Yesodha KKRK, Rajendran P, Bhalerao M, Gupta K, Yuvaraj N. Predictive Analytics and Automation in Supply Chain Management with Internet of Things (IoT). In: 2025 3rd International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS); 2025 Feb; IEEE. p. 1-5