

THE IMPACT OF EDGE COMPUTING TECHNOLOGY ON LEAGILE SUPPLY CHAIN PERFORMANCE: AN ANALYTICAL STUDY AT THE MIDDLE REFINERIES COMPANY

Sarah Ali Redha Alqazzaz

Kadhim Ahmed Jawad/Department of Business Management,

College of Administration and Economics Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq

gbm2036@uomustansiriyah.edu.iq

uadh_jsheme@uomustansiriyah.edu.iq

<https://orcid.org/0000-0003-4247-9059>

Abstract

This study aims to measure the impact of edge computing technology on the performance of the league supply chain, by applying it to a sample of employees at the Middle Refineries Company. The study was based on a research problem represented by the limited clarity regarding the nature of the impact of edge computing technology on league supply chain performance, within a business environment characterized by increasing change and complexity.

The researcher adopted the descriptive-analytical approach, and the study was applied to a sample of 150 employees working at the Middle Refineries Company. The study used SPSS V.28, AMOS V.26, and Microsoft Excel 2010 to analyze the data and test the study hypotheses, relying on a set of statistical methods, including the weighted arithmetic mean, standard deviation, coefficient of variation, Pearson correlation coefficient, regression analysis, and T-test and F-test.

The results revealed a significant correlation and significant effect between edge computing technology and league supply chain performance. The findings also indicated that adopting edge computing technology contributes to enhancing the efficiency, flexibility, and responsiveness of the league supply chain to environmental changes, thereby supporting superior performance and the sustainability of competitive advantage. In light of these findings, the study recommends enhancing the adoption of edge computing technology and developing supply chain management practices in ways that contribute to improving performance and effectively and efficiently adapting to environmental changes.

Keywords: Edge Computing; League Supply Chain; Supply Chain Performance; Industry 5.0; Flexibility; Responsiveness.

Introduction

تأثير تقنية الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة: دراسة تحليلية في شركة مصافي الوسط

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى قياس تأثير تقنية الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة ، بالتطبيق على عينة من العاملين في شركة مصافي الوسط النفطية. وانطلقت الدراسة من مشكلة تمثلت في محدودية وضوح طبيعة تأثير تقنية الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة، في ظل بيئة أعمال تتسم بالتغير والتعقيد المتزايدين

اعتمدت الباحثة المنهج الوصفي التحليلي، وطُبقت الدراسة على عينة بلغت (150) فرداً من العاملين في شركة مصافي لتحليل البيانات (Microsoft Excel 2010) و (AMOS V.26) و (SPSS V.28) الوسط النفطية. واستخدمت برامج واختبار فرضيات الدراسة، بالاعتماد على مجموعة من الأساليب الإحصائية، تمثلت في الوسط الحسابي المرجح، والانحراف (F) و (T) المعياري، ومعامل الاختلاف، ومعامل ارتباط بيرسون، وتحليل الانحدار، واختباري

وأظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط وتأثير معنوي بين تقنية الحوسبة الطرفية وأداء سلسلة التجهيز الهجينة وبينت النتائج أن تبني تقنية الحوسبة الطرفية يساهم في تعزيز كفاءة سلسلة التجهيز الهجينة ومرونتها وقدرتها على الاستجابة للمتغيرات البيئية، بما يدعم تحقيق الأداء المتميز واستدامة الميزة التنافسية. وفي ضوء هذه النتائج، أوصت الدراسة بتعزيز تبني تقنية الحوسبة الطرفية وتطوير ممارسات إدارة سلسلة التجهيز بما يساهم في تحسين الأداء ومواكبة المتغيرات البيئية بكفاءة وفاعلية

المقدمة

يشهد العالم في الوقت الحاضر تطورات متسارعة في تكنولوجيا المعلومات والتحول الرقمي، انعكست بصورة واضحة على بيئة الأعمال وأساليب الإنتاج والإدارة والتجهيز. وقد دفعت هذه التطورات الشركات الصناعية إلى تبني التقنيات الحديثة التي تساهم في تحسين كفاءة العمليات، وتعزيز سرعة الاستجابة للتغيرات، ودعم اتخاذ القرارات في الوقت المناسب، ولا سيما مع التزايد المستمر في حجم البيانات المتولدة عن العمليات الصناعية واللوجستية. وتُعد الحوسبة الطرفية من التقنيات الرقمية الحديثة التي أسهمت في تطوير معالجة البيانات، من خلال نقل عمليات المعالجة والتخزين إلى مواقع قريبة من مصادر توليد البيانات، كالألات والمعدات والمخازن ووسائل النقل. ويساعد ذلك في تقليل زمن الاستجابة، وتسريع الوصول إلى المعلومات، وتحسين مراقبة العمليات، وتعزيز أمن البيانات واستمرارية الأنشطة التشغيلية

وفي المقابل، تمثل سلسلة التجهيز الهجينة مدخلاً يجمع بين خصائص سلسلة التجهيز الرشيقية التي تركز على الكفاءة وتقليل الهدر، وخصائص سلسلة التجهيز المتسارعة التي

تركز على المرونة وسرعة الاستجابة. ويتطلب تحقيق أداء مرتفع لهذا النوع من السلاسل توافر معلومات دقيقة وفورية، إلى جانب التنسيق والتكامل بين مختلف أطراف سلسلة التجهيز.

ومن هنا تبرز أهمية الحوسبة الطرفية في دعم أداء سلسلة التجهيز الهجينة، من خلال توفير البيانات الآنية، وتحسين الرؤية عبر مراحل السلسلة، وتقليل التأخير في تدفق المعلومات، فضلاً عن دعم إدارة المخزون والنقل والتوزيع، واكتشاف المشكلات التشغيلية بصورة مبكرة، بما يساهم في تحسين الكفاءة والمرونة وسرعة الاستجابة. وعلى الرغم من تزايد أهمية الحوسبة الطرفية في تطوير العمليات الصناعية واللوجستية، فإن تأثيرها في أداء سلسلة التجهيز الهجينة ما يزال بحاجة إلى مزيد من الدراسة، ولا سيما في الشركات الصناعية التي تواجه تحديات تتعلق بتعدد العمليات وتعدد أطراف سلسلة التجهيز. لذلك، تسعى هذه الدراسة إلى بحث أثر الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة، من خلال التعرف على مستوى توافرها وتحليل طبيعة العلاقة بينهما، وبيان مدى إسهام الحوسبة الطرفية في تحسين أداء سلسلة التجهيز وتتبع أهمية الدراسة من إسهامها العلمي في إثراء الأدبيات المتعلقة بالتحول الرقمي وإدارة سلسلة التجهيز، فضلاً عن أهميتها التطبيقية في مساعدة الشركات الصناعية على توظيف الحوسبة الطرفية بما يعزز كفاءة عملياتها ومرونتها وسرعة استجابتها في بيئة أعمال متغيرة.

أولاً: مشكلة البحث

تشهد بيئة الأعمال الصناعية تطورات متسارعة في مجال التحول الرقمي، مما دفع الشركات إلى تبني التقنيات الحديثة لتحسين كفاءة العمليات وسرعة الاستجابة للمتغيرات. وتعد الحوسبة الطرفية من التقنيات الحديثة التي تتيح معالجة البيانات بالقرب من مصادر توليدها، مما يساهم في تقليل زمن الاستجابة وتسريع تدفق المعلومات ودعم القرارات التشغيلية. وفي المقابل، تواجه سلسلة التجهيز الهجينة تحديات تتعلق بسرعة الاستجابة، وتكامل المعلومات، وكفاءة العمليات، مما يتطلب توافر معلومات دقيقة وفورية تساعد في تحسين أدائها. ومن هنا تبرز أهمية الحوسبة الطرفية بوصفها تقنية يمكن أن تساهم في تحسين تدفق المعلومات ودعم العمليات المختلفة في سلسلة التجهيز. وعليه، تتمثل مشكلة الدراسة في **عدم وضوح مدى تأثير تقنية الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة**، الأمر الذي يقود إلى التساؤل الرئيس الآتي:

هل تؤثر تقنية الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة؟

ويتفرع عن هذا التساؤل الرئيس التساؤلان الآتيان:

ما مستوى توافر تقنية الحوسبة الطرفية في الشركة المبحوثة؟

ما مستوى أداء سلسلة التجهيز الهجينة في الشركة المبحوثة؟

ثانياً: أهمية البحث

تتبع أهمية الدراسة من تناولها تقنية الحوسبة الطرفية ودورها في تحسين أداء سلسلة التجهيز الهجينة، بما يسهم في تعزيز سرعة معالجة المعلومات، وتحسين كفاءة العمليات، ودعم سرعة الاستجابة للتغيرات. كما تقدم الدراسة فائدة تطبيقية للشركات الصناعية من خلال توضيح إمكانية الاستفادة من الحوسبة الطرفية في تطوير أداء سلسلة التجهيز وتحسين تدفق المعلومات والعمليات التشغيلية.

ثالثاً: أهداف الدراسة

تسعى الدراسة الحالية إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. التعرف على مستوى توافر تقنية الحوسبة الطرفية في الشركة المبحوثة
2. التعرف على مستوى أداء سلسلة التجهيز الهجينة في الشركة المبحوثة
3. تحديد طبيعة العلاقة بين تقنية الحوسبة الطرفية وأداء سلسلة التجهيز الهجين
4. اختبار تأثير تقنية الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة

رابعاً: المخطط الفرضي



خامساً: فرضيات الدراسة

1. (H1) الفرضية الرئيسية الأولى:

توجد علاقة ارتباط ذات دلالة إحصائية بين الحوسبة الطرفية وأداء سلسلة التجهيز الهجينة.

2. (H2) الفرضية الرئيسية الثانية :

يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية ل الحوسبة الطرفية في أداء سلسلة التجهيز الهجينة.

سادساً: التعريفات الإجرائية

الحوسبة الطرفية: أسلوب لمعالجة البيانات بالقرب من مكان توليدها (مثل أجهزة الاستشعار أو خطوط الإنتاج) بدلاً من إرسالها إلى خوادم بعيدة أو إلى السحابة، مما يتيح سرعة أكبر في الاستجابة وتقليل التأخير في اتخاذ القرار.

سلسلة التجهيز الهجينة: السلسلة التي يتم فيها الجمع بين مزايا سلسلتي التجهيز الرشيقة والمتسارعة، إذ تهدف هذه السلسلة إلى زيادة القدرة التنافسية للشركة بطريقة كفوءة عبر التركيز على الرشاقة عن طريق تقليل الهدر وتحقيق تسليم منخفض التكلفة لمنتج قياسي ثابت من جهة ، والتركيز على التسارع عن طريق التكيف مع التعقيد الناجم عن التغيرات غير المتوقعة من جهة أخرى .

سابعاً: مجتمع وعينة الدراسة

تحدد مجتمع الدراسة بالعاملين في مصفى الدورة التابع لشركة مصافي الوسط النفطية في بغداد، وقد اعتمدت الدراسة على عينة قصدية شملت (150) فرداً والموزعين على مختلف التشكيلات الإدارية والفنية والتشغيلية.

ثامناً: منهج الدراسة

اعتمدت الباحثة في الدراسة الحالية المنهج الوصفي-التحليلي، بوصفه من المناهج الملائمة للبحوث الإدارية التي تهدف إلى دراسة الظواهر كما هي في الواقع، مع تحليل العلاقات بين متغيراتها. إذ يركز هذا المنهج على وصف متغيرات الدراسة المتمثلة بتقنية الحوسبة الطرفية، وأداء سلسلة التجهيز الهجينة من خلال الإطار النظري الذي يوضح المفاهيم والأبعاد والعلاقات المفترضة بينها بالاعتماد على الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة.

كما تم في الجانب التطبيقي استخدام استمارة الاستبيان كأداة رئيسة لجمع البيانات من عينة الدراسة في شركة مصافي الوسط وذلك لغرض قياس آراء المبحوثين حول متغيرات الدراسة.

وبعد جمع البيانات، تم الانتقال إلى مرحلة التحليل الإحصائي بهدف اختبار الفرضيات وقياس علاقات الارتباط والتأثير بين المتغيرات، باستخدام الأساليب والبرامج الإحصائية المناسبة، بما يحقق تفسيراً علمياً دقيقاً للنتائج وتحديد طبيعة العلاقات بين متغيرات الدراسة

ثامناً: الجانب النظري

1. الحوسبة الطرفية (Edge Computing)

يتزايد اهتمام منظمات الأعمال بمرونة تكنولوجيا المعلومات لاكتساب ميزة تنافسية مستدامة في ظل التغير المستمر لبيئة الأعمال (عباس ومجباس، 2025). تمثل الصناعة 5.0 عَصراً جديداً في مجال التصنيع، يتميز بدمج التقنيات المتقدمة مع الإبداع البشري لخلق بيئة تصنيع أكثر تعاوناً ومرونة (Wolniak, 2023:664). ويرى (Bora et al., 2024:84) ان الصناعة الخامسة تهدف إلى تحقيق أعلى كفاءة وتقليل التكاليف عبر الشبكة الكاملة لسلاسل التجهيز، بدءاً من مصادر المواد الخام وحتى إيصال المنتجات النهائية إلى الزبائن. ومن خلال تطبيق تقنيات التحسين، يمكن للشركات تحديد التوزيع الأمثل للموارد ومسارات النقل المثلى والمستويات المناسبة للمخزون.

وتعد الحوسبة الطرفية احد تقنيات الصناعة الخامسة وتشير إلى العمليات الحاسوبية والشبكية التي تُنفذ عند أطراف الشبكة أثناء تواصلها مع السحابة البعيدة. وتؤدي الحوسبة الطرفية دوراً محورياً في الصناعة 5.0 من خلال تمكين تنفيذ خوارزميات ونماذج الذكاء الاصطناعي مباشرة عند الحافة، مما يسمح بالمعالجة الفورية للبيانات ويقلل الحاجة إلى الاعتماد على الحوسبة السحابية. ويسهم ذلك في تسريع أزمدة الاستجابة، وتعزيز مستويات الأمان، وتحسين كفاءة استخدام النطاق الترددي عبر المعالجة المحلية للبيانات على أجهزة أو خوادم الحافة (Saddique et al., 2025:2).

تتمثل الفكرة الأساسية للحوسبة الطرفية متعددة الوصول في نقل قدرات الحوسبة السحابية إلى حدود الشبكات الخلوية، الأمر الذي يسهم في تقليل ازدحام الشبكة وتحسين تجربة المستخدم، وتعزيز كفاءة استغلال الموارد، ورفع كفاءة الشبكة بشكل عام (Noori et al., 2024:1).

تُعد الحوسبة الطرفية أساسية لضمان السلامة من الحرائق في الصناعة 5.0، نظراً لقدرتها على توفير المراقبة اللحظية، وتحليل البيانات، والتكامل مع إنترنت الأشياء، والصيانة التنبؤية،

وتحسين خصائص السلامة. وتساعد هذه التقنيات في الكشف المبكر عن مخاطر الحرائق ومنعها، بما يضمن بيئة صناعية أكثر أماناً وحماية (Sharma et al., 2024:5)

تسهم الحوسبة الطرفية في تقليل زمن الاستجابة (الكمون) وتحقيق اتصال آني بين الأجهزة، مما يمكن أنظمة الذكاء الاصطناعي من الاستجابة السريعة واتخاذ قرارات فورية دون الاعتماد على الخوادم السحابية البعيدة. ويعزز ذلك كفاءة التطبيقات الزمنية الحرجة مثل الروبوتات الصناعية والمركبات الذاتية، ويحسن أداء أنظمة الأتمتة وأجهزة الاستشعار مع تقليل مخاطر فقدان البيانات (Tyagi, 2021:3).

كما توفر الحوسبة الطرفية مستويات أعلى من الموثوقية والمرونة التشغيلية وهو ما يتماشى مع متطلبات الصناعة 5.0 . إن دمج خوادم الحوسبة الطرفية مع الصناعة 5.0 يسهم في تحسين أداء أنظمة التصنيع وكفاءتها ومرونتها. ويمكن للشركات معالجة الفورية للبيانات وتحليلها ودعم اتخاذ القرار في الوقت الحقيقي (Nauman et al., 2023:2) .

ومن الناحية الأمنية، تحد الحوسبة الطرفية من تعرض البيانات الحساسة للإنترنت من خلال معالجتها وتخزينها محلياً داخل الشبكات الصناعية، مما يقلل من احتمالات الاختراقات والهجمات السيبرانية. إضافة إلى ذلك تسهم في تحسين جودة البيانات عبر معالجتها وتصنيفها محلياً، الأمر الذي يؤدي إلى رفع دقة التحليلات ودعم قرارات أكثر موثوقية

وتدعم الحوسبة الطرفية استخدام تقنيات تشفير متقدمة لتأمين تخزين البيانات، حتى عند الاعتماد على خوادم حافة غير موثوقة، كما تساعد المؤسسات الصناعية على تعزيز الرقابة التشغيلية، والتكيف مع متطلبات الأعمال المتغيرة، وتقليل زمن طرح المنتجات والخدمات الجديدة في السوق (Sharma et al., 2024:7)

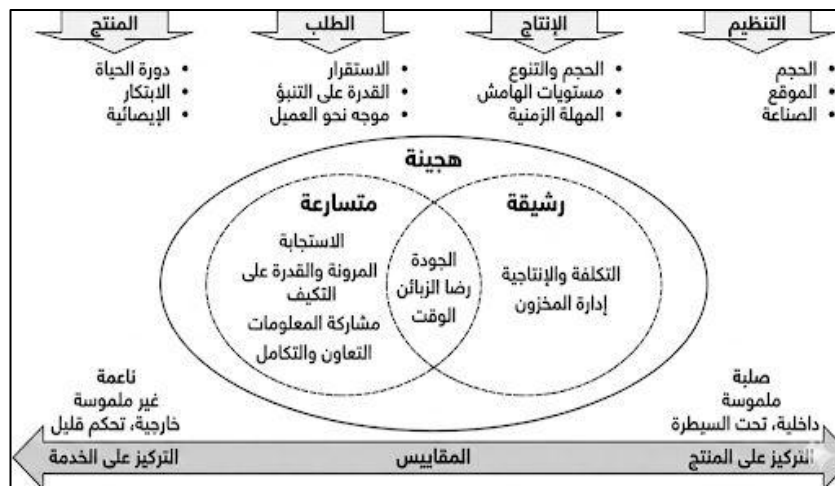
كما تتميز بدعمها للتنقل وفهم الموقع الجغرافي، وهو ما يجعلها مناسبة للتطبيقات المتحركة في المدن الذكية وأنظمة إنترنت الأشياء. وتتيح البنية الموزعة لخوادم الحافة تحسين قابلية التوسع وكفاءة استخدام الموارد، مع تخفيف العبء عن مراكز البيانات السحابية المركزية (Noori et al., 2024:2).

2. سلسلة التجهيز الهجينة (Leagile Supply Chain).

شهدت سلاسل التجهيز تطوراً عبر مرورها بعدة أجيال تمثلت بسلاسل التجهيز التقليدية، سلاسل التجهيز الرشيق، سلاسل التجهيز المتسارعة، سلاسل التجهيز الخضراء، سلاسل التجهيز المستدامة، وسلاسل التجهيز الذكية (عبد محمد، 2025). ويعتقد بعض الباحثين أن اعتماد استراتيجيات الرشاقة أو التسارع وحدها قد لا يعزز الميزة التنافسية كنهج يجمع بين لسلاسل التجهيز. لذلك، تم تقديم مفهوم الهجينة (الرشيق-المتسارعة) مزايا الاستراتيجيةتين معاً، مما يعزز قدرة سلاسل التجهيز على التعامل مع الأسواق غير المستقرة وتحسين الميزة التنافسية سمح تطبيق هذا النهج لمديري السلاسل بالاستفادة من مزايا الرشاقة والفاعلية فيما يتعلق بالتكلفة، والجودة، والخدمات، والمرونة، والكفاءة، وسرعة الاستجابة. بناءً على ذلك، تُعتبر الاستراتيجية الهجينة مناسبة كسياق استراتيجي لسلاسل التجهيز

(Noorulsadiqin et al.,2020:2) (Khoei, 2022:30)

في المؤسسات التي تجمع بين استخدام (Leagile) أصبح اعتماد سلسلة التجهيز الهجينة بنيتها التحتية اللوجستية الخاصة والاستعانة بمزودي الخدمات الخارجيين توجهاً متزايداً في عالم الأعمال. يتيح هذا النموذج تحقيق مستوى عالٍ من التحسين في أداء العمليات من خلال القدرة على توزيع المخزون بكفاءة وفقاً للاحتياجات الفعلية وديناميكيات السوق يساهم نموذج سلسلة التجهيز الهجينة في تقليل الاعتماد على أسلوب واحد في إدارة التجهيز مما يساعد المؤسسات على تنويع المخاطر المرتبطة بتقلبات السوق، واضطرابات الإمداد، والتغيرات غير المتوقعة في التكاليف. كما يمنح هذا النموذج الشركات القدرة على الاستجابة السريعة للمتغيرات السوقية وتطبيق الاستراتيجيات اللوجستية الأكثر ملاءمة في الوقت المناسب (Markauskas,2021:228).



الشكل (15) سلسلة التجهيز الهجينة

Source: Aljoghaiman, A., Rahman, M. A., Bauirzhanovna, B. A., & Bhatti, M. A. (2022). *Effects of Supply Chain Strategy (Lean, Agile, Hybrid) on Saudi Firm Performance: Exploring Mediating Role of Supply Chain Integration*. International Journal of Construction Supply Chain Management,

تشكل نقطة الفصل (Decoupling Point) العنصر الجوهري الذي يميز سلسلة التجهيز الهجينة عن غيرها من استراتيجيات سلاسل التجهيز إذ تتيح الجمع بين مزايا الكفاءة التشغيلية ومزايا الاستجابة السريعة ضمن سلسلة تجهيز واحدة (Ryciuk et al., 2021:5).

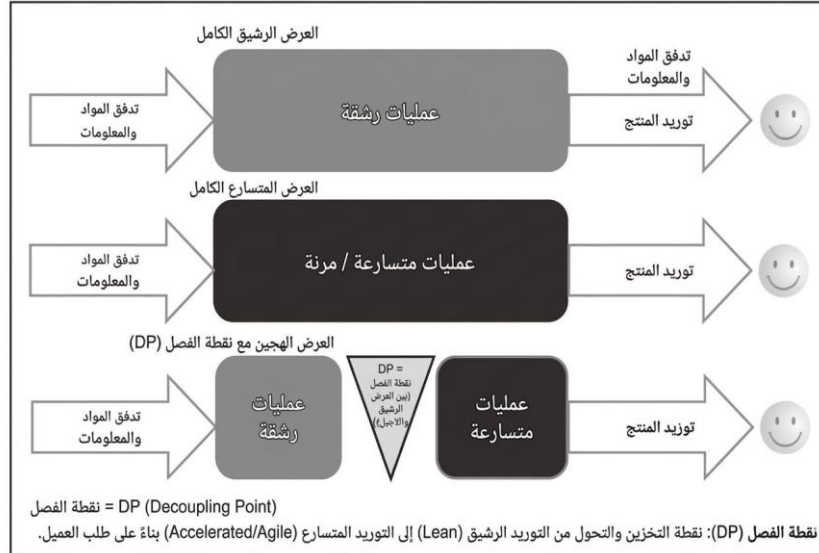
حيث تقوم نقطة الفصل بتقسيم سلسلة التجهيز إلى جزأين:

- جزء رشيق يعتمد على الدفع ويهدف إلى خفض التكلفة.
- جزء فاعل يعتمد على السحب ويهدف إلى تلبية احتياجات الزبون المتنوعة.

ويرى (Nair & John, 2024:18694) انه تتطلب نقاط الفصل في سلاسل التجهيز استخدام مزيج من أساليب Lean و Agile مع التركيز على الكفاءة في الجزء العلوي من السلسلة والمرونة في الجزء السفلي. يكمن الفرق الرئيسي في الاستجابة للسوق، حيث تعطي سلسلة التجهيز الرشيقة أولوية لتقليل التكلفة من خلال الإنتاج الجماعي بينما تركز سلسلة التجهيز المتسارعة على الإنتاج الفردي أو الإحصائي. وتُعرف نقطة فك الارتباط أو نقطة الفصل بأنها النقطة التي يتحول فيها النموذج من نظام يعتمد على الدفع إلى نظام يعتمد على السحب.

يعمل نموذج الدفع وفق مبدأ التنبؤ بالطلبات، بينما يُطبق نموذج السحب عندما تكون طلبات الزبائن معلومة بشكل مؤكد. ويتم تحديد موقع نقطة فك الارتباط بطريقة تلائم الحاجة إلى الاستجابة للطلب المتقلب في الجزء المواجه للسوق مع الحفاظ على جدول إنتاج ثابت نسبياً في الجزء السابق للنقطة. ويمكن اعتبار نقطة فك الارتباط النقطة التي تلنقي فيها العمليات المعتمدة على الطلب الفعلي مع العمليات المعتمدة على التنبؤ (Pattanaik, 2021:103).

وإشار (Al Sharafi & Ullah,2023:3) يُعد التأجيل أحد المبادئ الأساسية لنقطة الفصل. ويقصد بالتأجيل تأخير الأنشطة التشغيلية داخل النظام إلى حين استلام طلب الزبون، بدلاً من معالجتها وتحويلها إلى منتجات تامة الصنع ثم الانتظار إلى أن يتم طلبها. تشير الأدبيات إلى أن استراتيجية السلسلة الهجينة تهدف إلى بناء استجابة رشيقة اعتماداً على منصة تقوم على مبادئ الهندرة الرشيقة (Lean) حيث يتم تطبيق مبادئ الـ Lean حتى الوصول إلى نقطة فك الارتباط، ثم تُطبّق مبادئ الفاعلية (Agility) في المرحلة اللاحقة التي تتعامل مع الزبون مباشرة (Laghoug & Sahli,2021: 18104).



الشكل (16) نقطة الفصل في استراتيجية Leagility

Source: Laghouag, A., & Sahli, A. A. (2021). *Exploring Leagile Supply Chain: Advantages & Characteristics*. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, 8(9).

1. وصف وتشخيص وقياس الحوسبة الطرفية

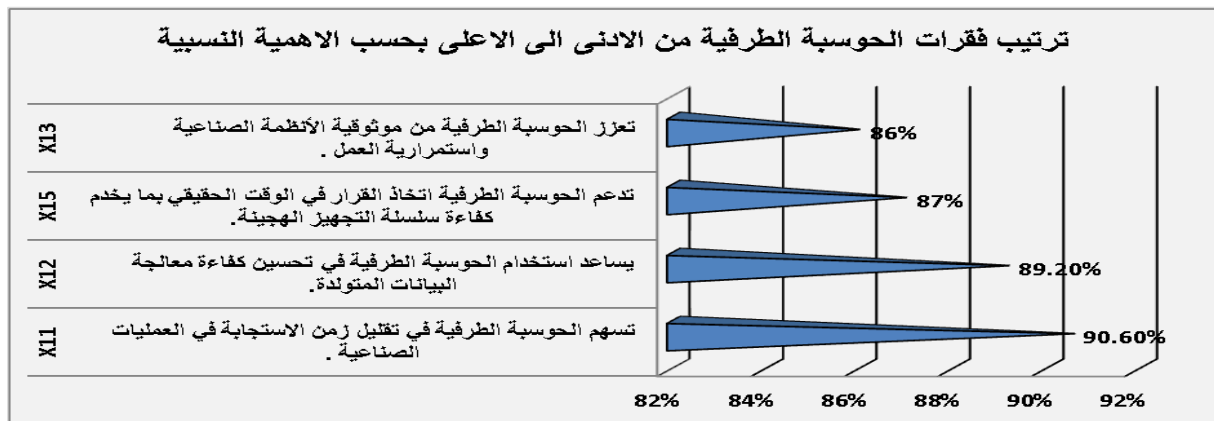
قيس بعد الحوسبة الطرفية ضمن تقنيات الصناعة الخامسة بـ (4) عبارات قياس تمثل هذا البعد توزعت بين (X11-X15)، والجدول (1) يوضح بعض مقاييس النزعة المركزية لأجمالي وفقرات قياس هذا البعد إذ حاز بعد الحوسبة الطرفية على متوسط حسابي موزون اجمالي بلغت قيمته (4.41) وهذه القيمة تعد مرتفعة جداً وفق مصفوفة الاستجابة اعلاه ، وبلغت مقدار الانحراف المعياري عن المتوسط (0.502)، مما يعني ان التباين في استجابات المشاركين قليل وهنالك تجانس مرتفع حول فقرات هذا البعد، وبمستوى اهتمام نسبي بلغ (88.2%)، وهذا يؤكد وجود اهتمام مرتفع جدا من قبل العاملين في الشركة المبحوثة بالنسبة لفقرات بعد الحوسبة الطرفية ضمن تقنيات الصناعة الخامسة، إما مقاييس هذا البعد فقد توزعت بين اكبر استجابة حصلت عليها الفقرة (X11) بأكبر متوسط حسابي بمقدار (4.53) من بين كل مقاييس هذا البعد وبلغ مقدار الانحراف المعياري (0.652) ، مما يعني وجود تباين قليل في استجابات المشاركين حول هذه الفقرة ، وبأهمية نسبية قدرت بـ (90.6%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق التام وبمقدار استجابة مرتفع جداً على ما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يدل على ان الحوسبة الطرفية تسهم في تقليل زمن الاستجابة في العمليات الصناعية بشكل مرتفع جداً، بينما أحرزت الفقرة (X13) اقل استجابة على مستوى هذا البعد بحصولها على أقل متوسط حسابي مرجح والذي بلغت قيمته (4.3) وبانحراف معياري عن الوسط مقداره (0.683)، مما يعني وجود تباين قليل في استجابات المشاركين حول الفقرة وبأهمية نسبية بلغت (86%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق التام وبمقدار استجابة مرتفع جداً فيما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يشير الى ان الحوسبة الطرفية تعزز من موثوقية الأنظمة الصناعية واستمرارية العمل،. والشكل (3) يمثل ترتيب فقرات بعد الحوسبة الطرفية تصاعديا بالاعتماد على الاهمية النسبية لكل فقرة.

جدول (1) الإحصاءات الوصفية لفقرات بعد الحوسبة الطرفية. n= 150

الترتيب	المقياس	لا أتفق تمامًا	لا أتفق	محايد	أتفق	أتفق تمامًا	وسط حسابي	انحراف معياري	الأهمية النسبية %	مستوى التطبيق	الترتيب
1	تتفق تمامًا	3	4	54	89	59.3	4.53	0.652	90.6%	مرتفع جدًا	X11
	نسبة	2	2.7	36							
2	تتفق تمامًا		7	67	76	50.7	4.46	0.587	89.2%	مرتفع جدًا	X12
	نسبة		4.7	44.7							
4	تتفق تمامًا		19	67	64	42.7	4.3	0.683	86%	مرتفع جدًا	X13
	نسبة		12.7	44.7							
3	تتفق تمامًا	1	12	60	74	49.3	4.35	0.77	87%	مرتفع جدًا	X15
	نسبة	0.7	8	40							
	المؤشر الاجمالي لفقرات الحوسبة الطرفية										
							4.41	0.502	88.2%	مرتفع جدًا	

المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام البرنامج الإحصائي spss v.28

ملاحظة: في حال تساوي قيمة المتوسط الحسابي لأكثر من فقرة يركن الى الانحراف المعياري الاقل في ترتيب الفقرات .



شكل (3) ترتيب فقرات بعد الحوسبة الطرفية تصاعديا بحسب الاهمية النسبية لكل فقرة .

2. وصف وتشخيص وقياس سلسلة التجهيز الهجينة

تم قياس بعد المرونة ضمن اداء سلسلة التجهيز الهجينة بـ(4) عبارات قياس تمثل هذا البعد توزعت بين (Y11-Y14)، اذ حاز بعد المرونة على متوسط حسابي موزون اجمالي بلغت قيمته (4.1) وهذه القيمة تعد مرتفعة، وبلغت مقدار الانحراف المعياري عن المتوسط (0.756)، مما يعني ان التباين في استجابات المشاركين قليلة بين متوسطات الفقرات وهناك تجانس حول فقرات هذا البعد، وبمستوى اهتمام نسبي بلغ (82%)، وهذا يؤكد وجود اهتمام مرتفع من قبل الشركة بالنسبة لفقرات بعد المرونة، إما بمقاييس هذا البعد فقد توزعت بين اكبر استجابة حصلت عليها الفقرة (Y11) بأكبر متوسط حسابي بمقدار (4.2) من بين كل مقاييس هذا البعد وبلغ مقدار الانحراف المعياري (0.843)، مما يعني وجود تباين متوسط في استجابات المشاركين حول الفقرة ، وبأهمية نسبية قدرت بـ (84%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق التام وبمقدار استجابة مرتفعة جداً على ما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يدل على ان الشركة تمتلك القدرة على الاستجابة السريعة للتغيرات الحاصلة في مزيج مكونات منتجاتها..، بينما أحرزت الفقرة (Y14) اقل استجابة على مستوى هذا البعد بحصولها على أقل متوسط حسابي مرجح والذي بلغت قيمته (3.9) وبانحراف معياري عن الوسط مقداره (1.11)، مما يعني وجود تباين في استجابات المشاركين حول الفقرة وبأهمية نسبية بلغت (78%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب

الاتفاق وبمقدار استجابة مرتفع فيما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يشير الى ان ادارة الشركة تواكب التطورات التكنولوجية وبما يضمن تقديم منتجات جديدة وبكلفة منخفضة.

تم قياس بعد الكفاءة ضمن اداء سلسلة التجهيز الهجينة بـ(4) عبارات قياس تمثل هذا البعد توزعت بين (Y21-Y24) اذ حاز بعد المرونة على متوسط حسابي موزون اجمالي بلغت قيمته (4.07) وهذه القيمة تعد مرتفعة، وبلغت مقدار الانحراف المعياري عن المتوسط (0.727)، مما يعني ان التباين في استجابات المشاركين قليلة بين متوسطات الفقرات وهناك تجانس حول فقرات هذا البعد، وبمستوى اهتمام نسبي بلغ (81.4%) ، وهذا يؤكد وجود اهتمام مرتفع من قبل الشركة بالنسبة لفقرات بعد الكفاءة، إما مقاييس هذا البعد فقد توزعت بين اكبر استجابة حصلت عليها الفقرة (Y21) بأكبر متوسط حسابي بمقدار (4.13) من بين كل مقاييس هذا البعد وبلغ مقدار الانحراف المعياري (0.885) ، مما يعني وجود تباين متوسط في استجابات المشاركين حول الفقرة ، وبأهمية نسبية قدرت بـ (82.6%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق وبمقدار استجابة مرتفع على ما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يدل على ان الشركة تركز على تقليل التكلفة عند تصميم عملياتها. ، بينما أحرزت الفقرة (Y23) اقل استجابة على مستوى هذا البعد بحصولها على أقل متوسط حسابي مرجح والذي بلغت قيمته (4.01) وبانحراف معياري عن الوسط مقداره (0.905)، مما يعني وجود تباين في استجابات المشاركين حول الفقرة وبأهمية نسبية بلغت (80.2%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق وبمقدار استجابة مرتفع فيما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يشير الى ان ادارة الشركة تعمل على تقليل وقت الانتظار للحد من التكاليف الزائدة.

تم قياس بعد الاستجابة ضمن اداء سلسلة التجهيز الهجينة بـ(4) عبارات قياس تمثل هذا البعد توزعت بين (Y31-Y34) ، اذ حاز بعد الاستجابة على متوسط حسابي موزون اجمالي بلغت قيمته (4.095) وهذه القيمة تعد مرتفعة، وبلغت مقدار الانحراف المعياري عن المتوسط (0.663)، مما يعني ان التباين في استجابات المشاركين قليلة بين متوسطات الفقرات وهناك تجانس حول فقرات هذا البعد ، وبمستوى اهتمام نسبي بلغ (81.9%) ، وهذا يؤكد وجود اهتمام مرتفع من قبل الشركة بالنسبة لفقرات بعد الاستجابة ، إما مقاييس هذا البعد فقد توزعت بين اكبر استجابة حصلت عليها الفقرة (Y31) بأكبر متوسط حسابي بمقدار (4.15) من بين كل مقاييس هذا البعد وبلغ مقدار الانحراف المعياري (0.844) ، مما يعني وجود تباين متوسط في استجابات المشاركين حول الفقرة ، وبأهمية نسبية قدرت بـ (83%)

مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق وبمقدار استجابة مرتفع على ما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يدل على ان الشركة تحتفظ بالقدرة على الإيفاء بالطلب المفاجئ. ، بينما أحرزت الفقرة (Y34) اقل استجابة على مستوى هذا البعد بحصولها على أقل متوسط حسابي مرجح والذي بلغت قيمته (3.98) وبانحراف معياري عن الوسط مقداره (0.952) ، مما يعني وجود تباين في استجابات المشاركين حول الفقرة وبأهمية نسبية بلغت (79.6%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق وبمقدار استجابة مرتفع فيما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يشير الى ان وقت التجهيز يعد الاسرع هو المعيار الأهم في اختيار الموردين.

تم قياس بعد تقليل الهدر ضمن اداء سلسلة التجهيز الهجينة بـ (5) عبارات قياس تمثل هذا البعد توزعت بين (Y41-Y45)، اذ حاز بعد تقليل الهدر على متوسط حسابي موزون اجمالي بلغت قيمته (4.035) وهذه القيمة تعد مرتفعة ، وبلغت مقدار الانحراف المعياري عن المتوسط (0.677)، مما يعني ان التباين في استجابات المشاركين قليلة بين متوسطات الفقرات وهناك تجانس حول فقرات هذا البعد ، وبمستوى اهتمام نسبي بلغ (80.7%) ، وهذا يؤكد وجود اهتمام مرتفع من قبل الشركة بالنسبة لفقرات بعد تقليل الهدر، إما بمقاييس هذا البعد فقد توزعت بين اكبر استجابة حصلت عليها الفقرة (Y42) بأكبر متوسط حسابي بمقدار (4.15) من بين كل مقاييس هذا البعد وبلغ مقدار الانحراف المعياري (0.789) ، مما يعني وجود تباين قليل في استجابات المشاركين حول الفقرة ، وبأهمية نسبية قدرت بـ (83%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق وبمقدار استجابة مرتفع على ما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يدل على الاهتمام باستخدام تكنولوجيا وعمليات مبسطة لخدمة النظام الإنتاج. ، بينما أحرزت الفقرة (Y44) اقل استجابة على مستوى هذا البعد بحصولها على أقل متوسط حسابي مرجح والذي بلغت قيمته (3.95) وبانحراف معياري عن الوسط مقداره (0.822)، مما يعني وجود تباين في استجابات المشاركين حول الفقرة وبأهمية نسبية بلغت (79%) مما يشير ان استجابات المستجيبين افراد العينة توجهت صوب الاتفاق وبمقدار استجابة مرتفع فيما تضمنته هذه الفقرة ، وهذا يشير الى ان الشركة تحافظ على نسبة تلف ضمن المستوى المقبول.

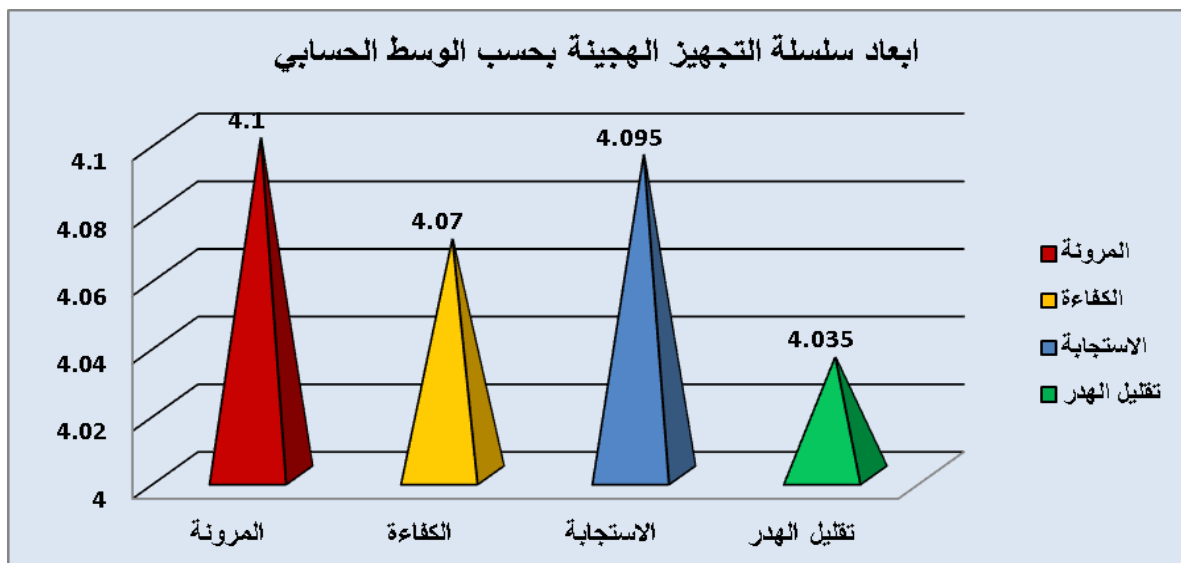
ان ترتيب ابعاد اداء سلسلة التجهيز الهجينة بحسب الوسط الحسابي كان كالاتي (المرونة ، الاستجابة ، الكفاءة، تقليل الهدر)، في حين بلغ المتوسط الحسابي المرجح لأجمالي متغير اداء سلسلة التجهيز الهجينة (4.075) وبأنحراف معياري بلغت قيمته (0.629)، وبأهمية

نسبية بلغت (81.5%) وكما موضح في الجدول (2) حسب عينة الدراسة. ويمكن توضيح ترتيب الابعاد الفرعية لمتغير اداء سلسلة التجهيز الهجينة عن طريق شكل بياني استناداً الى الوسط الحسابي.

جدول (2) وصف عام لإجابة العينة عن متغير اداء سلسلة التجهيز الهجينة n = 150.

ت	المتغير	الابعاد (المحاور)	وسط حسابي	انحراف معياري	أهمية نسبية	نتيجة التطبيق	ترتيب
3	اداء سلسلة التجهيز الهجينة	المرونة	4.1	0.756	82%	مرتفع	1
		الكفاءة	4.07	0.727	81.4%	مرتفع	3
		الاستجابة	4.095	0.663	81.9%	مرتفع	2
		تقليل الهدر	4.035	0.677	80.7%	مرتفع	4
	اجمالي اداء سلسلة التجهيز الهجينة		4.075	90.62	81.5%	مرتفع	

المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام البرنامج الإحصائي spss v.28.



شكل (4) الشكل البياني لمستوى إبعاد اداء سلسلة التجهيز الهجينة بحسب الوسط الحسابي

المصدر: مخرجات برنامج (Microsoft Excel V. 2010)

الاستنتاجات

1. أظهرت النتائج أن توظيف تقنيات الحوسبة الطرفية يساهم في تحسين أداء سلسلة التجهيز الهجينة في شركة مصافي الوسط/مصفى الدورة، من خلال معالجة البيانات بالقرب من مصادر توليدها وتقليل الوقت اللازم لنقل البيانات إلى مراكز المعالجة المركزية.
2. تبين أن الحوسبة الطرفية يمكن أن تدعم سرعة الاستجابة في سلسلة التجهيز، ولا سيما في البيئة الصناعية التي تتطلب اتخاذ قرارات سريعة بشأن الإنتاج والمخزون والتجهيز.
3. أسهمت الحوسبة الطرفية في تعزيز مرونة سلسلة التجهيز الهجينة من خلال توفير معلومات آنية تساعد الوحدات والأقسام المعنية على التعامل مع التغيرات في الطلب أو الإنتاج أو مستويات المخزون.
4. أظهرت النتائج أن الاستفادة من الحوسبة الطرفية لا تقتصر على الجانب التقني، وإنما تمتد إلى الجوانب التشغيلية والإدارية، لأنها توفر معلومات أكثر سرعة لدعم عملية اتخاذ القرار.
5. يمكن للحوسبة الطرفية أن تساهم في الحد من بعض أوجه الهدر في سلسلة التجهيز من خلال الكشف المبكر عن الاختناقات والتأخيرات والمشكلات التشغيلية، بما يدعم تحقيق تدفق أكثر كفاءة للمواد والمعلومات.
6. أظهرت النتائج أهمية البنية التحتية الرقمية في تحقيق الاستفادة الفعلية من الحوسبة الطرفية؛ إذ إن توفر الأجهزة والشبكات وأنظمة الاتصال يمثل أساساً لنجاح تطبيقها في البيئة الصناعية.
7. تشير النتائج إلى أن تطبيق الحوسبة الطرفية في المصافي النفطية يمكن أن يتوافق مع توجهات تطوير القطاع التكريري وزيادة كفاءة العمليات، خصوصاً أن وزارة النفط تتجه إلى تطوير المصافي وزيادة طاقاتها الإنتاجية .

التوصيات

1. توصي الباحثة إدارة شركة مصافي الوسط/مصفى الدورة بالتوسع التدريجي في تطبيق تقنيات الحوسبة الطرفية وربطها بالعمليات ذات الحاجة العالية إلى الاستجابة الفورية.

2. ضرورة تطوير البنية التحتية الرقمية للمصفي، ولاسيما شبكات الاتصال وأجهزة الاستشعار ووحدات المعالجة الطرفية، بما يضمن سرعة نقل البيانات ومعالجتها.
3. توصي الباحثة بربط الحوسبة الطرفية بأنظمة مراقبة الإنتاج والمخزون والتجهيز، بما يسمح بالحصول على بيانات آنية تساعد الإدارة في اتخاذ القرارات التشغيلية في الوقت المناسب
4. تدريب العاملين في الأقسام ذات العلاقة على استخدام تقنيات الحوسبة الطرفية وتحليل البيانات الناتجة عنها، لأن نجاح التقنية يعتمد على تكامل التكنولوجيا والموارد البشرية.
5. اعتماد الحوسبة الطرفية في مراقبة المخزون والمواد الداخلة في العملية الإنتاجية، بما يساعد على اكتشاف حالات النقص أو الزيادة مبكرًا وتقليل احتمالات توقف العمليات بسبب عدم توفر المواد.
6. تعزيز التكامل بين الحوسبة الطرفية والأنظمة الرقمية الأخرى المستخدمة في سلسلة التجهيز، بحيث لا تعمل التقنية بصورة منفصلة، وإنما تكون جزءًا من منظومة رقمية متكاملة.
7. وضع سياسات واضحة لأمن البيانات وحمايتها، خصوصًا أن الحوسبة الطرفية تعتمد على توزيع عمليات معالجة البيانات على عدد كبير من الأجهزة والمواقع داخل البيئة الصناعية.
8. إجراء تقييم دوري لأداء تطبيقات الحوسبة الطرفية وقياس أثرها في المرونة والاستجابة وتقليل الهدر والكفاءة، للتأكد من تحقيق النتائج المستهدفة

المصادر

1. عبد محمد، ز. (2025). تقييم نموذج سلسلة التجهيز الذكية: دراسة حالة في الشركة العامة لصناعات النسيج والجلود. (8)مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، 6 <https://doi.org/10.53796/hnsj68/24>
2. مجباس، حيدر عبد المحسن، وعباس، نهضة علي. (2025). دور مرونة تكنولوجيا المعلومات في تعزيز القدرات الديناميكية: دراسة استطلاعية. مجلة الإدارة والاقتصاد، 50(147)، 31-38 <https://doi.org/10.31272/jae.i147.1374>
3. Saddique, S., Baig, A., Arif, E., Zaheer, M., Hamayoun, S., & Khan, F. (2025). Industry 5.0: An energy-efficient smart task offloading mechanism for multi-access edge computing. International Journal of Innovations in Science & Technology, 7(4), 2399–2412.

4. Noori, S. F., Yuvaraj, D., Abas, S. M., Sivaram, M., & Porkodi, V. (2024). Multifaceted interplay between mobile edge computing based on Industry 5.0 in transportation. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(15s), 106–114.
5. Sharma, M., Tomar, A., & Hazra, A. (2024). Edge Computing for Industry 5.0: Fundamental, Applications and Research Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*.
6. Tyagi, P. (2021). Edge Computing – Benefits, Use Cases, Challenges, and Best Practices. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 69(3), 30–36.
7. Nauman, A., Khan, W. U., Aldehim, G., Alqahtani, H., Alruwaise, N., Al Duhayyim, M., Dev, K., Min, H., & Nkenyereye, L. (2023). Communication and computational resource optimization for Industry 5.0 smart devices empowered by MEC. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*.
8. Noorulsadiqin, Y. A., Fauzi, L. M., & others (2020). Lean and agile metrics: Literature review and framework for measuring leagile supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 11(4), 677–687.
9. Khoei, S. Z. (2022). Effect of supply chain drivers on leagile implementation: Examining the moderating role of industrial cluster in Mazandaran province (Doctoral dissertation, Bournemouth University).
10. Markauskas, M. (2021). Hybrid (Leagile) tiekimo grandinės efektyvumo vertinimas. 22-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos straipsnių rinkinys. Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija.
11. Ryciuk, U., Szymczak, M., & Third Author. (2021). Lean and agile metrics: Literature review and framework for measuring leagile supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Published December 2021.
12. Nair, A. S., & John, B., 2024. Optimizing Logistics Performance through Integrated Collaboration: A LeAgile Supply Chain Management Perspective in the UAE. *Library Progress International*, 44(3), pp.18691–18714.
13. Pattanaik, L. N. (2021). Simulation Optimization of Manufacturing Takt Time for a Leagile Supply Chain with a De-coupling Point. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(2), 102–114.
14. Al Sharafi, M., & Ullah, A. (2023). Combining lean and agile supply chains for top results. *Journal of Student Research*.
15. Laghouag, A., & Sahli, A. A. (2021). Exploring Leagile Supply Chain: Advantages & Characteristics. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 8(9).
16. Aljoghaiman, A., Rahman, M. A., Bauirzhanovna, B. A., & Bhatti, M. A. (2022). Effects of Supply Chain Strategy (Lean, Agile, Hybrid) on Saudi Firm Performance: Exploring

Mediating Role of Supply Chain Integration. *International Journal of Construction Supply Chain Management*, 12(2), 124–142

17. Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., & Anderson, R.E. (2010). " Multivariate Data Analysis " . 7th Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
18. Saunders, m., lewis, p., & thornhill, a. (2023). research methods for business students (9th ed.). pearson.
19. Wolniak, R. (2023). Industry 5.0 – characteristic, main principles, advantages and disadvantages. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, (170), pp. 1–12.
20. Bora, N., Saikia, B. J., Borgohain, B., Das, K., & Sharma, B. (2024). Role of mathematics to build a sustainable future for Industry 5.0. *Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Sciences*, 19(8), 80–93.