

تحسين مرونة سلاسل التوريد من خلال التكامل بين الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة الدور الوسيط للبراعة الرقمية في المؤسسات الانتاجية

Improving supply chain resilience through the integration of algorithmic management and sustainable technologies: The mediating role of digital proficiency in production enterprises

م. سوزان عباس عبدالله / الجامعة التقنية الوسطى / الكلية التقنية الهندسية - بغداد

Lecturer: Suzan Abbas Abdullah

Suzan.abbas@mtu.edu.iq

تاريخ التعديل : 2026/06/07

تاريخ النشر : 2026/10/25

تاريخ تقديم البحث : 2026/05/09

تاريخ قبول النشر : 2026/09/22

المستخلص:

في ظل تزايد الاضطرابات التشغيلية والتحديات البيئية وتسارع التحول الرقمي اصبحت مرونة سلسلة التوريد من المتطلبات في الاستراتيجية الاساسية للمؤسسات الانتاجية الساعية الى المحافظة على استمرارية عملياتها وتعزيز قدرتها التنافسية . وانطلاقاً من ذلك، يهدف هذا البحث إلى تحليل دور الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة في تحسين مرونة سلسلة التوريد، من خلال اختبار الدور الوسيط للبراعة الرقمية في معمل سمنت كبيسة. واعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي، وتم جمع البيانات من عينة بلغت (140) موظفاً من العاملين في المعمل باستخدام استبانة أعدت لهذا الغرض، فيما تم تحليل البيانات باستخدام برنامج (SmartPLS 4) بالاعتماد على نمذجة المعادلات الهيكلية بالمربعات الصغرى الجزئية (PLS-SEM).

أظهرت النتائج تمتع المعمل بمستويات جيدة من الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة والبراعة الرقمية ومرونة سلسلة التوريد. كما بينت النتائج وجود تأثيرات إيجابية ومعنوية للإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد، فضلاً عن وجود تأثير معنوي للبراعة الرقمية في تعزيز مرونة سلسلة التوريد. وكشفت النتائج أيضاً عن وجود دور وسيط جزئي للبراعة الرقمية في العلاقة بين التقنيات المستدامة ومرونة سلسلة التوريد، في حين لم يظهر دور وسيط معنوي للبراعة الرقمية في العلاقة بين الإدارة الخوارزمية ومرونة سلسلة التوريد.

وتبرز أهمية هذه النتائج في تأكيد الدور الاستراتيجي للتكامل بين التقنيات المستدامة والقدرات الرقمية في تعزيز مرونة سلاسل التوريد داخل المؤسسات الإنتاجية. كما تقدم دلالات تطبيقية للإدارات الصناعية بشأن أهمية الاستثمار في التقنيات المستدامة وتنمية البراعة الرقمية للعاملين بما يدعم القدرة على الاستجابة للمتغيرات التشغيلية والتكيف مع التحديات البيئية والتنافسية وتحقيق الاستدامة التشغيلية على المدى الطويل.

الكلمات المفتاحية: الادارة الخوارزمية ، التقنيات المستدامة ، البراعة الرقمية ، مرونة سلسلة التوريد .

Abstract

In light of increasing operational disruptions, environmental challenges, and the accelerating pace of digital transformation, supply chain resilience has become a strategic imperative for manufacturing organizations, seeking to maintain operational, continuity and enhance their competitive position. Accordingly, this study aims to examine the role of algorithmic management, and sustainable technologies in improving supply chain resilience through the mediating role of digital dexterity at Kubaisa Cement Plant.

The study adopted a descriptive analytical approach, and collected data from a sample of 140 employees working, at the plant through a structured questionnaire. Data were analyzed using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) through Smart PLS 4.

The findings revealed that the plant demonstrates favorable, levels of algorithmic management, sustainable technologies, digital dexterity, and supply chain resilience. The results also indicated

significant positive effects, of algorithmic management and sustainable technologies on supply chain resilience, as well as a significant positive effect of digital dexterity on supply chain resilience. Furthermore, The findings showed that digital dexterity plays a partial mediating role in the relationship between sustainable technologies and supply chain resilience. However, no significant mediating role was found for digital dexterity in the relationship between algorithmic management and supply chain resilience.

These findings highlight the strategic importance, of integrating sustainable technologies with digital capabilities to strengthen, supply chain resilience within manufacturing organizations. The study also provides practical implications for industrial managers, regarding the importance of investing in sustainable technologies, and enhancing employees' digital dexterity to improve responsiveness to operational changes, adapt to environmental and competitive challenges, and achieve long-term operational sustainability.

Keywords: Algorithmic Management, Sustainable Technologies, Digital Dexterity, Supply Chain Resilience.

المقدمة

تشهد بيئة الأعمال المعاصرة تحولات متسارعة نتيجة التقدم التكنولوجي المتنامي، والتوسع في استخدام التقنيات الرقمية الأمر الذي أدى إلى إعادة تشكيل أنماط إدارة العمليات وسلاسل التوريد في مختلف القطاعات الصناعية. وفي ظل تزايد حالات عدم اليقين والاضطرابات التشغيلية الناتجة عن التقلبات الاقتصادية والبيئية والتكنولوجية (Fonseca et al., 2026) أصبحت مرونة سلسلة التوريد من المرتكزات الاستراتيجية الأساسية التي تمكن المنظمات من الاستجابة السريعة للتغيرات والمحافظة على استمرارية عملياتها وتحقيق ميزتها التنافسية (Li et al., 2021).

وفي هذا السياق، برزت الإدارة الخوارزمية بوصفها أحد الاتجاهات الإدارية الحديثة التي تعتمد على الخوارزميات وتحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي في تنفيذ مهام الرقابة والتنسيق واتخاذ القرارات التشغيلية، بما يسهم في تعزيز كفاءة العمليات وتحسين تخصيص الموارد ورفع مستوى الاستجابة للمتغيرات التشغيلية (Zhang et al., 2025) وقد أصبح توظيف هذا النمط الإداري أكثر أهمية في البيئات الصناعية التي تتطلب معالجة كميات كبيرة من البيانات واتخاذ قرارات سريعة ودقيقة.

بالتوازي مع ذلك، حظيت التقنيات المستدامة باهتمام متزايد في الأدبيات والممارسات الإدارية المعاصرة لما تؤديه من دور فاعل في تعزيز كفاءة استخدام الموارد وتقليل الآثار البيئية للعمليات الإنتاجية (Syafrianita et al., 2025) وتشمل هذه التقنيات مجموعة من الممارسات والحلول التكنولوجية التي تستهدف ترشيد استهلاك الطاقة والمواد الأولية وتقليل النفايات والانبعاثات وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد، بما يدعم التوجه نحو التنمية الصناعية المستدامة ويعزز قدرة المنظمات على مواجهة التحديات البيئية والتنظيمية المتزايدة (Talukder et al., 2025).

ومن جانب آخر تمثل البراعة الرقمية أحد المفاهيم الحديثة التي تعكس قدرة الأفراد والمنظمات، على توظيف التقنيات الرقمية بفاعلية والتكيف مع المتغيرات التكنولوجية والاستفادة من البيانات والمعرفة الرقمية في تحسين الأداء واتخاذ القرارات. وتعد البراعة الرقمية عاملاً مهماً في تحويل الاستثمارات التكنولوجية إلى نتائج تشغيلية ملموسة من خلال تعزيز التعلم المستمر والتعاون الرقمي والابتكار وتحسين كفاءة تنفيذ الأعمال (Hanjaya et al., 2025).

وعلى الرغم من تنامي الاهتمام بموضوعات الإدارة الخوارزمية، والتقنيات المستدامة ومرونة سلسلة التوريد، إلا أن الأدبيات السابقة ما تزال تعاني محدودية في تفسير الكيفية التي تتفاعل بها هذه المتغيرات بصورة تكاملية، ولا سيما فيما يتعلق بالدور الذي يمكن أن تؤديه البراعة الرقمية في تعزيز أثر الممارسات الرقمية والمستدامة على مرونة سلسلة التوريد. كما أن الدراسات التطبيقية في البيئة الصناعية العربية ما تزال محدودة نسبياً في هذا المجال، الأمر الذي يبرز الحاجة إلى مزيد من الدراسات التي تستكشف هذه العلاقات بصورة أكثر شمولاً (Alabdali et al., 2025).

وانطلاقاً من ذلك يسعى البحث الحالي إلى تحليل تأثير الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد، واختبار الدور الوسيط للبراعة الرقمية في هذه العلاقة، من خلال دراسة ميدانية في معمل سمنت كبيسة. واعتمد البحث المنهج الكمي باستخدام نمذجة المعادلات الهيكلية بالمربعات الصغرى الجزئية (PLS-SEM)، استناداً إلى بيانات تم جمعها من (140) موظف، بهدف تقديم فهم أعمق للعلاقات بين المتغيرات المدروسة، وتحديد الآليات التي يمكن من خلالها تعزيز مرونة سلسلة التوريد في المنظمات الصناعية.

وتتبع اهمية البحث من مساهمته في توسيع المعرفة النظرية المتعلقة بالتكامل بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة والبراعة الرقمية، فضلاً عن تقديم مؤشرات عملية يمكن أن تساعد إدارات المنظمات الصناعية على تطوير استراتيجيات، أكثر قدرة على تعزيز المرونة التشغيلية والاستجابة الفاعلة للمتغيرات البيئية والتكنولوجية المتسارعة.

المبحث الاول : منهجية البحث

اولاً: مشكلة البحث

تشهد المؤسسات الانتاجية المعاصرة تحديات متزايدة ناجمة عن تسارع التحول الرقمي، وتنامي المتطلبات البيئية والاضطرابات التي تواجه سلاسل التوريد، الامر الذي جعل تحقيق المرونة التشغيلية ضرورة استراتيجية لضمان استمرارية الاعمال والمحافظة على القدرة التنافسية. وفي هذا السياق، برزت الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة بوصفهما من المداخل الحديثة القادرة على تطوير كفاءة العمليات وتحسين القدرة على الاستجابة للمتغيرات والتحديات التشغيلية.

وعلى الرغم من تزايد الاهتمام الاكاديمي والعملي بهذين المتغيرين، الا ان الادبيات ما تزال تعاني محدودية في تفسير طبيعة العلاقة التكاملية بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة ودورها في تعزيز مرونة سلاسل التوريد، ولا سيما في البيئات الصناعية للدول النامية. كما ان الدور الذي يمكن ان تؤديه البراعة الرقمية في تفسير هذه العلاقة ما يزال بحاجة الى مزيد من البحث والتحليل.

وانطلاقاً من ذلك تتمثل مشكلة البحث في السعي الى تشخيص طبيعة العلاقات المباشرة وغير المباشرة، بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة والبراعة الرقمية ومرونة سلسلة التوريد، من خلال الاجابة عن التساؤل الرئيسي: كيف تسهم الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة في تعزيز مرونة سلسلة التوريد، وما طبيعة الدور الذي تؤديه البراعة الرقمية في تفسير هذه العلاقة داخل المؤسسات الانتاجية؟

ثانياً: اهمية البحث

تتبع اهمية البحث من الاهمية المتزايدة لموضوع مرونة سلسلة التوريد في ظل البيئة التشغيلية المعاصرة التي تتسم بدرجة عالية من التعقيد وعدم اليقين. كما يستمد البحث اهميته من تناوله الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة بوصفهما من الاتجاهات الادارية والتكنولوجية الحديثة التي يمكن ان تسهم في تعزيز كفاءة العمليات وتحسين القدرة على مواجهة التحديات التشغيلية والبيئية.

وتتجسد اهمية البحث العلمية في اثره الادبيات المتعلقة بالعلاقات المتبادلة بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة والبراعة الرقمية ومرونة سلسلة التوريد، من خلال تقديم اطار تفسيري متكامل يوضح طبيعة هذه العلاقات. اما من الناحية التطبيقية، فيوفر البحث مؤشرات عملية يمكن ان تساعد ادارات المؤسسات الانتاجية في توظيف التقنيات الرقمية والممارسات المستدامة لتعزيز مرونة سلاسل التوريد وتحسين الاداء التشغيلي.

ثالثاً: اهداف البحث

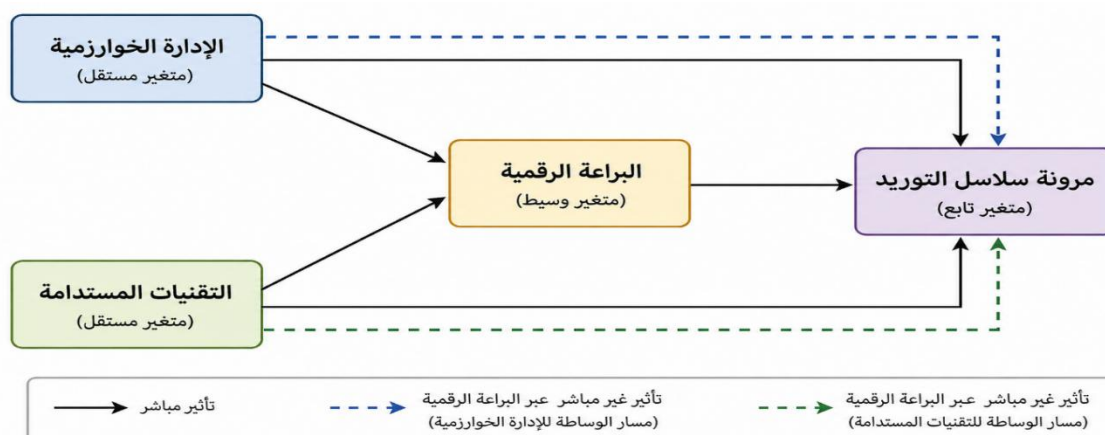
يسعى البحث الى تحقيق الاهداف التالية :

- 1-تشخيص مستوى تبني الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة والبراعة الرقمية ومرونة سلسلة التوريد في معمل سمنت كبيسة.
- 2-تحليل تأثير الادارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد.
- 3-تحليل تأثير التقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد.
- 4-تحديد تأثير الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة في البراعة الرقمية.
- 5-تحليل تأثير البراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد.
- 6-اختبار الدور الوسيط للبراعة الرقمية في العلاقة بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة ومرونة سلسلة التوريد.
- 7-تقديم اطار تفسيري يساهم في تعزيز مرونة سلسلة التوريد في المؤسسات الانتاجية من خلال التكامل بين الممارسات الرقمية والمستدامة.

رابعاً: مخطط البحث

يعتمد البحث على الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة بوصفهما متغيرين مستقلين، بينما تمثل مرونة سلسلة التوريد المتغير التابع. كما تتوسط البراعة الرقمية العلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، انطلاقاً من افتراض مفاده أن توظيف الإدارة الخوارزمية واعتماد التقنيات المستدامة يسهمان في تعزيز البراعة الرقمية، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على قدرة سلسلة التوريد على الاستعداد للاضطرابات والاستجابة لها والتعافي منها بكفاءة.

وبذلك يوضح النموذج البحثي العلاقات المباشرة وغير المباشرة بين متغيرات الدراسة، بما يسهم في تفسير آليات تعزيز مرونة سلسلة التوريد وتحقيق الاستدامة التشغيلية في المؤسسات الإنتاجية، كما موضح في الشكل. (1)



الشكل 1. مخطط البحث

ويوضح الجدول (1) متغيرات البحث وابعاده الفرعية وعدد الفقرات مع رمز كل متغير .

الجدول (1) متغيرات البحث

التعريف	المتغيرات والابعاد	الرمز	عدد الفقرات
مستقل 1	الإدارة الخوارزمية	AM	15
	المراقبة الخوارزمية	AMO	3
	تحديد الأهداف خوارزمية	AGS	3
	الجدولة الخوارزمية	ASC	3
	تقييم الأداء خوارزمية	APE	3
	التعاون الرقمي والمكافآت الخوارزمية	DAR	3
مستقل 2	التقنيات المستدامة	ST	15
	تقليل استهلاك المدخلات والمواد الخام	IMR	3
	كفاءة الطاقة	EE	3
	تقليل النفايات والانبعاثات	WER	3
	إعادة التدوير وإعادة الاستخدام	RRU	3
	التقنيات النظيفة	CT	3
وسيط	البراعة الرقمية	DD	12
	القدرة على التكيف	ADP	3
	التعاون الرقمي	DC	3
	التفكير التحليلي	AT	3
	الإبداع	CR	3
تابع	مرونة سلسلة التوريد	SCR	9
	جاهزية سلسلة التوريد	SCRE	3
	استجابة سلسلة التوريد	SCRIP	3
	تعافي سلسلة التوريد	SCRC	3

خامساً: فرضيات البحث

استناداً إلى الإطار النظري والدراسات السابقة، تم صياغة فرضيات البحث على النحو الآتي:

الفرضيات الرئيسية للتأثير المباشر

H1: يوجد تأثير ذو دلالة معنوية للإدارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد.

H2: يوجد تأثير ذو دلالة معنوية للتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد.

H3: يوجد تأثير ذو دلالة معنوية للبراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد.

H4: يوجد تأثير ذو دلالة معنوية للإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية.

H5: يوجد تأثير ذو دلالة معنوية للتقنيات المستدامة في البراعة الرقمية.

فرضية التأثير غير المباشر (الوساطة)

H6: تؤدي البراعة الرقمية دوراً وسيطاً ذا دلالة معنوية في العلاقة بين الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة ومرونة سلسلة التوريد.

المبحث الثاني: الإطار النظري

أولاً: الإدارة الخوارزمية

تُعرف الإدارة الخوارزمية بأنها نظام إداري يعتمد على الخوارزميات والبيانات الضخمة في أداء الوظائف الإدارية مثل التنسيق والرقابة وتخصيص المهام واتخاذ القرار، من خلال تقليل التدخل البشري المباشر في العمليات التشغيلية (Möhlmann et al., 2021) كما تُعد الإدارة الخوارزمية نموذجاً تنظيمياً حديثاً يعتمد على توظيف الخوارزميات في إدارة الأنشطة والموارد واتخاذ القرارات التشغيلية بصورة قائمة على البيانات، بما يعزز الكفاءة والشفافية التنظيمية (Jarrahi et al., 2021) كما يشير Stark (2024) & Vanden Broeck إلى أن الإدارة الخوارزمية تمثل نمطاً تنظيمياً حديثاً يقوم على توظيف الخوارزميات لإدارة الأنشطة والموارد والعلاقات داخل المنصات الرقمية، مع تجاوز حدود التنظيم التقليدي نحو بيئات عمل أكثر ترابطاً واعتماداً على البيانات.

وعلى مستوى سلاسل التوريد، تسهم الإدارة الخوارزمية في رفع كفاءة العمليات من خلال تحسين التنبؤ بالطلب، وإدارة المخزون، وجدولة الإنتاج والتوزيع، مما يقلل من حالات الاختلال ويعزز انسيابية تدفق المواد والمعلومات (Zamani et al., 2023) كما تعمل الإدارة الخوارزمية على تعزيز الشفافية وسرعة الاستجابة للاضطرابات التشغيلية، الأمر الذي يدعم مرونة سلسلة التوريد ويزيد من قدرتها على التكيف في البيئات غير المستقرة، ويعزز دورها كأداة استراتيجية لتحسين الأداء التنافسي (Javed, 2020) اعتمد البحث مقياس الإدارة الخوارزمية الذي طوره Parent Rocheleau et al. (2024)، والذي يتكون من خمسة أبعاد هي: المراقبة الخوارزمية، وتحديد الأهداف الخوارزمية، والجدولة الخوارزمية، وتقييم الأداء خوارزمية، والتعاون الرقمي والمكافآت الخوارزمية.

ثانياً: التقنيات المستدامة

تمثل التقنيات المستدامة مجموعة من الحلول والابتكارات التكنولوجية التي تهدف إلى تقليل الآثار البيئية للعمليات الإنتاجية والخدمية مع تعزيز كفاءة استخدام الموارد والطاقة وتحقيق التوازن بين الأهداف الاقتصادية والبيئية (Han et al., 2025) تعد هذه التقنيات من الركائز الأساسية للتحويل نحو الاقتصاد الأخضر، إذ تسهم في خفض الانبعاثات الكربونية والحد من النفقات

وتحسين كفاءة العمليات التشغيلية من خلال توظيف أساليب إنتاج أكثر استدامة واعتماد ممارسات صديقة للبيئة (Yu et al., 2022). كما تركز على دمج مبادئ الاستدامة في تصميم وتشغيل الأنظمة والعمليات التقنية بما يدعم الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية ويعزز القدرة على المحافظة عليها.

وتؤدي التقنيات المستدامة دور محوري في دعم الابتكار البيئي عبر تطوير تقنيات نظيفة تقلل من الاعتماد على الموارد غير المتجددة، فضلاً عن تعزيز عمليات إعادة التدوير واستعادة الموارد وتحسين الكفاءة البيئية للمنظمات (Ranjan et al., 2023). كما تسهم في تعزيز الامتثال للمتطلبات والتشريعات البيئية ورفع مستوى المسؤولية البيئية للمؤسسات، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على سمعتها وقدرتها التنافسية. وعلى مستوى سلاسل التوريد، تساعد هذه التقنيات في تحسين تكامل الأنشطة اللوجستية والإنتاجية، وتقليل الفاقد في الموارد، وتحسين تدفق المواد والمعلومات عبر مختلف مراحل السلسلة (Syafrianita et al., 2025). إضافة إلى ذلك، تسهم في تعزيز مرونة سلاسل التوريد من خلال دعم قدرة المنظمات على التكيف مع المتغيرات البيئية والتشريعة وتقليل المخاطر المرتبطة بندرة الموارد أو القيود البيئية، مما يجعلها أداة استراتيجية لتحقيق الكفاءة التشغيلية والاستدامة والميزة التنافسية طويلة الأجل (Diani et al., 2025). اعتمد البحث في قياس التقنيات المستدامة على المقياس الذي طوره Borges et al. (2021) لقياس ممارسات الإنتاج الأنظف داخل المنظمات الصناعية. استناداً إلى مقياس وبما يتلاءم مع أهداف البحث الحالي، تم تمثيل التقنيات المستدامة بخمسة أبعاد رئيسية هي: تقليل استهلاك المدخلات والمواد الخام، وكفاءة الطاقة، وتقليل النفايات والانبعاثات، وإعادة التدوير وإعادة الاستخدام، والتقنيات النظيفة، والتي تعكس مجتمعةً توجه المنظمة نحو تبني الممارسات والتقنيات الداعمة للاستدامة البيئية وتحسين الكفاءة التشغيلية.

ثالثاً: البراعة الرقمية

تعد البراعة الرقمية من المفاهيم الحديثة التي برزت في ظل التحول الرقمي المتسارع، وتشير إلى قدرة الأفراد والمنظمات واستعدادهم على توظيف التقنيات الرقمية بفاعلية وسرعة لتحقيق الأهداف التنظيمية وتعزيز الاداء المؤسسي (Soule et al., 2016). ولا تقتصر البراعة الرقمية على امتلاك المهارات التقنية فحسب، بل تشمل القدرة على التكيف مع التقنيات الناشئة، والاستفادة من البيانات والمعلومات الرقمية في دعم عمليات اتخاذ القرار، وتطوير أساليب عمل أكثر مرونة وابتكاراً بما ينسجم مع متطلبات بيئة الأعمال الرقمية (Liu et al., 2026). تكتسب البراعة الرقمية أهمية متزايدة في المنظمات المعاصرة لكونها تمكن العاملين من استثمار الامكانيات الرقمية المتاحة وتحويلها إلى قيمة تنظيمية تسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز القدرة التنافسية.

كما تؤدي البراعة الرقمية دوراً محورياً في دعم مبادرات التحول الرقمي من خلال تعزيز قدرة العاملين على استخدام الأدوات والمنصات الرقمية بصورة فعالة، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على الابتكار وتحسين الاداء المؤسسي (Yu et al., 2025). وعلى مستوى سلاسل التوريد، تسهم البراعة الرقمية في تحسين تدفق المعلومات وتعزيز الرؤية والشفافية بين مختلف الأطراف، فضلاً عن دعم القرارات القائمة على البيانات في الوقت الحقيقي، مما يساعد على رفع كفاءة العمليات وتقليل مستويات عدم اليقين (Sahoo et al., 2025). كما تعزز قدرة سلاسل التوريد على الاستجابة السريعة للمتغيرات والتكيف مع الاضطرابات التشغيلية والبيئية من خلال تحسين التعاون والتنسيق بين الشركاء وتوظيف التقنيات الرقمية بصورة أكثر فاعلية، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على مرونة سلسلة التوريد واستمرارية أدائها وتحقيق مزايا تنافسية مستدامة (Shama et al., 2026). وقد أشار O'Sullivan (2019) إلى أن البراعة الرقمية تتجسد من خلال مجموعة من القدرات الأساسية تتمثل في: القدرة على التكيف (Adaptability)، والتعاون الرقمي (Digital Collaboration)، والتفكير التحليلي (Analytical Thinking)، والإبداع (Creativity)، والتي تمثل مجتمعةً الأساس الذي يمكن العاملين من الاستفادة من التقنيات الرقمية والتفاعل مع بيئات العمل المتغيرة بكفاءة.

رابعاً: مرونة سلسلة التوريد

تُعد مرونة سلسلة التوريد (Supply Chain Resilience) من المفاهيم المحورية في أدبيات إدارة العمليات وسلاسل التوريد، إذ تشير إلى قدرة سلسلة التوريد على الاستعداد والاستجابة والتعافي من الاضطرابات المختلفة مع الحفاظ على استمرارية الأداء وتقليل الآثار السلبية على العمليات التشغيلية (Bevilacqua et al., 2019). وتنطلق أهمية هذا المفهوم من طبيعة سلاسل التوريد الحديثة التي تعمل ضمن بيئات ديناميكية معقدة تتعرض لمجموعة متنوعة من المخاطر، مثل تقلبات الطلب، والأزمات الاقتصادية، والاضطرابات البيئية والتكنولوجية، مما يتطلب امتلاك قدرات تنظيمية مرنة تضمن استمرارية واستقرار الأداء التشغيلي (Azz-eddine et al., 2024).

تتكون مرونة سلسلة التوريد من ثلاثة ابعاد رئيسية، تتمثل في الجاهزية (Readiness) التي تعكس قدرة السلسلة على التخطيط والاستعداد المسبق للاضطرابات المحتملة، والاستجابة (Response) التي تشير إلى سرعة وفاعلية التعامل مع الاحداث غير المتوقعة عند وقوعها، والتعافي (Recovery) الذي يعبر عن قدرة السلسلة على استعادة توازنها التشغيلي او تحسينه بعد حدوث الازمة. (Chowdhury & Quaddus, 2016)

كما تسهم مرونة سلسلة التوريد في تعزيز الكفاءة التشغيلية من خلال تقليل زمن التوقف وتحسين تدفق المواد والمعلومات والحد من الخسائر الناتجة من الاضطرابات التشغيلية .

وفي السياق المعاصر ترتبط مرونة سلسلة التوريد ارتباط وثيق بالتقنيات الرقمية وانظمة الادارة الذكية، حيث تسهم الادوات التحليلية والانظمة المعتمدة على البيانات في تحسين القدرة التنبؤية ودعم اتخاذ القرار السريع والدقيق (Fonseca et al., 2026). كما تعزز هذه المرونة القدرة التنافسية للمؤسسات من خلال تمكينها من التكيف مع التغيرات البيئية والسوقية بكفاءة أعلى، وضمان استمرارية العمليات في بيئات تشغيلية غير مستقرة، مما يجعلها عنصراً استراتيجياً أساسياً في تحقيق الاداء المستدام واستدامة سلاسل التوريد على المدى الطويل. (Guo et al., 2025)

خامساً: التاصيل النظري للعلاقات بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة والبراعة الرقمية ومرونة سلسلة التوريد

تشير الادبيات الحديثة الى ان الادارة الخوارزمية تسهم في تعزيز مرونة سلاسل التوريد من خلال تحسين جودة القرارات التشغيلية، ودعم الاستجابة السريعة للاضطرابات، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر بالاعتماد على التحليلات القائمة على البيانات والخوارزميات الذكية (Jarrahi et al., 2021; Zamani et al., 2023). كما تؤدي التقنيات المستدامة دور مهم في رفع قدرة المنظمات على التكيف مع التغيرات البيئية والتشغيلية من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل الهدر وتعزيز استدامة العمليات، الامر الذي ينعكس ايجاباً على مرونة سلسلة التوريد واستمراريتها. (Alabdali et al., 2025)

في المقابل تعد البراعة الرقمية من القدرات التنظيمية الاساسية التي تمكن العاملين والمنظمات من الاستفادة الفاعلة من التقنيات الرقمية وتوظيفها في دعم عمليات اتخاذ القرار وتحسين الاداء التشغيلي (Liu et al., 2026). كما تسهم البراعة الرقمية في تعزيز تبادل المعلومات والشفافية والقدرة على الاستجابة السريعة للمتغيرات، مما يدعم جاهزية سلسلة التوريد واستجابتها وتعافيها من الاضطرابات المختلفة. (Sahoo et al., 2025)

وانطلاقاً من ذلك يمكن تفسير الدور الوسيط للبراعة الرقمية في العلاقة بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة ومرونة سلسلة التوريد، إذ ان فعالية تطبيق الانظمة الخوارزمية والتقنيات المستدامة تعتمد بدرجة كبيرة على قدرة المنظمة والعاملين فيها على استيعاب التقنيات الرقمية وتوظيفها بكفاءة بما يسهم في تحويل الامكانات التقنية المتاحة إلى ممارسات تشغيلية، تدعم مرونة سلسلة التوريد وتحسن قدرتها على مواجهة الاضطرابات والتكيف مع التغيرات البيئية والسوقية. (Yu et al., 2025; Fonseca et al., 2026).

المبحث الثالث: الجانب العملي

يهدف الجانب العملي للبحث الى اختبار العلاقات بين (الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة والبراعة الرقمية ومرونة سلسلة التوريد) في بيئة صناعية انتاجية، وذلك من خلال تطبيق الدراسة في شركة كبيسة للاستدامة باعتبارها إحدى المؤسسات الصناعية التي تواجه تحديات متزايدة تتعلق بكفاءة العمليات التشغيلية واستدامتها وقدرتها على التكيف مع المتغيرات البيئية والسوقية. واعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي في جمع البيانات وتحليلها، إذ تم تصميم استبانة استنادا الى المقاييس المعتمدة في الادبيات السابقة لقياس متغيرات البحث. وشملت عينة الدراسة (140) موظف من العاملين في معمل سمنت كبيسة، جرى اختيارهم لتمثيل مختلف المستويات الوظيفية والادارية ذات الصلة بموضوع البحث. ولغرض تحليل البيانات واختبار فرضيات البحث، تم استخدام برنامج Smart PLS 4 بوصفه أحد البرامج المتخصصة في نمذجة المعادلات الهيكلية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية (PLS-SEM)، لما يتمتع به من قدرة على تحليل النماذج البحثية المعقدة واختبار العلاقات المباشرة وغير المباشرة، فضلاً عن ملائمتها للدراسات التطبيقية التي تتضمن متغيرات وسيطة وأحجام عينات متوسطة. وتم إجراء اختبارات الصدق والثبات وتقييم نموذج القياس، فضلاً عن اختبار النموذج الهيكلي للتحقق من صحة الفرضيات وتحليل تأثيرات المتغيرات المدروسة.

أولاً : الصدق البنائي التكويني

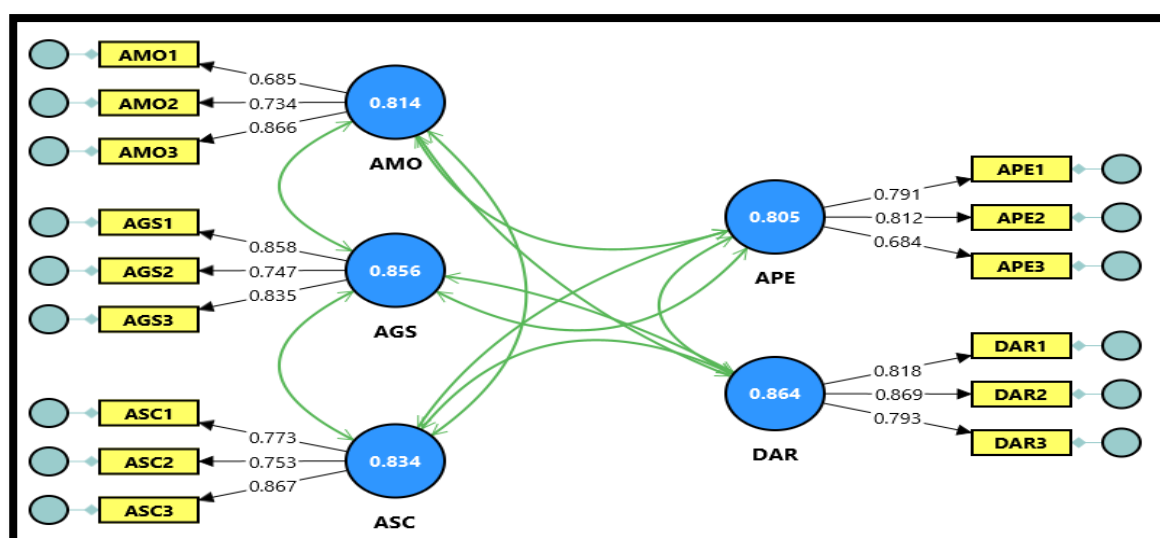
1: متغير الادارة الخوارزمية

يبين الشكل (2) نتائج التحليل العاملي التوكيدي لمقياس الادارة الخوارزمية، والذي يتكوّن من خمسة أبعاد أساسية هي: المراقبة الخوارزمية، وتحديد الأهداف خوارزمية، والجدولة الخوارزمية، وتقييم الأداء خوارزمية، التعاون الرقمي والمكافآت الخوارزمية. وبواقع (15) فقرة. ويظهر من خلال الجدول (2) أن مؤشرات جودة القياس جاءت ضمن الحدود المعيارية المقبولة، مما يعكس ملائمة النموذج العاملي المفترض لبيانات الدراسة ويؤكد سلامة البناء المفاهيمي للمقياس.

الجدول (2) تقييم جودة متغير الادارة الخوارزمية

أبعاد متغير الادارة الخوارزمية	ألفا كرونباخ المعيارية	ألفا كرونباخ غير المعيارية	الثبات المركب (rho_c)	متوسط التباين المستخلص (AVE)
AGS	0.856	0.855	0.852	0.663
AMO	0.814	0.814	0.809	0.586
APE	0.805	0.805	0.812	0.585
ASC	0.834	0.835	0.843	0.639
DAR	0.864	0.864	0.866	0.684
المعيار	0.70 ≤	0.70 ≤	0.70 ≤	0.50 ≤

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).



الشكل (2) التحليل العاملي التوكيدي لمتغير الادارة الخوارزمية

المصدر: برنامج SMART PLS 4

كما يتبين من نتائج الجدول (3) أن جميع الفقرات المرتبطة بأبعاد متغير الإدارة الخوارزمية حققت قيم (T) أعلى من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، فيما جاءت جميع قيم (P-values) أقل من (0.05)، مما يؤكد معنوية معاملات المسار وتمتع فقرات المقياس بدرجة جيدة من الصدق البنائي.

جدول (3) التحليل العاملي التوكيدي لمتغير الادارة الخوارزمية

P values	T values	التقديرات	الفقرات
		0.858	AGS1 <- AGS
0.000	10.498	0.747	AGS2 <- AGS
0.000	12.456	0.835	AGS3 <- AGS
		0.685	AMO1 <- AMO
0.000	7.949	0.734	AMO2 <- AMO
0.000	8.911	0.866	AMO3 <- AMO
		0.791	APE1 <- APE
0.000	10.609	0.812	APE2 <- APE
0.000	8.543	0.684	APE3 <- APE
		0.773	ASC1 <- ASC
0.000	8.938	0.753	ASC2 <- ASC
0.000	10.728	0.867	ASC3 <- ASC
		0.818	DAR1 <- DAR
0.000	12.057	0.869	DAR2 <- DAR
0.000	10.205	0.793	DAR3 <- DAR

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).

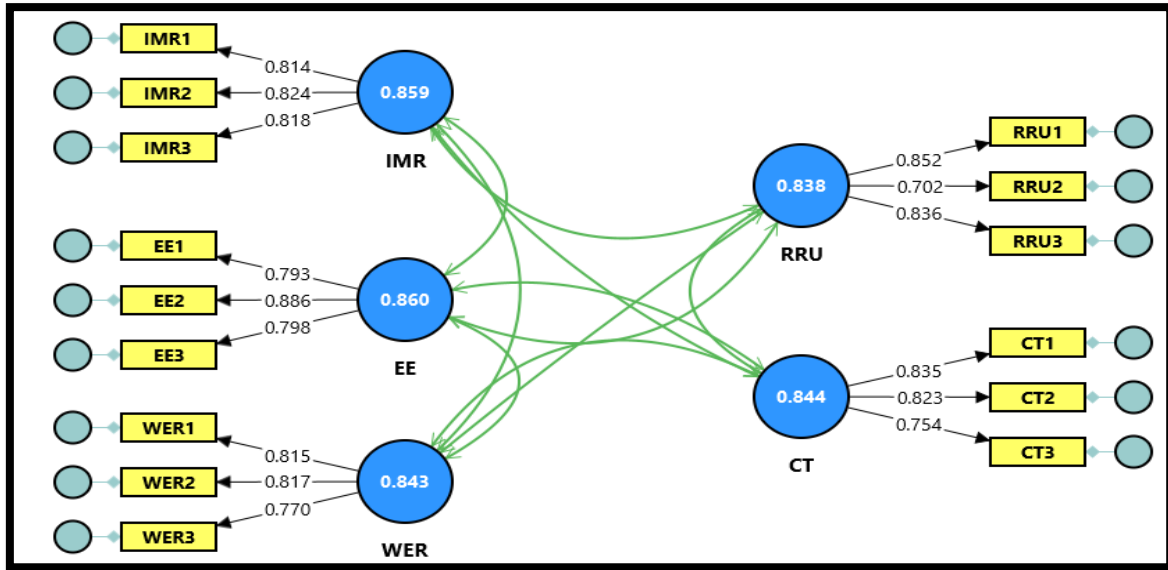
2- مقياس متغير التقنيات المستدامة

يبين الشكل (3) نتائج التحليل العاملي التوكيدي لمقياس التقنيات المستدامة، والذي يتكون من خمسة أبعاد هي تقليل استهلاك المدخلات والمواد الخام، وكفاءة الطاقة، وتقليل النفايات والانبعاثات، وإعادة التدوير وإعادة الاستخدام، والتقنيات النظيفة، وبواقع (15) فقرة. ويظهر الجدول (4) أن مؤشرات جودة المطابقة جاءت ضمن الحدود المقبولة، مما يؤكد ملاءمة النموذج وتمتع المقياس بصدق بنائي جيد.

الجدول (4) تقييم جودة متغير التقنيات المستدامة

أبعاد متغير التقنيات المستدامة	ألفا كرونباخ المعيارية	ألفا كرونباخ غير المعيارية	الثبات المركب (rho_c)	متوسط التباين المستخلص (AVE)
CT	0.844	0.839	0.842	0.648
EE	0.860	0.859	0.865	0.684
IMR	0.859	0.857	0.858	0.670
RRU	0.838	0.836	0.844	0.639
WER	0.843	0.842	0.844	0.642
المعيار	$0.70 \leq$	$0.70 \leq$	$0.70 \leq$	$0.50 \leq$

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).



الشكل (3) التحليل العاملي التوكيدي لمتغير التقنيات المستدامة

المصدر: مخرجات برنامج (Smart PLS4).

إذ يتبين من نتائج الجدول (5) أن معاملات التحميل العاملي لفقرات متغير التقنيات المستدامة جاءت جميعها ضمن الحدود المقبولة إحصائياً، حيث كانت قيم (T) المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984) عند مستوى دلالة (0.05)، كما جاءت جميع قيم (P-values) أقل من (0.05)، مما يؤكد معنوية المسارات وتمتع المقياس بدرجة جيدة من الصدق البنائي.

جدول (5) التحليل العاملي التوكيدي لمتغير التقنيات المستدامة

P values	T values	التقديرات	الفقرات
		0.835	CT1 <- CT
0.000	10.907	0.823	CT2 <- CT
0.000	9.835	0.754	CT3 <- CT
		0.793	EE1 <- EE
0.000	11.872	0.886	EE2 <- EE
0.000	9.941	0.798	EE3 <- EE
		0.814	IMR1 <- IMR
0.000	10.946	0.824	IMR2 <- IMR
0.000	9.904	0.818	IMR3 <- IMR
		0.852	RRU1 <- RRU
0.000	9.312	0.702	RRU2 <- RRU
0.000	11.742	0.836	RRU3 <- RRU
n/a	n/a	0.815	WER1 <- WER
0.000	10.517	0.817	WER2 <- WER
0.000	9.859	0.770	WER3 <- WER

المصدر: مخرجات برنامج (Smart PLS4).

3- مقياس متغير البراعة الرقمية

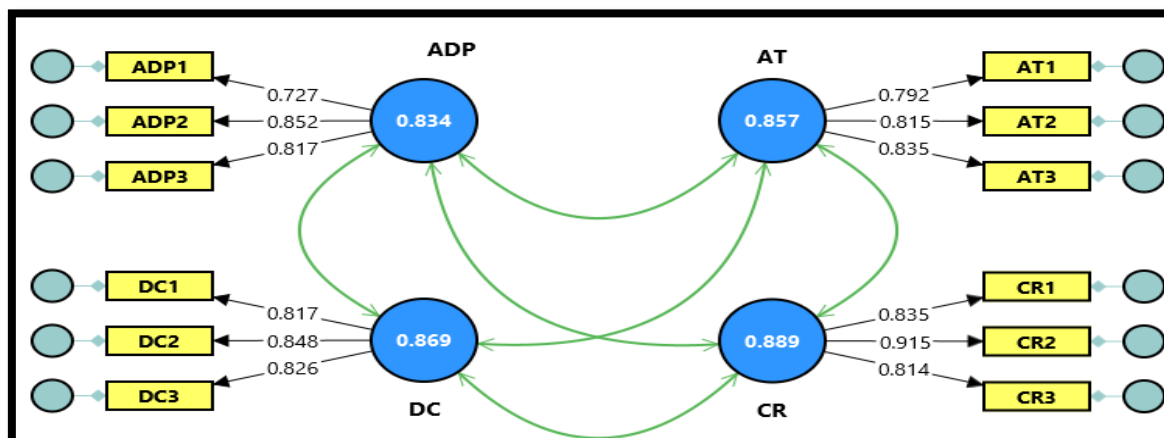
يبين الشكل (4) نتائج التحليل العاملي التوكيدي لمقياس البراعة الرقمية، والذي يتكون من أربعة أبعاد هي: القدرة على التكيف، والتعاون الرقمي، والتفكير التحليلي، والإبداع، وبواقع (12) فقرة. ويظهر الجدول (6) أن مؤشرات جودة المطابقة جاءت ضمن الحدود المقبولة، مما يؤكد ملائمة النموذج وتمتع المقياس بصدق بنائي جيد.

الجدول (6) تقييم جودة متغير البراعة الرقمية

أبعاد متغير البراعة الرقمية	ألفا كرونباخ المعيارية	ألفا كرونباخ غير المعيارية	الثبات المركب (rho_c)	متوسط التباين المستخلص (AVE)
ADP	0.834	0.833	0.844	0.640

0.663	0.855	0.856	0.857	AT
0.732	0.893	0.889	0.889	CR
0.690	0.868	0.863	0.869	DC
0.50≤	0.70≤	0.70≤	0.70≤	المعيار

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).



الشكل (4) التحليل العائلي التوكيدي لمتغير البراعة الرقمية

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).

إذ يتبين من نتائج الجدول (7) أن معاملات التحميل العائلي لفقرات متغير البراعة الرقمية جاءت جميعها ضمن الحدود المقبولة إحصائياً، حيث كانت قيم (T) المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984) عند مستوى دلالة (0.05)، كما جاءت جميع قيم (P-values) أقل من (0.05)، مما يؤكد معنوية المسارات وتمتع المقياس بدرجة جيدة من الصدق البنائي.

جدول (7) التحليل العائلي التوكيدي لمتغير البراعة الرقمية

P values	T values	التقديرات	الفقرات
		0.727	ADP1 <- ADP
0.000	9.808	0.852	ADP2 <- ADP
0.000	9.299	0.817	ADP3 <- ADP
		0.792	AT1 <- AT
0.000	10.522	0.815	AT2 <- AT
0.000	10.731	0.835	AT3 <- AT
		0.835	CR1 <- CR
0.000	13.599	0.915	CR2 <- CR
0.000	11.381	0.814	CR3 <- CR
		0.817	DC1 <- DC
0.000	11.337	0.848	DC2 <- DC
0.000	10.936	0.826	DC3 <- DC

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).

4 - متغير مرونة سلسلة التوريد

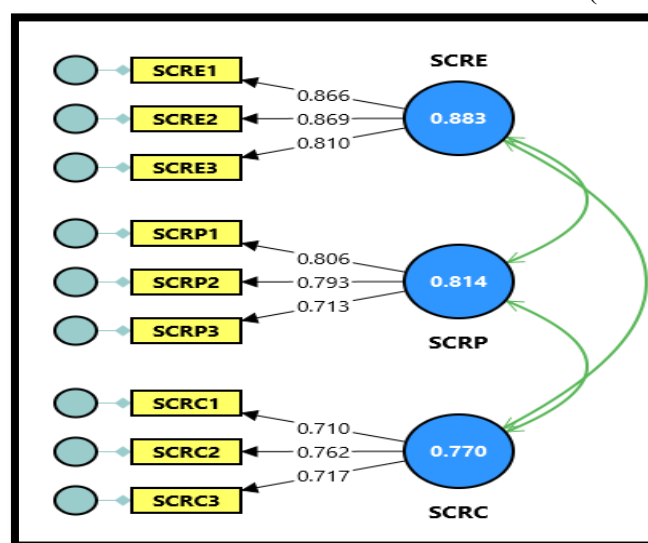
يبين الشكل (5) نتائج التحليل العائلي التوكيدي لمقياس مرونة سلسلة التوريد، والذي يتكون من ثلاثة أبعاد هي: جاهزية سلسلة التوريد، واستجابة سلسلة التوريد، وتعافي سلسلة التوريد، وبواقع (9) فقرات. ويظهر من خلال الجدول (8) أن مؤشرات جودة المطابقة جاءت ضمن الحدود المعيارية المعتمدة في دراسات النمذجة البنائية، مما يدل على ملاءمة النموذج المفترض لبيانات الدراسة ويؤكد سلامة البناء المفاهيمي لمتغير مرونة سلسلة التوريد.

الجدول (8) تقييم جودة متغير مرونة سلسلة التوريد

أبعاد متغير مرونة سلسلة التوريد	ألفا كرونباخ المعيارية	ألفا كرونباخ غير المعيارية	الثبات المركب (rho_c)	متوسط التباين المستخلص (AVE)
SCRC	0.770	0.766	0.774	0.533

0.720	0.886	0.883	0.883	SCRE
0.596	0.814	0.812	0.814	SCRП
0.50≤	0.70≤	0.70≤	0.70≤	المعيار

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).



الشكل (5) التحليل العاملي التوكيدي لمتغير مرونة سلسلة التوريد

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).

كما يتبين من نتائج الجدول (9) أن جميع الفقرات المرتبطة بأبعاد متغير مرونة سلسلة التوريد حققت قيم (T) أعلى من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، فيما جاءت جميع قيم (P-values) أقل من (0.05)، مما يؤكد معنوية معاملات المسار وتمتع فقرات المقياس بدرجة جيدة من الصدق البنائي.

جدول (9) التحليل العاملي التوكيدي لمتغير مرونة سلسلة التوريد

P values	T values	التقديرات	الفقرات
		0.710	SCRC1 <- SCRC
0.000	8.146	0.762	SCRC2 <- SCRC
0.000	6.791	0.717	SCRC3 <- SCRC
		0.866	SCRE1 <- SCRE
0.000	12.920	0.869	SCRE2 <- SCRE
0.000	11.346	0.810	SCRE3 <- SCRE
		0.806	SCRП1 <- SCRП
0.000	9.339	0.793	SCRП2 <- SCRП
0.000	8.448	0.713	SCRП3 <- SCRП

المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).

ثانيا : التحليل الوصفي لمتغيرات البحث

1: متغير الادارة الخوارزمية

1 -متغير الإدارة الخوارزمية

يتضح من نتائج الجدول (10) أن متغير الإدارة الخوارزمية جاء بوسط حسابي كلي بلغ (3.774) وانحراف معياري (0.756) ومعامل اختلاف (20.04) وباتجاه إيجابية (جيد)، محتلاً المرتبة الاولى بين متغيرات الدراسة، مما يعكس مستوى جيداً من تبني الممارسات المرتبطة بالإدارة الخوارزمية داخل معمل سمونت كبيسة. وعلى مستوى الأبعاد، جاء بعد تقييم الأداء خوارزمية في المرتبة الأولى بوسط حسابي (3.929)، تلاه بعد تحديد الأهداف خوارزمية بوسط حسابي (3.812)، ثم بعد المراقبة الخوارزمية بوسط حسابي (3.757)، يليه بعد التعاون الرقمي والمكافآت الخوارزمية بوسط حسابي (3.729)، في حين جاء بعد الجدولة الخوارزمية في المرتبة الأخيرة بوسط حسابي (3.643). وتشير هذه النتائج إلى توجه المعمل نحو توظيف الأنظمة الخوارزمية في متابعة الأداء وتحديد الأهداف وتعزيز كفاءة العمليات التشغيلية.

2- متغير التقنيات المستدامة

يبين الجدول (10) أن متغير التقنيات المستدامة حقق وسطاً حسابياً كلياً بلغ (3.741) وانحرافاً معيارياً (0.769) ومعامل اختلاف (20.56) وباتجاه إجابة (جيد)، محتلاً المرتبة الثانية بين متغيرات الدراسة، مما يعكس مستوى جيداً من تبني التقنيات والممارسات الداعمة للاستدامة في معمل سمنت كبيسة. وعلى مستوى الأبعاد جاء بعد كفاءة الطاقة في المرتبة الأولى بوسط حسابي (3.860)، تلاه بعد تقليل النفقات والانبعاثات بوسط حسابي (3.817)، ثم بعد إعادة التدوير وإعادة الاستخدام بوسط حسابي (3.745)، يليه بعد التقنيات النظيفة بوسط حسابي (3.736)، في حين جاء بعد تقليل استهلاك المدخلات والمواد الخام في المرتبة الأخيرة بوسط حسابي (3.548). وتدل هذه النتائج على اهتمام المعمل بتبني حلول تقنية تسهم في تحسين الكفاءة البيئية وترشيد استهلاك الموارد وتعزيز ممارسات الاستدامة في عملياته الانتاجية.

3- متغير البراعة الرقمية

يتضح من نتائج الجدول (10) أن متغير البراعة الرقمية جاء بوسط حسابي كلي بلغ (3.693) وانحراف معياري (0.825) ومعامل اختلاف (22.35) وباتجاه إجابة (جيد)، محتلاً المرتبة الثالثة بين متغيرات الدراسة. وعلى مستوى الأبعاد، جاء بعد القدرة على التكيف في المرتبة الأولى بوسط حسابي (3.824)، تلاه بعد التعاون الرقمي بوسط حسابي (3.814)، ثم بعد التفكير التحليلي بوسط حسابي (3.571)، في حين جاء بعد الإبداع في المرتبة الأخيرة بوسط حسابي (3.562). وتشير هذه النتائج إلى امتلاك العاملين في معمل سمنت كبيسة مستوى جيداً من المهارات والقدرات الرقمية التي تمكنهم من التكيف مع المتغيرات التكنولوجية وتعزيز التعاون واستخدام التقنيات الرقمية في بيئة العمل.

4- متغير مرونة سلسلة التوريد

تشير نتائج الجدول (10) إلى أن متغير مرونة سلسلة التوريد جاء في المرتبة الرابعة بين متغيرات الدراسة بوسط حسابي كلي بلغ (3.671) وانحراف معياري (0.678) ومعامل اختلاف (18.47) وباتجاه إجابة (جيد)، مما يدل على تمتع معمل سمنت كبيسة بمستوى جيد من مرونة سلسلة التوريد. وعلى مستوى الأبعاد، جاء بعد جاهزية سلسلة التوريد في المرتبة الأولى بوسط حسابي (3.698)، تلاه بعد تعافي سلسلة التوريد في المرتبة الثانية بوسط حسابي (3.683)، ثم بعد استجابة سلسلة التوريد بوسط حسابي (3.633). وتشير هذه النتائج إلى قدرة المعمل على الاستعداد للمتغيرات التشغيلية والاستجابة لها والتعافي من أثارها بما يسهم في استمرارية العمليات الانتاجية وتحقيق الاستقرار التشغيلي.

جدول (10) يوضح المؤشرات الوصفية لمتغيرات البحث

اتجاه الإجابة	ترتيب الأبعاد والمغيرات	معامل الاختلاف	الانحراف المعياري	الوسط الحسابي	أبعاد متغيرات البحث
جيد	3	20.74	0.779	3.757	المراقبة الخوارزمية
جيد	2	22.72	0.866	3.812	تحديد الأهداف خوارزمية
جيد	5	25.45	0.927	3.643	الجدولة الخوارزمية
جيد	1	24.21	0.951	3.929	تقييم الأداء خوارزمية
جيد	4	22.36	0.834	3.729	التعاون الرقمي والمكافآت الخوارزمية
جيد	الأول	20.04	0.756	3.774	الإدارة الخوارزمية
جيد	5	27.22	0.965	3.548	تقليل استهلاك المدخلات والمواد الخام
جيد	1	23.49	0.907	3.860	كفاءة الطاقة
جيد	2	21.53	0.822	3.817	تقليل النفقات والانبعاثات
جيد	3	23.70	0.887	3.745	إعادة التدوير وإعادة الاستخدام
جيد	4	24.75	0.924	3.736	التقنيات النظيفة
جيد	الثاني	20.56	0.769	3.741	التقنيات المستدامة
جيد	1	22.29	0.852	3.824	القدرة على التكيف
جيد	2	23.33	0.890	3.814	التعاون الرقمي
جيد	3	26.78	0.957	3.571	التفكير التحليلي
جيد	4	28.18	1.004	3.562	الإبداع
جيد	الثالث	22.35	0.825	3.693	البراعة الرقمية

جاهزية سلسلة التوريد	3.698	0.864	23.37	3	جيد
استجابة سلسلة التوريد	3.633	0.752	20.69	2	جيد
تعافي سلسلة التوريد	3.683	0.722	19.61	1	جيد
مرونة سلسلة التوريد	3.671	0.678	18.47	الرابع	جيد

المصدر: برنامج SPSS V.28

ثالثاً - اختبار فرضيات البحث

1- اختبار فرضيات التأثير المباشر

أ- فرضية البحث (الرئيسية الاولى)

التي مفادها (يوجد تأثير ذو دلالة معنوية بين الادارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد)

يتبين من نتائج الجدول (11) أن قيمة (F) المحسوبة لتأثير الإدارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد بلغت (125.984)، وهي أكبر من قيمة (F) الجدولية البالغة (3.94) عند مستوى دلالة (0.05)، مما يدل على معنوية نموذج الانحدار وصلاحيته في تفسير العلاقة بين المتغيرين. كما بلغت قيمة معامل الارتباط (R) (0.691)، وهي تشير إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين الإدارة الخوارزمية ومرونة سلسلة التوريد. وبلغت قيمة معامل التحديد (R^2) (0.477)، مما يعني أن الإدارة الخوارزمية تفسر ما نسبته (47.7%) من التباين الحاصل في مرونة سلسلة التوريد، في حين تعزى النسبة المتبقية البالغة (52.3%) إلى متغيرات أخرى لم يتضمنها النموذج، كما أظهرت النتائج أن قيمة (t) المحسوبة لمعامل الانحدار (β) بلغت (11.224)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة إحصائية (0.000)، مما يؤكد معنوية التأثير المباشر للإدارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد. وتشير قيمة معامل الانحدار (β) البالغة (0.620) إلى أن زيادة الإدارة الخوارزمية بمقدار وحدة واحدة تؤدي إلى زيادة مرونة سلسلة التوريد بمقدار 62.0%، الأمر الذي يؤكد الدور الإيجابي للإدارة الخوارزمية في تعزيز مرونة سلسلة التوريد في معمل سمنت كبيسة، وبناءً على ذلك يتم قبول الفرضية البديلة التي تنص على وجود تأثير ذي دلالة معنوية للإدارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد.

جدول (11) المؤشرات الإحصائية للتأثير بين الادارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد

القرار	Sig	(F)	Adj (R^2)	(R^2)	(R)	(t)	الادارة الخوارزمية	المتغير المعتمد
قبول الفرضية البديلة	0.000	125.984	0.473	0.477	0.691	6.278	1.334	مرونة سلسلة التوريد
						11.224	0.620	(β)

المصدر: برنامج SPSS V.28

ب- فرضية البحث (الرئيسية الثانية)

التي مفادها (يوجد تأثير ذو دلالة معنوية بين التقنيات المستدامة وابعاده في مرونة سلسلة التوريد)

يتبين من نتائج الجدول (12) أن قيمة (F) المحسوبة لتأثير التقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد بلغت (185.642)، وهي أكبر من قيمة (F) الجدولية البالغة (3.94) عند مستوى دلالة (0.05)، مما يدل على معنوية نموذج الانحدار وصلاحيته في تفسير العلاقة بين المتغيرين. كما بلغت قيمة معامل الارتباط (R) (0.757)، وهي تشير إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين التقنيات المستدامة ومرونة سلسلة التوريد. وبلغت قيمة معامل التحديد (R^2) (0.574)، مما يعني أن التقنيات المستدامة تفسر ما نسبته (57.4%) من التباين الحاصل في مرونة سلسلة التوريد، في حين تعزى النسبة المتبقية البالغة (42.6%) إلى متغيرات أخرى لم يتضمنها النموذج، كما أظهرت النتائج أن قيمة (t) المحسوبة لمعامل الانحدار (β) بلغت (13.625)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة إحصائية (0.000)، مما يؤكد معنوية التأثير المباشر للتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد. وتشير قيمة معامل الانحدار (β) البالغة (0.668) إلى أن زيادة التقنيات المستدامة بمقدار وحدة واحدة تؤدي إلى زيادة مرونة سلسلة التوريد بمقدار 66.8%، الأمر الذي يؤكد الدور الإيجابي للتقنيات المستدامة في تعزيز مرونة سلسلة

التوريد في معمل سمنت كبيسة، وبناءً على ذلك يتم قبول الفرضية البديلة التي تنص على وجود تأثير ذي دلالة معنوية للتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد.

جدول (12) المؤشرات الإحصائية للتأثير بين التقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد

القرار	Sig	(F)	Adj (R ²)	(R ²)	(R)	(t)	التقنيات المستدامة		المتغير المعتمد
قبول الفرضية البديلة	0.000	185.642	0.571	0.574	0.757	6.266	1.173	(α)	مرونة سلسلة التوريد
						13.625	0.668	(β)	

المصدر: برنامج SPSS V.28

ج- فرضية البحث (الرئيسية الثالثة)

التي مفادها (يوجد تأثير ذو دلالة معنوية بين البراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد)

يتبين من نتائج الجدول (13) أن قيمة (F) المحسوبة لتأثير البراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد بلغت (184.408)، وهي أكبر من قيمة (F) الجدولية البالغة (3.94) عند مستوى دلالة (0.05)، مما يدل على معنوية نموذج الانحدار وصلاحيته في تفسير العلاقة بين المتغيرين. كما بلغت قيمة معامل الارتباط (0.756) (R)، وهي تشير إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين البراعة الرقمية ومرونة سلسلة التوريد. وبلغت قيمة معامل التحديد (0.572) (R²)، مما يعني أن البراعة الرقمية تفسر ما نسبته (57.2%) من التباين الحاصل في مرونة سلسلة التوريد، في حين تعزى النسبة المتبقية البالغة (42.8%) إلى متغيرات أخرى لم يتضمنها النموذج، كما أظهرت النتائج أن قيمة (t) المحسوبة لمعامل الانحدار (β) بلغت (13.580)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة إحصائية (0.000)، مما يؤكد معنوية التأثير المباشر للبراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد. وتشير قيمة معامل الانحدار (β) البالغة (0.622) إلى أن زيادة البراعة الرقمية بمقدار وحدة واحدة تؤدي إلى زيادة مرونة سلسلة التوريد بمقدار 62.2%، الأمر الذي يؤكد الدور الإيجابي للبراعة الرقمية في تعزيز مرونة سلسلة التوريد في معمل سمنت كبيسة، وبناءً على ذلك يتم قبول الفرضية البديلة التي تنص على وجود تأثير ذي دلالة معنوية للبراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد.

جدول (13) المؤشرات الإحصائية للتأثير بين البراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد

القرار	Sig	(F)	Adj (R ²)	(R ²)	(R)	(t)	البراعة الرقمية		المتغير المعتمد
قبول الفرضية البديلة	0.000	184.408	0.569	0.572	0.756	7.946	1.376	(α)	مرونة سلسلة التوريد
						13.580	0.622	(β)	

المصدر: برنامج SPSS V.28

د- فرضية البحث (الرئيسية الرابعة)

التي مفادها (يوجد تأثير ذو دلالة معنوية بين الإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية)

يتبين من نتائج الجدول (14) أن قيمة (F) المحسوبة لتأثير الإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية بلغت (167.073)، وهي أكبر من قيمة (F) الجدولية البالغة (3.94) عند مستوى دلالة (0.05)، مما يدل على معنوية نموذج الانحدار وصلاحيته في تفسير العلاقة بين المتغيرين. كما بلغت قيمة معامل الارتباط (0.740) (R)، وهي تشير إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين الإدارة الخوارزمية والبراعة الرقمية. وبلغت قيمة معامل التحديد (0.548) (R²)، مما يعني أن الإدارة الخوارزمية تفسر ما نسبته (54.8%) من التباين الحاصل في البراعة الرقمية، في حين تعزى النسبة المتبقية البالغة (45.2%) إلى متغيرات أخرى لم يتضمنها النموذج، كما أظهرت النتائج أن قيمة (t) المحسوبة لمعامل الانحدار (β) بلغت (12.926)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة إحصائية (0.000)، مما يؤكد معنوية التأثير المباشر للإدارة الخوارزمية في البراعة

الرقمية. وتشير قيمة معامل الانحدار (β) البالغة (0.807) إلى أن زيادة الإدارة الخوارزمية بمقدار وحدة واحدة تؤدي إلى زيادة البراعة الرقمية بمقدار 80.7%، الأمر الذي يؤكد الدور الإيجابي للإدارة الخوارزمية في تعزيز البراعة الرقمية لدى العاملين في معمل سمنت كبيسة، وبناءً على ذلك يتم قبول الفرضية البديلة التي تنص على وجود تأثير ذي دلالة معنوية للإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية.

جدول (14) المؤشرات الإحصائية للتأثير بين الإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية

القرار	Sig	(F)	Adj (R ²)	(R ²)	(R)	(t)	الإدارة الخوارزمية		المتغير الوسيط
قبول الفرضية البديلة	0.000	167.073	0.544	0.548	0.740	2.686	0.646	(α)	البراعة الرقمية
						12.926	0.807	(β)	

المصدر: برنامج SPSS V.28

و - فرضية البحث (الرئيسية الخامسة)

التي مفادها (يوجد تأثير ذو دلالة معنوية بين التقنيات المستدامة في البراعة الرقمية)

يتبين من نتائج الجدول (15) أن قيمة (F) المحسوبة لتأثير التقنيات المستدامة في البراعة الرقمية بلغت (392.353)، وهي أكبر من قيمة (F) الجدولية البالغة (3.94) عند مستوى دلالة (0.05)، مما يدل على معنوية نموذج الانحدار وصلاحيته في تفسير العلاقة بين المتغيرين. كما بلغت قيمة معامل الارتباط (0.860) (R)، وهي تشير إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية جداً بين التقنيات المستدامة والبراعة الرقمية. وبلغت قيمة معامل التحديد (0.740) (R²)، مما يعني أن التقنيات المستدامة تفسر ما نسبته (74.0%) من التباين الحاصل في البراعة الرقمية، في حين تعزى النسبة المتبقية البالغة (26.0%) إلى متغيرات أخرى لم يتضمنها النموذج، كما أظهرت النتائج أن قيمة (t) المحسوبة لمعامل الانحدار (β) بلغت (19.808)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة إحصائية (0.000)، مما يؤكد معنوية التأثير المباشر للتقنيات المستدامة في البراعة الرقمية. وتشير قيمة معامل الانحدار (β) البالغة (0.923) إلى أن زيادة التقنيات المستدامة بمقدار وحدة واحدة تؤدي إلى زيادة البراعة الرقمية بمقدار 92.3%، الأمر الذي يؤكد الدور الإيجابي للتقنيات المستدامة في تعزيز البراعة الرقمية في معمل سمنت كبيسة، وبناءً على ذلك يتم قبول الفرضية البديلة التي تنص على وجود تأثير ذي دلالة معنوية للتقنيات المستدامة في البراعة الرقمية.

جدول (15) المؤشرات الإحصائية للتأثير بين التقنيات المستدامة في البراعة الرقمية

القرار	Sig	(F)	Adj (R ²)	(R ²)	(R)	(t)	التقنيات المستدامة		المتغير الوسيط
قبول الفرضية البديلة	0.000	392.353	0.738	0.740	0.860	1.352	0.240	(α)	البراعة الرقمية
						19.808	0.923	(β)	

المصدر: برنامج SPSS V.28

2. اختبار فرضيات الوسيط

اختبار فرضية البحث الرئيسية السادسة والتي تفيد بان (يوجد تأثير ذو معنوية بين الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد من خلال الدور الوسيط للبراعة الرقمية) يتضح من الجدول (16) و الشكل (6) مايلي :

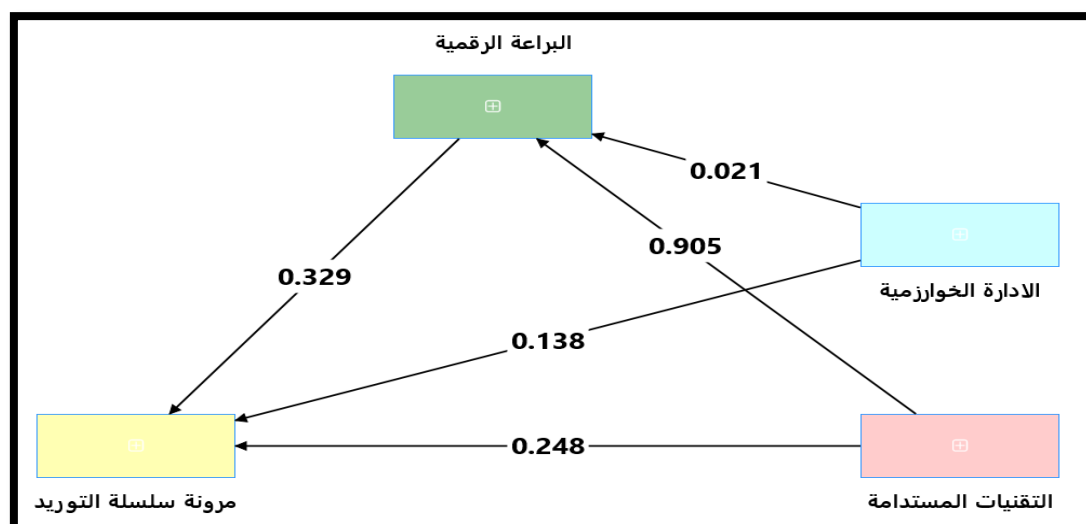
- بلغت قيمة (T) المحسوبة للعلاقة بين الإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية ما مقداره (0.235) وبمستوى دلالة (0.814)، وهي أقل من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، مما يدل على عدم وجود تأثير معنوي مباشر للإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية .

- بلغت قيمة (T) المحسوبة للعلاقة بين التقنيات المستدامة في البراعة الرقمية ما مقداره (10.136)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة (0.000)، مما يدل على وجود تأثير ذي دلالة معنوية. ويعكس ذلك الدور المهم للتقنيات المستدامة في تعزيز البراعة الرقمية داخل معمل سمنت كبيسة .
- بلغت قيمة (T) المحسوبة للعلاقة المباشرة بين الإدارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد ما مقداره (1.540) وبمستوى دلالة (0.124)، وهي أقل من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، مما يدل على عدم وجود تأثير مباشر ذي دلالة معنوية للإدارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد .
- بلغت قيمة (T) المحسوبة للعلاقة بين التقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد ما مقداره (2.129)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة (0.033)، مما يدل على وجود تأثير مباشر ذي دلالة معنوية للتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد .
- بلغت قيمة (T) المحسوبة للعلاقة بين البراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد ما مقداره (3.912)، وهي أكبر من القيمة الجدولية البالغة (1.984)، وبمستوى دلالة (0.000)، مما يدل على وجود تأثير مباشر ذي دلالة معنوية للبراعة الرقمية في مرونة سلسلة التوريد .
- تشير نتائج التأثيرات المباشرة وغير المباشرة إلى أن البراعة الرقمية لا تؤدي دوراً وسيطاً في العلاقة بين الإدارة الخوارزمية ومرونة سلسلة التوريد، وذلك لعدم معنوية تأثير الإدارة الخوارزمية في البراعة الرقمية (Sig=0.814)، وهو ما يجعل أحد شروط الوساطة غير متحقق. في المقابل، أظهرت النتائج وجود وساطة جزئية للبراعة الرقمية في العلاقة بين التقنيات المستدامة ومرونة سلسلة التوريد، إذ بلغ التأثير المباشر للتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد (0.248) وكان معنوياً، كما بلغ التأثير غير المباشر عبر البراعة الرقمية (0.297)، وهو تأثير معنوي يدعم الدور الوسيط للبراعة الرقمية. وعليه يمكن القول أن تأثير التقنيات المستدامة في تعزيز مرونة سلسلة التوريد يتعزز من خلال تنمية البراعة الرقمية لدى العاملين في معمل سمنت كبيسة، الأمر الذي يساهم في تحسين قدرة المعمل على الاستجابة للمتغيرات التشغيلية والتكيف مع التحديات المختلفة.

جدول (16) التأثير المباشر وغير المباشر بين الادارة الخوارزمية و التقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد من خلال الدور الوسيط للبراعة الرقمية

متغيرات البحث		التأثير مباشر	التأثير غير مباشر	T	SIG	للتأثير المباشر	نوع الوساطة
الادارة الخوارزمية	<---	0.021	---	0.235	0.814	غير معنوي	---
التقنيات المستدامة	<---	0.905	---	10.136	0.000	معنوي	---
الادارة الخوارزمية	<---	0.138	0.007	1.540	0.124	غير معنوي	لا توجد وساطة
التقنيات المستدامة	<---	0.248	0.297	2.129	0.033	معنوي	وساطة جزئية
البراعة الرقمية	<---	0.329	---	3.912	0.000	معنوي	---

المصدر: برنامج SMART PLS 4



شكل (6) التأثير بين الإدارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد من خلال الدور الوسيط للبراعة الرقمية
المصدر: مخرجات برنامج (Smart Pls4).

المبحث الرابع : الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- 1- اظهرت النتائج ان معمل سمنت كبيسة يتمتع بمستوى جيد من تبني ممارسات الادارة الخوارزمية، مما يعكس توجهه نحو توظيف الانظمة الرقمية في دعم عمليات المراقبة، وتقييم الاداء، واتخاذ القرارات التشغيلية بما يسهم في رفع كفاءة استخدام الموارد وتحسين الاداء الكلي .
- 2- بينت النتائج ان المعمل يعطي اهتماما واضحا بتطبيق التقنيات المستدامة، لاسيما في مجالات كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات والنفايات، الامر الذي يعزز توجهه نحو تحسين الاداء البيئي وتقليل الاثر البيئي للعمليات الإنتاجية .
- 3- كشفت النتائج ان العاملين في المعمل يمتلكون مستوى جيدا من البراعة الرقمية، بما يمكنهم من التكيف مع التقنيات الحديثة، وتوظيف الادوات الرقمية في انجاز المهام، وتعزيز فاعلية الاداء في بيئة عمل متغيرة .
- 4- اظهرت النتائج ان مرونة سلسلة التوريد في معمل سمنت كبيسة جاءت بمستوى جيد، مما يعكس قدرة المعمل على التعامل مع الاضطرابات التشغيلية، وضمان استمرارية تدفق المواد والعمليات الإنتاجية بكفاءة مقبولة .
- 5- بينت النتائج وجود تأثير معنوي ايجابي للإدارة الخوارزمية في مرونة سلسلة التوريد، مما يدل على ان توظيف النظم الخوارزمية يسهم في تحسين سرعة الاستجابة للمتغيرات ورفع كفاءة ادارة العمليات اللوجستية والإنتاجية .
- 6- اظهرت النتائج ان التقنيات المستدامة تمثل احد المحددات المؤثرة في تعزيز مرونة سلسلة التوريد، اذ تسهم في رفع كفاءة استخدام الموارد وتقليل الهدر، مما ينعكس ايجابا على قدرة المعمل على التكيف مع التغيرات التشغيلية والبيئية .
- 7- بينت النتائج ان التقنيات المستدامة تسهم بشكل فعال في تعزيز البراعة الرقمية لدى العاملين، من خلال دعم بيئة عمل قائمة على التقنيات الحديثة وتشجيع استخدام الحلول الرقمية في الاداء التشغيلي .
- 8- اوضحت النتائج ان البراعة الرقمية تؤثر بشكل مباشر في تعزيز مرونة سلسلة التوريد، عبر تحسين القدرة على تحليل البيانات، وتسهيل تدفق المعلومات، ورفع مستوى التنسيق بين الوحدات التشغيلية المختلفة .
- 9- كشفت النتائج ان تأثير التقنيات المستدامة في مرونة سلسلة التوريد يتعزز من خلال البراعة الرقمية، بما يشير إلى أهمية التكامل بين البنية التكنولوجية المستدامة والقدرات الرقمية في دعم الاداء التشغيلي .
- 10- في ضوء النتائج، يتضح ان تعزيز مرونة سلسلة التوريد يتطلب تكاملا بين الادارة الخوارزمية والتقنيات المستدامة وتنمية البراعة الرقمية، بوصفها ركائز اساسية في بناء منظومة تشغيلية اكثر كفاءة واستجابة واستدامة .

التوصيات

- 1- التوسع في تطبيق انظمة الادارة الخوارزمية داخل معمل سمنت كبيسة، لا سيما في مجالات التخطيط الانتاجي، ومراقبة العمليات، واتخاذ القرار، بما يسهم في رفع كفاءة الاداء وتقليل الهدر التشغيلي .
- 2- تطوير البنية الرقمية للمعمل من خلال تعزيز تكامل الانظمة المعلوماتية وربط خطوط الانتاج بانظمة متابعة وتحليل تدعم اتخاذ القرار في الوقت الفعلي .
- 3- زيادة الاستثمار في التقنيات المستدامة داخل عمليات الانتاج، بما في ذلك تحسين كفاءة الطاقة الحرارية وتقليل الانبعاثات الناتجة عن عمليات التصنيع، بما ينسجم مع المعايير البيئية الحديثة .
- 4- اعتماد برامج متخصصة لادارة الطاقة والانبعاثات داخل المعمل وربطها بمؤشرات اداء دورية، بما يضمن الرقابة المستمرة والتحسين التدريجي في الاداء البيئي .
- 5- تعزيز ممارسات اعادة التدوير واعادة الاستخدام في العمليات الانتاجية، ولا سيما ما يتعلق بمخلفات الانتاج الصناعي، بما يسهم في دعم مفاهيم الاقتصاد الدائري وتقليل التكاليف التشغيلية .
- 6- تنفيذ برامج تدريبية متخصصة لتنمية البراعة الرقمية لدى العاملين، مع التركيز على استخدام الانظمة الذكية، وتحليل البيانات، وتطبيقات التحول الرقمي في بيئة العمل الصناعي .
- 7- تعزيز ثقافة الابتكار الرقمي داخل المعمل من خلال تشجيع العاملين على تقديم مقترحات تطويرية تعتمد على التقنيات الحديثة لتحسين العمليات الانتاجية واللوجستية .
- 8- تطوير اليات استباقية لادارة مخاطر سلسلة التوريد تعتمد على التحليلات الرقمية والبيانات الفورية، بما يعزز القدرة على التنبؤ بالاضطرابات واتخاذ اجراءات وقائية فعالة .
- 9- دمج اهداف الاستدامة والتحول الرقمي ضمن الخطط الاستراتيجية للمعمل، بما يضمن توجيه الاستثمارات نحو حلول طويلة الامد تحقق كفاءة تشغيلية واستدامة بيئية في ان واحد .
- 10- تعزيز التعاون مع الموردين والشركاء التقنيين لتطوير سلسلة التوريد ورفع مستوى جاهزيتها واستجابتها، بما يدعم استمرارية العمليات الانتاجية في مواجهة التحديات المستقبلية .

References:

1. Alabdali, M. A., Yaqub, M. Z., & Windsperger, J. (2025). Algorithmic management and green technologies: enhancing supply chain resilience through transformation. Cleaner Logistics and Supply Chain, 17, 100281. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100281>
2. Azz-eddine Meafa, A., Benabdellah, A. C., & Zekhnini, K. (2024). Enhancing Supply Chain Resilience Through Dynamic Capabilities of Blockchain Technology: A Structural Model Analysis. Procedia Computer Science, 232, 980-989. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.097>
3. Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Marcucci, G. (2019). Supply Chain Resilience research trends: a literature overview. IFAC-PapersOnLine, 52(13), 2821-2826. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.625>
4. Chaudhuri, R., Chatterjee, S., Gupta, S., & Kamble, S. (2023). Green supply chain technology and organization performance: Moderating role of environmental dynamism and product-service innovation capability. Technovation, 128, 102857. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102857>

5. Chowdhury, M. H., & Quaddus, M. (2016). Supply chain readiness, response and recovery for resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(6), 709-731. <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2015-0463>
6. Diani, A., & Aligod, L. (2025). Smart technologies and the resilience of sustainable supply chains: A systematic review following PRISMA guidelines. *Proceedings of IEEE ATSCM*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/ATSCM67505.2025.11473854>
7. Fonseca, A. M., Tsolakis, N., & Kumar, M. (2026). Managing supply chain resilience and cost trade-offs: Aligning resources, competencies and capabilities. *Production Planning & Control*, 1-44. <https://doi.org/10.1080/09537287.2026.2618640>
8. Guo, Y., Liu, F., Song, J. S., & Wang, S. (2025). Supply chain resilience: A review from the inventory management perspective. *Fundamental Research*, 5(2), 450-463.
9. Han, H., & Li, J. (2025). Leveraging Industry 4.0 technologies for sustainable supply chain management: A systematic review. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 16, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100246>
10. Hanjaya, Y. K., Ratih, I. A. B., & Halik, A. (2025). The influence of job characteristics and work motivation on teacher performance: The mediating role of digital dexterity. *Journal of Economics, Management, and Accounting*, 1(2), 299-311.
11. Jarrahi, Mohammad Hossein & Newlands, Gemma & Lee, Min Kyung & Wolf, Christine & Kinder, Eliscia & Sutherland, Will. (2021). Algorithmic management in a work context. *Big Data & Society*. 8. <https://doi.org/10.1177/20539517211020332>
12. Javed, Dr. (2020). THE ROLE OF ALGORITHMS IN OPTIMIZING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Computer Science Bulletin*. 3. 174-186. <https://doi.org/10.71465/csb54>
13. Li, Yanming & Omain, Siti & Tan, Kowang. (2021). Supply Chain Resilience: A Review and Research Direction. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. 11. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v11-i12/11985>
14. Liu, David & Kamal, Muhammad & Dou, Junpeng & Zhang, Justin. (2026). Generative AI, digital dexterity, and organizational future performance: The roles of decision-making and institutional governance for sustainable supply chains. *Technological Forecasting and Social Change*. 227. 124656. [:10.1016/j.techfore.2026.124656](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2026.124656).
15. Talukder, Majharul & Abu Bakar, Muhammad Fauzan & Saleh, Md & Quazi, Ali. (2024). Sustainable technologies and organizational performance in an emerging country SMEs. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 11. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100441>
16. Möhlmann, Mareike & Zalmanson, Lior & Henfridsson, Ola & Gregory, Robert. (2021). Algorithmic Management of Work on Online Labor Platforms: When Matching Meets Control. *MIS Quarterly*. 45. 1999-2022. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2021/15333>
17. O'Sullivan, C., Slocombe, A., McKenzie, C., & Salisbury, F. (2019). Digital Dexterity: A Sustainable Model for Building Essential Skills for the Future Workforce. <https://docs.lib.purdue.edu/iatul/2019/bp/5>
18. Parent-Rochelleau, X., Parker, S. K., Bujold, A., & Gaudet, M. C. (2024). Creation of the algorithmic management questionnaire: A six-phase scale development process. *Human Resource Management*, 63(1), 25-44. <https://doi.org/10.1002/hrm.22185>
19. Sahoo, Saumyaranjan & Islam, Nazrul & Kumar, Ashwani & Mangla, Sachin. (2025). Exploring relationship between digital dexterity, supply chain quality management, agility and performance - Empirical evidence from Indian B2B manufacturers ☆. *Industrial Marketing Management*. 127. 44-61. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2025.03.008>
20. Soule, D. L., Puram, A., Westerman, G. F., & Bonnet, D. (2016). Becoming a digital organization: The journey to digital dexterity. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2697688>
21. Stark, D., & Vanden Broeck, P. (2024). Principles of algorithmic management. *Organization Theory*, 5(2). <https://doi.org/10.1177/26317877241257213>

- 22.Syafrianita, A., Purnomo, A., Amran, K. M., Chaidar, D. F. R., & Pakpahan, H. M. (2025). Green technology and transportation in supply chain management: The mediating role of agility. *Journal of Logistics, Informatics and Service Science*, 12(4), 338-359. <https://doi.org/10.33168/JLISS.2025.0418>
- 23.Yu W, Wong CY, Jacobs M, Chavez R (2025), "Modern slavery supply chain capabilities: the effects of Blockchain technology and employees' digital dexterity". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 45 No. 1 pp. 210–235, doi: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-11-2023-0881>
- 24.Yu, Zhang & Waqas, Muhammad & Tabish, Muhammad & Awan, Muhammad & Haq, Ikram & Khan, Syed. (2022). Sustainable supply chain management and green technologies: a bibliometric review of literature. *Environmental Science and Pollution Research*. 29. 58454-58470. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21544-9>
- 25.Zamani, E. D., Smyth, C., Gupta, S., et al. (2023). AI and big data analytics for supply chain resilience. *Annals of Operations Research*, 327, 605-632. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04983-y>
- 26.Zhang, M. M., Cooke, F. L., Ahlstrom, D., & McNeil, N. (2025). The rise of algorithmic management and implications for work and organisations. *New Technology, Work and Employment*, 40, 659-671. <https://doi.org/10.1111/ntwe.12343>