

أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد على الأداء التشغيلي
في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/

كميل الصواف

الرقم الأكاديمي: 253003019

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید

العام الدراسي:

1448هـ / 2026م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

حقوق الطباعة

أقر أنا الطالب كميل الصواف، الرقم الأكاديمي (253-00-319)، بأن هذا البحث أُعد ضمن متطلبات الحصول على درجة ماجستير إدارة الأعمال في جامعة ميدأوشن، وأن حقوق الطباعة والنشر للنسخة الأكاديمية تعود للجامعة وفق أنظمتها، ولا يجوز إعادة نشر البحث كلياً أو جزئياً إلا وفق السياسات المعتمدة.

إِهْدَاء

قال قائل:

قيمة المرء ما قد كان يُحسِنُهُ

والجاهلون لأهل العلم أعداء

وقال آخر:

وإنما الناس أبناء ما عَرَفُوا

فمن يُضَيِّعُ عِلْماً عاشَ مُفْتَقِراً

الحمد لله الذي أيقظ في النفس معنى السعي، وأجرى في القلب يقين الوصول، وجعل بعد العسر يسراً، وبعد التعب ثمرة.

هذا العمل، ليس كلماتٍ تُكتب، بل أثرٌ رحلةٍ طويلة، سقيت بالصبر، ونمت على الأمل، واكتملت بفضل الله.

إلى كل من مرّ في هذه الرحلة، فترك أثراً لا يرى، لكنه لا يُنسى. أثراً امتدّ في الخطى، واستقرّ في القلب، وكان سبباً ولو خفي في أن أصل إلى هنا.

هذا العمل، ليس نهاية طريق، بل بداية معنى، ولا حيلة جهدٍ فقط، بل امتداد أثر.

وإن كُتِبَ باسمي، فهو في حقيقته صدى لكل يدٍ امتدت، وكل قلبٍ دعا، وكل روحٍ آمنت أن الوصول ممكن. فلكم فيه نصيب، أكبر مما تُظهره الكلمات...

شكر وفخر

قال تعالى:

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾ [طه: 114]

وقال الشاعر:

بالعلم والجدِّ تُبنى كلُّ مكرمةٍ

لا بالمَنَى تُرتجى الآمالُ والهِمَمُ

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضله تتحقق الإنجازات، والصلاة والسلام على نبينا محمد و آله الطيبين الطاهرين.

بفيضٍ من الامتنان، وبقلبٍ يقدر كل من كان له أثر في هذه الرحلة، أتقدم بخالص الشكر وعظيم التقدير لكل من أسهم في إنجاز هذا العمل.

إلى والدي العزيز

إلى من كان ولا يزال رمز العطاء والصبر، ومن علّمني أن النجاح طريقه تعب وإصرار، وكان لي السند في كل خطوة، أهديك هذا الإنجاز الذي هو ثمرة من غرسك و دعائك.

إلى والدتي الغالية

إلى من كانت دعواتها نوراً يضيء دربي، وحنانها قوة تدفعني للاستمرار، إلى القلب الذي لا يعرف إلا الحب، أهديك هذا العمل عرفاناً بجميلك الذي لا يُقدَّر بثمن.

إلى إخوتي الأعزاء

إلى من كانوا دائماً بجانبني، يشاركونني لحظات التحدي والنجاح، وكانوا مصدر دعمٍ لا ينضب، شكراً لكم من أعماق القلب.

إلى زوجتي العزيزة

إلى شريكة الحياة، ورفيقة الطريق، التي كانت سنداً ثابتاً في كل الظروف، وقوةً دفعتني للاستمرار رغم كل التحديات، هذا الإنجاز هو امتداد لصبرك ودعمك، فلكِ مني كل الحب والتقدير.

إلى أصدقائي الأوفياء

إلى من كانوا دائماً إلى جانبي، يمدونني بالطاقة الإيجابية والدعم الصادق، شكراً لوقوفكم معي في هذه الرحلة.

وإلى كل من علّمني حرفاً

إلى أساتذتي الكرام، وكل من ساهم بعلمه أو توجيهه، فأنتم شركاء في هذا الإنجاز، ولكم مني كل الشكر والتقدير.

وفي الختام، أسأل الله أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم، وأن ينفع به، وأن يكون خطوة مباركة في طريق العلم و المعرفة
و الله ولي التوفيق...

المستخلص

هدفت الدراسة إلى قياس أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في الأداء التشغيلي في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية. واعتمدت المنهج الوصفي التحليلي بتصميم مقطعي، واستخدمت استبانة مكونة من (21) فقرة موزعة على ثلاثة محاور، إلى جانب البيانات الديموغرافية. وُجهت الاستبانة إلى نحو (110) من القيادات الإشرافية والإدارية في القطاع، واستُلمت (50) استجابة مكتملة وصالحة للتحليل، بمعدل استجابة تقريبي بلغ (45.5%).

أظهرت النتائج أن مستوى التحول الرقمي مرتفع (المتوسط = 3.81)، وأن مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي متوسط (المتوسط = 3.65)، وأن مستوى الأداء التشغيلي مرتفع (المتوسط = 3.79). وبلغ معامل ارتباط بيرسون بين التحول الرقمي والأداء التشغيلي ($r = 0.889$, $p < 0.001$)، وبين الذكاء الاصطناعي والأداء التشغيلي ($r = 0.895$, $p < 0.001$). كما كان نموذج الانحدار المتعدد دالاً إحصائياً ($F(2,47) = 123.855$, $p < 0.001$)، وفسر 84.1% من تباين الأداء التشغيلي. ظهر أثر دال لكل من التحول الرقمي ($\beta = 0.443$, $p = 0.001$) والذكاء الاصطناعي ($\beta = 0.499$, $p < 0.001$)، مع تفوق نسبي للذكاء الاصطناعي داخل النموذج.

وتُفسر النتائج في حدود عينة قصدية ميسرة، وتصميم مقطعي، واستجابات ذاتية مجهولة الهوية، ولا تُعد إثباتاً سببياً نهائياً أو تقديراً ممثلاً لجميع العاملين في القطاع.

الكلمات المفتاحية: التحول الرقمي، الذكاء الاصطناعي، الأداء التشغيلي، سلاسل التوريد، النقل، المستودعات، المملكة العربية السعودية.

Abstract

This study examined the effect of digital transformation and artificial intelligence on operational performance in Saudi Arabia's transportation and warehousing sector. A cross-sectional descriptive-analytical design was used. Approximately 110 supervisory and managerial professionals were invited, and 50 complete and valid responses were received to a 21-item questionnaire, yielding an approximate response rate of 45.5%.

Digital transformation was rated high ($M = 3.81$), artificial intelligence was rated moderate ($M = 3.65$), and operational performance was rated high ($M = 3.79$). Digital transformation correlated strongly with operational performance ($r = .889$, $p < .001$), as did artificial intelligence ($r = .895$, $p < .001$). The multiple regression model was significant, $F(2, 47) = 123.855$, $p < .001$, explaining 84.1% of the variance in operational performance. Both digital transformation ($\beta = .443$, $p = .001$) and artificial intelligence ($\beta = .499$, $p < .001$) were significant predictors.

The findings should be interpreted within the limits of purposive convenience sampling, a cross-sectional self-reported design, and anonymous responses. They do not establish definitive causality or population-wide estimates.

Keywords: Digital transformation; Artificial intelligence; Operational performance; Supply chains; Transportation; Warehousing; Saudi Arabia.

مفاهيم الدراسة وتعريفاتها الإجرائية

التحول الرقمي (Digital Transformation)

دمج التقنيات الرقمية في العمليات والنماذج التنظيمية بما يغير طريقة إنشاء القيمة وإدارتها (Vial, 2019). ويقاس إجرائيًا بمتوسط استجابات الفقرات (س1-س7).

الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence)

أنظمة قادرة على أداء مهام تتطلب عادة قدرات معرفية مثل التعلم والاستدلال واتخاذ القرار (Russell & Norvig, 2021). ويقاس إجرائيًا بمتوسط الفقرات (س8-س14).

سلاسل التوريد (Supply Chains)

شبكة الأطراف والعمليات وتدفقات المواد والمعلومات الممتدة من المورد إلى العميل (Chopra & Meindl, 2016). وتتركز الدراسة على حلقتي النقل والمستودعات.

الأداء التشغيلي (Operational Performance)

درجة كفاءة وفعالية العمليات في تحقيق أهداف الوقت والجودة والتكلفة والإنتاجية والاستجابة (Slack et al., 2010). ويقاس إجرائيًا بمتوسط الفقرات (س15-س21).

إدارة المستودعات (Warehouse Management)

تخطيط أنشطة الاستلام والتخزين والمناولة والانتقاط والشحن والرقابة عليها بما يحقق الدقة والكفاءة (Frazelle, 2002).

النقل اللوجستي (Logistics Transportation)

تخطيط حركة السلع وتنفيذها ومراقبتها لتحقيق مستوى خدمة ملائم ضمن قيود الوقت والتكلفة (Christopher, 2016).

البيانات الضخمة (Big Data)

بيانات كبيرة ومتنوعة ومتسارعة تتطلب قدرات تحليلية متقدمة لاستخراج أنماط تدعم القرار التشغيلي (Waller & Fawcett, 2013).

التوأم الرقمي (Digital Twin)

تمثيل رقمي ديناميكي لأصل أو عملية يتحدث بالبيانات الفعلية ويتيح المحاكاة واختبار السيناريوهات (Tao et al., 2019; Ivanov & Dolgui, 2021).

قائمة المحتويات

iii	حقوق الطباعة
iv	الإهداء
v	الشكر والتقدير
vii	المستخلص
Abstract	viii
ix	مفاهيم الدراسة وتعريفاتها الإجرائية
xvi	قائمة الجداول
xv	قائمة الأشكال
xvi	قائمة الاختصارات
1	الفصل الأول: المدخل العام للبحث
1.1	مقدمة
1.2	مشكلة الدراسة
1.3	أسئلة الدراسة
1.4	أهداف الدراسة
1.5	أهمية الدراسة
1.6	فرضيات الدراسة
1.7	النموذج المفاهيمي
1.8	حدود الدراسة
1.9	تنظيم فصول الدراسة
1.10	التحولات المعاصرة في البيئة اللوجستية
1.11	السياق الوطني للقطاع
1.12	تحليل أبعاد المشكلة البحثية
1.13	مبررات اختيار المتغيرات
1.14	منطق العلاقات المفترضة
1.15	أصحاب المصلحة المستفيدون
1.16	التمييز بين المفاهيم المتقاربة
1.17	الإضافة المتوقعة للدراسة
1.18	مصنوفة اتساق الدراسة
10	الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة
2.1	تمهيد
2.2	التحول الرقمي في سلاسل التوريد
2.3	الذكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد
2.4	البيانات الضخمة والتوأم الرقمي والمرونة
2.5	الأداء التشغيلي
2.6	تفسير العلاقات بين متغيرات الدراسة
2.7	الدراسات السابقة
2.8	السياق المؤسسي السعودي

2.9	التعقيب والفجوة البحثية	13
2.10	المنطلقات النظرية المفسرة	14
2.11	بنية سلسلة التوريد الرقمية	15
2.12	تقنيات التحول الرقمي في النقل والمستودعات	15
2.13	مراحل النضج والتحول	16
2.14	تقنيات الذكاء الاصطناعي ذات الصلة	16
2.15	تطبيقات الذكاء الاصطناعي في النقل	17
2.16	تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المستودعات	18
2.17	البيانات والتحليلات المتقدمة	19
2.18	آليات انتقال الأثر إلى الأداء	19
2.19	قياس الأداء التشغيلي	20
2.20	المخاطر والحوكمة	20
2.21	الموارد البشرية وإدارة التغيير	21
2.22	التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في السياق السعودي	21
2.23	المقارنة المنهجية للدراسات السابقة	22
2.24	الاستنتاج النظري وصياغة الفجوة	23
2.25	المرونة التشغيلية واستمرارية الأعمال	24
2.26	تقييم القيمة ودراسة الجدوى الرقمية	24
2.27	إدارة محفظة حالات الاستخدام	25
2.28	الاستدامة والأداء اللوجستي الرقمي	26
2.29	الذكاء الاصطناعي المسؤول والأمن السيبراني	26
2.30	ربط بنود الأداة بالبناء النظري	27
2.31	التركيب التحليلي للفصل النظري	28
2.32	قابلية التشغيل البيئي وتكامل المنصات	29
2.33	دورة القرار والتعاون بين الإنسان والنظام الذكي	30
	الفصل الثالث: الإجراءات المنهجية للدراسة	32
3.1	تمهيد	32
3.2	منهج الدراسة وتصميمها	32
3.3	مجتمع الدراسة والعينة	32
3.4	أداة الدراسة	32
3.5	تصحيح المقياس وتفسير المتوسطات	33
3.6	صدق الاتساق الداخلي ووضوح الأداة	33
3.7	ثبات الأداة	34
3.8	إجراءات معالجة البيانات	35
3.9	فحوص نموذج الانحدار	36
3.10	الاعتبارات والقيود المنهجية	36
3.11	المنطق المنهجي للدراسة	36
3.12	التشغيل الإجرائي للمتغيرات	37
3.13	فحص جودة ملف البيانات	38

3.14	المعالجات الإحصائية ومعادلاتها	38
3.15	معايير اتخاذ القرار الإحصائي	39
3.16	إجراءات المعاينة والاستجابة	40
3.17	مستويات أدلة الصدق	40
3.18	السرية والاعتبارات الأخلاقية	41
3.19	قابلية إعادة التحليل	41
3.20	نطاق الاستدلال المنهجي	42
3.21	تحيز الطريقة المشتركة والاستجابات الذاتية	42
3.22	كفاية العينة والقوة الإحصائية	42
3.23	تصميم الاستبانة وتوزيعها	43
3.24	ضبط البيانات والنسخ	43
45	الفصل الرابع: تحليل البيانات ونتائج الدراسة	45
4.1	تمهيد	45
4.2	وصف العينة	45
4.3	النتائج الوصفية لمحاوَر الدراسة	46
4.4	ملخص المحاوَر وثباتها	50
4.5	علاقات الارتباط	40
4.6	اختبار نموذج الانحدار	51
4.7	اختبار الفرضيات	51
4.8	التوزيع التفصيلي لاستجابات الفقرات	52
4.9	الخصائص التوزيعية للمحاوَر	54
4.10	فترات الثقة للمتوسطات والارتباطات	54
4.11	التحليل التفصيلي للانحدار	55
4.12	فحص المتانة باستخدام ارتباط سبيرمان	56
4.13	القراءة التكاملية للنتائج	57
4.14	تحليل اتجاه الموافقة والحياد	57
4.15	تحليل الثبات عند حذف الفقرة	59
4.16	تفسير النتائج على مستوى الفقرات	60
4.17	المقارنات الوصفية بحسب الخصائص الديموغرافية	61
4.18	الترتيب الكلي لفقرات الدراسة	63
67	الفصل الخامس: مناقشة النتائج والاستنتاجات والتوصيات	67
5.1	تمهيد	67
5.2	مناقشة النتائج بحسب أسئلة الدراسة	67
5.3	مناقشة الفرضيات	68
5.4	الاستنتاجات	69
5.5	التوصيات	69
5.6	قيود الدراسة	70
5.7	مقترحات الدراسات المستقبلية	70
5.8	المناقشة التكاملية للنموذج	71

5.9	الدلالات النظرية	71
5.10	الدلالات التطبيقية بحسب النشاط	72
5.11	خارطة طريق تنفيذية	72
5.12	إطار مقترح لمؤشرات الأداء	73
5.13	حوكمة المخاطر الرقمية والذكية	74
5.14	الارتباط بالسياق الوطني	74
5.15	الإسهام العلمي والتطبيقي	75
5.16	الخاتمة العامة	75
5.17	ترتيب الأولويات التنفيذية	76
5.18	بناء حالة العمل والعائد المتوقع	76
5.19	خطة المهارات وإدارة التغيير	77
5.20	دليل القرار قبل التوسع	78
5.21	البرنامج الزمني المقترح للتنفيذ	78
5.22	قواعد الانتقال من الدليل إلى القرار	79
	المراجع	81
	المراجع العربية والوثائق الرسمية	81
	المراجع الأجنبية	81
	الملحق (أ): أداة الدراسة	84
	الملحق (ب): دليل الترميز واحتساب الدرجات	87
	الملحق (ج): توثيق إجراءات جمع البيانات والتجربة الأولية	89
	الملحق (د): سجل تدقيق الحسابات الإحصائية	90

قائمة الجداول

جدول (1-1): النموذج المفاهيمي للدراسة	4
جدول (2-1): مصفوفة اتساق المشكلة والأسئلة والأهداف والفرضيات	8
جدول (1-2): مقارنة تحليلية لعينة من الأدبيات الأساسية	22
جدول (2-2): ترجمة القدرات الرقمية والذكية إلى قيمة تشغيلية	28
جدول (1-3): بناء أداة الدراسة	33
جدول (2-3): معاملات الارتباط المصححة بين الفقرة ومحورها	33
جدول (3-3): معاملات الثبات لمحاور الدراسة	35
جدول (4-3): التشغيل الإجرائي لمتغيرات الدراسة	37
جدول (5-3): الأساليب الإحصائية ومعايير استخدامها	39
جدول (6-3): توثيق المعاينة وجمع البيانات	40
جدول (1-4): الخصائص الديموغرافية للعينة	45
جدول (2-4): النتائج الوصفية لمحور التحول الرقمي	46
جدول (3-4): النتائج الوصفية لمحور الذكاء الاصطناعي	47
جدول (4-4): النتائج الوصفية لمحور الأداء التشغيلي	49
جدول (5-4): ملخص المحاور وترتيبها	50
جدول (6-4): مصفوفة ارتباط بيرسون بين محاور الدراسة	50
جدول (7-4): ملخص نموذج الانحدار وتحليل التباين	51
جدول (8-4): معاملات الانحدار المتعدد	51
جدول (9-4): قرارات فرضيات الدراسة الأصلية	52
جدول (10-4): توزيع استجابات فقرات التحول الرقمي	52
جدول (11-4): توزيع استجابات فقرات الذكاء الاصطناعي	53
جدول (12-4): توزيع استجابات فقرات الأداء التشغيلي	53
جدول (13-4): الخصائص التوزيعية لدرجات المحاور	54
جدول (14-4): فترات الثقة 95% لمتوسطات المحاور	55
جدول (15-4): فترات الثقة 95% لمعاملات ارتباط بيرسون	55
جدول (16-4): جدول تحليل التباين لنموذج الانحدار	55
جدول (17-4): فترات الثقة 95% لمعاملات الانحدار غير المعيارية	56
جدول (18-4): فحص المتانة باستخدام ارتباط سبيرمان	56
جدول (19-4): اتجاهات الموافقة والحياد وعدم الموافقة	57
جدول (20-4): معامل ألفا كرونباخ عند حذف الفقرة	59
جدول (21-4): المتوسطات الوصفية للمحاور بحسب الخصائص الديموغرافية	61
جدول (22-4): الترتيب الكلي لفقرات الدراسة	63
جدول (1-5): خارطة الطريق التنفيذية المقترحة	72
جدول (2-5): مؤشرات الأداء المقترحة لمتابعة التحول	73
جدول (3-5): مصفوفة المخاطر وضوابط الحوكمة	74
جدول (4-5): مصفوفة ترتيب الأولويات التنفيذية	76
جدول (5-5): عناصر حالة العمل للمبادرات الرقمية والذكية	77

جدول (5-6): البرنامج الزمني المقترح للتنفيذ	79
جدول (ج-1): سجل إجراءات الدراسة الميدانية	89

قائمة الأشكال

لا توجد أشكال مستقلة في الدراسة؛ عُرِضَ النموذج المفاهيمي في جدول (1-1).

قائمة الاختصارات

الاختصار	المعنى
AI	الذكاء الاصطناعي
IoT	إنترنت الأشياء
ERP	تخطيط موارد المؤسسة
WMS	نظام إدارة المستودعات
TMS	نظام إدارة النقل
VIF	معامل تضخم التباين

الفصل الأول: المدخل العام للبحث

1.1 مقدمة

أصبحت سلاسل التوريد تعتمد بصورة متزايدة على تدفق البيانات في الوقت الملائم، وعلى تكامل أنظمة النقل والمستودعات والتخطيط. ولا يقتصر التحول الرقمي على اقتناء تطبيقات منفردة، بل يشمل إعادة تصميم العمليات والقدرات التنظيمية وطريقة تقديم القيمة بالاستناد إلى التقنية والبيانات (Vial, 2019). وفي السياق اللوجستي، تتيح الرقمنة رؤية أفضل للشحنات والمخزون، وتدعم سرعة التنسيق بين الوحدات، وتحد من الاعتماد على المعالجة اليدوية.

يضيف الذكاء الاصطناعي طبقة تحليلية وتنبؤية إلى البنية الرقمية؛ إذ يمكن توظيفه في التنبؤ بالطلب، وتخطيط النقل، وتحليل البيانات التشغيلية، ودعم قرارات إدارة المستودعات. وتبين المراجعات المنهجية أن تطبيقاته في سلاسل التوريد تتسع، لكن تحقيق القيمة يعتمد على جودة البيانات، وتكامل الأنظمة، والقدرات البشرية والتنظيمية، لا على الخوارزمية وحدها (Toorajipour et al., 2021; Culot et al., 2024).

وتتسجم أهمية الموضوع مع توجهات المملكة نحو تنمية قطاع النقل والخدمات اللوجستية وتطوير البنية الرقمية ضمن مستهدفات رؤية السعودية 2030 وبرنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية (مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية، 2016؛ برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية، 2024). ومن هذا المنطلق، تدرس هذه الرسالة العلاقة بين مستوى التحول الرقمي وتطبيق الذكاء الاصطناعي وبين الأداء التشغيلي كما يدركه العاملون في أنشطة النقل والمستودعات.

1.2 مشكلة الدراسة

تواجه مؤسسات النقل والمستودعات ضغوطاً متزامنة لرفع سرعة الإنجاز، وتحسين جودة الخدمة، وخفض التكلفة والأخطاء، والاستجابة للتغيرات. وقد تتوافر أنظمة رقمية من دون تكامل فعلي، أو تتوافر البيانات من دون تحويلها إلى قرارات تنبؤية، وهو ما يحد من انعكاس الاستثمار التقني على الأداء. كما أن الأدبيات الدولية لا تكفي وحدها لتقدير طبيعة العلاقة في السياق السعودي؛ لاختلاف البنية التنظيمية ومستوى النضج الرقمي وطبيعة أنشطة النقل والتخزين.

وعليه، تتمثل المشكلة البحثية في الحاجة إلى قياس مستوى تطبيق التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي، واختبار علاقتهما وأثرهما الإحصائي في الأداء التشغيلي لدى العينة المتاحة من العاملين في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية، مع تحديد الجوانب التطبيقية الأقل نضجاً التي تستحق الأولوية.

1.3 أسئلة الدراسة

1. ما مستوى تطبيق التحول الرقمي في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية؟
2. إلى أي مدى يتم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد داخل المؤسسات اللوجستية؟
3. ما أثر التحول الرقمي في تحسين الأداء التشغيلي في قطاع النقل والمستودعات؟
4. ما أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة العمليات التشغيلية في المستودعات وعمليات النقل؟
5. هل توجد علاقة ذات دلالة بين التحول الرقمي ومستوى الأداء التشغيلي؟
6. هل توجد علاقة ذات دلالة بين استخدام الذكاء الاصطناعي وتحسين كفاءة العمليات اللوجستية؟
7. ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في القطاع اللوجستي؟

1.4 أهداف الدراسة

- تهدف الدراسة إلى تحليل أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد على الأداء التشغيلي في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية، وينتزع من ذلك ما يأتي:
1. التعرف على مستوى تطبيق التحول الرقمي في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية، من حيث استخدام الأنظمة الرقمية والتكامل بين العمليات اللوجستية.
 2. تحليل مدى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة سلاسل التوريد، خاصة في مجالات التنبؤ بالطلب، وإدارة المخزون، وتخطيط النقل، وتحسين المسارات.
 3. دراسة أثر التحول الرقمي على تحسين مؤشرات الأداء التشغيلي، مثل سرعة العمليات، وخفض التكاليف، ودقة البيانات، وجودة الخدمة.
 4. تحليل أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة العمليات التشغيلية داخل المستودعات وعمليات النقل.
 5. تحديد العلاقة بين مستوى التحول الرقمي ومستوى الأداء التشغيلي في المؤسسات اللوجستية.
 6. تحديد العلاقة بين استخدام الذكاء الاصطناعي ومستوى تحسين كفاءة العمليات التشغيلية.
 7. تقديم مجموعة من التوصيات العملية التي تساعد المؤسسات اللوجستية على تحقيق الاستفادة القصوى من التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي.

1.5 أهمية الدراسة

الأهمية العلمية

تجمع الدراسة متغيرين مستقلين مترابطين—التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي—في نموذج واحد يفسر الأداء التشغيلي، وتقدم دليلاً ميدانياً من قطاع النقل والمستودعات في المملكة. كما تميز بين الرقمنة بوصفها بنية وتكاملاً للعمليات، والذكاء الاصطناعي بوصفه قدرة تحليلية وتنبؤية تُبنى فوق تلك البنية.

الأهمية التطبيقية

تساعد النتائج متخذي القرار على ترتيب الاستثمار وفق نقاط الضعف الفعلية في محاور الاستبانة، وعلى ربط المبادرات الرقمية بمؤشرات الأداء المتعلقة بزمان التنفيذ والجودة والتكلفة والإنتاجية ودقة العمليات وسرعة الاستجابة.

1.6 فرضيات الدراسة

اختُبرت الفرضيات المعتمدة في الصياغة الأصلية للدراسة عند مستوى دلالة $(\alpha \leq 0.05)$:

الفرضية الرئيسية: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد على الأداء التشغيلي في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية.

الفرضية الفرعية الأولى: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتحول الرقمي في سلاسل التوريد على تحسين الأداء التشغيلي.

الفرضية الفرعية الثانية: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة عمليات النقل.

الفرضية الفرعية الثالثة: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المستودعات.

الفرضية الفرعية الرابعة: توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستوى التكامل الرقمي في سلاسل التوريد ومستوى الأداء التشغيلي.

1.7 النموذج المفاهيمي

يفترض النموذج أن التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي متغيران مستقلان يفسران التباين في الأداء التشغيلي بوصفه المتغير التابع. ويختبر الانحدار المتعدد الأثر المشترك، ثم يبين الإسهام النسبي لكل متغير بعد تثبيت المتغير الآخر.

جدول (1-1): النموذج المفاهيمي للدراسة

المتغيرات المستقلة	اتجاه العلاقة المفترضة	المتغير التابع
التحول الرقمي	أثر موجب	الأداء التشغيلي
الذكاء الاصطناعي	أثر موجب	الأداء التشغيلي

1.8 حدود الدراسة

الحد الموضوعي: التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي وعلاقتهما بالأداء التشغيلي.
الحد البشري: الاستجابات المكتملة لخمسين عاملاً في أنشطة النقل أو المستودعات أو كليهما.
الحد المكاني: قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية كما وصفه ملف الدراسة.
الحد الزمني: جُمعت البيانات من 1 مايو إلى 1 يوليو 2026م، ضمن العام الدراسي 1448هـ/2026م.

الحد المنهجي: تصميم وصفي تحليلي مقطعي يعتمد على استجابات ذاتية؛ ومن ثم تقاس الارتباطات والقدرة التفسيرية الإحصائية دون الجزم بالسببية.

1.9 تنظيم فصول الدراسة

يتناول الفصل الأول المدخل العام والمشكلة والأسئلة والأهداف والفرضيات. ويعرض الفصل الثاني الأساس النظري والدراسات السابقة. ويشرح الفصل الثالث المنهج والأداة والعينة وإجراءات التحليل. ويقدم الفصل الرابع النتائج الوصفية والاستدلالية واختبار الفرضيات. أما الفصل الخامس فيناقش النتائج ويعرض الاستنتاجات والتوصيات والقيود ومقترحات البحوث المستقبلية.

1.10 التحولات المعاصرة في البيئة اللوجستية

تعمل المؤسسات اللوجستية في بيئة تتزايد فيها سرعة تدفق الطلبات والمعلومات، وتتقاصر فيها الفترات المتاحة للتخطيط والاستجابة. وقد أدى توسع التجارة الإلكترونية، وتعدد قنوات البيع، وارتفاع توقعات العملاء بشأن التتبع والدقة والسرعة إلى جعل التنسيق بين النقل والمستودعات وظيفاً لحظية أكثر منه نشاطاً دورياً. وفي هذه البيئة لا تكفي زيادة الموارد المادية وحدها؛ لأن جودة القرار تعتمد على القدرة على رؤية المخزون والشحنات والقيود التشغيلية في الوقت الملائم، وعلى تحويل هذه الرؤية إلى قرار قابل للتنفيذ.

يمثل التحول الرقمي استجابة تنظيمية لهذا التعقيد؛ فهو يربط البيانات بالعمليات ويعيد تصميم نقاط التسليم بين الوحدات. أما الذكاء الاصطناعي فيضيف إمكان التنبؤ والتصنيف والتحسين الآلي أو شبه

الآلي. ويؤدي الفصل بين المفهومين إلى فهم أكثر دقة لمسار خلق القيمة: تبدأ المؤسسة برقمنة البيانات والإجراءات، ثم تحقق التكامل وقابلية التبادل، ثم تستخدم التحليلات والنماذج الذكية لتوجيه الموارد والقرارات. ولهذا السبب قد تكون المؤسسة متقدمة في الرقمنة لكنها متوسطة في تطبيق الذكاء الاصطناعي، وهو النمط الذي تكشفه النتائج الميدانية لهذه الدراسة.

تتسم العمليات اللوجستية أيضًا بالاعتماد المتبادل؛ فتأخر معلومات الطلب يؤثر في تخطيط المركبات، وضعف دقة المخزون ينعكس على التزام التسليم، وعدم تكامل نظام المستودع مع نظام النقل يولد وقت انتظار وأعمالًا يدوية إضافية. ومن ثم فإن قيمة التقنية لا تقاس بعدد الأنظمة المثبتة، بل بدرجة اندماجها في سلسلة قرار تبدأ بالمعلومة وتنتهي بنتيجة تشغيلية قابلة للقياس، مثل زمن الدورة أو التكلفة أو الدقة أو الإنتاجية (Büyüközkan & Göçer, 2018; Frederico et al., 2020).

1.11 السياق الوطني للقطاع

يحظى قطاع النقل والخدمات اللوجستية بموقع محوري في برامج التحول الاقتصادي في المملكة؛ لارتباطه بحركة التجارة والصناعة والتوزيع وكفاءة المدن والمنافذ. وتضع رؤية السعودية 2030 وبرنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية التحول الرقمي وتطوير القدرات اللوجستية ضمن مسارات رفع التنافسية والتنويع الاقتصادي. كما توفر إحصاءات الهيئة العامة للإحصاء إطارًا رسميًا لتعريف أنشطة النقل والتخزين ومتابعة خصائصها الاقتصادية، من دون أن تكون بديلًا عن القياس الميداني لمستوى التبنّي داخل المؤسسات (مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية، 2016؛ الهيئة العامة للإحصاء، 2023؛ برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية، 2024).

ترتبط الرقمنة في السياق الوطني بتوسع الخدمات الحكومية الرقمية، وتنامي الاعتماد على المنصات والربط الإلكتروني، وتوجه المملكة نحو تنمية اقتصاد البيانات والذكاء الاصطناعي. ومع ذلك، فإن التوجه الاستراتيجي على المستوى الوطني لا يعني تماثل مستوى النضج بين المؤسسات أو الأنشطة. فالمؤسسة الكبيرة التي تملك بنية ERP وWMS وTMS متكاملة تختلف عن منشأة تعتمد على تطبيقات منفصلة أو معالجة يدوية، كما تختلف متطلبات النقل البري عن المستودعات وعن المؤسسات التي تجمع النشاطين.

تتبع أهمية الدراسة من نقل النقاش من مستوى التوجهات العامة إلى مستوى إدراك العاملين للعمليات اليومية. فالاستبانة تقيس الاعتماد على الأنظمة الرقمية وتبادل المعلومات وتتبع الشحنات والبنية التقنية، وتقيس تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التخطيط والتنبؤ والنقل والمستودعات وتحليل البيانات، ثم تربط ذلك بمؤشرات الأداء المدرك. وبهذا توفر النتائج تشخيصًا أوليًا لمواضع القوة والفجوات، مع بقاء الحاجة إلى عينات أوسع ومؤشرات موضوعية على مستوى المؤسسات.

1.12 تحليل أبعاد المشكلة البحثية

يمكن تفكيك المشكلة إلى ثلاثة أبعاد مترابطة. يتمثل البعد الأول في الفجوة بين توافر التقنية واستخدامها الفعلي؛ فقد تمتلك المؤسسة نظاماً رقمياً لكن جزءاً من المعلومات يستمر في الانتقال يدوياً أو يتكرر إدخاله. ويتمثل البعد الثاني في الفجوة بين البيانات والقرار؛ إذ قد تتوفر كميات كبيرة من البيانات من دون نماذج موثوقة للتنبؤ أو التحسين. أما البعد الثالث فهو فجوة القياس؛ حيث قد تُنفذ مبادرات رقمية من دون تحديد خط أساس ومؤشرات قبلية وبعديّة توضح أثرها في الوقت والتكلفة والجودة والإنتاجية.

تؤدي هذه الفجوات إلى صعوبة تحديد سبب التحسن أو التعتثر. فإذا تحسنت دقة العمليات بعد تطبيق نظام جديد، فقد يرجع ذلك إلى جودة البيانات أو إلى توحيد الإجراءات أو إلى التدريب، وليس إلى البرنامج في ذاته. وإذا لم تتحسن الإنتاجية، فقد يكون السبب استمرار العمل المزدوج بين النظام والورق أو عدم تعديل توزيع الأدوار. لذلك يتطلب تحليل الأثر نموذجاً يميز بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي مع الاعتراف بتداخلهما.

تضيف الدراسة بعداً إحصائياً للمشكلة من خلال اختبار المتغيرين معاً. فالارتباطات الثنائية توضح قوة العلاقة بين كل متغير والأداء، بينما يبين الانحدار المتعدد الإسهام النسبي لكل متغير بعد تثبيت الآخر. وهذه المقارنة ضرورية لأن الذكاء الاصطناعي يعتمد عادة على بنية رقمية وبيانات متكاملة؛ ومن المتوقع بالتالي أن يكون المتغيران مترابطين بقوة، وهو ما ظهر فعلاً في البيانات ويتطلب تفسيراً حذراً.

1.13 مبررات اختيار المتغيرات

اختير التحول الرقمي لأنه يمثل الأساس التشغيلي الذي تنتظم حوله البيانات والإجراءات والتكامل بين الإدارات. ولا تركز فقراته على تقنية واحدة، بل على الممارسات العامة التي تعكس اعتماد الأنظمة وتبادل المعلومات والمتابعة الرقمية ودعم القرار وتقليل الأخطاء وجاهزية البنية. ويمنح هذا الاتساع المحور قدرة على تمثيل النضج الرقمي الأساسي، لكنه لا يحدد نوع النظام أو مستوى تكامله الفني، وهو قيد يؤخذ في تفسير النتائج.

واختير الذكاء الاصطناعي لأنه يمثل انتقالاً من التسجيل والربط إلى التحليل والتنبؤ والتحسين. وتغطي فقراته التخطيط والتنبؤ بالطلب وتخطيط النقل وتحليل البيانات وإدارة المستودعات وتقليل الأخطاء وكفاءة سلسلة التوريد. وهذه المجالات مدعومة في المراجعات المنهجية بوصفها من أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة سلاسل التوريد (Toorajipour et al., 2021; Culot et al., 2024).

أما الأداء التشغيلي فاختير بوصفه النتيجة الأقرب إلى العمليات التي يتوقع أن تتأثر بالتقنية. ويجمع المحور بين زمن التنفيذ وجودة الخدمة والتكاليف والإنتاجية والدقة والاستجابة والأداء العام. ويتيح هذا

التعدد النقاط أكثر من جانب، لكنه يعتمد على التقييم الذاتي ولا يحل محل القياسات المحاسبية أو سجلات التشغيل الفعلية.

1.14 منطق العلاقات المفترضة

يفترض النموذج أن التحول الرقمي يحسن الأداء عبر ثلاثة مسارات: تخفيض احتكاك المعلومات بين الوحدات، وتقليل الأخطاء والأعمال اليدوية، وزيادة شفافية الحالة التشغيلية. فعندما تكون بيانات الطلب والمخزون والشحن متاحة ومتسقة، يصبح التخطيط أسرع وتقل الحاجة إلى إعادة العمل. ويجد هذا المنطق دعماً في أدبيات تكامل سلسلة التوريد الممكن رقمياً التي تربط قدرات التكامل بأداء العمليات (Rai et al., 2006).

ويفترض أن الذكاء الاصطناعي يضيف أثراً عبر التنبؤ والاختيار بين البدائل والكشف عن الأنماط. فالتنبؤ بالطلب يخفف عدم التوافق بين المخزون والحركة، وتحسين المسارات يوازن الوقت والتكلفة والقيود، وتحليل الاستثناءات يسمح بالتدخل المبكر. غير أن هذا المسار يتأثر بجودة البيانات وقدرة المستخدمين على تفسير المخرجات ودمجها في القرار.

لا يفترض النموذج استقلالاً كاملاً بين المتغيرين؛ فالذكاء الاصطناعي يحتاج إلى بيانات وبنية رقمية، والتحول الرقمي قد يتضمن أدوات تحليلية ذكية. لذا يمثل الانحدار تقديراً للإسهام المميز إحصائياً ضمن مقياسين مترابطين، وليس فصلاً سببياً كاملاً بين مسارين مستقلين.

1.15 أصحاب المصلحة المستفيدون

تشمل الجهات المستفيدة الإدارات العليا التي تحدد أولويات الاستثمار، ومديري النقل والمستودعات الذين يعيدون تصميم الإجراءات، ووحدات تقنية المعلومات والبيانات التي تتحمل مسؤولية التكامل والجودة، وإدارات الموارد البشرية التي تطور المهارات والأدوار. كما يستفيد صانعو السياسات من فهم الفجوة بين الاتجاه العام نحو الرقمنة ومستوى التطبيق المدرك في الوظائف التشغيلية.

تختلف طبيعة القرار المطلوب لكل طرف. فالإدارة العليا تحتاج إلى حالة عمل تربط الاستثمار بنتيجة، ومدير العمليات يحتاج إلى مؤشرات يومية ومسار واضح لمعالجة الاستثناءات، وفريق البيانات يحتاج إلى تعريفات موحدة وملكية للبيانات، والعاملون يحتاجون إلى تدريب ومشاركة في تصميم الإجراء. لذلك لا تُترجم توصيات الدراسة إلى شراء تقنيات فقط، بل إلى حزمة من الحوكمة والتكامل والقياس والتدريب.

1.16 التمييز بين المفاهيم المتقاربة

تستخدم الأدبيات مصطلحات الرقمنة، والرقمنة التشغيلية، والتحول الرقمي، وسلسلة التوريد الرقمية، وSupply Chain 4.0. تشير الرقمنة بالمعنى الضيق إلى تحويل البيانات من صورة غير رقمية إلى

رقمية، بينما تشير رقمنة العمليات إلى استخدام التقنية في إجراء محدد. أما التحول الرقمي فيشمل تغييرًا أوسع في بنية العمل والقدرات وآليات خلق القيمة (Vial, 2019; Verhoef et al., 2021).

كذلك ينبغي التمييز بين التحليلات الوصفية التي تجيب عما حدث، والتحليلات التشخيصية التي تبحث عن السبب، والتنبؤية التي تقدر ما قد يحدث، والتوجيهية التي تقترح القرار. يقع الذكاء الاصطناعي غالبًا في المستويين التنبؤي والتوجيهي، لكنه قد يستخدم أيضًا للتصنيف والكشف عن الشذوذ ومعالجة اللغة والصور.

ويختلف الأداء التشغيلي عن الأداء المالي أو الاستراتيجي. فالأداء التشغيلي يركز على نتائج العملية القريبة مثل الوقت والدقة والجودة والتكلفة والمرونة، بينما تتأثر الربحية والحصة السوقية بعوامل أوسع. لذلك تتجنب الدراسة تفسير نتائجها بوصفها دليلًا مباشرًا على الأداء المالي.

1.17 الإضافة المتوقعة للدراسة

تتمثل الإضافة الأولى في الجمع بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في نموذج واحد بدل دراسة كل منهما منفردًا. وتتمثل الثانية في تطبيق النموذج على النقل والمستودعات في المملكة. أما الثالثة فهي الانتقال من المتوسطات العامة إلى تحليل الفقرات، بما يكشف أن مستوى الذكاء الاصطناعي المتوسط يخفي تفاوتًا بين اقتناع المشاركين بفائدته وبين تطبيقه الفعلي في التخطيط والمستودعات.

وتقدم الدراسة إضافة منهجية محدودة لكنها مهمة من خلال إعادة حساب النتائج من البيانات الفردية وتوثيق الثبات والاتساق الداخلي وفحوص الانحدار وفترات الثقة. كما تفصل بوضوح بين ما تدعمه البيانات وما يحتاج إلى وثائق إضافية، مثل إطار المعاينة والتحكيم والموافقة الأخلاقية.

1.18 مصفوفة اتساق الدراسة

تحافظ المصفوفة على أسئلة الدراسة وفرضياتها الأصلية، وتبين كيف ترتبط بالبيانات المتاحة. وبسبب عدم وجود محاور مستقلة للنقل والمستودعات والتكامل الرقمي، استخدمت البنود س10 وس12 وس2 بوصفها مؤشرات مباشرة، مع بيان قيد القياس الأحادي عند التفسير.

جدول (1-2): مصفوفة اتساق المشكلة والأسئلة والأهداف والفرضيات

السؤال	المضمون	الهدف	القياس	التحليل	الفرضية
1	مستوى التحول الرقمي	الهدف 1	س1-س7	وصف المتوسطات	—

السؤال	المضمون	الهدف	القياس	التحليل	الفرضية
2	مستوى استخدام الذكاء الاصطناعي	الهدف 2	س8-س14	وصف المتوسطات	—
3	أثر التحول الرقمي في الأداء	الهدف 3	محور التحول/الأداء	ارتباط وانحدار	الفرعية الأولى
4	أثر الذكاء الاصطناعي في النقل والمستودعات	الهدف 4	س10، س12، الأداء	انحداران بسيطان	الفرعيتان 2 و 3
5	علاقة التحول الرقمي بالأداء	الهدف 5	محورا التحول والأداء	بيرسون	الفرعية الأولى
6	علاقة الذكاء الاصطناعي بالكفاءة	الهدف 6	محورا الذكاء والأداء	بيرسون	الرئيسية والفرعيتان 2 و 3
7	تحديات التطبيق	التوصيات	س8 وس12 والأدبيات	قراءة تفسيرية	—

خلاصة الفصل الأول

حدد الفصل مشكلة الدراسة في قياس أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على الأداء التشغيلي، وأثبت سبعة أسئلة وسبعة أهداف وفرضية رئيسة وأربع فرضيات فرعية وفق الصياغة الأصلية المعتمدة، مع تحديد مسار اختبار كل منها دون تغيير نطاق الدراسة.

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

2.1 تمهيد

يقدم هذا الفصل الأساس النظري للعلاقات التي يختبرها النموذج. وينطلق من أن الأداء التشغيلي لا يتحسن بمجرد توافر أدوات تقنية، بل عندما تُدمج البيانات والأنظمة في تدفقات العمل، ثم تُستخدم القدرات التحليلية والذكاء لتحسين القرار والتنفيذ. ولذلك يُعرض التحول الرقمي أولاً، ثم الذكاء الاصطناعي، ثم الأداء التشغيلي وآليات التأثير المتوقعة.

2.2 التحول الرقمي في سلاسل التوريد

2.2.1 المفهوم والأبعاد

يصف (Vial 2019) التحول الرقمي بوصفه عملية تتسبب فيها التقنيات الرقمية وتدفع المؤسسات إلى تعديل مسارات إنشاء القيمة مع إدارة التغيرات الهيكلية والعوائق التنظيمية. ويعني ذلك التمييز بين الرقمنة الفنية للمعلومات، ورقمنة عملية بعينها، والتحول الأوسع الذي يعيد تشكيل الترابط بين العمليات والقرارات والموارد.

في سلاسل التوريد، يظهر التحول الرقمي في تبادل المعلومات إلكترونياً، وتكامل أنظمة تخطيط الموارد وإدارة النقل والمستودعات، والتتبع اللحظي، وتوحيد البيانات، وإتاحة لوحات مؤشرات مشتركة. ويخفض هذا التكامل زمن انتقال المعلومة ويقلل إعادة الإدخال والأخطاء، لكنه يتطلب معايير بيانات واضحة وحوكمة وصلاحيات ومسؤوليات محددة.

2.2.2 تطبيقات النقل والمستودعات

تشمل تطبيقات النقل أنظمة إدارة النقل، والتتبع، والتوثيق الإلكتروني، وتحسين تحميل المركبات والمسارات. وفي المستودعات تشمل أنظمة إدارة المستودعات، والترميز والتعرف بالترددات الراديوية، وأجهزة الاستشعار، وأتمنة الاستلام والانقاط والجرد. وتوضح أدبيات Logistics 4.0 أن القيمة تنشأ من ترابط هذه التقنيات في نظام لوجستي متكامل، لا من استخدامها بوصفها جزراً منفصلة (Winkelhaus & Grosse, 2020).

2.2.3 متطلبات التحول وتحدياته

يعتمد التحول على جاهزية البنية التقنية، وجودة البيانات، وإعادة تصميم الإجراءات، ودعم الإدارة العليا، والمهارات الرقمية، وإدارة التغيير، والأمن السيبراني. وقد بين (Kache and Seuring 2017) أن وفرة البيانات تخلق فرصاً للتحليل والشفافية، لكنها تقترن بتحديات التكامل والخصوصية والقدرات التحليلية. ومن ثم قد لا ينعكس الإنفاق التقني على الأداء إذا بقيت البيانات مجزأة أو لم تتغير آليات القرار.

2.3 الذكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد

2.3.1 المفهوم ودوره التحليلي

يشمل الذكاء الاصطناعي أساليب تمكّن الأنظمة من التعلم من البيانات والتنبؤ والتصنيف والتحسين ودعم القرار (Russell & Norvig, 2021). وفي سلسلة التوريد، يعتمد نجاح هذه الأساليب على توافر بيانات رقمية موثوقة؛ لذلك يُعد الذكاء الاصطناعي امتدادًا لقدرات التحول الرقمي، لا بديلًا عنها.

تصنف المراجعات المنهجية التطبيقات في مجالات التنبؤ بالطلب، وإدارة المخزون، واختيار الموردين، وتخطيط الإنتاج، والنقل والتوزيع، وإدارة المخاطر. كما تشير إلى فجوة بين كثافة التصورات النظرية وعدد التطبيقات التجريبية الناجمة، وإلى ضرورة الانتباه إلى جودة البيانات والتفسير والمهارات والحوكمة (Toorajipour et al., 2021; Culot et al., 2024).

2.3.2 الذكاء الاصطناعي في النقل

يمكن للنماذج التنبؤية تقدير الطلب وأزمنة الوصول، فيما تدعم نماذج التحسين جدولة المركبات وإعادة توجيهها وتخصيص الشحنات. ويؤدي تحديث القرار بالبيانات الفعلية إلى الاستجابة للازدحام أو التأخر أو تغير الأولويات. غير أن جودة المخرجات تظل مرتبطة بجداثة البيانات ووضوح القيود التشغيلية وإمكان تدخل المستخدم البشري.

2.3.3 الذكاء الاصطناعي في المستودعات

تتضمن التطبيقات التنبؤ بالحركة، وتحديد مستويات المخزون، وجدولة العمالة، وتحسين مواضع التخزين ومسارات الالتقاط، والكشف عن الشذوذ والأخطاء. وتندرج هذه التطبيقات ضمن التحول الأوسع نحو اللوجستيات الذكية والصناعة الرابعة، حيث تتكامل الأتمتة والاتصال والتحليل (Hofmann & Rüsch, 2017).

2.4 البيانات الضخمة والتوأم الرقمي والمرونة

تتيح البيانات الضخمة الانتقال من التقارير اللاحقة إلى التحليل التنبؤي والتوجيهي. وقد وصف Waller (2013) and Fawcett أثر علم البيانات والتحليلات التنبؤية في تصميم سلاسل التوريد وإدارتها. لكن القيمة التشغيلية تتطلب ربط التحليل بقرار قابل للتنفيذ ومؤشر أداء يمكن متابعته.

أما التوأم الرقمي لسلسلة التوريد فيمثل العمليات والعلاقات والقيود بصورة رقمية قابلة للتحديث والمحاكاة. ويسمح باختبار سيناريوهات التعطل وإعادة التهيئة قبل التطبيق الفعلي، بما يدعم إدارة المخاطر والمرونة (Ivanov & Dolgui, 2021). وترتبط هذه الفكرة بأبحاث أثر الصناعة الرابعة في تحليل مخاطر سلسلة التوريد وانتشار الاضطراب (Ivanov et al., 2019).

2.5 الأداء التشغيلي

يعبر الأداء التشغيلي عن قدرة العملية على تحقيق نتائج الوقت والجودة والتكلفة والمرونة والاعتمادية والإنتاجية (Slack et al., 2010). وفي قطاع النقل والمستودعات، تظهر هذه النتائج في سرعة تنفيذ العمليات، وجودة الخدمة، ودقة المخزون والشحن، وانخفاض التكلفة والأخطاء، وإنتاجية العاملين، والقدرة على الاستجابة للتغيرات.

تقيس الدراسة الأداء إدراكياً عبر سبع فقرات. وهذا القياس مناسب لاستكشاف اتجاهات العاملين حين لا تتوفر سجلات تشغيلية موحدة، لكنه لا يعادل مؤشرات الأداء الموضوعية؛ لذلك ينبغي عدم تعميم المتوسطات على جميع المؤسسات أو تفسيرها بوصفها قياسات فعلية للوقت والتكلفة.

2.6 تفسير العلاقات بين متغيرات الدراسة

2.6.1 التحول الرقمي والأداء التشغيلي

يتوقع أن يرفع التحول الرقمي الأداء عبر تسريع تدفق المعلومات، وتقليل المعالجة اليدوية، وتحسين الرؤية والتنسيق، وتوحيد الإجراءات، ودعم القرار. لكن هذه الآليات تتطلب تبنيًا فعليًا وتكاملاً بين الوحدات. لذلك تقيس فقرات المحور الاعتماد على الأنظمة وتبادل المعلومات والمتابعة الرقمية والبنية التقنية، إلى جانب النتائج المدركة مثل السرعة وانخفاض الأخطاء.

2.6.2 الذكاء الاصطناعي والأداء التشغيلي

يتوقع أن يؤثر الذكاء الاصطناعي عبر تحسين التنبؤ والتخطيط والتحليل والكشف المبكر عن المشكلات. وتُظهر الأدبيات أن الأثر المحتمل واسع، لكن الدليل التطبيقي يتفاوت بحسب الوظيفة ومستوى النضج (Toorajipour et al., 2021; Culot et al., 2024). لذلك يفحص النموذج إسهامه بعد تثبيت التحول الرقمي، مع الانتباه إلى الترابط القوي المتوقع بين المتغيرين.

2.7 الدراسات السابقة

Vial (2019)

مراجعة شاملة بنت إطاراً لفهم التحول الرقمي وآليات خلق القيمة والعوائق والاستجابات التنظيمية. وتقيد الدراسة الحالية في ضبط مفهوم التحول وعدم اختزاله في اقتناء التقنية.

Kache and Seuring (2017)

درسا الفرص والتحديات عند تقاطع تحليلات البيانات الضخمة وإدارة سلاسل التوريد، وأبرزتا أهمية التكامل والقدرات التحليلية والحوكمة.

Hofmann and Rüsch (2017)

ناقشا وضع الصناعة الرابعة وآفاقها في اللوجستيات، وربطنا الاتصال والأتمتة والبيانات بتحسين تصميم العمليات اللوجستية.

Ivanov, Dolgui, and Sokolov (2019)

حللوا أثر التقنيات الرقمية والصناعة الرابعة في مخاطر سلسلة التوريد وأثر الانتشار، وأوضحوا دور الرؤية والتحليل في إدارة الاضطرابات.

Winkelhaus and Grosse (2020)

قدما مراجعة منهجية لمفهوم Logistics 4.0، وحددا تقنيات وخصائص نظام لوجستي جديد يقوم على الاتصال والتكامل والذكاء.

Toorajipour, Sohrabpour, Nazarpour, Oghazi, and Fischl (2021)

راجعوا منهجياً تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة سلاسل التوريد، وحددوا مجالات الاستخدام والفجوات البحثية والحاجة إلى أدلة تطبيقية.

Ivanov and Dolgui (2021)

طوروا مفهوم التوأم الرقمي لسلسلة التوريد لإدارة مخاطر التعطل والمرونة من خلال المحاكاة والبيانات الديناميكية.

Culot, Podrecca, and Nassimbeni (2024)

راجعوا الدراسات التجريبية عن الذكاء الاصطناعي في إدارة سلاسل التوريد، وأبرزوا تفاوت النضج والحاجة إلى تفسير أوضح لآليات خلق القيمة والظروف التنظيمية.

2.8 السياق المؤسسي السعودي

تضع رؤية السعودية 2030 والخطط المرتبطة ببرنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية تنمية الخدمات اللوجستية والرقمنة ضمن مسار التحول الاقتصادي (مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية، 2016؛ برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية، 2024). وتوفر إصدارات الهيئة العامة للإحصاء مرجعاً رسمياً لتعريف أنشطة النقل والتخزين ووصف القطاع (الهيئة العامة للإحصاء، 2023). وتستخدم هذه الوثائق هنا لتأطير السياق الوطني، لا بوصفها دراسات تجريبية تختبر فرضيات الرسالة.

2.9 التعقيب والفجوة البحثية

تتفق الأدبيات على أن الرؤية الرقمية وجودة البيانات والتكامل والتحليل الذكي يمكن أن تدعم الأداء، لكنها تحذر من افتراض أثر تلقائي للتقنية. وتغلب على جزء معتبر من الأدبيات المراجعات والأطر

المفاهيمية أو التطبيقات في سياقات دولية متنوعة. وتتمثل إضافة الدراسة الحالية في اختبار التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي معاً لدى عينة من قطاع النقل والمستودعات في المملكة، وربط النتائج بتفاصيل فقرات الأداة لتحديد الأولويات التطبيقية.

كما تختلف الدراسة عن الأدبيات السابقة في أنها لا تكتفي بالارتباطات الثنائية، بل تستخدم انحداراً متعددًا لتقدير الإسهام النسبي لكل متغير مع تثبيت الآخر. ويظل هذا الإسهام تنبؤياً ضمن بيانات مقطعية ذاتية، وليس حكماً سببياً نهائياً.

2.10 المنطلقات النظرية المفسرة

لا تعتمد الدراسة نظرية واحدة بوصفها تفسيراً كاملاً، بل تستفيد من مجموعة عدسات متكاملة. تفسر نظرية الموارد كيف يمكن للبيانات والأنظمة والمهارات أن تتحول إلى موارد ذات قيمة إذا كانت نادرة نسبياً وصعبة المحاكاة ومنظمة للاستخدام (Barney, 1991). ولا يكفي تملك المورد؛ إذ ينبغي دمجها في روتين تشغيلي وقدرة تنظيمية. ومن هذا المنظور لا تُعد منصة رقمية منفردة مصدراً للأداء ما لم ترتبط بالعمليات والبيانات والمهارات.

تضيف نظرية القدرات الديناميكية تفسيراً لقدرة المؤسسة على استشعار الفرص والتهديدات، واغتنامها، وإعادة تشكيل مواردها مع تغير البيئة (Teece et al., 1997). فالتحول الرقمي يعزز الاستشعار عبر البيانات اللحظية، ويساعد الذكاء الاصطناعي في اكتشاف الأنماط، بينما تمثل إعادة تصميم إجراءات النقل والمستودعات جانب إعادة التشكيل. ويعني ذلك أن الأثر لا ينشأ من التقنية وحدها بل من قدرة المؤسسة على تحويل المعلومة إلى تغيير مستمر.

وتفيد نظرية معالجة المعلومات التنظيمية في تفسير العلاقة بين عدم اليقين والحاجة إلى المعلومات. كلما زادت تقلبات الطلب والتعطل وتعدد الأطراف، ارتفعت حاجة المؤسسة إلى سعة أكبر لمعالجة المعلومات. توفر الأنظمة المتكاملة هذه السعة من خلال تقليل التأخير والتضارب، بينما توفر التحليلات والذكاء الاصطناعي قدرة أعلى على تفسير البيانات واختيار البدائل (Galbraith, 1974).

كما يساعد نموذج نجاح نظم المعلومات في التمييز بين جودة النظام وجودة المعلومات والاستخدام والرضا والمنافع الصافية (DeLone & McLean, 2003). وقد تكون المؤسسة مرتفعة في توافر النظام لكنها منخفضة في جودة البيانات أو الاستخدام، وهو ما يفسر إمكان عدم تحقق الأداء المتوقع. وتفيد هذه العدسة عند قراءة الفجوة بين ارتفاع التحول الرقمي ومتوسط تطبيق الذكاء الاصطناعي.

أما إطار التكنولوجيا-المنظمة-البيئة فيوضح أن التبني يتأثر بخصائص التقنية والموارد التنظيمية والضغط أو الدعم البيئي (Tornatzky & Fleischer, 1990). ويتيح دمج هذه المنطلقات صياغة تفسير متعدد المستويات: موارد وقدرات داخلية، وحاجة إلى معالجة المعلومات، وجودة نظام واستخدام، وسياق تنظيمي وبيئي.

2.11 بنية سلسلة التوريد الرقمية

يمكن تصور البنية الرقمية في طبقات مترابطة. تبدأ طبقة المصادر بأجهزة المسح والمستشعرات وأنظمة المعاملات وقواعد بيانات الطلب والمخزون والمركبات. تليها طبقة الاتصال والتكامل التي تنقل البيانات عبر الواجهات ومعايير التبادل. ثم تأتي طبقة المنصات والتخزين التي توحد البيانات وتديرها، فطبقة التحليلات والنماذج، وأخيرًا طبقة التطبيقات والقرارات التي يتفاعل معها المستخدمون.

تكمُن المشكلات عادة عند حدود الطبقات. فقد تكون البيانات متاحة لكن رموز الأصناف غير موحدة، أو تكون واجهة الربط متأخرة، أو تكون خوارزمية التنبؤ منفصلة عن عملية الشراء والتخطيط. ولهذا تؤكد أدبيات سلسلة التوريد الرقمية أهمية التكامل المعماري والعملي، لا مجرد انتشار التقنيات (Büyüközkan & Göçer, 2018).

يتطلب التكامل تعريف مصدر موثوق لكل عنصر بيانات، وتوقيت تحديثه، ومن يملك صلاحية تعديله، وكيف تعالج الأخطاء. كما يتطلب إدارة البيانات المرجعية، مثل العملاء والأصناف والمواقع والمركبات، لأن تضاربها ينتقل إلى التقارير والنماذج. وتظهر قيمة الحوكمة هنا بوصفها شرطًا تشغيليًا للأداء، لا إجراء إداريًا منفصلًا.

يمكن أن تكون البنية مركزية أو موزعة أو هجينة. المهم هو قدرة النظام على تقديم صورة متسقة ودقيقة بالسرعة المناسبة للقرار. فبيانات التتبع تحتاج تحديثًا أسرع من تقارير التكلفة الشهرية، وقرار إعادة توجيه مركبة يحتاج بيانات لحظية، بينما قرار تصميم الشبكة قد يعتمد على بيانات تاريخية مجمعة.

2.12 تقنيات التحول الرقمي في النقل والمستودعات

يمثل نظام تخطيط موارد المؤسسة طبقة تكامل للمعاملات المالية والمشتريات والمبيعات والمخزون، لكنه لا يغطي دائمًا التفاصيل التشغيلية الدقيقة. لذلك تتكامل معه أنظمة إدارة النقل لتخطيط الأحمال والناقلين والمسارات والتكاليف والتتبع، وأنظمة إدارة المستودعات لتنظيم الاستلام والتخزين والالتقاط والتعبئة والشحن والجرد.

تدعم تقنيات التعرف بالترددات الراديوية والباركود وإنترنت الأشياء جمع البيانات من الأصول والمواد والبيئة. وقد بين Ben-Daya et al. (2019) أن إنترنت الأشياء يوسع الرؤية والاتصال في سلسلة التوريد، لكنه يثير تحديات تتعلق بالتكامل والأمن وحجم البيانات. وتختلف ملائمة التقنية بحسب قيمة الصنف ومتطلبات التتبع والبيئة التشغيلية وتكلفة البنية.

توفر الحوسبة السحابية مرونة في السعة والوصول والتحديث، لكنها تنقل جزءًا من الاعتماد إلى مقدم الخدمة واتفاقيات مستوى الخدمة وإدارة الهوية والوصول. أما واجهات البرمجة فتسمح بتكامل الأنظمة والشركاء، ويتوقف نجاحها على وضوح العقود الرقمية ومراقبة الأخطاء والإصدارات.

يمكن لتقنيات السجلات الموزعة أن تدعم التتبع والثقة بين أطراف متعددة عندما توجد حاجة إلى سجل مشترك يصعب تعديله، لكنها ليست حلاً تلقائياً لكل مشكلة. فإذا كانت المشكلة داخلية وتتعلق بجودة البيانات أو ضعف الإجراء، فلن يؤدي تغيير بنية السجل إلى تصحيح البيانات الأصلية. لذلك ينبغي البدء بالمشكلة وقيمة الاستخدام ثم اختيار التقنية.

تجمع فكرة التوأم الرقمي بين البيانات والنموذج والمحاكاة. ففي النقل يمكن تمثيل الشبكة والمركبات والطلبات والقيود، وفي المستودع يمكن تمثيل المواقع والموارد وتدفقات الحركة. وتسمح المحاكاة باختبار بدائل قبل تنفيذها، لكن دقة النتائج تعتمد على معايير النموذج وتحديثه واستيعاب عدم اليقين (Dolgui, 2021).

2.13 مراحل النضج والتحول

لا يحدث التحول الرقمي دفعة واحدة، ويمكن وصفه بمراحل تبدأ بالرقمنة الجزئية، ثم توحيد البيانات والإجراءات، ثم تكامل الأنظمة، ثم الرؤية والتحليلات، ثم القرارات التنبؤية والتوجيهية، وأخيراً التحسين المستمر واسع النطاق. وتفيد نماذج النضج في تحديد نقطة البداية وترتيب الاستثمارات، لكنها لا ينبغي أن تتحول إلى ترتيب شكلي لا يرتبط بقيمة تشغيلية.

في مرحلة الرقمنة الجزئية تكون التطبيقات محلية والبيانات مجزأة. وفي مرحلة التوحيد تتحدد الرموز والتعريفات والإجراءات. وفي مرحلة التكامل تنتقل البيانات بين الأنظمة دون إعادة إدخال واسعة. وفي مرحلة الرؤية تتوافر لوحات مؤشرات وتنبهات. ثم تسمح التحليلات التنبؤية والتوجيهية بتقدير الطلب والمخاطر واقتراح القرارات.

ترتبط Supply Chain 4.0 بين التقنيات والنضج والقدرات التنظيمية، وتؤكد أن الانتقال يحتاج إلى استراتيجية وعمليات وأفراد وقياس، وليس إلى قائمة مشتريات تقنية فقط (Frederico et al., 2020). وتظهر أهمية هذا المنطق في نتائج الدراسة؛ إذ يبدو أن البنية الرقمية أكثر تقدماً من الاستخدام الوظيفي للذكاء الاصطناعي.

ينبغي أن يرتبط كل انتقال بمعيار قبول. فلا تنتقل المؤسسة إلى نموذج تنبؤ بالطلب إذا كانت بيانات الطلب والأصناف غير مستقرة، ولا توسع نظام توجيه آلي قبل اختبار القيود والسلامة والاستثناءات. ويمثل هذا التسلسل وسيلة لتقليل مخاطر الاستثمار وإثبات القيمة تدريجياً.

2.14 تقنيات الذكاء الاصطناعي ذات الصلة

يشمل التعلم الآلي نماذج تتعلم علاقات من البيانات للتنبؤ أو التصنيف. يستخدم التعلم الخاضع للإشراف عندما توجد نتائج تاريخية معروفة، مثل التنبؤ بزمان الوصول أو احتمال التأخر. ويستخدم التعلم غير الخاضع للإشراف لاكتشاف المجموعات والأنماط غير المعتادة، مثل تصنيف الأصناف أو كشف السلوك

الشاذ. أما التعلم المعزز فيتعامل مع قرارات متتابعة ومكافآت، لكنه يحتاج إلى بيئة تدريب ومحاكاة وضوابط دقيقة.

تظل بحوث العمليات والتحسين الرياضي جزءًا أساسيًا من الحلول الذكية. فمشكلة المسار أو الجدولة لا تحل بالتنبؤ وحده؛ إذ يقدر نموذج التعلم الطلب أو زمن الرحلة، ثم يستخدم نموذج تحسين لاختيار البديل ضمن قيود السعة والوقت والتكلفة. لذلك تكون الحلول الهجينة التي تجمع التنبؤ والتحسين والمحاكاة أكثر ملاءمة لكثير من التطبيقات اللوجستية.

تدعم الرؤية الحاسوبية قراءة الصور والفيديو للكشف عن التلف أو التحقق من الملصقات أو مراقبة السلامة أو عد العناصر. وتستخدم معالجة اللغة في قراءة المستندات والرسائل واستخراج المعلومات، ويمكن للنماذج التوليدية دعم البحث في الإجراءات وصياغة التقارير والتفاعل مع المعرفة المؤسسية. إلا أن الاستخدام التوليدي يحتاج إلى تحقق من المخرجات وحماية للبيانات ومنع الاعتماد على إجابات غير موثقة.

تشمل الروبوتات والأنظمة الذاتية مزجًا بين الاستشعار والتحكم والتخطيط. وفي المستودعات قد تستخدم مركبات موجهة أو روبوتات متنقلة، وفي النقل قد تستخدم أنظمة مساعدة للسائق أو صيانة تنبؤية. وتتفاوت متطلبات السلامة والتنظيم والاستثمار بحسب مستوى الاستقلالية.

تؤكد مراجعات الذكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد أن التطبيقات واسعة لكن الأدلة التجريبية متفاوتة، وأن جودة البيانات والتفسير وتكامل القرار والعامل البشري تحدد القيمة المحققة (Min, 2010; Toorajipour et al., 2021; Culot et al., 2024).

2.15 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في النقل

يبدأ تخطيط النقل بتوقع حجم الطلب وتوزيعه المكاني والزمني. يمكن للنماذج التنبؤية دمج التاريخ والموسمية والعروض والظروف الخارجية المتاحة لتقدير الأحجام، ثم تستخدم النتائج لتحديد السعة والموارد. ويجب قياس الخطأ حسب الأفق والقطاع بدل الاكتفاء بمتوسط واحد؛ لأن خطأ التنبؤ في منطقة أو فترة حرجة قد يكون أكثر تكلفة.

في تحسين المسارات، تحدد الخوارزمية تسلسل الزيارات وتخصيص المركبات ضمن قيود السعة والنوافذ الزمنية وأوقات الخدمة وقواعد السائقين. وعند ورود معلومات جديدة يمكن إعادة التحسين، لكن التغيير المستمر قد يربك التنفيذ. لذلك ينبغي تحديد متى يُعاد التخطيط، وما الحد الأدنى للمكسب، وكيف تُحمى الالتزامات التي دخلت مرحلة التنفيذ.

تقدير زمن الوصول تطبيق مهم لخدمة العملاء وإدارة الأرصفة والموارد. ويمكن للنموذج الاستفادة من المسار والتاريخ وحالة الحركة وخصائص الحمولة، لكن ينبغي مراقبة انحيازه حسب المناطق والناقلين والفترات. كما يجب عرض درجة الثقة أو نطاق زمني بدل رقم يبدو يقينياً.

تستخدم الصيانة التنبؤية بيانات المركبات والحساسات وسجلات الأعطال لتقدير احتمال الفشل أو العمر المتبقي. ويعتمد القرار على موازنة تكلفة الصيانة المبكرة مع مخاطر التعطل. ولا تكفي دقة النموذج وحدها؛ إذ يجب أن تتكامل التنبيهات مع توافر قطع الغيار وجدولة الورشة وتشغيل الأسطول.

يمكن للذكاء الاصطناعي دعم إدارة الاستثناءات عبر ترتيب الأحداث حسب الخطورة واقتراح بدائل. وتكمن القيمة في تقليل زمن اكتشاف المشكلة وزمن الاستجابة، مع إبقاء صلاحية التصعيد والتجاوز البشري واضحة، خصوصاً في القرارات المرتبطة بالسلامة أو العقود.

2.16 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المستودعات

يرتبط تخطيط المخزون بالتنبؤ بالطلب وزمن التوريد ومستوى الخدمة. يمكن للنماذج تقدير توزيع الطلب أو احتمال النفاد بدل الاعتماد على متوسط ثابت، ثم تُترجم التقديرات إلى سياسات إعادة الطلب ومخزون الأمان. ويجب مراقبة أثر العروض والأصناف الجديدة والانقطاعات؛ لأنها تقلل قدرة التاريخ على تمثيل المستقبل.

يساعد تحسين مواضع التخزين في وضع الأصناف بما يقلل مسافة الحركة ويوازن الازدحام ومتطلبات الحجم والوزن والتوافق. وتتغير المواضع المثلى مع الطلب والموسمية، لكن إعادة التنظيم لها تكلفة، لذلك ينبغي أن يقارن النموذج بين المكسب المتوقع وتكلفة النقل وإيقاف المواقع.

في عمليات الالتقاط يمكن تحليل ترتيب الأوامر وتجميعها ومسارات العاملين أو الروبوتات. وتؤثر دقة بيانات الموقع والمخزون في أي تحسين؛ لأن المسار الأقصر لا يفيد إذا كان الصنف غير موجود فعلياً. ومن ثم يأتي الجرد الدقيق ومعالجة الاستثناءات قبل التحسين المتقدم.

تدعم الرؤية الحاسوبية فحص المنتجات والطرود وقراءة الملصقات والتحقق من الالتزام بمتطلبات السلامة. وتتطلب هذه التطبيقات بيانات صور ممثلة للبيئة والإضاءة والتنوع، واختباراً لمعدلات الخطأ وتحديد الإجراء عند انخفاض الثقة.

يمكن جدولة العمالة والمعدات وفق حجم العمل المتوقع والمهارات والورديات، لكن ينبغي تجنب تحويل النموذج إلى أداة تقييم غير عادلة للأفراد. وتحتاج مؤشرات الإنتاجية إلى سياق يراعي تعقيد المهمة وجودة التنفيذ والسلامة، وهو أمر مهم في ضوء أن إنتاجية الموظفين كانت أدنى فقرات الأداء في الدراسة.

2.17 البيانات والتحليلات المتقدمة

تبدأ القيمة من جودة البيانات التي تشمل الدقة والاكتمال والاتساق والحدثة والتفرد والملاءمة. وقد يكون الملف مكتملاً تقنياً لكنه غير صالح للقرار إذا كانت التعريفات غير موحدة أو التوقيت غير مناسب. لذلك ينبغي ربط كل عنصر بيانات بقاعدة تحقق ومالك ومصدر وتاريخ تحديث.

توضح أدبيات البيانات الضخمة أن القدرات التحليلية تتطلب موارد تقنية وبشرية وإدارية مترابطة. وقد ربط (Gunasekaran et al. (2017) تبني تحليلات البيانات الضخمة والتنبؤية بأداء سلسلة التوريد والأداء التنظيمي، فيما يبين (Mikalef et al. (2020) أن القدرات الديناميكية تؤدي دوراً في تحويل قدرة التحليلات إلى أداء.

ينبغي التمييز بين صلاحية النموذج عند البناء وصلاحيته مع مرور الوقت. فقد يتغير سلوك الطلب أو الشبكة أو سياسة التشغيل، فينخفض الأداء فيما يسمى انجراف البيانات أو المفهوم. ويستلزم ذلك مراقبة مستمرة للأخطاء والانحياز وتوقيت إعادة التدريب ونسخة البيانات والنموذج المستخدمة في القرار.

كما أن قيمة التحليل تعتمد على تصميم العرض والتفسير. يحتاج المخطط إلى معرفة سبب التنبيه والبدائل والقيود، ولا يكفي تقديم درجة أو توصية دون سياق. وتزداد أهمية التفسير عندما تكون تكلفة الخطأ عالية أو عندما تتعارض التوصية مع خبرة المشغل.

2.18 آليات انتقال الأثر إلى الأداء

يمكن تلخيص آليات الأثر في الرؤية والتنسيق والسرعة والدقة والتحسين والتعلم. تعني الرؤية معرفة حالة الطلب والمخزون والشحنة، ويعني التنسيق مشاركة الصورة نفسها بين الأطراف. أما السرعة فتتعلق بزمان انتقال المعلومة واتخاذ القرار، والدقة بتقليل الأخطاء والتناقضات، والتحسين باختيار البديل الأفضل ضمن القيود، والتعلم بقدرة المؤسسة على استخدام النتائج لتعديل الإجراءات.

لا تعمل هذه الآليات بصورة منفصلة. فالرؤية بلا تنسيق قد تنتج لوحات مؤشرات لا تغير الإجراء، والتنبؤ بلا تحسين لا يحدد القرار، والتحسين بلا تنفيذ لا يحقق نتيجة. ومن ثم يُقاس نجاح المبادرة بسلسلة كاملة من البيانات إلى الاستخدام إلى النتيجة.

تدعم استراتيجية الأعمال الرقمية فكرة اندماج استراتيجية التقنية مع استراتيجية الأعمال بدل التعامل معهما كمسارين منفصلين (Bharadwaj et al., 2013). وفي السياق اللوجستي يعني ذلك أن أهداف النظام ينبغي أن تُصاغ بلغة عملية، مثل تقليل زمن التجهيز أو زيادة دقة الوعد أو خفض الرحلات الفارغة. تظهر أيضاً آثار غير مباشرة عبر المرونة والقدرة على الاستجابة. فالمنصة الرقمية قد لا تخفض التكلفة في الظروف العادية مباشرة، لكنها تقلل زمن اكتشاف الاضطراب وتسمح بإعادة التهيئة. ولهذا توسع أدبيات

المخاطر استخدام الذكاء الاصطناعي والتحليلات في الاستشعار والتقييم والاستجابة (Baryannis et al., 2019; Ivanov et al., 2019).

2.19 قياس الأداء التشغيلي

الأداء التشغيلي مفهوم متعدد الأبعاد؛ فقد يتحسن الوقت على حساب التكلفة أو تتحسن الإنتاجية على حساب الجودة. لذلك يلزم استخدام مجموعة متوازنة من المؤشرات. تمثل السرعة زمن الدورة والانتظار والتسليم، وتمثل الاعتمادية الالتزام بالموعد ودقة الوعد، وتمثل الجودة الدقة ونسبة الأخطاء والتلف، وتمثل التكلفة استخدام الموارد، وتمثل المرونة القدرة على الاستجابة للتغير.

يمكن أن تكون المؤشرات موضوعية مستخرجة من الأنظمة أو إدراكية من الاستبانة. تتميز المؤشرات الموضوعية بقربها من الواقع التشغيلي، لكنها قد تختلف في تعريفها بين المؤسسات أو لا تكون متاحة. وتسمح المؤشرات الإدراكية بالمقارنة داخل عينة عندما لا تتوافر سجلات موحدة، لكنها تتأثر بالتحيز الشخصي والطريقة المشتركة.

تستخدم الدراسة قياسًا إدراكيًا يجمع الوقت والجودة والتكلفة والإنتاجية والدقة والاستجابة. ولا ينبغي تحويل المتوسطات إلى تقديرات فعلية لنسبة خفض التكلفة أو الزمن. بل تعبر عن اتجاه المشاركين إلى الموافقة على حدوث التحسن. ويقترح الفصل الخامس ربط هذه النتائج لاحقًا بمؤشرات نظامية محددة.

من المهم كذلك تحديد خط أساس وهدف وفترة قياس ومالك لكل مؤشر. فعبارة «تحسين زمن التنفيذ» لا تكفي من دون تحديد بداية الدورة ونهايتها، والوحدة، والاستثناءات، ومصدر البيانات. وتساعد هذه الدقة على منع اختيار مؤشرات سهلة القياس لكنها ضعيفة الصلة بالقيمة.

2.20 المخاطر والحوكمة

تشمل المخاطر الرقمية توقف الأنظمة وفشل التكامل وفقد البيانات والهجمات السيبرانية والاعتماد على المورد. وتشمل مخاطر الذكاء الاصطناعي ضعف البيانات والانحياز وعدم التفسير وانجراف النموذج والاستخدام خارج النطاق. وقد يتحول النموذج الدقيق في المتوسط إلى مصدر خطر إذا أخفق بصورة مركزة في فئة أو منطقة حرجية.

تبدأ الحوكمة بتحديد ملكية القرار. ينبغي بيان ما إذا كان النموذج يقدم توصية أم ينفذ قرارًا، ومن يوافق، وما مستوى الثقة المطلوب، ومتى يُحال الاستثناء إلى الإنسان. كما يجب حفظ نسخة النموذج والبيانات والمدخلات والقرار لتسهيل المراجعة والتعلم.

تتطلب الخصوصية جمع الحد الأدنى من البيانات وحمايتها وتحديد مدة الاحتفاظ والصلاحيات. وفي بيانات الموظفين أو السائقين ينبغي الفصل بين تحسين العملية والمراقبة الفردية غير المتناسبة. كما ينبغي تقييم أثر أي استخدام جديد للبيانات قبل توسيعه.

تتضمن حوكمة الموردين شروطاً لجودة الخدمة والأمن وقابلية نقل البيانات وملكية النماذج والدعم والاستمرارية. ويقلل التصميم المعياري والواجهات المفتوحة نسبياً مخاطر الانغلاق، لكن القرار يعتمد على التكلفة والمهارات ومتطلبات الأمن.

2.21 الموارد البشرية وإدارة التغيير

التحول الرقمي يغير الأدوار وحدود المسؤولية، وقد يواجه مقاومة إذا فُرض كنظام رقابة أو زاد العبء دون إزالة العمل القديم. لذلك تبدأ إدارة التغيير بإشراك المستخدمين في تعريف المشكلة وتصميم الإجراء واختبار الحل، وشرح ما سيتغير وما سيبقى وما المهارات المطلوبة.

تتنوع المهارات بين محو الأمية الرقمية، وفهم البيانات، وتفسير المؤشرات، وصياغة المشكلة، والتعامل مع الاستثناءات، وفهم حدود النماذج. ولا يلزم أن يصبح جميع العاملين علماء بيانات، لكن ينبغي أن يعرف المستخدم كيف يقرأ التوصية ومتى يشك فيها وكيف يوثق الاستثناء.

تحتاج المؤسسة إلى أدوار تربط التقنية بالعملية، مثل مالك المنتج أو مترجم التحليلات أو مسؤول بيانات المجال. وهذه الأدوار تمنع انعزال فريق البيانات عن التشغيل، وتضمن أن معيار نجاح النموذج ليس الدقة الفنية فقط بل أثره في العملية.

تتطلب الإنتاجية الرقمية إعادة تصميم العمل. فإذا أضيفت شاشة جديدة إلى الإجراء مع استمرار السجل الورقي والتكرار، فقد تنخفض الإنتاجية رغم تحسن الرؤية. وتتسجم هذه الفكرة مع النتيجة الميدانية التي جعلت إنتاجية الموظفين أدنى نسبياً من دقة العمليات والأداء العام.

2.22 التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في السياق السعودي

يوفر السياق السعودي عوامل داعمة تتمثل في التوجهات الوطنية نحو الخدمات الرقمية والبيانات والذكاء الاصطناعي وتطوير الخدمات اللوجستية. وتبرز أهمية الربط بين هذه التوجهات وقدرات المنشآت المختلفة، لأن النضج لا ينتقل تلقائياً من البنية الوطنية إلى الإجراء الداخلي.

تختلف حاجات المنشآت بحسب الحجم والنشاط والانتشار الجغرافي ونوع البضائع والاعتماد على أطراف خارجية. قد تبدأ منشأة صغيرة بتوحيد البيانات والتتبع ولوحات المؤشرات، بينما تحتاج منشأة كبيرة إلى حوكمة منصة واسعة ونماذج متعددة ومركز عمليات. لذلك ينبغي أن تكون خارطة الطريق متدرجة وقائمة على الحالة، لا نسخة واحدة للجميع.

يتيح التكامل مع المنصات الحكومية والتجارية تدفقاً أفضل للمعلومات، لكنه يزيد أهمية معايير البيانات والأمن والاستمرارية. كما أن البيئة الجغرافية وحركة المدن والمسافات والظروف المناخية قد تؤثر في نماذج النقل والتنبؤ، ما يتطلب بيانات محلية ومعايرة مستمرة.

تقدم الدراسة دليلاً أولياً من عينة محدودة ولا تدعي تمثيل القطاع الوطني. ومع ذلك، فإن نمط ارتفاع الرقمنة ومتوسط الذكاء الاصطناعي يوفر فرضية عملية تستحق التحقق على نطاق أوسع: قد تكون مرحلة بناء البنية الرقمية قد تقدمت أسرع من مرحلة تحويل البيانات إلى قرارات ذكية منتظمة.

2.23 المقارنة المنهجية للدراسات السابقة

تختلف الأدبيات في نوعها ووحدة تحليلها. فبعضها مراجعات مفاهيمية واسعة، وبعضها دراسات تجريبية للقدرات والتحليلات والأداء، وبعضها نماذج تقنية للمخاطر أو التوأم الرقمي. وتمنع المقارنة التالية التعامل مع النتائج السابقة بوصفها أدلة متجانسة؛ إذ تختلف المتغيرات والمقاييس والسياقات والتصاميم.

جدول (1-2): مقارنة تحليلية لعينة من الأدبيات الأساسية

الدراسة	المنهج	الموضوع	الإسهام	الحد/صلة الدراسة
Vial (2019)	مراجعة وأجندة بحث	التحول الرقمي	إطار للآليات والتغيرات التنظيمية	مفاهيمي؛ لا يقيس القطاع
Büyükoğkan & Göçer (2018)	مراجعة وإطار	سلسلة التوريد الرقمية	تجميع التقنيات والأبعاد	حاجة إلى تحقق ميداني
Kache & Seuring (2017)	دراسة مفاهيمية/استكشافية	البيانات الضخمة وسلاسل التوريد	فرص وتحديات الحوكمة والتكامل	السياق يختلف عن العينة الحالية
Hofmann & Rüsch (2017)	تحليل مفاهيمي	الصناعة 4.0 واللوجستيات	ربط الاتصال والأتمتة باللوجستيات	لا يختبر أثرًا إحصائيًا
Gunasekaran et al. (2017)	دراسة كمية	التحليلات التنبؤية	ارتباط القدرات بالأداء	مقاييس وسياق مختلفان
Ivanov et al. (2019)	نمذجة وتحليل	الصناعة 4.0 ومخاطر السلسلة	الرؤية والتحليل يدعمان إدارة الاضطراب	يركز على المخاطر
Winkelhaus & Grosse (2020)	مراجعة منهجية	Logistics 4.0	تحديد خصائص النظام اللوجستي الجديد	غلبة الأدبيات المفاهيمية
Frederico et al. (2020)	إطار نضج وأجندة	Supply Chain 4.0	ربط التقنية والاستراتيجية والقدرات	يحتاج تطبيقات قطاعية

الدراسة	المنهج	الموضوع	الإسهام	الحد/صلة الدراسة
Baryannis et al. (2019)	مراجعة وأجندة	الذكاء الاصطناعي والمخاطر	تصنيف تطبيقات التنبؤ بالمخاطر	أدلة تطبيقية محدودة
Toorajipour et al. (2021)	مراجعة منهجية	الذكاء الاصطناعي وسلاسل التوريد	تحديد مجالات التطبيق والفجوات	تفاوت نضج الأدلة
Ivanov & Dolgui (2021)	إطار ونموذج	التوأم الرقمي والمرونة	محاكاة التعطل وإعادة التهيئة	تطبيق تقني لا استبانة
Mikalef et al. (2020)	دراسة كمية	قدرات تحليلات البيانات	دور القدرات الديناميكية في الأداء	ليس خاصًا بالنقل والمستودعات
Culot et al. (2024)	مراجعة منهجية تجريبية	الذكاء الاصطناعي في السلسلة	تقييم الأدلة والاتجاهات	الحاجة إلى تفسير ظروف القيمة
الدراسة الحالية	وصفية تحليلية مقطعية	تحول رقمي، ذكاء اصطناعي، أداء	اختبار المتغيرين معًا في السعودية	عينة 50 وقياس ذاتي

2.24 الاستنتاج النظري وصياغة الفجوة

يظهر من التحليل أن التقنية تؤثر في الأداء عبر قدرات وسيطة تشمل جودة البيانات والتكامل والرؤية والتحليل وإعادة تصميم القرار. كما يظهر أن التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي متداخلان لكنهما غير متطابقين؛ الأول يبني البنية والروتين الرقمي، والثاني يضيف التنبؤ والتحسين والتفاعل الذكي.

تتمثل الفجوة الموضوعية في قلة الأدلة التي تختبر المتغيرين معًا وتوضح إسهام كل منهما. وتتمثل الفجوة السياقية في محدودية الدليل المتاح من النقل والمستودعات في المملكة. أما الفجوة التطبيقية فتتمثل في الحاجة إلى الانتقال من الخطاب العام عن التقنية إلى تحديد الوظائف الأضعف ومؤشرات القيمة.

بناء على ذلك، يتوقع النموذج أثرًا موجبًا للمتغيرين في الأداء، مع توقع ارتباط قوي بينهما. ولا يفترض النموذج أن التقنية كافية؛ بل يقرأ النتائج بوصفها انعكاسًا لقدرات وعمليات وبيانات واستخدامات يدرکہا المشاركون. ويهيئ هذا الاستنتاج للمنهجية التي توضح كيف شغلت المتغيرات واختُبرت العلاقات.

2.25 المرونة التشغيلية واستمرارية الأعمال

تعني المرونة قدرة سلسلة التوريد على الاستعداد للاضطراب وامتصاص أثره والاستجابة له والتعافي والتكيف بعده. وهي لا تساوي الاحتفاظ بمخزون أو سعة احتياطية فقط؛ لأن المرونة تجمع بين موارد احتياطية ورؤية وسرعة قرار وبدائل وعلاقات وقدرة على إعادة التهيئة. وقد بينت الأدبيات أن الرؤية والتعاون وإعادة التصميم عناصر مركزية في بناء السلسلة المرنة (Christopher & Peck, 2004).

يدعم التحول الرقمي المرونة من خلال كشف الحدث وتحديد موقع الأصول والطلبات وبيان التأثير المحتمل. وتساعد لوحات التحكم والتنبيهات على تقليل زمن الاكتشاف، بينما تسمح البيانات المتكاملة بمعرفة الطلبات والعملاء والمخزون والرحلات المتأثرة. لكن الرؤية لا تحقق الاستجابة إذا لم تكن هناك صلاحيات وخطط وبدائل معدة سلفاً.

يسهم الذكاء الاصطناعي في توقع بعض المخاطر وترتيب الأحداث ومحاكاة السيناريوهات واقتراح إعادة التخصيص. ويمكن لنموذج توقع التأخر أن يمنح وقتاً للتدخل، ويمكن لمحاكاة الشبكة أن تقارن بين تحويل المسار أو المورد أو المخزون. ومع ذلك، تظل الاضطرابات النادرة صعبة التعلم من التاريخ، وقد تكون بيانات التدريب غير ممثلة للحدث الجديد.

تفرق استمرارية الأعمال بين الوظائف الحرجة وحدود التوقف المقبولة وخطط الاستعادة. وفي النقل والمستودعات تشمل الأسئلة: ما العمليات التي يجب استمرارها؟ وما البيانات الضرورية؟ وما البدائل اليدوية؟ ومن يملك قرار التحويل؟ وكيف يعاد التزامن بعد عودة النظام؟ ويجب اختبار الخطط بدل الاكتفاء بكتابتها.

يتيح التوأم الرقمي تقييم التعطل وانتشاره وإعادة تكوين الشبكة، وقد ربط Ivanov and Dolgui (2021) هذه القدرة بإدارة المرونة في الصناعة الرابعة. إلا أن النموذج يحتاج إلى بيانات واتصالات وتعريفات محدثة، وإلا أصبح تمثيلاً جذاباً لكنه بعيد عن الواقع.

يمكن قياس المرونة بزمن اكتشاف الحدث، وزمن اتخاذ القرار، وزمن الاستعادة، ونسبة الطلبات المحمية، وتكلفة الاستجابة، والفجوة بين الأداء أثناء التعطل وخط الأساس. ولا تحتوي الاستبانة الحالية محوراً مستقلاً للمرونة، لذلك ترد هذه المؤشرات كتوسعة نظرية وتوصية مستقبلية ولا تدخل في نتائج الفروض.

2.26 تقييم القيمة ودراسة الجدوى الرقمية

تبدأ دراسة الجدوى بتعريف مشكلة تشغيلية قابلة للقياس، لا باسم تقنية. فبدل «تطبيق الذكاء الاصطناعي» تُصاغ الحالة مثل «تقليل خطأ التنبؤ لفئة محددة» أو «خفض زمن انتظار المركبات عند الأرصفة». ويحدد التعريف حدود العملية والمتأثرين وخط الأساس والنتيجة المستهدفة والقيود.

تشمل المنافع المباشرة خفض الوقت والتكلفة والأخطاء والمخزون، وتشمل المنافع غير المباشرة تحسين الخدمة والمرونة ورضا المستخدم وجودة القرار. ويجب تجنب تحويل كل منفعة غير مباشرة إلى مبلغ مالي

من دون أساس، كما يجب احتساب تكاليف البيانات والتكامل والتدريب والدعم والمراقبة، لا تكلفة الترخيص فقط.

قد يتأخر العائد لأن المرحلة الأولى تعالج البيانات والبنية. لذلك يمكن تقسيم الاستثمار إلى بوابات: إثبات صلاحية البيانات، ثم إثبات صلاحية النموذج، ثم إثبات القيمة في عملية محدودة، ثم إثبات القدرة على التشغيل والتوسع. ويحق للإدارة إيقاف الحالة عند عدم اجتياز أي بوابة بدل استمرارها بسبب التكلفة السابقة.

ينبغي اختيار خط أساس مناسب. في حالة التنبؤ يقارن النموذج بقاعدة بسيطة أو الأسلوب الحالي، وفي التوجيه يقارن المسار بالتخطيط الحالي ضمن الشروط نفسها. ويجب أن تشمل المقارنة الجودة والوقت والاستقرار والتفسير وتكلفة التشغيل، لا الدقة وحدها.

تحتاج القيمة إلى مالك أعمال يتحمل النتيجة، ومالك بيانات، وفريق تقني، ومستخدمين نهائيين. وإذا بقي المشروع تحت مسؤولية تقنية المعلومات وحدها، فقد ينجح فنيًا دون أن يغير الإجراء. كما ينبغي توثيق افتراضات الجدوى ومصادر الأرقام والحساسية للتغير.

لا تسمح بيانات الدراسة بحساب عائد مالي للمؤسسات المشاركة؛ لأنها لا تحتوي تكاليف أو أحجام تشغيل أو خط أساس. ولذلك تقدم الرسالة إطارًا للحساب بدل أرقام مفترضة، وتحصر نتائجها في الأداء المدرك.

2.27 إدارة محفظة حالات الاستخدام

تواجه المؤسسة عادة عددًا من الأفكار يتجاوز الموارد المتاحة. وتساعد إدارة المحفظة على ترتيبها وفق القيمة والجدوى والبيانات والمخاطر والوقت اللازم. وتُعطي الأولوية للحالة التي تحل مشكلة متكررة وذات قيمة، وتملك بيانات كافية ومالكًا واضحًا، ويمكن اختبارها دون تعطيل واسع.

يمكن تصنيف الحالات إلى مكاسب سريعة، وبناء قدرات، وتحولات استراتيجية. تحقق المكاسب السريعة أثرًا محدودًا سريع القياس، مثل تنبيه بسيط أو أتمتة تقرير. أما بناء القدرات فيشمل توحيد البيانات أو منصة التكامل، وقد لا يحقق عائدًا منفردًا لكنه يمكّن حالات لاحقة. والتحولات الاستراتيجية تغير شبكة أو نموذج تشغيل وتتطلب حوكمة أعلى.

ينبغي ألا تتنافس حالات النقل والمستودعات على البيانات نفسها بطريقة تنتج نسخًا متعارضة. ويمكن لمنصة خصائص أو طبقة بيانات مشتركة أن تقلل التكرار، لكن المركزية الزائدة قد تبطئ الفرق. والتوازن المطلوب هو معايير مشتركة مع ملكية واضحة للمجال.

تراجع المحفظة دوريًا وفق الأداء والتغير في الأولويات. قد تتوقف حالة لم تعد ذات قيمة، أو تدمج مع أخرى، أو تتحول من تجربة إلى منتج تشغيلي. ويتطلب الانتقال إلى التشغيل ميزانية دعم ومراقبة ونسخ وتدريب، وليس مجرد تسليم النموذج.

تكشف نتائج الدراسة أن التخطيط وإدارة المستودعات وإنتاجية الموظفين أولويات محتملة. لكنها لا تحدد حالة استخدام واحدة لكل مؤسسة؛ إذ ينبغي تطبيق معايير المحفظة محليًا على المشكلة والبيانات والقيمة.

2.28 الاستدامة والأداء اللوجستي الرقمي

يمكن للتحويل الرقمي دعم الاستدامة عبر تحسين استخدام المركبات والطاقة والمساحة وتقليل الهدر والأخطاء والرحلات غير الضرورية. إلا أن العلاقة ليست تلقائية؛ فقد تؤدي سرعة الخدمة أو زيادة الطلب إلى زيادة الحركة، وقد تستهلك البنية الرقمية والنماذج موارد إضافية. لذلك ينبغي قياس الأثر الصافي بدل افتراض أن كل رقمنة أكثر استدامة.

في النقل يمكن قياس الكيلومترات الفارغة، واستهلاك الوقود أو الطاقة لكل وحدة، ونسبة الامتلاء، والانبعاثات حسب الرحلة أو الشحنة. وفي المستودعات يمكن قياس الطاقة لكل طلب، والهدر والتلف، واستخدام المساحة، وإعادة العمل. وتتطلب المقارنة تعريف حدود القياس ومصدر البيانات.

يساعد تحسين المسارات والتحميل في خفض مسافة أو زمن، لكن الحل الأمثل للتكلفة قد لا يكون الأفضل للانبعاثات أو الخدمة. لذلك يمكن صياغة مسألة متعددة الأهداف بأوزان أو حدود، وينبغي أن تعلن الإدارة أولوياتها بدل تركها ضمنية في الخوارزمية.

تدعم البيانات الرقمية إعداد تقارير أكثر تفصيلاً، لكنها قد تعطي دقة زائفة إذا كانت عوامل التحويل أو بيانات الاستهلاك تقريبية. ويجب حفظ مصدر كل عامل وتاريخه ونطاقه، وفصل القياس المباشر عن التقدير.

لا تقيس الاستبانة الحالية الاستدامة كمحور مستقل، ولذلك لا تُستنتج علاقة إحصائية بينها وبين المتغيرات. وتقدم المناقشة هذا البعد بوصفه امتدادًا طبيعيًا للبحوث المستقبلية وإطار مؤشرات الأداء.

2.29 الذكاء الاصطناعي المسؤول والأمن السيبراني

يعني الذكاء الاصطناعي المسؤول أن تُدار النماذج وفق قيم وحقوق ومخاطر واضحة طوال دورة الحياة. وتشمل المبادئ الملاءمة والموثوقية والسلامة والشفافية والخصوصية والعدالة والمساءلة. ويوفر إطار إدارة مخاطر الذكاء الاصطناعي الصادر عن NIST منهجًا لتنظيم الحوكمة ورسم المخاطر وقياسها وإدارتها (NIST, 2023).

تبدأ المسؤولية بتحديد الغرض والنطاق والمستخدمين والمتأثرين. ويجب اختبار ما إذا كان الذكاء الاصطناعي ضروريًا أصلاً، وما إذا كانت قاعدة واضحة أو تحسين رياضي كافياً. ويقلل اختيار الحل الأبسط القابل للتحقق التكلفة والمخاطر عندما يحقق القيمة نفسها.

ينبغي اختبار البيانات لتمثيل الحالات والأخطاء والفئات، واختبار النموذج حسب الشرائح وليس على المتوسط فقط. وفي النقل قد تكون منطقة أو موسم أو ناقل أقل تمثيلاً، وفي المستودع قد تختلف الأصناف أو الإضاءة أو المواقع. ويجب توثيق حدود الاستخدام ومنع نقل النموذج إلى سياق غير مختبر.

تتضمن الشفافية توضيح المدخلات والمنطق العام وحدود الثقة والإجراء عند الخطأ. ولا يعني التفسير كشف شفرة معقدة للمستخدم، بل تقديم سبب مفيد للقرار. ويحتاج المستخدم إلى معرفة ما الذي تغير، ولماذا صدرت التوصية، وما الخيارات، ومن يملك التجاوز.

يرتبط الأمن السيبراني بالنماذج والبيانات والواجهات وسلسلة التوريد البرمجية. تشمل المخاطر سرقة بيانات التدريب، وتغيير المدخلات، والوصول غير المصرح، وتعطيل الخدمة، والتلاعب بالمخرجات. وتحتاج الضوابط إلى إدارة هوية، وفصل صلاحيات، وتشفير، ومراقبة، ونسخ، واختبار استجابة، وتقييم موزدين.

في الأنظمة التوليدية تظهر مخاطر تسرب المعلومات والإجابة غير الصحيحة وحقن التعليمات والمحتوى غير الموثق. ويمكن الحد منها بتقييد المصادر والصلاحيات، واسترجاع معرفة معتمدة، وفحص المخرجات، ومنع التنفيذ المباشر للقرارات الحساسة، وتسجيل الاستخدام.

تتغير الحوكمة مع درجة الاستقلالية. فلوحة تنبيه منخفضة الخطر تختلف عن نظام ينفذ إعادة توجيه أو تخصيصاً تلقائياً. كلما ارتفع الأثر وصعوبة العكس، زادت الحاجة إلى تحقق مسبق، وإنسان في الحلقة، وحدود تشغيل، ومراقبة آنية، وخطة توقف آمن.

2.30 ربط بنود الأداة بالبناء النظري

يمكن ربط فقرات التحول الرقمي بثلاثة مكونات: البنية والاعتماد في س1 وس4 وس7، وتدفق المعلومات في س2، والمنافع التشغيلية في س3 وس5 وس6. ويبين هذا التقسيم أن المحور لا يقيس البنية وحدها، بل يجمع أيضاً نتائج متوقعة. وهذه نقطة قوة في التغطية ونقطة تحتاج إلى ضبط عند فصل السبب عن النتيجة.

وترتبط فقرات الذكاء الاصطناعي بالتخطيط والتنبؤ في س8 وس9، والنقل والمستودعات في س10 وس12، وتحليل البيانات في س11، والمنافع في س13 وس14. ويظهر أن س8 وس12 تقيسان استخداماً مباشراً، بينما تقيس س14 تقييماً عاماً للفائدة، وهو ما يفسر جانباً من الفروق في المتوسطات.

أما الأداء فيغطي الزمن س15، والجودة س16، والتكلفة س17، والإنتاجية س18، والدقة س19، والاستجابة س20، والتقييم العام س21. وهذا التوزيع قريب من أبعاد الأداء التشغيلي في الأدبيات، لكنه يستخدم فقرة واحدة لكل بعد، ما يحد من تقدير ثبات كل بعد منفردًا.

يوضح الربط أن تطوير الأداة مستقبلاً يمكن أن يفصل التحول إلى بنية متكامل واستخدام، والذكاء الاصطناعي إلى تبنٍ ونضج ومنفعة، والأداء إلى أبعاد متعددة الفقرات. ويتيح ذلك اختبار نموذج قياس وعلاقات بسيطة بصورة أقوى.

جدول (2-2): ترجمة القدرات الرقمية والذكاء إلى قيمة تشغيلية

القدرة	الآلية	النتيجة القريبة	المؤشر المحتمل	شرط النجاح
تكامل البيانات	إلغاء التأخير والتكرار	رؤية موحدة	نسبة المعاملات المتكاملة	تعريفات وجودة
التتبع اللحظي	كشف الحالة والاستثناء	استجابة أسرع	زمن اكتشاف الحدث	اتصال وتغطية
التنبؤ	تقدير الطلب/الوقت	تخطيط أفضل	خطأ التنبؤ	بيانات ممثلة
التحسين	اختيار البديل ضمن القيود	وقت/تكلفة أقل	المسافة أو زمن الدورة	قيود صحيحة
الرؤية الحاسوبية	فحص وتصنيف آلي	دقة وسرعة	معدل الخطأ	صور واختبار
التوأم الرقمي	محاكاة السيناريو	مرونة القرار	زمن تقييم البدائل	معايرة وتحديث
الذكاء التوليدي	وصول للمعرفة وصياغة	زمن دعم أقل	دقة الإجابة والزمن	مصادر وضوابط

2.31 التركيب التحليلي للفصل النظري

يقود الفصل إلى ست نتائج نظرية. أولاً، التحول الرقمي عملية تنظيمية تتضمن التقنية والبيانات والإجراء. ثانياً، الذكاء الاصطناعي قدرة تحليلية تحتاج إلى الأساس الرقمي. ثالثاً، تنتقل القيمة عبر آليات وسيطة لا عبر وجود التقنية. رابعاً، الأداء متعدد الأبعاد ويحتاج إلى قياس متوازن. خامساً، العامل البشري والحوكمة والأمن شروط للأثر. سادساً، يختلف المسار حسب نضج المؤسسة وسياقها.

بناء على ذلك، تفسر الفرضية الرئيسة الأثر المشترك بوصفه أثر حزمة قدرات، بينما تختبر الفرضيتان الفرعيتان الإسهام المميز لكل قدرة. ويُتوقع ترابط المتغيرين بسبب الاعتماد البنيوي والمحتوى المتقارب، ولذلك يحتاج الانحدار إلى فحص التعدد الخطي وتفسير حذر.

كما يبين الفصل أن متوسطات الاستبانة لا تقيس كل عناصر النموذج النظري، مثل الأمن والاستدامة والمرونة والحوكمة والمهارات. وقد عُرضت هذه العناصر لتفسير الشروط والامتدادات، لا لإسناد نتائج ميدانية لم تجمع عنها بيانات.

تؤسس هذه الخلاصة لمنهجية تفرق بين الوصف والاختبار، وتوثق ما هو متاح وما ينتظر الاستكمال، وتستخدم تحليلات إضافية لفحص قوة النتائج دون تجاوز حدود التصميم.

2.32 قابلية التشغيل البيئي وتكامل المنصات

تعني قابلية التشغيل البيئي قدرة الأنظمة والأطراف على تبادل البيانات وفهمها واستخدامها دون معالجة يدوية واسعة. ولها مستوى تقني يتعلق بالاتصال والصيغ، ومستوى دلالي يتعلق بمعنى البيانات، ومستوى إجرائي يتعلق بتوقيت التبادل ومسؤولية التصرف. وقد تتجح الواجهة تقنيًا بينما يفشل التكامل دلاليًا إذا اختلف تعريف حالة الشحنة أو وقت التسليم.

تستخدم المؤسسات أساليب متعددة تشمل التبادل الإلكتروني للبيانات وواجهات البرمجة والرسائل والأحداث والملفات المرحلية. ويعتمد الاختيار على حجم التبادل وسرعته وتعقيده وأمنه وقدرة الشركاء. ولا يوجد أسلوب واحد أفضل لكل الحالات؛ فالعمليات القديمة قد تعتمد EDI، بينما تسمح الواجهات الحديثة بتفاعل أكثر مرونة، وتدعم بنية الأحداث التنبيه اللحظي.

تمثل البيانات المرجعية أساس التكامل. يجب أن تتفق الأنظمة على معرف الصنف والعميل والموقع والوحدة والمركبة، وعلى قواعد التحويل. وإذا استخدم كل نظام رمزًا مختلفًا من دون جدول موثوق، تنتقل الأخطاء إلى التخطيط والمخزون والفوترة والنماذج الذكية. ولذلك تكون إدارة البيانات المرجعية مشروعًا تشغيليًا مشتركًا لا مهمة تقنية هامشية.

تساعد نماذج الأحداث على تسجيل ما حدث ومتى وأين ولأي كيان. وفي سلسلة التوريد قد تشمل إنشاء الطلب وتخصيص المخزون والالقاط والتحميل والمغادرة والوصول والتسليم. ويتيح ترتيب الأحداث قياس زمن كل مرحلة واكتشاف الاختناق وتدريب نماذج زمن الوصول، بشرط توحيد الطوابع الزمنية والمناطق الزمنية ومعالجة الأحداث المتأخرة أو المكررة.

تجمع أبراج التحكم البيانات والتنبيهات والتحليلات في واجهة لإدارة الحالات عبر الشبكة. ولا تكمن القيمة في الشاشة ذاتها، بل في جودة البيانات وقواعد الأولوية وصلاحيات التدخل ومسار التصعيد. وقد يؤدي عدد كبير من التنبيهات غير المهمة إلى إجهاد المستخدم وتجاهل الحالات الحرجة، ولذلك يحتاج النظام إلى قياس دقة التنبيه وفائدته.

يتطلب التكامل مع الشركاء عقود بيانات توضح الحقول والتعريفات والجودة والتوقيت والأمن والمسؤولية عند الخطأ. كما يحتاج إلى مراقبة مؤشرات الواجهات مثل التأخير والفشل وإعادة المحاولة. وتصبح هذه المؤشرات جزءاً من الأداء التشغيلي لأن تعطل التبادل ينعكس مباشرة على التنفيذ.

تؤثر قابلية التشغيل البيئي في الذكاء الاصطناعي؛ فالنموذج الذي يعتمد على بيانات من أنظمة متعددة يحتاج إلى خط أنابيب ثابت وإصدارات متوافقة. وأي تغيير في تعريف حقل أو طريقة ترميز قد يغير المخرجات دون أن يتغير النموذج. لذلك ينبغي ربط إدارة تغيير الأنظمة بمراقبة النماذج.

في ضوء الدراسة، ترتبط قابلية التشغيل البيئي بفقرات تبادل المعلومات وتتبع الشحنات والبنية التقنية، لكنها لا تقاس مباشرة بمؤشرات فنية. ويمكن لدراسة لاحقة إضافة أسئلة عن تكامل ERP وWMS وTMS، ونسبة المعاملات المتبادلة آلياً، وزمن تحديث البيانات، وجودة البيانات المرجعية.

2.33 دورة القرار والتعاون بين الإنسان والنظام الذكي

يمكن تحليل القرار في خمس مراحل: استشعار الحدث، وفهم الحالة، وتوليد البدائل، واختيار البديل، والتنفيذ والتعلم. تدعم التقنية كل مرحلة بدرجة مختلفة؛ فالمستشعرات والأنظمة تجمع الحدث، والتحليلات تفسره، والتحسين يولد البدائل، والإنسان أو النظام يختار وينفذ، ثم تعود النتيجة إلى البيانات.

لا يكون توزيع العمل بين الإنسان والآلة ثابتاً. يناسب النظام المهام المتكررة ذات القواعد والبيانات، بينما يحتفظ الإنسان بدور أكبر في الحالات النادرة والقيم المتعارضة والمخاطر العالية والتفاوض. ويمكن أن يبدأ الحل بتوصية، ثم ينتقل إلى تنفيذ محدود بعد إثبات الأداء والحوكمة.

تشمل أنماط التعاون: الإنسان داخل الحلقة الذي يوافق قبل التنفيذ، والإنسان على الحلقة الذي يراقب ويمكنه التدخل، والإنسان خارج الحلقة في القرارات منخفضة الخطر المؤتمتة. ويحدد الاختيار أثر الخطأ وسرعة القرار وقابلية العكس والمتطلبات التنظيمية.

تؤثر طريقة عرض التوصية في الثقة. إذا أخفى النظام عدم اليقين، قد يبالغ المستخدم في الاعتماد عليه، وإذا قدم معلومات معقدة جداً قد يتجاهله. ويساعد عرض السبب ونطاق الثقة والبدائل والقيود في بناء ثقة معيارية تتناسب مع جودة النظام.

قد يظهر تحيز الأتمتة عندما يقبل المستخدم التوصية رغم وجود إشارات مخالفة، أو نفور الخوارزمية عندما يرفض النظام بعد خطأ واحد. وتحتاج المؤسسة إلى تدريب المستخدم على حدود النموذج، وقياس معدلات القبول والتجاوز وأسبابها، ومراجعة الحالات التي اختلف فيها الإنسان والنظام.

التجاوز البشري ليس فشلاً بالضرورة؛ فقد يكشف بيانات ناقصة أو قيوداً غير ممثل. لكن التجاوز المتكرر غير الموثق يمنع التعلم ويحول النظام إلى خطوة شكلية. لذلك يسجل سبب التجاوز والنتيجة ويستخدم لتحسين البيانات أو القواعد أو التدريب.

ينبغي تقييم جودة القرار لا مجرد دقة النموذج. فقد يكون النموذج دقيقاً لكنه بطيء أو غير متاح وقت الحاجة، أو قد تكون التوصية صحيحة لكن الإجراء لا ينفذ. ويجمع تقييم القرار بين الدقة والزمن والاستخدام والنتيجة والمخاطر.

تقدم نتائج الدراسة مؤشراً إلى أن المنافع المدركة أعلى من بعض الاستخدامات المباشرة، ما قد يعني أن دورة القرار لم تدمج بالكامل. ويصبح التعاون بين الإنسان والنظام محوراً لتفسير كيفية انتقال تطبيق الذكاء الاصطناعي من تجربة أو اعتقاد إلى ممارسة تشغيلية منتظمة.

خلاصة الفصل الثاني

أوضح الفصل أن التحول الرقمي يوفر البنية والتكامل والرؤية، بينما يضيف الذكاء الاصطناعي قدرات التنبؤ والتحسين. وتدعم الأدبيات توقع أثر موجب لكل منهما في الأداء التشغيلي، مع اشتراط البيانات والحوكمة والمهارات والتكامل؛ وهي العلاقات التي تختبرها الفصول الميدانية.

الفصل الثالث: الإجراءات المنهجية للدراسة

3.1 تمهيد

يعرض هذا الفصل تصميم الدراسة ومجتمعها وعينتها وأداة القياس وخصائصها وإجراءات جمع البيانات وتحليلها. واعتمد وصف الإجراءات على ملف النتائج النهائي وعلى المعلومات الميدانية التي وثقها الباحث عن المعاينة والتوزيع والتجربة الأولية.

3.2 منهج الدراسة وتصميمها

اتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي بتصميم مقطعي؛ إذ وُصفت مستويات المتغيرات في نقطة زمنية واحدة، ثم اختُبرت العلاقات والقدرة التفسيرية باستخدام الارتباط والانحدار. ويتسق هذا التصميم مع دراسة العلاقات بين متغيرات كمية مقاسة باستبانة (Creswell & Creswell, 2018; Saunders et al, 2019).

3.3 مجتمع الدراسة والعينة

يتمثل المجتمع المستهدف في القيادات الإشرافية والإدارية العاملة في أنشطة النقل والمستودعات داخل المملكة العربية السعودية، وتشمل المناصب المؤهلة قائد الفريق والمشرف ومدير الخدمات اللوجستية وما يماثلها. ولم يتوافر تعداد شامل لحجم هذا المجتمع على مستوى المملكة.

استخدمت الدراسة عينة قصدية ميسرة غير احتمالية. وتواصل الباحث مع نحو (110) من المهنيين المؤهلين عبر LinkedIn و WhatsApp والبريد الإلكتروني ومن خلال التواصل المباشر. وينتمي المشاركون إلى نحو (20) مؤسسة مختلفة، من دون ذكر أسمائها حفاظاً على السرية وعدم الإيحاء بمشاركة مؤسسية رسمية.

استُلمت (50) استجابة مكتملة وصالحة للتحليل ولم تستبعد أي استجابة، فبلغ معدل الاستجابة التقريبي $(50 \div 110 \times 100 = 45.5\%)$. ولا تشمل العينة التجريبية المكونة من عشرين موظفاً هذه الحالات الخمسين.

3.4 أداة الدراسة

استخدمت الدراسة استبانة تضم قسمًا للخصائص الديموغرافية وقسمًا يضم (21) فقرة لقياس التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي والأداء التشغيلي بواقع سبع فقرات لكل محور. واعتمدت الاستجابات مقياس ليكرت الخماسي من (1) لا أوافق بشدة إلى (5) أوافق بشدة.

قبل التوزيع النهائي جُربت الاستبانة على عينة أولية من (20) موظفًا يعملون مع الباحث في مجال النقل. هدفت التجربة إلى التأكد من وضوح الفقرات وسهولة الإجابة، وأدت إلى تعديلات لغوية محدودة لتحسين الوضوح. لم تدخل استجابات التجربة الأولية ضمن العينة النهائية، ولم يُجر تحكيم رسمي للأداة من خبراء مستقلين.

جدول (3-1): بناء أداة الدراسة

العدد	المتغيرات أو أرقام الفقرات	القسم/المحور
5	الجنس، العمر، المؤهل، الخبرة، القطاع	الخصائص الديموغرافية
7	س1-س7	التحول الرقمي
7	س8-س14	الذكاء الاصطناعي
7	س15-س21	الأداء التشغيلي
21	س1-س21	إجمالي فقرات المقياس

المصدر: إعداد الدراسة بالاعتماد على أداة الدراسة وورقة «دليل الأسئلة» في ملف النتائج النهائي.

3.5 تصحيح المقياس وتفسير المتوسطات

حُسب متوسط كل محور من فقراته السبع. ولتفسير المتوسطات قُسم المدى النظري للمقياس (4) على ثلاث فئات متساوية تقريبًا: منخفض (1.33-2.00)، متوسط (2.34-3.67)، مرتفع (3.00-5.68). ويستخدم هذا التصنيف للوصف، ولا يحول مقياس ليكرت إلى معيار موضوعي للأداء.

3.6 صدق الاتساق الداخلي ووضوح الأداة

وفرت التجربة الأولية على عشرين موظفًا مؤشرًا عمليًا إلى وضوح الفقرات وقابلية تطبيقها، وأجريت تعديلات لغوية محدودة قبل التوزيع النهائي. ولا تمثل هذه التجربة تحكيمًا رسميًا لصدق المحتوى؛ إذ لم تُعرض الأداة على محكمين مستقلين ولم تحسب نسبة اتفاق خبراء.

بعد جمع البيانات حُسب ارتباط بيرسون المصحح بين كل فقرة ومجموع بقية فقرات محورها. تراوحت المعاملات بين (0.406) و(0.845)، وكانت جميعها دالة إحصائيًا، بما يدعم الاتساق الداخلي للفقرات مع محاورها، دون أن يعوض ذلك غياب التحكيم الرسمي أو التحليل العاملي.

جدول (3-2): معاملات الارتباط المصححة بين الفقرة ومحورها

الفقرة	المحور	معامل الارتباط	الدلالة
س1	التحول الرقمي	0.746	أقل من 0.001
س2	التحول الرقمي	0.845	أقل من 0.001

الفقرة	المحور	معامل الارتباط	الدلالة
س3	التحول الرقمي	0.821	أقل من 0.001
س4	التحول الرقمي	0.799	أقل من 0.001
س5	التحول الرقمي	0.782	أقل من 0.001
س6	التحول الرقمي	0.837	أقل من 0.001
س7	التحول الرقمي	0.815	أقل من 0.001
س8	الذكاء الاصطناعي	0.492	أقل من 0.001
س9	الذكاء الاصطناعي	0.790	أقل من 0.001
س10	الذكاء الاصطناعي	0.719	أقل من 0.001
س11	الذكاء الاصطناعي	0.689	أقل من 0.001
س12	الذكاء الاصطناعي	0.406	أقل من 0.001
س13	الذكاء الاصطناعي	0.777	أقل من 0.001
س14	الذكاء الاصطناعي	0.640	أقل من 0.001
س15	الأداء التشغيلي	0.806	أقل من 0.001
س16	الأداء التشغيلي	0.733	أقل من 0.001
س17	الأداء التشغيلي	0.786	أقل من 0.001
س18	الأداء التشغيلي	0.672	أقل من 0.001
س19	الأداء التشغيلي	0.733	أقل من 0.001
س20	الأداء التشغيلي	0.757	أقل من 0.001
س21	الأداء التشغيلي	0.772	أقل من 0.001

المصدر: حسابات الدراسة من الاستجابات الفردية في ملف النتائج النهائي (ن = 50).

3.7 ثبات الأداة

قُدِّر الثبات بمعامل ألفا كرونباخ، الذي يقيس الاتساق الداخلي لمجموعة الفقرات (Hair et al., 2019; Sekaran & Bougie, 2020). تجاوزت معاملات المحاور (0.85)، وبلغ معامل الأداة كاملة (0.967)، وهي قيم مرتفعة. وقد تعكس القيمة الكلية العالية أيضًا تشابهًا قويًا بين المحاور، وهو ما يُراعى عند تفسير الانحدار.

جدول (3-3): معاملات الثبات لمحاور الدراسة

المحور	عدد الفقرات	ألفا كرونباخ
التحول الرقمي	7	0.941
الذكاء الاصطناعي	7	0.858
الأداء التشغيلي	7	0.919
الأداة كاملة	21	0.967

المصدر: حسابات الدراسة من ملف النتائج النهائي.

3.8 إجراءات معالجة البيانات

جُمِعت الاستجابات باستخدام Google Forms خلال الفترة من 1 مايو 2026 إلى 1 يوليو 2026، ثم نُظمت البيانات في Microsoft Excel.

فُحص اكتمال الصفوف ونطاق الاستجابات؛ وتبين وجود (50) صفًا مكتملاً وقيم جميع الفقرات ضمن المدى (1-5).

حُسبت التكرارات والنسب المئوية للمتغيرات الديموغرافية، والمتوسطات والانحرافات المعيارية للفقرات والمحاور.

حُسبت معاملات الارتباط المصححة وألفا كرونباخ، ثم معاملات بيرسون والانحدار الخطي المتعدد والبسيط وفترات الثقة وفحوص البواقي.

استُخدم ملف Microsoft Excel النهائي مصدرًا واحدًا لتنظيم البيانات وإجراء الحسابات وإعداد الجداول الإحصائية.

3.9 فحوص نموذج الانحدار

لم يشر اختبار شابيرو-ويلك إلى انحراف معنوي لبواقي النموذج عن التوزيع الطبيعي ($W = 0.988$)، ($p = 0.884$). وبلغ إحصاء ديرين-واتسون (2.445). وبلغ معامل تضخم التباين لكلا المتنبئين (4.943) والتسامح (0.202). وتقع قيمة VIF دون حد (5) الشائع، لكنها قريبة منه بسبب الارتباط القوي بين المتنبئين؛ لذلك فُسرت المعاملات المعيارية بحذر ولم تُعامل المتغيرات على أنها مستقلة مفاهيميًا تمامًا.

3.10 الاعتبارات والقيود المنهجية

العينة قصدية ميسرة وغير احتمالية، وعددها (50) من نحو (110) مدعوا؛ ولذلك لا تضمن تمثيل جميع قيادات القطاع.

لم يوثق حجم المجتمع الكلي، وإن كان المشاركون موزعين على نحو (20) مؤسسة.

لم تستخدم المنصة وسيلة تقنية لمنع التكرار، غير أن الملف النهائي لا يظهر صفوفًا مكررة مطابقة يمكن إثباتها.

خمس استجابات تقريبًا أُدخلت بمساعدة الباحث في لقاء مباشر وفق إجابات المشاركين أنفسهم ومن دون اقتراح إجابات.

لم تخضع الأداة لتحكيم خبراء مستقلين، واقتصرت المرحلة القبلية على تجربة وضوح على عشرين موظفًا.

لم يصدر رقم موافقة أخلاقية مؤسسية، وكانت الاستجابات مجهولة الاسم والبريد والشركة وحُفظت بسرية.

القياس ذاتي ومقطعي، وقد يتأثر بتحيز الطريقة المشتركة ولا يثبت السببية.

تعتمد بعض الفروض الأصلية على مؤشرات أحادية هي 2 و 10 و 12 ، ويُفسر اختبارها بوصفه دليلاً أوليًا لا مقياسًا متعدد البنود.

3.11 المنطق المنهجي للدراسة

ينطلق التصميم من سؤال كمي عن مستوى المتغيرات وعلاقاتها داخل بيانات مقطعية. لذلك يستخدم الوصف لتقدير المتوسطات والتشتت، والارتباط لقياس اتجاه العلاقة وقوتها، والانحدار لتقدير الإسهام التنبؤي المشترك والنسبي. ولا يتضمن التصميم معالجة تجريبية أو قياسًا قبل وبعد، ولهذا لا يثبت التسلسل الزمني أو السببية.

وحدة التحليل هي استجابة الفرد، بينما تشير بعض الفقرات إلى ممارسات المؤسسة. ويعني ذلك أن الدرجة تمثل إدراك المشارك لبيئة عمله، لا قياسًا رسميًا للمؤسسة. وإذا شارك أكثر من فرد من المؤسسة

نفسها، فقد لا تكون الاستجابات مستقلة مؤسسياً؛ لكن الملف لا يحتوي معرف المؤسسة، فلا يمكن تقدير هذا التجمع.

اختير متوسط الفقرات لتمثيل كل محور؛ لأن المحاور متساوية في عدد الفقرات ولا توجد أوزان نظرية أو تجريبية معتمدة تبرر إعطاء فقرة وزناً أعلى. ويسهل المتوسط تفسير الدرجة على مقياس 1-5، مع الحفاظ على التباين بين الأفراد.

3.12 التشغيل الإجرائي للمتغيرات

يعني التشغيل الإجرائي تحويل المفهوم النظري إلى مؤشرات قابلة للقياس. يغطي التحول الرقمي الاستخدام والتبادل والسرعة والتتبع ودعم القرار وتقليل الأخطاء والبنية. ويغطي الذكاء الاصطناعي التخطيط والتنبؤ والنقل والتحليل والمستودعات والأخطاء والكفاءة. ويغطي الأداء نتائج الزمن والجودة والتكلفة والإنتاجية والدقة والاستجابة.

يحتوي بعض المحاور على فقرات تقيس ممارسة وأخرى تقيس منفعة مدركة. فهذا الاتساع يعزز تغطية المفهوم لكنه قد يزيد التقارب بين المتغير المستقل والتابع؛ لأن فقرات التحول والذكاء تتضمن نتائج مثل تقليل الأخطاء. وتؤخذ هذه الملاحظة في تفسير الارتباطات المرتفعة وفي اقتراح تطوير مقياس أكثر فصلاً مستقبلاً.

جدول (3-4): التشغيل الإجرائي لمتغيرات الدراسة

المتغير	التعريف الإجرائي	الفقرات	نوع القياس	الناجم
التحول الرقمي	متوسط إدراك الاعتماد والتكامل والمنفعة الرقمية	س1-س7	ليكرت 1-5	متوسط فردي
الذكاء الاصطناعي	متوسط إدراك استخدام التطبيقات الذكية ومنفعتاتها	س8-س14	ليكرت 1-5	متوسط فردي
الأداء التشغيلي	متوسط التحسن المدرك في الوقت والجودة والتكلفة والإنتاجية والدقة والاستجابة	س15-س21	ليكرت 1-5	متوسط فردي

3.13 فحص جودة ملف البيانات

احتوى الملف النهائي على خمسين صفًا مرقمًا من 1 إلى 50، وخمس خصائص ديموغرافية، وواحد وعشرين متغيرًا للفقرات. جرى التحقق من اكتمال القيم، ولم توجد خلايا مفقودة في الفقرات المستخدمة. كما كانت جميع الاستجابات أعدادًا صحيحة ضمن المدى 1-5، ولذلك لم تستدع البيانات حذف حالات أو تعويض قيم.

قورنت أسماء أعمدة الفقرات بدليل الأسئلة، وثبت تطابق س1-س21 مع المحاور الثلاثة. وحُسبت الدرجات من البيانات الفردية بدل الاعتماد على جداول ملخصة سابقة. ويمنع هذا الإجراء انتقال خطأ نسخ أو تقريب من نسخة قديمة إلى النتائج النهائية.

أظهر الفحص أن توزيع العمر والخبرة متطابق عددًا بين الفئات، لكن الملف لا يقدم دليلًا يثبت أن ذلك خطأ. لذلك عُرضت القيم كما وردت، مع تنبيه القارئ إلى التطابق، ولم تُعدل أي فئة أو استجابة.

لم يتضمن الملف معرفات شخصية مباشرة أو أسماء مؤسسات. وهذا يقلل مخاطر كشف الهوية داخل التحليل، لكنه يمنع فحص التكرار المؤسسي أو مقارنة أحجام المنشآت أو ربط النتائج بمؤشرات تشغيلية خارجية.

3.14 المعالجات الإحصائية ومعادلاتها

حُسب المتوسط الحسابي للفقرة أو المحور بجمع القيم وقسمتها على عدد المشاهدات. وحُسب الانحراف المعياري للعينة باستخدام مقام (ن-1) لتمثيل التشتت. واستخدمت النسب المئوية بوصفها حاصل قسمة تكرار الفئة على خمسين مضروبًا في مائة.

حُسب ألفا كرونباخ وفق العلاقة $\alpha = k/(k-1) \times [1 - \text{مجموع تباينات الفقرات/تباين مجموع الفقرات}]$ ، حيث k عدد الفقرات. ولا يثبت ألفا أحادية البعد أو الصدق، لكنه يبين مقدار الاتساق الداخلي. كما حُسب ارتباط الفقرة المصحح مع مجموع بقية فقرات محورها لتجنب تضخيم الارتباط بإدخال الفقرة في الطرفين.

استخدم معامل بيرسون لقياس العلاقة الخطية بين درجات المحاور. وتراوح قيمته بين -1 و+1. وحُسبت فترات الثقة للارتباط باستخدام تحويل فيشر z ، لأن توزيع r لا يكون متماثلًا خاصة عند القيم المرتفعة.

قدر الانحدار المعادلة $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + e$ ، حيث Y الأداء التشغيلي، و X_1 التحول الرقمي، و X_2 الذكاء الاصطناعي. واختبر F دلالة النموذج المشترك، واختبر t كل معامل. وحُسب R^2 كنسبة التباين المفسر إلى التباين الكلي، و R^2 المعدل لمراعاة عدد المتنبئات وحجم العينة.

استخدم $VIF = 1/(1-R_j^2)$ لفحص مقدار تضخم تباين معامل المتنبئ بسبب ارتباطه بالمتنبئات الأخرى، والتسامح مقلوبه. كما استخدم ديرين-واتسون وصفاً للارتباط المتتابع في البواقي، وشابيرو-ويلك فحصاً مساعداً لشكل توزيعها.

3.15 معايير اتخاذ القرار الإحصائي

اعتمد مستوى دلالة 0.05. ويعني ذلك رفض فرض العدم الإحصائي عندما تكون قيمة p مساوية أو أقل من الحد، مع عدم تفسير p بوصفها احتمال صحة الفرضية. كما عُرض حجم العلاقة والقدرة التفسيرية وفترات الثقة لأن الدلالة تتأثر بحجم العينة ولا تكفي وحدها للحكم على الأهمية العملية.

صنفت المتوسطات إلى منخفض ومتوسط ومرتفع وفق حدود محددة مسبقاً. أما الارتباطات فوصفت بحذر دون اعتبار الحدود فواصل طبيعية صارمة. كما لم يُعامل الارتباط العالي دليلاً سببياً، ولم يُعامل R^2 المرتفع ضماناً للتعميم خارج العينة.

جدول (3-5): الأساليب الإحصائية ومعايير استخدامها

الغرض	الأسلوب	المخرج	مقياس القراءة
وصف العينة	تكرار ونسبة	ن، %	مجموع الفئات = 50
وصف الفقرات	متوسط وانحراف	M، SD	حدود 1-5
الاتساق	ارتباط مصحح	r	الدلالة وحجم الارتباط
الثبات	ألفا كرونباخ	α	0.70 فأعلى إرشادياً
العلاقة	بيرسون/سبيرمان	r/p	الاتجاه والقوة وفتره الثقة
الأثر المشترك	انحدار متعدد	F، R^2	$p \leq 0.05$ وحجم التفسير
الأثر النسبي	معاملات الانحدار	B، β ، t	الدلالة وفتره الثقة
التعدد الخطي	VIF والتسامح	VIF، Tolerance	قراءة حذرة قرب 5

3.16 إجراءات المعاينة والاستجابة

استهدفت الدعوات مهنيين يشغلون مناصب قيادية أو إشرافية في النقل أو المستودعات داخل المملكة. واستخدم الباحث شبكته المهنية وقنوات LinkedIn و WhatsApp والبريد الإلكتروني، لذلك تصنف الطريقة عينة قصدية ميسرة وليست سحبًا عشوائيًا.

بلغ عدد من تم التواصل معهم نحو (110)، واستُلمت (50) استجابة مكتملة خلال الفترة من 1 مايو إلى 1 يوليو 2026. ولم تُستبعد استجابات، فبلغ معدل الاستجابة التقريبي (45.5%). وتوزع المشاركون على نحو (20) مؤسسة، من دون تسجيل اسم المؤسسة في ملف التحليل.

جدول (3-6): توثيق المعاينة وجمع البيانات

البند	القيمة الموثقة
المجتمع المستهدف	قيادات وإشرافيو النقل والمستودعات في السعودية
طريقة المعاينة	قصدية ميسرة غير احتمالية
عدد من تم التواصل معهم	نحو 110
الاستجابات المستلمة والصالحة	50
الاستجابات المستبعدة	صفر
معدل الاستجابة التقريبي	45.5%
فترة الجمع	1 مايو - 1 يوليو 2026
قنوات التوزيع	WhatsApp؛ LinkedIn؛ Google Forms؛ البريد؛ لقاء مباشر
عدد المؤسسات التقريبي	نحو 20 مؤسسة دون تسجيل الأسماء
الإدخال بمساعدة الباحث	نحو 5 استجابات وفق إجابات المشاركين

3.17 مستويات أدلة الصدق

يتطلب تقييم الأداة جمع أدلة متعددة. يغطي صدق المحتوى مدى تمثيل الفقرات للمفهوم ويحتاج عادة إلى مراجعة خبراء موثقة. ويغطي صدق البنية العلاقة بين الفقرات والعوامل، ويحتاج إلى تحليل عاملي

وعينة مناسبة. ويغطي الصدق المعياري علاقة المقياس بمعيار خارجي. أما الاتساق الداخلي فيبين ترابط الفقرات ولا يعوض هذه الأدلة.

تقدم الدراسة الحالية معاملات ارتباط مصححة وثباتاً مرتفعاً بوصفهما دليلين على الاتساق. ولا تدعي إجراء تحكيم حتى يقدم الباحث وثائقه. كما لم يُجر تحليل عاملي بسبب حجم العينة المحدود مقارنة بعدد الفقرات، ولأن الهدف الأساسي هو تحليل البيانات النهائية المتاحة دون تحميلها استنتاجات غير مستقرة.

عند توافر نماذج التحكيم ينبغي توثيق عدد المحكمين وتخصصاتهم ومعايير المراجعة والتعديلات الناتجة، وإرفاق نموذج أو ملخص في الملحق. ولا يصح إنشاء تحكيم بأثر رجعي على أنه حدث قبل التوزيع؛ ويمكن فقط إجراء تقييم جديد يعلن تاريخه وغرضه بوضوح.

3.18 السرية والاعتبارات الأخلاقية

لم تجمع الاستبانة أسماء المشاركين أو بريدهم الإلكتروني أو أسماء شركاتهم، واختيرت هذه الآلية لتشجيع المشاركة وحماية الخصوصية. وكانت المشاركة اختيارية، إذ تلقى المهنيون الدعوة واستجاب خمسون منهم، وحُفظ ملف النتائج دون معرفات مباشرة.

لم يصدر للدراسة رقم موافقة أخلاقية مؤسسية، ولذلك لا تدعي الرسالة وجود موافقة رسمية. كما لم يحتفظ الباحث بأسماء الشركات بناءً على رغبة عدد من المشاركين، ولا تُستخدم أسماء المؤسسات في التقرير أو النتائج.

اقتصرت صلاحية الوصول إلى ملف التحليل على الباحث، واستخدمت البيانات لأغراض الدراسة. ونظرًا إلى أن العينة غير احتمالية وبعض المشاركين من شبكة الباحث المهنية، تفسر النتائج بحذر ولا يُستدل منها على مواقف المؤسسات التي يعملون لديها.

3.19 قابلية إعادة التحليل

تتحقق قابلية إعادة التحليل عندما يستطيع باحث آخر الوصول إلى تعريف المتغيرات وخطوات الحساب وإعادة إنتاج الجداول من البيانات نفسها. ولهذا يضم الملحق دليل الترميز، ويعرض الفصل معادلات الدرجات، ويذكر أن الانحرافات معيارية للعينة، ويوثق حدود تفسير المتوسطات.

تجنب التقرير ربط النتائج باسم برنامج؛ لأن الحساب مستقل عن الأداة ويمكن تنفيذه في أي برنامج موثوق. المهم هو توثيق النسخة النهائية من البيانات، وخطوات التنظيف، وطريقة حساب المحاور، والاختبارات، والتقريب. ويعرض ملحق التدقيق قيمًا مرجعية للتحقق من أي إعادة تشغيل.

3.20 نطاق الاستدلال المنهجي

تسمح البيانات بوصف العينة واختبار العلاقات داخلها. ولا تسمح بتقدير نسبة التبني في المملكة بدرجة ثقة معروفة؛ لأن إطار المعاينة واحتمال الاختيار غير موثقين. كما لا تسمح بإثبات أن التحول سبق الأداء زمنياً أو أنه سببه.

يمكن استخدام النتائج لتوليد أولويات وفرضيات واختبار نموذج أولي، بشرط عرض القيود. وتزداد قوة الاستدلال مستقبلاً بعينة احتمالية أكبر، وتصميم طولي، ومؤشرات تشغيلية موضوعية، وفصل مصادر قياس المتغيرات المستقلة والتابعة.

3.21 تحيز الطريقة المشتركة والاستجابات الذاتية

يحدث تحيز الطريقة المشتركة عندما تقاس المتغيرات المستقلة والتابعة من المصدر نفسه وبالأداة والتوقيت نفسيهما، فتنتج العلاقات جزئياً من طريقة القياس لا من الظاهرة وحدها. وتشمل أسبابه الرغبة في الاتساق، والميل إلى الموافقة، والتقييم الاجتماعي، وتشابه صياغة الفقرات، والسياق المشترك (Podsakoff et al., 2003).

تستخدم الدراسة استبانة واحدة واستجابات فردية، لذلك يظل هذا الخطر قائماً. ولا يمكن إزالته بعد جمع البيانات باختبار واحد. كما أن الارتباطات المرتفعة والثبات الكلي العالي قد يعكسان علاقة حقيقية وتقارباً مفاهيمياً وأثر الطريقة في الوقت نفسه.

تشمل المعالجات الإجرائية المفضلة مستقبلاً فصل توقيت أو مصدر القياس، واستخدام مؤشرات تشغيلية للأداء، وضمان السرية، وموازنة ترتيب الفقرات، وتوضيح عدم وجود إجابة مرغوبة. وتشمل المعالجات التحليلية نماذج قياس وعوامل طريقة عندما تسمح العينة والتصميم.

في الدراسة الحالية عولج الخطر بالشفافية في القيود، وتحليل الفقرات بدل الاعتماد على الدرجة الكلية، وفحص سببرمان وفترات الثقة، وعدم تفسير الارتباط سببياً. وهذه الإجراءات تزيد صلابة القراءة لكنها لا تعوض التصميم متعدد المصادر.

3.22 كفاية العينة والقوة الإحصائية

تتكون العينة من خمسين حالة ومتنبئين اثنين. يسمح هذا العدد بتقدير نموذج بسيط، لكنه يحد من دقة المعاملات واختبار تفاعلات أو نماذج معقدة أو فروق مجموعات متعددة. كما أن القوة لا تعتمد على العدد وحده بل على حجم الأثر والتشتت والموثوقية والتصميم.

أظهر النموذج أثرًا كبيرًا داخل العينة، ولذلك ظهرت الدلالة رغم العدد المحدود. لكن الأثر المقدر في عينة صغيرة قد يكون غير مستقر أو أعلى من الأثر السكاني، وخاصة مع ترابط المتنبئين. وتساعد فترات الثقة في بيان مقدار عدم اليقين، لكنها لا تعالج انحياز المعاينة.

لم يُستخدم العدد لتبرير تحليل عاملي لـ 21 فقرة؛ لأن نماذج القياس تحتاج عادة عينة أكبر وتنوعًا كافيًا. كما لم تُجر مقارنات استدلالية مكثفة بين الفئات الديموغرافية، لأن بعض الخلايا صغيرة وقد تزيد مخاطر النتائج العرضية.

ينبغي أن تحدد دراسة لاحقة حجم العينة مسبقًا بناءً على النموذج وعدد المتنبئات وحجم الأثر الأدنى المهم ومعدل الاستجابة المتوقع وخطة المعاينة. ويجب توثيق الافتراضات بدل الاعتماد على قاعدة عامة واحدة.

3.23 تصميم الاستبانة وتوزيعها

أُعدت النسخة الأولية من الاستبانة ثم جُربت قبل 1 مايو 2026 على عشرين موظفًا يعملون مع الباحث في مجال النقل. وركزت التجربة على وضوح اللغة وسهولة فهم الفقرات، وأدت إلى إعادة صياغة محدودة لبعض العبارات لتحسين الوضوح. ولم تدخل الاستجابات الأولية في ملف الخمسين النهائي.

فُتحت الاستبانة النهائية في Google Forms من 1 مايو حتى 1 يوليو 2026، وأُرسلت الدعوات إلى نحو 110 من قادة الفرق والمشرفين والمديرين اللوجستيين. واستخدمت LinkedIn و WhatsApp والبريد الإلكتروني، إضافة إلى مساعدة نحو خمسة مشاركين حضورياً بإدخال الإجابات التي اختاروها بأنفسهم.

لم تجمع المنصة الاسم أو البريد أو اسم الشركة، ولم تُفعل آلية تقنية لمنع التكرار. وكانت جميع الاستجابات الخمسين مكتملة وضمن نطاق المقياس، فلم يستبعد أي صف. ولم تُستخدم الأحاديث غير المسجلة التي جرت مع بعض المهنيين بوصفها بيانات نوعية أو نتائج بحثية.

3.24 ضبط البيانات والنسخ

حُفظ ملف الاستجابات النهائي في Microsoft Excel بوصفه المصدر المعتمد للتحليل، وتطابقت الفقرات س1-س21 مع دليل الأسئلة. ولم تعدل الاستجابات الخام أو تستبعد حالات؛ واقتصرت المعالجة على حساب الدرجات والمؤشرات والجداول.

استخدمت الحسابات القيم الكاملة، ثم عُرضت المتوسطات غالبًا بمنزلتين والمعاملات بثلاث منازل. ويتيح دليل الترميز وملحق القيم المرجعية مراجعة النتائج من ملف Excel نفسه.

خلاصة الفصل الثالث

حدد الفصل تصميمًا وصفياً تحليلياً مقطعيًا وعينة تحليلية من (50) استجابة وأداة من (21) فقرة. وأثبتت الحسابات اتساقًا داخليًا وثباتًا مرتفعين، وحددت بوضوح ما يمكن استنتاجه من البيانات وما لا يمكن إثباته لغياب وثائق المعاينة والتحكيم والإجراءات الأخلاقية.

الفصل الرابع: تحليل البيانات ونتائج الدراسة

4.1 تمهيد

يعرض هذا الفصل النتائج المستخرجة مباشرة من الاستجابات الفردية الخمسين في ملف النتائج النهائي. وتبدأ النتائج بوصف العينة، ثم فقرات المحاور، فالثبات والارتباطات، وأخيرًا نموذج الانحدار واختبار الفرضيات.

4.2 وصف العينة

جدول (4-1): الخصائص الديموغرافية للعينة

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة
الجنس	ذكر	31	62.0%
	أنثى	19	38.0%
الفئة العمرية	أقل من 25	5	10.0%
	25-34	12	24.0%
	35-44	20	40.0%
	أكثر من 45	13	26.0%
المؤهل العلمي	ثانوي	3	6.0%
	دبلوم	12	24.0%
	بكالوريوس	30	60.0%
	ماجستير	4	8.0%
	دكتوراه	1	2.0%
سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	5	10.0%

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة
	5-10 سنوات	12	24.0%
	11-15 سنة	20	40.0%
	أكثر من 15 سنة	13	26.0%
القطاع	النقل	23	46.0%
	المستودعات	20	40.0%
	كلاهما	7	14.0%

المصدر: ملف النتائج النهائي (ن = 50).

تظهر البيانات أن الذكور يمثلون (62%) والإناث (38%). وكانت الفئة العمرية 35-44 سنة الأكبر (40%)، وحملة البكالوريوس الأكثر تمثيلاً (60%). كما كانت خبرة 11-15 سنة الأكبر (40%). وبلغ تمثيل النقل (46%) والمستودعات (40%) والعمل في النشاطين (14%). وتتشابه نسب فئات العمر والخبرة عددًا في الملف، وقد نُقلت كما هي دون افتراض خطأ أو تعديل.

4.3 النتائج الوصفية لمحاور الدراسة

4.3.1 محور التحول الرقمي

جدول (4-2): النتائج الوصفية لمحور التحول الرقمي

الرمز	الفقرة	المتوسط	الانحراف	المستوى
س4	تستخدم المؤسسة أنظمة رقمية لمتابعة الشحنات.	3.92	0.88	مرتفع
س6	أدى التحول الرقمي إلى تقليل الأخطاء التشغيلية.	3.88	1.04	مرتفع

الرمز	الفقرة	المتوسط	الانحراف	المستوى
س3	ساهم التحول الرقمي في تسريع إنجاز الأعمال.	3.82	1.10	مرتفع
س5	تساعد الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات.	3.82	0.98	مرتفع
س7	توفر المؤسسة بنية تقنية تدعم التحول الرقمي.	3.82	0.98	مرتفع
س2	يتم تبادل المعلومات إلكترونياً بين الإدارات المختلفة.	3.74	1.01	مرتفع
س1	تعتمد المؤسسة على الأنظمة الرقمية في إدارة العمليات اليومية.	3.68	0.94	مرتفع

بلغ المتوسط الكلي لمحور التحول الرقمي (3.81) بمستوى مرتفع. وكانت أعلى فقرة س4 بمتوسط (3.92)، وأدناها س1 بمتوسط (3.68).

تشير النتيجة إلى انتشار مرتفع للأنظمة الرقمية في العمليات والمتابعة وتبادل المعلومات لدى العينة. ومع ذلك، لا تقيس الاستبانة درجة التكامل الفني بين الأنظمة أو مؤشرات استخدام فعلية، ولذلك يُفهم الارتفاع بوصفه إدراكاً إيجابياً للتطبيق.

4.3.2 محور الذكاء الاصطناعي

جدول (3-4): النتائج الوصفية لمحور الذكاء الاصطناعي

الرمز	الفقرة	المتوسط	الانحراف	المستوى
س14	ترى أن الذكاء الاصطناعي يحسن كفاءة سلسلة التوريد.	3.90	0.95	مرتفع

الرمز	الفقرة	المتوسط	الانحراف	المستوى
س9	يساعد الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالطلب.	3.82	0.90	مرتفع
س13	يسهم الذكاء الاصطناعي في تقليل الأخطاء التشغيلية.	3.82	0.85	مرتفع
س10	يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين تخطيط النقل.	3.80	0.99	مرتفع
س11	تستخدم المؤسسة الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات.	3.76	0.94	مرتفع
س12	يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المستودعات.	3.28	1.21	متوسط
س8	تستخدم المؤسسة تقنيات الذكاء الاصطناعي في التخطيط.	3.16	1.17	متوسط

بلغ المتوسط الكلي لمحور الذكاء الاصطناعي (3.65) بمستوى متوسط. وكانت أعلى فقرة س14 بمتوسط (3.90)، وأدناها س8 بمتوسط (3.16).

جاء المحور متوسطاً بسبب انخفاض نسبي في استخدام الذكاء الاصطناعي في التخطيط (س8 = 3.16) وإدارة المستودعات (س12 = 3.28)، بينما كانت التصورات العامة لدوره في كفاءة سلسلة التوريد وتقليل الأخطاء أعلى. ويشير الفرق إلى فجوة محتملة بين الاقتناع بالفائدة والتطبيق الوظيفي المباشر.

4.3.3 محور الأداء التشغيلي

جدول (4-4): النتائج الوصفية لمحور الأداء التشغيلي

الرمز	الفقرة	المتوسط	الانحراف	المستوى
س19	تحسن مستوى دقة العمليات.	3.90	1.02	مرتفع
س21	ارتفع الأداء التشغيلي بشكل عام.	3.84	0.98	مرتفع
س17	انخفضت التكاليف التشغيلية.	3.82	0.92	مرتفع
س15	انخفض زمن تنفيذ العمليات بعد تطبيق التقنيات الرقمية.	3.78	1.04	مرتفع
س20	أصبحت المؤسسة أكثر قدرة على الاستجابة للتغيرات.	3.78	0.89	مرتفع
س16	تحسنت جودة الخدمات المقدمة للعملاء.	3.74	0.96	مرتفع
س18	ارتفعت إنتاجية الموظفين.	3.64	0.96	متوسط

بلغ المتوسط الكلي لمحور الأداء التشغيلي (3.79) بمستوى مرتفع. وكانت أعلى فقرة س19 بمتوسط (3.90)، وأدناها س18 بمتوسط (3.64).

كان الأداء التشغيلي المدرك مرتفعاً إجمالاً، بينما جاءت إنتاجية الموظفين (س18 = 3.64) في المستوى المتوسط، وهو ما يشير إلى أن التحسن التقني المدرك في الدقة والخدمات لا ينعكس بالدرجة نفسها على الإنتاجية البشرية.

4.4 ملخص المحاور وثباتها

جدول (4-5): ملخص المحاور وترتيبها

المحور	المتوسط	الانحراف	المستوى	ألفا
التحول الرقمي	3.81	0.85	مرتفع	0.941
الأداء التشغيلي	3.79	0.79	مرتفع	0.919
الذكاء الاصطناعي	3.65	0.74	متوسط	0.858

جاء التحول الرقمي أولاً، يليه الأداء التشغيلي، ثم الذكاء الاصطناعي. كما تؤكد معاملات الثبات المرتفعة اتساق القياس، مع مراعاة أن القيمة الكلية العالية والترابط بين المتغيرات قد يعكسان تقارباً في تصورات المشاركين.

4.5 علاقات الارتباط

جدول (4-6): مصفوفة ارتباط بيرسون بين محاور الدراسة

المحور	التحول الرقمي	الذكاء الاصطناعي	الأداء التشغيلي
التحول الرقمي	1.000	0.893	0.889
الذكاء الاصطناعي	0.893	1.000	0.895
الأداء التشغيلي	0.889	0.895	1.000

جميع معاملات الارتباط خارج القطر دالة عند $p < 0.001$. المصدر: حسابات الدراسة من ملف النتائج النهائي.

بلغ ارتباط التحول الرقمي بالأداء التشغيلي (0.889) وارتباط الذكاء الاصطناعي بالأداء التشغيلي (0.895)، وهما ارتباطان موجبان قويان. كما بلغ الارتباط بين المتغيرين المستقلين (0.893)، وهو ما يؤكد تقاربهما العملي ويستدعي تفسير الانحدار مع فحص التعدد الخطي.

4.6 اختبار نموذج الانحدار

جدول (4-7): ملخص نموذج الانحدار وتحليل التباين

الدالة	درجات الحرية	F	R ² المعدل	R ²	R
أقل من 0.001	للمنموذج 2؛ للخطأ 47	123.855	0.834	0.841	0.917

كان النموذج دالاً إحصائياً، $F(2,47) = 123.855$ ، $p < 0.001$ ، وبلغ معامل التحديد (0.841)؛ أي إن المتغيرين يفسران معاً نحو (84.1%) من التباين المشاهد في الأداء التشغيلي داخل العينة. ولا تعني هذه النسبة إثبات السببية أو ضمان النتيجة خارج العينة.

جدول (4-8): معاملات الانحدار المتعدد

المتغير	B	β	الخطأ المعياري	t	الدالة	VIF
الثابت	0.261	—	0.232	1.121	0.268	—
التحول الرقمي	0.413	0.443	0.121	3.422	0.001	4.943
الذكاء الاصطناعي	0.535	0.499	0.139	3.853	أقل من 0.001	4.943

المتغير التابع: الأداء التشغيلي. المصدر: حسابات الدراسة من ملف النتائج النهائي.

كان معامل التحول الرقمي موجباً ودالاً ($B = 0.413$ ، $\beta = 0.443$ ، $p = 0.001$)، وكان معامل الذكاء الاصطناعي موجباً ودالاً ($B = 0.535$ ، $\beta = 0.499$ ، $p < 0.001$). وتظهر المعاملات المعيارية إسهاماً نسبياً أكبر قليلاً للذكاء الاصطناعي. وبسبب $VIF = 4.943$ والارتباط المرتفع بين المتنبئين، يُفسر فرق الإسهام بحدز.

معادلة التنبؤ غير المعيارية داخل العينة هي: الأداء التشغيلي = $(0.413 \times \text{التحول الرقمي}) + (0.535 \times \text{الذكاء الاصطناعي}) + 0.261$

4.7 اختبار الفرضيات

حُفظت الفرضيات الأصلية المعتمدة. واختُبر الأثر المشترك والمحاور الكلية بالانحدار والارتباط، بينما اختُبرت فرضيات النقل والمستودعات والتكامل الرقمي باستخدام البنود المباشرة س10 وس12 وس2 على التوالي. وتمثل هذه البنود مؤشرات أحادية، ولذلك تُفسر نتائجها بوصفها دليلاً أولياً داخل العينة.

جدول (9-4): قرارات فرضيات الدراسة الأصلية

الفرضية	التشغيل الإجرائي	الدليل الإحصائي	القرار
الرئيسية	التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي ← الأداء	$F = 123.855$ ؛ $R^2 = 0.841$ ؛ $p < 0.001$	مدعومة
الفرعية الأولى	التحول الرقمي ← الأداء التشغيلي	$\beta = 0.443$ ؛ $p = 0.001$	مدعومة
الفرعية الثانية	س10: الذكاء الاصطناعي في تخطيط النقل	$\beta = 0.705$ ؛ $B = 0.565$ ؛ $R^2 = 0.497$ ؛ $p < 0.001$	مدعومة بمؤشر أحادي
الفرعية الثالثة	س12: الذكاء الاصطناعي في إدارة المستودعات	$\beta = 0.481$ ؛ $B = 0.315$ ؛ $R^2 = 0.232$ ؛ $p < 0.001$	مدعومة بمؤشر أحادي
الفرعية الرابعة	س2: تبادل المعلومات إلكترونياً	$r = 0.782$ ؛ $B = 0.618$ ؛ $R^2 = 0.612$ ؛ $p < 0.001$	مدعومة بمؤشر أحادي

بلغ ارتباط بند تحسين تخطيط النقل (س10) بالأداء التشغيلي (0.705)، وبلغ ارتباط بند تحسين إدارة المستودعات (س12) بالأداء (0.481)، وبلغ ارتباط بند التبادل الإلكتروني بين الإدارات (س2) بالأداء (0.782). وكانت العلاقات موجبة ودالة إحصائية. ولا يعني ذلك أن بنداً واحداً يساوي مفهوم النقل أو المستودعات أو التكامل بكل أبعاده، لكنه يوفر أقرب اختبار مباشر تسمح به الأداة المعتمدة.

4.8 التوزيع التفصيلي لاستجابات الفقرات

لا يكفي المتوسط وحده لفهم الاستجابات؛ فقد ينتج المتوسط نفسه عن توافق مرتفع أو عن انقسام بين المشاركين. لذلك تعرض الجداول عدد الاستجابات في كل درجة من درجات ليكرت. ويتيح التوزيع التحقق من أن النتائج ليست ناتجة عن قيمة شاذة واحدة، ويبين مقدار الحياد أو عدم الموافقة في التطبيقات الأقل نضجاً.

جدول (4-10): توزيع استجابات فقرات التحول الرقمي

الفقرة	1	2	3	4	5	المتوسط
س1	0	6	14	20	10	3.68
س2	1	3	18	14	14	3.74

المتوسط	5	4	3	2	1	الفقرة
3.82	18	12	14	5	1	س3
3.92	15	18	15	2	0	س4
3.82	14	18	14	3	1	س5
3.88	18	14	12	6	0	س6
3.82	13	21	11	4	1	س7

ملاحظة: الأرقام تمثل التكرارات، ومجموع كل صف = 50.

جدول (4-11): توزيع استجابات فقرات الذكاء الاصطناعي

المتوسط	5	4	3	2	1	الفقرة
3.16	7	13	15	11	4	س8
3.82	13	18	16	3	0	س9
3.80	15	15	15	5	0	س10
3.76	12	19	14	5	0	س11
3.28	9	14	13	10	4	س12
3.82	12	19	17	2	0	س13
3.90	15	19	13	2	1	س14

ملاحظة: الأرقام تمثل التكرارات، ومجموع كل صف = 50.

جدول (4-12): توزيع استجابات فقرات الأداء التشغيلي

المتوسط	5	4	3	2	1	الفقرة
3.78	17	10	18	5	0	س15
3.74	11	21	13	4	1	س16

المتوسط	5	4	3	2	1	الفقرة
3.82	13	19	14	4	0	س17
3.64	12	13	20	5	0	س18
3.90	18	14	13	5	0	س19
3.78	11	21	14	4	0	س20
3.84	14	19	13	3	1	س21

ملاحظة: الأرقام تمثل التكرارات، ومجموع كل صف = 50.

4.9 الخصائص التوزيعية للمحاور

تعرض الخصائص التالية موقع الدرجة وتشتتها وشكل توزيعها. وحُسب الالتواء والتفرطح بالتصحیحات الخاصة بالعينة. ولا تُستخدم هذه المؤشرات منفردة لإثبات الطبيعية، لكنها تساعد على اكتشاف عدم التماثل أو الذیول غير المعتادة.

جدول (4-13): الخصائص التوزيعية لدرجات المحاور

المحور	الأدنى	الوسيط	الأعلى	الانحراف	الالتواء	التفرطح
التحول الرقمي	1.71	3.93	5.00	0.85	-0.485	-0.412
الذكاء الاصطناعي	2.00	3.79	4.86	0.74	-0.215	-1.029
الأداء التشغيلي	1.86	3.86	5.00	0.79	-0.385	-0.627

تظهر القيم أن المحاور تغطي مدى ملحوظاً من الدرجات ولا تقتصر على الموافقة العالية. ويعكس ذلك وجود تفاوت بين المشاركين في مستوى التطبيق والأداء المدرك، رغم ارتفاع المتوسط العام للتحول والأداء.

4.10 فترات الثقة للمتوسطات والارتباطات

توفر فترة الثقة نطاقاً للقيمة المتوقعة بدل الاكتفاء بتقدير نقطي. وحُسبت فترات الثقة للمتوسطات باستخدام توزيع t بدرجات حرية 49، بينما استخدم تحويل فيشر لفترات ارتباط بيرسون.

جدول (4-14): فترات الثقة 95% لمتوسطات المحاور

المحور	المتوسط	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
التحول الرقمي	3.811	0.121	3.569	4.054
الذكاء الاصطناعي	3.649	0.105	3.438	3.859
الأداء التشغيلي	3.786	0.112	3.560	4.011

جدول (4-15): فترات الثقة 95% لمعاملات ارتباط بيرسون

العلاقة	r	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الدلالة
التحول الرقمي × الذكاء الاصطناعي	0.893	0.818	0.938	أقل من 0.001
التحول الرقمي × الأداء التشغيلي	0.889	0.811	0.936	أقل من 0.001
الذكاء الاصطناعي × الأداء التشغيلي	0.895	0.821	0.939	أقل من 0.001

حتى الحدود الدنيا لفترات الثقة تبقى الارتباطات قوية وموجبة داخل العينة. ومع ذلك، فإن تقارب الفترات والارتفاع العام قد يتأثران بطريقة القياس المشتركة وتشابه مضمون بعض الفقرات.

4.11 التحليل التفصيلي للانحدار

يفصل جدول تحليل التباين التباين المفسر بواسطة النموذج عن التباين المتبقي. ويبين أن الجزء المفسر أكبر بكثير من الباقي داخل العينة، وهو ما ينتج قيمة F المرتفعة.

جدول (4-16): جدول تحليل التباين لنموذج الانحدار

المصدر	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	F	الدلالة
الانحدار	25.979	2	12.989	123.855	أقل من 0.001
الخطأ	4.929	47	0.105	—	—
الكلي	30.908	49	—	—	—

جدول (4-17): فترات الثقة 95% لمعاملات الانحدار غير المعيارية

المتغير	B	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الدلالة
الثابت	0.261	0.232	-0.207	0.728	0.268
التحول الرقمي	0.413	0.121	0.170	0.656	0.001
الذكاء الاصطناعي	0.535	0.139	0.256	0.814	أقل من 0.001

لا تتضمن فترتا التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي الصفر، وهو ما يتسق مع دلالة المعاملين. أما فترة الثابت فتتضمن الصفر، ولا يمثل ذلك مشكلة لتفسير المتغيرين لأن الثابت عند درجة صفر يقع خارج المدى الفعلي لمقياس 1-5.

يمكن التعبير عن حجم الأثر الكلي للنموذج بمؤشر $f^2 = R^2/(1-R^2)$ ، وهو مرتفع داخل العينة. لكن المؤشر يتأثر بالطريقة المشتركة والترابط بين المقاييس، لذلك لا يستخدم لتقدير عائد تشغيلي أو مالي مباشر.

4.12 فحص المتانة باستخدام ارتباط سبيرمان

استخدم ارتباط سبيرمان فحصًا مساعدًا لا يعتمد على افتراض العلاقة الخطية وتوزيع الدرجات بالدرجة نفسها التي يعتمدها بيرسون. ولا يستبدل التحليل الرئيس، لكنه يبين ما إذا كان ترتيب المشاركين يعطي الاتجاه العام نفسه.

جدول (4-18): فحص المتانة باستخدام ارتباط سبيرمان

العلاقة	ρ	الدلالة	الاستنتاج
التحول الرقمي × الذكاء الاصطناعي	0.867	أقل من 0.001	موجب قوي
التحول الرقمي × الأداء التشغيلي	0.865	أقل من 0.001	موجب قوي
الذكاء الاصطناعي × الأداء التشغيلي	0.870	أقل من 0.001	موجب قوي

تحافظ معاملات سبيرمان على الاتجاه الموجب القوي، ما يدعم أن النتيجة ليست رهينة لقيم قليلة أو لشكل خطي دقيق. ومع ذلك، تبقى القيود المرتبطة بالعينة والقياس الذاتي قائمة.

4.13 القراءة التكاملية للنتائج

تقدم النتائج صورة متسقة: توجد قاعدة رقمية مرتفعة نسبيًا، ويظهر أداء تشغيلي مدرك مرتفع، بينما يقع التطبيق المباشر للذكاء الاصطناعي في مستوى متوسط. وتكشف التوزيعات أن التخطيط وإدارة المستودعات يحتويان عددًا أكبر من الاستجابات المحايدة أو غير الموافقة مقارنة بالفقرات العامة عن فائدة الذكاء الاصطناعي.

لا يعني ارتفاع التحول أن جميع مكوناته متساوية؛ فالمتوسطات تتراوح من 3.68 إلى 3.92. كما لا يعني ارتفاع الأداء أن جميع نتائجه متحققة بالدرجة نفسها؛ إذ بقيت إنتاجية الموظفين في المستوى المتوسط. ويدعم ذلك توصية ربط التقنية بإعادة تصميم العمل بدل قياس النجاح من زاوية الدقة أو التتبع فقط.

تؤكد فترات الثقة وفحص سبيرمان متانة الاتجاه العام داخل العينة. ويؤكد الانحدار أن المتغيرين يحتفظان بإسهام دال معًا، لكن قيمة VIF والارتباط 0.893 بينهما يجعلان المقارنة الدقيقة بين معامليهما تقريبية. والأكثر سلامة هو النظر إليهما كقدرتين متكاملتين مع إسهام مميز لكل منهما، لا كبديلين متنافسين.

تجيب النتائج عن الأسئلة المقاسة، لكنها لا تجيب عن فروق المؤسسات أو الأقاليم أو أحجام المنشآت، ولا عن العائد المالي الفعلي، ولا عن التغير عبر الزمن. وتحتاج هذه الأسئلة إلى بيانات وهوية مؤسسية وتصميم مختلف.

4.14 تحليل اتجاه الموافقة والحياد

جُمعت الدرجتان 1 و 2 في فئة عدم الموافقة، والدرجة 3 في الحياد، والدرجتان 4 و 5 في الموافقة. ولا يغير هذا التجميع حساب المتوسط، لكنه يسهل قراءة اتجاه الاستجابة ويوضح الفقرات التي تجمع موافقة عامة أو ترددًا أكبر.

جدول (4-19): اتجاهات الموافقة والحياد وعدم الموافقة

الفقرة	عدم الموافقة	محايد	الموافقة	المتوسط
س1	6 (12%)	14 (28%)	30 (60%)	3.68
س2	4 (8%)	18 (36%)	28 (56%)	3.74

المتوسط	الموافقة	محايد	عدم الموافقة	الفقرة
3.82	30 (60%)	14 (28%)	6 (12%)	س3
3.92	33 (66%)	15 (30%)	2 (4%)	س4
3.82	32 (64%)	14 (28%)	4 (8%)	س5
3.88	32 (64%)	12 (24%)	6 (12%)	س6
3.82	34 (68%)	11 (22%)	5 (10%)	س7
3.16	20 (40%)	15 (30%)	15 (30%)	س8
3.82	31 (62%)	16 (32%)	3 (6%)	س9
3.80	30 (60%)	15 (30%)	5 (10%)	س10
3.76	31 (62%)	14 (28%)	5 (10%)	س11
3.28	23 (46%)	13 (26%)	14 (28%)	س12
3.82	31 (62%)	17 (34%)	2 (4%)	س13
3.90	34 (68%)	13 (26%)	3 (6%)	س14
3.78	27 (54%)	18 (36%)	5 (10%)	س15
3.74	32 (64%)	13 (26%)	5 (10%)	س16
3.82	32 (64%)	14 (28%)	4 (8%)	س17
3.64	25 (50%)	20 (40%)	5 (10%)	س18
3.90	32 (64%)	13 (26%)	5 (10%)	س19
3.78	32 (64%)	14 (28%)	4 (8%)	س20
3.84	33 (66%)	13 (26%)	4 (8%)	س21

تؤكد النسب أن الفقرتين س8 وس12 تحملان التردد الأكبر نسبياً في محور الذكاء الاصطناعي، بينما تحظى الفقرات العامة عن الكفاءة وتقليل الأخطاء بموافقة أعلى. ويعزز ذلك تفسير الفجوة بين التطبيق المباشر والاقتناع بالمنافع.

4.15 تحليل الثبات عند حذف الفقرة

يبين ألفا عند حذف الفقرة ما إذا كان حذفها يرفع اتساق المحور أو يخفضه. ولا يُستخدم آلياً لحذف الفقرات؛ لأن القرار يجب أن يجمع بين المحتوى والنظرية والإحصاء، وقد تؤدي زيادة ألفا إلى تضيق المفهوم.

جدول (4-20): معامل ألفا كرونباخ عند حذف الفقرة

القرار التفسيري	ألفا عند الحذف	المحور	الفقرة
احتفاظ	0.937	التحول الرقمي	س1
احتفاظ	0.928	التحول الرقمي	س2
احتفاظ	0.931	التحول الرقمي	س3
احتفاظ	0.933	التحول الرقمي	س4
احتفاظ	0.934	التحول الرقمي	س5
احتفاظ	0.929	التحول الرقمي	س6
احتفاظ	0.931	التحول الرقمي	س7
احتفاظ	0.860	الذكاء الاصطناعي	س8
احتفاظ	0.817	الذكاء الاصطناعي	س9
احتفاظ	0.824	الذكاء الاصطناعي	س10
احتفاظ	0.829	الذكاء الاصطناعي	س11
احتفاظ	0.876	الذكاء الاصطناعي	س12

الفقرة	المحور	ألفا عند الحذف	القرار التفسيري
س13	الذكاء الاصطناعي	0.820	احتفاظ
س14	الذكاء الاصطناعي	0.836	احتفاظ
س15	الأداء التشغيلي	0.901	احتفاظ
س16	الأداء التشغيلي	0.909	احتفاظ
س17	الأداء التشغيلي	0.904	احتفاظ
س18	الأداء التشغيلي	0.915	احتفاظ
س19	الأداء التشغيلي	0.909	احتفاظ
س20	الأداء التشغيلي	0.907	احتفاظ
س21	الأداء التشغيلي	0.905	احتفاظ

لا يظهر نمط يبرر حذف فقرة اعتمادًا على الثبات وحده. وتظل س8 وس12 أقل ارتباطًا مصححًا من بقية محور الذكاء الاصطناعي، لكنهما تمثلان تطبيقين مركزيين هما التخطيط والمستودعات، وحذفهما سيخفي الفجوة التطبيقية التي تكشفها الدراسة.

4.16 تفسير النتائج على مستوى الفقرات

في التحول الرقمي، جاءت متابعة الشحنات س4 في المرتبة الأولى، وهو أمر متسق مع مركزية الرؤية في العمليات اللوجستية. وجاء تقليل الأخطاء س6 بعدها، ما يوحي بأن المشاركين يربطون الرقمنة بضبط المعاملة. أما اعتماد الأنظمة في العمليات اليومية س1 فكان الأدنى رغم بقاءه مرتفعًا، وقد يعكس تفاوتًا في شمول الرقمنة بين المؤسسات أو الوظائف.

تبادل المعلومات الإلكتروني س2 أقل من فقرات السرعة والتتبع، ما يثير احتمال وجود أنظمة رقمية داخل الوحدات مع تكامل أقل بين الإدارات. ولا تثبت الفقرة هذا التفسير، لكنه يوجه سؤالًا نوعيًا مستقبليًا عن حدود تدفق البيانات ونقاط إعادة الإدخال.

في الذكاء الاصطناعي، جاءت الفائدة العامة في كفاءة السلسلة س14 أولاً، ثم التنبؤ وتقليل الأخطاء. وهذا النمط شائع عندما يكون الوعي بالمنافع أعلى من انتشار الاستخدام. ويحتاج القياس المستقبلي إلى سؤال عن نوع النظام وتكرار الاستخدام والقرار الذي يؤثر فيه.

انخفاض التخطيط س8 وإدارة المستودعات س12 لا يعني غياب الذكاء الاصطناعي كلياً؛ فالمتوسطان فوق نقطة الحياد أو قريبان منها. لكنه يعني أن العينة لا تقدم موافقة قوية متجانسة على الاستخدام. وتصبح هاتان الوظيفتان أولويتين للتشخيص قبل التوصية بالتوسع.

في الأداء، جاءت دقة العمليات س19 أولاً. ويمكن للأنظمة الرقمية أن تؤثر في الدقة عبر التحقق والتوحيد والتتبع. وجاء الأداء العام س21 مرتفعاً، لكن المؤشر العام قد يتأثر بالتقييم الشامل ولا يحدد الآلية، لذلك تعطى الأولوية لل فقرات المحددة عند بناء مؤشرات المؤسسة.

جاءت إنتاجية الموظفين س18 في المستوى المتوسط، رغم ارتفاع الزمن والجودة والتكلفة والدقة. وقد يعكس ذلك تأخر إعادة تصميم الأدوار، أو استمرار أعمال موازية، أو أن التقنية حسنت الضبط أكثر من حجم المخرجات. ويحتاج التأكد إلى بيانات إنتاجية فعلية ومقابلات.

يظهر التفسير على مستوى الفقرات أن المتوسط الكلي ليس نهاية التحليل. فالمؤسسة قد تكون مرتفعة في الرؤية والدقة ومتوسطة في التكامل أو الإنتاجية أو الاستخدام الذكي. ولذلك ينبغي أن تُبنى خارطة الطريق على النمط التفصيلي لا الدرجة الإجمالية وحدها.

4.17 المقارنات الوصفية بحسب الخصائص الديموغرافية

تعرض المقارنة متوسطات المحاور داخل الفئات بوصفها وصفاً استكشافياً فقط. ولم تُجر اختبارات فروق؛ لأن الدراسة لم تضع فرضيات ديموغرافية، وبعض الفئات صغيرة جداً مثل الدكتوراه، ولأن إجراء عدد كبير من الاختبارات يزيد احتمال النتائج العرضية. ولا يجوز تفسير الفروق الوصفية بوصفها آثاراً للخصائص.

جدول (4-21): المتوسطات الوصفية للمحاور بحسب الخصائص الديموغرافية

المتغير	الفئة	ن	التحول	الذكاء	الأداء
الجنس	ذكر	31	3.86	3.72	3.82
	أنثى	19	3.73	3.53	3.72
الفئة العمرية	25-34	12	3.46	3.37	3.57
	35-44	20	4.11	3.91	4.05

المتغير	الفئة	ن	التحول	الذكاء	الأداء
	أكثر من 45	13	3.44	3.37	3.51
	أقل من 25	5	4.40	3.97	3.97
المؤهل العلمي	دبلوم	12	3.93	3.73	3.93
	بكالوريوس	30	3.81	3.62	3.72
	ثانوي	3	3.43	3.48	3.62
	ماجستير	4	3.71	3.64	3.86
	دكتوراه	1	4.00	4.00	4.14
سنوات الخبرة	5-10 سنوات	12	3.76	3.64	3.65
	11-15 سنة	20	3.59	3.49	3.71
	أكثر من 15 سنة	13	3.86	3.59	3.66
	أقل من 5 سنوات	5	4.71	4.46	4.71
القطاع	النقل	23	3.75	3.68	3.90
	المستودعات	20	3.73	3.56	3.63
	كلاهما	7	4.24	3.80	3.86

تظهر بعض الفئات متوسطات أعلى أو أدنى، لكن حجم الخلايا غير المتوازن يمنع استخلاص نمط ثابت. فالفئة التي تضم مشاركا واحداً تعكس استجابة ذلك الفرد، ولا تمثل تقديراً موثوقاً للفئة. وتؤكد المقارنة أهمية عينة أكبر وتصميم طبقي إذا كان هدف البحث المستقبلي اختبار الفروق.

يمكن استخدام الجدول لتخطيط العينة المقبلة؛ إذ يوضح الفئات ذات التمثيل المحدود، ويساعد على تحديد حصص أو طبقات. كما يمكن ربط الفروق مستقبلاً بحجم المؤسسة ونوع النظام والمستوى الوظيفي، وهي متغيرات غير موجودة في الملف الحالي.

4.18 الترتيب الكلي لفقرات الدراسة

يسمح ترتيب الفقرات عبر المحاور بمقارنة أبرز نقاط القوة والفجوات على مستوى الأداة كلها. ولا يعني اختلاف أجزاء بسيطة من المتوسط أهمية عملية مؤكدة، خاصة عند تقارب الفقرات؛ لذلك يعرض الترتيب مع الانحراف ونسبة الموافقة.

جدول (4-22): الترتيب الكلي لفقرات الدراسة

المرتبة	الفقرة	المحور	النص	المتوسط	الانحراف	الموافقة
1	س4	التحول الرقمي	تستخدم المؤسسة أنظمة رقمية لمتابعة الشحنات.	3.92	0.88	66%
2	س14	الذكاء الاصطناعي	ترى أن الذكاء الاصطناعي يحسن كفاءة سلسلة التوريد.	3.90	0.95	68%
3	س19	الأداء التشغيلي	تحسن مستوى دقة العمليات.	3.90	1.02	64%
4	س6	التحول الرقمي	أدى التحول الرقمي إلى تقليل الأخطاء التشغيلية.	3.88	1.04	64%
5	س21	الأداء التشغيلي	ارتفع الأداء التشغيلي بشكل عام.	3.84	0.98	66%
6	س3	التحول الرقمي	ساهم التحول الرقمي في تسريع إنجاز الأعمال.	3.82	1.10	60%

المرتبة	الفقرة	المحور	النص	المتوسط	الانحراف	الموافقة
7	س5	التحول الرقمي	تساعد الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات.	3.82	0.98	64%
8	س7	التحول الرقمي	توفر المؤسسة بنية تقنية تدعم التحول الرقمي.	3.82	0.98	68%
9	س9	الذكاء الاصطناعي	يساعد الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالطلب.	3.82	0.90	62%
10	س13	الذكاء الاصطناعي	يسهم الذكاء الاصطناعي في تقليل الأخطاء التشغيلية.	3.82	0.85	62%
11	س17	الأداء التشغيلي	انخفضت التكاليف التشغيلية.	3.82	0.92	64%
12	س10	الذكاء الاصطناعي	يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين تخطيط النقل.	3.80	0.99	60%
13	س15	الأداء التشغيلي	انخفض زمن تنفيذ العمليات بعد تطبيق التقنيات الرقمية.	3.78	1.04	54%

المرتبة	الفقرة	المحور	النص	المتوسط	الانحراف	الموافقة
14	س20	الأداء التشغيلي	أصبحت المؤسسة أكثر قدرة على الاستجابة للتغيرات.	3.78	0.89	64%
15	س11	الذكاء الاصطناعي	تستخدم المؤسسة الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات.	3.76	0.94	62%
16	س2	التحول الرقمي	يتم تبادل المعلومات إلكترونياً بين الإدارات المختلفة.	3.74	1.01	56%
17	س16	الأداء التشغيلي	تحسنت جودة الخدمات المقدمة للعملاء.	3.74	0.96	64%
18	س1	التحول الرقمي	تعتمد المؤسسة على الأنظمة الرقمية في إدارة العمليات اليومية.	3.68	0.94	60%
19	س18	الأداء التشغيلي	ارتفعت إنتاجية الموظفين.	3.64	0.96	50%
20	س12	الذكاء الاصطناعي	يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المستودعات.	3.28	1.21	46%

الرتبة	الفقرة	المحور	النص	المتوسط	الانحراف	الموافقة
21	س8	الذكاء الاصطناعي	تستخدم المؤسسة تقنيات الذكاء الاصطناعي في التخطيط.	3.16	1.17	40%

تتركز المراتب العليا في المتابعة الرقمية ودقة العمليات والتقييم العام لكفاءة الذكاء الاصطناعي، بينما تتركز المراتب الدنيا في استخدامه المباشر للتخطيط والمستودعات وإنتاجية الموظفين. ويوفر هذا النمط أساساً لترتيب توصيات الفصل الخامس.

خلاصة الفصل الرابع

أظهرت النتائج مستوى مرتفعاً للتحويل الرقمي والأداء التشغيلي، ومستوى متوسطاً للذكاء الاصطناعي. وكانت الارتباطات موجبة وقوية، وكان نموذج الانحدار دالاً وذا قدرة تفسيرية مرتفعة داخل العينة، مع دلالة المتغيرين وتجاوز نسبي محدود للذكاء الاصطناعي. وتمثلت أبرز فرص التحسين في التخطيط بالذكاء الاصطناعي، وإدارة المستودعات، وإنتاجية الموظفين.

الفصل الخامس: مناقشة النتائج والاستنتاجات والتوصيات

5.1 تمهيد

يناقش هذا الفصل النتائج في ضوء أسئلة الدراسة وفرضياتها والأدبيات، ثم يعرض الاستنتاجات والتوصيات والقيود ومقترحات البحث. وتحافظ المناقشة على التمييز بين الارتباط والتنبؤ من جهة، والسببية من جهة أخرى.

5.2 مناقشة النتائج بحسب أسئلة الدراسة

السؤال الأول: مستوى تطبيق التحول الرقمي

أظهر المتوسط الكلي للتحول الرقمي مستوى مرتفعاً (3.81). وكانت متابعة الشحنات أعلى الفقرات، بما يشير إلى حضور واضح للأنظمة الرقمية في التشغيل، مع بقاء تبادل المعلومات والاعتماد اليومي أقل نسبياً من بقية فقرات المحور.

السؤال الثاني: مدى استخدام الذكاء الاصطناعي

جاء مستوى الذكاء الاصطناعي متوسطاً (3.65). وتبين الفقرات فرقاً بين الاقتناع العام بفائدته وبين التطبيق المباشر؛ إذ كان بند تحسين كفاءة السلسلة مرتفعاً، بينما كان استخدامه في التخطيط وإدارة المستودعات أقل.

السؤال الثالث: أثر التحول الرقمي في الأداء التشغيلي

ظهر ارتباط قوي بين التحول الرقمي والأداء ($r = 0.889$)، وظل أثره موجباً ودالاً في النموذج المشترك ($\beta = 0.443$ ، $p = 0.001$). وتدعم النتيجة أن تكامل البيانات والأنظمة يرتبط بتحسين الوقت والجودة والتكلفة والدقة والاستجابة.

السؤال الرابع: أثر الذكاء الاصطناعي في النقل والمستودعات

ارتبط بند تحسين تخطيط النقل س10 بالأداء ارتباطاً موجباً ($r = 0.705$ ، $p < 0.001$)، وفسر انحداره البسيط 49.7% من التباين داخل العينة. وارتبط بند إدارة المستودعات س12 بالأداء ($r = 0.481$ ، $p < 0.001$) وفسر 23.2%. ويشير الفرق إلى نضج نسبي أكبر لتطبيقات النقل مقارنة بالمستودعات، مع الحذر لأن القياس أحادي البند.

السؤال الخامس: العلاقة بين التحول الرقمي والأداء

بلغ معامل بيرسون بين التحول الرقمي والأداء التشغيلي (0.889) بدلالة أقل من 0.001، وهي علاقة موجبة قوية داخل العينة. ولا تثبت العلاقة اتجاهًا سببيًا بسبب التصميم المقطعي.

السؤال السادس: العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة العمليات

بلغ ارتباط محور الذكاء الاصطناعي بالأداء التشغيلي (0.895، $p < 0.001$)، وكان أثره المعياري في الانحدار المشترك (0.499). ويعني ذلك أن ارتفاع الاستخدام المدرك للذكاء الاصطناعي يقترن بارتفاع الكفاءة التشغيلية المدركة.

السؤال السابع: أبرز تحديات التطبيق

لم تتضمن الأداة سؤالاً مفتوحاً أو محوراً مستقلاً للتحديات، ولم تسجل الأحاديث الجانبية بوصفها بيانات نوعية. لذلك تُستدل التحديات بحذر من انخفاض س8 الخاص بالاستخدام في التخطيط (3.16) وس12 الخاص بالمستودعات (3.28)، ومن الأدبيات التي تركز على جودة البيانات والتكامل والمهارات والحوكمة. ولا تقدم الدراسة ترتيباً ميدانياً شاملاً للتحديات.

5.3 مناقشة الفرضيات

دُعمت الفرضية الرئيسية لأن نموذج التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي كان دالاً وفسر (84.1%) من التباين في الأداء التشغيلي داخل العينة. ويعكس ذلك عمل القدرات الرقمية والذكاء بوصفها حزمة مترابطة، مع عدم تحويل القدرة التفسيرية المرتفعة إلى ادعاء سببي أو تعميم سكاني.

دُعمت الفرضية الفرعية الأولى؛ إذ كان أثر التحول الرقمي موجباً ودالاً في النموذج المشترك ($\beta = 0.443$ ، $p = 0.001$). وتتفق النتيجة مع منطق تكامل المعلومات وتقليل الأخطاء وتسريع القرار.

دُعمت الفرضية الفرعية الثانية بمؤشر س10 المرتبط بتحسين تخطيط النقل؛ فقد بلغ ارتباطه بالأداء (0.705) وكان انحداره البسيط دالاً. ويظل الاستنتاج مقيداً بأن المؤشر بند واحد ولا يمثل جميع أبعاد كفاءة النقل.

دُعمت الفرضية الفرعية الثالثة بمؤشر س12 الخاص بإدارة المستودعات؛ إذ كان ارتباطه بالأداء (0.481) دالاً. وكان متوسط البند (3.28) متوسطاً، ما يجمع بين وجود علاقة إيجابية وبين فجوة تطبيقية تستحق الأولوية.

دُعمت الفرضية الفرعية الرابعة بمؤشر س2 الخاص بتبادل المعلومات إلكترونياً بين الإدارات؛ فقد ارتبط بالأداء ($r = 0.782$ ، $p < 0.001$). ويعكس ذلك أهمية التكامل المعلوماتي، مع ضرورة تطوير مقياس متعدد البنود للتكامل في الدراسات اللاحقة.

5.4 الاستنتاجات

التحول الرقمي مطبق بدرجة مرتفعة لدى العينة، لكنه لا يعني اكتمال التكامل في جميع المؤسسات. استخدام الذكاء الاصطناعي متوسط، مع فجوة بين التصور الإيجابي لفوائده والتطبيق المباشر في التخطيط والمستودعات.

يرتبط التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي بقوة بالأداء التشغيلي المدرك، ويدعمان النموذج المشترك. تطبيق الذكاء الاصطناعي في تخطيط النقل مرتبط إيجابيًا بالأداء، وكانت علاقته أقوى من مؤشر إدارة المستودعات داخل العينة.

التبادل الإلكتروني بين الإدارات، بوصفه مؤشرًا للتكامل الرقمي، يرتبط بقوة بالأداء التشغيلي. تتمثل أبرز الفجوات المقاسة في الاستخدام المباشر للذكاء الاصطناعي في التخطيط وإدارة المستودعات، أما التحديات التنظيمية الأخرى فاستندت إلى الأدبيات ولم تُقَسَّ بمحور مستقل. لا تسمح العينة القصدية الميسرة والتصميم المقطعي والقياس الذاتي بإثبات السببية أو التعميم الإحصائي على القطاع كله.

5.5 التوصيات

1. إعطاء الأولوية لمشروعات الذكاء الاصطناعي المرتبطة بالتخطيط، مثل التنبؤ بالطلب وتخصيص الموارد والمسارات، مع تجربة محدودة ومؤشرات نجاح قبل التوسع.
2. تطوير استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المستودعات، ولا سيما التنبؤ بالحركة، وتحديد مواقع التخزين، وجدولة العمل، والكشف عن الأخطاء.
3. ربط أنظمة إدارة النقل والمستودعات وتخطيط الموارد بمستودع بيانات موحد وتعريفات مشتركة للبيانات ومؤشرات الأداء.
4. قياس أثر كل مبادرة قبل التطبيق وبعده بمؤشرات موضوعية مثل زمن الدورة، ودقة المخزون، ونسبة الأخطاء، والتكلفة لكل عملية، والالتزام بموعد التسليم.
5. تنفيذ برامج تدريبية تجمع بين المهارات الرقمية والتحليلية وفهم العمليات، مع إعادة تصميم الأدوار لتجنب بقاء التقنية إضافةً منفصلةً إلى العمل اليدوي.
6. تطبيق حوكمة للبيانات والنماذج تشمل الجودة والصلاحيات والأمن والخصوصية ومراجعة القرارات الآلية وإمكان التدخل البشري.
7. استخدام لوحات متابعة تربط مؤشرات التبنّي التقني بمؤشرات الأداء، بدل الاكتفاء بعدد الأنظمة أو تراخيص البرمجيات.

5.6 قيود الدراسة

اقتصرت العينة على (50) استجابة من نحو (110) مدعواً وبمعدل استجابة تقريبي (45.5%)، واستخدمت معاينة قصدية ميسرة غير احتمالية.

لم يتوافر تعداد لحجم المجتمع الكلي، ولم تُسجل أسماء المؤسسات، وإن كان المشاركون موزعين على نحو (20) مؤسسة.

لم تُفعّل آلية تقنية لمنع تكرار الاستجابة في Google Forms.

لم تخضع الاستبانة لتحكيم خبراء مستقلين؛ واقتصرت المرحلة السابقة للتوزيع على تجربة وضوح على عشرين موظفاً.

لم يصدر رقم موافقة أخلاقية مؤسسية، مع استخدام استجابات مجهولة الاسم والبريد والشركة وحفظها بسرية.

استخدمت الدراسة مقياساً ذاتياً مقطوعياً قد يتأثر بتحيز الطريقة المشتركة ولا يثبت السببية.

اختُبرت بعض الفرضيات الأصلية ببنود أحادية هي س2 وس10 وس12 لعدم وجود مقاييس فرعية مستقلة.

لم يوجد محور مفتوح أو نوعي للتحديات؛ لذلك لم تُعامل الأحاديث غير المسجلة بوصفها نتائج بحثية.

5.7 مقترحات الدراسات المستقبلية

1. تكرار الدراسة على عينة احتمالية أكبر ومعروفة الإطار، مع توثيق معدل الاستجابة والخصائص المؤسسية.

2. استخدام تصميم طولي أو شبه تجريبي وبيانات قبل/بعد لتقدير الأثر السببي بصورة أقوى.

3. دمج الاستبانة مع مؤشرات موضوعية للوقت والتكلفة والجودة والإنتاجية.

4. تطوير مقاييس تفصل بين البنية الرقمية وتكامل البيانات ونضج الذكاء الاصطناعي والقدرات البشرية.

5. اختبار متغيرات وسيطة أو معدلة مثل جودة البيانات، والجاهزية التنظيمية، والمهارات، وحجم المؤسسة، وطبيعة النشاط.

6. إجراء دراسات حالة نوعية لتفسير أسباب انخفاض تطبيق الذكاء الاصطناعي في التخطيط والمستودعات.

5.8 المناقشة التكاملية للنموذج

تدعم النتائج تصورًا تراكميًا للتحويل: كلما تحسنت البنية الرقمية وتبادل المعلومات والمتابعة، أصبحت المؤسسة أقدر على تطبيق نماذج ذكية، وكلما دخل الذكاء الاصطناعي في التخطيط والتحليل زادت القدرة على تحويل البيانات إلى نتائج. ويشرح هذا التكامل الارتباط المرتفع بين المتغيرين، كما يشرح بقاء معامل كل منهما دالًا في الانحدار.

يمكن قراءة ارتفاع التحويل الرقمي بوصفه مؤشرًا على انتشار ممارسات رقمية أساسية، لا على اكتمال رحلة التحويل. فالتحويل الحقيقي يحتاج إلى تكامل وقياس وتغيير في القرار. ويشير متوسط الذكاء الاصطناعي إلى أن الانتقال من البيانات إلى الاستخدام التنبؤي والتوجيهي لم يكتمل بالدرجة نفسها.

تنسجم النتيجة مع الأدبيات التي تميز بين اقتناء التقنية وبناء القدرة. وفق منظور الموارد والقدرات الديناميكية، تنشأ القيمة عندما تجمع المؤسسة البيانات والأنظمة والمهارات والحوكمة في روتين يصعب تقليده. ووفق معالجة المعلومات، تقل فجوة الأداء عندما تتناسب قدرة المؤسسة على جمع المعلومات وتفسيرها مع تعقيد البيئة.

تتطلب القدرة التفسيرية المرتفعة قراءة نقدية. فقد تعكس أثرًا حقيقيًا قويًا، لكنها قد تتضخم بسبب استخدام المصدر نفسه والتوقيات نفسه ومقاييس متقاربة. لذلك تتعامل المناقشة معها بوصفها دليلًا داعمًا للنموذج في العينة، لا نسبة نهائية لتفسير الأداء في القطاع.

5.9 الدلالات النظرية

أول دلالة هي أن التحويل الرقمي والذكاء الاصطناعي لا ينبغي دمجهما في متغير واحد؛ لأن النتائج أظهرت فرقًا في مستوى النضج وإسهامًا مميزًا لكل منهما. وثاني دلالة أن العلاقة بالأداء متعددة الآليات وتشمل الرؤية والتنسيق والتنبؤ والتحسين. وثالث دلالة أن العامل البشري يظل جزءًا من العلاقة، كما يظهر من انخفاض إنتاجية الموظفين نسبيًا.

تشير النتائج إلى إمكان بناء نموذج أوسع يجعل جودة البيانات والتكامل والقدرات البشرية متغيرات وسيطة، ويجعل حجم المنشأة أو نوع النشاط أو النضج الرقمي متغيرات معدلة. وسيكون هذا النموذج أكثر قدرة على تفسير لماذا تحقق بعض المؤسسات قيمة أعلى من التقنية نفسها.

كما تبرز الحاجة إلى تمييز القياس بين الممارسة والمنفعة. ففقرة استخدام الذكاء الاصطناعي في التخطيط تقيس تطبيقًا مباشرًا، بينما فقرة الاعتقاد بأنه يحسن الكفاءة تقيس تقييمًا. وقد يؤدي خلط النوعين إلى ارتفاع الاتساق مع فقد بعض الدقة المفاهيمية. ويمكن تطوير نسخة مستقبلية بمحاور فرعية للتبني والاستخدام والمنفعة.

5.10 الدلالات التطبيقية بحسب النشاط

في النقل، ينبغي البدء من حالات استخدام تملك بيانات وتكرارًا وقيمة قابلة للقياس، مثل تقدير زمن الوصول، والتنبؤ بالحجم، وتخطيط السعة، وترتيب الاستثناءات. ويجب مقارنة أداء النموذج بخط أساس بشري أو قاعدة حالية، وقياس الالتزام بالوقت والكيلومترات الفارغة والتكلفة والاستثناءات.

في المستودعات، تكشف النتيجة أولوية أعلى لتطبيقات الذكاء الاصطناعي. يمكن البدء بالتنبؤ بالحركة وتخطيط العمالة وتحسين مواضع التخزين والكشف عن الأخطاء. ويجب أن تسبق ذلك دقة بيانات المواقع والأرصدة وأزمنة المهام، لأن النموذج لن يعالج فجوات الجرد أو التعريف غير الموحد.

في المؤسسات التي تجمع النشاطين، تكون القيمة الأكبر في القرارات العابرة للحدود، مثل مزامنة تجهيز الطلب مع وصول المركبة وتخصيص الأرصدة ومواعيد الشحن. ويتطلب ذلك تكامل WMS و TMS و ERP وتوحيد حالة الطلب والشحنة.

ينبغي أن تُقسم المبادرات إلى تشغيل أساسي وتحسين متقدم. يعالج التشغيل الأساسي البيانات والتكامل والانضباط الإجرائي، بينما يضيف التحسين المتقدم التنبؤ والنماذج. ويساعد هذا الفصل على تجنب تحميل الذكاء الاصطناعي مشكلات سببها بيانات أو إجراءات غير مستقرة.

5.11 خارطة طريق تنفيذية

تقترح الدراسة خارطة طريق من خمس مراحل، تبدأ بالتشخيص وتنتهي بالتوسع المنضبط. وتحتوي كل مرحلة على مخرج ومعياري انتقال، حتى لا تصبح المبادرة مشروعًا تقنيًا مفتوحًا بلا قياس. ويمكن تعديل المدة حسب حجم المؤسسة وتعقيدها، ولا تمثل المدد افتراضًا عن المؤسسات المشاركة.

جدول (5-1): خارطة الطريق التنفيذية المقترحة

المرحلة	الأنشطة	المخرج	معياري الانتقال
1. التشخيص	خريطة العمليات والبيانات والمؤشرات	خط أساس وفجوات	تعريف المشكلة والمالك
2. التأسيس	توحيد البيانات والتكامل والحوكمة	بيانات موثوقة	تحقق جودة واستقرار
3. التجربة	حالة استخدام محدودة ومقارنة بخط أساس	نموذج أولي	قيمة قابلة للقياس

المرحلة	الأنشطة	المخرج	معياري الانتقال
4. الدمج	إدخال الحل في الإجراء والتدريب والرقابة	استخدام فعلي	تبني وأداء مستقر
5. التوسع	تعميم الحالات الناجحة ومراقبة النماذج	محفظة قدرات	حوكمة وعائد مستمران

5.12 إطار مقترح لمؤشرات الأداء

ينبغي أن تتضمن بطاقة القياس مؤشرات للتبني وجودة البيانات والاستخدام والأداء والمخاطر. فقياس الأداء وحده لا يوضح سبب النتيجة، وقياس الاستخدام وحده لا يثبت القيمة. كما ينبغي تسجيل خط الأساس والهدف والفترة ومصدر البيانات والمالك.

لا تقترح الدراسة أهدافاً رقمية موحدة؛ لأن خط الأساس وحجم العملية وتكلفتها غير متاحين. وتعرض بدلاً من ذلك تعريفات مؤشرات يمكن للمؤسسة ربطها بأهداف واقعية بعد القياس الأولي.

جدول (5-2): مؤشرات الأداء المقترحة لمتابعة التحول

البعد	المؤشر	طريقة الاحتساب	المصدر المحتمل
جودة البيانات	نسبة السجلات المكتملة	المكتمل/الإجمالي	ERP/WMS/TMS
التكامل	نسبة المعاملات دون إدخال يدوي	المعاملات المتكاملة/الإجمالي	سجلات الواجهات
التبني	نسبة القرارات التي استخدمت الحل	الاستخدام الفعلي/الفرص	سجل التطبيق
الوقت	زمن دورة العملية	النهاية - البداية	سجلات الأحداث
الجودة	نسبة الأخطاء	الحالات الخاطئة/الإجمالي	تقارير الجودة
النقل	الالتزام بموعد التسليم	في الموعد/الإجمالي	TMS والتتبع
المستودع	دقة المخزون	المتطابق/المفحوص	WMS والجرد
الإنتاجية	المخرجات لكل ساعة عمل	الوحدات/الساعات	WMS والموارد البشرية

المصدر المحتمل	طريقة الاحتمال	المؤشر	البعد
منصة التحليلات	مقياس مناسب للحالة	خطأ التنبؤ	النموذج
سجل الحوكمة	التجاوزات/القرارات	نسبة التجاوزات والاستثناءات	المخاطر

5.13 حوكمة المخاطر الرقمية والذكية

ينبغي تقييم الخطر قبل التوسع وبعده. ويرتبط مستوى الضبط بأثر القرار وقابليته للعكس. فاقترح ترتيب تقرير أقل خطورة من توجيه مركبة أو قرار يمس السلامة أو الموظفين. وتجمع المصفوفة ضوابط تقنية وتشغيلية وإدارية.

جدول (5-3): مصفوفة المخاطر وضوابط الحوكمة

الخطر	مثال	الأثر	الضبط المقترح
جودة البيانات	موقع أو رصيد غير صحيح	قرار خاطئ	قواعد تحقق ومالك بيانات
توقف التكامل	تعطل واجهة WMS/TMS	تأخير أو عمل يدوي	مراقبة وتنبه وخطة بديلة
انحياز النموذج	أداء أضعف لفئة/منطقة	خدمة غير متوازنة	اختبار شرائح ومراجعة دورية
انجراف النموذج	تغير الطلب أو الشبكة	انخفاض الدقة	مراقبة وإعادة تدريب
ضعف التفسير	توصية بلا سبب	رفض أو سوء استخدام	تفسير وحدود وثقة
الأمن والخصوصية	وصول غير مصرح	كشف أو تعطيل	صلاحيات وتشفير وتدقيق
الاعتماد على المورد	صعوبة نقل البيانات	تكلفة واستمرارية	شروط خروج ومعايير تكامل
الإفراط في الأتمتة	تنفيذ دون مراجعة	خطر تشغيلي	إنسان في الحلقة وحدود تنفيذ

5.14 الارتباط بالسياق الوطني

تتسجم خارطة الطريق مع التوجه نحو تطوير الخدمات اللوجستية واقتصاد البيانات، لكنها تترجم التوجه إلى متطلبات مؤسسية قابلة للقياس. وتتمثل الأولوية في نقل المنشآت من الربط الأساسي إلى استخدام تحليلي مسؤول، مع تفاوت المسار بحسب نضج المنشأة.

يمكن للجهات الداعمة والقطاعية تشجيع معايير البيانات، وبرامج المهارات، ومختبرات الحالات التطبيقية، وأدلة الحوكمة، ومشاركة الخبرات غير الحساسة. كما يمكن دعم الدراسات واسعة النطاق التي تربط الاستبانة بالمؤشرات التشغيلية الفعلية.

لا تقدم الدراسة تقييمًا لسياسة وطنية أو مقارنة بين مناطق؛ لأن العينة لا تسمح بذلك. وتقتصر الدلالة على أن النتائج الجزئية تتوافق مع أهمية مواصلة الانتقال من الرقمنة إلى الاستخدام الذكي القابل للقياس.

5.15 الإسهام العلمي والتطبيقي

علميًا، تقدم الدراسة نموذجًا يجمع متغيرين غالبًا ما يعالجان بصورة منفصلة، وتوثق قوة الترابط بينهما وإسهامهما المشترك. كما تكشف الحاجة إلى مقاييس تفصل بين البنية الرقمية والتطبيق الذكي والمنفعة، وتقتصر مسارات وسيطة للبحوث المقبلة.

تطبيقيًا، تحول النتائج من متوسطات عامة إلى أولويات: التخطيط بالذكاء الاصطناعي، وإدارة المستودعات، وإنتاجية الموظفين. وترتبط الأولويات بخارطة طريق ومؤشرات وحوكمة، مع تجنب اقتراح تقنية قبل ضبط البيانات والإجراء.

منهجيًا، تميز الدراسة بين الحسابات القابلة لإعادة الإنتاج والمعلومات التي تحتاج توثيقًا من الباحث. ويعزز هذا الفصل بين الدليل والافتراض سلامة التقرير وقابليته للمراجعة.

5.16 الخاتمة العامة

خلصت الدراسة إلى أن التحول الرقمي لدى العينة بلغ مستوى مرتفعًا، وأن تطبيق الذكاء الاصطناعي ما زال متوسطًا، وأن الأداء التشغيلي المدرك مرتفع. وأظهرت العلاقات والانحدار أن المتغيرين يرتبطان بالأداء ويقدمان إسهامًا تنبؤيًا دالًا داخل العينة.

لا تتمثل الرسالة العملية في استبدال الرقمنة بالذكاء الاصطناعي، بل في إكمال السلسلة من بيانات موثوقة وأنظمة متكاملة إلى تحليل ذكي وقرار منضبط ونتيجة قابلة للقياس. وتتشل المبادرة عندما تنقطع هذه السلسلة عند أي نقطة، مهما كانت التقنية متقدمة.

يبقى تعميم النتائج مشروطًا باستكمال توثيق المجتمع والعينة والاستجابة والتحكيم والأخلاقيات، وإجراء دراسات أوسع بمؤشرات موضوعية وتصاميم طولية. ومع ذلك، توفر الدراسة الحالية أساسًا منظمًا للتشخيص والتطبيق والبحث اللاحق في قطاع النقل والمستودعات في المملكة.

5.17 ترتيب الأولويات التنفيذية

ترتب الأولويات وفق فجوة النضج وقيمة الحالة وجاهزية البيانات والمخاطر. لا تعني الدرجة المنخفضة أن الحالة تبدأ أولاً دائماً؛ فقد تكون البيانات غير جاهزة أو القيمة محدودة. كما لا تعني الدرجة المرتفعة عدم الحاجة إلى تحسين؛ فقد تكون الوظيفة أساساً يمكن حالات أخرى.

تقترح الدراسة أولوية أولى لضبط البيانات والتكامل، وأولوية ثانية لتجارب التخطيط وإدارة المستودعات، وأولوية موازية لإعادة تصميم العمل وقياس الإنتاجية. وتبقى حالات التتبع والدقة أساساً للمحافظة والتحسين المستمر.

ينبغي أن يوافق فريق متعدد الوظائف على ترتيب المحفظة. ويشمل التقييم العمليات وتقنية المعلومات والبيانات والأمن والمالية والموارد البشرية والمستخدمين، حتى لا تهيم زاوية واحدة على القرار.

جدول (4-5): مصفوفة ترتيب الأولويات التنفيذية

الأولوية	الجاهزية المطلوبة	القيمة المحتملة	الدليل من الدراسة	المجال
عاجلة	تعريفات وواجهات	تمكين جميع الحالات	تفاوت التبادل والاعتماد	تكامل البيانات
عالية	تاريخ وقيود	طلب وسعة ومسارات	س8 = 3.16	تخطيط AI
عالية	دقة WMS	مخزون ومواقع وعمالة	س12 = 3.28	مستودعات AI
عالية	قياس عمل وتدريب	مخرجات وتبني	س18 = 3.64	إنتاجية العاملين
محافظة	صيانة وتكامل	استمرار الرؤية	س4 = 3.92	التتبع الرقمي
محافظة	تدقيق واستثناء	جودة وخدمة	س19 = 3.90	دقة العمليات

5.18 بناء حالة العمل والعائد المتوقع

تتكون حالة العمل من تعريف المشكلة وخط الأساس والبدل الحالي وحجم العملية والمنفعة والتكلفة والمخاطر والافتراضات وخطة القياس. ويجب فصل المنفعة المؤكدة عن المحتملة، والتكلفة لمرة واحدة عن التشغيلية، والنتيجة المباشرة عن الأثر الاستراتيجي.

يمكن حساب عائد الاستثمار عندما تتوافر بيانات موثوقة للتكاليف والمنافع، لكن يجب إجراء تحليل حساسية للافتراضات. فإذا اعتمدت المنفعة على نسبة تبين أو دقة نموذج أو حجم طلب، تُعرض النتيجة تحت سيناريوهات بدل رقم واحد.

تحتوي الحالة أيضًا تكلفة عدم التنفيذ، مثل استمرار الخطأ أو فقد الخدمة، وتكلفة الفرصة البديلة مقارنة بمبادرات أخرى. ولا ينبغي استخدام تكلفة عدم التنفيذ لتضخيم الجدوى من دون دليل.

تحدد خطة القياس من يجمع البيانات ومتى، وما المجموعة أو الفترة المقارنة، وكيف تعالج الموسمية والتغيرات الأخرى. ويمكن استخدام تجربة محدودة أو تطبيق مرحلي عندما يصعب إنشاء مجموعة ضابطة.

جدول (5-5): عناصر حالة العمل للمبادرات الرقمية والذكية

العنصر	السؤال الحاكم	الدليل المطلوب
المشكلة	ما العملية والضرر؟	خط أساس وسجل حالات
الحجم	كم مرة وكم وحدة؟	بيانات حجم وتكرار
الحل	لماذا هذا الأسلوب؟	بدائل ومقارنة
المنفعة	ما الذي سيتحسن؟	مؤشر وهدف
التكلفة	ما تكلفة البناء والتشغيل؟	بيانات وتكامل وتدريب ودعم
المخاطر	ما أثر الخطأ أو التعطل؟	تقييم وضوابط
القياس	كيف نثبت القيمة؟	تصميم قبل/بعد أو تجربة
الملكية	من يقرر ويدعم؟	مالك أعمال وبيانات ونموذج

5.19 خطة المهارات وإدارة التغيير

تبدأ الخطة بتحليل أثر التقنية في المهام: ما الذي سيؤتمت، وما الذي سيبقى، وما القرارات الجديدة، وما الاستثناءات. ثم تحدد المهارات حسب الدور؛ فالمشغل يحتاج إلى استخدام وتفسير وتصعيد، والمدير يحتاج إلى قراءة المؤشرات وإدارة الأداء، وفريق البيانات يحتاج إلى بناء ومراقبة، والأمن يحتاج إلى تقييم المخاطر. ينبغي أن يجمع التدريب بين شرح المفهوم والتطبيق على سيناريو واقعي والتقييم والدعم بعد الإطلاق. ولا يكفي حضور دورة؛ إذ يقاس النجاح بالاستخدام الصحيح وانخفاض الخطأ والقدرة على التعامل مع الاستثناء.

تساعد شبكة سفراء أو مستخدمين متقدمين في نقل المعرفة وجمع الملاحظات. كما ينبغي توفير قناة للإبلاغ عن توصية غير منطقية أو مشكلة بيانات دون عقوبة، لأن الملاحظات التشغيلية جزء من مراقبة النظام.

يجب أن تتوافق الحوافز مع النتيجة المرغوبة. فإذا كوفئ الفرد على السرعة وحدها، قد تتراجع الجودة أو السلامة. وتحتاج مؤشرات الإنتاجية إلى توازن مع الدقة والخدمة والسلامة، خصوصًا عند إدخال الأتمتة.

5.20 دليل القرار قبل التوسع

قبل الانتقال من تجربة إلى تشغيل، ينبغي التحقق من خمسة محاور: قيمة مثبتة، وبيانات مستقرة، وأداء فني وتشغيلي مقبول، وحوكمة ومخاطر، وتبين وقدرة دعم. ويؤجل التوسع إذا غاب محور جوهري حتى لو كانت دقة النموذج مرتفعة.

يشمل القبول الفني اختبارات البيانات والنموذج والتكامل والأمن والاستجابة للتعطل. ويشمل القبول التشغيلي وضوح الإجراءات والمالك والتجاوز والتدريب والمراقبة. ويشمل قبول القيمة مقارنة بخط أساس خلال فترة مناسبة.

بعد التوسع تستمر المراقبة؛ لأن البيانات والعملية والسوق تتغير. وتحدد المؤسسة حدودًا للتنبيه والإيقاف وإعادة التدريب، وتراجع القيمة والتكلفة دوريًا، وتتوقف عن النموذج عندما لم يعد مناسبًا.

يمنع هذا الدليل تحول التجربة الناجحة في بيئة صغيرة إلى خطر واسع عند النشر، كما يمنع بقاء التجارب في مرحلة العرض دون مسؤولية تشغيلية. وهو يترجم نتائج الدراسة إلى نظام قرار قابل للتطبيق دون افتراض تفاصيل مؤسسة بعينها.

5.21 البرنامج الزمني المقترح للتنفيذ

يقدم البرنامج أفقًا إرشاديًا من ثلاث موجات، ولا يمثل وصفًا لواقع المؤسسات المشاركة. تبدأ الموجة الأولى بالتشخيص وضبط البيانات خلال فترة قصيرة نسبيًا، ثم تنتقل الثانية إلى حالات استخدام محددة، ثم تركز الثالثة على التوسع والحوكمة. وتعديل المؤسسة المدد وفق نضجها ومخاطرها ومواردها.

في الأشهر الأولى تُثبت ملكية العمليات والبيانات، وتوحد التعريفات، وتحدد المؤشرات وخط الأساس، وتختار حالة استخدام. ويجب أن تنتج المرحلة أدلة ملموسة مثل قاموس بيانات وخريطة تكامل وسجل جودة وتعريف حالة العمل، لا اجتماعات وتصورات فقط.

في الموجة الثانية تُبنى التجربة ببيانات تاريخية، وتختبر خارج العينة الزمنية عند الإمكان، ثم تجرّب مع المستخدمين في نطاق محدود. ويقاس الأداء الفني والتشغيلي والتبني، وتوثق حالات الفشل والتجاوز. ولا تنتقل الحالة إلى التشغيل قبل تحقق معايير القبول.

في الموجة الثالثة يدمج الحل في الإجراءات، وتؤسس مراقبة البيانات والنموذج والقيمة، وتوسع الحالات الناجحة تدريجيًا. كما تراجع المحفظة لإيقاف التجارب ضعيفة القيمة ومنع تراكم حلول غير مدعومة.

يمتد التدريب والاتصال والأمن والخصوصية عبر الموجات كلها. ولا يؤجل الأمن إلى ما قبل الإطلاق مباشرة؛ لأن بنية البيانات والصلاحيات والعقود تتشكل منذ البداية. كما لا يؤجل قياس القيمة، بل يحدد خط الأساس قبل بناء الحل.

جدول (5-6): البرنامج الزمني المقترح للتنفيذ

الفترة الإرشادية	الأولوية	المخرجات	بوابة القرار
0-3 أشهر	تشخيص وملكية	خريطة عملية وبيانات ومؤشرات	مشكلة ومالك واضحان
3-6 أشهر	جودة وتكامل	قاموس وقواعد جودة وخط أساس	بيانات صالحة
6-12 شهرًا	تجربة محدودة	نموذج ومقارنة وتقييم مخاطر	قيمة أولية مثبتة
12-18 شهرًا	دمج وتشغيل	إجراء وتدريب ومراقبة	أداء وتبين مستقران
18-36 شهرًا	توسع ومحفظة	حالات إضافية وحوكمة مؤسسية	عائد واستدامة

5.22 قواعد الانتقال من الدليل إلى القرار

القاعدة الأولى هي مطابقة قوة القرار لقوة الدليل. تكفي نتيجة وصفية لتحديد موضوع يستحق التشخيص، لكنها لا تكفي لاستثمار واسع. ويحتاج قرار التوسع إلى بيانات تشغيلية وتجربة وقيمة ومخاطر موثقة. وتمنع هذه القاعدة تحويل ارتباط الاستبانة إلى وعد مالي.

القاعدة الثانية هي الفصل بين الدلالة الإحصائية والأهمية العملية. قد يكون المعامل دالاً لكنه لا يحدد مقدار خفض الوقت أو التكلفة. وتحتاج الأهمية العملية إلى مؤشر ووحدة وخط أساس وهدف. كما قد تكون حالة صغيرة غير دالة في اختبار محدود لكنها ذات أهمية سلامة أو امتثال.

القاعدة الثالثة هي اختبار البدائل. لا يكفي أن يعمل الحل؛ بل يقارن بالطريقة الحالية وقاعدة أبسط وخيار عدم التنفيذ. وقد تكون قاعدة أعمال واضحة أكثر موثوقية وأقل تكلفة من نموذج معقد في بعض الحالات.

القاعدة الرابعة هي توثيق عدم اليقين. تعرض فترات الثقة والسيناريوهات والافتراضات، وتحدد الحالات التي لم يختبرها الحل. ويجب ألا تعرض التوصية للمستخدم بدرجة يقين أعلى مما يبرره النموذج.

القاعدة الخامسة هي الاستمرار في القياس بعد الإطلاق. يتغير الأداء والطلب والبيانات، وقد تتراجع القيمة. لذلك يمثل الإطلاق بداية دورة تشغيل ومراقبة، لا نهاية المشروع.

بتطبيق هذه القواعد تتحول نتائج الدراسة إلى قرارات متدرجة: تشخيص الفجوة، واختيار حالة، وتجربة، وقياس، ثم توسع مشروط. ويظل استكمال معلومات المجتمع والمعاينة والتحكيم والأخلاقيات شرطاً لاكتمال الوثيقة الأكاديمية، لكنه لا يمنع بناء الإطار العلمي والتنفيذي من البيانات المتاحة.

خلاصة الفصل الخامس

خلص الفصل إلى أن التحول الرقمي متقدم نسبياً، بينما لا يزال الذكاء الاصطناعي في مستوى متوسط، وأن المتغيرين يرتبطان بقوة بالأداء ويقدمان إسهاماً تنبؤياً دالاً. وتركز التوصيات على تحويل البنية الرقمية إلى تطبيقات ذكية قابلة للقياس، مع إدارة البيانات والمهارات والحوكمة، وقراءة النتائج ضمن قيود العينة والتصميم.

المراجع

المراجع العربية والوثائق الرسمية

- برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية. (2024). التقرير السنوي 2024. رؤية السعودية 2030. https://www.vision2030.gov.sa/media/uvknp4di/nidlp_annual_report-2024_-en.pdf
- مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية. (2016). رؤية المملكة العربية السعودية 2030. [/https://www.vision2030.gov.sa](https://www.vision2030.gov.sa)
- الهيئة العامة للإحصاء. (2023). إحصاءات أنشطة النقل والتخزين لعام 2023. <https://www.stats.gov.sa/documents/20117/2066979/transportation%2Band%2Bstorage%2Bactivities%2Bduring%2B2023EN.pdf>

المراجع الأجنبية

- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Baryannis, G., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Predicting supply chain risks using machine learning: The trade-off between performance and interpretability. *Future Generation Computer Systems*, 101, 993–1004. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.07.059>
- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: A literature review. *Industrial Management & Data Systems*, 119(2), 471–492. <https://doi.org/10.1108/IMDS-02-2018-0094>
- Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3>
- Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital supply chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157–177. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (6th ed.). Pearson.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.

- Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. *Computers in Industry*, 162, 104132. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9–30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>
- Frazelle, E. (2002). *World-class warehousing and material handling*. McGraw-Hill.
- Frederico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A., & Kumar, V. (2020). Supply Chain 4.0: Concepts, maturity and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(2), 262–282. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>
- Galbraith, J. R. (1974). Organization design: An information processing view. *Interfaces*, 4(3), 28–36. <https://doi.org/10.1287/inte.4.3.28>
- Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Dubey, R., Wamba, S. F., Childe, S. J., Hazen, B., & Akter, S. (2017). Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. *Journal of Business Research*, 70, 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.004>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage.
- Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
- Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of big data analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10–36. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0078>
- Mikalef, P., Krogstie, J., Pappas, I. O., & Pavlou, P. (2020). Exploring the relationship between big data analytics capability and competitive performance: The mediating roles of dynamic and operational capabilities. *Information & Management*, 57(2), 103169. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.05.004>
- Min, H. (2010). Artificial intelligence in supply chain management: Theory and applications. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13(1), 13–39. <https://doi.org/10.1080/13675560902736537>
- National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1). <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>

- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879>
- Rai, A., Patnayakuni, R., & Seth, N. (2006). Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities. *MIS Quarterly*, 30(2), 225–246. <https://doi.org/10.2307/25148729>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (8th ed.). Pearson.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2020). *Research methods for business: A skill-building approach* (8th ed.). Wiley.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations management* (6th ed.). Pearson.
- Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., & Nee, A. Y. C. (2019). *Digital twin driven smart manufacturing*. Academic Press.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122, 502–517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
- Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The processes of technological innovation*. Lexington Books.
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84. <https://doi.org/10.1111/jbl.12010>
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: A systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>

الملحق (أ): أداة الدراسة

عنوان الدراسة

أثر التحول الرقمي والنكاء الاصطناعي في سلاسل التوريد على الأداء التشغيلي في قطاع النقل والمستودعات في المملكة العربية السعودية

تعليمات الإجابة

يرجى اختيار الإجابة التي تعبر عن رأيك لكل فقرة وفق المقياس الآتي: (1) لا أوافق بشدة، (2) لا أوافق، (3) محايد، (4) أوافق، (5) أوافق بشدة. أُعيد بناء هذا الملحق حرفياً من ورقة «دليل الأسئلة» وفئات البيانات في ملف النتائج النهائي.

أولاً: البيانات الديموغرافية

الجنس: ذكر / أنثى.

الفئة العمرية: أقل من 25 / 35-44 / 25-34 / أكثر من 45.

المؤهل العلمي: ثانوي / دبلوم / بكالوريوس / ماجستير / دكتوراه.

سنوات الخبرة: أقل من 5 سنوات / 5-10 سنوات / 11-15 سنة / أكثر من 15 سنة.

القطاع: النقل / المستودعات / كلاهما.

ثانياً: فقرات الاستبانة

المحور الأول: التحول الرقمي

الرمز	الفقرة	الاستجابة
س1	تعتمد المؤسسة على الأنظمة الرقمية في إدارة العمليات اليومية.	1 2 3 4 5
س2	يتم تبادل المعلومات إلكترونياً بين الإدارات المختلفة.	1 2 3 4 5
س3	ساهم التحول الرقمي في تسريع إنجاز الأعمال.	1 2 3 4 5

الرمز	الفقرة	الاستجابة
س4	تستخدم المؤسسة أنظمة رقمية لمتابعة الشحنات.	1 2 3 4 5
س5	تساعد الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات.	1 2 3 4 5
س6	أدى التحول الرقمي إلى تقليل الأخطاء التشغيلية.	1 2 3 4 5
س7	توفر المؤسسة بنية تقنية تدعم التحول الرقمي.	1 2 3 4 5

المحور الثاني: الذكاء الاصطناعي

الرمز	الفقرة	الاستجابة
س8	تستخدم المؤسسة تقنيات الذكاء الاصطناعي في التخطيط.	1 2 3 4 5
س9	يساعد الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالطلب.	1 2 3 4 5
س10	يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين تخطيط النقل.	1 2 3 4 5
س11	تستخدم المؤسسة الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات.	1 2 3 4 5
س12	يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المستودعات.	1 2 3 4 5
س13	يسهم الذكاء الاصطناعي في تقليل الأخطاء التشغيلية.	1 2 3 4 5
س14	ترى أن الذكاء الاصطناعي يحسن كفاءة سلسلة التوريد.	1 2 3 4 5

المحور الثالث: الأداء التشغيلي

الرمز	الفقرة	الاستجابة
س15	انخفض زمن تنفيذ العمليات بعد تطبيق التقنيات الرقمية.	1 2 3 4 5
س16	تحسنت جودة الخدمات المقدمة للعملاء.	1 2 3 4 5
س17	انخفضت التكاليف التشغيلية.	1 2 3 4 5
س18	ارتفعت إنتاجية الموظفين.	1 2 3 4 5
س19	تحسن مستوى دقة العمليات.	1 2 3 4 5
س20	أصبحت المؤسسة أكثر قدرة على الاستجابة للتغيرات.	1 2 3 4 5
س21	ارتفع الأداء التشغيلي بشكل عام.	1 2 3 4 5

الملحق (ب): دليل الترميز واحتساب الدرجات

ب.1 ترميز الخصائص الديموغرافية

المتغير	الفئات كما وردت في الملف	نوعه
الجنس	ذكر؛ أنثى	اسمي
الفئة العمرية	أقل من 25؛ 25-34؛ 35-44؛ أكثر من 45	رتبي
المؤهل العلمي	ثانوي؛ دبلوم؛ بكالوريوس؛ ماجستير؛ دكتوراه	رتبي
سنوات الخبرة	أقل من 5؛ 5-10؛ 11-15؛ أكثر من 15	رتبي
القطاع	النقل؛ المستودعات؛ كلاهما	اسمي

ب.2 ترميز فقرات ليكرت

رُمرت الاستجابات: 1 = لا أوافق بشدة، 2 = لا أوافق، 3 = محايد، 4 = أوافق، 5 = أوافق بشدة. لا توجد فقرات عكسية في دليل الأسئلة النهائي.

ب.3 احتساب المحاور

درجة التحول الرقمي = مجموع س1 إلى س7 ÷ 7. درجة الذكاء الاصطناعي = مجموع س8 إلى س14 ÷ 7. درجة الأداء التشغيلي = مجموع س15 إلى س21 ÷ 7. ويحتفظ المتوسط بمدى 1-5.

المحور	الفقرات	العدد	المعادلة
التحول الرقمي	س1-س7	7	$\Sigma(س1:س7)/7$
الذكاء الاصطناعي	س8-س14	7	$\Sigma(س8:س14)/7$
الأداء التشغيلي	س15-س21	7	$\Sigma(س15:س21)/7$

ب.4 قواعد التفسير

منخفض: 00-2.33.1؛ متوسط: 34-3.67.2؛ مرتفع: 68-5.00.3. وتستخدم الحدود للوصف فقط، ولا تمثل معيار اعتماد مؤسسي أو مستوى أداء موضوعيًا.

الملحق (ج): توثيق إجراءات جمع البيانات والتجربة الأولية

يوثق هذا الملحق الإجراءات الفعلية التي أفاد بها الباحث، دون إضافة تحكيم أو موافقة رسمية لم تحدث.

جدول (ج-1): سجل إجراءات الدراسة الميدانية

التوثيق	الإجراء
20 موظفًا في النقل قبل 1 مايو 2026؛ خارج العينة النهائية	التجربة الأولية
تعديلات لغوية محدودة لتحسين وضوح بعض الفقرات	نتيجة التجربة
لم يجر تحكيم مستقل من خبراء	التحكيم الرسمي
1 مايو-1 يوليو 2026	فترة الجمع
نحو 110	عدد المدعوين
50؛ دون استبعاد	عدد الاستجابات الصالحة
نحو 45.5%	معدل الاستجابة
Google Forms؛ LinkedIn؛ WhatsApp؛ البريد؛ لقاء مباشر	قنوات التوزيع
نحو 5 استجابات أدخلها الباحث وفق إجابات المشاركين	المساعدة المباشرة
لم تجمع أسماء أو بريدًا إلكترونيًا أو أسماء شركات	المعرفات
نحو 20 مؤسسة دون ذكر الأسماء	عدد المؤسسات
لا يوجد رقم أو قرار مؤسسي	الموافقة الأخلاقية الرسمية
لم تُستخدم آلية تقنية مستقلة	منع التكرار
لا توجد مقابلات أو ملاحظات مسجلة للتحليل	البيانات النوعية

الملحق (د): سجل تدقيق الحسابات الإحصائية

د.1 ثوابت التحقق الأساسية

المؤشر	القيمة المرجعية
عدد الحالات	50
عدد الفقرات	21
متوسط التحويل الرقمي	3.811429
متوسط الذكاء الاصطناعي	3.648571
متوسط الأداء التشغيلي	3.785714
ألفا التحويل الرقمي	0.940940
ألفا الذكاء الاصطناعي	0.857678
ألفا الأداء التشغيلي	0.919467
R^2	0.840521
F	123.854741

د.2 خطوات إعادة الإنتاج

1. فتح ورقة البيانات الفردية وتحديد الصفوف 51-2.
2. التحقق من أن الأعمدة س1-س21 رقمية وضمن 5-1.
3. حساب متوسطات المحاور لكل صف وفق دليل الترميز.
4. حساب الإحصاءات الوصفية والتكرارات من الأعمدة الأصلية.
5. حساب ألفا والارتباطات المصححة داخل كل مجموعة من سبع فقرات.
6. حساب بيرسون بين متوسطات المحاور.
7. تقدير الانحدار الخطي المتعدد بالأداء التشغيلي متغيرًا تابعًا.

8. مقارنة القيم الناتجة بثوابت التحقق قبل تحديث الجداول.

أي اختلاف يتجاوز أثر التقريب يستلزم مراجعة نطاق الصفوف، وتعريف الانحراف المعياري، وطريقة التعامل مع القيم المفقودة، وصيغة المتوسطات.

MidOcean University

College of Management

Master of Business Administration

**The Impact of Digital Transformation and Artificial
Intelligence in Supply Chains on Operational Performance
in Saudi Arabia's Transportation and Warehousing Sector**

Prepared by

Kumail Al-Sawaf

Student ID: 253003019

Supervised by

د. الفیصل عبد الحمید

Academic Year: 1448 AH / 2026