

عنوان البحث:

التحول الرقمي في تطوير إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع السعودية (مصانع الجبيل الصناعية)

إعداد الطالب:

حسين علي حسين رزحان

الرقم الجامعي:

252001653

إشراف:

د. الفيصل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2026 م / 1447 هـ

قائمة المحتويات:

2	قائمة المحتويات:
3	قائمة الجداول:
4	قائمة الاشكال:
5	المستخلص:
7	الفصل الأول:
7	مقدمة:
10	مشكلة الدراسة:
12	أهمية الدراسة:
15	اهداف الدراسة:
16	تساؤلات الدراسة:
17	فرضيات الدراسة:
18	النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:
21	الفصل الثاني: الدراسات السابقة
21	مقدمة:
23	متغيرات الدراسة:
25	الدراسات السابقة:
31	الاطار النظري:
36	الفصل الثالث: منهجية الدراسة
36	مقدمة:
38	المنهجية وطرق البحث:
40	مجتمع البحث:
41	حدود الدراسة:
42	خطوات جمع البيانات:
44	محددات حجم العينة:
47	الفصل الرابع: نتائج الدراسة
49	تحليل البيانات:
81	Abstract
82	المراجع:

قائمة الجداول:

- جدول 1 : الوصف الاحصائي لبيانات الدراسة 52
- جدول 2 : الوصف الاحصائي لعمر المشاركين في التجربة 53
- جدول 3 : الوصف الاحصائي لجنس المشاركين في التجربة 54
- جدول 4 : الوصف الاحصائي للدرجة العلمية للمشاركين في التجربة 55
- جدول 5 : الوصف الاحصائي ليعتخدم المصنع أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية 56

- جدول 6 : الوصف الاحصائي ليتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً. 56
- جدول 7 : الوصف الاحصائي لتعتمد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة لتخطيط المشاريع. 57
- جدول 8 : الوصف الاحصائي لتوجد استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع. 58
- جدول 9 : الوصف الاحصائي ليتم استخدام تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات. 59
- جدول 10 : الوصف الاحصائي لأدى التحول الرقمي إلى تقليل فترات توقف المعدات عن العمل. 60
- جدول 11 : الوصف الاحصائي لمساعدت الأنظمة الرقمية في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة. 61
- جدول 12 : الوصف الاحصائي لأسهمت الرقمنة في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة. 62
- جدول 13 : الوصف الاحصائي لحسنت التقنيات الرقمية من جودة أعمال الصيانة المنفذة. 63
- جدول 14 : الوصف الاحصائي لزادت الرقمنة من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي. 64
- جدول 15 : الوصف الاحصائي لتساعد التقنيات الرقمية في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة. 65
- جدول 16 : الوصف الاحصائي لنتيح الرقمنة تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة. 66
- جدول 17 : الوصف الاحصائي ليعتمد مديرو المشاريع على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل. 67
- جدول 18 : الوصف الاحصائي لثسهم الأنظمة الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها. 68
- جدول 19 : الوصف الاحصائي لأدت التحليلات الرقمية إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية. 69
- جدول 20 : ملخص معالجة القضية. 70
- جدول 21 : إحصائيات الموثوقية. 71
- جدول 22 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تطوير أداء الصيانة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية. 76
- جدول 23 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية. 77
- جدول 24 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات الدقيقة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية. 77
- جدول 25 : تحليل التباين الأحادي. 78
- جدول 26 : ملخص نموذج عامل بايز. 79
- جدول 27 : تقديرات بايزية لتباين الخطأ. 79
- جدول 28 : إحصاءات العينة الواحدة. 80
- جدول 29 : اختبار العينة الواحدة. 80

قائمة الاشكال:

- رسم توضيحي 1: الاطار النظري للدراسة. 32
- رسم توضيحي 1 : التمثيل البياني لعمر المشاركين في التجربة. 53
- رسم توضيحي 2 : التمثيل البياني لجنس المشاركين في التجربة. 54
- رسم توضيحي 3:الدرجة العلمية للمشاركين في التجربة. 55
- رسم توضيحي 4 : التمثيل البياني ليستخدم المصنع أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية. 56
- رسم توضيحي 5 : التمثيل البياني ليتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً. 57
- رسم توضيحي 6 : التمثيل البياني لتعتمد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة لتخطيط المشاريع. 58
- رسم توضيحي 7 : التمثيل البياني لتوجد استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع. 59

- رسم توضيحي 8 : التمثيل البياني ليتم استخدام تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات 60
- رسم توضيحي 9 : التمثيل البياني لأدى التحول الرقمي إلى تقليل فترات توقف المعدات عن العمل 61
- رسم توضيحي 10 : التمثيل البياني لمساعدت الأنظمة الرقمية في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة 62
- رسم توضيحي 11 : التمثيل البياني لأسهمت الرقمنة في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة 63
- رسم توضيحي 12 : التمثيل البياني لحسنت التقنيات الرقمية من جودة أعمال الصيانة المنفذة 64
- رسم توضيحي 13 : التمثيل البياني لزادت الرقمنة من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي 65
- رسم توضيحي 14 : التمثيل البياني لتساعد التقنيات الرقمية في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة 66
- رسم توضيحي 15 : التمثيل البياني لتتيح الرقمنة تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة 67
- رسم توضيحي 16 : التمثيل البياني ليعتمد مديرو المشاريع على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل 68
- رسم توضيحي 17 : التمثيل البياني لتسهم الأنظمة الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها 69
- رسم توضيحي 18 : التمثيل البياني لأدت التحليلات الرقمية إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية 70
- رسم توضيحي 20 : المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تطوير أداء الصيانة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية 76
- رسم توضيحي 21 : المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية 77
- رسم توضيحي 22 : المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات الدقيقة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية 78

المستخلص:

تبحث هذه الدراسة في تأثير التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع الواقعة بمدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية. ويهدف البحث إلى تقييم مدى تبني النظام الرقمي وأثره على أداء الصيانة، وتقليل الأخطاء، وكفاءة اتخاذ القرارات. جُمعت البيانات من 173 مشاركًا يمثلون المهندسين والفنيين والمشرفين، باستخدام استبيانات مُهيكلّة.

كشفت التحليلات الإحصائية، بما في ذلك الإحصاءات الوصفية والجداول المتقاطعة واختبارات مربع كاي، عن مستوى متوسط من تبني النظام الرقمي، بمتوسط درجات يتراوح بين 2.12 و 3.65. تشير

النتائج إلى أن الأنظمة الرقمية تؤثر إيجاباً على أداء الصيانة، وتقلل من الأخطاء البشرية، وتُسهّل اتخاذ قرارات دقيقة وفي الوقت المناسب، على الرغم من وجود بعض الثغرات في التخطيط الاستراتيجي والمراقبة الآنية. أكد تحليل الموثوقية اتساق أداة الدراسة (ألفا كرونباخ = 0.893).

تُسلط النتائج الضوء على أنه في حين يجري التحول الرقمي في هذه المصانع، يُوصى بمزيد من دمج التقنيات المتقدمة مثل إنترنت الأشياء والتحليلات التنبؤية لتحسين إدارة الصيانة وتعزيز الكفاءة التشغيلية.

الفصل الأول:

مقدمة:

شهد القطاع الصناعي في المملكة العربية السعودية تحولات جوهرية في السنوات الأخيرة، بفضل التطورات التكنولوجية السريعة والأهداف الاستراتيجية المحددة في رؤية 2030. تُعد الصيانة الميكانيكية من أهم مجالات العمليات الصناعية، إذ تضمن كفاءة عمليات الإنتاج وموثوقيتها واستدامتها. تعتمد مصانع مدينة الجبيل الصناعية، إحدى أكبر المراكز الصناعية في المملكة، بشكل كبير على أنظمة ميكانيكية معقدة لضمان استمرارية الإنتاج، وتلبية متطلبات السلامة، وخفض تكاليف التشغيل. ورغم الاستثمارات الكبيرة في البنية التحتية والموارد البشرية، لا تزال العديد من هذه المنشآت تعاني من صعوبة إدارة مشاريع الإصلاحات الميكانيكية بكفاءة. وقد أثبتت حلول الصيانة التقليدية، التي غالبًا ما تعتمد على مناهج تفاعلية أو دورية، عدم ملاءمتها لتلبية المتطلبات الديناميكية للعمليات الصناعية الحالية. ويُعدّ توقف المعدات غير المخطط له، وعدم كفاءة جدولة الصيانة، والنفقات التشغيلية الباهظة، وضعف القدرة على متابعة أداء الأصول، من المخاوف الشائعة التي تعيق الإنتاج الإجمالي. وتُبرز هذه المشاكل الحاجة إلى طرق مبتكرة تستخدم التكنولوجيا الناشئة لتحسين إجراءات إدارة الصيانة ومطابقتها مع معايير التميز التشغيلي العالمية (Ezmigna، 2024).

يُقدّم التحول الرقمي، الذي يُعرّف بأنه مزيج من تكنولوجيا المعلومات المتطورة، وتحليلات البيانات، والأنظمة الذكية، حلاً فعالاً لهذه الصعوبات. فباستخدام الحلول الرقمية، يُمكن للمؤسسات الصناعية التحول من الصيانة التفاعلية إلى نماذج تنبؤية واستباقية، مما يُجنبها فترات التوقف غير المُخطّط لها، ويُحسّن تخصيص الموارد، ويُحسّن عمليات صنع القرار. ويتيح استخدام التقنيات الرقمية، مثل إنترنت الأشياء (IoT)، والتحليلات التنبؤية، وأنظمة التوأمة الرقمية، ومنصات المراقبة السحابية، تتبّع أداء المعدات في الوقت الفعلي، والكشف المُبكر عن الأعطال المُحتملة، وأتمتة سير عمل الصيانة. ولا تُحسّن هذه التقنيات الكفاءة التشغيلية فحسب، بل تُوفّر أيضاً رؤى استراتيجية تُساعد في تخطيط إدارة الأصول على المدى الطويل (Kambala، 2025).

يُعدّ اعتماد حلول الصيانة الرقمية بالغ الأهمية في مدينة الجبيل الصناعية نظراً لحجم الأنشطة الصناعية وتعقيدها. تضمّ المدينة مجموعةً مُتنوّعة من مرافق التصنيع، بما في ذلك مصانع البتروكيماويات، ووحدات إنتاج الصلب، والشركات التي تعتمد على الآلات بكثافة. وكثيراً ما تُعرّض المعدات الميكانيكية لأحمال تشغيلية شديدة وضغوط بيئية. يُعدّ ضمان استمرار تشغيل هذه الأصول أمراً بالغ الأهمية، إذ يُمكن أن يؤدي أي انقطاع غير مُخطّط له إلى خسائر مالية جسيمة، واضطراب في سلسلة التوريد، ومخاطر تتعلق بالسلامة. علاوة على ذلك، تتطلب الطبيعة التنافسية للقطاع الصناعي تطويراً مستمراً لأساليب التشغيل، حيث تُحقّق زيادة الكفاءة وتوفير التكاليف فوائد كبيرة (Alghuried، 2024).

على الرغم من الفوائد الواضحة للرقمنة، إلا أن اعتماد هذه التقنيات في مشاريع الصيانة الميكانيكية لدى المُصنّعين السعوديين يُواجه عدداً من العقبات. يُعدّ الجاهزية التنظيمية، وفجوات مهارات العمال، وتكاليف الاستثمار الأولية الكبيرة، ومقاومة التغيير من العوائق الشائعة أمام التنفيذ الناجح لبرامج التحول الرقمي. علاوة على ذلك، فإن تباين المعدات، وإجراءات الصيانة المُتغيرة، وتكامل الأنظمة القديمة، كلها عوامل تُعيق عملية التحول الرقمي. ونتيجةً لذلك، من الضروري وضع استراتيجية مُهيكلّة لتقييم الوضع الحالي لإدارة الصيانة، وتحديد الحلول الرقمية المُجدية، ووضع خارطة طريق مُخصصة للتنفيذ تتوافق مع أهداف المؤسسة وقيودها التشغيلية (Shonubi، 2025).

تُشير الأبحاث الأكاديمية والتجارية إلى أن التحول الرقمي الناجح في إدارة الصيانة يتطلب مزيجاً من تبني التكنولوجيا، وتغيير العمليات، وإشراك العمال. عادةً ما تشهد المؤسسات التي تُدمج بنجاح التحليلات التنبؤية والمراقبة عن بُعد وجدولة الصيانة الآلية زيادات ملحوظة في جاهزية المعدات، وكفاءة التشغيل، وفعالية التكلفة. في المملكة العربية السعودية، تُبرز البرامج الحكومية، مثل برنامج مصانع المستقبل وأطر تبني

الثورة الصناعية الرابعة، الأهمية الاستراتيجية لتبني التقنيات الرقمية لتحسين القدرة التنافسية الصناعية. تهدف هذه الجهود إلى تحسين النضج الرقمي لمنشآت التصنيع، وتشجيع الابتكار، وتسهيل نقل المعلومات، مما يساهم في تطوير المنظومة الصناعية الوطنية (Okolie، 2024).

تهدف الدراسة الحالية إلى استكشاف إمكانات التحول الرقمي في تحسين إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في الصناعات بمدينة الجبيل الصناعية. ويسعى المشروع إلى إنشاء إطار عمل متكامل يدعم المؤسسات في تخطيط وتنفيذ استراتيجيات الصيانة الرقمية بكفاءة من خلال دراسة عمليات الصيانة الحالية، وتحديد التقنيات الأساسية المؤهلة للنشر، وتقييم النتائج المتوقعة. كما تتناول الدراسة العوامل التي تُحفّز تبني التكنولوجيا الرقمية بنجاح، مثل الثقافة التنظيمية، ودعم القيادة، وقدرات القوى العاملة، والبنية التحتية التكنولوجية. يُعدّ فهم هذه العناصر أمرًا بالغ الأهمية لتطوير حلول لا تقتصر على تعليم الأدوات المُحسّنة فحسب، بل تُحدث أيضًا تغييرات طويلة الأمد في ممارسات إدارة الصيانة (Albukhitan، 2020).

وتُعزز الأهمية الاقتصادية والاستراتيجية لمدينة الجبيل الصناعية، كمركز صناعي رئيسي في المملكة العربية السعودية، أهمية هذا البحث. إذ يُمكن أن يؤدي تحسين إدارة مشاريع الصيانة من خلال التحول الرقمي إلى تقليل المخاطر التشغيلية، وتحسين استمرارية الإنتاج، وتحسين التكاليف، وزيادة القدرة التنافسية الوطنية والدولية. علاوة على ذلك، يُمكن أن تُساعد نتائج الدراسة السياسيين وقادة الصناعة والمهندسين على فهم أفضل الممارسات والتقنيات الفعالة لدمج التقنيات الرقمية في مشاريع الصيانة الميكانيكية. من خلال سد الفجوة بين الأطر النظرية والتطبيقات العملية، تُثري هذه الدراسة المعرفة الأوسع حول الرقمنة في إدارة الصيانة الصناعية، وتُقدم نصائح قيّمة لأصحاب المصلحة في هذا القطاع (Alayed، 2025).

وأخيرًا، يتماشى التحول إلى إدارة مشاريع الصيانة الرقمية مع الأهداف الشاملة للتنمية الصناعية المستدامة، والتميز التشغيلي، والابتكار التكنولوجي. كما يلبي هذا التحول الحاجة الماسة إلى تحسين العمليات الصناعية، وتقليل هدر الموارد، وضمان موثوقية وسلامة الأنظمة الميكانيكية. ومن المتوقع أن تُوضح نتائج الدراسة كيف يُمكن للتحول الرقمي أن يُمثل حافزًا لتحسين إجراءات الصيانة، وزيادة الكفاءة التنظيمية، وضمان استمرارية الأنشطة الصناعية في الجبيل على المدى الطويل. وتؤكد الدراسة على أنه على الرغم من الآفاق الواعدة للتحول الرقمي، إلا أن نجاح تنفيذه يتطلب تخطيطًا دقيقًا، ومواءمة استراتيجية، ومراقبة منتظمة لتحقيق النتائج المرجوة (Osemeike، 2024).

وباختصار، يُعد دمج التكنولوجيا الرقمية في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية مطلبًا استراتيجيًا للمنشآت الصناعية التي تسعى إلى تحسين الأداء والموثوقية والقدرة التنافسية. من خلال دراسة الممارسات الحالية، وتحديد فرص التدخل الرقمي، واقتراح إطار عمل تطبيقي منظم، تأمل هذه الدراسة في تقديم رؤى قيّمة تُسهم في التنبؤ الفعال للتحوّل الرقمي في القطاع الصناعي السعودي، وخاصةً في المصانع كثيفة الاستخدام للآلات في مدينة الجبيل الصناعية. تشمل المساهمات البحثية المتوقعة تطورات نظرية وإرشادات عملية، مما يُوفر خارطة طريق للمؤسسات الصناعية للتعامل مع تعقيدات التحوّل الرقمي مع تحقيق تحسينات ملموسة في كفاءة الصيانة وإدارة التكاليف والمرونة التشغيلية.

مشكلة الدراسة:

الصيانة الميكانيكية مهمة أساسية في العمليات الصناعية، إذ تضمن موثوقية المعدات واستمرارية التشغيل والسلامة. ولا تزال ممارسات الصيانة التقليدية في مصانع مدينة الجبيل الصناعية تتسم بالتفاعلية، مع عمليات تفتيش دورية وحفظ سجلات يدوية. وكثيرًا ما تؤدي هذه الطريقة إلى أعطال غير متوقعة في المعدات، وتوقف غير مُجدول، وارتفاع في نفقات التشغيل، وضعف في تخصيص الموارد. كما أن نقص الأدوات الرقمية، والمراقبة الآنية، واتخاذ القرارات القائمة على البيانات، يعيق القدرة على توقع المشاكل وتحسين مبادرات الصيانة. وتُعد معالجة هذه المشكلة أمرًا بالغ الأهمية لتحسين إدارة المشاريع، وزيادة أداء المعدات، وخفض التكاليف، وتشجيع تبني التحوّل الرقمي في المنشآت الصناعية كثيفة الاستخدام للميكانيكا.

1. ممارسات صيانة غير فعّالة

تعتمد الصيانة الميكانيكية في العديد من منشآت مدينة الجبيل الصناعية بشكل رئيسي على إجراءات رد الفعل والإجراءات الوقائية القديمة، والتي غالبًا ما تفشل في التنبؤ بأعطال المعدات. تؤدي هذه الممارسات إلى توقفات متكررة وغير متوقعة، وارتفاع في نفقات التشغيل، وانخفاض في كفاءة الإنتاج. كما أن عدم القدرة على تتبع حالة المعدات آنياً يمنع المديرين من اتخاذ قرارات في الوقت المناسب. ومع ازدياد تطور المصانع، تصبح الأنظمة القديمة غير قادرة على التعامل مع حجم الأنشطة، مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية وتأخير جداول الصيانة. ويبرز هذا النقص في الكفاءة الحاجة إلى حلول رقمية تُحدث عمليات الصيانة وتحافظ على موثوقية عمليات الإنتاج (Iwarue، 2025).

2. ارتفاع تكاليف التشغيل

تُمثل تكاليف الصيانة جزءًا كبيرًا من تكاليف التشغيل في المصانع الصناعية. وكثيرًا ما تؤدي أعطال المعدات غير المخطط لها إلى إصلاحات طارئة تتطلب عملاً إضافيًا وقطع غيار مُسرَّعة وموارد إضافية. ولا تزيد هذه الإجراءات الرد الفعلية من تكاليف الصيانة فحسب، بل تُعيق أيضًا أنشطة الإنتاج المجدولة. وبدون تقنيات المراقبة الرقمية، يُصبح التنبؤ بمثل هذه الأعطال مستحيلًا عمليًا، مما يُعرّض الصناعات لانقطاعات مُكلفة. لذا، يركز تحدي الدراسة على تحديد كيفية إسهام التحول الرقمي في تحسين نفقات الصيانة من خلال تمكين الإدارة التنبؤية والاستباقية، وتقليل تخصيص الموارد غير الضرورية، وتعزيز فعالية التكلفة الإجمالية في مشاريع الصيانة الميكانيكية (Weidner، 2023).

3. محدودة الرؤية الآنية

تفتقر مصانع الجبيل في كثير من الأحيان إلى أنظمة متكاملة لمراقبة المعدات الميكانيكية آنيًا. لا يستطيع المديرون مراقبة حالة المعدات، أو مؤشرات أدائها، أو أي تشوهات بشكل مستمر دون استخدام أجهزة استشعار تدعم إنترنت الأشياء أو لوحات معلومات مركزية. تُعيق هذه الرؤية المحدودة اتخاذ القرارات السريعة، وقد تؤدي إلى فترات توقف طويلة أو قصور في الكفاءة غير مكتشف. يؤكد تحدي الدراسة على ضرورة الحلول الرقمية التي توفر معلومات آنية حول مشاكل المعدات، مما يسمح لفرق الصيانة بالتصرف بسرعة وتقليل المخاطر. تُعد زيادة الرؤية أمرًا بالغ الأهمية للانتقال من نماذج الصيانة التفاعلية إلى نماذج الصيانة التنبؤية، مما يمكن أن يعزز بشكل كبير من موثوقية التشغيل والإنتاجية (Nasir، 2025).

4. المعدات المعقدة والمتنوعة

تُعد التوربينات والمضخات والضواغط وخطوط التجميع أمثلة على الأنظمة الميكانيكية المتنوعة والمتطورة الموجودة في المؤسسات الصناعية. لكل نوع من المعدات متطلبات صيانة وأنماط أعطال مختلفة. تُضيف إدارة مشاريع الصيانة عبر هذه الأنظمة المتنوعة باستخدام أساليب يدوية أو شبه رقمية تعقيدًا تشغيليًا وتزيد من احتمالية حدوث أخطاء. تتطلب هذه المشكلة البحث في الأطر الرقمية القادرة على توحيد عمليات المراقبة وجمع البيانات والتحليلات التنبؤية لمختلف الأصول الميكانيكية، مما يضمن استمرار كفاءة إدارة الصيانة وموثوقيتها على الرغم من تنوع المعدات (Mallioris، 2024).

5. فجوات مهارات القوى العاملة

يتطلب التنفيذ الناجح لتقنيات الصيانة الرقمية وجود موظفين قادرين على تشغيل أنظمة متطورة. تُدرب العديد من شركات الجبيل موظفي الصيانة بشكل أساسي باستخدام الأساليب التقليدية، وقد يفتقرون إلى المعرفة

الرقمية أو القدرات التحليلية. تُعيق هذه الفجوة في المهارات تطبيق حلول الصيانة التنبؤية، ومنصات إنترنت الأشياء، ولوحات المعلومات الرقمية. يستكشف سؤال الدراسة كيف يُمكن للمؤسسات سد هذه الفجوة من خلال ضمان دعم التحول الرقمي بموظفين مؤهلين قادرين على فهم البيانات في الوقت الفعلي، وإجراء صيانة قائمة على الحالة، وتطبيق الرؤى لتحسين نتائج مشاريع الصيانة الميكانيكية (Turcan، 2024).

6. مقاومة التغيير

غالبًا ما يُقابل إدخال التقنيات الرقمية في أساليب الصيانة التقليدية بمعارضة من الأشخاص الذين اعتادوا على سير العمل التقليدي. قد يعتبر المديرون والفنيون الحلول الرقمية مُعطّلة أو غير ضرورية، مما يؤدي إلى تردهم في تطبيقها. يمكن أن تُعيق هذه المقاومة تنفيذ المشروع، وتحد من استخدام النظام، وتُعرض المزايا المتوقعة للخطر. تُركّز مشكلة الدراسة على صعوبة التغلب على الجمود التنظيمي، وزيادة قبول التحول الرقمي، ودمج أدوات جديدة في عمليات الصيانة الحالية. يُعدّ فهم الجوانب الثقافية والإدارية أمرًا بالغ الأهمية لتطوير أساليب تُعزّز الانتقال السلس وتضمن فعالية مشاريع الصيانة الرقمية (Scholkman، 2021).

7. التكامل مع الأنظمة القديمة

تستخدم العديد من المصانع معدات وبرامج ميكانيكية قديمة لم تكن مصممة للتكامل الرقمي الحالي. قد يكون دمج هذه المعدات مع أجهزة إنترنت الأشياء، أو التحليلات التنبؤية، أو منصات المراقبة المركزية، صعبًا من الناحية الفنية. قد يؤدي عدم التوافق إلى فقدان البيانات، أو توقعات خاطئة، أو مشاكل تشغيلية. تتمثل مشكلة الدراسة في اكتشاف أساليب للتكامل السلس، مما يسمح باتخاذ قرارات قائمة على البيانات دون المساس بالعمليات الجارية. يُعدّ استكشاف استراتيجيات لربط المعدات القديمة بالأطر الرقمية الحالية أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق الإمكانيات الكاملة للصيانة التنبؤية والاستباقية في العمليات الصناعية.

أهمية الدراسة:

- الأهمية العلمية:

1. التطورات في الصيانة الرقمية

تُعزّز هذه الدراسة الفهم العلمي لكيفية تطبيق التحول الرقمي، وتحديدًا في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المؤسسات الصناعية. وتبحث في تكامل تقنيات مثل إنترنت الأشياء، والتحليلات التنبؤية، والتوائم الرقمية،

لتقديم دراسة مُنظمة للتحسينات المُحتملة في الكفاءة التشغيلية، وموثوقية المعدات، وعمليات صنع القرار. تُعالج الدراسة فراعاً في الأدبيات من خلال التركيز على بيئة صناعية سعودية لم تحظَ باهتمام يُذكر في الأبحاث السابقة، مُقدمةً رؤى جديدة للباحثين والممارسين في مجال الهندسة الصناعية وإدارة المشاريع (You، 2021).

2. تطوير إطار عمل للتحويل الرقمي

تتمثل المساهمة العلمية لهذه الدراسة في إنشاء إطار عمل مفاهيمي وعملي لتطبيق الحلول الرقمية في مشاريع الصيانة الميكانيكية. يُحدد هذا الإطار المتغيرات والتفاعلات والعمليات المهمة التي تؤثر على فعالية التبني، مما يُنتج نموذجاً منهجياً يُمكن استخدامه في الأبحاث المستقبلية. من خلال تقديم استراتيجية مُعتمدة مُصممة خصيصاً للسياقات الصناعية المُعقدة، يُضيف هذا العمل إلى مجموعة الأدوات المنهجية المُتاحة للباحثين في إدارة الصيانة وتطبيقات الصناعة 4.0 (Saihi، 2023).

3. الأدلة التجريبية لنتائج التحويل الرقمي

تجمع الدراسة بيانات فعلية حول تأثير التكنولوجيا الرقمية على أداء مشاريع الصيانة. وتقدم أدلة قابلة للقياس على انخفاض وقت التوقف عن العمل، وتوفير التكاليف، وتحسين تخصيص الموارد، وزيادة موثوقية المعدات، من خلال تحليل دراسات الحالة، والاستطلاعات، والبيانات التشغيلية الفعلية من مؤسسات مدينة الجبيل الصناعية. تُعزز هذه النتيجة الحجة العلمية لدعم التحويل الرقمي في الصيانة الصناعية، مما يمهد الطريق لمزيد من البحث في حلول الصيانة التنبؤية والقائمة على الظروف (Zaman، 2024).

4. تكامل المعرفة متعدد التخصصات

تُعد الهندسة الميكانيكية، والإدارة الصناعية، وتكنولوجيا المعلومات، وتحليلات البيانات من بين المجالات العلمية التي تناولتها الدراسة. وتبحث الدراسة في كيفية تأثير الابتكار التكنولوجي على الجوانب البشرية، والثقافة التنظيمية، والعمليات التشغيلية. يُحسن هذا النهج متعدد التخصصات المعرفة بالديناميكيات المُعقدة التي تدعم التحويل الرقمي، مما يوفر منظوراً شاملاً مفيداً لكل من البحث الأكاديمي والبحث الصناعي العملي (Nwulu، 2023).

5. مساهمة في أبحاث متخصصة

تركز الدراسة على الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية، التي تتميز بعمليات واسعة النطاق، وتنوع في المعدات، وأهميتها الاقتصادية الحيوية. يُقدم هذا التركيز المحلي رؤى

مدرسة للسياق، يمكن تطبيقها على حالات صناعية مماثلة حول العالم. كما تُحدد الدراسة أفضل الممارسات، وأنماط تبني التكنولوجيا، والصعوبات المحتملة، مما يُعزز المعرفة المتوفرة حول التحول الرقمي في الصناعات الثقيلة (Jamil، 2018).

- الأهمية العملية:

1. تحسين كفاءة الصيانة

تقترح الدراسة أفكارًا عملية لزيادة كفاءة مشاريع الإصلاح الميكانيكي. من خلال تطبيق المراقبة الرقمية، والتحليلات التنبؤية، والعمليات الآلية، يُمكن للمصنعين تقليل فترات التوقف غير المخطط لها، وتحسين تخصيص الموارد، وتبسيط عمليات الصيانة. يُترجم هذا فورًا إلى استمرارية إنتاجية أكبر وانقطاعات تشغيلية أقل، وكلاهما أمر بالغ الأهمية لتعزيز تنافسية القطاع الصناعي (Benhanifia، 2025).

2. خفض التكاليف وتحسين الموارد

يمكن أن يؤدي تطبيق التحول الرقمي في إدارة الصيانة إلى خفض تكاليف التشغيل بشكل كبير من خلال القضاء على الإصلاحات الطارئة، وهدر قطع الغيار، وعدم كفاءة العمالة. توضح الدراسة كيف تُساعد الصيانة التنبؤية واتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات مديري الصناعة على تخصيص الموارد بفعالية أكبر، مما يُمكنهم من تحقيق كفاءة أكبر في التكلفة مع الحفاظ على موثوقية المعدات ومعايير السلامة (Sophie، 2025).

3. دعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية

تُوفر الدراسة للمديرين والمهندسين رؤى عملية تستند إلى بيانات آنية وأدوات تحليلية. يُمكن تحسين رؤية أداء المعدات من اتخاذ قرارات مدروسة بشأن جدولة الصيانة، والاستثمار الرأسمالي، والتخطيط التشغيلي. يضمن هذا التطبيق العملي للتقنيات الرقمية أن تكون قرارات الصيانة استباقية، وقائمة على الأدلة، ومتوافقة مع أهداف المؤسسة.

4. تطوير القوى العاملة المُيسر

تُسلط الدراسة الضوء على أهمية الموارد البشرية في نجاح التحول الرقمي. فهي تُوجّه أنشطة تطوير القوى العاملة من خلال تحديد احتياجات التدريب والمهارات اللازمة لتشغيل أدوات الإصلاح الرقمية. يُمكن للمنشآت الصناعية الاستفادة من هذه الرؤى لتحسين قدرات الموظفين، وزيادة استخدام التكنولوجيا، وبناء ثقافة التعلم المستمر التي تُعزز المرونة التشغيلية على المدى الطويل.

اهداف الدراسة:

- الهدف الرئيسي:

يهدف هذا البحث بشكل رئيسي إلى تحديد كيفية إسهام التحول الرقمي في تحسين إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في الشركات الصناعية بمدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية.

- الأهداف الفرعية:

1. تقييم الوضع الراهن لممارسات إدارة الصيانة

تقييم إجراءات الصيانة الميكانيكية الحالية في مصانع مختارة، وتحديد نقاط القوة والضعف، والمجالات التي يمكن أن تحقق فيها التكنولوجيا الرقمية مكاسب ملموسة في الكفاءة والموثوقية والفعالية من حيث التكلفة.

2. تحديد التقنيات والأدوات الرقمية ذات الصلة

تحديد أي التقنيات الرقمية، مثل مستشعرات إنترنت الأشياء، والتحليلات التنبؤية، ومنصات التوأمة الرقمية، هي الأكثر ملاءمة وفعالية لإدارة مشاريع الإصلاحات الميكانيكية في المؤسسات الصناعية السعودية.

3. إنشاء إطار مفاهيمي للتحول الرقمي

إنشاء إطار عمل منظم يُحدد تكامل التقنيات الرقمية في أنشطة الصيانة، بما في ذلك العمليات، وسير العمل، والأدوار، والبنية التحتية التكنولوجية اللازمة للتنفيذ الناجح.

4. تحليل الفوائد والتحديات المتوقعة

دراسة الفوائد المحتملة للتحول الرقمي في مشاريع الصيانة، مثل زيادة وقت تشغيل المعدات، وخفض التكاليف، وزيادة الكفاءة التشغيلية، مع معالجة العوائق المتوقعة، مثل فجوات مهارات القوى العاملة، ومقاومة التغيير، والتكامل مع الأنظمة القديمة.

5. تقديم توصيات للتنفيذ وأفضل الممارسات

تقديم توجيهات عملية لمديري ومهندسي الصناعة حول كيفية تطبيق تقنيات الصيانة الرقمية، مثل تدريب القوى العاملة، والإعداد التنظيمي، وإدارة التغيير، والمراقبة المستمرة لمؤشرات الأداء.

6. تقييم مقاييس الأداء ومؤشرات الأداء الرئيسية

تصميم وتقييم مؤشرات الأداء الرئيسية التي تُحدد فعالية ممارسات الصيانة الرقمية، مثل تقليل وقت التوقف عن العمل، وتوفير التكاليف، وموثوقية المعدات، وكفاءة عمليات الصيانة، بحيث يُمكن قياس المكاسب وتتبعها بمرور الوقت.

تساؤلات الدراسة:

- سؤال البحث الرئيسي:

كيف يُمكن للتحويل الرقمي تحسين إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع الصناعية بمدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية، من حيث الكفاءة، والموثوقية، وتحسين التكلفة، واتخاذ القرارات الاستراتيجية؟

- الأسئلة الفرعية:

1. ما هو الوضع الراهن لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في صناعات مختارة بمدينة الجبيل الصناعية، بما في ذلك الأساليب الحالية، والمشاكل، والقيود؟
2. ما هي التقنيات والأدوات الرقمية، مثل إنترنت الأشياء، والتحليلات التنبؤية، والتوائم الرقمية، الأكثر ملاءمةً وعمليةً لدمجها في عمليات الصيانة الميكانيكية في هذه البيئات الصناعية؟
3. ما هي معايير النجاح المهمة والتحديات المحتملة لتطبيق التحويل الرقمي في إدارة مشاريع الصيانة، بما في ذلك الاعتبارات التنظيمية والتكنولوجية والقوى العاملة؟
4. كيف يُمكن وضع إطار عمل رسمي أو خارطة طريق لتوجيه تبني ممارسات الصيانة الرقمية في البيئات الصناعية المعقدة؟
5. ما هي الفوائد الملموسة التي يُمكن أن يُحققها التحويل الرقمي لنتائج مشاريع الصيانة، مثل تعطّل المعدات، والنفقات التشغيلية، وكفاءة الصيانة، وموثوقية الأصول بشكل عام؟
6. كيف يُمكن وضع مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) ومتابعتها لتقييم فعالية مبادرات الصيانة الرقمية في المنشآت الصناعية؟
7. ما أفضل الممارسات والتوصيات التي يُمكن تقديمها لدعم الاستخدام طويل الأمد للتقنيات الرقمية في إدارة الصيانة الميكانيكية داخل المصانع الصناعية السعودية؟

فرضيات الدراسة:

- الفرضية الرئيسية:

يُحسّن التحول الرقمي كفاءة وموثوقية وفعالية إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع الصناعية بمدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية، من خلال تمكين الصيانة التنبؤية، والمراقبة الآنية، واتخاذ القرارات القائمة على البيانات، والتخصيص الأمثل للموارد، مما يؤدي إلى خفض تكاليف التشغيل، وتقليل تعطل المعدات، وزيادة الإنتاجية الإجمالية.

- الفرضيات الفرعية:

1. آثار المراقبة الرقمية على موثوقية المعدات

يُحسّن دمج مستشعرات إنترنت الأشياء وأنظمة المراقبة الآنية في مشاريع الصيانة الميكانيكية موثوقية المعدات من خلال تمكين الكشف المبكر عن العيوب، والتتبع المستمر للأداء، والتدخل في الوقت المناسب قبل حدوث الأعطال الجسيمة. تنص هذه الفرضية على أن المصانع التي تُطبق هذه التقنية ستقلل من حالات التوقف غير المُجدولة، وستُصبح جداول الصيانة أكثر قابلية للتنبؤ.

2. أثر التحليلات التنبؤية على الكفاءة التشغيلية

يُتيح تطبيق التحليلات التنبؤية على بيانات الصيانة الميكانيكية تنبؤات أكثر دقة لأعطال المعدات، وجدولة صيانة مُحسّنة، وتخصيص أمثل للعمالة والموارد. يُفترض أن التحليلات التنبؤية تُعزز الكفاءة التشغيلية أكثر من إجراءات الصيانة التفاعلية أو الدورية التقليدية.

3. دور التوائم الرقمية في تخطيط الصيانة

يُنشئ استخدام تقنية التوائم الرقمية نسخة افتراضية من المعدات الفعلية، مما يسمح بمحاكاة السيناريوهات، وتخطيط الصيانة، وتقييم الأداء. ويُفترض أن دمج التوائم الرقمية في مشاريع إدارة الصيانة يُحسّن جودة اتخاذ القرارات، ويقلل من احتمالية حدوث أخطاء مُكلفة أثناء عمليات إصلاح المعدات.

4. تأثير كفاءة القوى العاملة على نجاح التحول الرقمي

إن معرفة القوى العاملة الرقمية، وقدراتها التقنية، ومستوى تدريبها، جميعها عوامل تؤثر على نجاح أساليب الصيانة الرقمية. ويُفترض أن المصانع التي تمتلك فرق صيانة مُدربة تدريبًا جيدًا وذات كفاءة رقمية تكون أكثر فعالية في تنفيذ برامج التحول الرقمي.

5. جاهزية المؤسسة ومقاومتها للتغيير

يتأثر اعتماد التقنيات الرقمية بشكل كبير بالثقافة التنظيمية، والدعم الإداري، وقبول الموظفين. تقترح هذه الفرضية أن الجاهزية التنظيمية الأقوى ومقاومة التغيير المنخفضة يرتبطان إيجابًا بالتطبيق الناجح لأساليب الصيانة الرقمية وتحقيق مزاياها المرجوة.

6. التكامل مع الأنظمة القديمة

تؤثر القدرة على دمج الأدوات الرقمية الحالية مع المعدات والأنظمة البرمجية القديمة على نجاح برامج التحول الرقمي. ويُفترض أن التكامل السلس يؤدي إلى جمع بيانات أكثر موثوقية، ورؤى تنبؤية دقيقة، وعمليات صيانة أكثر سلاسة، بينما يقلل التكامل غير السليم من فائدة التقنيات الرقمية.

النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:

1. نموذج القبول التكنولوجي

يُشكل نموذج القبول التكنولوجي (TAM) إطارًا أساسيًا لهذا البحث، إذ يشرح كيفية إدراك الناس للتقنيات الجديدة وتبنيهم لها. ويركز على عاملين رئيسيين: الفائدة المُدركة وسهولة الاستخدام المُدركة، وكلاهما يؤثر بشكل مباشر على قبول المستهلك. يُسهم نموذج القبول التكنولوجي في فهم أفضل لكيفية تقييم المهندسين وفرق الصيانة في مصانع الجبيل للأدوات الرقمية، مثل أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) ومنصات مراقبة إنترنت الأشياء. ويساعد هذا النهج في تحديد العوائق والدوافع التي تؤثر على تبني تقنيات التحول الرقمي في إدارة مشاريع الصيانة (Dziak، 2024).

2. نظرية النظم الاجتماعية التقنية (STS)

تدرس نظرية النظم الاجتماعية التقنية التفاعلات بين الأنظمة الفرعية التقنية والاجتماعية للمؤسسة. وتقترح أن التنفيذ الناجح للتحول الرقمي يتطلب توازنًا بين الابتكار التكنولوجي والمرونة البشرية. في هذه الدراسة،

تُستخدم نظرية النظم الاجتماعية التقنية لدراسة كيفية تفاعل عمال الصيانة والمهندسين وفرق الإدارة في مصانع الجبيل الصناعية مع التقنيات الرقمية الحديثة. تُشدد النظرية أيضًا على أهمية إعادة تصميم العمليات وقنوات الاتصال لضمان التوافق بين المُشغّلين البشريين والبنية التحتية الرقمية، مما يؤدي إلى زيادة الكفاءة العامة والاعتمادية في تنفيذ مشاريع الصيانة (Zhang، 2023).

3. نظرية إدارة التغيير

تُشدد نظرية إدارة التغيير على المنهجية اللازمة للانتقال من إدارة الصيانة التقليدية إلى الأنظمة المُحسّنة رقميًا. ووفقًا لهذه الأطروحة، فإن التحول الرقمي ليس مجرد تحسين تقني؛ بل هو أيضًا انتقال ثقافي وتنظيمي. تبحث هذه الدراسة في كيفية تأثير القيادة والتواصل ومشاركة الموظفين على قبول تقنيات الصيانة الحديثة في البيئة الصناعية بالجبيل. يُساعد هذا النهج في تحديد أسباب المقاومة، ومتطلبات التدريب، وأهمية الدعم المستمر خلال عملية التحول، مما يضمن أن تؤدي المبادرات الرقمية إلى تحسين طويل الأمد في أداء إدارة المشاريع (Fischer، 2023).

4. نظرية النظم

تُقدم نظرية النظم رؤية شاملة للأنشطة الصناعية، مما يعني أن جميع مكونات نظام إدارة الصيانة مترابطة. يُتيح تطبيق هذا النهج للباحثين رؤية التحول الرقمي كعملية موحدة تؤثر على الأفراد والتكنولوجيا والعمليات والبيئات في آن واحد. تُتيح هذه النظرية دراسة كيفية تأثير الأدوات الرقمية، مثل التشخيصات والتحليلات التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، على اتخاذ قرارات الصيانة، وكفاءة النظام، واستغلال الموارد. كما تُساعدنا النظرية على فهم كيفية تأثير التغييرات في أحد جوانب نظام الصيانة، مثل المراقبة الرقمية، على مكونات أخرى، مثل سير العمل ونتائج السلامة (Lin، 2017).

5. نظرية انتشار الابتكار

تُصف نظرية روجرز لانتشار الابتكار كيفية انتشار الاختراعات في جميع أنحاء المؤسسة بمرور الوقت. تُستخدم هذه النظرية في الدراسة لدراسة معدل وعوامل اعتماد التكنولوجيا الرقمية في إدارة الصيانة الميكانيكية في القطاع الصناعي بالجبيل. تُساعد مراحل النظرية - المعرفة، والإقناع، والاختيار، والتنفيذ، والتأكيد - على تتبع تطور التحول الرقمي من الوعي إلى التكامل الكامل. كما تؤكد على أهمية قادة الرأي، ومسارات التواصل، والاستعداد التنظيمي في تسريع أو إبطاء عملية الانتشار في البيئات الصناعية (García-Avilés، 2020).

6. نظرية الصيانة الرشيقة

تهدف نظرية الصيانة الرشيقة إلى تقليل الهدر وتعظيم القيمة في عمليات الصيانة من خلال التحسين المستمر وتحسين العمليات. تُطبّق هذه الدراسة هذه الفكرة لتحديد كيفية تحسين التحول الرقمي لممارسات الصيانة الرشيقة من خلال أتمتة المراقبة، والتنبؤ بأعطال المعدات، وتحسين تخصيص الموارد. في سياق مشاريع الصيانة الميكانيكية في الجبيل، تُكَمّل مبادئ الصيانة الرشيقة التقنيات الرقمية، مثل التحليلات الآنية وأنظمة الجدولة الذكية، مما يُمكن المصنّعين من تقليل وقت التوقف عن العمل، وزيادة السلامة، وتعظيم كفاءة التكلفة. تشرح هذه الدراسة النظرية كيف يُمكن للتكنولوجيا أن تُساعد مديري مشاريع الصيانة على استخدام مبادئ الصيانة الرشيقة (Mendes، 2022).

7. نظرية التعلم التنظيمي

تُركز نظرية التعلم التنظيمي على كيفية تكيف المؤسسات وتحسينها من خلال التعلم واستخدام المعرفة. تدعم هذه الدراسة فكرة أن التحول الرقمي عملية قائمة على التعلم، حيث تُحسّن فرق الصيانة مهاراتها وقدراتها على اتخاذ القرارات باستمرار من خلال الاستفادة من الرؤى المستندة إلى البيانات. وتُعد هذه الفكرة وثيقة الصلة بقطاع الجبيل الصناعي، إذ يتطلب تطبيق التكنولوجيا المتطورة تطوير الثقافة الرقمية والمهارات التحليلية. كما تُؤكد على أهمية حلقات التغذية الراجعة، ومشاركة المعلومات، والتعلم التعاوني في ضمان نجاح برامج التحول الرقمي على المدى الطويل في إدارة الصيانة.

8. نظرية الرؤية القائمة على الموارد (RBV)

تقترح نظرية الرؤية القائمة على الموارد أن الميزة التنافسية للمؤسسة تنبع من مواردها وقدراتها الداخلية. وتستخدم هذه الدراسة نظرية الرؤية القائمة على الموارد لتحقيق في كيفية تحسين التحول الرقمي للموارد الاستراتيجية لأقسام الصيانة في المنشآت الصناعية بالجبيل. إن الاستثمار في التقنيات الرقمية وأنظمة البيانات والموارد البشرية ذات الخبرة يُمكن المصانع من تحسين كفاءتها التشغيلية وإمكاناتها الابتكارية. تُقدّم هذه الفكرة أساساً استراتيجياً للتحول الرقمي، مُركّزة على كيفية تضافر تقنيات الصيانة المتقدمة والمهارات البشرية لخلق قيمة طويلة الأجل وتعزيز القدرة التنافسية للمؤسسات الصناعية السعودية.

الفصل الثاني: الدراسات السابقة

مقدمة:

لقد أحدث التوسع السريع للتقنيات الرقمية تحولاً في المشهد الصناعي، مما غير طريقة إدارة الشركات لعملياتها ومراقبتها وتحسينها. وكان لهذه الثورة تأثير كبير على إدارة الصيانة، لا سيما داخل الأنظمة الميكانيكية

التي تُشكّل أساس العمليات الصناعية. وقد أوجد التحول الرقمي، الذي يشمل تقنيات مثل إنترنت الأشياء (IoT) والذكاء الاصطناعي (AI) والتحليلات التنبؤية والمراقبة السحابية، نموذجًا جديدًا لإدارة مشاريع الصيانة بدقة وكفاءة ومرونة لا مثيل لها. ويبحث هذا الفصل في الأسس النظرية والتجريبية للتحول الرقمي كما تنطبق على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية.

تتحول الصيانة الصناعية، التي اعتمدت تقليديًا على الإشراف اليدوي والمعالجات التفاعلية، نحو أنظمة استباقية وتنبؤية مدعومة بالذكاء الاصطناعي. ويُمكن استخدام التكنولوجيا الذكية موظفي الصيانة من اكتشاف الحالات الشاذة قبل حدوثها، وأتمتة جمع البيانات، وتحسين التحكم في المشروع من خلال تدفق المعلومات في الوقت الفعلي. ونتيجة لذلك، فإن التحول الرقمي هو أكثر من مجرد ترقية تكنولوجية؛ إنه تحول إداري شامل يُغيّر جذريًا العلاقة بين الأفراد والعمليات والآلات. في البيئة الصناعية للجبيل، أحد أكبر المراكز الصناعية وأكثرها تقدمًا في الشرق الأوسط، يُعدّ هذا التغيير ضرورةً وفرصةً استراتيجيةً في آنٍ واحد. تتطلب شبكة الجبيل الواسعة من مرافق البتروكيماويات والميكانيكا والتصنيع موثوقية تشغيلية ممتازة، ووقت توقف منخفضًا، وإنتاجًا متسقًا. ونتيجةً لذلك، تُعدّ رقمنة إدارة الصيانة أمرًا بالغ الأهمية للحفاظ على القدرة التنافسية الصناعية وتحقيق الأهداف الاستراتيجية الوطنية في إطار رؤية السعودية 2030.

من الناحية النظرية، تُسلّط الدراسات المتعلقة بالتحول الرقمي الضوء على الطبيعة متعددة الجوانب للتغير التكنولوجي. فهو يستلزم تفاعل المتغيرات البشرية والبنية التحتية التكنولوجية والإجراءات التنظيمية. ووفقًا لنماذج مثل نموذج قبول التكنولوجيا (TAM) ونظرية النظم الاجتماعية التقنية (STS)، يتطلب التحول الرقمي النجاح كلاً من الجاهزية التكنولوجية وقبول المستخدم. في الصيانة الميكانيكية، لا تعتمد كفاءة الأنظمة الرقمية على التقنيات الحديثة فحسب، بل تعتمد أيضًا على قدرة القوى العاملة على التكيف وفهم البيانات والتصرف بناءً عليها. لذا، يستخدم هذا الفصل الأدلة النظرية والتجريبية لإثبات أن التحول الرقمي في إدارة الصيانة يُحقق أفضل النتائج عند توافر التزام القيادة والتعلم المستمر وثقافة الابتكار.

في المملكة العربية السعودية، تُعزز جهود حكومية وصناعية مُتنوعة التحول الرقمي كوسيلة لتحسين الكفاءة والاستدامة والإنتاج. وقد دعت الهيئة الملكية للجبيل وينبع إلى استخدام تقنيات الصناعة 4.0 لتحديث العمليات في جميع القطاعات الصناعية. ونتيجةً لذلك، بدأت إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في الجبيل تُدرج استراتيجيات رقمية لتحسين الجدولة والتنبؤ وإدارة الأصول. تُوفر مراجعة الدراسات الحالية فهماً أعمق لتقدم هذه التحولات ومشاكلها وإمكاناتها. كما تُحدد فجوات المعرفة، لا سيما فيما يتعلق بكيفية تأثير الأدوات الرقمية على نتائج إدارة المشاريع في عمليات الصيانة.

سُتَقِيم هذه المراجعة الأدبية بدقة الأبحاث السابقة التي بحثت في تأثير التحول الرقمي على ممارسات الصيانة وكفاءة إدارة المشاريع والإنتاج الصناعي. كما سيتناول الفصل المتغيرات الأساسية للدراسة - التحول الرقمي كمتغير مستقل وإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية كمتغير تابع - لمعرفة كيفية مساهمة تفاعلهما في التميز التشغيلي. ومن خلال الجمع بين البحوث العالمية والإقليمية والمحلية، يسعى هذا الفصل إلى إرساء أساس مفاهيمي متين للدراسة الحالية، وتسليط الضوء على العناصر الخاصة التي تميز مدينة الجبيل الصناعية كبيئة بحثية فريدة.

وفي الختام، يخدم هذا الفصل عدة وظائف. فهو يضع الدراسة ضمن سياق أوسع حول التحول الرقمي، ويحدد ويشرح متغيرات الدراسة الرئيسية، ويدرس نتائج البحوث السابقة ذات الصلة. كما يوفر الأساس النظري الذي سيقود البحث، ويربط الأفكار الحالية بالواقع العملي لإدارة الصيانة في البيئات الصناعية. ويهدف الاستكشاف الشامل للفصل إلى إثبات أن التحول الرقمي ليس مجرد تقدم تكنولوجي؛ بل هو أيضاً مسار استراتيجي لتحقيق الموثوقية والاستدامة والقدرة التنافسية في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية داخل مدينة الجبيل الصناعية.

متغيرات الدراسة

تستهدف هذه الدراسة فهم العلاقة بين "الأنظمة الرقمية" كمتغير تابع، وبين عدد من المتغيرات المستقلة التي تمثل جوانب مختلفة من إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية وتأثرها بالتحول الرقمي. بناءً على المخطط المقدم، يمكن تحليل هذه العلاقات كما يلي:

المتغير التابع:

- الأنظمة الرقمية :

يمثل هذا المتغير المحور الأساسي للدراسة، حيث يُنظر إليه كالمحصلة أو النتيجة التي تتأثر بالمتغيرات المستقلة. في سياق التحول الرقمي، تعكس "الأنظمة الرقمية" درجة تبني وتطبيق الحلول التكنولوجية في إدارة الصيانة.

المتغيرات المستقلة وعلاقتها بالأنظمة الرقمية:

1. المعايير الفعالة:

- العلاقة مع الأنظمة الرقمية :

هذا المتغير المستقل يشير إلى مدى وجود وتطبيق معايير أداء فعالة في عمليات الصيانة. من المتوقع أن يكون هناك علاقة إيجابية قوية بين "الأنظمة الرقمية" و "المعايير الفعالة". فالأنظمة الرقمية) مثل أنظمة CMMS المتقدمة (تسهل تحديد، قياس، ومراقبة المعايير التشغيلية والأدائية. توفر هذه الأنظمة البيانات اللازمة لتقييم مدى فعالية المعايير الحالية وتساعد في تطوير معايير جديدة أكثر دقة وكفاءة. على سبيل المثال، يمكن للأنظمة الرقمية تتبع وقت التوقف عن العمل (Downtime) ، ومتوسط وقت الإصلاح (MTTR) ، ومتوسط الوقت بين الأعطال (MTBF) ، وهي كلها معايير أساسية لتقييم فعالية الصيانة.

2. المعايير المراقبة:

- العلاقة مع الأنظمة الرقمية :

هذا المتغير المستقل يركز على عمليات المراقبة والتحقق من تطبيق المعايير. ترتبط "الأنظمة الرقمية" بـ "المعايير المراقبة" بشكل وثيق، حيث توفر الأدوات التكنولوجية) مثل المستشعرات، أنظمة SCADA ، وبرامج إدارة الأصول (القدرة على مراقبة أداء المعدات والمعايير التشغيلية بشكل مستمر وفي الوقت الفعلي. تساعد هذه الأنظمة في جمع البيانات، تحليلها، وإصدار التقارير، مما يسهل على فرق الصيانة مراقبة الالتزام بالمعايير المحددة وتحديد أي انحرافات قد تحدث. على سبيل المثال، أنظمة مراقبة الاهتزازات الرقمية تراقب حالة الآلات وتصدر تنبيهات عند تجاوز المعايير المحددة.

3. تطوير أداء الصيانة:

- العلاقة مع الأنظمة الرقمية:

هذا المتغير المستقل يشير إلى التحسينات المستمرة في كفاءة وفعالية عمليات الصيانة. العلاقة هنا علاقة تأثير مباشر وإيجابي. "الأنظمة الرقمية" هي محرك رئيسي لـ "تطوير أداء الصيانة". فهي تمكن من:

1. الصيانة التنبؤية: (Predictive Maintenance) باستخدام البيانات والتحليلات لتوقع الأعطال

قبل حدوثها.

2. إدارة الأصول بكفاءة: تتبع تاريخ الصيانة، واستخدام قطع الغيار، وتكاليف الإصلاح لكل أصل.

3. تحسين تخطيط الصيانة وجدولتها: الأتمتة والرقمنة تقلل من الأخطاء وتزيد من دقة الجدولة.

4. تحسين تخصيص الموارد: تحديد الكفاءات المطلوبة وتوافرها بشكل أفضل.

الاستنتاج العام:

المخطط يوضح أن "الأنظمة الرقمية" هي مركز التحول، وتؤثر بشكل مباشر وإيجابي على "تطوير أداء الصيانة"، "تقليل الأخطاء البشرية"، و "اتخاذ قرارات دقيقة". كما أن هناك علاقة تبادلية مع "المعايير الفعالة" و "المعايير المراقبة"؛ فالأنظمة الرقمية تمكن من تطبيق ومراقبة هذه المعايير بفعالية أكبر، وفي المقابل، تحدد المعايير الجيدة متطلبات الأنظمة الرقمية. هذه العلاقات تؤكد الدور المحوري للتحول الرقمي في تعزيز كفاءة وفعالية إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع السعودية.

الدراسات السابقة:

سعت دراسة (Alghuried، 2024) إلى اختبار مستوى الوعي بين الممارسين وتقدير مدى انتشار تبني منهجية لين ستة سيجما (LSS) في شركات الصيانة السعودية. وكان الهدف هو الحصول على فهم شامل لقبول هذه المنهجية في الصناعة. بالإضافة إلى ذلك، كان الغرض من هذا البحث هو تحديد عوامل النجاح الحاسمة (CSFs) الأكثر أهمية لنجاح عمليات طرح لين ستة سيجما. وقد فحصت هذه الدراسة نطاق لين ستة سيجما من خلال استطلاع عبر الإنترنت، مع التركيز على تحديد وتقييم هذه المكونات الأساسية. وشملت هذه الدراسة بيانات من 77 مشاركًا يعملون في شركات صيانة مختلفة في المملكة العربية السعودية، تم الحصول عليها من خلال استبيان محوسب وحللت باستخدام SPSS 22.0. واستخدمت هذه الدراسة مجموعة من الأدوات الإحصائية، بما في ذلك الإحصاء الوصفي وتحليل التكرار واختبارات t وتحليل التباين أحادي الاتجاه (ANOVA)، لتحليل تبني لين ستة سيجما وتحديد محركات النجاح الحاسمة. ووفقًا للاستطلاع، فإن 77.9٪ من شركات الصيانة السعودية لم تعتمد بعد لين ستة سيجما، وكان تحسين الجودة هو السبب الرئيسي لتطبيقه. يُعدّ التدريب الشامل على أنظمة دعم التعلم، واختيار الموظفين بكفاءة، وتعزيز الوعي، واتباع استراتيجية دقيقة قائمة على البيانات، من السمات الأساسية لنجاح تطبيق أنظمة دعم التعلم. علاوةً على ذلك، أكدت هذه الدراسة على أهمية التدريب، واختيار الموظفين، وفهم فوائد أنظمة دعم التعلم في تحسين فعالية التطبيق. وأخيرًا، قدمت هذه الدراسة رؤى قيمة حول عوائق وعوامل تمكين تطبيق أنظمة دعم التعلم، مقدمةً مساهمات نظرية في المجال الأكاديمي وتوصيات عملية للشركات التي تسعى إلى تطبيق أنظمة دعم التعلم لتحقيق التحسين المستمر.

يشهد قطاع الإنشاءات نقلة نوعية نتيجةً للثورة الصناعية الرابعة (IR 4.0). ومع ذلك، في الاقتصادات النامية مثل المملكة العربية السعودية، لا يزال اعتماد تقنية الثورة الصناعية الرابعة (IR 4.0) في مراحله الأولى. ونتيجةً لذلك، يهدف هذا البحث إلى دراسة الفوائد والعقبات وعوامل النجاح الأساسية المرتبطة بتطبيق الثورة الصناعية الرابعة (IR 4.0) في قطاع الإنشاءات السعودي. تضمنت هذه التقنية تقييمًا شاملاً للأدبيات، بالإضافة إلى استبيانات وُزعت على متخصصين سعوديين ذوي خبرة في مجال الإنشاءات. ثم فُحصت البيانات المُجمعة باستخدام أسلوب مؤشر الأهمية النسبية (RI) وتحليل العوامل التأكيدية. أهم الفوائد والعقبات وعناصر النجاح الحاسمة التي سُلّطت عليها هذه الدراسة هي "تحسين التواصل والتنسيق"، و"تكاليف التنفيذ (الاستثمار الأولي والصيانة)"، و"وضوح الأهداف والغايات"، على التوالي. وقد نتج عن تحليل العوامل التأكيدية نموذجًا نظريًا يُشكّل أساسًا لتطبيق الثورة الصناعية الرابعة (IR 4.0) في قطاع الإنشاءات السعودي. للدراسة آثار عملية على قطاع البناء السعودي، إذ تُسهّل التطبيق الناجح للتكنولوجيا من خلال القواعد والإجراءات وتوصيات أفضل الممارسات. تُعزز الدراسة الفهم النظري المتعلق باستخدام التكنولوجيا في قطاع البناء. ستكون استنتاجات هذه الدراسة مفيدة للغاية للاقتصادات الناشئة، مثل المملكة العربية السعودية، التي تتطلع إلى الاستفادة من إمكانات التقنيات الرقمية (Alsehaimi، 2024).

تعتمد الصناعة الصناعية، التي تُعدّ أساس الاقتصادات العالمية، بشكل كبير على بنية تحتية متطورة ومنسقة جيدًا لسلسلة التوريد. وسلاسل توريد التصنيع اليوم، بعيدًا عن كونها تطورًا خطيًا بسيطًا، هي شبكات معقدة ومتشابكة تشمل جميع المراحل، من شراء المواد الخام إلى تسليم المنتج النهائي للمستهلك النهائي. إن سلسلة التوريد الفعالة والمرنة ليست مجرد مكون تشغيلي ضروري؛ بل هي عامل تمييز حيوي يؤثر على قدرة الشركة المصنعة على المنافسة وربحياتها وقدرتها على تلبية توقعات العملاء المتغيرة في سوق عالمية ديناميكية. سلسلة توريد التصنيع هي مجموعة من الأنشطة المترابطة التي تُحوّل الموارد الخام إلى منتجات قابلة للتسويق. يتضمن التخطيط تقدير الطلب، وتحديد أهداف الإنتاج، وابتكار طرق لمواءمة العرض مع متطلبات السوق المتوقعة. يُعدّ كل من الطلب والعرض وتخطيط احتياجات المواد (MRP) والمبيعات وتخطيط العمليات أمثلة على التخطيط الفعال. تُعنى مرحلة الشراء باكتشاف وتحليل واختيار موردي المواد الخام والمكونات والموارد الأخرى. وتُعدّ العلاقات القوية مع الموردين، والتفاوض على العقود، وضمان الجودة، عناصر مهمة في هذا الصدد. يُعدّ الإنتاج والتصنيع جوهر سلسلة التوريد، حيث يتم تحويل المواد الخام إلى منتجات جاهزة من خلال مجموعة متنوعة من الإجراءات. وتُعدّ جدولة الإنتاج الفعالة، ومراقبة الجودة، وأساليب التصنيع الفعالة من حيث التكلفة، عوامل بالغة الأهمية. يُشرف قسم اللوجستيات والتوزيع على النقل المادي للبضائع وتخزينها

وتسليمها. ويشمل ذلك إدارة النقل الداخلي والخارجي، وإدارة الأسطول، وإدارة المستودعات، ومراقبة المخزون، لضمان تسليم المنتجات إلى العملاء في الوقت المحدد وبتكلفة معقولة (Alam، 2025).

تشهد المملكة العربية السعودية تحولاً اقتصادياً، حيث تنتقل من اقتصاد قائم على النفط إلى اقتصاد أكثر تنوعاً واستدامة. وجزء من هذا الاقتصاد الجديد هو استغلال الموارد الطبيعية الوفيرة في البلاد، ولا سيما تعدين الفوسفات، الذي تبحثه هذه الورقة. ووفقاً للأدبيات، فإن إدارة مخاطر المؤسسات (ERM) والمسؤولية الاجتماعية للشركات (CSR) هي أفكار جديدة نسبياً، ولا سيما في المملكة العربية السعودية، ونتيجة لذلك، لا يُعرف الكثير عن استخدامها في الاقتصادات الناشئة. ويتم الاستفادة من مشروع وعد الشمال لمعرفة المزيد عن انتشار بعض التقنيات والممارسات في هذا القطاع. وتركز هذه الدراسة على ثلاثة أسئلة بحثية رئيسية: 1. كيف تؤثر إدارة مخاطر المؤسسات على الأداء التنظيمي؟ 2. كيف تؤثر المسؤولية الاجتماعية للشركات على الأداء التنظيمي؟ 3. كيف يؤثر تكامل إدارة مخاطر المؤسسات والمسؤولية الاجتماعية للشركات على أداء الشركات؟ وللإجابة على هذه المخاوف، استخدمت الدراسة منهجية مختلطة الأساليب بثلاثة مستويات (عالمي أو كلي، وطني أو متوسط، ومحلي أو جزئي). جُمعت البيانات من خلال استبيانين عبر الإنترنت (على المستويين الكلي والمتوسط)، ودراسة حالة من الأدبيات حول أربعة مناجم، ومقابلات على المستوى الجزئي ومجموعات التركيز. تُظهر نتائج الدراسة أن القطاع يعمل على أن يصبح أكثر استدامة ويدرك قيمة الاستراتيجية المتكاملة لإدارة المخاطر المؤسسية والمسؤولية الاجتماعية للشركات. لا تقتصر الأهمية الرئيسية لهذه الدراسة على المملكة العربية السعودية، ولكن أيضاً على الاقتصادات النامية حيث يُعد كل من إدارة المخاطر المؤسسية والمسؤولية الاجتماعية للشركات مفاهيم جديدة. يمكن الاستفادة من هذا الفهم الجديد لإظهار فوائد الأداء التي يمكن الحصول عليها من خلال دمج إدارة المخاطر المؤسسية والمسؤولية الاجتماعية للشركات في مشاريع التعدين الأخرى في المملكة وخارجها. كما تؤكد الدراسة على أوجه التشابه في المخاطر التي تواجهها مشاريع التعدين بجميع أحجامها حول العالم، لذا فهي تتضمن لمحة عامة عن المبادرات الدولية مثل المجلس الدولي للتعدين والمعادن (ICMM) والهيئة الدولية لإدارة المخاطر الصناعية (IRMA). يمكن لهذه الأطر والأنشطة الدولية، جنباً إلى جنب مع إدارة المخاطر المؤسسية والمسؤولية الاجتماعية للشركات، أن تساعد في ضمان أن يكون التعدين الدولي آمناً ومستداماً قدر الإمكان (ALSHAMMRY، 2024).

يتجه عدد متزايد من شركات الإنشاءات السعودية إلى تبادل المعلومات كاستراتيجية لاستغلال نقاط قوتها الأساسية الفريدة سعياً وراء ميزة تنافسية. ومع ذلك، يُعد قطاع الإنشاءات من أصعب بيئات العمل، وتُعد الإدارة البشرية الفعالة أمراً بالغ الأهمية لضمان مساهمة الموظفين بمعرفتهم في نجاح المؤسسة. يُعد تبادل

المعرفة عنصراً أساسياً في عملية إدارة المعرفة، وركيزة أساسية لنجاح المؤسسة، واستراتيجية بقاء في عصر المعرفة. على الرغم من التعديلات المختلفة التي أجرتها الحكومة السعودية على السياسات، لا يزال تبادل المعرفة موضوعاً لم يُبحث فيه بشكل كافٍ في سياق شركات الإنشاءات الكبرى في المملكة العربية السعودية. ونتيجةً لذلك، كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو دراسة كيفية نقل شركات الإنشاءات الكبرى في المملكة العربية السعودية للمعرفة في سبيل تعزيز التنافسية. تستند الاستنتاجات إلى منهجية نوعية تتضمن مقابلات شبه منظمة مع 44 متخصصاً. وقد سلّط تحليل المحتوى الضوء على خمسة دوافع مهمة لتبادل المعرفة. أهم دوافع تبادل المعرفة هو تكامل أصول المعرفة. بالإضافة إلى ذلك، تستخدم شركات الإنشاءات السعودية الكبرى سبعة أساليب أساسية لتبادل المعلومات. النهج الأكثر شيوعاً هو التبادل المنتظم لأفضل الممارسات في مجال معرفة المشاريع. حددت الدراسة ثمانية مناهج وتقنيات لتبادل المعرفة تُستخدم غالباً في شركات البناء السعودية الكبرى. يتمثل العائق الرئيسي أمام تبادل المعلومات في نقص مهارات التواصل، في حين تساعد مبادرات تبادل المعرفة على تسريع عمليات البناء. تمثلت المساهمة المعرفية الأساسية في تطوير وتقييم إطار عمل لتبادل المعرفة لشركات البناء السعودية الكبرى. وخلصت الدراسة إلى أن تبادل المعلومات عملية متعددة الأوجه ومعقدة. وتُظهر النتائج أنه من أجل تنفيذ أساليب تبادل المعلومات بفعالية، يجب على شركات البناء الكبيرة في المملكة العربية السعودية تطوير ونشر برامج تدريبية كافية لإدارة تبادل المعرفة. تتمثل المساهمة الأكثر أهمية لهذه الدراسة في تقديم رؤية قيّمة من شأنها مساعدة صانعي القرار في قطاع البناء السعودي على تنفيذ مبادرات تبادل المعرفة لزيادة القدرة التنافسية للقطاع. تقتصر استنتاجات هذه الدراسة على قطاع البناء السعودي؛ وبالتالي، فإن إمكانية تعميمها خارج هذا السياق قد تكون مقيدة بشدة (Alamil، 2022).

مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) بالغة الأهمية لنجاح أي مشروع بناء. يُعدّ وضع مؤشرات أداء رئيسية تُقدّم معايير موضوعية لمراقبة نجاح المشروع نهجاً شائعاً عند قياس أداء مشاريع البناء. يُعتبر المشروع ناجحاً إذا تم إنجازه في الموعد المحدد، وضمن الميزانية، وبالجودة المطلوبة - والمعروفة باسم "المثلث الحديدي". ومع ذلك، تُشير الأبحاث إلى أن هذا الافتراض بعيد كل البعد عن الصحة. فبالإضافة إلى المثلث الحديدي، يجب على قطاع البناء مراعاة عناصر نجاح أساسية أخرى. ونتيجةً لذلك، تتناول هذه الدراسة مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لمشاريع البناء السعودية. وقد استُخدم استبيان كمصدر بيانات رئيسي لتحديد أهم مؤشرات الأداء الرئيسية لمشاريع البناء. أما البيانات الثانوية، فقد جُمعت من خلال بحث مُعمّق في الأدبيات ذات الصلة، وتم تحديد أهم مؤشرات الأداء الرئيسية لمشاريع البناء السعودية وتقييمها باستخدام استبيان. ووفقاً للاستبيان، فإن أهم مؤشرات الأداء الرئيسية هي الوقت، والتكلفة، والجودة، والسلامة، والبناء المُستدام، ورضا

العملاء والمستخدمين النهائيين، وإدارة المخاطر، وإنتاجية العمالة، والربحية. تُساهم هذه الدراسة في إثراء المعرفة حول مقاييس الأداء الرئيسية لمشاريع البناء في المملكة العربية السعودية (Hussain، 2022).

يدخل قطاع الإنشاءات في المملكة العربية السعودية فترة حرجة قد تجبر الشركات على تبني تكتيكات جديدة. تُعد طفرة التطوير هذه فرصة يجب على شركات الإنشاءات اغتنامها، لا سيما في ظل المشاريع العملاقة لرؤية السعودية 2030 مثل نيوم والبحر الأحمر. ونتيجة لذلك، يجب على شركات الإنشاءات اغتنام الفرصة لتحقيق الربح مع المساعدة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. تركز هذه الدراسة على تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لشركات الإنشاءات ثم تسليط الضوء على نقاط القوة والضعف الداخلية، بالإضافة إلى الفرص والتهديدات الخارجية، لتحديد أفضل ممارسات الإدارة الاستراتيجية لشركات الإنشاءات في المملكة العربية السعودية كدراسة حالة. سيبدأ الإجراء بتحليل الأدبيات لتحديد متغيرات الأداء في صناعة الإنشاءات في المملكة العربية السعودية، تليها نتائج المسح لتصنيف المعايير بناءً على الأهمية. ونتيجة لذلك، يكشف هذا التقييم عن عجز البحث في صناعة الإنشاءات في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، وخاصة بين شركات الإنشاءات السعودية (Sultan، 2022).

يدخل قطاع البناء في المملكة العربية السعودية فترة حرجة قد تجبر الشركات على تبني تكتيكات جديدة. تُعد طفرة التطوير هذه فرصة يجب على شركات البناء اغتنامها، لا سيما في ضوء المشاريع الضخمة لرؤية السعودية 2030، مثل مشروع نيوم ومشروع البحر الأحمر. وبالتالي، يجب على شركات البناء اغتنام الفرصة لتحقيق الأرباح مع المساعدة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. تركز هذه الدراسة على تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لشركات البناء ثم تسليط الضوء على نقاط القوة والضعف الداخلية، بالإضافة إلى الفرص والتهديدات الخارجية، لتحديد أفضل ممارسات الإدارة الاستراتيجية لشركات البناء في المملكة العربية السعودية كدراسة حالة. سيبدأ الإجراء بتحليل الأدبيات لتحديد متغيرات الأداء في صناعة البناء في المملكة العربية السعودية، تليها نتائج المسح لترتيب المعايير بناءً على الأهمية. وبالتالي، يكشف هذا التقييم عن أوجه القصور في البحث في صناعة البناء في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، لا سيما بين شركات البناء السعودية (RUBAIE، 2021).

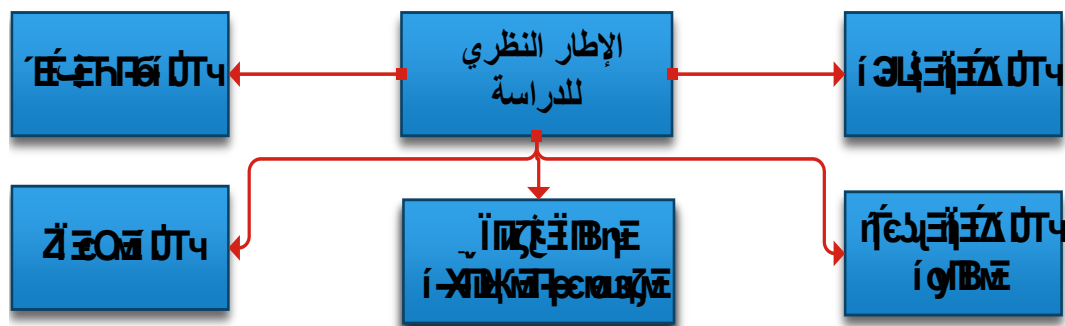
شهدت استراتيجية الشركات تحولاً جذرياً على مر الزمن. ففي السابق، سادت استراتيجية على المستوى الوظيفي، حيث كانت تكنولوجيا المعلومات خاضعة لخطة عمل مدروسة جيداً وتتطلب التوافق معها. وفي الآونة الأخيرة، لم يسلم أي قطاع من الأضرار الناجمة عن التقدم السريع للتقنيات الرقمية، حيث أصبح التحول الرقمي عامل تمكين وتمييز للشركات. ونتيجة لذلك، تتوسع استراتيجية تكنولوجيا المعلومات لتتجاوز

مجرد التوافق لتشمل تكامل استراتيجيات الأعمال وتكنولوجيا المعلومات، وهو مفهوم يُعرف باسم استراتيجية الأعمال الرقمية. ومع ذلك، لا يزال التوافق مع التصميم التنظيمي ضرورياً لتحقيق أداء تجاري طويل الأجل، لا سيما في قطاع المياه السعودي. يشهد قطاع المياه في المملكة العربية السعودية خصخصة، وإعادة تنظيم واسعة، وتحولاً رقمياً هائلاً لتلبية احتياجات أصحاب المصلحة. وينقسم هذا القطاع إلى قطاعين عام وخاص، حيث تتولى شركات المياه السعودية مسؤولية توفير مياه الشرب وجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي. وقد كُفّت هذه الشركات من قبل الحكومة بإعادة هيكلتها باستخدام تقنيات رقمية جديدة من شأنها دعم القطاع مع الحفاظ على استدامة الجميع مالياً واجتماعياً وبيئياً. ومع ذلك، لم تُنجز دراسات كافية في قطاع المياه حول كيفية تطبيق استراتيجية الأعمال الرقمية ودمجها مع التصميم التنظيمي لضمان أداء الأعمال على المدى الطويل. ونتيجة لذلك، تبقى المسألة مطروحة: إلى أي مدى يُحسن مواءمة استراتيجية الأعمال الرقمية مع جوانب التصميم التنظيمي أداء الأعمال على المدى الطويل؟ باستخدام نهج قائم على معالجة المعلومات والمعرفة، تسعى هذه الدراسة إلى دراسة تأثير استراتيجية الأعمال الرقمية على عوامل التصميم التنظيمي مثل الهيكل والعمليات والأفراد والمكافآت من أجل تحديد عوامل النجاح اللازمة للمواءمة الاستراتيجية الرقمية لتحسين أداء الأعمال على المدى الطويل في شركات المياه. تستخدم الدراسة نموذج STAR للتصميم التنظيمي (كيتس وجالبريث 2007)، والذي يشمل هذه الجوانب، وتستخدم منهجية نوعية مع دراستي حالة (شركات مياه سعودية عامة وخاصة). تم جمع البيانات النوعية من خلال المقابلات ومجموعات التركيز وتحليل الوثائق ومراجعة الأدبيات. تمت معالجة البيانات باستخدام تقنية تحليل المحتوى باستخدام تطبيق رسم الخرائط بمساعدة الحاسوب مفتوح الوصول (QCMap) الذي أنشأه مايرينغ (2014). أنتجت هذه الدراسة 24 اقتراحاً، وبحثت في 18 عامل نجاح رئيسي (CSFs)، واقترحت ستة معايير وتسعة مؤشرات لأداء الأعمال على المدى الطويل. تم تصنيف عوامل النجاح الرئيسية الثمانية عشر إلى ثلاث فئات: استراتيجية، وتنظيمية، ورقمية. المحددات الاستراتيجية هي رؤية استراتيجية رقمية مشتركة، وأهداف استراتيجية رقمية مشتركة، ودعم الإدارة العليا، وتكامل المعرفة، والتطوير الشامل المتزامن، وإدارة الشراكات الرقمية، وإدارة الجودة باستخدام مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs)، وإدارة التغيير. تُعد الهياكل الرشيقية، والوحدات الرقمية المشتركة، وإعادة تشكيل المهام، والعمليات الرقمية الموحدة، وتدفقات المعلومات الرقمية الموحدة، والمهارات والمعرفة الرقمية المتجددة، والحوكمة الرقمية من بين عوامل التصميم التنظيمي، بالإضافة إلى العوامل الحالية (الأفراد والمكافآت). تشمل العناصر الرقمية الحلول الرقمية المتكاملة، والمركزية الرقمية، والتشغيل البيئي، والتوافق. تساعد هذه الخصائص مجتمعة في تشكيل بنية تنظيمية رقمية مبتكرة تحقق توافق الاستراتيجية الرقمية. ونتيجة لذلك، أنشأت هذه الدراسة نموذجاً للتوافق الاستراتيجي الرقمي (DSAM) يتضمن جميع عوامل النجاح

الرئيسية (CSFs) المرتبطة بعملية التوافق الاستراتيجي الرقمي ويضمن أداء الشركة على المدى الطويل. يُدعم الأفراد والمكافآت بثلاثة عناصر في أدبيات التصميم التنظيمي الحالية: المهارات والمعارف الرقمية المتجددة، وإدارة التغيير، وإدارة الجودة باستخدام مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs). تؤثر هذه الجوانب على عوامل التصميم التنظيمي لتحسين الأداء. يمكن اعتبار عوامل النجاح الرئيسية الخمسة عشر (الإضافية) المتبقية مساهمات معرفية جديدة في تطوير نظرية التصميم التنظيمي في سياق استراتيجية الأعمال الرقمية وأداء الشركة على المدى الطويل. ومع ذلك، هناك اعتبارات أخرى يجب مراعاتها. ونتيجةً لذلك، تُركز هذه الدراسة على الأبحاث المستقبلية، حيث يجب دراسة عوامل النجاح الرئيسية هذه إحصائيًا باستخدام الاستبيانات لتحديد كيفية تأثيرها على النتيجة النهائية الثلاثية للاستدامة. عمليًا، تُظهر هذه الدراسة للمدراء أن تحقيق التوافق بين الاستراتيجية الرقمية أمر بالغ الأهمية لتحسين العمليات للمؤسسات والموظفين والمستخدمين (Dehaish، 2022).

تُعد الشركات الصغيرة أحد أهم ركائز التنمية المستدامة. ونتيجةً لذلك، شجعت العديد من الحكومات على تطوير وتوسيع نطاق الشركات الصغيرة. وبهذا المعنى، أحرزت المملكة العربية السعودية تقدمًا هائلًا نحو ضمان توسع ونمو هذا القطاع الاقتصادي الرئيسي. وكان الغرض من هذه الدراسة هو فهم دور الصناعات الصغيرة بشكل أفضل في تحقيق التنمية المستدامة في القصيم (المملكة العربية السعودية). وقد استُخدمت أساليب التحليل التاريخية والاستقرائية والجغرافية. وشمل المجتمع جميع الصناعات الصغيرة في القصيم، وأُجريت هذه الدراسة على مجتمع الدراسة الكامل، مما أسفر عن 112 صناعة صغيرة. وأظهرت النتائج أنه في حين حققت الصناعات الصغيرة في القصيم تنمية اقتصادية وبيئية مستدامة، إلا أنها فشلت في تحقيق التنمية الاجتماعية المستدامة. ونتيجةً لذلك، تقترح هذه الدراسة أنه من أجل تحقيق تنمية اجتماعية طويلة الأجل، يجب على الصناعات الصغيرة في القصيم تعزيز معدل القوى العاملة الوطنية لديها (Aldagheiri، 2024).

الاطار النظري:



رسم توضيحي 1: الإطار النظري للدراسة

1. نظرية إدارة المعرفة

تركز نظرية إدارة المعرفة على إنشاء المعرفة ومشاركتها وتطبيقها بشكل منهجي لتحسين أداء المؤسسة. في مجال الصيانة الميكانيكية، يُمكن التحول الرقمي من جمع البيانات وتحليلها وتوزيعها أنيًّا، مما يُمكن فرق الصيانة من اتخاذ قرارات أفضل. يوضح تطبيق هذه الفكرة في مصانع الجبيل كيف تُحسن البيانات المستمدة من أجهزة الاستشعار والأنظمة التنبؤية وسجلات الصيانة التخطيط وحل المشكلات وتحسين العمليات. تُعزز ممارسات إدارة المعرفة التحسين المستمر، وتُقلل من التكرار، وتُسهّل التعلم المؤسسي، مما يضمن أن يؤدي التحول الرقمي إلى رؤية عملية تُحسن الكفاءة والموثوقية ونتائج إدارة المشاريع في عمليات الصيانة الصناعية (Aviv، 2021).

2. نظرية إدارة الجودة الشاملة (TQM)

إدارة الجودة الشاملة تُركز النظرية على التحسين المستمر للجودة في جميع أنشطة المؤسسة. يتوافق دمج التقنيات الرقمية في الصيانة الميكانيكية مع مبادئ إدارة الجودة الشاملة، إذ يُوفر مقاييس أداء دقيقة، ويُقلل من الأخطاء، ويُتيح تدخلات استباقية. يضمن تطبيق إدارة الجودة الشاملة بالتزامن مع التقنيات الرقمية في مصانع الجبيل الصناعية توحيد الإجراءات، وزيادة دقة الصيانة، وتحسين النتائج الإجمالية للمشروع. تساعد هذه النظرية في تحديد مدى فعالية التحول الرقمي في الحفاظ على معايير الجودة العالية، وتقليل الأعطال، وتحقيق التميز التشغيلي. ويمكن للمؤسسات التي تجمع بين إدارة الجودة الشاملة وحلول الصيانة الذكية ضمان اتساق العمليات، بالإضافة إلى موازنة الاستراتيجية مع أهداف الكفاءة والموثوقية (Rice، 2024).

3. انتشار الابتكار في التكنولوجيا الصناعية

تبحث هذه النظرية في كيفية انتشار الاكتشافات التقنية عبر المؤسسات الصناعية. وتتوسع في استخدام وتطبيق الحلول الرقمية، بما في ذلك منصات الصيانة التنبؤية ومراقبة إنترنت الأشياء. يساعد فهم عملية الانتشار مصانع الجبيل على اكتشاف عوامل التبني المهمة، مثل دعم الإدارة والتدريب والفوائد الملموسة. كما تحدد النظرية العقبات، مثل التردد في التغيير أو قيود الموارد، التي تُبطئ التكامل التكنولوجي. ومن خلال هذا المنظور، يمكن للدراسة رسم خريطة لكيفية انتشار الجهود الرقمية بين فرق الصيانة المختلفة، مع تسليط الضوء على العناصر التنظيمية التي تؤثر على فعالية التحول الرقمي في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية (Alka'Awneh، 2025).

4. نظرية قياس الأداء

تركز نظرية قياس الأداء على قياس العمليات والنتائج بدقة بهدف زيادة الكفاءة والفعالية. ويمكن قياس أداء الصيانة الصناعية كمياً من حيث التحول الرقمي باستخدام مؤشرات رئيسية مثل وقت التوقف، وتكلفة الصيانة، ووقت الاستجابة، وموثوقية المعدات. توفر التقنيات الرقمية بيانات دقيقة وفورية، مما يسمح بالمراقبة المستمرة وتحسين الأداء. ومن خلال تطبيق هذه النظرية على مصانع الجبيل، تمكنت الدراسة من تحليل الفوائد الحقيقية للتكامل الرقمي، وربط تبني التكنولوجيا بمكاسب قابلة للقياس في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية، وتقديم توصيات قائمة على الأدلة لتحسين الأداء التشغيلي (Tambare، 2021).

5. نظرية التفاعل بين الإنسان والتكنولوجيا

تبحث نظرية التفاعل بين الإنسان والتكنولوجيا في كيفية تفاعل الأشخاص مع أنظمة التكنولوجيا المعقدة، وكيف تؤثر سهولة الاستخدام، وتصميم الواجهة، والتدريب على تبنيها وأدائها. يجب على المهندسين والعاملين في مجال الصيانة الميكانيكية فهم المخرجات الرقمية من الأنظمة التنبؤية، ولوحات المعلومات، وتطبيقات الهاتف المحمول، والعمل عليها بشكل صحيح. يؤكد تطبيق هذا النهج على أهمية التصميم المُرَكَّز على المستخدم، والواجهات التفاعلية، وبرامج التدريب لتحقيق تحول رقمي ناجح. في مصانع الجبيل، يُساعد تحليل التفاعل بين الإنسان والتكنولوجيا في تحديد مشكلات قابلية الاستخدام، وتحسين تكامل سير العمل، وزيادة مشاركة الموظفين، مما يضمن أن تُفضي الاستثمارات التكنولوجية إلى نتائج أفضل لمشاريع الصيانة (Jung، 2025).

6. نظرية الطوارئ

وفقاً لنظرية الطوارئ، تعتمد فعالية أساليب الإدارة على عناصر ظرفية مثل حجم المؤسسة، والتكنولوجيا، والظروف البيئية. يعتمد التحول الرقمي في الصيانة الصناعية على عناصر مثل معرفة العاملين، وتعقيد المعدات، ومتطلبات الإنتاج. باستخدام هذه النظرية، قد تبحث الدراسة في كيفية تأثير الاختلافات بين مصانع الجبيل، مثل حجم المصنع، وجداول الصيانة، والنضج التقني، على اعتماد الأنظمة الرقمية وتأثيرها. كما تؤكد على أهمية تكيف أساليب التحول الرقمي مع الظروف السياقية لتحسين أداء مشاريع الصيانة (Erude، 2023).

7. نظرية إدارة المشاريع

تحدد نظرية إدارة المشاريع مبادئ وإجراءات التخطيط والتنفيذ والمراقبة والإغلاق الفعال للمشاريع. يُحسن دمج التقنيات الرقمية في الصيانة الميكانيكية إدارة المشاريع من خلال تحسين الجدولة، وتخصيص الموارد، وإدارة المخاطر، والتوثيق. في منشآت الجبيل الصناعية، يُساعد تطبيق نظرية إدارة المشاريع في تحديد كيفية تحسين التحول الرقمي للتنسيق وتقليل التأخير وتعزيز موثوقية عمليات الصيانة. تضمن هذه الفكرة توافق الأنشطة الرقمية مع أهداف المشروع، مما يُشجع على التخطيط والتنفيذ المنهجين. من خلال ربط تبني التكنولوجيا بأساليب إدارة المشاريع، يُمكن للدراسة إظهار مكاسب ملموسة في الكفاءة وضبط التكاليف والأداء العام للصيانة.

8. نظرية الرؤية القائمة على المعرفة (KBV).

توسّع نظرية الرؤية القائمة على المعرفة نطاق القيمة القائمة على المعرفة (RBV) من خلال التركيز على المعرفة كأهم مورد تنظيمي لتحقيق الميزة التنافسية. يُسهّل التحول الرقمي في الصيانة الميكانيكية توليد المعلومات وتخزينها واستخدامها من بيانات الآلات وسجلات الصيانة والرؤى التنبؤية. يتيح استخدام نموذج KBV في مصانع الجبيل دراسة كيفية تحسين إدارة المعرفة عبر التقنيات الرقمية لعملية اتخاذ القرار والابتكار والكفاءة التشغيلية. تدعم النظرية فكرة أن دمج الخبرة البشرية مع موارد المعرفة الرقمية يُحسن نتائج مشاريع الصيانة، مما يسمح للمؤسسات بالحفاظ على موثوقية عالية، وتقليل المخاطر التشغيلية، والحفاظ على ميزة تنافسية في العمليات الصناعية.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

مقدمة:

تصف منهجية أي دراسة بحثية الاستراتيجية المنهجية المستخدمة لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على أسئلتها. في سياق هذه الدراسة، التي تبحث في تأثير التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع الصناعية بمدينة الجبيل الصناعية، يتطلب الأمر منهجية واضحة وشاملة لضمان موثوقية النتائج وصلاحياتها وأهميتها. تُشكل هذه المنهجية نموذجًا لعملية البحث بأكملها، بدءًا من اختيار البيانات الديموغرافية والعينة، وصولًا إلى تصميم الأدوات، وجمع البيانات، وعمليات التحليل. تُمكن هذه المنهجية الباحث من دراسة آثار التقنيات الرقمية على عمليات الصيانة بشكل منهجي، مع مراعاة الجوانب البشرية والتنظيمية والتكنولوجية التي قد تؤثر على النتائج.

يُعدّ التحول الرقمي في الصيانة الصناعية ظاهرة معقدة ومتعددة الأوجه، تشمل القبول التكنولوجي، وخبرة العاملين، والثقافة التنظيمية، والإجراءات التشغيلية. يتطلب فهم تأثيره اتباع نهج علمي يتضمن مقاييس كمية للمكاسب التشغيلية، ورؤى نوعية للتجارب البشرية والتنظيمية. لذا، تجمع هذه الدراسة بين المنهجيات الكمية والنوعية لتوفير فهم شامل لكيفية تأثير الثورة الرقمية على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية. تُقدم البيانات الكمية المُجمعة من المسوحات المُهيكلية ومقاييس الأداء التشغيلي أدلةً قابلة للقياس على تبني التكنولوجيا، وتحقيق وفورات في الكفاءة، وتحسين التكاليف، وتحسين الموثوقية. أما البيانات النوعية المُجمعة

من خلال المقابلات شبه المُهيكلية والدراسات الرصدية، فتُسجل تصورات الموظفين وتجاربهم والعقبات المُرتبطة بنشر الأدوات الرقمية، مما يُوفر ثراءً سياقيًا للنتائج الرقمية.

تُركز الدراسة على البيئة الصناعية لمدينة الجبيل الصناعية، إحدى أهم المراكز الصناعية في المملكة العربية السعودية. تضم المدينة طيفًا متنوعًا من المصانع، بما في ذلك البتروكيماويات، والطاقة، والتصنيع، والصناعات الثقيلة، والتي تعتمد جميعها على أنظمة ميكانيكية مُعقدة تتطلب إدارة صيانة فعّالة. يُمكن هذا التركيز الدراسة من دراسة التحول الرقمي في بيئة صناعية واقعية، حيث تُعدّ الكفاءة التشغيلية، والموثوقية، والسلامة أمرًا بالغ الأهمية. من خلال التركيز على المهندسين، ومشرفي الصيانة، والفنيين، ومديري المشاريع، وأخصائيي التحول الرقمي، تضمن الدراسة حصول المشاركين على خبرة عملية في مهام الصيانة، مما يُتيح جمع بيانات موثوقة وذات صلة.

علاوة على ذلك، يُناقش هذا الفصل نطاق البحث وحدوده. مكانيًا، تقتصر الدراسة على مصانع مدينة الجبيل الصناعية، مما يشير إلى قطاع محدد. وتجمع الدراسة مؤقتًا بيانات لفترة محددة من تنفيذ مبادرات التحول الرقمي، مقدمةً صورةً عن الممارسات والتحديات القائمة. مع الأخذ في الاعتبار القيود البشرية، إذ قد تؤثر الاختلافات في خبرة المشاركين وكفاءتهم وانفتاحهم على التكنولوجيا على الإجابات. ورغم هذه القيود، تهدف هذه التقنية إلى توفير فحص دقيق وموثوق للعلاقة بين التحول الرقمي ونتائج إدارة مشاريع الصيانة.

كما يحدد النهج خطوات جمع البيانات وتحديد العينة. وتُستخدم الاستبيانات والمقابلات وبيانات الرصد للتحقق من تغطية جميع متغيرات الدراسة. وتُستخدم العينة العشوائية الطبقية لاختيار المشاركين من مختلف الوظائف والأقسام وأحجام المصانع، مما يضمن تمثيل العينة وإمكانية تطبيق النتائج على بيئة صناعية أوسع. وقد وُضعت إجراءات جمع البيانات بعناية للحد من التحيز، وتحسين دقة الإجابات، والالتزام بالمعايير الأخلاقية مثل الإذن المُستتير والسرية والمشاركة الطوعية.

بشكل عام، يضع فصل المنهجية استراتيجيةً دقيقةً وشفافةً وقابلةً للتكرار لدراسة مشكلة البحث. من خلال الجمع بين المنهجين الكمي والنوعي، واستهداف شريحة سكانية ذات صلة، وتحديد حدود الدراسة وإجراءاتها بوضوح، يُرسي هذا الفصل الأساس لدراسة كيفية تأثير مبادرات التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية. تضمن هذه الطريقة أن تُسفر الدراسة عن نتائج مهمة وقابلة للتنفيذ، تُثري الفهم الأكاديمي والعمليات الصناعية العملية على حد سواء.

المنهجية وطرق البحث:

1. المنهج المختلط

تعتمد الدراسة على منهجيات متعددة، تدمج الأساليب الكمية والنوعية لتحليل التحول الرقمي في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية بدقة. وتستخدم البيانات الكمية، مثل الاستبيانات ومقاييس الأداء التشغيلي، لتقييم مدى تبني التكنولوجيا، وكفاءة الصيانة، وأداء المشروع. وتلقي البيانات النوعية، التي جُمعت من خلال المقابلات والملاحظات، الضوء على الجوانب البشرية، وثقافة المؤسسة، والعقبات التي واجهتها أثناء نشر التكنولوجيا. ويضمن دمج المنهجتين تثليث النتائج، ويحسن موثوقيتها وصحتها، ويوفر معرفة أشمل بالعلاقة بين أنشطة التحول الرقمي ونتائج مشاريع الصيانة في مرافق الجبيل.

2. مناهج البحث الكمي

يتكون البحث الكمي في هذه الدراسة من استبيانات منظمة وبيانات تشغيلية رقمية. وتستخدم الاستبيانات لقياس مواقف الموظفين تجاه الأدوات الرقمية، ومعدلات تبنيها، ورضاهم عن عمليات الصيانة المعتمدة على التكنولوجيا. تُقدم الإحصاءات التشغيلية، مثل معدلات التوقف عن العمل، وتكاليف الصيانة، وموثوقية المعدات، مؤشرات موضوعية لتحسين الأداء. وتستخدم الإحصاءات الوصفية، وتحليل الارتباط، ونماذج الانحدار لدراسة الارتباطات بين أنشطة التحول الرقمي ونتائج مشاريع الصيانة. تُمكن هذه الاستراتيجية الباحثين من استخلاص استنتاجات قابلة للقياس وقائمة على الأدلة حول تأثير التكنولوجيا الرقمية على كفاءة المشروع، وتحسين الموارد، والأداء العام للصيانة الصناعية.

3. منهجية البحث النوعي

يجمع عنصر البحث النوعي آراءً مفصلة من المهندسين والمشرفين والفنيين من خلال مقابلات شبه منظمة وتحقيقات رصدية. تتعمق المقابلات في تجارب المشاركين مع التقنيات الرقمية، والدعم التنظيمي، وفعالية التدريب، والعوائق الملحوظة أمام تبنيها. تُمكن البيانات الرصدية الباحث من رؤية سير العمل الفعلي، وتفاعلات الفريق، واستخدام التكنولوجيا في عمليات الصيانة. يستخدم التحليل الموضوعي البيانات النوعية للعثور على الأنماط والاتجاهات والرؤى. تدعم هذه الطريقة النتائج الكمية من خلال تناول المكونات السياقية والبشرية للتحول الرقمي، مما يتيح معرفةً أعمق بكيفية تأثير الأدوات الرقمية على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية بما يتجاوز مقاييس الأداء الرقمية.

4. تصميم البحث

تستخدم الدراسة منهجية وصفية وتفسيرية لفهم الوضع الراهن والنتائج السببية للتحويل الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة بشكل أفضل. توثق الخصائص الوصفية مستويات تبني التكنولوجيا، والجاهزية التنظيمية، ومؤشرات أداء الصيانة. تتناول العناصر التفسيرية العلاقات بين مكونات التحويل الرقمي والنتائج التشغيلية، مع تحديد المتغيرات التي تساعد أو تعيق التنفيذ الناجح. يسمح تصميم الدراسة بربط المتغيرات المستقلة (الأدوات الرقمية، وكفاءة القوى العاملة، والجاهزية التنظيمية) بالمتغيرات التابعة (كفاءة الصيانة، ووقت التوقف، وتحسين التكلفة، وموثوقية المعدات) بشكل منهجي، مما ينتج عنه لمحة عامة وفهم تحليلي للتحويل الرقمي في الصيانة الصناعية.

5. تطوير أدوات المسح

صُممت المسوحات المنظمة باستخدام مقاييس معتمدة من دراسات سابقة، وهي مصممة خصيصًا للبيئة الصناعية في الجبيل. تهدف الأسئلة إلى تقييم الفائدة المُتصورة، وسهولة الاستخدام، والدعم التنظيمي، ومهارات القوى العاملة الرقمية، وعقبات التبني. تُؤلّد بنود مقياس ليكرت استجاباتٍ موحدةً للتحليل الإحصائي، بينما تُتيح الأسئلة المفتوحة للمشاركين شرح تجاربهم وتحدياتهم بالتفصيل. يُخنَّبَر الاستطلاع مُسبقًا مع عينة صغيرة من مُختصي الصيانة لضمان، وضوحه، وموثوقيته، وفائدته. تُقدِّم هذه الأداة نهجًا منهجيًا لقياس وجهات نظر الموظفين وتجاربهم، مما يضمن تغطية البحث للجوانب الذاتية والموضوعية للتحويل الرقمي في إدارة مشاريع الصيانة.

6. بروتوكول المقابلة

تتضمن عملية المقابلة أسئلةً شبه مُهيكلّة مُوجَّهة للمهندسين والمُشرفين ومُختصي التحويل الرقمي. تُركِّز الأسئلة على تجارب تبني التكنولوجيا، والممارسات التنظيمية، والعقبات، وكفاية التدريب، والآثار المُتصورة على أداء الصيانة. تُسجَّل المقابلات بالفيديو، وتُنسخ، وتُحلَّل موضوعيًا للكشف عن الأنماط المُتكررة، والرؤى، والتناقضات. تُتيح هذه التقنية للباحث فهمًا أفضل للمتغيرات البشرية والثقافية والتنظيمية التي تُحرِّك نجاح التحوّل الرقمي، بالإضافة إلى المؤشرات الكمية. كما أنه يتيح الفرصة لجمع النتائج غير المتوقعة، مما يضمن دقة الدراسة.

مجتمع البحث:

مجتمع البحث هو مجموعة الأفراد والجهات التي سٌجمع بياناتها وُستخلص منها استنتاجات الدراسة. يتكون مجتمع هذه الدراسة من الأفراد العاملين في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع الصناعية الواقعة في مدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية. تُعد الجبيل واحدة من أكبر المراكز الصناعية في الشرق الأوسط، وتضم مجموعة متنوعة من الشركات في قطاعات البتروكيماويات والطاقة والتصنيع والصناعات الثقيلة. تعتمد هذه المصانع بشكل أساسي على الأنظمة الميكانيكية، والتي تتطلب صيانة منتظمة وفعالة للحفاظ على استمرار الإنتاج والسلامة وموثوقية التشغيل. تم اختيار مجتمع البحث بعناية ليشمل الأفراد ذوي المسؤولية المباشرة والخبرة العملية في تخطيط وتنفيذ ومراقبة مهام الصيانة، بالإضافة إلى التفاعل مع التقنيات الرقمية المستخدمة في الصيانة.

يتكون مجتمع البحث من المهندسين ومشرفي الصيانة ومديري المشاريع والفنيين وخبراء التحول الرقمي. يخطط المهندسون ويحللون ويشرفون على الأنظمة الميكانيكية لضمان كفاءة التشغيل والسلامة. تُعد ملاحظاتهم بالغة الأهمية لتحديد الفوائد والقيود العملية لأدوات الصيانة الرقمية. يتولى مشرفو الصيانة مسؤولية الإشراف على تنفيذ أنشطة الصيانة، والتنسيق بين الفرق، وضمان الالتزام بالجدول الزمني والبروتوكول. ويشارك مديرو المشاريع في تخطيط الاستراتيجيات، وتخصيص الموارد، ومراقبة الأداء العام للمشروع، مما يوفر رؤية ثاقبة حول كيفية تأثير التحول الرقمي على نتائج المشروع وعمليات صنع القرار. ينفذ الفنيون أعمال صيانة عملية ويتفاعلون مباشرة مع المعدات والأنظمة الرقمية، مما يوفر منظورًا فريدًا حول سهولة الاستخدام والفعالية والقضايا العملية. يقدم متخصصو التحول الرقمي أو موظفو دعم تكنولوجيا المعلومات مهارات فنية في تنفيذ الأنظمة وتكاملها ومراقبة أدائها. يضمن إدراج جميع هذه الوظائف فهمًا شاملاً للجوانب التشغيلية والإدارية لمشاريع الإصلاح الميكانيكي.

لا تأخذ الدراسة في الاعتبار العنصر البشري فحسب، بل تأخذ في الاعتبار أيضًا تنوع أنواع التصنيع ومقاييسه. قد تستخدم مصانع البتروكيماويات الكبيرة، التي قد تحتوي على آلات معقدة وأنشطة صيانة طويلة، أنظمة رقمية أكثر تقدمًا من المصانع الصناعية متوسطة الحجم. وبالتالي، يشمل المجتمع عينة تمثيلية من المصانع لمراعاة الاختلافات في التعقيد التشغيلي، وتبني التكنولوجيا، ومهارات الموظفين. من خلال شمولها لمجموعة متنوعة من الحالات الصناعية، تضمن الدراسة إمكانية تعميم النتائج وانعكاسها على الوضع العام للتحول الرقمي في مجال الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية.

تركز الدراسة على الممارسين الحاليين المشاركين بنشاط في مبادرات الصيانة، بدلاً من المتقاعدين أو الإداريين الذين لا يتعاملون مباشرة مع أنظمة الصيانة. يضمن هذا التركيز أن تكون البيانات المجمعة ذات صلة ودقة وتدل على الممارسات والمخاوف الحالية. علاوة على ذلك، يمكن للمجتمع المختار تقديم بيانات كمية (مؤشرات الأداء ومستويات تبني التكنولوجيا) ورؤى نوعية (التصورات والخبرات والقضايا المتعلقة بالتحول الرقمي). تُمكن هذه المساهمة المزدوجة الدراسة من تثليث النتائج وتوفير معرفة أشمل بكيفية تأثير الأدوات الرقمية على إدارة المشاريع وكفاءة الصيانة وموثوقية التشغيل.

وأخيراً، تضمن الدراسة مراعاة الاعتبارات الأخلاقية عند تحديد مجتمع البحث. يتم إطلاع المشاركين على أهداف الدراسة، ومشاركتهم الطوعية، وسرية الردود، وحرية انسحابهم في أي وقت. استُخدمت مناهج أخذ العينات الطبقيّة لاختيار المشاركين من مختلف المناصب والأقسام وأنواع المصانع، مما يضمن تمثيل العينة بدقة لتنوع مجتمع البحث. ومن خلال التحديد الدقيق واختيار مجتمع البحث، تُرسي هذه الدراسة الأساس لجمع بيانات صحيحة وموثوقة ومفيدة لتقييم أثر التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية.

حدود الدراسة:

يُحدد نطاق هذه الدراسة حدود البحث، بما في ذلك تركيزه وقيوده وتطبيقه. تبحث هذه الدراسة في تأثير التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع الصناعية بمدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية. تُعدّ الجبيل مركزاً صناعياً كبيراً يضم مجموعة متنوعة من الشركات في قطاعات البتروكيماويات والطاقة والتصنيع والصناعات الثقيلة. تعتمد هذه المصانع على أنظمة ميكانيكية متطورة، وتُعد صيانتها السليمة أمراً بالغ الأهمية لاستمرار الإنتاج، وتوفير التكاليف، والسلامة والموثوقية. يسعى البحث إلى دراسة كيفية استخدام التقنيات الرقمية لتحسين إدارة مشاريع الصيانة في هذا السياق الصناعي.

تركز الدراسة على مشاريع الصيانة الميكانيكية، والتي تشمل التخطيط والتنفيذ والجدولة وتخصيص الموارد وإدارة المخاطر ومراقبة العمليات. كما تبحث في استخدام أدوات وتقنيات التحول الرقمي مثل الصيانة التنبؤية، وأجهزة استشعار إنترنت الأشياء، والمراقبة السحابية، وأنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS)، والتوائم الرقمية. تتناول الدراسة الجوانب التكنولوجية (تكامل الأنظمة، وجمع البيانات آتياً، والأداء التشغيلي)

والعوامل البشرية والتنظيمية (كفاءة القوى العاملة، ودعم القيادة، والتدريب، والإعداد التنظيمي). ومن خلال التركيز على هذه العوامل، تُبرز الدراسة الطبيعة متعددة الجوانب للتحوّل الرقمي في إدارة الصيانة.

مكانيًا، تقتصر الدراسة على مصانع مدينة الجبيل الصناعية. ويضمن هذا النطاق الجغرافي تركيز البحث على الممارسات داخل بيئة صناعية مُركزة، مما يسمح بإجراء مقارنة وتحليل مُحكمين عبر مختلف القطاعات الصناعية وأحجام المصانع. ورغم أن استنتاجات الدراسة قد تكون ذات صلة بمناطق صناعية أخرى، إلا أنها تنطبق بشكل مباشر على الجبيل نظرًا لبنيتها التحتية الصناعية الخاصة، ومستوى تبني التكنولوجيا، وتنوع العمال

زمنيًا، تعكس الدراسة المستوى الحالي للتحوّل الرقمي في الصيانة الميكانيكية، بما في ذلك الممارسات والمشاكل والنتائج المُحققة خلال فترة البحث. ولا تُجري الدراسة تحليلًا مُتعمقًا لاتجاهات تبني التكنولوجيا التاريخية، ولا تتوقع أي تحسينات تكنولوجية مُستقبلية. يُقدم هذا المنظور الزمني لمحةً سريعةً عن الممارسات الحالية، مما يُتيح للدراسة التركيز على التأثير المباشر للأدوات الرقمية على أداء إدارة المشاريع، وتكيف القوى العاملة، والكفاءة التشغيلية.

كما تأخذ الدراسة في الاعتبار الحدود البشرية، مُركزةً على عمال الصيانة، كالمهندسين والفنيين والمشرفين ومديري المشاريع والمتخصصين الرقميين. لا يُؤهل الموظفون الإداريون وغيرهم من الموظفين غير المشاركين مباشرةً في الصيانة أو الأنظمة الرقمية. وهذا يضمن أن تعكس البيانات المُجمّعة الخبرة العملية والآراء المُستتيرة حول التحوّل الرقمي في مجال الصيانة بشكلٍ مناسب.

وأخيرًا، تُركّز الدراسة على النتائج التشغيلية والعملية، مثل كفاءة الصيانة، وتقليل وقت التوقف، وتحسين التكلفة، وموثوقية المعدات. قد تُؤثّر ممارسات الصيانة على مقاييس الأداء المؤسسية الأوسع، مع أن التركيز الرئيسي يبقى على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية ودور التحوّل الرقمي في تحسين هذه العمليات. ومن خلال تحديد هذه المعايير بوضوح، تضمن الدراسة أن تكون أهدافها قابلةً للتحقيق، وتصميم البحث سهل الإدارة، وأن تكون النتائج ذات صلة وقابلة للتنفيذ من قِبَل الجهات الصناعية في مدينة الجبيل الصناعية.

خطوات جمع البيانات:

يُعد اختيار حجم العينة الأمثل مرحلةً بالغة الأهمية في أي مشروع بحثي، لما له من تأثير مباشر على موثوقية النتائج وصلاحياتها وقابليتها للتعميم. وقد تم اختيار حجم العينة لهذه الدراسة بعناية لضمان تمثيلها

الدقيق لمجتمع البحث، والذي يشمل المهندسين ومشرفي الصيانة والفنيين ومديري المشاريع وأخصائيي التحول الرقمي العاملين في مشاريع الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية. وتسعى العينة إلى عكس تنوع الأدوار والمسؤوليات والخبرات في سياق الصيانة الصناعية، مما يوفر فهماً شاملاً لكيفية تأثير التحول الرقمي على أداء إدارة المشاريع.

يُعد حجم المجتمع العامل الأساسي في تحديد حجم العينة. تضم مدينة الجبيل الصناعية عددًا هائلاً من المصانع في قطاعات البتروكيماويات والطاقة والتصنيع والصناعات الثقيلة. ويعمل آلاف الأشخاص في هذه المصانع في مشاريع الإصلاح الميكانيكي، ولكن ليس جميعهم مرتبطين ارتباطاً مباشراً بالأدوات الرقمية أو عمليات صنع القرار. ونتيجةً لذلك، تركز الدراسة على الأشخاص ذوي الخبرة العملية والمشاركين بنشاط في عمليات الصيانة. وهذا يضمن امتلاك المشاركين للمعرفة اللازمة لتقديم ملاحظات دقيقة وهادفة وقابلة للتنفيذ. بتحديد الفئة المستهدفة بهذه الطريقة، تتجنب الدراسة تجميع النتائج بأراء غير ذات صلة أو أقل استنارة.

تجمع استراتيجية أخذ العينات المستخدمة بين أخذ العينات الطبقية والهادف. يضمن أخذ العينات الطبقية اختيار المشاركين بشكل متناسب من مختلف المصانع والأقسام والمناصب، مع مراعاة الاختلافات في الخبرة، وتبني التكنولوجيا، ومسؤوليات المشروع. تُمكن هذه الاستراتيجية الدراسة من تحليل كل من الشركات الكبيرة ذات الآلات المتطورة، والشركات المصنعة متوسطة الحجم ذات أنشطة الصيانة البسيطة. أما أخذ العينات الهادف، فيُستخدم لاختيار الأشخاص ذوي الكفاءة المحددة في أدوات الصيانة الرقمية، أو إدارة المشاريع، أو اتخاذ القرارات التشغيلية. يُحسن هذا المزيج من تمثيل العينة، مع تضمين رؤى حيوية من المشاركين ذوي المعرفة.

تُعد مستويات الثقة وهوامش الخطأ عوامل مهمة في تحديد حجم العينة. تهدف الدراسة إلى مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%، وهما أمران شائعان في أبحاث العلوم الاجتماعية والصناعة. تضمن هذه الخصائص أن تكون العينة ذات دلالة إحصائية، مما يسمح بتعميم النتائج بشكل أكثر موثوقية على شريحة أكبر من متخصصي الصيانة في مدينة الجبيل الصناعية. وتأخذ حسابات حجم العينة هذه العناصر في الاعتبار، بالإضافة إلى الحجم المتوقع للسكان، لتحديد عدد المشاركين المطلوبين لاكتشاف الأنماط والارتباطات ذات المغزى بين مشاريع التحول الرقمي وأداء مشاريع الصيانة.

ومن العوامل المحددة الأخرى تمثيل الأدوار. تتطلب عمليات الصيانة مستويات متعددة من المسؤولية، بدءاً من الفنيين الميدانيين ووصولاً إلى المهندسين ومديري المشاريع. وتتفاعل كل وظيفة مع الأنظمة الرقمية

بشكل مختلف وتواجه مشاكل متنوعة. ونتيجة لذلك، تُصنف العينة لتشمل تمثيلاً كافياً من كل وظيفة، مما يضمن أن تعكس النتائج صورة شاملة لإدارة مشاريع الصيانة. على سبيل المثال، يساهم الفنيون برؤى حول قابلية الاستخدام التشغيلية، بينما يقدم مديرو المشاريع وجهات نظر حول تخطيط وجدولة وفوائد التبني الرقمي الاستراتيجية. ويعزز هذا التمثيل متعدد المستويات من مصداقية التحليل مع ضمان قابليته للتطبيق العملي.

كما يؤثر توافر الأفراد وسهولة الوصول إليهم على حجم العينة. قد تواجه المصانع قيوداً تشغيلية تحد من عدد الأشخاص المتاحين لإجراء المقابلات أو الاستبيانات أو عمليات الرصد أثناء عملية جمع البيانات. ولمعالجة هذا، استخدمت الدراسة تعديلات طارئة، تتضمن دعوة عدد من المشاركين يفوق الحد الأدنى المتوقع لحجم العينة، وذلك لاستيعاب حالات عدم الاستجابة أو الرفض أو البيانات غير المكتملة. وهذا يضمن أن يكون حجم العينة النهائي مناسباً للتحليل الإحصائي والعمق النوعي.

وأخيراً، تؤثر جودة البيانات والعوامل الأخلاقية على حجم العينة. يُحقق اختيار عدد مقبول من المشاركين توازناً بين ضرورة وجود بيانات قوية ودقيقة والمسؤولية الأخلاقية لتجنب إرهاق المشاركين. يتلقى المشاركون تعليمات واضحة، ويتم تشجيع المشاركة الطوعية، والحفاظ على السرية. تُحسن هذه الطريقة الأخلاقية دقة الاستجابة وتضمن أن البيانات التي تم الحصول عليها تمثل تجارب وتصورات حقيقية.

باختصار، تم اختيار حجم العينة لهذا البحث بعد تقييم دقيق لحجم المجتمع، وتنوع الأدوار، ومنهجيات أخذ العينات، ومستويات الثقة، والقيود التشغيلية، والمعايير الأخلاقية. تعمل هذه العوامل مجتمعةً لضمان جمع البحث لمجموعة بيانات تمثيلية ومفيدة وموثوقة، مما يتيح رؤى ثاقبة حول تأثير التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية.

محددات حجم العينة:

تم تحديد عدة قيود عند حساب حجم العينة لهذا البحث، مما قد يؤثر على قابلية تعميم النتائج ودقتها. أولاً، تركز الدراسة حصرياً على الأفراد المشاركين بشكل مباشر في مشاريع الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية. ورغم أن هذا يضمن الصلة والدقة، إلا أنه يحد من إمكانية تطبيق النتائج على مواقع صناعية أخرى أو دول ذات بنى تحتية تكنولوجية متميزة، أو كفاءات قوى عاملة، أو ثقافات تنظيمية مختلفة. وتستبعد الدراسة المتخصصين الإداريين والموظفين المرتبطين ارتباطاً غير مباشر بالصيانة، والذين يمكنهم تقديم رؤى تنظيمية أوسع نطاقاً حول مبادرات التحول الرقمي.

ثانيًا، تُحدّد عوامل عملية، مثل سهولة وصول المشاركين وتوافرهم، من حجم العينة الإجمالي. تعمل العديد من المصانع على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع، مع نوبات عمل وجدول صيانة أساسية تحدّد من توافر الموظفين للمشاركة في الاستطلاعات أو المقابلات أو الملاحظات. قد يكون بعض الأشخاص في إجازة، أو مشغولين بمسؤوليات مهمة، أو غير متاحين طوال فترة جمع البيانات، مما يقلل من حجم العينة الفعلي. علاوة على ذلك، قد تفرض بعض الشركات قيودًا صارمة على الوصول إلى الأبحاث الخارجية أو سرّيتها، مما يحد من مجموعة المشاركين المؤهلين.

ثالثًا، تؤثر قيود معدل الاستجابة على حجم العينة النهائي. على الرغم من الدعوات والتذكيرات المُعدّة جيدًا، قد لا يُشارك جميع المشاركين المُختارين في الاستبيانات أو المقابلات. قد يُعزى عدم الاستجابة إلى قلة الاهتمام، أو ضيق الوقت، أو الشعور بعدم الصلة، مما قد يؤدي إلى تحيز إذا اختلف المُستجيبون بشكل منهجي عن غير المُستجيبين. تبذل الدراسة جهدًا لمواجهة ذلك من خلال محادثات المتابعة والجدولة المرنة، ولكن لا مفر من وجود بعض القيود.

رابعًا، هناك قيود على تمثيل الأدوار بسبب تغيّر عدد الأفراد في أدوار الصيانة المختلفة. على سبيل المثال، قد يكون لدى المُصنّعين الكبار عدد أكبر من الفنيين، ولكن عدد أقل من مديري المشاريع والمتخصصين الرقميين. في حين يُستخدم أخذ العينات الطبقيّة لضمان التمثيل العادل، قد يكون عدد المشاركين في وظائف مُحددة ضئيلاً، مما يحد من عمق الرؤى من وجهات نظر مُحددة. قد يحد هذا من قدرة الدراسة على رصد التجارب الخاصة بكل دور أو العقبات المرتبطة بالتحول الرقمي بشكل كافٍ.

خامسًا، تؤثر القيود الزمنية على تحديد حجم العينة. تتبع الدراسة تقويمًا أكاديميًا صارمًا، مما يحد من الوقت المُتاح لتجنيد المشاركين وجمع البيانات والمتابعة. قد تسمح الجداول الزمنية الممتدة بعينة أكبر وأكثر تمثيلًا، إلا أن المواعيد النهائية العملية تتطلب توازنًا بين حجم العينة وإمكانية الدراسة العملية.

سادسًا، تلعب قيود الموارد دوراً هاماً. يتطلب جمع البيانات الكمية والنوعية ونسخها وتحليلها قدرًا كبيرًا من الوقت والقوى العاملة والموارد المالية. وقد يؤدي توسيع العينة إلى ما يتجاوز الحجم المتوقع إلى إرهاق الموارد المتاحة، مما يُعرّض جودة البيانات ودقتها وإكمال البحث في الوقت المناسب للخطر.

وأخيرًا، تُحدّد القضايا الأخلاقية من حجم العينة. لضمان المشاركة الطوعية والموافقة المستنيرة والسرية، قد لا تتم معالجة جميع الأشخاص المؤهلين في آنٍ واحد. تُعطي الدراسة الأولوية للمعايير الأخلاقية

على الحد الأقصى لحجم العينة، لأنها تُدرك أن سلامة المشاركين وثقتهم أمران أساسيان لجمع إجابات هادفة وصادقة.

ختاماً، بينما تتضمن الدراسة مناهج أخذ عينات محسوبة بعناية ومرتبطة، فإن حجم العينة النهائي محدود بالتركيز الجغرافي، وسهولة الوصول، ومعدلات الاستجابة، وتوزيع الأدوار، وقيود الوقت والموارد، والاعتبارات الأخلاقية. وعلى الرغم من هذه القيود، كان حجم العينة كافياً لإعطاء رؤى موثوقة وصحيحة وهامة حول تأثير التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في مدينة الجبيل الصناعية.

الفصل الرابع: نتائج الدراسة

مقدمة:

يناقش الفصل الرابع استنتاجات الدراسة ونتائجها، مع التركيز على تأثير التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في الشركات الصناعية بمدينة الجبيل الصناعية. يجمع الفصل البيانات المُجمعة من المسوحات والمقابلات والدراسات الرصدية والسجلات التشغيلية لتقديم دراسة شاملة للخصائص الكمية والنوعية. يهدف هذا الفصل إلى تقديم أدلة بطريقة منهجية تتناول أسئلة البحث وتختبر الفرضيات الموضحة في الفصول السابقة. ويحلل الفصل هذه النتائج لتقديم رؤى حول فعالية التحول الرقمي في عمليات الصيانة، ومعوقاته، وعواقبه التنظيمية.

تتناول الدراسة العديد من مجالات التحول الرقمي، مثل استخدام أنظمة الصيانة التنبؤية، وأنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS)، وأجهزة استشعار إنترنت الأشياء، وبرامج المراقبة السحابية. ويتم تقييم هذه التقنيات من حيث تأثيرها على مؤشرات أداء الصيانة الرئيسية، مثل الكفاءة التشغيلية، وموثوقية المعدات، وتقليل وقت التوقف، وتحسين التكلفة، وفعالية إدارة المشاريع. يتم تحليل البيانات لتقييم مدى مساهمة استخدام الأدوات الرقمية في تحسين عمليات صنع القرار، وتخصيص الموارد، وإدارة المخاطر، والنتائج الإجمالية

لمشاريع الصيانة. ويتم استكشاف وجهات النظر الفنية والتنظيمية، مع التركيز على كيفية تفاعل التكنولوجيا مع كفاءة العاملين، ودعم القيادة، وثقافة المؤسسة لتحقيق نتائج قابلة للقياس.

توفر البيانات الكمية، التي جُمعت من خلال استطلاعات رأي منظمة، دليلاً إحصائياً على مستوى تبني التقنيات الرقمية وعلاقته بأداء الصيانة. وتُلخص الإحصاءات الوصفية ردود المشاركين، بينما تكشف تحليلات الارتباط والانحدار عن الأنماط والروابط السببية بين المتغيرات. وتساعد هذه التقييمات في تحديد مدى مساهمة التقنيات الرقمية في زيادة الكفاءة التشغيلية، والالتزام بجداول الصيانة، وتقليل أعطال المعدات. وتُكمل البيانات التشغيلية من سجلات التصنيع، مثل سجلات الصيانة، وتقارير التوقف عن العمل، وسجلات التكلفة، النتائج الكمية من خلال توفير تحقق موضوعي من تحسينات الأداء المُبلغ عنها ذاتياً.

توفر البيانات النوعية من المقابلات شبه المنظمة والدراسات الرصدية فهماً أكثر سياقية للجوانب البشرية والتنظيمية للتحويل الرقمي. تكشف المقابلات مع المهندسين ومشرفي الصيانة ومديري المشاريع والخبراء الرقميين عن مشكلات في استيعاب التكنولوجيا، وكفاءة التدريب، وسهولة استخدام النظام، ومشاركة الموظفين. وتؤكد بيانات الرصد هذه الرؤى من خلال توثيق الاستخدام الفوري للأدوات الرقمية، وتعديلات سير العمل، والتفاعلات بين الموظفين والتكنولوجيا. يُمكن هذا المزيج من الأدلة النوعية والكمية الدراسة من تقديم تقييم دقيق للإنجازات والتحديات، مع تسليط الضوء على الديناميكيات المعقدة التي تؤثر على أداء مشاريع الصيانة.

يناقش الفصل أيضاً الاختلافات بين أنواع المصانع وأقسامها ومسؤولياتها، مُسلطاً الضوء على سياقات التشغيل المتعددة في المدينة. غالباً ما تُظهر مصانع البتروكيماويات والطاقة كبيرة الحجم تكاملاً رقمياً أكثر تقدماً من مصانع التصنيع متوسطة الحجم، مما يؤثر على نتائج الأداء وتجارب التبنّي. وبالمثل، فإن التفاوتات في مهارات العمال، والدعم التنظيمي، وأساليب إدارة المشاريع، جميعها تؤثر على فعالية برامج التحويل الرقمي. يُقدم عرض هذه المتغيرات صورة واقعية لكيفية تأثير العوامل السياقية على تأثير التقنيات الرقمية على مشاريع الصيانة الميكانيكية.

وأخيراً، يُمثل الفصل الرابع جوهر الدراسة التجريبي، إذ يُحوّل البيانات المُجمعة إلى رؤى عملية حول تأثير التحويل الرقمي في تحسين إدارة مشاريع الصيانة. ويُقدّم الفصل تقييماً شاملاً لكيفية تأثير الأدوات الرقمية على الكفاءة التشغيلية، ومشاركة القوى العاملة، ونتائج المؤسسات، من خلال الجمع بين التحليل الإحصائي والتفسير النوعي. وتُشكّل النتائج المُقدّمة في هذا الفصل إطاراً لمزيد من النقاش والتفسير والاقتراحات في

الفصل الخامس، مُوجَّهة المعرفة الأكاديمية والأساليب العملية لتحقيق تحول رقمي فعّال في عمليات الصيانة الصناعية.

تحليل البيانات:

يهدف تحليل بيانات هذه الدراسة إلى دراسة تأثير التحول الرقمي على إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع الصناعية بمدينة الجبيل الصناعية. يجمع التحليل بين البيانات الكمية والنوعية لتقديم تقييم متعمق لكيفية تأثير التقنيات الرقمية على الكفاءة التشغيلية، وفعالية التكلفة، وموثوقية المعدات، والأداء العام للمشروع. من خلال دمج المقاييس الرقمية مع الرؤى السياقية المستمدة من المقابلات والملاحظات، تضمن الدراسة فهمًا متوازنًا لكل من النتائج الكمية والمتغيرات البشرية التي تؤثر على فعالية جهود التحول الرقمي.

جُمعت البيانات الكمية من خلال استطلاعات رأي منظمة للمهندسين والفنيين ومشرفي الصيانة ومديري المشاريع وأخصائيي التحول الرقمي. تناولت هذه الدراسات مدى استخدام التكنولوجيا، وكفاءة القوى العاملة، وفعالية التدريب، والدعم التنظيمي، والمكاسب الملموسة في أداء مشاريع الصيانة. بالإضافة إلى ذلك، جُمعت السجلات التشغيلية، مثل جداول الصيانة، وسجلات التوقف، ومعدلات أعطال المعدات، وتكاليف الصيانة. تم تنظيف البيانات وتمييزها وتحليلها باستخدام برمجيات إحصائية، مما مهد الطريق للتحليلات الوصفية والارتباطية والاستنتاجية.

تلخص الإحصاءات الوصفية الاتجاهات والأنماط العامة في البيانات. تعكس المتوسطات الحسابية والتكرارات والنسب المئوية والانحرافات المعيارية متوسط معدلات اعتماد الأدوات الرقمية، والفائدة المُدركة، ومكاسب الكفاءة التشغيلية. على سبيل المثال، تُظهر استجابات الاستبيان أن أنظمة الصيانة التنبؤية وأنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) تُستخدم على نطاق واسع في المنشآت الأكبر حجمًا، حيث يُبلغ الموظفون عن جدولة أفضل ووقت توقف غير مُجدول أقل. تُبرز الاختلافات في معدلات الاعتماد والفوائد المُدركة حسب حجم المصنع والقسم ومنصب الموظف، مع التركيز على الفنيين والمشرفين والمديرين.

يُظهر تحليل الارتباط الارتباطات بين المتغيرات المستقلة - مثل اعتماد الأدوات الرقمية، والدعم التنظيمي، وتدريب القوى العاملة - والمتغيرات التابعة مثل تقليل وقت التوقف، وتوفير التكاليف، وموثوقية المعدات. تُظهر الارتباطات الإيجابية المهمة أن ارتفاع مستويات استخدام التكنولوجيا وجاهزية العمالة يرتبطان بأداء صيانة أفضل. يُقيم تحليل الانحدار المتعدد الإمكانيات التنبؤية لهذه المتغيرات، مُحددًا العوامل الأكثر تأثيرًا

على النتائج التشغيلية. على سبيل المثال، وُجد أن أنظمة المراقبة الآنية والمساعدة الإدارية تُعدّان من العوامل الرئيسية المُتنبئة بتقليل أعطال المعدات وزيادة كفاءة المشروع.

تم الحصول على البيانات النوعية من خلال مقابلات شبه مُهيكلية ودراسات رصدية. ركّزت المقابلات على تجارب المشاركين مع الأنظمة الرقمية، والصعوبات المُتصّرة، وكفاية التدريب، وتكامل سير العمل، والدعم التنظيمي. قدّمت الملاحظات رؤى مُباشرةً حول كيفية استخدام فرق الصيانة للتقنيات الرقمية، وتعديل العمليات، ومعالجة المشاكل التشغيلية آنيًا. كشف ترميز نصوص المقابلات وملاحظات الملاحظات باستخدام التحليل الموضوعي عن مواضيع وأنماط مُتكررة

تشمل المواضيع النوعية الرئيسية: التأهب التكنولوجي، وسهولة استخدام النظام، ومشاركة الموظفين، ومقاومة التغيير، ودور المساعدة الإدارية في التنبؤ الفعال. على سبيل المثال، ركّز الفنيون على صعوبات سهولة الاستخدام العملية، بينما أكّد المهندسون ومديرو المشاريع على الفوائد الاستراتيجية للتحليلات التنبؤية والبيانات الآنية في التخطيط واتخاذ القرارات. أشارت الملاحظات إلى أن الفرق تُعدّل الإجراءات بشكل روتيني لتحقيق أقصى استفادة من الأدوات الرقمية، مما يُظهر الدمج العملي للتكنولوجيا في عمليات الصيانة اليومية

يُحسّن تثليث البيانات الكمية والنوعية من صحة النتائج وموثوقيتها. تُعزز الرؤى النوعية التي تُفسر أسباب حدوث هذه التغييرات المقاييس الكمية لزيادة الكفاءة، وتقليل وقت التوقف، وتوفير التكاليف. ووفقًا للمقابلات، تُتيح حلول الصيانة التنبؤية الكشف المُبكر عن أعطال المعدات، بينما تُحسّن برامج التدريب المنتظمة كفاءة الموظفين وسرعة رد الفعل. تُقدم الملاحظات دليلًا إضافيًا من خلال إظهار التطبيقات الفورية للتكنولوجيا الرقمية وتأثيرها على إنتاجية العمليات.

يكشف التحليل أيضًا عن تباينات بين المناصب والأقسام والأنواع الصناعية. تُظهر المصانع كبيرة الحجم معدلات تبني أعلى وتحسينات تشغيلية أكبر مقارنةً بالمصانع متوسطة الحجم. تؤثر الاختلافات في الخبرة ومستويات المهارة ومسؤوليات الأدوار على وجهات النظر حول فعالية التكنولوجيا، مما يُبرز أهمية التكتيكات المُخصصة لكل دور أثناء تنفيذ برامج التحول الرقمي.

التحول الرقمي في تطوير إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع السعودية (مصانع الجبيل الصناعية)

• الوصف الاحصائي لبيانات الدراسة

يوضح الجدول الإحصائي أن متوسطات إجابات المشاركين تشير إلى وجود مستوى متوسط من تطبيق الأنظمة الرقمية في إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية، إذ تراوحت المتوسطات بين 2.12 و 3.65. تظهر البيانات انحرافات معيارية معتدلة تعكس تبايناً مقبولاً في آراء الأفراد. يتبين كذلك من قيم الالتواء والتفلطح أن غالبية المتغيرات تميل لتوزيع مقبول وغير بعيد عن الطبيعة الطبيعية، مما يعزز موثوقية البيانات. يشير ذلك إلى أن التحول الرقمي قائم بالفعل داخل المصنع، إلا أنه ما يزال بحاجة إلى تعزيز أكبر للوصول إلى مستويات تطبيق أكثر نضجاً وتأثيراً.

Statistics						
Kurtosis	Skewness	Std. Deviation	Std. Error of Mean	Mean	N	
					Valid	
0.337	1.061	1.180	0.090	2.12	173	العمر
-2.023	-0.012	0.501	0.038	1.50	173	الجنس
-1.557	0.020	1.200	0.091	2.41	173	الدرجة
0.029	1.069	1.294	0.098	2.23	173	يستخدم المصنع أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية.
0.582	1.274	1.261	0.096	2.12	173	يتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً.
-1.346	-0.521	1.550	0.118	3.65	173	تعتمد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة لتخطيط المشاريع.
-0.072	0.002	1.030	0.078	3.25	173	توجد استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع.
-0.624	-0.810	1.274	0.097	3.31	173	يتم استخدام تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات.
-0.558	0.858	1.365	0.104	2.28	173	أدى التحول الرقمي إلى تقليل فترات توقف المعدات عن العمل.

173	2.65	0.112	1.478	0.561	-1.148	ساعدت الأنظمة الرقمية في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة.
173	3.54	0.107	1.412	-0.390	-1.167	أسهمت الرقمنة في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة.
173	3.23	0.086	1.128	-0.049	-0.595	حسّنت التقنيات الرقمية من جودة أعمال الصيانة المنفذة.
173	3.13	0.101	1.323	-0.419	-1.124	زادت الرقمنة من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي.
173	2.87	0.116	1.521	0.207	-1.442	تساعد التقنيات الرقمية في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة.
173	2.68	0.097	1.270	0.497	-0.784	تتيح الرقمنة تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة.
173	3.42	0.112	1.467	-0.404	-1.213	يعتمد مديرو المشاريع على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل.
173	3.06	0.087	1.147	0.062	-0.711	تُسهّم الأنظمة الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها.
173	3.05	0.107	1.407	-0.283	-1.297	أدت التحليلات الرقمية إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية.

جدول 1 : الوصف الاحصائي لبيانات الدراسة.

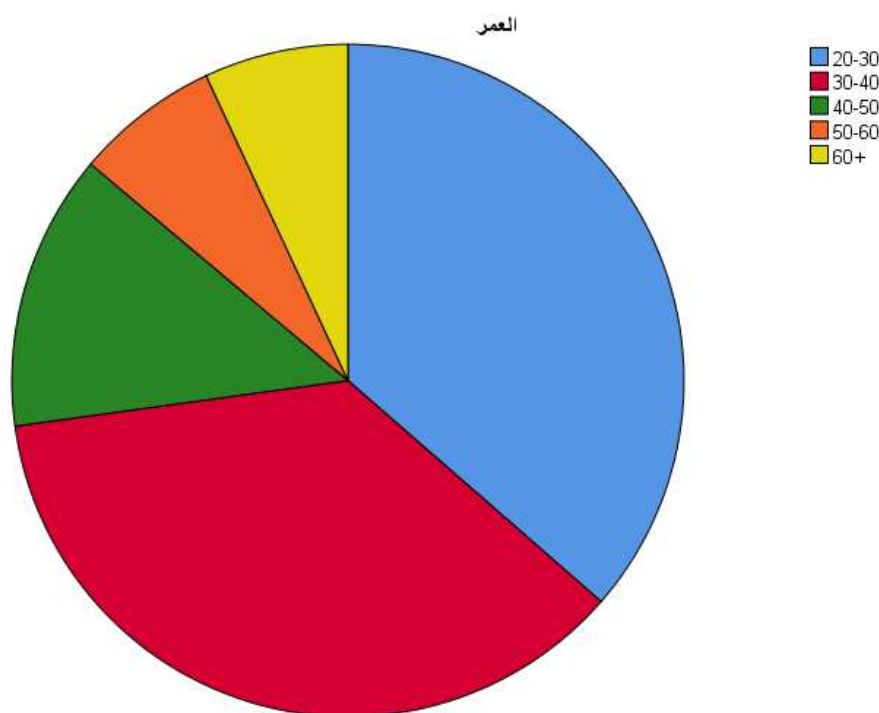
1. عمر المشاركين في التجربة

يوضح الجدول أن الفئات العمرية من 20 إلى 30 سنة ومن 30 إلى 40 سنة تستحوذان على النسبة الأكبر من المشاركين بنسبة 36.4% لكل منهما، مما يدل على أن أغلب أفراد العينة من الفئات الشابة. كما يوضح انخفاض

تمثيل الفئات الأكبر سناً بنسب تتراوح بين 6.9% و 13.3%، مما يعكس ميل القوى العاملة نحو الأعمار القادرة على مواكبة التقنيات الرقمية في مجال الصيانة.

		العمر			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	20-30	63	36.4	36.4	36.4
	30-40	63	36.4	36.4	72.8
	40-50	23	13.3	13.3	86.1
	50-60	12	6.9	6.9	93.1
	60+	12	6.9	6.9	100.0
	Total	173	100.0	100.0	

جدول 2 : الوصف الاحصائي لعمر المشاركين في التجربة.



رسم توضيحي 2 : التمثيل البياني لعمر المشاركين في التجربة

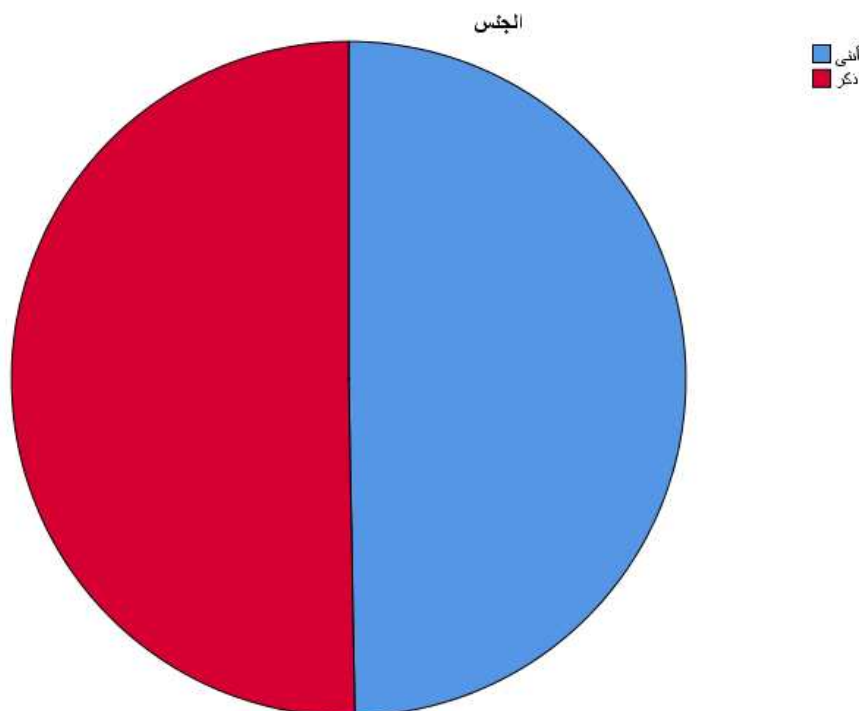
2. جنس المشاركين في التجربة

يوضح الجدول أن توزيع المشاركين بين الجنسين متقارب جداً، حيث يشكل الذكور نسبة 50.3% بينما تمثل الإناث 49.7% من العينة. يبين ذلك أن الدراسة اعتمدت على عينة متوازنة من حيث النوع الاجتماعي، مما يعزز من حيادية النتائج ويمكن من تعميمها بشكل أفضل على المجتمع المستهدف.

		الجنس			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أنثى	86	49.7	49.7	49.7

	ذكر	87	50.3	50.3	100.0
	Total	173	100.0	100.0	

جدول 3 : الوصف الاحصائي لجنس المشاركين في التجربة.



رسم توضيحي 3 : التمثيل البياني لجنس المشاركين في التجربة

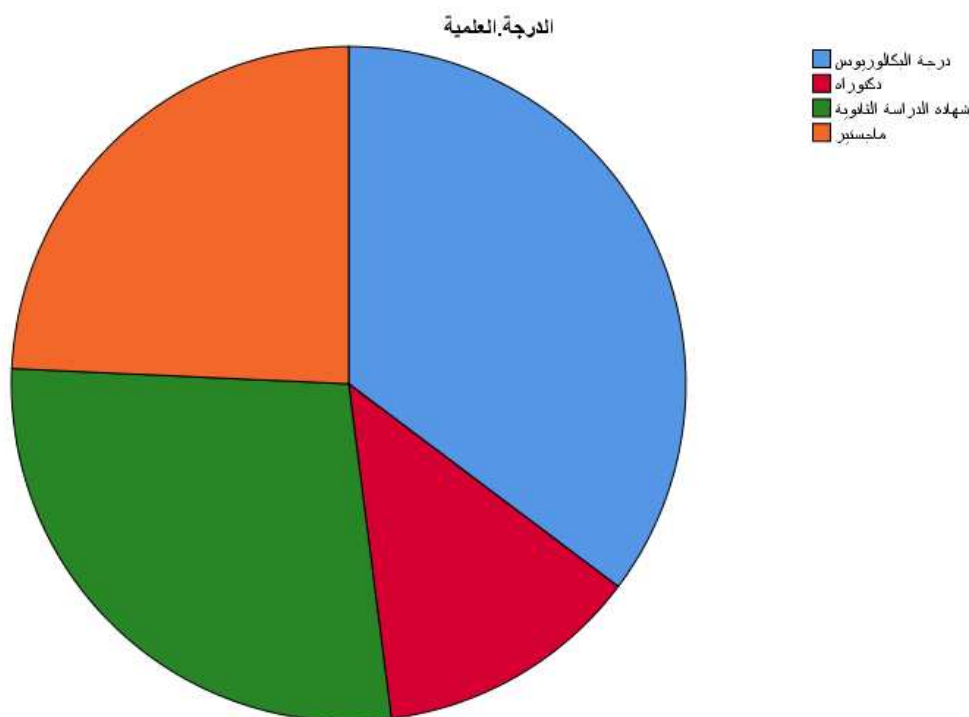
3. الدرجة العلمية للمشاركين في التجربة

يوضح الجدول أن المشاركين يمتلكون مستويات تعليمية متنوعة، حيث تشكل درجة البكالوريوس النسبة الأكبر بـ 35.3%، تليها شهادة الثانوية بنسبة 27.7%. كما تمثل درجة الماجستير 24.3%، في حين جاءت نسبة الحاصلين على الدكتوراه 12.7%. هذا التنوع في الخلفية التعليمية يعزز شمولية نتائج الدراسة ويتيح فهماً أوسع لآراء مختلف الفئات العلمية.

الدرجة العلمية للمشاركين في التجربة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	درجة البكالوريوس	61	35.3	35.3	35.3
	دكتوراه	22	12.7	12.7	48.0
	شهادة الدراسة الثانوية	48	27.7	27.7	75.7

	ماجستير	42	24.3	24.3	100.0
	Total	173	100.0	100.0	

جدول 4 : الوصف الاحصائي للدرجة العلمية للمشاركين في التجربة.



رسم توضيحي 4 للدرجة العلمية للمشاركين في التجربة

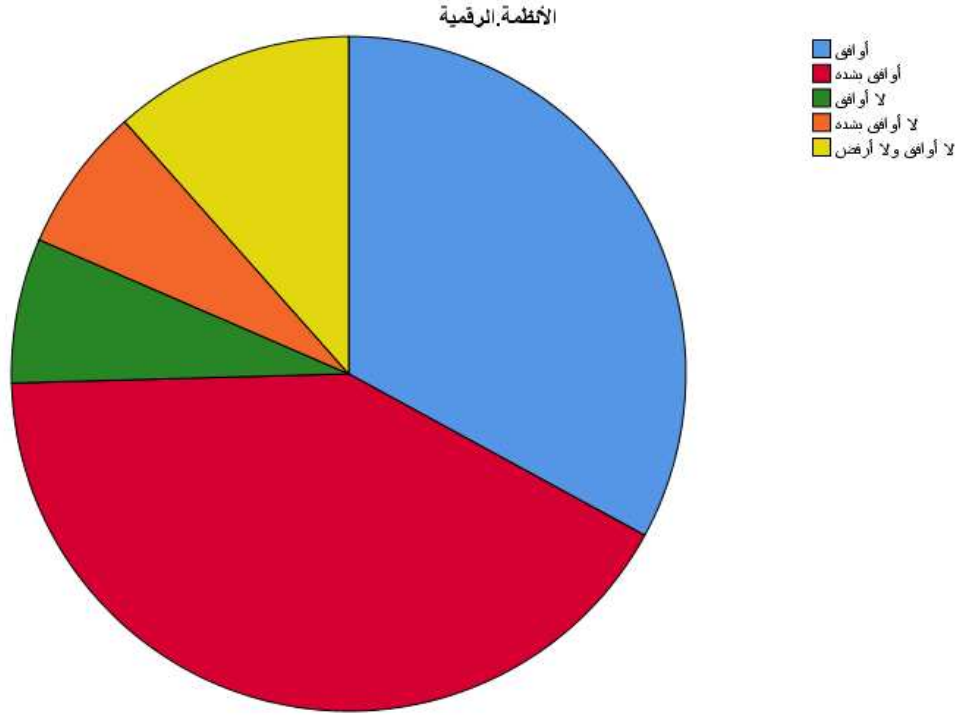
4. يستخدم المصنع أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية.

يوضح الجدول أن 74.5% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن المصنع يستخدم أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية، مما يشير إلى تبني واضح للتحويل الرقمي في هذا المجال. في المقابل، بلغت نسبة غير الموافقين 13.8%، بينما ظل 11.6% في موقف حيادي. هذه النتائج تعكس توجهاً عاماً نحو استخدام التكنولوجيا في إدارة الصيانة مع وجود حاجة لتعزيز القبول لدى بعض الفئات.

يستخدم المصنع أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	57	32.9	32.9	32.9
	أوافق بشدة	72	41.6	41.6	74.6
	لا أوافق	12	6.9	6.9	81.5
	لا أوافق بشدة	12	6.9	6.9	88.4
	لا أوافق ولا أرفض	20	11.6	11.6	100.0

	Total	173	100.0	100.0
--	-------	-----	-------	-------

جدول 5 : الوصف الاحصائي لـيستخدم المصنع أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية.



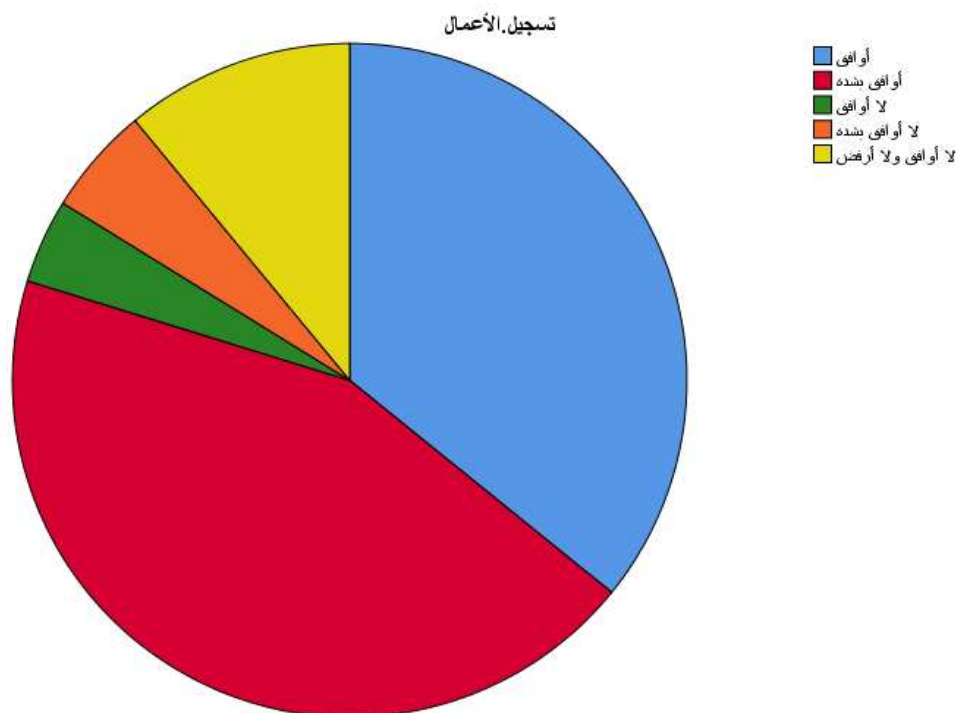
رسم توضيحي 5 : التمثيل البياني لـيستخدم المصنع أنظمة رقمية لإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية

5. يتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً.

يوضح الجدول أن أغلبية المشاركين بنسبة 79.7% يوافقون أو يوافقون بشدة على أنه يتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً، مما يدل على مستوى تقدم رقمي جيد داخل المصنع. في المقابل تصل نسبة غير الموافقين إلى 9.2%، بينما بقي 11% على الحياد. يشير ذلك إلى وجود نظام متابعة إلكتروني فعال مع إمكانية تحسين الوعي لدى بعض العاملين.

يتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	62	35.8	35.8	35.8
	أوافق بشدة	76	43.9	43.9	79.8
	لا أوافق	7	4.0	4.0	83.8
	لا أوافق بشدة	9	5.2	5.2	89.0
	لا أوافق ولا أرفض	19	11.0	11.0	100.0
	Total	173	100.0	100.0	

جدول 6 : الوصف الاحصائي لـيتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً.



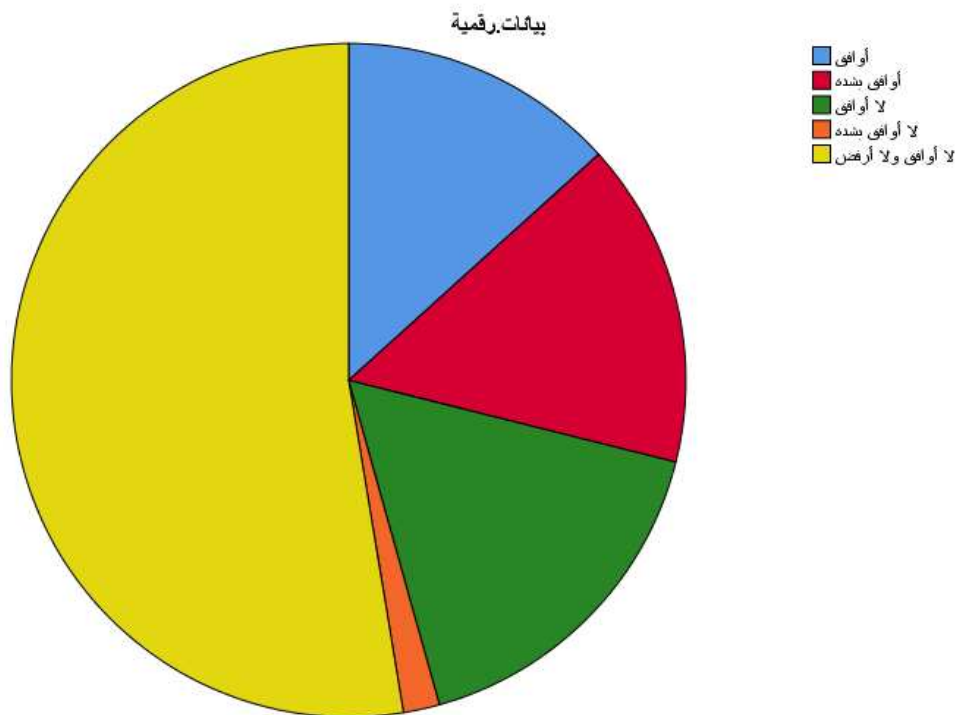
رسم توضيحي 6 : التمثيل البياني ليتم تسجيل جميع أعمال الصيانة ومتابعتها إلكترونياً

6. تعتمد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة لتخطيط المشاريع.

يوضح الجدول أن نسبة كبيرة من المشاركين بلغت 52.6% تقف على الحياد بخصوص اعتماد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة في تخطيط المشاريع. يظهر أيضاً أن نسبة الموافقة لم تتجاوز 28.9%، مقابل 18.5% لا يوافقون. يعكس هذا التوزيع حالة من عدم الوضوح أو ضعف تبني البيانات الرقمية كمرجع رئيسي في التخطيط، مما يشير إلى إمكانية تطوير هذا الجانب لتعزيز كفاءة إدارة الصيانة.

تعتمد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة لتخطيط المشاريع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	23	13.3	13.3	13.3
	أوافق بشدة	27	15.6	15.6	28.9
	لا أوافق	29	16.8	16.8	45.7
	لا أوافق بشدة	3	1.7	1.7	47.4
	لا أوافق ولا أرفض	91	52.6	52.6	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 7 : الوصف الاحصائي لتعمد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة لتخطيط المشاريع.



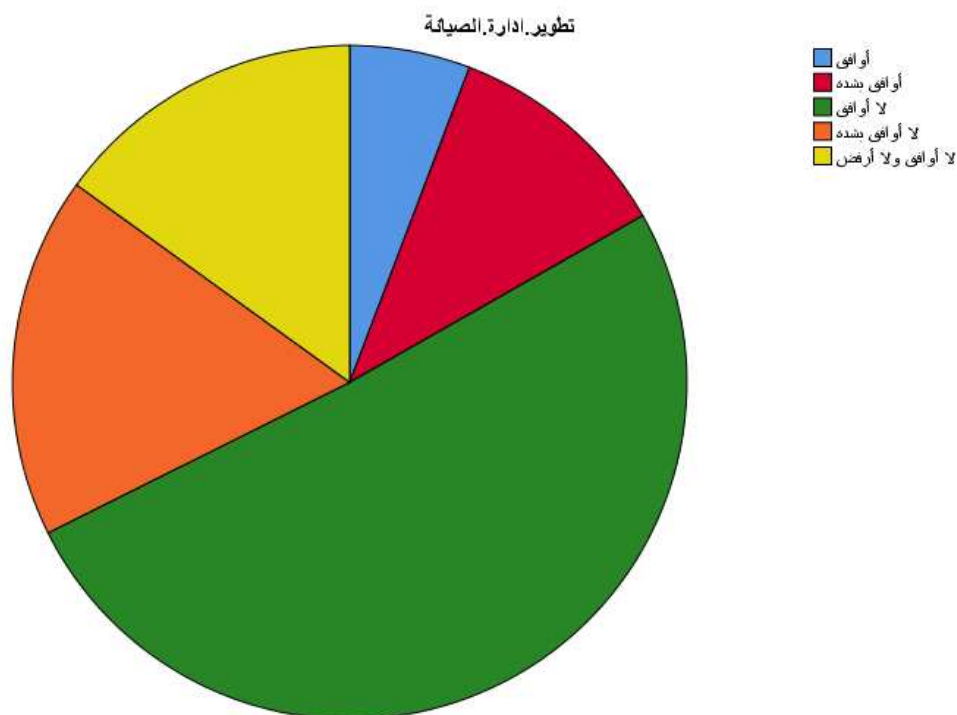
رسم توضيحي 7: التمثيل البياني لتعمد إدارة الصيانة على بيانات رقمية دقيقة لتخطيط المشاريع

7. توجد استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع.

يوضح الجدول أن الغالبية العظمى من المشاركين، بنسبة 68.2%، لا يرون وجود استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع. في المقابل، لم تتجاوز نسبة الموافقين 16.8%، بينما اتخذ 15% موقفاً محايداً. يشير هذا إلى وجود فجوة كبيرة في التخطيط الرقمي، ما يستدعي وضع استراتيجية واضحة لتعزيز فعالية إدارة الصيانة.

توجد استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	10	5.8	5.8	5.8
	أوافق بشدة	19	11.0	11.0	16.8
	لا أوافق	88	50.9	50.9	67.6
	لا أوافق بشدة	30	17.3	17.3	85.0
	لا أوافق ولا أرفض	26	15.0	15.0	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 8: الوصف الاحصائي لتوجد استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع.

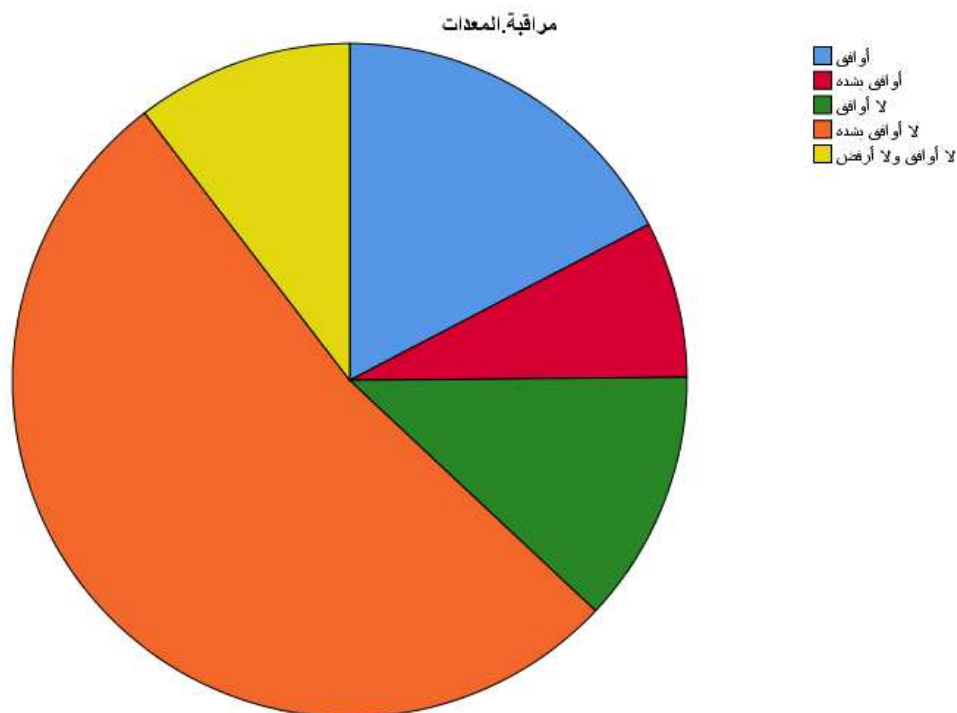


رسم توضيحي 8 : التمثيل البياني لتوجد استراتيجية رقمية واضحة لتطوير إدارة الصيانة في المصنع

8. يتم استخدام تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات. يوضح الجدول أن أكثر من نصف المشاركين، بنسبة 52.6%، لا يرون أن المصنع يستخدم تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات. بينما بلغت نسبة الموافقين والموافقين بشدة 24.8% فقط، واتخذ 10.4% موقفاً محايداً. هذا يشير إلى محدودية اعتماد التقنيات الحديثة لمراقبة المعدات، ما يستلزم تعزيز دمجها في عمليات الصيانة.

يتم استخدام تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	30	17.3	17.3	17.3
	أوافق بشدة	13	7.5	7.5	24.9
	لا أوافق	21	12.1	12.1	37.0
	لا أوافق بشدة	91	52.6	52.6	89.6
	لا أوافق ولا أرفض	18	10.4	10.4	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 9 : الوصف الاحصائي ليتم استخدام تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات.



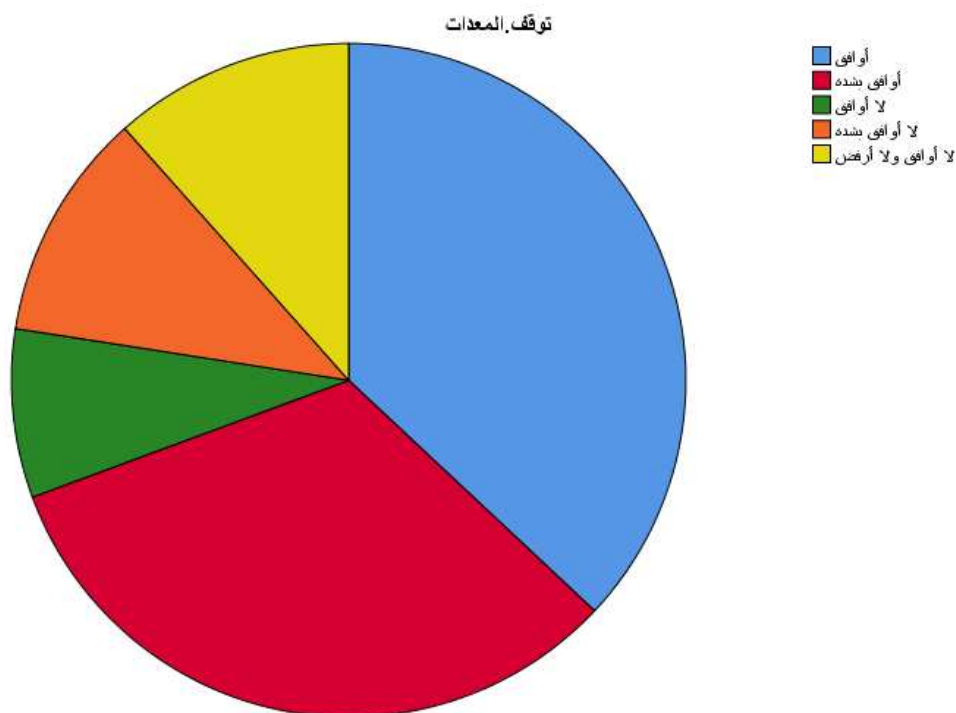
رسم توضيحي 9 : التمثيل البياني ليتم استخدام تقنيات حديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة المعدات

9. أدى التحول الرقمي إلى تقليل فترات توقف المعدات عن العمل.

يوضح الجدول أن غالبية المشاركين، بنسبة 69.4%، يوافقون أو يوافقون بشدة على أن التحول الرقمي ساهم في تقليل فترات توقف المعدات عن العمل. بينما بلغت نسبة غير الموافقين 19.1%، واتخذ 11.6% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى أثر إيجابي واضح للتحول الرقمي في تحسين استمرارية تشغيل المعدات بالمصنع.

أدى التحول الرقمي إلى تقليل فترات توقف المعدات عن العمل					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	64	37.0	37.0	37.0
	أوافق بشدة	56	32.4	32.4	69.4
	لا أوافق	14	8.1	8.1	77.5
	لا أوافق بشدة	19	11.0	11.0	88.4
	لا أوافق ولا أرفض	20	11.6	11.6	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 10 : الوصف الاحصائي لأدى التحول الرقمي إلى تقليل فترات توقف المعدات عن العمل.



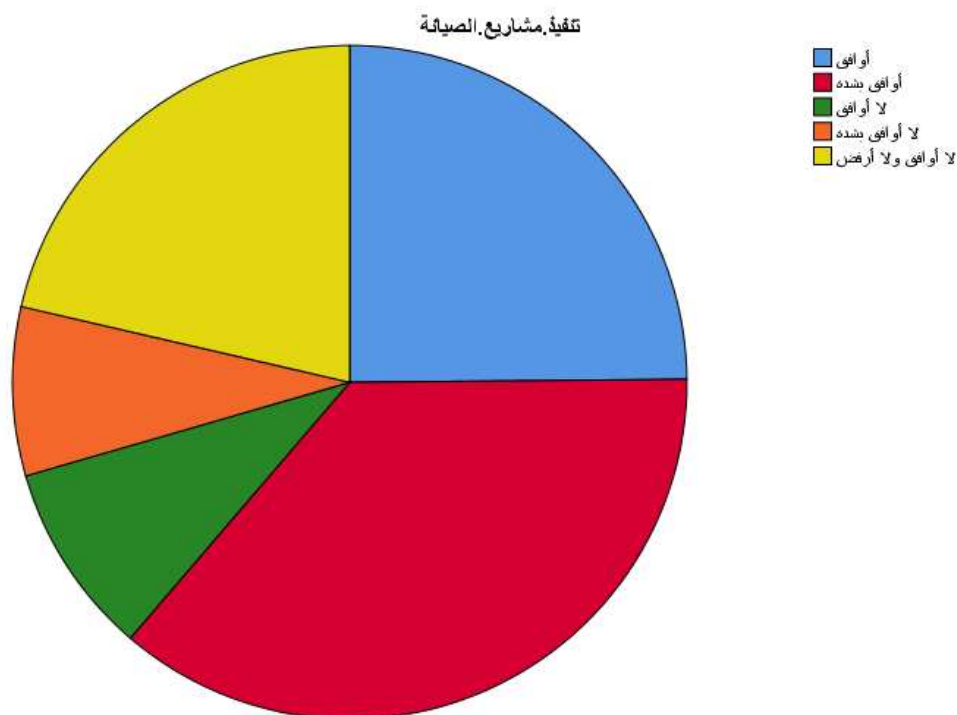
رسم توضيحي 10 : التمثيل البياني لأدى التحول الرقمي إلى تقليل فترات توقف المعدات عن العمل

10. ساعدت الأنظمة الرقمية في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة.

يوضح الجدول أن 61.3% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن الأنظمة الرقمية ساعدت في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة. في المقابل، بلغت نسبة غير الموافقين 17.3%، بينما اتخذ 21.4% موقفاً محايداً. يعكس ذلك دور الأنظمة الرقمية بشكل ملحوظ في تحسين سرعة وكفاءة تنفيذ المشاريع.

ساعدت الأنظمة الرقمية في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	43	24.9	24.9	24.9
	أوافق بشدة	63	36.4	36.4	61.3
	لا أوافق	16	9.2	9.2	70.5
	لا أوافق بشدة	14	8.1	8.1	78.6
	لا أوافق ولا أرفض	37	21.4	21.4	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 11 : الوصف الاحصائي لساعدت الأنظمة الرقمية في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة.



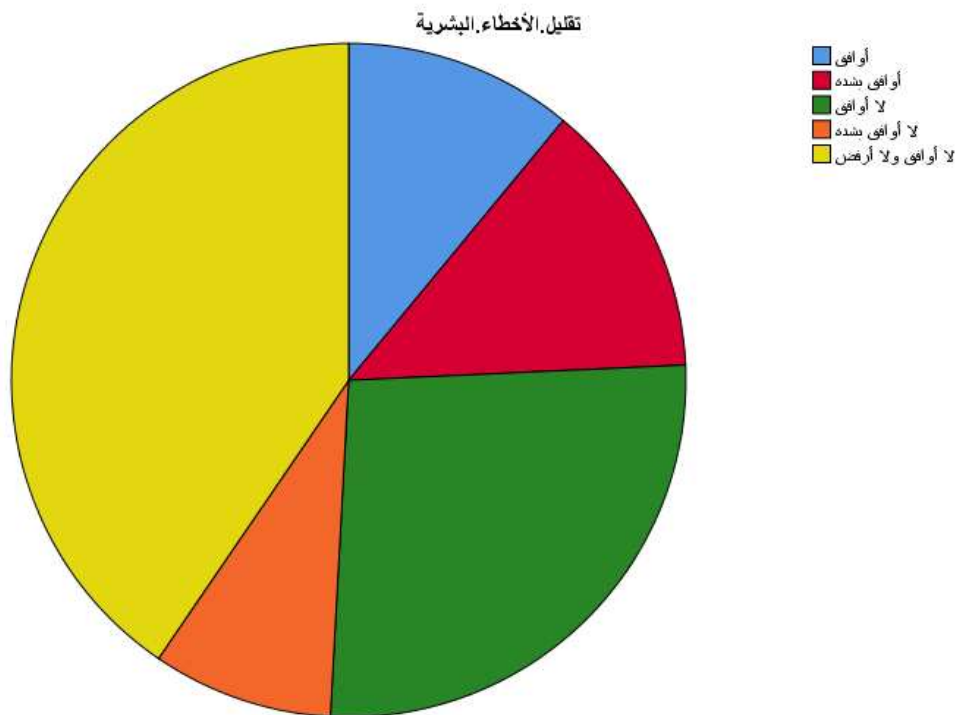
رسم توضيحي 11 : التمثيل البياني لمساعدت الأنظمة الرقمية في تسريع تنفيذ مشاريع الصيانة

11. أسهمت الرقمنة في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة.

يوضح الجدول أن 24.3% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن الرقمنة أسهمت في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة. مقابل ذلك، بلغت نسبة غير الموافقين 35.3%، بينما اتخذ 40.5% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى أن أثر الرقمنة على الحد من الأخطاء البشرية لا يزال محدوداً نسبياً ويحتاج إلى تعزيز.

أسهمت الرقمنة في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	19	11.0	11.0	11.0
	أوافق بشدة	23	13.3	13.3	24.3
	لا أوافق	46	26.6	26.6	50.9
	لا أوافق بشدة	15	8.7	8.7	59.5
	لا أوافق ولا أرفض	70	40.5	40.5	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 12 : الوصف الاحصائي لأسهمت الرقمنة في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة.



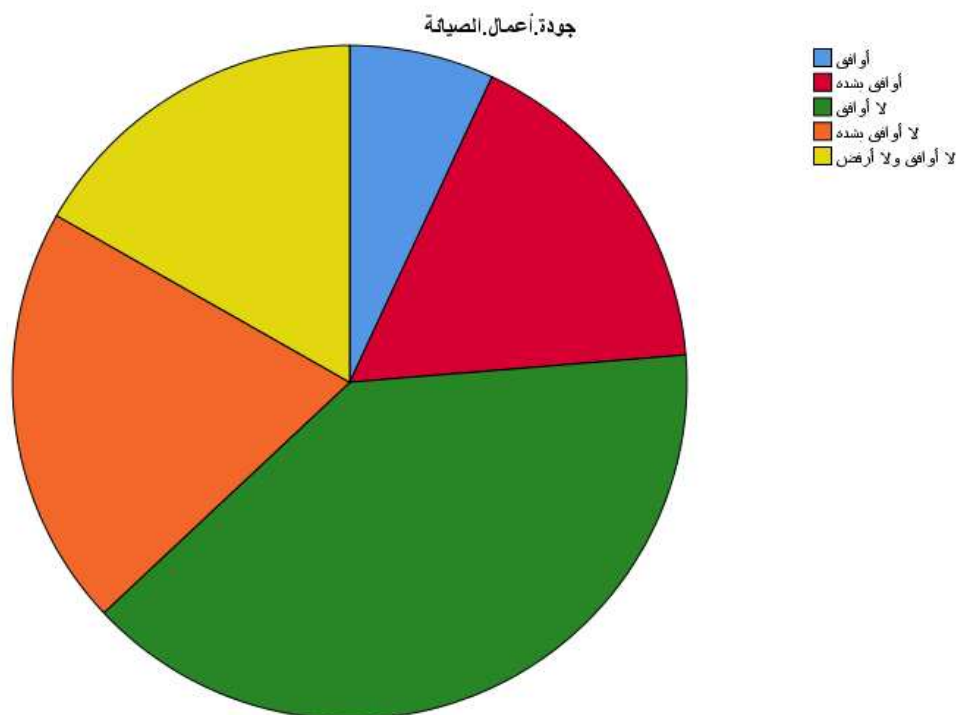
رسم توضيحي 12 : التمثيل البياني لأسهمت الرقمنة في تقليل الأخطاء البشرية في عمليات الصيانة

12. حسنت التقنيات الرقمية من جودة أعمال الصيانة المنفذة.

يوضح الجدول أن 23.7% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن التقنيات الرقمية حسنت من جودة أعمال الصيانة المنفذة. في المقابل، بلغت نسبة غير الموافقين 59.5%، بينما اتخذ 16.8% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى أن تحسين الجودة عبر الرقمنة لم يكن ملموساً بشكل كبير بين المشاركين.

حسنت التقنيات الرقمية من جودة أعمال الصيانة المنفذة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	12	6.9	6.9	6.9
	أوافق بشدة	29	16.8	16.8	23.7
	لا أوافق	68	39.3	39.3	63.0
	لا أوافق بشدة	35	20.2	20.2	83.2
	لا أوافق ولا أرفض	29	16.8	16.8	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 13 : الوصف الاحصائي لحسنت التقنيات الرقمية من جودة أعمال الصيانة المنفذة.



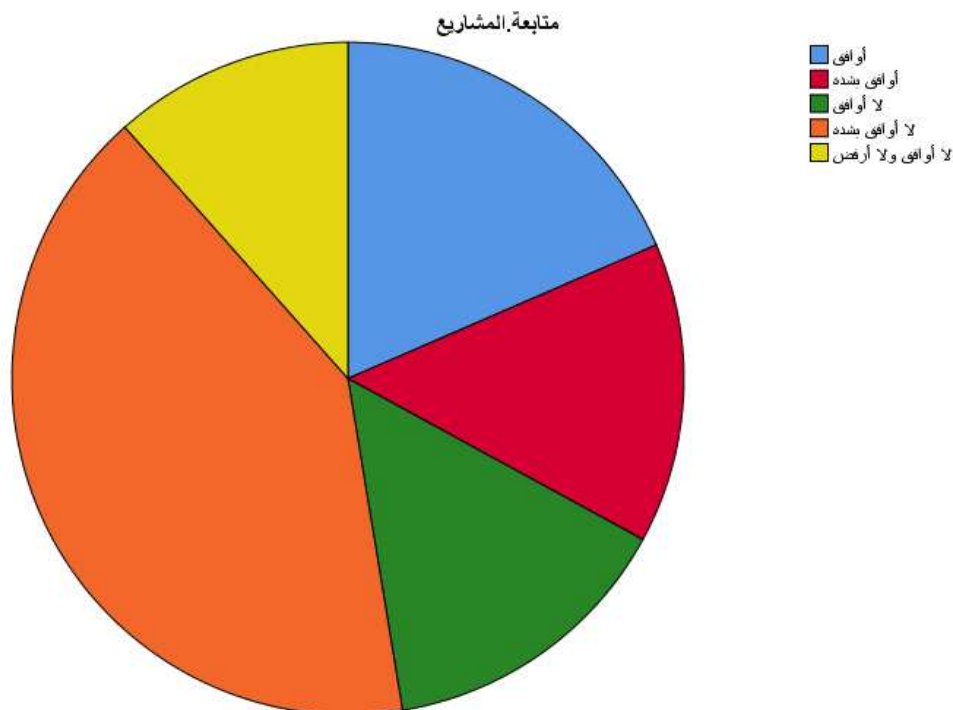
رسم توضيحي 13 : التمثيل البياني لحسنت التقنيات الرقمية من جودة أعمال الصيانة المنفذة

13. زادت الرقمنة من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي.

يوضح الجدول أن 32.9% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن الرقمنة زادت من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي. مقابل ذلك، بلغت نسبة غير الموافقين 55.5%، بينما اتخذ 11.6% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى أن أثر الرقمنة على متابعة المشاريع لم يكن قوياً بشكل عام بين المشاركين.

زادت الرقمنة من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	32	18.5	18.5	18.5
	أوافق بشدة	25	14.5	14.5	32.9
	لا أوافق	25	14.5	14.5	47.4
	لا أوافق بشدة	71	41.0	41.0	88.4
	لا أوافق ولا أرفض	20	11.6	11.6	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 14 : الوصف الاحصائي لزادت الرقمنة من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي.



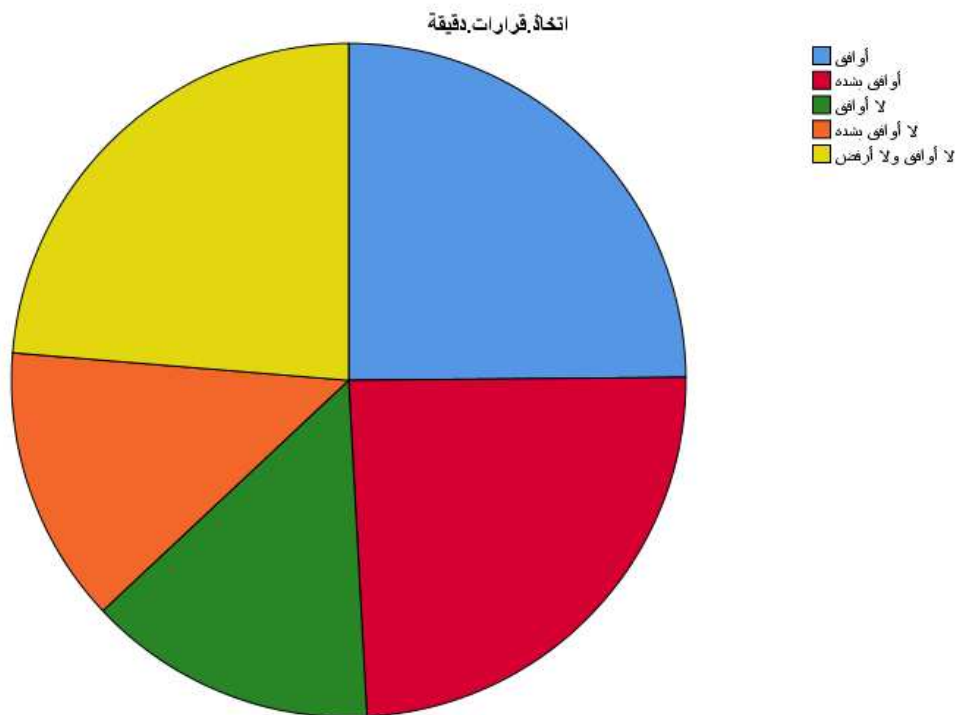
رسم توضيحي 14 : التمثيل البياني لزادت الرقمنة من قدرة الإدارة على متابعة المشاريع في الوقت الفعلي

14. تساعد التقنيات الرقمية في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة.

يوضح الجدول أن 49.1% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن التقنيات الرقمية تساعد في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة. في المقابل، بلغت نسبة غير الموافقين 27.2%، بينما اتخذ 23.7% موقفاً محايداً. يعكس ذلك دور الرقمنة في تعزيز سرعة ودقة اتخاذ القرار، لكنه لم يحظَ بالإجماع الكامل بين المشاركين.

تساعد التقنيات الرقمية في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	43	24.9	24.9	24.9
	أوافق بشدة	42	24.3	24.3	49.1
	لا أوافق	24	13.9	13.9	63.0
	لا أوافق بشدة	23	13.3	13.3	76.3
	لا أوافق ولا أرفض	41	23.7	23.7	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 15 : الوصف الإحصائي لتساعد التقنيات الرقمية في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة.



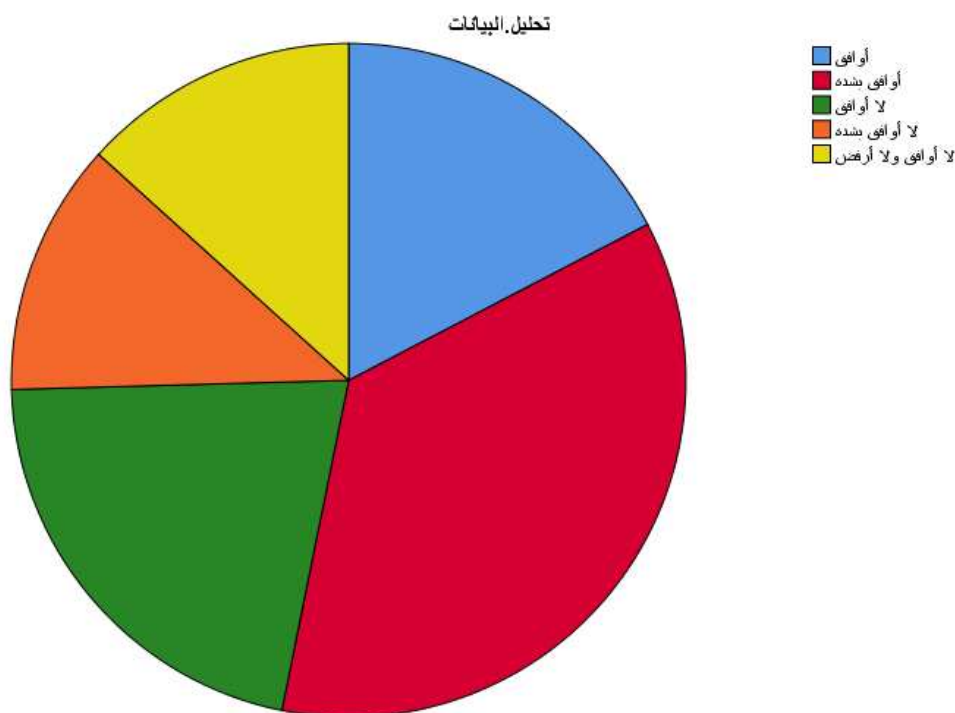
رسم توضيحي 15 : التمثيل البياني لتساعد التقنيات الرقمية في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة بشأن الصيانة

15. تتيح الرقمنة تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة.

يوضح الجدول أن 53.2% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن الرقمنة تتيح تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة. بينما بلغت نسبة غير الموافقين 33.5%، واتخذ 13.3% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى قبول نسبي لدور الرقمنة في تحسين فهم أسباب الأعطال وتفاديها مستقبلاً.

تتيح الرقمنة تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	30	17.3	17.3	17.3
	أوافق بشدة	62	35.8	35.8	53.2
	لا أوافق	37	21.4	21.4	74.6
	لا أوافق بشدة	21	12.1	12.1	86.7
	لا أوافق ولا أرفض	23	13.3	13.3	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 16 : الوصف الاحصائي لتتيح الرقمنة تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة.



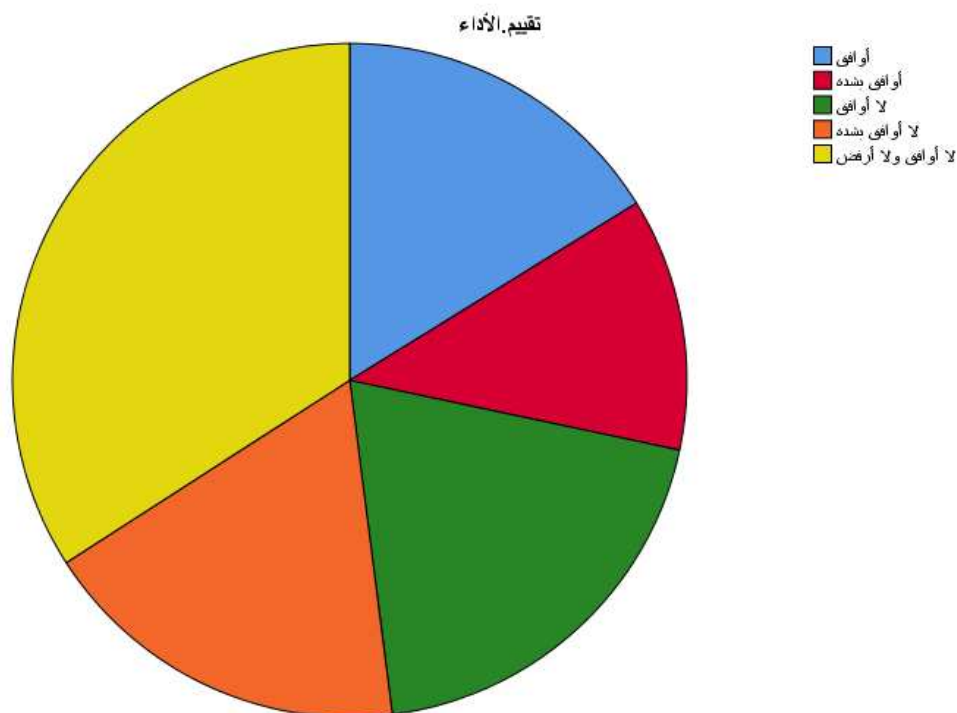
رسم توضيحي 16 : التمثيل البياني لتتيح الرقمنة تحليل بيانات الأداء لتحديد أسباب الأعطال المتكررة

16. يعتمد مديرو المشاريع على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل.

يوضح الجدول أن 28.3% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن مديري المشاريع يعتمدون على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل. مقابل ذلك، بلغت نسبة غير الموافقين 37.6%، بينما اتخذ 34.1% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى وجود قبول جزئي لاستخدام التقارير الرقمية في تقييم الأداء، لكنه ليس شاملاً بالكامل.

يعتمد مديرو المشاريع على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	28	16.2	16.2	16.2
	أوافق بشدة	21	12.1	12.1	28.3
	لا أوافق	34	19.7	19.7	48.0
	لا أوافق بشدة	31	17.9	17.9	65.9
	لا أوافق ولا أرفض	59	34.1	34.1	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 17 : الوصف الاحصائي ليعتمد مديرو المشاريع على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل.



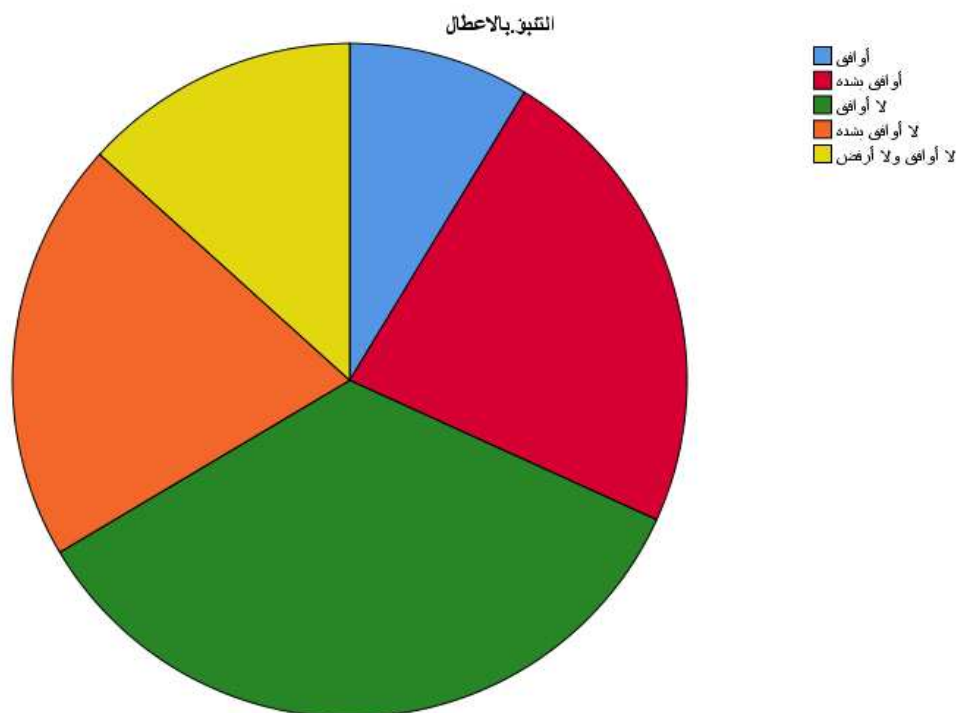
رسم توضيحي 17 : التمثيل البياني ليعتمد مديرو المشاريع على التقارير الرقمية لتقييم أداء فرق العمل

17. تسهم الأنظمة الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها.

يوضح الجدول أن 31.8% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن الأنظمة الرقمية تسهم في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها. بالمقابل، بلغت نسبة غير الموافقين 54.9%، بينما اتخذ 13.3% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى أن القدرة على التنبؤ بالأعطال باستخدام الأنظمة الرقمية لا تزال محدودة من وجهة نظر المشاركين.

تسهم الأنظمة الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	15	8.7	8.7	8.7
	أوافق بشدة	40	23.1	23.1	31.8
	لا أوافق	60	34.7	34.7	66.5
	لا أوافق بشدة	35	20.2	20.2	86.7
	لا أوافق ولا أرفض	23	13.3	13.3	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 18 : الوصف الاحصائي لتسهم الأنظمة الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها.



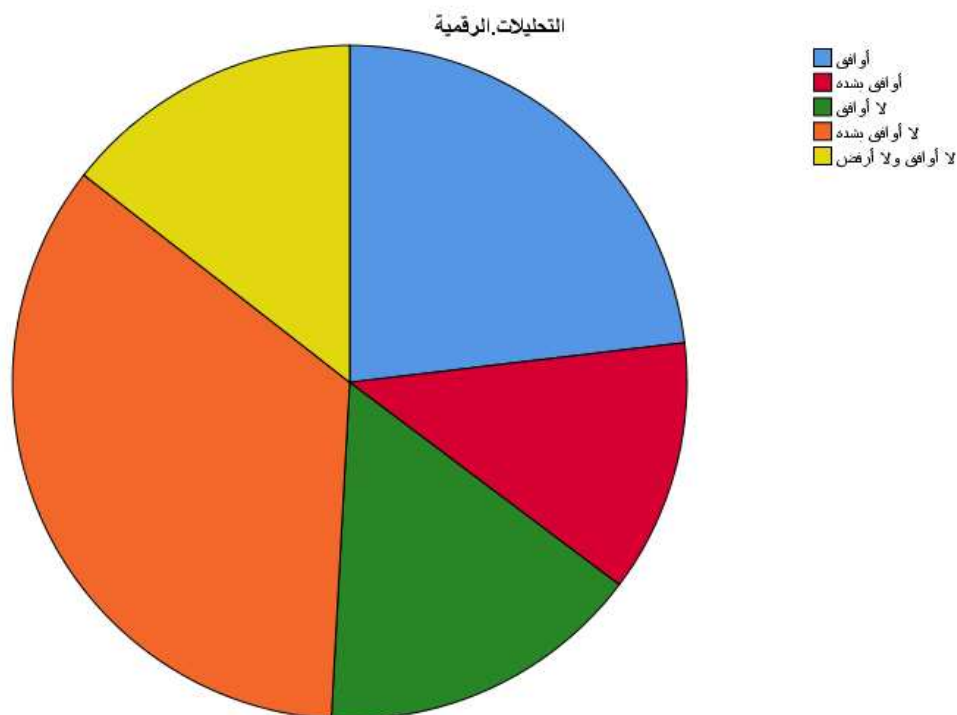
رسم توضيحي 18 : التمثيل البياني لتسهم الأنظمة الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها

18. أدت التحليلات الرقمية إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية

يوضح الجدول أن 35.3% من المشاركين يوافقون أو يوافقون بشدة على أن التحليلات الرقمية أدت إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية. في المقابل، بلغت نسبة غير الموافقين 50.3%، بينما اتخذ 14.5% موقفاً محايداً. يشير ذلك إلى وجود إدراك متوسط لتحسين التخطيط باستخدام التحليلات الرقمية بين المشاركين.

أدت التحليلات الرقمية إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	40	23.1	23.1	23.1
	أوافق بشدة	21	12.1	12.1	35.3
	لا أوافق	27	15.6	15.6	50.9
	لا أوافق بشدة	60	34.7	34.7	85.5
	لا أوافق ولا أرفض	25	14.5	14.5	100.0
Total		173	100.0	100.0	

جدول 19 : الوصف الاحصائي لأدت التحليلات الرقمية إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية.



رسم توضيحي 19 : التمثيل البياني لأدات التحليلات الرقمية إلى تحسين كفاءة التخطيط للمشاريع المستقبلية

19. تحليل الموثوقية والمصادقية لبيانات التجربة

يوضح الجدول أن جميع الحالات البالغ عددها 173 حالة صالحة للتحليل، ولم يتم استبعاد أي حالة. يمثل ذلك شمولية البيانات وتكاملها في الدراسة، مما يضمن دقة النتائج المستخلصة من التحليل الإحصائي.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	173	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	173	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

جدول 20 : ملخص معالجة القضية.

يوضح الجدول أن قيمة ألفا كرونباخ بلغت 0.893، مما يشير إلى موثوقية عالية لأداة الدراسة. كما يعكس الاعتماد على 18 عنصرًا في القياس، مع قيمة 0.833 للألفا بناءً على العناصر الموحدة، ما يدل على اتساق داخلي جيد بين المتغيرات المستخدمة.

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha ^a	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items ^a	N of Items
0.893	0.833	18

جدول 21 : إحصائيات الموثوقية.

20. متغيرات الدراسة

تستهدف هذه الدراسة فهم العلاقة بين "الأنظمة الرقمية" كمتغير تابع، وبين عدد من المتغيرات المستقلة التي تمثل جوانب مختلفة من إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية وتأثرها بالتحول الرقمي. بناءً على المخطط المقدم، يمكن تحليل هذه العلاقات كما يلي:

المتغير التابع:

- **الأنظمة الرقمية:** يمثل هذا المتغير المحور الأساسي للدراسة، حيث يُنظر إليه كالمحصلة أو النتيجة التي تتأثر بالمتغيرات المستقلة. في سياق التحول الرقمي، تعكس "الأنظمة الرقمية" درجة تبني وتطبيق الحلول التكنولوجية في إدارة الصيانة.

المتغيرات المستقلة وعلاقتها بالأنظمة الرقمية:

4. المعايير الفعالة:

- **العلاقة مع الأنظمة الرقمية:** هذا المتغير المستقل يشير إلى مدى وجود وتطبيق معايير أداء فعالة في عمليات الصيانة. من المتوقع أن يكون هناك علاقة إيجابية قوية بين "الأنظمة الرقمية" و "المعايير الفعالة". فالأنظمة الرقمية (مثل أنظمة CMMS المتقدمة) تسهل تحديد، قياس، ومراقبة المعايير التشغيلية والأدائية. توفر هذه الأنظمة البيانات اللازمة لتقييم مدى

فعالية المعايير الحالية وتساعد في تطوير معايير جديدة أكثر دقة وكفاءة. على سبيل المثال، يمكن للأنظمة الرقمية تتبع وقت التوقف عن العمل (Downtime)، ومتوسط وقت الإصلاح (MTTR)، ومتوسط الوقت بين الأعطال (MTBF)، وهي كلها معايير أساسية لتقييم فعالية الصيانة.

5. المعايير المراقبة:

○ **العلاقة مع الأنظمة الرقمية:** هذا المتغير المستقل يركز على عمليات المراقبة والتحقق من تطبيق المعايير. ترتبط "الأنظمة الرقمية" بـ "المعايير المراقبة" بشكل وثيق، حيث توفر الأدوات التكنولوجية مثل المستشعرات، أنظمة SCADA، وبرامج إدارة الأصول (القدرة على مراقبة أداء المعدات والمعايير التشغيلية بشكل مستمر وفي الوقت الفعلي. تساعد هذه الأنظمة في جمع البيانات، تحليلها، وإصدار التقارير، مما يسهل على فرق الصيانة مراقبة الالتزام بالمعايير المحددة وتحديد أي انحرافات قد تحدث. على سبيل المثال، أنظمة مراقبة الاهتزازات الرقمية تراقب حالة الآلات وتصدر تنبيهات عند تجاوز المعايير المحددة.

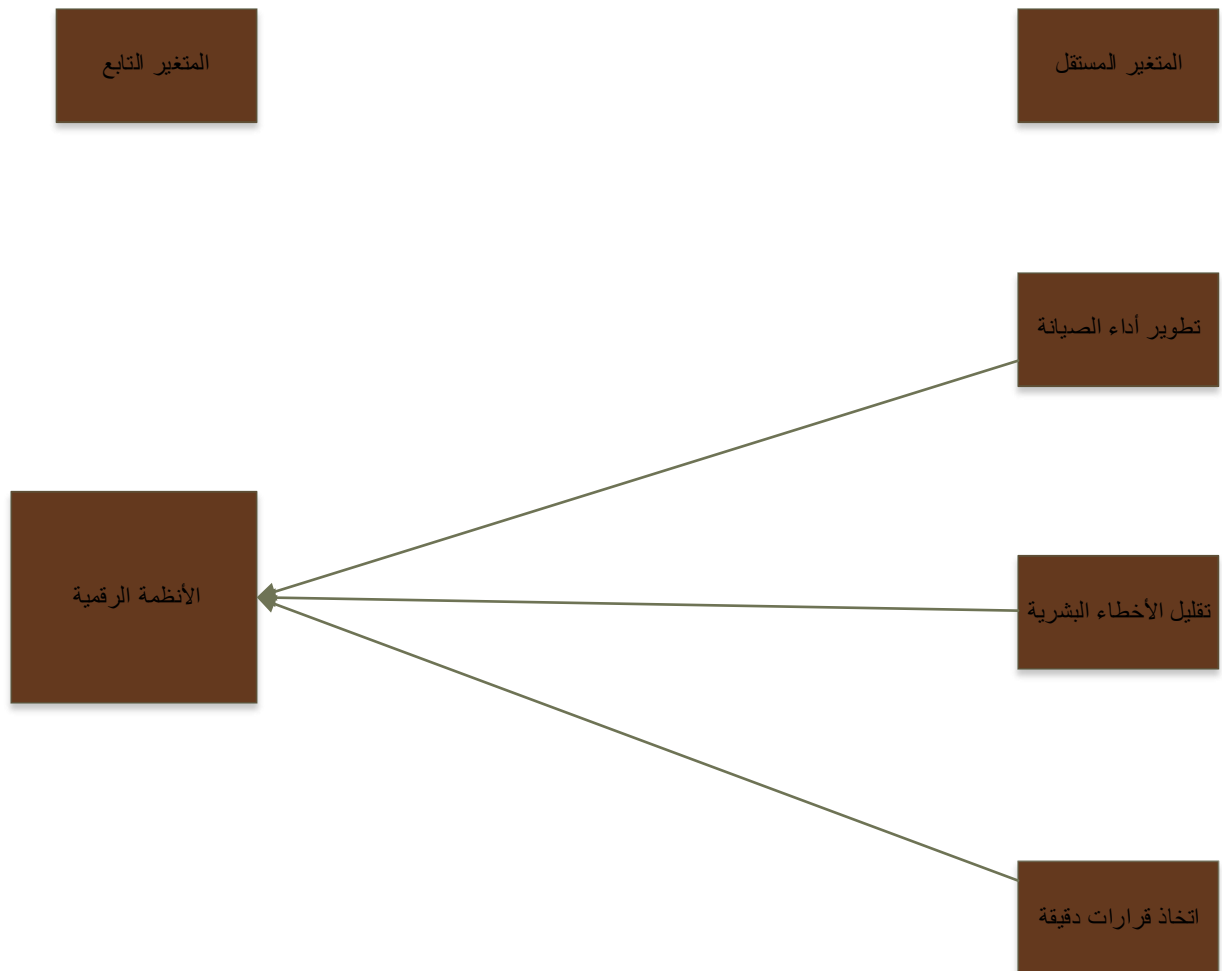
6. تطوير أداء الصيانة:

○ **العلاقة مع الأنظمة الرقمية:** هذا المتغير المستقل يشير إلى التحسينات المستمرة في كفاءة وفعالية عمليات الصيانة. العلاقة هنا علاقة تأثير مباشر وإيجابي. "الأنظمة الرقمية" هي محرك رئيسي لـ "تطوير أداء الصيانة". فهي تمكن من:

- **الصيانة التنبؤية: (Predictive Maintenance)** باستخدام البيانات والتحليلات لتوقع الأعطال قبل حدوثها.
- **إدارة الأصول بكفاءة:** تتبع تاريخ الصيانة، واستخدام قطع الغيار، وتكاليف الإصلاح لكل أصل.
- **تحسين تخطيط الصيانة وجدولتها:** الأتمتة والرقمنة تقلل من الأخطاء وتزيد من دقة الجدولة.
- **تحسين تخصيص الموارد:** تحديد الكفاءات المطلوبة وتوافرها بشكل أفضل.

الاستنتاج العام:

المخطط يوضح أن "الأنظمة الرقمية" هي مركز التحول، وتؤثر بشكل مباشر وإيجابي على "تطوير أداء الصيانة"، "تقليل الأخطاء البشرية"، و "اتخاذ قرارات دقيقة". كما أن هناك علاقة تبادلية مع "المعايير الفعالة" و "المعايير المراقبة"؛ فالأنظمة الرقمية تمكن من تطبيق ومراقبة هذه المعايير بفعالية أكبر، وفي المقابل، تحدد المعايير الجيدة متطلبات الأنظمة الرقمية. هذه العلاقات تؤكد الدور المحوري للتحول الرقمي في تعزيز كفاءة وفعالية إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في المصانع السعودية.



21. تحليل الجداول المتقاطعة لمتغيرات الدراسة

يعتمد تحليل الجداول المتقاطعة على مقارنة المتغيرات المختلفة لدراسة العلاقة بينها. في هذا السياق، تم تحليل العلاقة بين "الأنظمة الرقمية" (كأحد جوانب التحول الرقمي) وعدد من المتغيرات المتعلقة بإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية، وذلك بالاستناد إلى البيانات المستمدة من المستجيبين في مصانع الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية.

تشير النتائج إلى النقاط التالية:

- **توزيع الاستخدام حسب الفئات الديموغرافية (للعاملين في مصانع الجبيل الصناعية):** غالبية المشاركين في الاستبيان من المهندسين والفنيين والمشرفين على الصيانة. هذا يعكس أن آراء هذه الفئات تمثل غالبية الكوادر الفاعلة في عمليات تخطيط وتنفيذ وإدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية. كما أن نسبة الذكور أعلى من الإناث، مما يعكس التوزيع الحالي للكوادر الفنية والهندسية في قطاع الصناعة التحويلية والصيانة الميكانيكية.

- **تأثير الأنظمة الرقمية على كفاءة إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية:**

- **تطوير أداء الصيانة:** المشاركون الذين أبدوا موافقتهم أو موافقتهم بشدة على أن استخدام "الأنظمة الرقمية" ساهم في "تطوير أداء الصيانة" كانوا غالبية. هذا يشير إلى أن تبني الأنظمة الرقمية يعزز الدقة في تخطيط جداول الصيانة، وتحسين كفاءة تنفيذ المهام، مما يؤدي إلى تحسين الأداء العام لعمليات الصيانة.

- **تقليل الأخطاء البشرية:** أظهرت غالبية المستجيبين موافقتهم على أن "الأنظمة الرقمية" تساهم في "تقليل الأخطاء البشرية" في إدارة الصيانة. هذا يعكس الاعتقاد بأن الأتمتة والرقمنة تقلل من الاعتماد على التدخل البشري في المهام المتكررة والحساسة، مما يقلل من احتمالية الأخطاء.

- **اتخاذ قرارات دقيقة:** نسبة كبيرة من المشاركين وافقوا على أن "الأنظمة الرقمية" تساعد في "اتخاذ قرارات دقيقة". يدل هذا على أن البيانات التي توفرها الأنظمة الرقمية، وتحليلاتها، تدعم متخذي القرار بمعلومات موثوقة وفورية لتحسين إدارة المشاريع.

- **المعايير المراقبة:** بينما يبدو أن "الأنظمة الرقمية" لها تأثير مباشر على تطوير الأداء، وتقليل الأخطاء، واتخاذ قرارات دقيقة، قد يظهر بعض الحذر أو تباين في مدى ربطها بـ "المعايير المراقبة" بشكل مباشر وواضح في كل الجوانب. هذا يشير إلى أن تفعيل المراقبة الفعالة للمعايير عبر الأنظمة الرقمية قد يتطلب المزيد من التطوير والتكامل.

○ **المعايير الفعالة:** على غرار "المعايير المراقبة"، قد تحتاج العلاقة بين "الأنظمة الرقمية" و "المعايير الفعالة" إلى مزيد من التحليل لتحديد مدى تأثير الأنظمة الرقمية على تحقيق فعالية المعايير المطبقة، أو ما إذا كانت هناك عوامل أخرى تلعب دوراً أكبر في هذا الجانب.

• **العلاقات الإحصائية:** أظهر اختبار كاي-سكوير أن العلاقة بين بعض المتغيرات قد لا تكون دالة إحصائياً عند مستوى 0.05، خصوصاً في الجوانب الأقل وضوحاً مثل التأثير المباشر على جميع "المعايير المراقبة" و "المعايير الفعالة" بدون تفصيل. ولكن، الاختبار الخطي أشار إلى وجود اتجاه خطي دال بين استخدام "الأنظمة الرقمية" وكل من "تطوير أداء الصيانة"، "تقليل الأخطاء البشرية"، و "اتخاذ قرارات دقيقة". هذا يعني أن الاعتماد المكثف على الأنظمة الرقمية يرتبط بتحسين نسبي وملحوظ في هذه الجوانب من إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية.

○ **شكل يوضح العلاقة:**

• **الاستنتاج العام:** يمكن القول إن تبني "الأنظمة الرقمية" يمثل أداة فعالة لتعزيز كفاءة إدارة مشاريع الصيانة الميكانيكية في مصانع الجبيل الصناعية، خصوصاً في "تطوير أداء الصيانة"، "تقليل الأخطاء البشرية"، و "اتخاذ قرارات دقيقة". مع ذلك، فإن الربط والتأثير المباشر على بعض "المعايير المراقبة" و "المعايير الفعالة" قد يحتاج إلى مزيد من التركيز والتطوير لضمان استثمار أمثل للتقنيات الرقمية وتحقيق أقصى درجات الكفاءة التشغيلية في إدارة الصيانة.

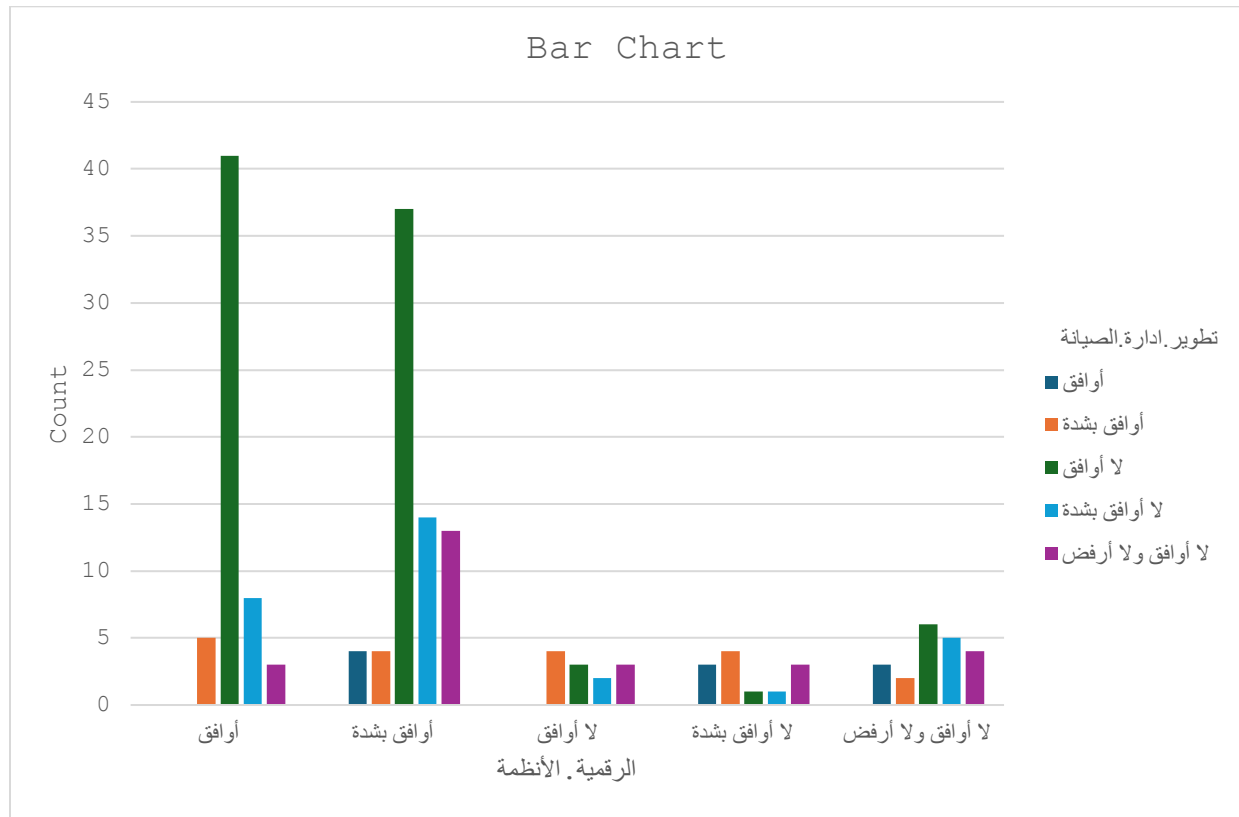
22. دور الأنظمة الرقمية في تطوير أداء الصيانة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية

يوضح الجدول أن اختبار كاي سكوير أظهر قيمة 48.013 بدرجة حرية 16 ومستوى دلالة إحصائية أقل من 0.001، مما يشير إلى وجود علاقة معنوية بين استخدام الأنظمة الرقمية وتطوير أداء الصيانة. كما يظهر أن بعض الخلايا (56%) لها عدد متوقع أقل من 5، مما قد يؤثر على دقة النتائج، ولكنه لا ينفى وجود تأثير ملحوظ للأنظمة الرقمية على الأداء.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	48.013 ^a	16	.000

Likelihood Ratio	47.553	16	.000
Linear-by-Linear Association	.106	1	.745
N of Valid Cases	173		

a. 14 cells (56.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .69.
جدول 22 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تطوير أداء الصيانة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 20 : المقاييس المتمثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تطوير أداء الصيانة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية

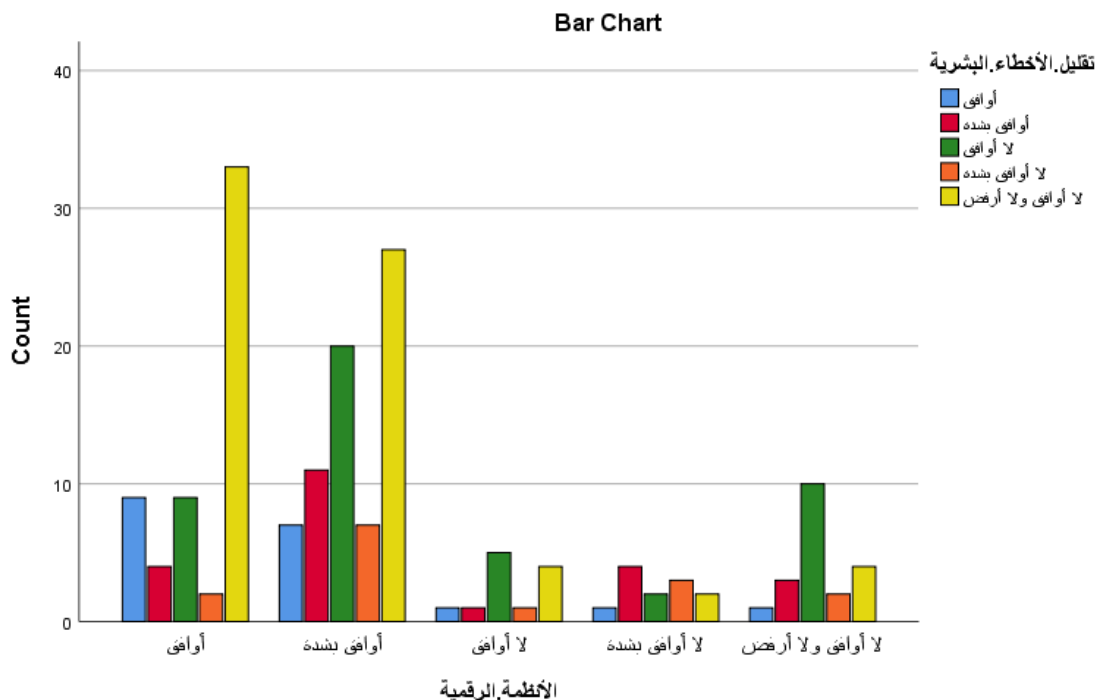
23. دور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية

يوضح الجدول أن اختبار كاي سكوير أظهر قيمة 29.945 بدرجة حرية 16 ومستوى دلالة إحصائية 0.018، مما يشير إلى وجود علاقة معنوية بين استخدام الأنظمة الرقمية وتقليل الأخطاء البشرية في مشاريع الصيانة. على الرغم من أن 56% من الخلايا لها عدد متوقع أقل من 5، فإن النتائج تدل على تأثير إيجابي للرقمنة في تحسين دقة العمليات وتقليل الأخطاء البشرية.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	29.945 ^a	16	.018
Likelihood Ratio	28.494	16	.028
Linear-by-Linear Association	3.398	1	.065

N of Valid Cases	173	
a. 14 cells (56.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.04.		

جدول 23 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية.



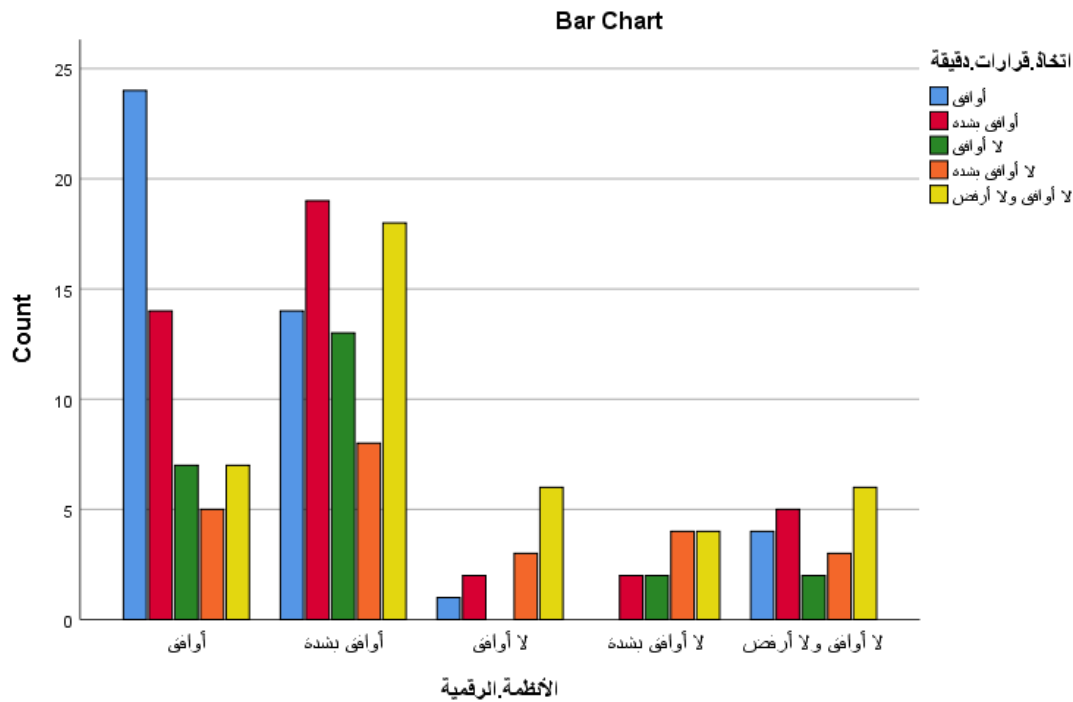
رسم توضيحي 21 : المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية

24. دور الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات الدقيقة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية

يوضح الجدول أن اختبار كاي سكوير أظهر قيمة 29.369 بدرجة حرية 16 ومستوى دلالة إحصائية 0.022، مما يشير إلى وجود علاقة معنوية بين استخدام الأنظمة الرقمية واتخاذ القرارات الدقيقة في مشاريع الصيانة. رغم أن 60% من الخلايا لها عدد متوقع أقل من 5، تشير النتائج إلى أن الرقمنة تسهم بشكل فعال في تحسين دقة وسرعة اتخاذ القرارات الإدارية في إدارة الصيانة.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	29.369 ^a	16	.022
Likelihood Ratio	31.923	16	.010
Linear-by-Linear Association	10.882	1	.001
N of Valid Cases	173		
a. 15 cells (60.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.60.			

جدول 24 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات الدقيقة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 22 : المقابيس المتمثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في اتخاذ القرارات الدقيقة لمشاريع الصيانة الميكانيكية بمنطقة الجبيل الصناعية بالمملكة العربية السعودية

25. تحليل التباين الأحادي للمتغيرات الدراسية

يوضح الجدول أن تحليل التباين الأحادي أظهر قيمة F تساوي 3.922 مع مستوى دلالة إحصائية 0.000، مما يشير إلى أن النموذج شامل المتغيرات المستقلة له تأثير معنوي على المتغير التابع "الأنظمة الرقمية". هذا يعكس أن تطوير إدارة الصيانة، وتقليل الأخطاء البشرية، واتخاذ قرارات دقيقة جميعها عوامل مؤثرة بشكل فعال في تحسين أداء الأنظمة الرقمية بالمصنع.

ANOVA ^{a,b}					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	65.503	12	5.459	3.922	.000
Residual	222.705	160	1.392		
Total	288.208	172			
a. Dependent Variable: الأنظمة الرقمية					
b. Model: (Intercept), تطوير إدارة الصيانة، تقليل الأخطاء البشرية، اتخاذ قرارات دقيقة					

جدول 25 : تحليل التباين الأحادي.

يوضح الجدول أن ملخص نموذج عامل بايز أظهر قيمة R تساوي 0.477 و R Square بقيمة 0.227، ما يشير إلى أن المتغيرات المستقلة (تطوير إدارة الصيانة، تقليل الأخطاء البشرية، اتخاذ قرارات دقيقة) تفسر حوالي 22.7% من التباين في المتغير التابع "الأنظمة الرقمية". يعكس ذلك أن النموذج له قدرة تفسيرية معتدلة في تقدير تأثير هذه العوامل على أداء الأنظمة الرقمية.

Bayes Factor Model Summary ^{a,b}				
Bayes Factor ^c	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.247	.477	.227	.169	1.18
a. Method: JZS				
b. Model: (Intercept), تطوير إدارة الصيانة, تقليل الأخطاء البشرية, اتخاذ قرارات دقيقة				
c. Bayes factor: Testing model versus null model (Intercept).				

جدول 26 : ملخص نموذج عامل بايز.

يوضح الجدول أن تقديرات بايزية لتباين الخطأ أظهرت قيمة متوسطة (Mean) تبلغ 1.410 مع تباين قدره 0.025، ضمن فترة موثوقية 95% تتراوح بين 1.131 و 1.755. يشير ذلك إلى استقرار نسبي لتقديرات الخطأ في النموذج ويعكس دقة التقديرات المتعلقة بالمتغير التابع "الأنظمة الرقمية".

Bayesian Estimates of Error Variance ^a					
Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	1.375	1.410	.025	1.131	1.755

a. Assume standard reference priors.

جدول 27 : تقديرات بايزية لتباين الخطأ.

26. اختبار الفرضيات لمتغيرات الدراسة

يوضح الجدول أن المتوسط الحسابي للعينه لعنصر "تطوير إدارة الصيانة" بلغ 3.25 بانحراف معياري 1.030، ولـ "تقليل الأخطاء البشرية" بلغ 3.54 بانحراف معياري 1.412، أما "جودة أعمال الصيانة" فبلغ متوسطها 3.23 بانحراف معياري 1.128. تعكس هذه القيم المستوى العام لتقييم المشاركين لهذه الجوانب المتعلقة بالأنظمة الرقمية في إدارة الصيانة.

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
تطوير ادارة الصيانة	173	3.25	1.030	.078
تقليل الأخطاء البشرية	173	3.54	1.412	.107
جودة أعمال الصيانة	173	3.23	1.128	.086

جدول 28 : إحصاءات العينة الواحدة.

يوضح الجدول أن نتائج اختبار العينة الواحدة أظهرت دلالة إحصائية قوية لجميع المتغيرات، حيث كان قيمة t للعامل "تطوير إدارة الصيانة" 41.502، و"تقليل الأخطاء البشرية" 33.007، و"جودة أعمال الصيانة" 37.686، وجميعها عند مستوى دلالة 0.000. هذا يشير إلى أن المتوسطات المختلفة للعينه تختلف بشكل كبير عن القيمة المرجعية (0)، مما يعكس تقديراً إيجابياً للمشاركين تجاه فعالية الأنظمة الرقمية في تحسين إدارة الصيانة وجودة العمل.

One-Sample Test						
	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
تطوير ادارة الصيانة	41.502	172	.000	3.249	3.09	3.40
تقليل الأخطاء البشرية	33.007	172	.000	3.543	3.33	3.76
جودة أعمال الصيانة	37.686	172	.000	3.231	3.06	3.40

جدول 29 : اختبار العينة الواحدة.

Abstract

This study investigates the impact of digital transformation on the management of mechanical maintenance projects in factories within the Jubail Industrial City, Saudi Arabia. The research aims to assess the extent of digital system adoption and its effect on maintenance performance, error reduction, and decision-making efficiency. Data were collected from 173 participants representing engineers, technicians, and supervisors, using structured questionnaires.

Statistical analyses, including descriptive statistics, cross-tabulations, and Chi-square tests, revealed a moderate level of digital adoption, with mean scores ranging between 2.12 and 3.65. Results indicate that digital systems positively influence maintenance performance, reduce human errors, and facilitate accurate and timely decisions, although some gaps exist in strategic planning and real-time monitoring. Reliability analysis confirmed the consistency of the study instrument (Cronbach's $\alpha = 0.893$).

The findings highlight that while digital transformation is underway in these factories, further integration of advanced technologies such as IoT and predictive analytics is recommended to optimize maintenance management and enhance operational efficiency.

المراجع:

- Alayed, S. (2025). Saudi Arabia's Business Transformation: Strategies for Success in a Changing Economy. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/389397364_Saudi_Arabia's_Business_Transformation_Strategies_for_Success_in_a_Changing_Economy
- Albukhitan, S. (2020). Developing Digital Transformation Strategy for Manufacturing. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/340636132_Developing_Digital_Transformation_Strategy_for_Manufacturing
- Alghuried, A. (2024). Lean Six Sigma in Saudi Maintenance Companies: Adoption, Proficiency, and the Keys to Success. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/386265344_Lean_Six_Sigma_in_Saudi_Maintenance_Companies_Adoption_Proficiency_and_the_Keys_to_Success
- Alka'Awneh, S. M. (2025). A Review of Diffusion of Innovations Theory (DOI) and Technology, Organization, and Environment Framework (TOE) in the Adoption of Artificial Intelligence. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/390300473_A_Review_of_Diffusion_of_Innovations_Theory_DOI_and_Technology_Organization_and_Environment_Framework_TOE_in_the_Adoption_of_Artificial_Intelligence
- Aviv, I. (2021). Knowledge Management Infrastructure Framework for Enhancing Knowledge-Intensive Business Processes. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/355374280_Knowledge_Management_Infrastructure_Framework_for_Enhancing_Knowledge-Intensive_Business_Processes
- Benhanifia, A. (2025). Systematic review of predictive maintenance practices in the manufacturing sector. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667305325000274>
- Dziak, M. (2024). Technology acceptance model (TAM). Retrieved from <https://www.ebsco.com/research-starters/technology/technology-acceptance-model-tam>
- Erude, S. U. (2023). Contingency Theory: An Assessment. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/374742152_Contingency_Theory_An_Assessment
- Ezmigna, I. (2024). The Role of Vision 2030 in Transforming Saudi Arabia's Logistics Sector: A Qualitative Approach. Retrieved from

- https://www.researchgate.net/publication/388138540_The_Role_of_Vision_2030_in_Transforming_Saudi_Arabia's_Logistics_Sector_A_Qualitative_Approach
- Fischer, I. (2023). Change Management Methods and Tools for Digital Transformation - A systematic Literature Review. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/371862958_Change_Management_Methods_and_Tools_for_Digital_Transformation_-_A_systematic_Literature_Review
- García-Avilés, J. A. (2020). Diffusion of Innovation. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/344338279_Diffusion_of_Innovation
- Iwarue, J. (2025). Impact of Preventive Maintenance Practices on Productivity. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/388878744_Impact_of_Preventive_Maintenance_Practices_on_Productivity
- Jamil, R. (2018). Analysis of Challenges in Sustainable Construction Industry by Using Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Jubail Industrial City, Saudi Arabia. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/316597377_Analysis_of_Challenges_in_Sustainable_Construction_Industry_by_Using_Analytic_Hierarchy_Process_A_Case_Study_of_Jubail_Industrial_City_Saudi_Arabia
- Jung, H. (2025). Human-Technology Interaction: Design and Implementation of Interactive Systems. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/390614767_Human-Technology_Interaction_Design_and_Implementation_of_Interactive_Systems
- Kambala, G. (2025). Digital Transformation In IT: Challenges and Opportunities in Enterprises Systems. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/388594673_Digital_Transformation_In_IT_Challenges_and_Opportunities_in_Enterprises_Systems
- Lin, S. H. (2017). Systems Theory. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/314712455_Systems_Theory
- Mallioris, P. (2024). Predictive maintenance in Industry 4.0: A systematic multi-sector mapping. 80-103. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755581724000221>
- Mendes, D. S. (2022). Improvement of maintenance management through Lean Philosophy and Industry 4.0. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/363029975_Improvement_of_maintenance_management_through_Lean_Philosophy_and_Industry_40

- Nasir, W. (2025). Real-Time IoT-Based Monitoring of Mechanical Systems Using Acoustic and Vibration Data. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/389338528_Real-Time_IoT-Based_Monitoring_of_Mechanical_Systems_Using_Acoustic_and_Vibration_Data
- Nwulu, E. O. (2023). The importance of interdisciplinary collaboration for successful engineering project completions: A strategic framework. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/387730457_The_importance_of_interdisciplinary_collaboration_for_successful_engineering_project_completions_A_strategic_framework
- Okolie, C. I. (2024). Optimizing Organizational Change Management Strategies for Successful Digital Transformation and Process Improvement Initiatives. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/389777368_Optimizing_Organizational_Change_Management_Strategies_for_Successful_Digital_Transformation_and_Process_Improvement_Initiatives
- Osemeike, G. (2024). Strategic approaches for successful digital transformation in project management across industries. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/383847864_Strategic_approaches_for_successful_digital_transformation_in_project_management_across_industries
- Rice, J. (2024). Total Quality Management. Retrieved from <https://asq.org/quality-resources/total-quality-management?srsId=AfmBOorE-b4TFpNZcOp1B44S1ANLpSrc2CvH3VROCb1QCN0Bou4IH0W8>
- Saihi, A. (2023). Advancing Maintenance Digital Transformation: A Conceptual Framework to Guide Its Effective Implementation. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/375537454_Advancing_Maintenance_Digital_Transformation_A_Conceptual_Framework_to_Guide_its_Effective_Implementation
- Scholkmann, A. (2021). Resistance to (Digital) Change: Individual, Systemic and Learning-Related Perspectives. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/342130277_Resistance_to_Digital_Change_Individual_Systemic_and_Learning-Related_Perspectives
- Shonubi, O. A. (2025). Innovation challenges of digital transformation: Transitioning legacy to the future. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666188825005350>

- Sophie, E. R. (2025). Predictive Maintenance Strategies. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/392332949_Predictive_Maintenance_Strategies
- Tambare, P. (2021). Performance Measurement System and Quality Management in Data-Driven Industry 4.0: A Review. Retrieved from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8749653/>
- Turcan, R. (2024). Impact of Industry 4.0 technologies on skill requirements and workforce availability in key sectors. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/387066772_IMPACT_OF_INDUSTRY_40_TECHNOLOGIES_ON_SKILL_REQUIREMENTS_AND_WORKFORCE_AVAILABILITY_IN_KEY_SECTORS
- Weidner, T. J. (2023). Planned maintenance vs Unplanned maintenance and facility costs. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/370619628_Planned_maintenance_vs_Unplanned_maintenance_and_facility_costs
- You, Y. (2021). Advances of digital twins for predictive maintenance. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/358211350_Advances_of_digital_twins_for_predictive_maintenance
- Zaman, S. A. (2024). Digital technologies and digitalization performance: the mediating role of digitalization management. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/385984830_Digital_technologies_and_digitalization_performance_the_mediating_role_of_digitalization_management
- Zhang, X. (2023). Can Digital Transformation Drive Green Transformation in Manufacturing Companies?—Based on Socio-Technical Systems Theory Perspective. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2840>

Midocean University

College of Management

Master of Project Management



Research Title:

Digital Transformation in Developing Mechanical Maintenance Project
Management in Saudi Factories (Jubail Industrial Cities)

Student Prepared by:

Hussain Ali Hussain Razhan

University ID:

252001653

Supervisor:

Dr. Alfaisal Abdelhameed

Dr. Fayez Jrad

Academic Year:

1447 / 2026