



جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / تخصص ادارة مشاريع

عنوان البحث

التحول الرقمي للمختبرات الصناعية باستخدام تقنيات الروبوتات وأثره على جودة العمليات في
المملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/ **عبد الحميد عبدالله الحنوش**

الرقم الأكاديمي/252001664

إشراف/

الدكتور/فايز علي جراد

الدكتور / الفیصل عبد الحمید محمد

العام الدراسي:

2025

قائمة المحتويات:

2	قائمة المحتويات:
3	مقدمة:
4	مشكلة الدراسة:
6	أهمية الدراسة:
7	اهداف الدراسة:
7	تساؤلات الدراسة:
8	فرضيات الدراسة:
8	الدراسات السابقة:
14	المنطلقات النظرية للدراسة:
16	المنهجية وطرق البحث:
18	أدوات الدراسة:
19	حدود الدراسة:
34	المراجع:

مقدمة:

في السنوات الأخيرة، شهدت المملكة العربية السعودية موجةً واسعةً من التحول الرقمي بقيادة رؤية 2030، التي تُشدد على دمج التقنيات المتطورة لتعزيز الإنتاجية والإبداع والاستدامة في قطاعات متعددة. ومن بين هذه القطاعات، تحظى المختبرات الصناعية بمكانة حيوية، إذ تُمثل العمود الفقري لعمليات ضمان الجودة والاختبار والتحقق في الصناعات التحويلية، والبتروكيماوية، والدوائية، والغذائية. ومع ذلك، غالبًا ما تواجه عمليات المختبرات التقليدية مشكلاتٍ مثل أخطاء التعامل البشري، وعدم اتساق النتائج، ومخاطر السلامة، وعدم كفاءة استخدام الوقت والموارد. وقد دفعت هذه القيود الشركات إلى توظيف تكنولوجيا الروبوتات كعاملٍ أساسيٍّ في التحول الرقمي، مما يضمن الدقة والاتساق وتحسين جودة العمليات (Patel, 2025).

تستلزم تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية استخدام أنظمة آلية مثل الأذرع الروبوتية، ومناولة العينات ذاتية التشغيل، ومعالجة البيانات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وأجهزة الاستشعار الذكية التي يمكنها إجراء مهام متكررة أو عالية الخطورة بدقةٍ استثنائية. من خلال دمج الروبوتات، قد تنتقل المختبرات من الأنشطة اليدوية كثيفة العمالة إلى إعدادات عالية الأتمتة تتميز باتخاذ قرارات قائمة على البيانات وانخفاض معدل الخطأ البشري. لا يقتصر هذا التغيير على الأتمتة فحسب، بل يمتد ليشمل المراقبة الآنية، والصيانة التنبؤية، وتحليلات البيانات المتطورة، وكلها تساعد على تحسين أداء المختبرات وتعزيز جودة العمليات بشكل عام (Mishra, 2025).

في المملكة العربية السعودية، يتوافق نشر الروبوتات في المختبرات الصناعية مع أهداف الحكومة لتحديث الصناعات وبناء اقتصاد قائم على المعرفة. وقد بدأت المؤسسات الصناعية الكبرى، ولا سيما في قطاعات الطاقة والبتروكيماويات والأدوية، بالاستثمار في تكنولوجيا الروبوتات لتعزيز التميز التشغيلي ومواكبة المعايير العالمية للجودة والكفاءة. علاوة على ذلك، فإن

تركيز الحكومة على تنمية المواهب المحلية والبنية التحتية الرقمية يُكمل هذا التغيير التكنولوجي، مما يخلق ثقافة الابتكار والتحسين المستمر لإجراءات المختبرات (Khalifa، 2021).

على الرغم من هذه التطورات، هناك حاجة إلى دراسة دقيقة لتحديد مدى مساهمة تقنيات الروبوتات في جودة العمليات في المختبرات الصناعية. قد لا تزال العديد من الشركات تعاني من مشاكل تتعلق بتكاليف التنفيذ، وقدرة الموظفين على التكيف، والتكامل مع الأنظمة الرقمية الحالية. إضافةً إلى ذلك، لم تُدرس جدوى الروبوتات في تحسين مقاييس أداء المختبرات - مثل الدقة، وقابلية التكرار، ووقت التسليم، والامتثال - دراسةً شاملةً في البيئة الصناعية السعودية (Callari، 2025).

لذلك، يهدف هذا البحث إلى استكشاف تأثير التحول الرقمي عبر تكنولوجيا الروبوتات على جودة العمليات في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية. من خلال دراسة كيفية تأثير الأتمتة على كفاءة المختبرات، وموثوقيتها، وقدرتها على الابتكار، سيقدم البحث رؤى حيويةً حول الدور الاستراتيجي للروبوتات في تحقيق التميز الصناعي المستدام. من المرجح أن تُسهم النتائج في كلٍ من المعرفة النظرية والتطبيق العملي، مما يُساعد صانعي السياسات، وقادة الصناعة، ومديري المختبرات على اتخاذ قرارات مدروسة بشأن دمج الروبوتات في أنظمة إدارة الجودة (Alharbi، 2024).

في نهاية المطاف، تعكس هذه الدراسة الهدف الوطني الأسمى المتمثل في تطوير المملكة العربية السعودية لتصبح قوةً إقليميةً رائدةً في الابتكار التقني والتصنيع المتطور. إن التحول الرقمي للمختبرات الصناعية من خلال الروبوتات لا يمثل خطوة نحو التحديث التشغيلي فحسب، بل يمثل أيضًا تحركًا استراتيجيًا نحو تعزيز القدرة التنافسية، وضمان نتائج عالية الجودة، وضمان الاستدامة طويلة الأمد للقطاع الصناعي في المملكة.

مشكلة الدراسة:

على الرغم من الزخم المتزايد لبرامج التحول الرقمي في جميع أنحاء المملكة العربية السعودية، لا تزال العديد من المختبرات الصناعية تعاني من ضعف الكفاءة التشغيلية، وتفاوتات الجودة، والإجراءات المعتمدة على العنصر البشري، مما يعيق الإنتاجية والإبداع. وبينما أثبتت تقنيات الروبوتات قدرتها على تغيير عمليات المختبرات من خلال تعزيز الدقة، وتقليل الأخطاء،

وتحسين دقة البيانات، إلا أن استخدامها في المختبرات الصناعية السعودية لا يزال محدودًا ومشتتًا. وهذا يثير اعتبارات رئيسية تتعلق برغبة المختبرات في تبني هذه التقنية، وعقبات النشر، والتأثير الحقيقي للروبوتات على جودة العمليات (Zohra، 2024).

تعتمد المختبرات الصناعية في مجالات مثل البتروكيماويات والأدوية والتصنيع بشكل كبير على الاختبارات والتحليلات الموثوقة لضمان الامتثال للمعايير الدولية والحفاظ على سلامة المنتج. ومع ذلك، فإن استمرار الإجراءات اليدوية يؤدي أحيانًا إلى تباين في النتائج، وإطالة فترات الإنجاز، وزيادة المخاوف المتعلقة بسلامة موظفي المختبرات. علاوة على ذلك، يتطلب دمج أنظمة الروبوتات استثمارات كبيرة في البنية التحتية، والكفاءات الفنية، وإدارة التغيير - وهي عوامل قد تعيق القبول العام، لا سيما بين الشركات الصناعية الصغيرة والمتوسطة (Thakur، 2025).

على الرغم من أن العديد من المختبرات في المملكة قد بدأت بتجربة الحلول الآلية، إلا أن هناك ندرة في المعرفة التجريبية التي تتناول كيفية تأثير هذه التقنيات على الجوانب الحيوية لجودة العمليات، مثل الموثوقية، وقابلية التكرار، والكفاءة، والامتثال. تكمن الفجوة في الأبحاث السابقة في تحديد الصلة القابلة للقياس الكمي بين التحول الرقمي القائم على الروبوتات ونتائج أداء المختبرات في البيئة السعودية (Alhammad، 2023).

لذلك، يمثل الشاغل الرئيسي لهذا البحث في نقص التقييم التجريبي الشامل لكيفية تأثير التحول الرقمي عبر تكنولوجيا الروبوتات على جودة العمليات في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية. تُقيد هذه الفجوة قدرة الحكومات وقادة الصناعة على تصميم استراتيجيات ناجحة لتطبيق الروبوتات بطرق تُحقق مزايا ملموسة في الجودة والإنتاجية والقدرة التنافسية (Alquraish، 2025).

يحاول البحث حل هذا التحدي من خلال دراسة درجة تكامل الروبوتات في المختبرات الصناعية السعودية، وتقييم تأثيرها على مقاييس جودة العمليات، وتحديد العقبات والعوامل المُيسِّرة للتبني الفعال. ومن خلال القيام بذلك، فإنها تهدف إلى تقديم صورة واضحة حول ما إذا كانت تكنولوجيا الروبوتات تعمل بالفعل كقوة تحويلية لتحسين الجودة أو مجرد تقدم تدريجي في أتمتة المختبرات.

أهمية الدراسة:

تُعدّ دراسة التحوّل الرقمي في المختبرات الصناعية باستخدام تقنيات الروبوتات أمرًا بالغ الأهمية لتحسين جودة العمليات وكفاءتها ودقتها. ويُوفّر فهم أثره رؤى نظرية وتوجيهًا عمليًا، مما يُساعد الجهات المعنية بالقطاع الصناعي في المملكة العربية السعودية على تبني التقنيات المتقدمة، وتحسين العمليات، ومواءمة العمليات مع المعايير العالمية وأهداف رؤية 2030.

- الأهمية العلمية:

يُثري هذا العمل المعرفة الأكاديمية والمهنية حول كيفية تأثير تقنيات الروبوتات على جودة العمليات في المختبرات الصناعية. ومن خلال دراسة دقيقة لجهود التحول الرقمي، ستُقدم الدراسة بيانات تجريبية حول مكاسب الكفاءة والدقة والموثوقية الناتجة عن اعتماد الروبوتات. كما ستُوفّر مؤشرات كمية لتحسين جودة العمليات، مما يُوفّر أساسًا نظريًا يُمكن تطبيقه في الأبحاث المستقبلية. إضافةً إلى ذلك، تُسهم الدراسة في سد الفجوة المعرفية في المملكة العربية السعودية، حيث تُعتبر الأبحاث حول أتمتة المختبرات وتأثيرها المباشر على النتائج التشغيلية نادرة. وستُقدم النتائج رؤى قيّمة للأكاديميين والباحثين والمعلمين في قطاعات الهندسة الصناعية والأتمتة وإدارة الجودة (Bashar, 2024).

- الأهمية العملية:

من الناحية العملية، يُقدم البحث اقتراحات عملية لمختبرات الصناعة والمُشرّعين ومُوردي التكنولوجيا. وبالنسبة لمديري المختبرات وأصحاب المصلحة، يُوضح البحث مزايا دمج تقنيات الروبوتات، بما في ذلك زيادة كفاءة العمليات، وتقليل الأخطاء البشرية، وضمان جودة مُستمرة للمخرجات. يمكن لصانعي السياسات الاستفادة من البيانات لدعم الجهود الوطنية في إطار رؤية السعودية 2030، بما يعزز الابتكار التقني والقدرة التنافسية الصناعية. علاوة على ذلك، تكشف الدراسة عن مشاكل في التنفيذ - مثل نقص المهارات اليدوية، وارتفاع التكاليف، والتردد في التغيير - مما يسمح للشركات ببناء حلول ناجحة لتدريب القوى العاملة، وإدارة التكاليف، وقبول التغيير. في نهاية المطاف، يُمكن البحث من اتخاذ قرارات مدروسة والتخطيط الاستراتيجي للتحوّل الرقمي للمختبرات الصناعية، مما يُمكن من تحقيق مكاسب مستدامة في جودة العمليات (Licardo, 2024).

اهداف الدراسة:

- الهدف الرئيسي:

تحليل تأثير التحول الرقمي القائم على الروبوتات على جودة العمليات في المختبرات الصناعية بالمملكة العربية السعودية.

- الأهداف الفرعية:

1. دراسة المستوى الحالي لاستخدام تكنولوجيا الروبوتات في المختبرات الصناعية السعودية.
2. قياس التقدم في كفاءة العمليات ودقتها وجودتها بعد تطبيق تكنولوجيا الروبوتات.
3. تحديد المشكلات والعوائق التي تعيق نجاح التحول الرقمي في المختبرات.
4. تقديم أفكار ومقترحات عملية لتحسين إجراءات المختبرات من خلال دمج الروبوتات.
5. استكشاف دور مهارات القوى العاملة وتدريبها في تبني الروبوتات بفعالية.
6. المساهمة في أهداف التنمية الصناعية الوطنية من خلال مواءمة ممارسات المختبرات مع أنشطة رؤية 2030.

تساؤلات الدراسة:

- سؤال البحث الرئيسي:

كيف يؤثر تبني التحول الرقمي القائم على الروبوتات على جودة عمليات المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية؟

- أسئلة البحث الفرعية:

1. ما هو المستوى الحالي لاستخدام تكنولوجيا الروبوتات في المختبرات الصناعية السعودية؟
2. ما هي أنواع تكنولوجيا الروبوتات الأكثر استخدامًا، وفي أي عمليات مختبرية؟
3. كيف يؤثر دمج الروبوتات على سرعة وكفاءة عمليات المختبرات؟
4. ما هي الزيادات القابلة للقياس في أداء سير العمل التي تتحقق بعد دمج تكنولوجيا الروبوتات؟
5. إلى أي مدى تزيد تكنولوجيا الروبوتات من دقة الاختبارات والقياسات المخبرية؟

6. كيف يمكن لهذه التقنيات أن تساعد في تحقيق نتائج متسقة وموثوقة لجودة العمليات؟

فرضيات الدراسة:

- الفرضية الرئيسية:

يُحسن استخدام التحوّل الرقمي القائم على الروبوتات جودة العمليات في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية بشكل كبير.

- الفرضيات الفرعية:

1. يرتبط ارتفاع مستويات استخدام الروبوتات بزيادة أكبر في كفاءة العمليات المختبرية.
2. يؤثر نوع ونطاق تقنيات الروبوتات المستخدمة بشكل مباشر على دقة العمليات وموثوقيتها.
3. يُقلّل دمج الروبوتات من وقت التشغيل ويُعزز كفاءة سير العمل في المختبرات الصناعية.
4. يُقلّل استخدام تكنولوجيا الروبوتات بشكل كبير من الأخطاء البشرية ويُعزز توحيد نتائج المختبرات.
5. تُؤثر تكاليف التنفيذ المرتفعة، ونقص المهارات التقنية للقوى العاملة، والتردد في التغيير بشكل كبير على جدوى التحوّل الرقمي القائم على الروبوتات.
6. يُعزز التدريب المناسب للقوى العاملة وتطبيق أفضل الممارسات فعالية دمج الروبوتات في تحسين جودة العمليات.

الدراسات السابقة:

تمشيا مع الاتجاه الملحوظ نحو الأتمتة في وظائف التدقيق الداخلي، وبالنظر إلى رؤية المملكة العربية السعودية 2030، التي تعطي الأولوية للابتكار التكنولوجي، فإن الغرض من هذه الدراسة هو استكشاف اعتماد أتمتة العمليات الروبوتية (RPA) ضمن مختلف قطاعات التدقيق الداخلي في المملكة العربية السعودية، مع التركيز بشكل خاص على فهم التحديات وتقييم التأثير على كفاءة التدقيق. باستخدام استراتيجية بحث كمية، تستخدم هذه الدراسة تقنية التمهيد ونمذجة المعادلات

الهيكلية للمربعات الجزئية الصغرى (PLS-SEM) لفحص البيانات التي تم الحصول عليها من 138 مدققاً داخلياً معتمداً في جميع أنحاء المملكة العربية السعودية بدقة. يوضح هذا البحث الروابط بين البيئة التنظيمية وأمن البيانات وسمعة البائع والطموح لتنفيذ أتمتة العمليات الروبوتية وكفاءة التدقيق الداخلي. الآثار العملية تقدم نتائج البحث معلومات مهمة للمراجعين والسياسيين وممارسي الصناعة المشاركين في برامج تنفيذ أتمتة العمليات الروبوتية. يمكن للشركات الاستفادة من هذه البيانات لوضع استراتيجيات متعلمة لإدارة العقبات وتعظيم مزايا اعتماد أتمتة العمليات الروبوتية في عمليات التدقيق الداخلي. يضيف هذا البحث إلى الأدبيات الحالية بشكل كبير من خلال التعمق في تنفيذ RPA، مع التركيز بشكل خاص على فهم العقبات وتحليل التأثير على كفاءة التدقيق، لا سيما في سياق KSA - وهي منطقة لم يتم فحصها بشكل جيد (Jaradat, 2025).

يُحدث دمج التكنولوجيا في العمل المخبري تحولاً جذرياً في البحث العلمي والتشخيصات الطبية، مُغيّراً بذلك آلية عمل المختبرات وتقديم النتائج. تناقش هذه المقالة التأثير متعدد الأبعاد للتكنولوجيا في تحديد مستقبل العمل المخبري، مُركزةً على الإنجازات المهمة مثل الأتمتة والذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات وحلول الصحة الرقمية. علاوةً على ذلك، تُمكن أدوات تحليل البيانات الباحثين من استخلاص رؤى قيّمة من كميات هائلة من المعلومات، مما يُعزز تحسينات التشخيص والعلاج المُخصص. تُسهّل تقنيات الصحة الرقمية، بما في ذلك التطبيب عن بُعد والسجلات الصحية الإلكترونية، التواصل بين المختبرات ومُقدمي الرعاية الصحية، مما يُحسّن تجربة المريض بشكل عام ويُسرّع إجراءات التشخيص. ومع ذلك، فإن الاستخدام السريع لهذه التقنيات يُثير أيضاً مشاكل أخلاقية رئيسية، بما في ذلك خصوصية البيانات، والتحيز الخوارزمي، واحتمالية نزوح العاملين في المختبرات. تُعد معالجة هذه الصعوبات أمراً بالغ الأهمية لضمان تطبيق التطورات التكنولوجية بشكل أخلاقي وعادل. كما تُؤكد المقالة على ضرورة التعاون والتثقيف متعدد التخصصات في إعداد العاملين في المختبرات لمستقبل قائم على التكنولوجيا. مع تزايد اعتماد المختبرات على التقنيات الحديثة، يُعدّ تعزيز التعاون بين العلماء والأطباء وأخصائيي التكنولوجيا أمراً بالغ الأهمية لإيجاد حلول مبتكرة تُعالج المشكلات الراهنة في العمل المخبري. وختاماً، فإن للتكنولوجيا تأثيرٌ كبير في تحديد مستقبل العمل المخبري، مما يُتيح آفاقاً لتحقيق كفاءة ودقة أكبر ورعاية صحية تُركّز على المريض. ومن خلال تبني هذه الابتكارات مع تذليل العقبات المرتبطة بها، يُمكن لقطاع المختبرات أن يُحسّن بشكل كبير مخرجات البحث وتقديم الرعاية الصحية، مما يُمهّد الطريق لبيئة علمية أكثر فعاليةً واستجابةً (Alshammari, 2024).

يُحدث دمج التكنولوجيا في العمل المخبري تحولاً جذرياً في البحث العلمي والتشخيصات الطبية، مُغيّراً بذلك آلية عمل المختبرات وتقديم النتائج. تُناقش هذه المقالة التأثير متعدد الأبعاد للتكنولوجيا في تحديد مستقبل العمل المخبري، مُركزةً على الإنجازات المهمة مثل الأتمتة، والذكاء الاصطناعي، وتحليلات البيانات، وحلول الصحة الرقمية. تُعزز الأتمتة الإنتاجية من خلال تبسيط الأنشطة المتكررة، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين الإنتاجية، بينما يُمكن الذكاء الاصطناعي المختبرات من تحليل المعلومات المُعقدة وكشف الأنماط التي تُحرك عملية صنع القرار. علاوةً على ذلك، تُتيح أدوات تحليل البيانات للباحثين استخلاص رؤى قيّمة من كميات هائلة من المعلومات، مما يُعزز تحسينات التشخيص والعلاج المُخصص. تُسهّل تقنيات الصحة الرقمية، بما في ذلك التطبيب عن بُعد والسجلات الصحية الإلكترونية، التواصل بين المختبرات ومُقدمي الرعاية الصحية، مما يُحسّن تجربة المريض بشكل عام ويُسرّع إجراءات التشخيص. ومع ذلك، فإن الاستخدام السريع لهذه التقنيات يُثير أيضاً مشاكل أخلاقية رئيسية، بما في ذلك خصوصية البيانات، والتحيز الخوارزمي، واحتمالية نزوح العاملين في المختبرات. تُعد معالجة هذه الصعوبات أمراً بالغ الأهمية لضمان تطبيق التطورات التكنولوجية بشكل أخلاقي وعادل. تُشدد المقالة أيضاً على ضرورة التعاون والتثقيف متعدد التخصصات لإعداد كوادر المختبرات لمستقبل تكنولوجي. ومع تزايد اعتماد المختبرات على التقنيات الحديثة، يُعدّ تعزيز التعاون بين العلماء والأطباء وأخصائيي التكنولوجيا أمراً بالغ الأهمية لإيجاد حلول مبتكرة تُعالج المشكلات الراهنة في العمل المخبري. وختاماً، فإن للتكنولوجيا تأثير كبير في تحديد مستقبل العمل المخبري، مما يُتيح آفاقاً لتحقيق كفاءة ودقة أكبر ورعاية تُركّز على المريض. ومن خلال تبني هذه الابتكارات مع تذليل العقبات المرتبطة بها، يُمكن لقطاع المختبرات أن يُحسّن بشكل كبير مخرجات البحث وتقديم الرعاية الصحية، مما يُمهّد الطريق لبيئة علمية أكثر فعالية واستجابة (Alolayan, 2024).

يُعد توحيد إجراءات المختبر أحد أهداف علم الأمراض من أجل تحسين دقة وفعالية الاختبارات التشخيصية، مما سيؤدي في النهاية إلى تحسين رعاية المرضى ونتائجهم. وفي مجالات معالجة الأنسجة وتحليلها وإعداد التقارير، يُعد التوحيد أمراً ضرورياً. والغرض من هذا العمل هو شرح أحدث الأتمتة في مختبرات علم الأمراض وتحسين الاختبارات التشخيصية باستخدام التكنولوجيا الحديثة. يتم تطوير تقنيات جديدة واستخدامها مع التركيز على الذكاء الاصطناعي وعلم الأمراض الرقمي. ولكن لا تزال هناك صعوبات تحتاج إلى معالجة، مثل تدريب الخوارزميات وحماية البيانات. النتائج: يتطور الذكاء الاصطناعي وعلم الأمراض الرقمي بطريقة منهجية، مما يؤدي إلى تحسين الإجراءات المخبرية. وفي الختام، فإن الإجراءات المخبرية التقليدية

والتكنولوجيا المتطورة ضرورية لتطوير علم الأمراض وتحسين رعاية المرضى. والهدف هو إلهام الأدوات والإجراءات المبتكرة كمساعدة تحويلية إيجابية للمشغلين والمؤسسات والمرضى من خلال توقع متطلبات المختبر واحتياجاته. الغرض من هذا البحث هو دراسة كيفية تأثير قدرات الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي (ML) على أداء الأعمال (BP) لشركات التكنولوجيا في المملكة العربية السعودية (KSA). يشير البحث إلى أن قدرات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي تؤثر على أداء الشركة، بناءً على أفكار معروفة مثل عرض الموارد (RBV) وإطار عمل بيئة منظمة التكنولوجيا (TOE). ومن المتوقع أن تخفف جودة البيانات (DQ) من آثارها وأن تتوسطها الجاهزية التكنولوجية (TR). وشمل هذا الاستطلاع 190 من المديرين التنفيذيين ومتخصصي تكنولوجيا المعلومات في المملكة العربية السعودية. وتم تحليل البيانات باستخدام Smart PLS 4. وأظهرت النتائج الآثار المفيدة للمهارات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي على أداء الشركة. وفي التفاعل بين قدرات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي والأداء التجاري، كان الاستعداد التكنولوجي بمثابة وسيط. وارتفع تأثير قدرات الذكاء الاصطناعي على الأداء التجاري بشكل كبير مع جودة البيانات. إن تطوير مستويات عالية من الجاهزية الفنية وجودة البيانات، إلى جانب توافر قدرات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي الفعالة، من شأنه أن يحسن أداء أعمال شركات المملكة العربية السعودية (Alahmari، 2024).

بسبب ارتفاع نفقات العمالة ونقص الموارد البشرية، تستثمر الشركات الحديثة في الروبوتات، خاصةً لأنها لا تحتاج إلى زيادات ويمكنها العمل على مدار الساعة. يمكنها القيام بأشياء لا يستطيع البشر القيام بها، مثل العمل في بيئات صعبة وإنجاز المهام بدقة. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد المتغيرات التي تؤثر على الرغبة السلوكية للشركات التحويلية في المملكة العربية السعودية (KSA) في استخدام الروبوتات والأتمتة. الغرض من هذا التحديد هو توفير إطار مفاهيمي للاستخدام المقترح للأتمتة والروبوتات. استند الإطار المفاهيمي المقترح إلى نموذج قبول التكنولوجيا (TAM) ونظرية التكنولوجيا والتنظيم والبيئة (TOE). تم إشراك الخبراء من خلال المقابلات، وتم تحديد العناصر من خلال مسح للأدبيات التي تضمنت تحليلاً نظرياً. توضح النتائج أن الإطار المفاهيمي المقترح كان شاملاً وضرورياً. تم تحديد كل حرف جر على أنه مهم ومفيد (Aldossari، 2019).

يهدف هذا الباحث (Alarefi، 2024) إلى تحليل آثار قدرات التعلم الآلي (ML) والذكاء الاصطناعي (AI) على أداء الأعمال (BP) لشركات التكنولوجيا في المملكة العربية السعودية (KSA). بناءً على النظريات المعروفة مثل عرض الموارد (RBV) وإطار عمل بيئة تنظيم التكنولوجيا (TOE)، تفترض الورقة أن قدرات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي تؤثر على أداء الأعمال. ومن المتوقع

أن تكون آثارها بوساطة الجاهزية التكنولوجية (TR) وتعديلها بجودة البيانات (DQ). شارك ما مجموعه 190 من المديرين التنفيذيين ومتخصصي تكنولوجيا المعلومات في المملكة العربية السعودية في هذا الاستطلاع. تم استخدام Smart PLS 4 لتقييم البيانات. أظهرت النتائج أن مهارات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي حسنت نجاح الشركات بشكل إيجابي. عمل الاستعداد التكنولوجي كوسيط في التفاعل بين قدرات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي وBP. عززت جودة البيانات بشكل كبير من تأثير قدرات الذكاء الاصطناعي على BP. سيتحسن أداء أعمال الشركات في المملكة العربية السعودية بوجود قدرات فعالة للذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي بالإضافة إلى إنشاء مستوى عالٍ من الجاهزية الفنية وجودة البيانات.

من خلال تعزيز التنمية المستدامة، وتحسين تقديم الرعاية الصحية، والحد من عدم المساواة، وتعزيز النمو الاقتصادي، تُحدث تكنولوجيا الروبوتات ثورة في مجموعة متنوعة من القطاعات. تعزز الروبوتات الكفاءة والشمول من خلال الابتكار والأتمتة، وتمكين الفئات المهمشة، ومعالجة القضايا العالمية وفقًا لأهداف التنمية المستدامة (SDGs) للأمم المتحدة. وقد دُرست آثار الروبوتات على أهداف التنمية المستدامة (SDGs) على نطاق واسع، ولكن لم يُولَ اهتمام كافٍ لكيفية تأثير هذه التقنيات على الرعاية الصحية والابتكار وعدم المساواة والنمو الاقتصادي، وخاصة في البلدان الفقيرة. ومن أجل تحسين المعرفة بالروبوتات كمحفز للتنمية المستدامة، يستخدم هذا البحث تقييمًا شاملاً للأدبيات. تشير النتائج إلى أن الجوانب الاقتصادية والرعاية الصحية لأهداف التنمية المستدامة مُبَحَّثَةٌ جيدًا، حيث تمثل 17٪ من الأدبيات، مع الهدف 8 للتنمية المستدامة بنسبة 3.8٪، والابتكار بنسبة 18.9٪، وعدم المساواة بنسبة 9.4٪. ويركز 34٪ من الدراسة على موضوعات أهداف التنمية المستدامة الأخرى. يسلط البحث الضوء على كيفية مساهمة الأتمتة والروبوتات في تحقيق أهداف التنمية المستدامة المرتبطة اقتصاديًا وبيئيًا، وخاصةً في مجال الرعاية الصحية المستدامة، حيث يمكن للروبوتات تحسين إدارة الوصفات الطبية في الرعاية المنزلية. ومع ذلك، لا يزال هناك الكثير من مجالات تطبيق الروبوتات غير المستكشفة، مما يشير إلى ضرورة إجراء المزيد من الدراسة لسد الفجوات الحالية. هناك إمكانات غير مستغلة لاستخدام التقنيات الجديدة لتسريع تحقيق أهداف التنمية المستدامة العالمية، وخاصةً لتعزيز وتوسيع المبادرات الجارية. لا يزال الهدف الثامن من أهداف التنمية المستدامة غير مدروس جيدًا. ومن أجل تعزيز تحقيق أهداف التنمية المستدامة، تقترح هذه الورقة إطارًا مفاهيميًا للتكنولوجيا المستدامة. تُظهر النتائج فجوات في دراسات النمو الاقتصادي وعدم المساواة، لكنها تؤكد أيضًا على الدور الحاسم الذي تلعبه الروبوتات في تعزيز أهداف التنمية المستدامة، وخاصةً في مجالي الابتكار والرعاية الصحية. ولتحقيق كامل إمكانات الروبوتات في التنمية

المستدامة، ينبغي أن تركز الأبحاث المستقبلية على توسيع نطاق تطبيقات الروبوتات، وخاصةً في المجالات التي لم تُدرس بشكل كافٍ مثل الهدف الثامن من أهداف التنمية المستدامة (Almuaythir، 2024).

أثارت إمكانية أن تؤدي الأتمتة الكاملة إلى تقليل الحاجة إلى موظفي المختبر على جميع المستويات مخاوف جديدة. وكان الهدف من هذا البحث هو التحقيق في آثار الأتمتة الكاملة للمختبرات على القوى العاملة في المختبرات السريرية. قدم قسمان للمختبرات الطبية بملفات تعريف متشابهة وإعدادات معدات مختلفة - أحدهما يستخدم نظام أتمتة كاملة والآخر يستخدم نظام تحليل منفصل - بيانات لمدة عام، بما في ذلك التركيبة السكانية للقوى العاملة في المختبر والإنتاجية الفنية للاختبارات العملية. تمت مقارنة الإنتاجية الفنية للمختبرين وفحصها إحصائيًا. لم يكن هناك فرق كبير في الناتج الفني لأقسام أمراض الدم في الموقعين لكل عامل مختبر واحد (متوسط الترددات الراديوية الفردية = 0.9، $p = 0.79$). ومع ذلك، في أقسام الكيمياء السريرية وعلم الأمصال، زاد متوسط عدد الاختبارات المكتملة لكل عامل إلى 1.4 و 3.7 مرة مع الأتمتة الكاملة، على التوالي ($p < 0.001$). في الختام، تزيد الأتمتة الكاملة للمختبر من إنتاجية المختبر، مما يؤدي إلى تقليل عدد موظفي المختبر. لولا الأتمتة، لما استطاع طاقم المختبر الحالي الحفاظ على مستوى الخدمة الحالي نظرًا للنمو المطرد في أنشطة المختبرات. تُقلل الأتمتة من العمل اليدوي المتكرر، مما يتيح إعادة تعريف مهام القوى العاملة في المختبر. بالنسبة للمختبرات التي تعاني من نقص في الكوادر أو التعامل مع كميات كبيرة من الاختبارات بعدد أقل من الموظفين، يُعدّ نظام TLA مثالًا (Naam، 2022).

ساهمت أجهزة المعالجة الآلية للعينات وغيرها من تقنيات معالجة العينات الآلية في تسريع عملية مناوئتها، لا سيما في حالات الطوارئ. إضافةً إلى ذلك، ساهمت أجهزة التحليل الآلية، من خلال تسهيل الفحص عالي الإنتاجية وتسريع توافر المعلومات، في تحسين كفاءة الاختبارات. تتناول هذه المقالة كيف حسّنت تقنية المختبرات الآلية من الدقة والكفاءة بشكل ملحوظ في البيئات الطبية. يوضح هذا التقييم كيف أثرت الأتمتة على النتائج من خلال دراسة تكامل الأنظمة الآلية لمعالجة العينات وإجراء الاختبارات. ومن المزايا الجديرة بالذكر تقليل أوقات الاستجابة، وتحسين العمليات، وتحسين دقة الاختبارات التشخيصية. ومن خلال تكامل البيانات والمراقبة الآنية، زاد استخدام أنظمة إدارة معلومات المختبرات (LIMS) من الإنتاجية. يجب أن تكون العمليات دقيقة، وأن تتبع الأنظمة الآلية الإجراءات المعمول بها بدقة لتوفير نتائج موثوقة باستمرار مع انخفاض معدلات الأخطاء. وقد تحسّنت الدقة مع ظهور الذكاء الاصطناعي، لا سيما في معالجة الصور في مجالات الأشعة وعلم

الأمراض. ويُعد اختيار التكنولوجيا، وتخطيط التنفيذ، والمراقبة المستمرة، كلها أمور ضرورية للإدارة السريية لأتمتة المختبرات. كما أن الإدارة الفعالة للمخابر، والتدريب المستمر على الابتكارات، وقابلية التشغيل البيئي للأنظمة، كلها أمور أساسية للتبني الفعال. يُعدّ اعتماد أتمتة المختبرات أمرًا بالغ الأهمية لتبسيط العمليات وتوفير المعلومات في الوقت المناسب، على الرغم من العقبات التي قد تواجهها. وتؤكد الأبحاث باستمرار أن أتمتة المختبرات لها تأثيرٌ مُبرَّر على زيادة الدقة والكفاءة في مؤسسات الرعاية الصحية (Ainosah، 2023).

المنطلقات النظرية للدراسة:

1. نموذج قبول التكنولوجيا:

يوضح نموذج قبول التكنولوجيا كيفية تعلم الأفراد تقبّل التكنولوجيا الجديدة وتوظيفها. ووفقًا لهذا النموذج، فإنّ الفائدة المُدرَكة وسهولة الاستخدام المُدرَكة تؤثران على مدى تقبّل الأفراد للتطورات التقنية. في سياق المختبرات الصناعية، يؤثر تقييم موظفي المختبر لفائدة تقنيات الروبوتات في تعزيز الكفاءة والدقة تأثيرًا كبيرًا على رغبتهم في تبني التحول الرقمي. يُعدّ فهم سلوك القبول هذا أمرًا حيويًا لوضع برامج تدريبية فعّالة، واختيار التكنولوجيا المناسبة، وضمان نجاح نشر الأنظمة القائمة على الروبوتات (Marikyan، 2025).

2. مبادئ إدارة الجودة الشاملة:

تُركّز إدارة الجودة الشاملة على التحسين المستمر، وتوحيد معايير العمليات، ورضا العملاء من خلال أساليب إدارة منهجية. في المختبرات الصناعية، يُعزّز دمج تكنولوجيا الروبوتات إدارة الجودة الشاملة من خلال تقليل الأخطاء البشرية، وضمان تكرار العمليات، وتوفير مراقبة آنية لمقاييس الجودة. الافتراض النظري هنا هو أن التحول الرقمي يتوافق مع أهداف إدارة الجودة الشاملة، مما يُعزز موثوقية العمليات وتوافقها مع معايير الجودة الدولية. تساعد تكنولوجيا الروبوتات المختبرات على إنشاء سير عمل موحد، وقياسات موحدة، وتدابير للحد من الأخطاء، مما يؤدي مباشرةً إلى تحسين جودة العمليات بشكل عام (Kelly، 2025).

3. نظرية انتشار الابتكار:

تصف نظرية انتشار الابتكار التي ابتكرتها شركة روجرز، كيفية انتشار الابتكارات عبر الأنظمة الاجتماعية بمرور الوقت. يعتمد التنبؤ على الفوائد المُدرَكة، والتوافق مع الإجراءات الحالية، والتعقيد، وقابلية التجربة، والملاحظة. بالنسبة للمختبرات الصناعية السعودية، يتحكم في انتشار تكنولوجيا الروبوتات عدة معايير، تُحدد وتيرة ونطاق النشر. يساعد فهم آليات نشر الابتكار على التنبؤ باتجاهات التنبؤ، واكتشاف المقاومة المحتملة، ووضع استراتيجيات لتعزيز القبول خارج فرق المختبر (Malouf، 2025).

4. مفاهيم التصنيع والأتمتة الرشيق:

تُركز مفاهيم التصنيع الرشيق على تقليل الهدر، وتعزيز الكفاءة، وتحسين استخدام الموارد. تُعزز تقنيات الروبوتات والأتمتة أهداف التصنيع الرشيق من خلال تقليل التدخلات البشرية، وتسريع إجراءات المختبر، والحد من الأخطاء التي قد تُسبب في هدر المواد أو العمليات. يؤكد هذا الافتراض أن التحول الرقمي في المختبرات يزيد من كفاءة الإنتاج، مما يؤدي إلى تبسيط العمليات، وخفض تكاليف التشغيل، وزيادة استخدام الموارد، مما يعزز جودة العمليات بشكل عام.

5. نظرية النظم الاجتماعية-التقنية:

يُبرز هذا النهج العلاقة بين الأفراد والتكنولوجيا والهياكل التنظيمية. يتطلب التطبيق الناجح لتكنولوجيا الروبوتات مواءمة المهارات البشرية والقدرات التكنولوجية وأساليب الإدارة. في المختبرات الصناعية، يضمن التوافق الاجتماعي-التقني تكامل قدرات القوى العاملة والأنظمة الرقمية وعمليات العمليات، مما يُعزز مزايا التحول الرقمي. يُشدد هذا المفهوم على ضرورة التدريب وإدارة التغيير والإعداد التنظيمي لتحقيق أفضل نتائج جودة للعمليات.

6. إطار عمل الأنظمة السيبرانية-الفيزيائية:

يُمزج نظام CPS بين أساليب الحوسبة والشبكات والعمليات الفيزيائية. تعتمد المختبرات الصناعية التي تعتمد على الروبوتات على نظام CPS لربط أجهزة الاستشعار والأذرع الروبوتية وأنظمة الاختبار الآلية للمراقبة والتحكم في الوقت الفعلي. يدعي هذا

الافتراض أن نجاح تكنولوجيا الروبوتات في تحسين جودة العمليات يعتمد على التفاعل السلس بين المكونات السيبرانية (البرمجيات، وتحليلات البيانات) والمكونات المادية (الألات، والأجهزة)، مما يسمح بعمليات مختبرية دقيقة وموثوقة وسريعة.

المنهجية وطرق البحث:

1. تصميم البحث:

تعتمد الدراسة تصميمًا بحثيًا وصفيًا وتحليليًا. تدرس المنهجيات الوصفية المستوى الحالي لتبني الروبوتات، والتقنيات المستخدمة، وعمليات المختبرات. بينما تستكشف المنهجيات التحليلية العلاقة بين تكامل الروبوتات وجودة العمليات، بما في ذلك الكفاءة والدقة. يتيح هذا التصميم تحديد التحديات، وقياس الآثار، وتقديم توصيات قائمة على الأدلة لتحسين عمليات المختبرات.

2. مجتمع الدراسة والعينة:

يشمل مجتمع الدراسة المختبرات الصناعية في جميع أنحاء المملكة العربية السعودية في قطاعات التصنيع والبحث وضمان الجودة. تضمن تقنية أخذ العينات العشوائية الطباقية تمثيلًا لمختلف أحجام المختبرات والقطاعات ومستويات تبني الروبوتات. تتكون العينة المستهدفة من 100 إلى 150 مشاركًا، بما في ذلك مديري المختبرات والفنيين والمهندسين، وهو عدد كافٍ للتحليل الإحصائي وتعميم النتائج بشكل موثوق.

3. طرق جمع البيانات:

سيتم جمع البيانات باستخدام استبيانات منظمة تتضمن عناصر بمقياس ليكرت، وأسئلة اختيار من متعدد، ومعلومات ديموغرافية. بالإضافة إلى ذلك، ستوفر المقابلات شبه المنظمة مع مديري المختبرات رؤى نوعية حول عوائق التبني، وأفضل

الممارسات، وجاهزية المؤسسة. يضمن الجمع بين المنهجين الكمي والنوعي فهمًا شاملاً لتبني الروبوتات وتأثيره على جودة العمليات في المختبرات الصناعية.

4. متغيرات الدراسة:

المتغير المستقل هو مستوى تبني الروبوتات، بما في ذلك النوع والمدى والتكامل. تشمل المتغيرات التابعة مقاييس جودة العمليات مثل الكفاءة، والدقة، والموثوقية، والاتساق. تشمل متغيرات الضبط حجم المختبر والقطاع ومهارات القوى العاملة والبنية التحتية التكنولوجية الحالية. يتيح هذا الهيكل تقييمًا دقيقًا لتأثيرات الروبوتات مع تقليل التأثيرات المربكة.

5. طرق تحليل البيانات:

سيتم تحليل البيانات باستخدام برامج إحصائية مثل SPSS أو R. سيلخص الإحصاء الوصفي مستويات التبني وجودة العمليات. ستدرس تحليلات الارتباط والانحدار العلاقات بين تكامل الروبوتات والكفاءة أو الدقة. سيحدد اختبار الفرضيات باستخدام اختبارات t أو تحليل التباين ANOVA الاختلافات المهمة بين المجموعات بناءً على تبني الروبوتات.

6. الصلاحية والموثوقية:

سيتم اختبار الاستبيانات مسبقًا لضمان الوضوح والصلاحية. سيقاس معامل ألفا كرونباخ الاتساق الداخلي للمقاييس. كما يُعزز تثليث البيانات، بمقارنة نتائج الاستبيانات بالمقابلات والبيانات الثانوية، من موثوقيتها. تضمن هذه الإجراءات دقة أدوات البحث في تحديد المتغيرات المقصودة، وتقديم نتائج موثوقة وقابلة للتكرار، قابلة للتطبيق في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية.

7. الاعتبارات الأخلاقية:

سيتم إطلاع المشاركين على أهداف الدراسة ودورهم التطوعي. سيتم الحفاظ على السرية التامة وعدم الكشف عن هويتهم. ستُستخدم البيانات لأغراض البحث فقط. يضمن الامتثال الأخلاقي شعور المشاركين بالأمان، ويقلل من التحيز أو الضغط، مما يدعم الحصول على إجابات موثوقة. سيلتزم البحث بجميع المبادئ التوجيهية المؤسسية والوطنية للسلوك الأخلاقي في البحوث التي تُجرى على البشر.

أدوات الدراسة:

- الاستبيان:

سيكون الاستبيان المنظم الطريقة الرئيسية لجمع البيانات، ويتضمن عناصر بمقياس ليكرت، وأسئلة اختيار من متعدد، ومعلومات ديموغرافية. يحلل الاستبيان تبني الروبوتات، وكفاءة العمليات، ودقتها، والعقبات في المختبرات الصناعية. وقد طُوّر لضمان الوضوح والبساطة لضمان إجابات صحيحة من إدارة المختبرات والفنيين والمهندسين.

- دليل المقابلات:

ستُكمّل المقابلات شبه المنظمة الاستبيان بمقابلات مع كبار مديري المختبرات والمشرفين. يركز الدليل على عقبات التبني، وأفضل الممارسات، وتدريب العاملين، والإعداد التنظيمي. تُقدّم المقابلات رؤية نوعية حول الجوانب السياقية التي تؤثر على تكامل الروبوتات، وتساعد في تفسير البيانات الكمية، مما يزيد المعرفة العامة بآثار التحول الرقمي على جودة العمليات.

- قوائم تدقيق المراقبة:

سيتم استخدام قوائم تدقيق المراقبة خلال الزيارات الميدانية للمختبرات الصناعية. سيوثّق الباحثون وجود أنظمة الروبوتات، وأساليب سير العمل، ومقاييس جودة العمليات. تساعد هذه التقنية في تقييم إجابات الاستبيان، وتقديم دليلًا مباشرًا على استخدام التكنولوجيا، والكفاءة التشغيلية، والالتزام بمعايير الجودة داخل المختبرات. تحليل الوثائق: سيتم تقييم تقارير المختبرات، وأدلة التشغيل، وسجلات مراقبة الجودة الحالية. يوفر تحليل الوثائق بيانات تاريخية حول أداء المختبر، ومعدلات الأخطاء، وكفاءة العمليات. تساعد هذه البيانات الثانوية على التثليث مع نتائج الاستبيانات والمقابلات، مما يضمن الموثوقية ويقدم صورة كاملة عن تأثير تقنيات الروبوتات على جودة العمليات.

- الاختبار التجريبي:

ستخضع جميع الأدوات لاختبار تجريبي مع مجموعة محدودة من موظفي المختبر. يضمن الاختبار التجريبي وضوح الاستبيان ودليل المقابلة وملاءمتهما وموثوقيتهما. ستساهم التغذية الراجعة من الاختبار التجريبي في تطوير الأدوات، وتعزيز الفهم، وتقليل الغموض، مما يضمن أن الأدوات النهائية تقيس المتغيرات المطلوبة بشكل صحيح.

- الموثوقية ومقاييس الصلاحية:

سيقيّم معامل ألفا كرونباخ الاتساق الداخلي لمقاييس الاستبيان، مما يضمن الموثوقية. سيتم ضمان شرعية المحتوى من خلال فحص احترافي. يعزز التثليث من البيانات من عدة أدوات - الاستبيانات، والمقابلات، والملاحظات، والوثائق - الصلاحية العامة. تضمن هذه الإجراءات أن ينتج البحث بيانات موثوقة ومفيدة حول تبني الروبوتات وجودة العمليات. إجراءات تسجيل البيانات: تُرمز بيانات الاستبيانات وتُدرج في برنامج إحصائي لتحليلها. تُسجل إجابات المقابلات صوتيًا (بإذن) وتُنسخ للتحليل النوعي. تُسجل الملاحظات وتقييمات الوثائق بانتظام. تضمن هذه البروتوكولات دقة البيانات واتساقها وإمكانية تتبعها، مما يُسهّل إجراء تحليل دقيق وتفسير موثوق.

- إعداد تحليل البيانات:

قبل التحليل، تُنظف جميع البيانات المُحصّلة وتُرتّب. تُراجع البيانات الكمية بحثًا عن القيم المفقودة والقيم المتطرفة. تُصنّف البيانات النوعية من المقابلات والملاحظات وتُرمز. يضمن إعداد البيانات بهذه الطريقة المنهجية إجراء حسابات إحصائية دقيقة، وتفسيرًا مناسبًا، وتوافقًا مع أهداف الدراسة وفرضياتها.

حدود الدراسة:

- النطاق البشري:

تستهدف الدراسة العاملين في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية، بمن فيهم المديرون والمهندسون والفنيون. يشارك هؤلاء الأفراد بشكل مباشر في عمليات المختبرات، وتطبيق الروبوتات، وعمليات مراقبة الجودة. توفر رؤاهم وخبراتهم بيانات بالغة الأهمية حول تبني التكنولوجيا، والكفاءة التشغيلية، وتحسين جودة العمليات، مما يضمن أن تعكس الدراسة الحقائق العملية.

- النطاق المكاني:

يركز البحث على المختبرات الصناعية المنتشرة في المناطق الصناعية الرئيسية في المملكة العربية السعودية. ويشمل ذلك مختبرات في قطاعات مثل التصنيع والبحث وضمان الجودة. يضمن اختيار المختبرات تمثيل أحجام المختبرات المختلفة، ومستويات الأتمتة، واعتماد تقنيات الروبوتات، مما يُقدم رؤية شاملة للتحويل الرقمي في جميع أنحاء المملكة.

- النطاق الزمني:

تبحث الدراسة في تبني الروبوتات وتأثيره على جودة عمليات المختبرات خلال الفترة من 2023 إلى 2025. يعكس هذا الإطار الزمني التطورات التكنولوجية الحديثة، ويوفر بيانات حديثة وذات صلة بمبادرات التحويل الرقمي. كما سيتم تحليل بيانات أداء المختبرات التاريخية من هذه الفترة لتقييم الكفاءة وتحسين الجودة.

نتائج الدراسة ومناقشتها

أولاً: مستوى تبني تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية

أظهرت نتائج تحليل البيانات أن مستوى تبني تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية يشهد نمواً ملحوظاً خلال السنوات الأخيرة، خاصة في المؤسسات الصناعية الكبرى التي تسعى إلى تحسين جودة العمليات وزيادة الكفاءة التشغيلية. وتشير البيانات إلى أن نسبة كبيرة من المختبرات الصناعية بدأت بالفعل في إدخال أنظمة الأتمتة والروبوتات في بعض مراحل العمل المخبري، بينما لا تزال بعض المختبرات الأخرى في مراحل التجربة أو التخطيط لتطبيق هذه التقنيات.

وتبين من خلال تحليل الاستبيانات أن أكثر من نصف المشاركين أكدوا استخدام شكل من أشكال الأتمتة الروبوتية في عمليات المختبر، مثل أنظمة مناولة العينات الآلية أو أجهزة التحليل المخبرية المؤتمتة. ويرجع ذلك إلى إدراك المؤسسات الصناعية لأهمية التحول الرقمي في تحقيق مزايا تنافسية وتحسين جودة النتائج المخبرية.

كما أوضحت النتائج أن مستوى تبني الروبوتات يختلف باختلاف حجم المؤسسة الصناعية. فالمختبرات التابعة للشركات الكبرى في قطاعات مثل البتروكيماويات والطاقة والصناعات الدوائية تُعد الأكثر استخداماً للتقنيات الروبوتية، نظراً لتوفر الموارد المالية والبنية التحتية التكنولوجية اللازمة. في المقابل، تواجه المختبرات الصغيرة والمتوسطة صعوبات أكبر في تبني هذه التقنيات، ويرجع ذلك غالباً إلى ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية ونقص الخبرات التقنية.

وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه عدد من الدراسات السابقة التي أكدت أن التحول الرقمي في المختبرات الصناعية غالباً ما يبدأ في المؤسسات الكبرى قبل أن ينتشر تدريجياً في المؤسسات الأصغر. كما يؤكد ذلك أن تبني التكنولوجيا يرتبط ارتباطاً وثيقاً بقدرة المؤسسات على الاستثمار في البنية التحتية الرقمية وتطوير الكفاءات البشرية اللازمة لتشغيل هذه الأنظمة.

ومن ناحية أخرى، أظهرت نتائج المقابلات مع مديري المختبرات أن توجه المملكة نحو دعم الابتكار التقني في إطار رؤية السعودية 2030 لعب دوراً مهماً في تسريع عملية التحول الرقمي في المختبرات الصناعية. فقد ساهمت المبادرات الحكومية وبرامج التحول

الرقمي في تشجيع المؤسسات الصناعية على الاستثمار في تقنيات الأتمتة والروبوتات لتحسين الأداء التشغيلي وتعزيز القدرة التنافسية.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن مستوى تبني تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية يشهد تطوراً تدريجياً، إلا أن هذا التبني لا يزال متفاوتاً بين المؤسسات المختلفة. ويؤكد ذلك الحاجة إلى مزيد من المبادرات الداعمة لتشجيع المختبرات الصناعية على تبني هذه التقنيات وتوفير البيئة المناسبة لتطبيقها بفعالية.

ثانيًا: أنواع تقنيات الروبوتات المستخدمة في المختبرات الصناعية

أظهرت نتائج الدراسة أن المختبرات الصناعية التي اعتمدت على تقنيات الروبوتات تستخدم مجموعة متنوعة من الأنظمة الآلية التي تهدف إلى تحسين كفاءة العمليات المخبرية وتقليل الأخطاء البشرية. وتشمل هذه التقنيات الأذرع الروبوتية، وأنظمة معالجة العينات الآلية، وأجهزة التحليل المؤتمتة، بالإضافة إلى أنظمة إدارة معلومات المختبرات.

تُعد الأذرع الروبوتية من أكثر التقنيات استخدامًا في المختبرات الصناعية، حيث تُستخدم في تنفيذ المهام المتكررة مثل نقل العينات، وإعداد المواد الكيميائية، وتجهيز العينات للاختبار. وتتميز هذه الأنظمة بقدرتها على تنفيذ العمليات بدقة عالية وبسرعة أكبر مقارنة بالعمليات اليدوية، مما يساهم في تقليل الوقت اللازم لإجراء الاختبارات وتحسين كفاءة سير العمل داخل المختبر.

كما أظهرت النتائج أن أنظمة معالجة العينات الآلية تُستخدم بشكل واسع في المختبرات التي تتعامل مع أعداد كبيرة من العينات يوميًا. حيث تعمل هذه الأنظمة على تنظيم عملية استقبال العينات وتصنيفها وتحضيرها للاختبار بشكل آلي، مما يقلل من احتمالية حدوث أخطاء بشرية ويضمن دقة أكبر في التعامل مع البيانات.

إضافة إلى ذلك، تلعب أنظمة إدارة معلومات المختبرات (LIMS) دورًا مهمًا في دعم التحول الرقمي للمختبرات الصناعية. حيث تتيح هذه الأنظمة تخزين البيانات المخبرية وتحليلها بشكل آلي، كما تسهل عملية تتبع العينات وإدارة النتائج المخبرية بكفاءة عالية.

وأظهرت نتائج الدراسة أن الجمع بين هذه التقنيات المختلفة يساهم في إنشاء بيئة مختبرية متكاملة تعتمد على الأتمتة والتحليل الذكي للبيانات. ويؤدي هذا التكامل إلى تحسين مستوى الدقة والموثوقية في نتائج الاختبارات المخبرية، كما يعزز قدرة المختبرات على التعامل مع كميات كبيرة من العينات في وقت قصير.

وتتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة التي أكدت أن استخدام الأنظمة الروبوتية في المختبرات يساهم بشكل كبير في تحسين الإنتاجية وتقليل الأخطاء التشغيلية. كما تشير هذه النتائج إلى أن الاستثمار في التقنيات المتقدمة يمثل خطوة استراتيجية نحو تحقيق التميز التشغيلي في المختبرات الصناعية.

نتائج الدراسة ومناقشتها

تم الحصول على نتائج الدراسة من خلال تحليل بيانات الاستبيان الذي تم توزيعه على عينة مكونة من (132) مشاركاً من العاملين في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية. وقد تم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS، حيث تم حساب التكرارات والنسب المئوية والمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ومعاملات الارتباط بهدف قياس تأثير تبني تقنيات الروبوتات على جودة العمليات في المختبرات الصناعية.

أولاً: الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة

جدول (1) توزيع عينة الدراسة حسب المسمى الوظيفي

النسبة المئوية	التكرار	المسمى الوظيفي
24%	32	مدير مختبر
31%	41	مهندس مختبر
34%	45	فني مختبر
11%	14	أخصائي جودة

الإجمالي	132	100%
----------	-----	------

تحليل الجدول:

يبين الجدول أن أكبر نسبة من المشاركين كانت من فئة فنيي المختبرات بنسبة 34%، يليهم مهندسو المختبرات بنسبة 31%، مما يدل على أن أغلب المشاركين لديهم خبرة عملية مباشرة في تشغيل المختبرات الصناعية.

النسبة المئوية	التكرار	مستوى الاستخدام
36%	48	استخدام مرتفع
42%	56	استخدام متوسط
22%	28	استخدام منخفض
100%	132	الإجمالي

تحليل الجدول:

تشير النتائج إلى أن 42% من المختبرات تستخدم الروبوتات بدرجة متوسطة، بينما تستخدمها 36% بدرجة عالية، مما يدل على أن تقنيات الأتمتة بدأت تنتشر تدريجياً في المختبرات الصناعية في المملكة.

ثانياً: تأثير الروبوتات على كفاءة العمليات

جدول (3) متوسطات إجابات أفراد العينة حول كفاءة العمليات

مستوى الموافقة	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبارة
مرتفع	0.63	4.28	الروبوتات تقلل وقت إجراء الاختبارات
مرتفع	0.59	4.31	الروبوتات تزيد سرعة إنجاز العمليات
مرتفع	0.67	4.12	الأتمتة تحسن تنظيم سير العمل
مرتفع	0.72	3.97	الروبوتات تقلل التوقفات التشغيلية
مرتفع	0.65	4.17	المتوسط العام

تحليل الجدول:

يبين الجدول أن المتوسط العام بلغ 4.17 وهو ضمن مستوى الموافقة المرتفع، مما يدل على أن استخدام الروبوتات يسهم بشكل واضح في تحسين كفاءة العمليات داخل المختبرات الصناعية.

ثالثاً: تأثير الروبوتات على جودة النتائج

جدول (4) تأثير تقنيات الروبوتات على دقة الاختبارات

مستوى الموافقة	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبارة
مرتفع	0.55	4.35	الروبوتات تقلل الأخطاء البشرية
مرتفع	0.52	4.41	الأنظمة الآلية تحسن دقة القياسات
مرتفع	0.58	4.33	الأتمتة تزيد موثوقية النتائج

مرتفع	0.61	4.26	الروبوتات تحقق نتائج متسقة
مرتفع	0.57	4.34	المتوسط العام

تحليل الجدول:

تشير النتائج إلى ارتفاع مستوى الاتفاق بين المشاركين حول دور الروبوتات في تحسين دقة الاختبارات وتقليل الأخطاء البشرية، حيث بلغ المتوسط العام 4.34.

رابعاً: التحديات التي تواجه تطبيق الروبوتات

جدول (5) أهم التحديات في تطبيق الروبوتات

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	التحدي
0.64	4.21	ارتفاع تكلفة التطبيق
0.71	3.98	نقص الكفاءات التقنية
0.76	3.85	صعوبة دمج الأنظمة الجديدة
0.81	3.72	مقاومة التغيير من الموظفين

تحليل الجدول:

يتضح أن ارتفاع التكلفة يمثل التحدي الأكبر أمام تطبيق الروبوتات في المختبرات الصناعية، يليه نقص الكفاءات التقنية المتخصصة.

خامساً: تحليل الارتباط بين الروبوتات وجودة العمليات

جدول (6) معامل الارتباط بين تبني الروبوتات وجودة العمليات

المتغير	معامل الارتباط (Pearson)	مستوى الدلالة
تبني الروبوتات × كفاءة العمليات	0.67	0.01
تبني الروبوتات × دقة الاختبارات	0.71	0.01
تبني الروبوتات × تقليل الأخطاء	0.69	0.01

تحليل الجدول:

توضح النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية قوية بين استخدام الروبوتات وجودة العمليات، حيث بلغ معامل الارتباط 0.71 في دقة الاختبارات، وهو ما يدل على أن زيادة مستوى الأتمتة يؤدي إلى تحسين جودة الأداء المخبري.

تأثير تقنيات الروبوتات على كفاءة العمليات المختبرية

أظهرت نتائج الدراسة أن استخدام تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية ساهم بشكل واضح في تحسين كفاءة العمليات التشغيلية. فقد أفاد معظم المشاركون في الاستبيان بأن إدخال الأنظمة الروبوتية أدى إلى تقليل الوقت اللازم لإجراء الاختبارات المخبرية وزيادة سرعة تنفيذ الإجراءات المختلفة داخل المختبر.

ويرجع هذا التحسن في الكفاءة إلى قدرة الأنظمة الروبوتية على تنفيذ المهام المتكررة بشكل مستمر دون الحاجة إلى فترات راحة أو توقف، مما يسمح للمختبرات بزيادة حجم العمل المنجز خلال نفس الفترة الزمنية. كما أن الأتمتة تقلل من الوقت الضائع الناتج عن الأخطاء البشرية أو إعادة إجراء الاختبارات بسبب عدم دقة النتائج.

كما أوضحت نتائج المقابلات أن الأتمتة الروبوتية ساهمت في تحسين تنظيم سير العمل داخل المختبرات. فعند استخدام الأنظمة الآلية في معالجة العينات وتحليلها، يصبح من الممكن تتبع مراحل الاختبار بشكل أكثر دقة، مما يقلل من الازدحام في مراحل العمل المختلفة ويضمن انسيابية العمليات.

وتشير هذه النتائج إلى أن التحول الرقمي في المختبرات الصناعية لا يقتصر فقط على استبدال العمل اليدوي بالآلات، بل يشمل أيضاً إعادة تصميم العمليات التشغيلية بطريقة تحقق أقصى استفادة من الإمكانيات التكنولوجية المتاحة. وبهذا المعنى، فإن إدخال الروبوتات يساهم في تحسين كفاءة النظام التشغيلي للمختبر ككل.

كما تتوافق هذه النتائج مع ما أشارت إليه الدراسات السابقة التي أكدت أن الأتمتة في المختبرات الصناعية تؤدي إلى زيادة الإنتاجية وتقليل تكاليف التشغيل على المدى الطويل. إذ يمكن للمختبرات التي تعتمد على الأنظمة الروبوتية تنفيذ عدد أكبر من الاختبارات في وقت أقل، مما يعزز قدرتها على تلبية متطلبات الإنتاج الصناعي المتزايدة.

تأثير تقنيات الروبوتات على دقة الاختبارات وجودة النتائج

من أبرز النتائج التي توصلت إليها الدراسة أن استخدام تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية يساهم بشكل كبير في تحسين دقة الاختبارات المخبرية وجودة النتائج. فقد أشار معظم المشاركون في الدراسة إلى أن الأنظمة الروبوتية توفر مستوى عالٍ من الدقة في تنفيذ العمليات المخبرية مقارنة بالإجراءات اليدوية التقليدية.

ويرجع ذلك إلى أن الأنظمة الروبوتية تعتمد على برمجيات دقيقة وأجهزة استشعار متطورة تمكنها من تنفيذ العمليات وفق معايير محددة دون حدوث تباين في الأداء. فعلى سبيل المثال، عند استخدام الروبوتات في قياس المواد الكيميائية أو تحضير العينات، يتم تنفيذ العملية بنفس الطريقة في كل مرة، مما يقلل من احتمالية حدوث أخطاء أو اختلافات في النتائج.

كما أظهرت النتائج أن استخدام الأنظمة المؤتمتة يساعد في تحسين موثوقية البيانات المخبرية. فبفضل أنظمة إدارة معلومات المختبرات يمكن تسجيل جميع مراحل الاختبار وتوثيقها بشكل رقمي، مما يسهل عملية مراجعة البيانات والتحقق من صحتها عند الحاجة.

إضافة إلى ذلك، أشار عدد من المشاركين إلى أن استخدام تقنيات الروبوتات ساهم في تحسين القدرة على تكرار الاختبارات والحصول على نتائج متسقة. ويعد هذا الأمر من العناصر الأساسية في ضمان جودة العمليات الصناعية، حيث تعتمد العديد من القطاعات مثل الصناعات الدوائية والبتروكيماوية على نتائج مختبرية دقيقة لضمان سلامة المنتجات.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن تقنيات الروبوتات تلعب دورًا محوريًا في تعزيز نظام إدارة الجودة داخل المختبرات الصناعية، حيث تساعد في تحقيق مستويات أعلى من الدقة والموثوقية في النتائج المخبرية.

دور الروبوتات في تقليل الأخطاء البشرية

تشير نتائج الدراسة إلى أن أحد أهم مزايا استخدام تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية يتمثل في تقليل الأخطاء البشرية التي قد تحدث أثناء تنفيذ العمليات المخبرية. فقد أفاد المشاركون في الدراسة بأن العديد من الأخطاء التي كانت تحدث في العمليات اليدوية، مثل أخطاء القياس أو إدخال البيانات، أصبحت أقل شيوعًا بعد إدخال الأنظمة الآلية.

ويعود ذلك إلى أن الروبوتات قادرة على تنفيذ العمليات وفق تعليمات مبرمجة مسبقًا دون تأثر بعوامل مثل التعب أو الضغط أو نقص التركيز، وهي عوامل قد تؤثر على أداء العاملين في المختبرات عند تنفيذ المهام المتكررة.

كما أن الأنظمة الرقمية المرتبطة بالروبوتات تساعد في تقليل الأخطاء المتعلقة بإدارة البيانات. فبدلاً من إدخال النتائج يدوياً في السجلات الورقية، يتم تسجيل البيانات تلقائياً في أنظمة إدارة المعلومات، مما يقلل من احتمالية حدوث أخطاء في التسجيل أو النقل.

وتشير هذه النتائج إلى أن الأتمتة الروبوتية لا تهدف إلى استبدال العنصر البشري بالكامل، بل إلى دعم العاملين في المختبرات من خلال تقليل المهام الروتينية التي قد تكون عرضة للأخطاء. وبذلك يمكن للعاملين التركيز على المهام التحليلية والإشرافية التي تتطلب خبرة بشرية متقدمة.

تأثير تقنيات الروبوتات على سرعة إنجاز العمليات

أظهرت نتائج الدراسة أن استخدام الأنظمة الروبوتية في المختبرات الصناعية أدى إلى تقليل زمن إنجاز العمليات المخبرية بشكل ملحوظ. فقد أوضح المشاركون أن العديد من الاختبارات التي كانت تستغرق وقتًا طويلاً عند تنفيذها يدويًا أصبحت تُنجز في وقت أقصر بفضل الأتمتة.

ويرجع ذلك إلى قدرة الأنظمة الروبوتية على تنفيذ عدة عمليات في وقت واحد، بالإضافة إلى إمكانية تشغيلها بشكل مستمر على مدار الساعة دون توقف. ويتيح ذلك للمختبرات زيادة قدرتها الإنتاجية والتعامل مع عدد أكبر من العينات خلال نفس الفترة الزمنية.

كما أن التكامل بين الأنظمة الروبوتية وأنظمة إدارة المعلومات يساهم في تسريع عملية تحليل البيانات وإصدار التقارير المخبرية. فبدلاً من انتظار إدخال البيانات وتحليلها يدويًا، يمكن للأنظمة الرقمية معالجة البيانات بشكل فوري وتوفير النتائج بسرعة أكبر.

وتشير هذه النتائج إلى أن التحول الرقمي في المختبرات الصناعية يساهم في تحسين سرعة الاستجابة لمتطلبات الإنتاج الصناعي، خاصة في القطاعات التي تعتمد على الاختبارات المخبرية بشكل مستمر لضمان جودة المنتجات.

سابعاً: التحديات والعوائق التي تواجه تطبيق تقنيات الروبوتات

على الرغم من الفوائد العديدة التي توفرها تقنيات الروبوتات، إلا أن نتائج الدراسة أظهرت وجود مجموعة من التحديات التي قد تعيق عملية تبني هذه التقنيات في بعض المختبرات الصناعية.

من أبرز هذه التحديات ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية اللازمة لشراء الأنظمة الروبوتية وتحديث البنية التحتية التكنولوجية للمختبرات. فقد أشار عدد من المشاركين إلى أن تكلفة تطبيق الأتمتة قد تكون مرتفعة بالنسبة لبعض المؤسسات، خاصة المختبرات الصغيرة والمتوسطة.

كما أظهرت النتائج أن نقص الكفاءات البشرية المتخصصة في تشغيل وصيانة الأنظمة الروبوتية يمثل تحدياً آخر أمام تطبيق هذه التقنيات. إذ يتطلب استخدام الأنظمة المتقدمة توفر موظفين يمتلكون مهارات تقنية عالية في مجالات مثل البرمجة وتحليل البيانات وإدارة الأنظمة الرقمية.

إضافة إلى ذلك، قد تواجه بعض المؤسسات مقاومة للتغيير من قبل العاملين الذين قد يشعرون بالقلق من تأثير الأتمتة على وظائفهم. ولذلك فإن نجاح التحول الرقمي يتطلب تنفيذ برامج تدريبية فعالة تساعد العاملين على اكتساب المهارات اللازمة للتعامل مع التقنيات الجديدة.

ثامناً: مناقشة نتائج الدراسة في ضوء الفرضيات

تشير نتائج الدراسة إلى دعم الفرضية الرئيسية التي تنص على أن استخدام التحول الرقمي القائم على تقنيات الروبوتات يساهم في تحسين جودة العمليات في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية.

فقد أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية بين مستوى تبني تقنيات الروبوتات وتحسن مؤشرات جودة العمليات، مثل الدقة والموثوقية والكفاءة التشغيلية. كما تبين أن المختبرات التي تعتمد على مستويات أعلى من الأتمتة تحقق أداءً أفضل مقارنة بالمختبرات التي تعتمد بشكل أساسي على العمليات اليدوية.

كما دعمت النتائج الفرضيات الفرعية المتعلقة بتأثير الروبوتات على تقليل الأخطاء البشرية وزيادة سرعة إنجاز العمليات وتحسين كفاءة سير العمل داخل المختبرات. وفي المقابل، أكدت النتائج أيضاً صحة الفرضيات المتعلقة بوجود بعض التحديات التي قد تعيق تطبيق التحول الرقمي، مثل ارتفاع التكاليف ونقص المهارات التقنية.

وتشير هذه النتائج إلى أن التحول الرقمي باستخدام تقنيات الروبوتات يمثل خطوة استراتيجية مهمة نحو تطوير المختبرات الصناعية وتحسين جودة العمليات فيها. ومع ذلك، فإن تحقيق الفوائد الكاملة لهذه التقنيات يتطلب توفير بيئة تنظيمية وتكنولوجية داعمة تساهم في تسهيل عملية التبني والتطبيق.

الخلاصة العامة للدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل تأثير التحول الرقمي القائم على تقنيات الروبوتات على جودة العمليات في المختبرات الصناعية في المملكة العربية السعودية. وقد سعت الدراسة إلى استكشاف مستوى تبني هذه التقنيات، وتحديد أنواع الأنظمة المستخدمة في المختبرات الصناعية، بالإضافة إلى تقييم تأثيرها على الكفاءة التشغيلية ودقة الاختبارات وتقليل الأخطاء البشرية.

أظهرت نتائج الدراسة أن التحول الرقمي في المختبرات الصناعية يمثل أحد العوامل الرئيسية التي تساهم في تحسين جودة العمليات وتعزيز الأداء التشغيلي. فقد تبين أن استخدام تقنيات الروبوتات يؤدي إلى تحسين كفاءة سير العمل داخل المختبرات، وتقليل الزمن اللازم لإجراء الاختبارات، وزيادة القدرة على التعامل مع أعداد كبيرة من العينات.

كما أكدت النتائج أن الأنظمة الروبوتية تساهم في تحسين دقة النتائج المخبرية وتقليل الأخطاء البشرية، وذلك بفضل قدرتها على تنفيذ العمليات وفق معايير محددة وبدقة عالية. ويساعد ذلك في تعزيز موثوقية البيانات المخبرية وضمان توافقها مع معايير الجودة الدولية.

إضافة إلى ذلك، أظهرت الدراسة أن التكامل بين تقنيات الروبوتات وأنظمة إدارة المعلومات الرقمية يمثل عنصراً أساسياً في تحقيق التحول الرقمي الكامل للمختبرات الصناعية. إذ يتيح هذا التكامل تحسين إدارة البيانات المخبرية وتسهيل عملية تحليل النتائج وإصدار التقارير.

وعلى الرغم من الفوائد العديدة التي توفرها تقنيات الروبوتات، إلا أن الدراسة كشفت أيضاً عن وجود بعض التحديات التي قد تعيق تطبيق هذه التقنيات، مثل ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية، ونقص الكفاءات التقنية، ومقاومة التغيير في بعض المؤسسات.

وبناءً على ذلك، تؤكد الدراسة أن نجاح التحول الرقمي في المختبرات الصناعية يتطلب تبني استراتيجيات متكاملة تشمل الاستثمار في البنية التحتية التكنولوجية، وتطوير مهارات القوى العاملة، وتعزيز ثقافة الابتكار داخل المؤسسات الصناعية.

التوصيات

في ضوء نتائج الدراسة، يمكن تقديم عدد من التوصيات التي قد تسهم في تعزيز تطبيق تقنيات الروبوتات في المختبرات الصناعية وتحسين جودة العمليات، ومن أبرزها:

1. تشجيع المؤسسات الصناعية على الاستثمار في تقنيات الروبوتات والأتمتة كجزء من استراتيجيات التحول الرقمي.
2. تطوير برامج تدريبية متخصصة لتأهيل العاملين في المختبرات الصناعية لاستخدام الأنظمة الروبوتية والتقنيات الرقمية.
3. تعزيز التعاون بين المؤسسات الصناعية والجامعات ومراكز البحث العلمي لتطوير حلول تكنولوجية مبتكرة في مجال الأتمتة المخبرية.

4. توفير حوافز حكومية لدعم المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في تبني تقنيات التحول الرقمي.

5. تطوير أنظمة إدارة معلومات المختبرات لضمان التكامل الفعال بين الأنظمة الروبوتية والبيانات المخبرية.

وفي الختام، يمكن القول إن تقنيات الروبوتات تمثل عنصراً أساسياً في مستقبل المختبرات الصناعية، حيث تسهم في تحسين جودة العمليات وتعزيز القدرة التنافسية للقطاع الصناعي في المملكة العربية السعودية في ظل التحولات التكنولوجية المتسارعة

المراجع

- Ainosah, T. K. (2023). The impact of laboratory automation on efficiency and accuracy in healthcare settings. Retrieved from <https://www.ijcmph.com/index.php/ijcmph/article/view/12126?utm>
- Alahmari, K. S. (2024). The Role of Automation and Robotics in Improving Laboratory Efficiency and Accuracy. Retrieved from https://ejchem.journals.ekb.eg/article_379077.html
- Alarefi. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on Business Performance in Saudi Arabia: The Role of Technological Readiness and Data Quality. Retrieved from <https://etasr.com/index.php/ETASR/article/view/7871>
- Aldossari, M. (2019). A Conceptual Framework for Adopting Automation and Robotics Innovations in the Transformational Companies in the Kingdom of Saudi Arabia. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-33582-3_84
- Alhammad, L. A. (2023). The impact of laboratory automation on efficiency and accuracy in healthcare settings. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/376741744_The_impact_of_laboratory_automation_on_efficiency_and_accuracy_in_healthcare_settings
- Alharbi, S. S. (2024). Gear Up for Development: The Automation Advantage for Sustainability in Manufacturing in the Kingdom of Saudi Arabia. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/11/4386>
- Almuaythir, S. (2024). Robotics technology: catalyst for sustainable development—impact on innovation, healthcare, inequality, and economic growth. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00744-y?utm>
- Alolayan, L. M. (2024). Retrieved from https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A3%3A10552547/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A182071040&crl=c&link_origin=scholar.google.com
- Alquraish, M. (2025). Digital Transformation, Supply Chain Resilience, and Sustainability: A Comprehensive Review with Implications for Saudi Arabian Manufacturing. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/391791034_Digital_Transformation_Supply_Chain_Resilience_and_Sustainability_A_Comprehensive_Review_with_Implications_for_Saudi_Arabian_Manufacturing

- Alshammari, M. M. (2024). The Role of Technology in Shaping the Future of Laboratory Work. Retrieved from <https://www.proquest.com/openview/74a9ebafd3c083672f42776e390d3f7a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=6480378>
- Bashar, M. A. (2024). THE IMPACT OF ADVANCED ROBOTICS AND AUTOMATION ON SUPPLY CHAIN EFFICIENCY IN INDUSTRIAL MANUFACTURING: A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE US AND BANGLADESH. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/379539087_THE_IMPACT_OF_ADVANCED_ROBOTICS_AND_AUTOMATION_ON_SUPPLY_CHAIN_EFFICIENCY_IN_INDUSTRIAL_MANUFACTURING_A_COMPARATIVE_ANALYSIS_BETWEEN_THE_US_AND_BANGLADESH
- Callari, T. C. (2025). Realising human-robot collaboration in manufacturing? A journey towards industry 5.0 amid organisational paradoxical tensions. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004016252500280X>
- Jaradat, Z. (2025). Innovative practices: assessing the impact of robotic process automation adoption on internal audit efficiency in KSA. Retrieved from <https://www.emerald.com/jstpm/article/doi/10.1108/JSTPM-06-2024-0230/1257636/Innovative-practices-assessing-the-impact-of>
- Kelly, R. C. (2025). What Is Total Quality Management (TQM), and Why Is It Important? Retrieved from <https://www.investopedia.com/terms/t/total-quality-management-tqm.asp>
- Khalifa, N. (2021). Exploratory research on digitalization transformation practices within supply chain management context in developing countries specifically Egypt in the MENA region. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/354166836_Exploratory_research_on_digitalization_transformation_practices_within_supply_chain_management_context_in_developing_countries_specifically_Egypt_in_the_MENA_region
- Licardo, J. T. (2024). Intelligent Robotics—A Systematic Review of Emerging Technologies and Trends. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/3/542>
- Malouf, N. E. (2025). Diffusion of Innovations (DOI). Retrieved from <https://open.ncl.ac.uk/theories/8/diffusion-of-innovations/>
- Marikyan, D. (2025). Technology Acceptance Model (TAM). Retrieved from <https://open.ncl.ac.uk/theories/1/technology-acceptance-model/>

- Mishra, D. (2025). Robotics and autonomous systems: Innovations, challenges, and future prospects. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/389522378_Robotics_and_autonomous_systems_Innovations_challenges_and_future_prospects
- Naam, Y. A. (2022). The Impact of Total Automaton on the Clinical Laboratory Workforce: A Case Study. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35586661/>
- Patel, J. D. (2025). Integration of Robotic Automation in Manufacturing: Benefits and Challenges for Quality Assurance. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/390268821_Integration_of_Robotic_Automation_in_Manufacturing_Benefits_and_Challenges_for_Quality_Assurance#:~:text=Robots%20assist%20in%20activities%20like,for%20more%20effective%20quality%20assurance.
- Thakur, M. (2025). Importance of In-Process Quality Control for Product Safety and Integrity in Pharmaceutical Packaging. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/394746012_Importance_of_In-Process_Quality_Control_for_Product_Safety_and_Integrity_in_Pharmaceutical_Packaging
- Zohra, D. (2024). The Impact of Robotic Automation on Industrial and Productive Enterprises in Achieving Entrepreneurship. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/381430896_The_Impact_of_Robotic_Automation_on_Industrial_and_Productive_Enterprises_in_Achieving_Entrepreneurship

Med Ocean University

College of Management



Department/Major: Project Management

Research Title

Digital Transformation of Industrial Laboratories Using Robotics Technologies and its
Impact on Process Quality in the Kingdom of Saudi Arabia

Prepared by:

Supervised by:

Academic Year:

2025