

أثر تطبيق نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل: دراسة تطبيقية على مشاريع هندسة النفط والغاز.

إعداد الطالب/

علي باسم المعلم

الرقم الأكاديمي /

2021201214

إشراف/

د. الفيصل عبد الحميد محمد حسن

د. فايز جراد

العام الدراسي: 2026

3	مقدمة:
4	مشكلة الدراسة
6	أهداف الدراسة:
6	أسئلة الدراسة
7	فروض الدراسة
8	أهمية الدراسة
9	الدراسات السابقة:
15	الفجوة البحثية:
16	المنطلقات النظرية للدراسة:
19	المنهجية وطرق البحث:
19	مجتمع الدراسة وعينتها
20	مصادر جمع البيانات
20	أداة الدراسة (الاستبانة)
21	الأساليب الإحصائية المستخدمة
22	حدود الدراسة
23	المراجع:

مقدمة:

تُمثِّل صناعة التشييد ركيزة أساسية في التنمية الاقتصادية والبنية التحتية على المستوى العالمي، إذ تتداخل فيها تخصصات هندسية وإدارية متعددة تتطلب مستوى عالياً من التنسيق والتكامل لضمان تنفيذ المشاريع وفقاً للمواصفات المحددة والجداول الزمنية المعتمدة والميزانيات المرصودة. ويزداد هذا التعقيد بشكل ملحوظ في مشاريع هندسة النفط والغاز التي تتسم بضخامة حجمها وتشعب واجهاتها الهندسية وحساسية معايير السلامة والجودة المطبقة فيها، مما يجعلها من أكثر المشاريع الهندسية احتياجاً إلى أدوات تقنية متطورة تُعزِّز كفاءة الأداء وتحدُّ من الأخطاء التنفيذية. (Waqar et al., 2023)

وفي هذا السياق، برزت تقنية نمذجة معلومات المنشأة – (Building Information Modeling – BIM) بوصفها نقلة نوعية في أساليب إدارة المشاريع الهندسية، حيث تُتيح إنشاء نموذج رقمي متكامل يجمع بين الأبعاد الهندسية والزمنية والتكلفة في بيئة تشاركية موحدة تُمكن جميع أطراف المشروع من العمل على منصة واحدة. وقد أثبتت الدراسات أن تطبيق هذه التقنية يُسهم في تحسين مجالات المعرفة لإدارة المشاريع بصورة شاملة، بما في ذلك إدارة التكلفة والجدول الزمني والمخاطر والاتصالات والجودة، كما أنها تُوفِّر أدوات متقدمة لكشف التعارضات التصميمية والتنسيق بين التخصصات والمحاكاة الرقمية قبل مرحلة التنفيذ الفعلي. (Shaqour, 2022)

ومن جهة أخرى، تُعدُّ مشكلة إعادة العمل (Rework) من أكثر المشكلات المزمنة التي تُواجه صناعة التشييد عالمياً، إذ تُشير إلى إعادة تنفيذ أنشطة أو عمليات سبق إنجازها بسبب عدم مطابقتها للمواصفات أو وجود أخطاء تصميمية أو تنفيذية، وهو ما يترتب عليه استنزاف كبير للموارد المالية والبشرية والوقتية. وتتنوع أسباب إعادة العمل بين أسباب تصميمية وتنسيقية وتنفيذية ورقابية، وتتوزع مسؤوليتها بين أطراف العقد المختلفة وفقاً لمراحل المشروع المتعددة من التصميم إلى التوريد إلى التنفيذ. (Asadi et al., 2023).

وتتفاقم مشكلة إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز بصورة أشد حدة مقارنةً بمشاريع التشييد التقليدية، نظراً لتعدد التخصصات الهندسية المتداخلة وارتفاع تكلفة المواد المتخصصة والقيود الزمنية المشددة المرتبطة بجداول الإنتاج والتشغيل. وتُشير الشواهد الميدانية إلى أن ضعف التنسيق بين فرق التصميم والتغييرات المتكررة ونقص الرقابة على جودة التنفيذ تأتي في مقدمة العوامل المسببة لإعادة العمل في

السياق المصري، وهو ما يُلقي أعباءً مالية وزمنية إضافية على هذه المشاريع (Al-Janabi et al., 2020).

وتأسيساً على ما تقدّم، تسعى هذه الدراسة إلى استكشاف أثر تطبيق نمذجة معلومات المنشأة بأبعادها الأربعة — كشف التعارضات التصميمية، والتنسيق بين التخصصات الهندسية، والمحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني، وإدارة جودة التنفيذ رقمياً — على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز في مصر، سعياً نحو سدّ الفجوة البحثية القائمة وتقديم إطار تطبيقي يُسهم في تعزيز كفاءة هذه المشاريع الحيوية.

مشكلة الدراسة

تُعَدُّ صناعة التشييد في قطاع النفط والغاز من أكثر القطاعات الهندسية تعقيداً وحساسيةً على المستوى العالمي، إذ تتشابك فيها تخصصات هندسية متعددة تشمل الهندسة الإنشائية والميكانيكية والكهربائية وهندسة الأنابيب وهندسة العمليات، وتخضع لمعايير سلامة وجودة صارمة تفرضها طبيعة المنشآت النفطية وما ينطوي عليه تشغيلها من مخاطر بيئية وبشرية جسيمة. وفي ظل هذا التعقيد الهندسي المتشعب، تبرز مشكلة إعادة العمل (Rework) بوصفها واحدة من أخطر التحديات المزمنة التي تُهدّد أداء مشاريع النفط والغاز وتُلقي بظلالها الثقيلة على مثلث المشروع الذهبي المتمثل في التكلفة والوقت والجودة.

وتتجسّد مشكلة إعادة العمل في الاضطرار إلى إعادة تنفيذ أنشطة أو عمليات سبق إنجازها بسبب عدم مطابقتها للمواصفات الفنية أو الرسومات التصميمية أو معايير الجودة المعتمدة، وهو ما يستنزف موارد مالية وبشرية ووقتية كان يُفترض توجيهها نحو أنشطة ذات قيمة مضافة. وتتفاقم هذه المشكلة في مشاريع النفط والغاز بصورة أشدّ حدةً مقارنةً بمشاريع التشييد التقليدية، نظراً لارتفاع تكلفة المواد المتخصصة وصعوبة إعادة تشكيلها، وتعدّد الواجهات الهندسية بين التخصصات، والقيود الزمنية المشددة المرتبطة بجدول الإنتاج والتشغيل، فضلاً عن البيئات الجغرافية القاسية التي تُنفَّذ فيها هذه المشاريع كالمناطق الصحراوية والبحرية.

وعلى الرغم من التطور التقني الهائل الذي شهدته صناعة التشييد العالمية خلال العقد الأخير، لا سيما في مجال نمذجة معلومات المنشأة (BIM) وما تُتيح من إمكانيات متقدمة في كشف التعارضات التصميمية والتنسيق الرقمي بين التخصصات والمحاكاة رباعية وخماسية الأبعاد وإدارة الجودة رقمياً، إلا أن قطاع النفط والغاز — وخاصةً في الدول العربية ومصر تحديداً — لا يزال يُعاني من تبني محدود وجزئي لهذه التقنية، مما يُبقي على الأساليب التقليدية في التنسيق والمراجعة ومراقبة الجودة التي أثبتت محدوديتها في التعامل مع التعقيد المتزايد لهذه المشاريع.

وتتبقى مشكلة الدراسة الحالية من الملاحظة الميدانية والمتابعة العملية التي تُشير إلى أن نسبة كبيرة من حالات إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز في مصر ترتبط بأسباب كان يمكن تفاديها لو تم توظيف تقنيات نمذجة معلومات المنشأة بأبعادها المتكاملة، إذ تتكرر التعارضات بين الرسومات الهندسية للتخصصات المختلفة التي لا تُكتشف إلا في مرحلة التنفيذ، ويحدث ضعف في التنسيق بين فرق العمل بسبب غياب منصة رقمية مركزية موحدة، ويُعاد تنفيذ أعمال بسبب سوء تسلسل الأنشطة الذي كان يمكن تلافيه عبر المحاكاة الرقمية المسبقة، وتقع انحرافات في الجودة كان يمكن رصدها مبكراً من خلال أنظمة إدارة الجودة الرقمية المدمجة في النموذج.

وبالتوازي مع ذلك، تكشف مراجعة الأدبيات العلمية عن فجوة بحثية واضحة تتمثل في ندرة الدراسات التطبيقية التي تناولت العلاقة بين أبعاد نمذجة معلومات المنشأة وتقليل إعادة العمل في سياق مشاريع النفط والغاز بشكل خاص، حيث تركّزت معظم الدراسات السابقة على مشاريع البناء السكنية والتجارية، أو تناولت نمذجة معلومات المنشأة وإعادة العمل كمتغيرين منفصلين دون الربط التطبيقي بينهما في هذا القطاع الحيوي.

وتأسيساً على ما سبق، تتبلور مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيسي التالي: **ما أثر تطبيق نمذجة معلومات المنشأة (BIM) بأبعاده (كشف التعارضات التصميمية، والتنسيق بين التخصصات الهندسية، والمحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني، وإدارة جودة التنفيذ رقمياً) على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز في السعودية ؟**

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق نمذجة معلومات المنشأة (BIM) بأبعاده الأربعة (كشف التعارضات التصميمية ، والتنسيق بين التخصصات الهندسية ، والمحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني ، وإدارة جودة التنفيذ رقمياً) على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز .

ويتفرّع من هذا الهدف الرئيسي الأهداف الفرعية التالية:

ويتفرّع من هذا الهدف الرئيسي الأهداف الفرعية التالية:

1. التعرف على أثر كشف التعارضات التصميمية (Clash Detection) عبر نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز .
2. التعرف على أثر التنسيق بين التخصصات الهندسية (Interdisciplinary Coordination) عبر نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز .
3. التعرف على أثر المحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني (4D/5D Simulation) عبر نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز .
4. التعرف على أثر إدارة جودة التنفيذ رقمياً (Digital Quality Management) عبر نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز .
5. تقديم توصيات علمية وعملية لشركات النفط والغاز العاملة في مصر حول آليات تبني نمذجة معلومات المنشأة بأبعادها المتكاملة بما يُسهم في الحدّ من إعادة العمل وتحسين الأداء الكلي للمشاريع.

ثالثاً: أسئلة الدراسة

السؤال الرئيسي:

ما أثر تطبيق نمذجة معلومات المنشأة (BIM) بأبعاده (كشف التعارضات التصميمية، والتنسيق بين التخصصات الهندسية، والمحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني، وإدارة جودة التنفيذ رقمياً) على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز ؟

الأسئلة الفرعية:

1. ما أثر كشف التعارضات التصميمية عبر نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز؟
2. ما أثر التنسيق الرقمي بين التخصصات الهندسية عبر نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز؟
3. ما أثر المحاكاة الرقمية رباعية وخماسية الأبعاد (4D/5D) عبر نمذجة معلومات المنشأة على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز؟

فروض الدراسة

الفرض الرئيسي:

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لتطبيق نمذجة معلومات المنشأة (BIM) بأبعاده مجتمعةً على تقليل إعادة العمل في مشاريع هندسة النفط والغاز.

الفروض الفرعية:

الفرض الفرعي الأول: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لُبُعد كشف التعارضات التصميمية (Clash Detection) على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز.

الفرض الفرعي الثاني: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لُبُعد التنسيق بين التخصصات الهندسية (Interdisciplinary Coordination) على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز.

الفرض الفرعي الثالث: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لُبُعد المحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني (4D/5D Simulation) على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز.

الفرض الفرعي الرابع: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لُبُعد إدارة جودة التنفيذ رقميًا (Digital Quality Management) على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز.

أهمية الدراسة

الأهمية العلمية (النظرية):

تكتسب هذه الدراسة أهميتها العلمية من عدة جوانب جوهرية تُسهم في إثراء المعرفة الأكاديمية في مجالي نمذجة معلومات المنشأة وإدارة مشاريع التشييد:

تُعالج الدراسة فجوة بحثية واضحة تتمثل في ندرة الدراسات التي تربط بين أبعاد نمذجة معلومات المنشأة وتقليل إعادة العمل بشكل مباشر في قطاع النفط والغاز تحديداً، إذ إن غالبية الأدبيات المتاحة تناولت هذه العلاقة في مشاريع البناء العامة والسكنية دون التعمق في خصوصية المشاريع النفطية التي تتسم بتعقيد هندسي ومتطلبات سلامة وجودة استثنائية.

تُقدّم الدراسة إطاراً نظرياً متكاملًا يجمع أربعة أبعاد لنمذجة معلومات المنشأة في نموذج بحثي واحد قابل للاختبار الإحصائي، وهو ما يُمثل إضافة منهجية تتجاوز الدراسات السابقة التي تناولت كل بُعد بمعزل عن غيره، مما يُتيح فهماً أعمق للتأثير التراكمي والتفاعلي لهذه الأبعاد مجتمعةً على تقليل إعادة العمل. تُسهم الدراسة في تطوير الأدبيات العربية المتخصصة في نمذجة معلومات المنشأة، حيث لا تزال المكتبة العربية تقتصر إلى دراسات تطبيقية كافية تتناول هذا الموضوع في سياق مشاريع النفط والغاز، مما يجعل هذه الدراسة مرجعاً علمياً يمكن أن يُبنى عليه في أبحاث مستقبلية.

الأهمية العملية (التطبيقية):

تتجلى الأهمية العملية لهذه الدراسة في تقديمها إسهامات ملموسة وقابلة للتطبيق المباشر لمختلف الأطراف المعنية بمشاريع النفط والغاز:

تزوّد الدراسة شركات المقاولات والاستشارات الهندسية العاملة في قطاع النفط والغاز بأدلة تطبيقية تُساعد على تبرير الاستثمار في تقنيات نمذجة معلومات المنشأة أمام الإدارة العليا وأصحاب المصلحة، من خلال تقديم بيانات واقعية حول حجم التوفير المتوقع في التكلفة والوقت نتيجة تقليل إعادة العمل.

تُرشد الدراسة مديري المشاريع إلى أولويات التطبيق التقني، فمن خلال الكشف عن البُعد الأكثر تأثيراً من بين الأبعاد الأربعة، يمكن توجيه الموارد المحدودة نحو الأبعاد ذات العائد الأعلى أولاً ثم التوسع تدريجياً في تبني الأبعاد الأخرى، وهو ما يضمن كفاءة أعلى في إدارة ميزانية التحول الرقمي.

تُساعد الدراسة الشركات المشغلة في صياغة سياسات وإجراءات تشغيل قياسية تدمج أبعاد نمذجة معلومات المنشأة الأربعة في دورة حياة المشروع بدءاً من مرحلة التصميم المفاهيمي مروراً بالتصميم التفصيلي والتوريد والتنفيذ وصولاً إلى التسليم والتشغيل، مما يؤسس لمنهجية عمل موحدة تحدّ من إعادة العمل في كل مرحلة.

تُبرز الدراسة المهارات الرقمية المطلوبة لتطبيق كل بُعد من أبعاد نمذجة معلومات المنشأة بفاعلية، مما يُساعد أقسام الموارد البشرية والتطوير المهني في شركات النفط والغاز على تصميم برامج تدريبية مستهدفة ومتدرّجة تسدّ الفجوة في الكفاءات الرقمية لدى المهندسين والفنيين.

تقدّم الدراسة توصيات عملية للجهات التنظيمية والحكومية المعنية بقطاع التشييد والنفط حول ضرورة تضمين مستوى معين من نمذجة معلومات المنشأة كمتطلب تعاقدى إلزامي في المشاريع الكبرى، مما يُسهم في رفع معايير الجودة على مستوى القطاع ككل.

تُفيد نتائج الدراسة شركات التأمين العاملة في قطاع مشاريع النفط والغاز في تقييم المخاطر بشكل أكثر دقة، حيث يمكن ربط مستوى نضج تبني نمذجة معلومات المنشأة في المشروع بانخفاض احتمالية حدوث إعادة العمل، وبالتالي إمكانية تعديل أقساط التأمين وفقاً لذلك.

الدراسات السابقة:

المحور الأول: نمذجة معلومات المنشأة (BIM) وعلاقتها بمتغيرات أخرى

دراسة (Shaqour, 2022) هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها المختلفة (التصور ثلاثي الأبعاد، إدارة التكلفة، الجدولة الزمنية، كشف التعارضات) على تعزيز مجالات المعرفة لإدارة المشاريع وفقاً لدليل PMBOK في قطاع التشييد في مصر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي الكمي من خلال استبانتين موجهتين للمتخصصين. وتكونت

العينة من (106) مستجيبين من مديري المشاريع والمهندسين ذوي الخبرة في تطبيقات BIM في مصر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن استخدام تطبيقات BIM يُعزز جميع مجالات إدارة المشاريع بنسب متفاوتة، حيث حققت إدارة المخاطر أعلى تحسن بنسبة 85%، تليها إدارة الاتصالات بنسبة 83%، كما أن مهمة "مراقبة الاتصالات" حققت أعلى فارق تحسن بنسبة 27%. وأوصت الدراسة بضرورة اتخاذ قرار شامل لتبني تطبيقات التكنولوجيا في قطاع التشييد المصري في جميع مراحل المشروع من التصميم إلى التشغيل.

دراسة حمدي وعبدالصبور (2022): هدفت الدراسة إلى التعرف على دور تقنية نمذجة معلومات البناء (بأبعادها) النمذجة خماسية الأبعاد D5، حصر الكميات الآلي، تحليل التكلفة (على التحكم في تكلفة المباني المستدامة أثناء مرحلة التصميم. واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي المقارن من خلال تطبيق نموذج BIM على مبنى فعلي ومقارنة النتائج بالطرق التقليدية. وتكونت العينة من دراسة حالة لمبنى سكني مستدام في مصر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن استخدام BIM يُحسن دقة تقديرات التكلفة ويقلل الهدر في المواد ويُسهّم في التحكم الفعّال في ميزانية المشاريع المستدامة خلال مرحلة التصميم. وأوصت الدراسة بضرورة دمج تقنية BIM في مراحل التصميم المبكرة لتحقيق الاستدامة والتحكم في التكاليف.

دراسة (Al-Saedi & Al-Sudani, 2024): هدفت الدراسة إلى التعرف على العوامل المؤثرة في تحسين تطبيق نمذجة معلومات البناء بأبعادها (الجاهزية التنظيمية، التدريب، البنية التحتية التقنية، الدعم الحكومي) على صناعة التشييد في العراق. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي المسحي باستخدام استبانة موجهة للمهنيين في قطاع التشييد العراقي. وتكونت العينة من مجموعة من المهندسين والمعماريين ومديري المشاريع العاملين في شركات التشييد في العراق. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن أبرز التحديات التي تواجه تطبيق BIM تتمثل في نقص التدريب المتخصص وغياب المعايير الوطنية وارتفاع تكلفة البرمجيات، وأن الدعم الحكومي والتدريب المستمر هما أهم عوامل نجاح التطبيق. وأوصت الدراسة بوضع خطط وطنية لتبني BIM وتطوير برامج تدريبية متخصصة وإصدار معايير محلية موحدة.

دراسة (Waqar et al. 2023): هدفت الدراسة إلى التعرف على التحديات التي تعيق تطبيق نمذجة معلومات البناء بأبعادها (الحوجز المعرفية، العوائق التقنية، حواجز الإبداع، العوائق الإشرافية، العوائق

الوظيفية) على إدارة المخاطر في مشاريع تشييد النفط والغاز في ماليزيا .واستخدمت الدراسة المنهج الكمي باستخدام التحليل العاملي الاستكشافي ونمذجة المعادلات الهيكلية (PLS-SEM) عبر برنامج SmartPLS 4. وتكونت العينة من (155) متخصصاً من العاملين في قطاع النفط والغاز في ماليزيا تشمل مهندسين ومديري مشاريع واستشاريين ومقاولين. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن حواجز الإبداع هي الأكثر تأثيراً على تبني BIM ($\beta = 0.360$) ، تليها العوائق التقنية ($\beta = 0.410$) ، والإشرافية ($\beta = 0.277$) ، وأن جميع التحديات الخمسة لها ارتباط إيجابي دال إحصائياً بعرقلة تبني BIM لإدارة المخاطر. وأوصت الدراسة بتوفير برامج تدريبية متخصصة وتعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة وتحسين التوافقية بين برمجيات BIM والأنظمة القائمة.

دراسة (Waqar et al. (2025) هدفت الدراسة إلى التعرف على مدى فاعلية تطبيق نمذجة معلومات البناء بأبعادها (التدريب على السلامة والتعاون، تتبع الحوادث والاتصال، التنسيق مع أصحاب المصلحة الخارجيين) على تحسين إدارة السلامة المستدامة في مشاريع تشييد النفط والغاز في القطاع النهائي (Downstream). واستخدمت الدراسة المنهج الكمي من خلال استبانة منظمة مع تحليل المكونات الرئيسية (PCA) وتحليل التمهيد (Bootstrapping) وتكونت العينة من متخصصين في صناعة النفط والغاز. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود علاقة إيجابية قوية بين تطبيق BIM وإدارة السلامة بمعامل مسار ($O = 0.954$) وانحراف معياري (0.05)، كما تبين أن التدريب على السلامة والتعاون حقق أعلى تأثير ($O = 0.894$) ، بينما حقق تتبع الحوادث والاتصال تأثيراً بمقدار ($O = 0.466$) وأوصت الدراسة بضرورة دمج تقنية BIM في أنظمة إدارة السلامة لمشاريع النفط والغاز وتطوير استراتيجيات فعالة للتغلب على عوائق التطبيق.

دراسة (Fakhimi et al. (2021) هدفت الدراسة إلى التعرف على متطلبات نشر نمذجة معلومات البناء بأبعادها (الجاهزية التنظيمية، التسليم المتكامل للمشروع IPD ، البنية التحتية التكنولوجية، القيادة والدعم الإداري) على صناعة النفط والغاز والبتروكيماويات ووضع خارطة طريق لتبنيها .واستخدمت الدراسة المنهج المختلط (الكمي والنوعي) من خلال المراجعة المنهجية للأدبيات والمقابلات مع الخبراء وتحليل دراسات الحالة في شركات النفط والغاز والبتروكيماويات. وتكونت العينة من خبراء ومهنيين في شركات النفط والغاز والبتروكيماويات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن صناعة النفط والغاز لا تزال متأخرة في تبني BIM مقارنة بقطاع البناء التقليدي، وأن خارطة الطريق المقترحة تتضمن مراحل متدرجة تبدأ

بإقناع الإدارة العليا ثم التدريب والتطبيق التجريبي ثم التوسع الشامل. وأوصت الدراسة بضرورة تبني نهج التسليم المتكامل (IPD) جنباً إلى جنب مع BIM لتحقيق أقصى استفادة في مشاريع النفط والغاز.

دراسة عبدالباري وآخرون (2020) هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق نمذجة معلومات البناء بأبعادها (كشف التعارضات، التواصل المبكر، تقديرات التكلفة الدقيقة) على تقليل أسباب إعادة العمل المتعلقة بالعمل (Client-Related Rework – CRR) في مشاريع المسار السريع. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي من خلال استبانة منظمة ومقابلات مع خبراء في المشاريع السريعة. وتكونت العينة من متخصصين في مشاريع التشييد السريعة في مصر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن استبدال المواد وتغيير نطاق العمل والمشكلات المالية هي أبرز أسباب إعادة العمل المتعلقة بالعمل، وأن استخدام BIM في المراحل المبكرة يُمكن أن يُقلل هذه الأسباب من خلال تحسين التواصل وتقديم تقديرات تكلفة أكثر دقة. وأوصت الدراسة بتطبيق BIM منذ المراحل الأولى لمشاريع المسار السريع لتقليل إعادة العمل وتحسين الأداء الزمني والمالي.

دراسة الديب وآخرون (2022) هدفت الدراسة إلى التعرف على دور نمذجة معلومات البناء بأبعادها (تكامل المعلومات، تقليل الهدر، تحسين تدفق العمل) كأداة للإدارة الرشيقة (Lean) على عمليات التشييد. واستخدمت الدراسة منهج دراسة الحالة التطبيقية من خلال تطبيق BIM على مشروع إنشائي فعلي ومقارنة النتائج قبل وبعد التطبيق. وتكونت العينة من دراسة حالة لمشروع بناء في مصر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن دمج BIM مع مبادئ الإدارة الرشيقة يُقلل من الأنشطة غير المضافة للقيمة ويُحسن تدفق العمل ويُقلل الهدر في الوقت والموارد. وأوصت الدراسة بتبني نهج تكامل BIM-Lean في مشاريع التشييد لتحقيق أقصى كفاءة تشغيلية.

دراسة خالصي وآخرون (2020) هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية الأسلوب الهجين الذي يجمع بين تحليل SWARA ونمذجة معلومات البناء بأبعادها (كشف أخطاء التصميم، تحليل الفجوات بين المخططات والتنفيذ، إدارة القيمة المكتسبة) على تقليل إعادة العمل في مشاريع البناء من منظور الوقت في إيران. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التطبيقي من خلال الجمع بين أسلوب SWARA لتحليل أوزان المعايير وتطبيق BIM وإدارة القيمة المكتسبة (EVM) على مشروع فعلي. وتكونت العينة من دراسة حالة لمشروع بناء سكني في إيران بمشاركة خبراء في التشييد. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن

أبرز أسباب إعادة العمل هي أخطاء التصميم والاختلاف بين المخططات والمتطلبات التشغيلية وعدم الامتثال للمواصفات، وأن تطبيق BIM أدى إلى خفض ساعات العمل بنسبة 4.6% وزيادة مؤشر أداء الجدول الزمني بمقدار 0.06. وأوصت الدراسة باستخدام تقنية BIM مع أساليب تحليل القرار متعدد المعايير لتحقيق إدارة أفضل لإعادة العمل في مشاريع البناء.

المحور الثاني: إعادة العمل (Rework) وعلاقتها بمتغيرات أخرى

دراسة صبري وآخرون (2023) هدفت الدراسة إلى التعرف على الأسباب الرئيسية لإعادة العمل بأبعادها (أعمال الحفر والردم، الأعمال الخرسانية تحت الأرض، أعمال العزل، الأعمال الخرسانية فوق الأرض، أعمال البناء، أعمال النجارة، الأعمال الكهربائية، أعمال الصرف الصحي) وتأثيرها على تكلفة ووقت مشاريع البناء في مصر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال استبانة تضمنت (62) سبباً لإعادة العمل وتحليل البيانات باستخدام SPSS V25. وتكونت العينة من (120) استبانة وُزعت على خبراء شملت مصممين (30%) ومقاولين (50%) ومديري مشاريع (20%) وأعيد منها (100) استبانة صالحة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن أبرز خمسة أسباب لإعادة العمل هي: إهمال أعمال السباكة واعتبارها ثانوية، ونقص عزل المواسير، وظهور المياه الجوفية، والتوزيع غير السليم للأحمال الكهربائية، وضعف الإشراف الهندسي على الأعمال الخرسانية، وأن أعمال الصرف الصحي والكهرباء هي الأكثر عرضة لإعادة العمل. وأوصت الدراسة بتعزيز الإشراف الهندسي المتخصص وتدريب العمالة وتحسين جودة المواد المستخدمة.

دراسة السيوفي وآخرون (2026) هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق نمذجة معلومات البناء بأبعادها (النمذجة رباعية الأبعاد D4، النمذجة خماسية الأبعاد D5، كشف التعارضات) وإدارة القيمة المكتسبة (EVM) على تقييم وتقليل إعادة العمل في مشاريع الجسور. واستخدمت الدراسة المنهج المختلط (الكمي والنوعي) من خلال استبانات ومقابلات وتحليل مقارن لمشاريع مُنفذة بتقنية BIM وبدونها مع دراسة حالة تفصيلية لمشروع جسر محور الملك سلمان بالقاهرة. وتكونت العينة من (253) مشروع جسر عالمياً (41 مشروعاً باستخدام BIM و212 بدونها)، إضافة إلى (412) استبانة وُزعت وأعيد منها (253). وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تبني BIM يرتبط بخفض الهدر الزمني الناتج عن إعادة العمل بنسبة تتراوح بين 70-85% وتوفير في التكلفة بنسبة 65-75%، كما تحسن مؤشر أداء الجدول

الزماني (SPI) بمقدار 0.264 ومؤشر أداء التكلفة (CPI) بمقدار 0.216، وفي دراسة الحالة انخفض التأخير من 76 يوماً إلى 17 يوماً وتم توفير 19 مليون جنيه من تكاليف إعادة العمل. وأوصت الدراسة بتبني تقنية BIM طوال دورة حياة مشاريع البنية التحتية لتحسين كفاءة الموارد وتبسيط سير العمل.

دراسة (Love et al. (2022) بعنوان هدفت الدراسة إلى التعرف على الوضع الراهن للمعرفة العلمية حول أسباب إعادة العمل بأبعادها (الأخطاء البشرية، القصور التنظيمي، ضعف التواصل، تغييرات التصميم، العوامل السلوكية) وعواقبها واستراتيجيات التخفيف منها في مشاريع التشييد. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية الشاملة للأدبيات العلمية مع التحليل النقدي للنظريات والنماذج المطبقة في دراسات إعادة العمل. وتكونت العينة من تحليل شامل للدراسات المنشورة في الدوريات العلمية الدولية حول إعادة العمل في قطاع التشييد. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تكاليف إعادة العمل تتراوح بين 5-25% من قيمة العقد وتسهم بنحو 50% من تجاوزات الوقت، وأن الأسباب الجذرية متعددة الأبعاد تتداخل فيها العوامل البشرية والتنظيمية والتقنية، وأن النهج التقليدية في إدارة إعادة العمل غالباً ما تكون تفاعلية وليست وقائية. وأوصت الدراسة بتبني مقاربات نظامية تتضمن التكنولوجيا الرقمية والتعلم التنظيمي وتعزيز ثقافة الجودة لتقليل إعادة العمل.

دراسة (Asadi et al. (2023) هدفت الدراسة إلى التعرف على الأسباب الجذرية لإعادة العمل وتصنيفها بأبعادها (العمليات، الموارد البشرية، المواد والمعدات، الجوانب التقنية، العوامل الخارجية) مع تحديد الأطراف المسؤولة تعاقدياً خلال مراحل المشروع الثلاث (التصميم، الشراء، التنفيذ) في مشاريع التشييد. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية الشاملة للأدبيات باستخدام محركات البحث العلمية Scopus و Web of Science و Google Scholar مع تحليل المحتوى وتصنيف البيانات. وتكونت العينة من تحليل (157) ورقة بحثية منشورة عن إعادة العمل في الفترة من 1990 إلى 2021، منها (35) ورقة تضمنت قوائم تفصيلية لأسباب إعادة العمل. وتوصلت نتائج الدراسة إلى تطوير نموذج تصنيفي من ثلاثة مستويات يُصنف أسباب إعادة العمل في ست مجموعات تجمع بين مراحل المشروع الثلاث وطرفي العقد (العميل والمقاول)، وأن مرحلة الشراء تتضمن أسباباً أقل مقارنة بمرحلتي التصميم والتنفيذ، وأن مستوى تورط الأطراف التعاقدية يمكن تتبعه من خلال وثائق العقد. وأوصت الدراسة بإجراء مزيد من الأبحاث حول معالجة أسباب إعادة العمل في شروط العقود لتقليل النزاعات والمطالبات التعاقدية.

دراسة (Juliana et al., 2023) هدفت الدراسة إلى التعرف على أسباب إعادة العمل بأبعادها (ضعف تنسيق التصميم، غياب ممارسات إدارة الجودة، التعديلات بطلب العميل، عدم الالتزام بالمواصفات، ضعف الإشراف) وتأثيرها على أداء مشاريع التشييد في نيجيريا. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال استبانة منظمة على مقياس ليكرت الخماسي وتحليل البيانات باستخدام المتوسط المرجح وتحليل الانحدار المتعدد. وتكونت العينة من (140) استبانة وُزعت على متخصصي التشييد (معماريين، بنائين، مهندسين مدنيين، مساحين كميين) في مدينة أوسوغبو بنيجيريا، وأعيد منها (108) استبانة مكتملة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن ضعف تنسيق التصميم وغياب ممارسات إدارة الجودة الفعالة والتعديلات بطلب العميل هي أبرز ثلاثة أسباب لإعادة العمل، وأن انخفاض الروح المعنوية وتجاوز الوقت والنزاعات هي أكثر ثلاثة تأثيرات ضرراً على أداء المشاريع، حيث فسّر نموذج الانحدار 57.6% من التباين في أداء المشاريع. ($R^2 = 0.576$) وأوصت الدراسة بالالتزام بتنسيق التصميم الفعال قبل التنفيذ واعتماد نظم إدارة الجودة واستخدام تقنية BIM لتحسين التصور والفهم في مرحلة التصميم.

الفجوة البحثية:

على الرغم من تنامي الاهتمام الأكاديمي بتقنية نمذجة معلومات المنشأة (BIM) وتأثيراتها الإيجابية على أداء مشاريع التشييد من جهة، وتزايد الدراسات التي تناولت أسباب إعادة العمل (Rework) وتداعياتها على التكلفة والوقت والجودة من جهة أخرى، إلا أن المتبّع للأدبيات العلمية يلاحظ أن الغالبية العظمى من الدراسات التي تناولت نمذجة معلومات المنشأة ركّزت على تطبيقاتها في مشاريع البناء السكنية والتجارية والبنية التحتية العامة، وتناولت أثرها على متغيرات مثل إدارة التكلفة والجدول الزمني والسلامة وإدارة المخاطر بشكل منفصل، دون أن تربط بصورة مباشرة ومتكاملة بين أبعاد هذه التقنية — كشف التعارضات التصميمية والتنسيق بين التخصصات والمحاكاة الرقمية وإدارة الجودة رقمياً — وبين تقليل إعادة العمل كمتغير تابع مستقل بذاته. كما أن الدراسات التي تناولت إعادة العمل اقتصرَت في معظمها على تحديد الأسباب وتصنيفها وقياس تأثيرها المالي والزمني، دون أن تُقدّم إطاراً تطبيقياً يربط هذه الأسباب بحلول تقنية محددة قائمة على نمذجة معلومات المنشأة ويختبر فاعليتها إحصائياً.

وتتعمق هذه الفجوة بشكل أكثر وضوحاً في قطاع النفط والغاز تحديداً، إذ يكاد يخلو هذا القطاع من دراسات تطبيقية تتناول العلاقة بين أبعاد نمذجة معلومات المنشأة وتقليل إعادة العمل، على الرغم من أن هذا القطاع يُعدُّ من أكثر القطاعات الهندسية تعرّضاً لمشكلة إعادة العمل بسبب تعقيد الهندسي الاستثنائي وتعدد واجهاته التخصصية ومعاييره الصارمة في السلامة والجودة. فالدراسات القليلة التي تناولت نمذجة معلومات المنشأة في قطاع النفط والغاز اقتصرت على رسم خرائط طريق لتبني التقنية أو دراسة تحدياتها التنظيمية والتقنية، بينما ظلَّت العلاقة المباشرة بين أبعادها التطبيقية المتكاملة وتقليل إعادة العمل منطقةً بحثية غير مطروقة بالقدر الكافي. ومن هنا تأتي هذه الدراسة لسدِّ هذه الفجوة من خلال بناء نموذج بحثي يربط أربعة أبعاد لنمذجة معلومات المنشأة بتقليل إعادة العمل واختباره إحصائياً في سياق مشاريع النفط والغاز في مصر، مما يُمثِّل إضافة علمية وتطبيقية نوعية للأدبيات في هذا المجال.

المنطلقات النظرية للدراسة:

أولاً: الإطار المفاهيمي لنمذجة معلومات المنشأة — (BIM) المتغير المستقل

تُعرَّف نمذجة معلومات المنشأة (Building Information Modeling – BIM) بأنها عملية رقمية متكاملة تقوم على إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد غني بالمعلومات يُمثِّل الخصائص الفيزيائية والوظيفية للمنشأة طوال دورة حياتها، بدءاً من مرحلة التصميم المفاهيمي مروراً بالتصميم التفصيلي والتنفيذ وصولاً إلى التشغيل والصيانة. ولا تقتصر هذه التقنية على كونها برنامجاً حاسوبياً لإنتاج الرسومات الهندسية، بل تُمثِّل منهجية عمل تشاركية تُتيح لجميع أطراف المشروع — من مالك ومصمم ومقاول ومشرف — الوصول إلى قاعدة بيانات مركزية موحَّدة تُحدَّث آنياً، مما يضمن اتساق المعلومات ودقتها عبر جميع مراحل المشروع وتخصصاته الهندسية المختلفة.

وقد تطوّر مفهوم نمذجة معلومات المنشأة عبر عدة مستويات نضج تبدأ من المستوى الصفري الذي يعتمد على الرسومات ثنائية الأبعاد غير المترابطة، ثم المستوى الأول الذي يجمع بين الرسومات ثنائية وثلاثية الأبعاد مع بعض التنسيق، ثم المستوى الثاني الذي يُوجب العمل التشاركي على نماذج منفصلة تُدمج دورياً، وصولاً إلى المستوى الثالث الذي يُمثِّل التكامل الكامل عبر نموذج موحَّد مشترك في بيئة

سحابية. وتتزايد أهمية هذه التقنية في مشاريع النفط والغاز التي تتسم بتعدد التخصصات الهندسية المتداخلة — كهندسة الأنابيب والمعدات الدوارة والأوعية الضاغطة والأنظمة الكهربائية وأنظمة التحكم والأجهزة الدقيقة — وهو ما يجعل التنسيق اليدوي التقليدي بينها عرضةً للأخطاء والتعارضات التي تُقضي حتماً إلى إعادة العمل.

وفي إطار هذه الدراسة، سيتم تناول نمذجة معلومات المنشأة من خلال أربعة أبعاد رئيسية تُمثل القدرات الجوهرية لهذه التقنية ذات الصلة المباشرة بتقليل إعادة العمل:

البُعد الأول — كشف التعارضات التصميمية: (Clash Detection) ويُقصد به العملية الآلية التي يتم من خلالها فحص النموذج الرقمي المتكامل للكشف عن أي تداخلات أو تعارضات بين العناصر الهندسية التابعة لتخصصات مختلفة قبل البدء في التنفيذ الفعلي. وتشمل هذه التعارضات التعارضات الصلبة (Hard Clashes) التي تحدث عند تقاطع عنصرين مادياً كتقاطع أنبوب مع عنصر إنشائي، والتعارضات اللينة (Soft Clashes) التي تتعلق بعدم توفر مسافات كافية للتشغيل أو الصيانة، وتعارضات سير العمل (Workflow Clashes) المرتبطة بالتضارب في الجدول الزمني للتنفيذ. ويُسهّم هذا البُعد في منع وصول الأخطاء التصميمية إلى مرحلة التنفيذ حيث تكون تكلفة معالجتها أضعافاً مضاعفة.

البُعد الثاني — التنسيق بين التخصصات الهندسية: (Interdisciplinary Coordination) ويُشير إلى استخدام منصة نمذجة معلومات المنشأة كبيئة عمل تشاركية مركزية تُمكن فرق التصميم والتنفيذ من مختلف التخصصات الهندسية من العمل المتزامن على نموذج موحد، مما يضمن تدفق المعلومات بشفافية وأنية بين جميع الأطراف. ويتضمن ذلك توحيد معايير الرسم والتسمية وأنظمة الإحداثيات، وإدارة الإصدارات والمراجعات بشكل منهجي، وعقد جلسات مراجعة تنسيقية دورية باستخدام النموذج الرقمي بدلاً من الاعتماد على الرسومات الورقية المنفصلة.

البُعد الثالث — المحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني: (4D/5D Simulation) ويُقصد به ربط النموذج ثلاثي الأبعاد بالبُعد الرابع (الزمن) لمحاكاة تسلسل أعمال التنفيذ افتراضياً قبل البدء الفعلي، وبالبُعد الخامس (التكلفة) لربط كل عنصر إنشائي بتكلفته المقدّرة وتتبع الإنفاق الفعلي مقارنةً بالميزانية المخطّطة. وتُتيح هذه المحاكاة اكتشاف التضاربات في تسلسل الأعمال والاختناقات الزمنية والتقديرات

غير الواقعية للموارد قبل حدوثها فعلياً في الموقع، مما يحول دون إعادة العمل الناتجة عن سوء التخطيط الزمني أو تجاوز الميزانية.

البُعد الرابع — إدارة جودة التنفيذ رقمياً: (Digital Quality Management) ويُشير إلى دمج عمليات مراقبة الجودة وضبطها في بيئة نمذجة معلومات المنشأة من خلال ربط معايير الجودة والمواصفات الفنية بالعناصر الهندسية في النموذج الرقمي، واستخدام قوائم الفحص الرقمية وتوثيق حالات عدم المطابقة وتتبع إجراءات المعالجة التصحيحية إلكترونياً. ويُساهم هذا البُعد في الانتقال من نهج الجودة التفاعلي الذي يكتشف الأخطاء بعد وقوعها إلى نهج الجودة الاستباقي الذي يمنع حدوثها ابتداءً.

ثانياً: الإطار المفاهيمي لإعادة العمل — (Rework) المتغير التابع

تُعرّف إعادة العمل (Rework) في سياق صناعة التشييد بأنها الجهد غير الضروري المبذول لإعادة تنفيذ عملية أو نشاط ما تم إنجازه بشكل غير صحيح من المرة الأولى، سواء أكان ذلك ناتجاً عن أخطاء تصميمية أو تنفيذية أو تغييرات من قبل المالك أو ضعف في الرقابة على الجودة أو سوء في التنسيق بين أطراف المشروع. وتُعدّ إعادة العمل بمثابة هدر مباشر لا يُضيف قيمة إلى المنتج النهائي، بل يستنزف الموارد ويُطيل الجدول الزمني ويُضعف معنويات فرق العمل ويُقلّل من رضا العميل.

ويمكن تصنيف أسباب إعادة العمل وفقاً لعدة معايير، من أبرزها التصنيف وفقاً لمراحل المشروع (مرحلة التصميم، مرحلة التوريد، مرحلة التنفيذ)، والتصنيف وفقاً للأطراف المسؤولة (المالك، المصمم، المقاول، المقاول من الباطن)، والتصنيف وفقاً لطبيعة السبب الجذري (أسباب عملياتية، أسباب بشرية، أسباب تقنية، أسباب خارجية). وتتراوح أسباب إعادة العمل بين ضعف تنسيق التصميم وعدم وضوح المعلومات المقدّمة للعمال والتغييرات المطلوبة من المالك وعدم الالتزام بالمواصفات الفنية ونقص الإشراف الفني المؤهّل واستخدام مواد دون المستوى المطلوب.

وفي سياق هذه الدراسة، يُقصد بتقليل إعادة العمل (Rework Reduction) الحدّ من حالات إعادة التنفيذ وخفض تكلفتها الزمنية والمالية من خلال معالجة أسبابها الجذرية باستخدام قدرات نمذجة معلومات المنشأة بأبعادها الأربعة، بما يشمل خفض التكاليف المباشرة وغير المباشرة المرتبطة بإعادة العمل، وتقليل الوقت الضائع في إعادة التنفيذ، وتحسين مستوى المطابقة من المرة الأولى (First-Time)

(Quality)، والحد من التعارضات التصميمية التي تظهر أثناء التنفيذ، وتعزيز دقة التنسيق والتواصل بين فرق العمل المختلفة.

المنهجية وطرق البحث:

سوف تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره الأنسب لطبيعة الدراسة وأهدافها، حيث يُتيح هذا المنهج وصف الظاهرة محل الدراسة المتمثلة في أثر تطبيق نمذجة معلومات المنشأة (BIM) على تقليل إعادة العمل في مشاريع النفط والغاز وصفاً دقيقاً وكمياً، والتعبير عنها تعبيراً كيفياً وكمياً من خلال جمع البيانات الأولية من الميدان وتحليلها إحصائياً للكشف عن العلاقات والتأثيرات بين المتغير المستقل بأبعاده الأربعة والمتغير التابع. وسيُسهّم هذا المنهج في تجاوز مرحلة الوصف إلى التحليل والتفسير والربط بين المتغيرات للوصول إلى استنتاجات علمية قابلة للتعميم.

وسوف تتبنّى الدراسة أسلوب المسح الميداني الشامل من خلال تصميم استبانة مُحكّمة وتوزيعها إلكترونياً وورقياً على عينة الدراسة من المهندسين والمتخصصين العاملين في مشاريع النفط والغاز، وذلك لجمع آرائهم وتقديراتهم حول مستوى تطبيق أبعاد نمذجة معلومات المنشأة ومدى إسهامها في تقليل إعادة العمل. وسيتم تحليل البيانات المُجمّعة باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة للتحقق من فروض الدراسة والإجابة عن أسئلتها بموضوعية ودقة علمية.

مجتمع الدراسة وعينتها

سيكوّن مجتمع الدراسة من جميع المهندسين والمتخصصين الفنيين والإداريين العاملين في مشاريع هندسة النفط والغاز في السعودية، ويشمل ذلك مهندسي التصميم والتنفيذ والإشراف ومديري المشاريع ومسؤولي الجودة ومنسقي نمذجة معلومات المنشأة العاملين لدى الشركات المشغلة وشركات المقاولات والاستشارات الهندسية العاملة في هذا القطاع. ويُقدّر حجم مجتمع الدراسة بنحو 500 مهندس ومتخصص يعملون في المشاريع النفطية الكبرى .

وسوف تستخدم الدراسة أسلوب العينة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل مختلف التخصصات الهندسية والمستويات الوظيفية وأحجام المشاريع تمثيلاً متناسباً، وسيتم تحديد حجم العينة وفقاً لمعادلة ستيفن

ثامبسون (Steven Thompson) عند مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%، ليلبغ الحد الأدنى المطلوب للعينة نحو 217 مفردة. وسوف تسعى الدراسة إلى توزيع 250 استبانة لتعويض حالات عدم الاستجابة أو الاستبانة غير المكتملة، بهدف الحصول على 220 استبانة صالحة للتحليل الإحصائي على الأقل، أي بمعدل استجابة مستهدف لا يقل عن 88%.

مصادر جمع البيانات

سوف تعتمد الدراسة على نوعين رئيسيين من مصادر البيانات:

المصادر الثانوية: وتشمل الكتب والمراجع العلمية المتخصصة، والأبحاث والدراسات السابقة المنشورة في الدوريات العلمية المُحكَّمة العربية والأجنبية، والرسائل الجامعية (ماجستير ودكتوراه)، والتقارير الفنية الصادرة عن المنظمات المهنية الدولية، وقواعد البيانات الإلكترونية مثل Scopus و Web of Science و Google Scholar، وذلك لبناء الإطار النظري ومراجعة الأدبيات السابقة المتعلقة بنمذجة معلومات المنشأة وإعادة العمل.

المصادر الأولية: وتتمثل في البيانات الميدانية التي سيتم جمعها من خلال أداة الدراسة الرئيسية (الاستبانة) المُوجَّهة إلى عينة الدراسة من المهندسين والمتخصصين العاملين في مشاريع النفط والغاز، للحصول على بيانات واقعية تعكس آراءهم وتجاربهم الفعلية حول متغيرات الدراسة.

أداة الدراسة (الاستبانة)

سوف تُصمَّم استبانة مُحكَّمة كأداة رئيسية لجمع البيانات الأولية، وستتكوَّن من ثلاثة أقسام رئيسية:

القسم الأول – البيانات الديموغرافية: ويتضمَّن المتغيرات الشخصية والوظيفية لأفراد العينة (التخصص الهندسي، المسمَّى الوظيفي، سنوات الخبرة، حجم المشروع).

القسم الثاني – المتغير المستقل: نمذجة معلومات المنشأة (BIM) ويتكوَّن من أربعة محاور تُمثِّل أبعاد المتغير المستقل، وذلك على النحو التالي:

• **المحور الأول – كشف التعارضات التصميمية: (Clash Detection)** ويتضمَّن (4) فقرات.

- **المحور الثاني - التنسيق بين التخصصات الهندسية (Interdisciplinary Coordination):** ويتضمن (4) فقرات.
- **المحور الثالث - المحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني: (4D/5D Simulation)** ويتضمن (4) فقرات.
- **المحور الرابع - إدارة جودة التنفيذ رقمياً: (Digital Quality Management)** ويتضمن (4) فقرات.

وبذلك يبلغ إجمالي فقرات المتغير المستقل (16) فقرة.

القسم الثالث - المتغير التابع: تقليل إعادة العمل: (Rework Reduction) وهو محور أحادي يتضمن (10) فقرات تقيس مستوى تقليل إعادة العمل من حيث خفض التكلفة والوقت والضائع وتحسين جودة التنفيذ وتقليل الأخطاء التصميمية والتنفيذية.

وبذلك يبلغ إجمالي فقرات الاستبانة (26) فقرة بالإضافة إلى فقرات البيانات الديموغرافية. وسيتم استخدام مقياس ليكرت الخماسي (موافق بشدة = 5، موافق = 4، محايد = 3، غير موافق = 2، غير موافق بشدة = 1) لقياس استجابات أفراد العينة.

الأساليب الإحصائية المستخدمة

سوف تُحلَّل البيانات المُجمَّعة باستخدام برنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS V.26) وبرنامج (Smart PLS 4) عند الحاجة لتحليل المسار، وذلك من خلال الأساليب الإحصائية التالية:

أساليب الإحصاء الوصفي: وتشمل التكرارات والنسب المئوية لوصف خصائص عينة الدراسة، والمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والأهمية النسبية لتحديد مستوى استجابات أفراد العينة على محاور الاستبانة وترتيبها.

أساليب التحقق من صدق الأداة وثباتها: وتشمل معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لقياس الاتساق الداخلي والثبات، ومعامل ارتباط بيرسون لقياس صدق الاتساق الداخلي بين كل فقرة والمحور الذي تنتمي إليه وبين كل محور والدرجة الكلية.

أساليب الإحصاء الاستدلالي: وتشمل تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) واختبار أثر كل بُعد منفرداً على المتغير التابع، وتحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression) واختبار الأثر المشترك للأبعاد الأربعة مجتمعةً على تقليل إعادة العمل، واختبار (T-Test) وتحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) واختبار الفروق في الاستجابات وفقاً للمتغيرات الديموغرافية، واختبار المقارنات البعدية (Post Hoc – Scheffe/LSD) لتحديد اتجاه الفروق عند وجود دلالة إحصائية، ومعامل تضخم التباين (VIF) واختبار التحمل (Tolerance) للتأكد من عدم وجود مشكلة الازدواج الخطي بين المتغيرات المستقلة.

حدود الدراسة

الحدود الموضوعية: ستقتصر الدراسة على دراسة أثر تطبيق نمذجة معلومات المنشأة (BIM) بأبعاده الأربعة (كشف التعارضات التصميمية، التنسيق بين التخصصات الهندسية، المحاكاة الرقمية وإدارة الجدول الزمني، إدارة جودة التنفيذ رقمياً) كمتغير مستقل، وتقليل إعادة العمل كمتغير تابع.

الحدود المكانية: ستطبق الدراسة على مشاريع هندسة النفط والغاز في السعودية .

الحدود الزمنية: سيتم جمع البيانات الميدانية خلال الفترة المتوقعة من الربع الثالث إلى الربع الرابع من عام 2026م.

الحدود البشرية: ستقتصر الدراسة على المهندسين والمتخصصين الفنيين والإداريين العاملين في مشاريع النفط والغاز في السعودية ، بما يشمل مهندسي التصميم والتنفيذ والإشراف ومديري المشاريع ومسؤولي الجودة ومنسقي نمذجة معلومات المنشأة لدى الشركات المشغلة والمقاولات والاستشارات الهندسية.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية

- شقور، إيمان نبيل. (2022). دور تطبيقات نمذجة معلومات البناء (BIM) في تعزيز مجالات المعرفة لإدارة المشاريع في مصر. مجلة عين شمس الهندسية، 13(1)، 101509.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.06.005>
- حمدي، سعاد أحمد، وعبدالصبور، إيناس. (2022). استخدام نمذجة معلومات البناء BIM في التحكم في تكلفة المباني المستدامة خلال مرحلة التصميم. مجلة البحوث الهندسية – جامعة حلوان، 174، 108–128. https://erj.journals.ekb.eg/article_242277.html
- السعيد، حيدر كاظم محمد، والسوداني، حيدر نعمة. (2024). تحسين تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM) في صناعة التشييد. مجلة الهندسة – جامعة بغداد، 30(2)، 85–104.
<https://doi.org/10.31026/j.eng.2024.02.06>
- عبدالمنعم، محمد شوقي، ومحمد، أحمد. (2023). نحو إطار عمل لتبني تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM) لتعزيز مجالات إدارة المشاريع في مصر. مجلة جامعة الأزهر – قسم الهندسة، 18(68)، 868–890.
https://jaes.journals.ekb.eg/article_283079.html
- الديب، أحمد محمد، وفرج، محمد عبدالعاطي، وعبدالحافظ، لمياء محمد. (2022). استخدام نمذجة معلومات البناء كأداة للإدارة الرشيدة في عمليات التشييد – دراسة حالة. مجلة عين شمس الهندسية، 13(2)، 101556. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.009>
- الجنابي، عاصم موفق، وعبدالمنعم، محمد شوقي، والداش، كريم محمد. (2020). العوامل المسببة لإعادة العمل وتأثيرها على أداء المشاريع في مصر. Journal of Civil Engineering and Management، 26(7)، 666–689.
<https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12916>
- صبري، مي، وموتاوة، إبراهيم، والشيخ، أسر. (2023). أسباب إعادة العمل في مشاريع البناء والتشييد في مصر. مجلة جامعة الأزهر لبحوث الهندسة المدنية (CERM)، 45(1)، 193–210. <https://azharcermjournal.com/CERMF2301/P23-01-12.pdf>

- السيوفي، سارة محمد، و خليل، أيمن حسين حسني، ومحمد، حسام حسن. (2026). إطار شامل لتقييم إعادة العمل في مشاريع الجسور باستخدام إدارة القيمة المكتسبة (EVM) ونمذجة معلومات البناء Scientific Reports (BIM). 16، المقال 5682.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-27546-0>
- عبدالباري، محمد، وإدكنز، أندرو، ودره، عصام محمد. (2020). تقليل أسباب إعادة العمل المتعلقة بالعمل في مشاريع المسار السريع باستخدام نمذجة معلومات البناء. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 25, 140-160.
<https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.009>

ثانياً: قائمة المراجع الأجنبية

- Waqar, A., Othman, I., & González-Lezcano, R. A. (2023). Challenges to the implementation of BIM for the risk management of oil and gas construction projects: Structural equation modeling approach. *Sustainability*, 15(10), 8019. <https://doi.org/10.3390/su15108019>
- Waqar, A., Nisar, S., & Qadir, S. (2025). BIM-driven sustainable safety management solutions for downstream oil and gas (D-O&G) construction projects. *Environmental Challenges*, 18, 101058. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101058>
- Fakhimi, A. H., Sardroud, J. M., Mazroi, A., Goreishi, S. R., & Azhar, S. (2021). Building information modeling deployment in oil, gas and petrochemical industry: An adoption roadmap. *Civil Engineering Infrastructures Journal*, 54(2), 281–299. <https://doi.org/10.22059/cej.2020.302855.1680>
- Abdelbary, M., Edkins, A., & Dorra, E. M. (2020). Reducing CRR in fast-track projects through BIM. *Journal of Information Technology in*

<https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.009>

- Love, P. E. D., Matthews, J., Porter, S. R., Sing, M. C. P., & Fang, W. (2022). State of science: Why does rework occur in construction? What are its consequences? And what can be done to mitigate its occurrence? *Engineering*, 18, 246–258. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.04.014>
- Asadi, R., Rotimi, J. O. B., & Wilkinson, S. (2023). Rework causes classification model with liable parties of the contract in construction projects. *Frontiers in Built Environment*, 9, 1143829, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1143829>
- Juliana, A., Oladimeji, O., Abiodun, A. O., Haddad, A. N., & Tam, V. W. Y. (2023). Influence of rework on construction project performance in Nigeria. *International Journal of Construction Management*, 24(8), 888–893. <https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2239439>
- Al-Janabi, A. M., Abdel-Monem, M. S., & El-Dash, K. M. (2020). Factors causing rework and their impact on projects' performance in Egypt. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(7), 666–689. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12916>
- Elseufy, S. M., Khalil, A. H. H., & Mohamed, H. H. (2026). A comprehensive framework for evaluating bridge project rework through earned value management (EVM) and building information modeling (BIM). *Scientific Reports*, 16, Article 5682. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-27546-0>

Mid Ocean University

College of Management

Department of Project Management



**The Impact of Building Information Modeling (BIM) on Rework
Reduction in Oil and Gas**

Prepared by:

Ali Basim Al-Muallim

Academic Number: 2021201214

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

Dr. Fayez Jarad

1447-2026