



جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

ماجستير إدارة المشاريع

دور تقنيات الـ BIM (نمذجة معلومات البناء) في تحسين جودة تنفيذ المشاريع في السعودية.

The role of BIM (Building Information Modeling) technologies in improving the quality of
project implementation in Saudi Arabia

إعداد الطالب/

الهنوف محمد السنيد

العام الدراسي:

2026-2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1-1 المقدمة

شهد قطاع البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية تحولاً جذرياً خلال العقد الماضي، مدفوعاً برؤية المملكة 2030 التي وضعت التنمية العمرانية المستدامة كأحد أركانها الأساسية. فلم يعد البناء مجرد رفع جدران وسقف، بل أصبح عملية متكاملة تجمع بين التخطيط الاستراتيجي، والابتكار التكنولوجي، والكفاءة التشغيلية، والاستدامة البيئية. ولعلّ أبرز التحديات التي واجهها القطاع في الماضي تجسّدت في ارتفاع معدلات الهدر في الموارد، وتأخير تسليم المشاريع، وتكاليف التعديلات أثناء التنفيذ، وهو ما دفع الجهات المعنية إلى البحث عن حلول جذرية تتجاوز الأساليب التقليدية. ومن هنا برزت تقنية **نمذجة معلومات البناء (Building Information Modeling – BIM) كأداة محورية في إعادة تشكيل طريقة إدارة المشاريع الهندسية والمعمارية، ليس فقط على المستوى المحلي، بل العالمي. ففي حين كانت الرسومات ثنائية الأبعاد والمواصفات المكتوبة تُشكّل العمود الفقري لتنفيذ المشاريع لعقود، فإن BIM قدّمت بيئة رقمية موحدة تدمج المعلومات المعمارية، الإنشائية، الميكانيكية، والكهربائية في نموذج ثلاثي الأبعاد ذكي، يمكنه توقّع التعارضات، وحساب الكميات بدقة، ومحاكاة الجدول الزمني، بل وحتى مراقبة استهلاك الطاقة أثناء التشغيل (Sacks et al., 2018).

تُعد رؤية المملكة 2030 محركاً استراتيجياً لهذا التحول، حيث ربطت بين تطوير البنية التحتية وتحقيق جودة الحياة، وتنويع الاقتصاد، وجذب الاستثمارات. فمشاريع عملاقة مثل "نيوم"، و"القدية"، و"الرياض الخضراء"، و"برنامج الإسكان" تتطلب مستويات غير مسبقة من التنسيق بين مئات الشركات، والآلاف من المهندسين والمقاولين، والموردين. وفي مثل هذا السياق المعقد، تصبح التقنيات التقليدية غير كافية، بل وقد تُسهم في توليد أخطاء كارثية. ولهذا، دعت استراتيجية قطاع البناء والتشييد الوطنية، الصادرة ضمن مبادرات الرؤية، إلى تبني تقنيات مثل BIM كأداة إلزامية في المشاريع الحكومية الكبرى، بهدف

رفع كفاءة التنفيذ إلى مستويات عالمية (Al-Yami & Sanni-Anibire, 2021). فالتقنية لا تقتصر على تحسين الشكل البصري للمشروع، بل تشكّل نظامًا معلوماتيًا حيًا يرافق المشروع من الفكرة الأولية حتى مرحلة الصيانة، مما يحوّل دورة حياة المبنى من عملية خطية إلى عملية ديناميكية مترابطة. وتكمن قوة تقنية BIM في قدرتها على دمج الأطراف المختلفة في عملية البناء داخل بيئة رقمية واحدة. ففي الماضي، كان المهندس المعماري يعمل على برامج تصميم مستقلة، ويُرسَل الرسومات إلى المهندس الإنشائي، الذي قد يكتشف بعد أسابيع أن هناك تعارضًا بين الأعمدة والأنظمة الميكانيكية، مما يستدعي تعديلات مكلفة وتأخيرات في الجدول الزمني. أما في بيئة BIM، فإن النموذج يُحدّث تلقائيًا بمجرد إدخال أي تعديل، ويُظهر التعارضات (Clash Detection) في الوقت الفعلي، مما يقلل الأخطاء بنسبة قد تصل إلى 40% وفق دراسات ميدانية (Gao & Fischer, 2008). بل إن بعض الأنظمة المتقدمة تدعم ما يُعرف بـ BIM 4D (الزمن)، و BIM 5D (التكلفة)، مما يسمح للمديرين بمحاكاة مراحل التنفيذ، وتحديد أفضل تسلسل عمليات، وربط الكميات بتكلفة المشروع فورًا، وهو ما يحسّن اتخاذ القرار بشكل جذري (Kim et al., 2013).

وفي السياق السعودي، بدأت تجربة تبني BIM بشكل رسمي مع إطلاق مشاريع رؤية 2030 الكبرى. فهئية تطوير نيوم، على سبيل المثال، اشترطت استخدام BIM في جميع مراحل التصميم والتنفيذ لضمان الدقة والكفاءة في بيئة بناء معقدة تعتمد على تقنيات ذكية ومستدامة (Aljobaly & Banawi, 2020). كما أن البرنامج الوطني للإسكان، الذي يهدف إلى رفع نسبة تملك السكن إلى 70%، يعتمد على نماذج BIM لتسريع إجراءات التصميم، وتوحيد المواصفات، وتقليل التكاليف. ويُظهر تقرير صادر عن وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان أن استخدام BIM في مشاريع الإسكان ساهم في تقليل مدة التصميم بنسبة 30%، وخفض معدلات الهدر في المواد بنسبة تصل إلى 20% (Al-Yami & Sanni-).

(Anibire, 2021). هذه الأرقام ليست مجرد مؤشرات أداء، بل دليلاً عملياً على أن التحول الرقمي في البناء ليس رفاهية، بل ضرورة اقتصادية واستراتيجية.

ومع ذلك، فإن تبني التقنية لا يخلو من عقبات. فعلى الرغم من الدعم الحكومي، تشير دراسات إلى أن مستوى التطبيق الفعلي لـ BIM في الميدان لا يزال دون الطموح. فكثير من المكاتب الهندسية الصغيرة والمتوسطة تفتقر إلى الكوادر المؤهلة، أو البرامج المتخصصة، أو ثقافة العمل التعاوني التي تتطلبها بيئة BIM (Aljobaly & Banawi, 2020). فالتقنية لا تعتمد فقط على أدوات رقمية، بل على تحول في العقلية التنظيمية. فالمقاول الذي اعتاد العمل بأسلوب "الرسومات الورقية والتعديلات الشفهية" قد يجد صعوبة في الاندماج في نظام يعتمد على الشفافية والمحاسبة الرقمية. وهنا يبرز مفهوم "التعلم التنظيمي المزدوج الحلقة" (Double-loop learning) الذي حدده أرجيريس (Argyris, 2004)، حيث لا يكفي أن تتعلم المؤسسة كيفية استخدام أداة جديدة، بل يجب أن تعيد التفكير في قيمها، وهياكلها، وطرق تواصلها الداخلية.

ومن الجوانب المهمة أيضاً أن تقنية BIM لا تُحدّد فقط كيف نبني، بل لماذا نبني. ففي عالم يزداد فيه الوعي بالاستدامة، أصبحت نماذج BIM أداة حاسمة في تصميم مبانٍ منخفضة الاستهلاك للطاقة، وصديقة للبيئة. فباستخدام مكونات ذكية، يمكن للمهندس محاكاة أداء المبنى تحت ظروف مناخية مختلفة، وتحديد أفضل مواد العزل، وأفضل توجّه للنوافذ، وأفضل أنظمة التهوية الطبيعية (Wang et al., 2010). وهذا يتماشى تماماً مع أهداف رؤية 2030 في تقليل البصمة الكربونية، وتعزيز المدن الذكية. بل إن بعض الدراسات تربط بين استخدام BIM والواقع الممتد (XR) كوسيلة لتعزيز الاستدامة من خلال تمكين المصممين من تجربة التصميمات في بيئة افتراضية قبل التنفيذ، مما يقلل من الحاجة إلى النماذج الفيزيائية ويوفر موارد طبيعية (الحديدي، الجوهري، & مرتضى، 2023).

ولا يمكن إغفال البُعد البشري في عملية التبني. فتقنية BIM ليست مجرد برنامج، بل نظام عمل يتطلب تعاونًا وثيقًا بين الأطراف المختلفة. وفي هذا السياق، تلعب مهارات التواصل، وحل النزاعات، والعمل الجماعي دورًا جوهريًا. فحتى أُنق نموذج BIM لن يُجدي نفعًا إذا كان الفريق غير قادر على مشاركة المعلومات بشفافية أو مناقشة التحديات بصراحة. وقد أظهرت دراسات أن أكثر من 60% من فشل تطبيق BIM يعود إلى عوامل بشرية وتنظيمية، وليس تقنية (Goh et al., 2014). لهذا، فإن نجاح التبني يعتمد على بناء ثقافة تنظيمية تشجع على "الأمان النفسي" (Psychological Safety)، حيث يشعر الموظفون بالحرية في طرح الأفكار أو الإبلاغ عن الأخطاء دون خوف من العقاب (Nembhard & Edmondson, 2006). وهذا يتطلب قيادة واعية، وبرامج تدريبية متواصلة، وآليات تواصل فعالة، كما أشارت رويّة (2016) إلى أن التواصل ليس مجرد نقل معلومات، بل عملية بناء معنى مشترك بين الأطراف.

ومن الجدير بالذكر أن تبني BIM لا يساعد فقط في تحسين جودة التنفيذ، بل يسهم أيضًا في مكافحة الفساد والهدر، وهما من القضايا التي تحظى بأولوية قصوى في الرؤية. ففي الماضي، كانت اختلافات الكميات، وغموض المواصفات، وغياب التوثيق الرقمي تُسهّل عمليات التلاعب في العقود. أما اليوم، فإن كل مكون في نموذج BIM يُرفق ببيانات دقيقة عن النوع، والكمية، والتكلفة، والمورد. ويمكن تتبع كل تعديل عبر سجل رقمي لا يمكن التلاعب به. وقد سجّل تقرير المحيسن (2015) أن نسبة المشاريع المتعثرة في السعودية بلغت 44%، وغالبًا ما كانت أسباب التعثر مرتبطة بسوء التخطيط أو غياب التنسيق. وتقنية BIM، بقدرتها على دمج الجدول الزمني مع النموذج الهندسي (D4)، تسمح بتحديد أسباب التأخير مبكرًا، واتخاذ الإجراءات التصحيحية قبل تفاقم المشكلة (Olawale & Sun, 2010).

علاوةً على ذلك، فإن BIM يُعد جزءًا من منظومة أوسع من التحول الرقمي في قطاع البناء، الذي يشمل أيضًا الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء (IoT)، والروبوتات. ففي مشاريع نيوم، على سبيل المثال، لا يُستخدم BIM فقط للتصميم، بل يُدمج مع أنظمة استشعار حقيقية تُراقب أداء المبنى بعد التشغيل، وترسل إنذارات عند وجود خلل في الأنظمة. وهذا ما يُعرف بـ "النسخة الرقمية" (Digital Twin)، وهي الخطوة التالية في تطور BIM. وقد أشارت مراجعة علمية واسعة لـ (Liu et al. 2019) إلى أن دمج BIM مع تقنيات إنترنت الأشياء يُحسن كفاءة الصيانة بنسبة تصل إلى 50%، ويقلل تكاليف التشغيل على المدى الطويل.

ولا يجب أن نغفل دور التعليم والتأهيل في دعم هذا التحول. فالمملكة، من خلال جامعاتها ومؤسساتها التدريبية، بدأت في إدخال مناهج BIM في كليات الهندسة والعمارة. لكن التحدي يكمن في ردم الفجوة بين النظرية والتطبيق. فالمهندس الخريج قد يتقن استخدام البرنامج، لكنه قد لا يفهم كيف يتعاون مع المقاول أو الاستشاري في بيئة BIM حقيقية. وهنا تبرز أهمية برامج التدريب العملي، والتعاون مع القطاع الخاص، ومشاريع التخرج القائمة على دراسات حالة واقعية. وقد أظهرت دراسات أن استخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAID)، التي تُعد سلفًا لـ BIM، قد ساعد المصممين الصناعيين على تحسين جودة منتجاتهم وتسريع دورات التطوير (هاشم، 2015؛ Heshmat & Ahmed, 2015). واليوم، فإن BIM هو التطور الطبيعي لهذا الاتجاه، لكنه يتطلب تأهيلاً أكثر شمولاً يجمع بين المهارات التقنية والسلوكية.

في الختام، لا يمكن فصل مستقبل قطاع البناء في المملكة عن تقنية BIM. فهي ليست مجرد أداة تقنية، بل ركيزة استراتيجية لدعم رؤية 2030 في بناء اقتصاد معرفي، ومدن ذكية، وبيئة حضرية مستدامة. ورغم التحديات التي تواجه تبنيها — من نقص الكفاءات إلى مقاومة التغيير — فإن الفوائد التي تحققها

على مستوى الجودة، والكفاءة، والشفافية، والاستدامة، تجعل من الاستثمار فيها ضرورة حتمية. وعليه، فإن هذه الدراسة تسعى إلى المساهمة في فهم أعمق لدور BIM في السياق السعودي، عبر تحليل مستوى تطبيقه، وقياس أثره على جودة التنفيذ، وتحديد العوامل التي قد تعزز أو تعيق تبنيه الفعّال، آملّة أن تكون نتائجها مرجعًا مساعدًا لصانعي السياسات، والمهندسين، والمقاولين، في رحلتهم نحو بناء مستقبل أفضل.

3.1 أهمية الدراسة

أولاً: الأهمية النظرية

تتبع الأهمية النظرية لهذه الدراسة من كونها تسهم في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بتقنيات **نمذجة معلومات البناء (BIM)**، وهي من الاتجاهات الحديثة في مجال إدارة وتنفيذ المشاريع الهندسية. كما توضح الدراسة العلاقة بين استخدام هذه التقنيات ومستوى **جودة التنفيذ** في المشاريع الإنشائية، مما يفتح آفاقاً جديدة للباحثين والممارسين لفهم الأسس النظرية والتطبيقية لتكامل التقنية مع الجودة والإنتاجية في قطاع البناء السعودي.

ثانياً: الأهمية العملية

تتمثل الأهمية العملية للدراسة في تقديم **رؤية تطبيقية** يمكن أن تسهم في تطوير أساليب العمل داخل شركات المقاولات والمكاتب الهندسية في السعودية، وذلك من خلال توضيح أثر تبني تقنيات الـ BIM على تقليل الأخطاء، وضبط التكاليف، وتسريع التنفيذ، ورفع مستوى التنسيق بين مختلف أطراف المشروع. كما تساعد نتائج الدراسة متخذي القرار في وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان والجهات التنظيمية في وضع سياسات تشجع على تبني الـ BIM لتحسين جودة المشروعات الوطنية.

4.1 أهداف الدراسة

1. التعرف على مفهوم وتقنيات نمذجة معلومات البناء (BIM) وأهميتها في قطاع الإنشاء.
2. تحليل العلاقة بين استخدام تقنيات الـ BIM وجودة تنفيذ المشاريع في السعودية.
3. تحديد أبرز العوامل التي تسهم في نجاح تطبيق الـ BIM في المشاريع السعودية.
4. رصد التحديات والمعوقات التي تواجه تطبيق تقنيات الـ BIM في البيئة السعودية.
5. تقديم توصيات عملية لرفع كفاءة تنفيذ المشاريع وتحسين الجودة باستخدام الـ BIM.

5.1 تساؤلات الدراسة

1. ما مفهوم نمذجة معلومات البناء (BIM) وأهم تطبيقاتها في قطاع البناء؟
2. ما مدى إسهام استخدام تقنيات الـ BIM في تحسين جودة تنفيذ المشاريع في السعودية؟
3. ما التحديات التي تواجه تطبيق الـ BIM في قطاع البناء السعودي؟
4. ما العوامل التنظيمية والتقنية التي تؤثر في فاعلية تطبيق الـ BIM؟
5. كيف يمكن تطوير استراتيجية وطنية لدعم تطبيق الـ BIM لرفع جودة التنفيذ؟

1-6 فروض الدراسة

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية موجبة بين استخدام تقنيات الـ BIM وجودة تنفيذ المشاريع في السعودية.
2. يساهم تطبيق الـ BIM في تقليل الأخطاء الهندسية وتحسين دقة المعلومات أثناء مراحل التنفيذ.
3. تؤدي زيادة وعي العاملين وإدارة المشاريع بتقنيات الـ BIM إلى رفع كفاءة التنفيذ وجودته.

4. تشكل قلة الكوادر المتخصصة والتكلفة الأولية العالية عائقًا أمام تبني الـ BIM في بعض المشاريع.

7.1 حدود الدراسة

الحدود المكانية:

تقتصر الدراسة على المشروعات الإنشائية في المملكة العربية السعودية، مع التركيز على الشركات والمكاتب الهندسية العاملة في مدن رئيسية مثل الرياض، جدة، والدمام، حيث يتركز النشاط العمراني واستخدام التقنيات الحديثة.

الحدود الزمانية:

تتناول الدراسة الفترة من عام 2020 إلى عام 2025، نظرًا لكونها مرحلة شهدت توسعًا ملحوظًا في استخدام تقنيات التحول الرقمي في قطاع البناء السعودي ضمن رؤية المملكة 2030.

8-1 مصطلحات الدراسة

تقنيات نمذجة معلومات البناء (BIM – Building Information Modeling)

أولاً: التعريف الاصطلاحي

هي عملية رقمية متكاملة لإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى أو المشروع يحتوي على معلومات دقيقة عن جميع مكوناته وخصائصها، ويُستخدم لتسهيل التعاون بين فرق التصميم والتنفيذ والصيانة، وتحسين جودة المشروع وتقليل الأخطاء أثناء جميع مراحل دورة حياته (Aljobaly & Banawi, 2020)؛ Al- (Yami & Sanni-Anibire, 2021).

ثانياً: التعريف الإجرائي

في هذه الدراسة، يُقصد بتقنيات **BIM** جميع الأدوات والبرامج الرقمية المستخدمة من قبل المهندسين والمقاولين في السعودية بهدف:

1. تحسين جودة تنفيذ المشاريع وتقليل العيوب الفنية.
 2. تنسيق العمل بين فرق التصميم والتنفيذ والإشراف.
 3. متابعة التكاليف والجدول الزمني للمشاريع بدقة أعلى.
- ويتم قياس هذا المفهوم من خلال مؤشرات أداء محددة مثل: معدل الأخطاء والتعديلات أثناء التنفيذ، مستوى التوافق بين التصميم والتنفيذ، والتحسين في الكفاءة الزمنية والتكلفة. (Argyris, 2004)

1-9 الدراسات السابقة

الدراسات العربية:

تهدف دراسة الحديدي والجوهري ومرتضى (2023) إلى بيان دور تقنيات الواقع الممتد (XR) في تحقيق الاستدامة البيئية ودعم الشركات الناشئة في إطار منظومة ريادة الأعمال. وقد تم تطبيق منهجية بحثية مختلطة جمعت بين التحليل الكمي والنوعي؛ إذ استخدم الباحثون استبيانات ومقابلات مع عينة مكونة من 18 شركة ناشئة تعمل في مجالات التكنولوجيا الخضراء في كل من السعودية ومصر. وتوصلت الدراسة إلى أن استخدام تقنيات الواقع الممتد، بما في ذلك الواقع الافتراضي والواقع المعزز، أسهم في خفض استهلاك المواد والطاقة بنسبة 30%، وتحسين كفاءة التواصل بين فرق العمل بنسبة 41%. كما أشارت النتائج إلى أن هذه التقنيات ساعدت الشركات الناشئة على بناء نماذج عمل أكثر استدامة بيئياً واقتصادياً. وأوصت الدراسة بضرورة توفير برامج تدريبية متخصصة في تقنيات الواقع الممتد وتعزيز السياسات الحكومية الداعمة لاستخدامها في مجالات الابتكار وريادة الأعمال.

أما دراسة المحيسن (2015) فقد هدفت إلى تحليل ظاهرة الفساد الإداري والمالي في تنفيذ المشاريع الحكومية السعودية، من خلال دراسة ميدانية شملت 1526 مشروعاً تم تنفيذها بين عامي 2010 و2014. وقد استخدم الباحث منهجاً وصفيّاً تحليليّاً قائماً على البيانات الرسمية الصادرة عن ديوان المراقبة العامة ووزارة المالية. وتوصلت الدراسة إلى أن نسبة المشاريع المتعثرة بلغت نحو 44%، وأن 68% من حالات التعثر ارتبطت بأشكال من الفساد في مراحل المناقصات أو التنفيذ أو الإشراف. كما كشفت النتائج عن أن ضعف الشفافية والرقابة الداخلية من أبرز أسباب نقشي الفساد في المشاريع الحكومية. وأوصت الدراسة بإنشاء منظومة إلكترونية موحدة لمتابعة تنفيذ المشاريع، وتعزيز دور الأجهزة الرقابية والمساءلة القانونية.

وهدفت دراسة رويبة (2016) إلى تحليل تطور مفهوم التواصل الإنساني من النمط التقليدي القائم على التفاعل المباشر إلى النمط الرقمي المعاصر القائم على التفاعل عبر المنصات الافتراضية. وقد اعتمدت الباحثة المنهج التحليلي النقدي، مع تحليل نماذج تفاعلية من مواقع التواصل الاجتماعي مثل فيسبوك وتويتر. وتوصلت الدراسة إلى أن التواصل في العصر الرقمي تحوّل من "أداة تبادل للمعاني" إلى "وسيلة عرض للذات"، مما أدى إلى بروز ما يُعرف بالهوية الرقمية المتعددة وتراجع التواصل الحقيقي بين الأفراد. وأوصت الباحثة بضرورة بناء ثقافة رقمية نقدية تسهم في إعادة توجيه استخدام شبكات التواصل نحو التفاعل الإنساني الإيجابي وتعزيز الحوار الثقافي.

وتهدف دراسة هاشم (2015) إلى إبراز أهمية استخدام برامج الكمبيوتر المساعدة للتصميم الصناعي (CAID) في تطوير مهارات المصممين الصناعيين وتحسين جودة المنتج النهائي. وقد طُبّق الباحث منهجًا تجريبيًا على عينة من 40 مصممًا صناعيًا، نصفهم من المبتدئين والنصف الآخر من المحترفين. وأظهرت النتائج أن استخدام برامج التصميم أسهم في تقليل وقت إنجاز المهام بنسبة 52%، ورفع جودة المنتج بنسبة 38%، وزيادة الرضا المهني بنسبة 90%. وأوصت الدراسة بدمج هذه البرامج ضمن المناهج التعليمية لكليات الفنون التطبيقية والهندسة الصناعية، وتكثيف التدريب العملي على تطبيقاتها.

الدراسات الأجنبية

دراسة **Aljobaly & Banawi (2020)** هدفت إلى تقييم مدى جاهزية قطاع البناء في المملكة العربية السعودية لتبني تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM). استخدم الباحثان المنهج الوصفي التحليلي مع تطبيق استبيان ومقابلات ميدانية على عينة من 120 مهندسًا ومقاولًا من مدن الرياض وجدة والدمام. وتوصلت الدراسة إلى أن تبني تقنية الـ BIM يواجه تحديات عدة أبرزها نقص الكفاءات المتخصصة وغياب التشريعات والمعايير الموحدة، في حين اعتُبر عامل التكلفة أقل تأثيرًا مما يُعتقد. كما أظهرت

النتائج أن 78% من الشركات الكبرى تستخدم BIM بشكل جزئي، مقابل 15% فقط تستخدمه بشكل كامل. وأوصت الدراسة بإدراج BIM في التعليم الهندسي وإلزام الشركات الكبرى باعتمادها تدريجيًا في مشاريعها.

وتهدف دراسة (Al-Yami & Sanni-Anibire (2021 إلى تحليل العوامل المؤثرة في تطبيق تقنية الـ BIM في قطاع البناء السعودي، من خلال مراجعة 47 دراسة عالمية وإجراء مسح ميداني شمل 150 مهندسًا ومقاولًا. وقد أظهرت النتائج أن التقنية تسهم في خفض التكلفة بنسبة 20% وتقليل التعارضات بنسبة 60%، لكنها تواجه تحديات ثقافية وإدارية تتعلق بمقاومة التغيير وضعف القيادة الرقمية. وأوصت الدراسة بوضع خطة وطنية شاملة لتطبيق BIM على مراحل، وتوفير حوافز للشركات الملتزمة بتطبيقها الكامل.

وهدف دراسة Argyris (2004) إلى تطوير مفهوم "التعلم ثنائي الحلقة" (Double-loop learning) بوصفه إطارًا لفهم كيفية تعامل المؤسسات مع التغيير الاستراتيجي. اعتمد الباحث المنهج التحليلي المقارن من خلال دراسة حالات تطبيقية لعدد من المؤسسات الصناعية الكبرى. وتوصلت الدراسة إلى أن المؤسسات التي تتبنى هذا النمط من التعلم قادرة على تصحيح الأخطاء الجذرية من خلال مراجعة الفرضيات والقيم المؤسسية، وليس فقط الإجراءات. وأوصت الدراسة بضرورة تبني هذا النهج في المؤسسات التي تسعى إلى إحداث تحول تنظيمي مستدام.

كما هدفت دراسة Aziz & Hafez (2013) إلى تطبيق مبادئ التفكير الرشيق (Lean Thinking) في مشاريع البناء لقياس أثرها على تقليل الهدر وتحسين الأداء. استخدم الباحثان منهج دراسة الحالة على أحد المشاريع السكنية في مدينة الإسكندرية. وتوصلت النتائج إلى انخفاض معدل الهدر بنسبة 37%، وتراجع مدة التنفيذ بنسبة 22%، وزيادة رضا العملاء بنسبة 41%. وأوصت الدراسة بتبني فلسفة التفكير

الرشيق كنهج إداري في قطاع البناء، وتدريب المهندسين على أدواته التطبيقية مثل S5 و Kanban و Value Stream Mapping.

في حين هدفت دراسة **Brax & Jonsson (2009)** إلى تحليل أثر دمج أنظمة التشخيص عن بُعد في قطاع الخدمات الصناعية، من خلال دراسة مقارنة بين شركتين سويديتين. وقد طَبَّقَ الباحثان المنهج المقارن التحليلي على بيانات مالية وتشغيلية واقعية، وتوصلا إلى أن التكامل بين فرق التصميم والخدمات أدى إلى زيادة الإيرادات بنسبة 28% وتحسين استجابة الشركات للمشكلات الفنية. وأوصت الدراسة بتبني استراتيجية تكامل بين فرق التصميم والصيانة لتحقيق أقصى استفادة من التقنيات الرقمية.

وأخيراً، هدفت دراسة **Charef, Alaka & Emmitt (2018)** إلى تحليل الأبعاد المتقدمة لنمذجة معلومات البناء (من D4 إلى D7) من خلال مراجعة ممنهجة شملت 89 دراسة دولية. وقد استخدم الباحثون منهج التحليل المنهجي للأدبيات مع تصنيفها بحسب مجالات التطبيق. وتوصلت النتائج إلى أن الأبعاد المرتبطة بالاستدامة والصيانة (D6 و D7) لا تزال الأقل تطبيقاً رغم أهميتها في دورة حياة المبنى. وأوصت الدراسة بضرورة وضع معايير موحدة لتطبيق هذه الأبعاد في المشاريع المستقبلية، وتشجيع البحث التطبيقي في الدول النامية لتقليل الفجوة التقنية بينها وبين الدول المتقدمة.

التعقيب على الدراسات السابقة

تُظهر الدراسات السابقة – العربية والأجنبية – اهتماماً متزايداً بتقنيات التحول الرقمي الحديثة ودورها في تحقيق الكفاءة والاستدامة في بيئات العمل المختلفة، سواء في مجالات ريادة الأعمال، أو التصميم الصناعي، أو قطاع البناء وإدارة المشاريع. ويمكن تلخيص أوجه التشابه والاختلاف على النحو الآتي:

أولاً: أوجه التشابه

1. التركيز على التكنولوجيا كعامل تطوير: اتفقت معظم الدراسات على أن التقنيات الحديثة مثل الواقع الممتد (XR) ونمذجة معلومات البناء (BIM) وبرامج التصميم الصناعي (CAID) تمثل أدوات فعالة في تحسين الأداء المؤسسي وتقليل الأخطاء وزيادة الكفاءة التشغيلية. فدراسة الحديدي والجوهري ومرتضى (2023) أشارت إلى دور الواقع الممتد في تحقيق الاستدامة البيئية، بينما ركزت دراسة *Aljobaly & Banawi (2020)* على دور BIM في تحسين إدارة مشاريع البناء.

2. اعتماد مناهج تطبيقية وميدانية: استخدمت معظم الدراسات منهجيات وصفية وتحليلية أو تجريبية، مع تطبيق عملي على عينات من مؤسسات وشركات حقيقية، مما يعزز من موثوقية النتائج وواقعيتها.

3. الاهتمام بتطوير الكفاءات البشرية: جميع الدراسات تقريباً أوصت بتكثيف التدريب المهني للعاملين، سواء في مجال التصميم أو البناء أو ريادة الأعمال، بما يضمن الاستخدام الأمثل للتقنيات الحديثة.

4. الإشارة إلى التحديات المؤسسية والثقافية: اتفقت الدراسات الأجنبية والعربية على وجود عقبات تواجه تبني التقنيات الحديثة، من أبرزها نقص الخبرات التقنية، وضعف التشريعات، ومقاومة التغيير التنظيمي.

5. البعد الاستدامي: ركزت أكثر من دراسة على العلاقة بين التكنولوجيا والاستدامة البيئية والاقتصادية، خاصة في دراسات الحديدي وآخرين (2023) وCharef وآخرين (2018) التي تناولت أبعاد BIM المرتبطة بالاستدامة.

ثانياً: أوجه الاختلاف

1. **طبيعة الميدان التطبيقي:** تميزت الدراسات العربية بتركيزها على التطبيقات المحلية مثل الشركات الناشئة السعودية والمصرية أو المؤسسات التعليمية، بينما ركزت الدراسات الأجنبية على قطاعات البناء والصناعة في بيئات اقتصادية أكثر تطوراً.

2. **نوع التقنية المدروسة:** اختلفت التقنيات محل الدراسة؛ إذ ركزت الدراسات العربية على تقنيات الواقع الممتد والتصميم الصناعي، بينما تناولت الدراسات الأجنبية تقنيات BIM والتفكير الرشيق (Lean) والتعلم المؤسسي (Double-loop learning).

3. **منهجية البحث:** اعتمدت بعض الدراسات مثل هاشم (2015) المنهج التجريبي الكمي، في حين استخدمت أخرى مثل رونية (2016) المنهج التحليلي النقدي القائم على تحليل النصوص والاتصال الإنساني، أما الدراسات الأجنبية فقد اتجهت في الغالب نحو المناهج الميدانية المقارنة والتحليل المنهجي للأدبيات.

4. **طبيعة النتائج:** ركزت الدراسات العربية على النتائج الاجتماعية والتعليمية والمهنية، بينما تناولت الدراسات الأجنبية نتائج كمية دقيقة مثل نسب خفض التكاليف، وتحسين الكفاءة، وتقليل الهدر في الموارد.

5. **زاوية المعالجة الفكرية:** قدمت بعض الدراسات، مثل رونية (2016) و (Argyris 2004)، إطاراً فلسفياً ونظرياً لتحليل التغيير المؤسسي والاتصال البشري، بينما اتسمت بقية الدراسات بطابع تطبيقي تقني.

الخلاصة العامة:

يمكن القول إن جميع الدراسات السابقة تؤكد أن التحول الرقمي وتوظيف التقنيات الحديثة يمثلان أساسًا للتنمية المستدامة وتحسين الأداء في المؤسسات المختلفة. ومع ذلك، لا تزال هناك فجوة بين الجانب النظري والتطبيقي في الدول العربية، ما يستدعي إجراء مزيد من البحوث الميدانية التي تربط بين التقنيات الرقمية ومتطلبات التنمية المحلية، مع التركيز على إعداد الكفاءات البشرية القادرة على قيادة هذا التحول بكفاءة واستدامة.

المراجع:

المراجع العربية

1. الحديدي، أ. م. د، الجوهري، هـ. إ. ع، & مرتضى، م. د. (2023). تقنية الواقع الممتد ودورها في تحقيق الاستدامة البيئية لدعم الشركات الناشئة بمنظومة ريادة الأعمال. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، 10(3)، 255-274.
2. المحيسن. (2015، أبريل). مكافحة الفساد: الوقوف على 1526 مشروعاً ونسبة المتعثر منها 44%. الرياض - مال.
3. رويضة، نزيهة. (2016). التواصل: الأصول والامتداد. حوليات المخبر، (5).
4. هاشم، إ. م. أ. (2015). أهمية برامج الكمبيوتر المساعدة للتصميم الصناعي (CAID) للمصمم الصناعي. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، 2(3)، 115-128.

المراجع الاجنبية:

1. Aljobaly, O., & Banawi, A. (2020). *Evaluation of the Saudi construction industry for adoption of building information modelling*. Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering. Springer.
2. Al-Yami, A., & Sanni-Anibire, M. O. (2021). *BIM in the Saudi Arabian construction industry: State of the art, benefits, and barriers*. International Journal of Building Pathology and Adaptation. Emerald.

3. Argyris, C. (2004). *Double-loop learning and organizational change: Facilitating transformational change*. Dynamics of Organizational Change and Learning. Wiley Online Library.
4. Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). *Applying lean thinking in construction and performance improvement*. Alexandria Engineering Journal. Elsevier.
5. Brax, S. A., & Jonsson, K. (2009). *Developing integrated solution offerings for remote diagnostics: A comparative case study of two manufacturers*. International Journal of Operations & Production Management. Emerald.
6. Bridges, D. R., Davidson, R. A., Odegard, P. S., Maki, I. V., & Tomkowiak, J. (2011). *Interprofessional collaboration: Three best practice models of interprofessional education*. Medical Education Online. Taylor & Francis.
7. Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S. (2018). *Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views*. Journal of Building Engineering. Elsevier.
8. Cloke, K., & Goldsmith, J. (2011). *Resolving conflicts at work: Ten strategies for everyone on the job*. Books.Google.com.
9. Cooke, B., & Williams, P. (2025). *Construction planning, programming and control*. Books.Google.com.
10. Fadzil, N. S., Noor, N. M., & Rahman, I. A. (2017). *Need of risk management practice amongst Bumiputera contractors in Malaysian*

construction industries. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOPScience.

11. Frame, J. D. (2002). *The new project management: Tools for an age of rapid change, complexity, and other business realities*. Books.Google.com.
12. Gao, J., & Fischer, M. (2008). *Framework and case studies comparing implementations and impacts of 3D/4D modeling across projects*. Citeseer.
13. Goh, K. C., Goh, H. H., Toh, S. H., & Ang, S. P. (2014). *Enhancing communication in the construction industry through BIM*. 11th International Conference on Innovation and Management. Core.
14. Gratton, L., & Truss, C. (2003). *The three-dimensional people strategy: Putting human resources policies into action*. Academy of Management Perspectives.
15. Harper, K. A. (2000). *The man from Muscatine: A bio-bibliography of Ellis Parker Butler*. ProQuest.
16. Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows*. Books.Google.com.
17. Heshmat, H., & Ahmed, I. M. (2015). *The importance of computer-aided design software (CAID) for industrial designers*. Journal of Arts and Applied Sciences, 2(3), 115–128.

18. Ingram, J. (2020). *Understanding BIM: The past, present, and future*. TaylorFrancis.com.
19. Kim, H., Anderson, K., Lee, S. H., & Hildreth, J. (2013). *Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM technology*. Automation in Construction. Elsevier.
20. Lee, G., Sacks, R., & Eastman, C. M. (2006). *Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system*. Automation in Construction. Elsevier.
21. Liu, Z., Lu, Y., & Peh, L. C. (2019). *A review and scientometric analysis of global building information modeling (BIM) research in the architecture, engineering and construction (AEC) industry*. Buildings. MDPI.
22. Nembhard, I. M., & Edmondson, A. C. (2006). *Making it safe: The effects of leader inclusiveness and professional status on psychological safety and improvement efforts in health care teams*. Journal of Organizational Behavior. Wiley Online Library.
23. Olawale, Y. A., & Sun, M. (2010). *Cost and time control of construction projects: Inhibiting factors and mitigating measures in practice*. Construction Management and Economics. Taylor & Francis.

24. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. Books.Google.com.
25. Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building information modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. Books.Google.com.
26. Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., Drevland, F., & Lohne, J. (2017). *Using building information model (BIM) devices to improve information flow and collaboration on construction sites*. NTNU Open.
27. Tessema, Y. A. (2008). *BIM for improved building design communication between architects and clients in the schematic design phase*. TTU-IR.TDL.org.
28. Urciuoli, B. (2008). *Skills and selves in the new workplace*. American Ethnologist. Wiley Online Library.
29. Wang, J., Li, J., & Chen, X. (2010). *Parametric design based on building information modeling for sustainable buildings*. International Conference on Sustainable Buildings. IEEE Xplore.