

جامعة ميدأوشن



كلية الإدارة

ماجستير ادارة مشاريع

أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في تحسين التكامل بين

التخصصات الهندسية في مشاريع الإنشاء دراسة تطبيقية على

المشاريع الحكومية بمدينة الرياض

إعداد الطالب/

متعب محمد المحلبي

252000696

إشراف/

د. الفيصّل عبد الحميد محمد حسن

د.فايز جرّاد

العام الدراسي:

2026 – 1447



إِهْدَاء

إلى هديّتي من الله،

والنعمة الكبيرة التي أعيشها،

أمي وأبي،

إليكما أهدي هذا البحث المتواضع،

عسى أن يكون صدقة جارية عني وعنكما.



أحمد الله عز وجل الذي وفقني في إتمام هذا البحث  
العلمي.

والذي ألهمني الصحة والعافية والعزيمة.

فالحمد لله حمداً كثيراً

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلي الأستاذ الدكتور

أ.د / الفیصل عبد الحمید

أ.د/ فايز جراد

على كل ما قدمناه لنا من توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء  
موضوع دراستنا في جوانبها المختلفة.

والشكر والتقدير موصول إلي إدارة جامعة ميد أو شن ممثلة بالكادر  
الأكاديمي والإداري، لما قدموه من تسهيلات وتشجيع وتوفير الخدمات  
المطلوبة.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من لم يسعني الحظ بذكر أسمائهم راجية  
من المولي عز وجل أن تكون هذه الدراسة نافذة لدراسات أخرى .

## المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى الكشف عن أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها الأربعة إدارة المعلومات، والتنسيق بين التخصصات، وكشف التعارضات، ودعم اتخاذ القرار على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية بالملكة العربية السعودية. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، حيث صُممت استبانة مكونة من (28) فقرة وُزعت على عينة عشوائية طبقية قوامها (278) مهندسًا ومتخصصًا يعملون في جهات حكومية، وشركات مقاولات، ومكاتب استشارية.

وأظهرت النتائج وجود أثر إيجابي قوي ودالٍ إحصائيًا عند مستوى ( $\alpha \leq 0.05$ ) لأبعاد BIM مجتمعةً على التكامل بين التخصصات، بمعامل تحديد بلغ ( $R^2=0.729$ ) وتبين أن بُعد التنسيق بين التخصصات هو الأكثر تأثيرًا، يليه كشف التعارضات، ثم إدارة المعلومات، وأخيرًا دعم اتخاذ القرار، كما كشفت الدراسة عن فجوة بين مستوى توافر أدوات BIM ومستوى التطبيق الفعلي للتكامل. وأوصت الدراسة بالزام المشاريع الحكومية بإعداد خطة تنفيذ BIM، وإنشاء بيئة بيانات مشتركة، وتعيين منسق نمذجة، وتفعيل أدوات المحاكاة المتقدمة.

الكلمات المفتاحية: نمذجة معلومات البناء، التكامل بين التخصصات الهندسية، كشف التعارضات، المشاريع الإنشائية الحكومية، المملكة العربية السعودية.

## قائمة المحتويات

|    |                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------|
| أ  | بسم الله الرحمن الرحيم.....                                     |
| ب  | الإهداء.....                                                    |
| ج  | الشكر والتقدير.....                                             |
| د  | المستخلص.....                                                   |
| هـ | قائمة المحتويات.....                                            |
| ح  | قائمة الجداول.....                                              |
| 1  | الفصل الأول: الإطار العام للدراسة.....                          |
| 1  | 1.1 المقدمة.....                                                |
| 2  | 2.1 مشكلة الدراسة.....                                          |
| 3  | 3.1 أهمية الدراسة:.....                                         |
| 4  | 4.1 أهداف الدراسة:.....                                         |
| 5  | 5.1 تساؤلات الدراسة.....                                        |
| 6  | 6.1 فروض الدراسة:.....                                          |
| 7  | 7.1 الدراسات السابقة:.....                                      |
| 15 | 8.1 الفجوة البحثية:.....                                        |
| 17 | 9.1 المنطلقات النظرية للدراسة:.....                             |
| 19 | 10.1 المنهجية وطرق البحث:.....                                  |
| 23 | 11.1 الأساليب الإحصائية المستخدمة.....                          |
| 24 | 12.1 حدود الدراسة:.....                                         |
| 25 | الفصل الثاني: الإطار النظري.....                                |
| 25 | المبحث الأول: نمذجة معلومات البناء – (BIM) المتغير المستقل..... |
| 25 | 1.1.2 تمهيد.....                                                |
| 25 | 2.1.2 مفهوم نمذجة معلومات البناء (BIM).....                     |

|    |                                                                     |
|----|---------------------------------------------------------------------|
| 27 | 2.1.2 أهمية نمذجة معلومات البناء (BIM) .....                        |
| 29 | 3.1.2 أهداف نمذجة معلومات البناء (BIM) .....                        |
| 30 | 4.1.2 أبعاد نمذجة معلومات البناء (BIM) .....                        |
| 34 | 5.1.2 استراتيجيات تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM) .....            |
| 36 | المبحث الثاني: التكامل بين التخصصات الهندسية – المتغير التابع ..... |
| 36 | 1.2.2 تمهيد .....                                                   |
| 36 | 2.2.2 مفهوم التكامل بين التخصصات الهندسية .....                     |
| 37 | 3.2.2 أهمية التكامل بين التخصصات الهندسية .....                     |
| 38 | 4.2.2 أهداف التكامل بين التخصصات الهندسية .....                     |
| 39 | 5.2.2 أبعاد التكامل بين التخصصات الهندسية .....                     |
| 42 | 6.2.2 استراتيجيات تعزيز التكامل بين التخصصات الهندسية .....         |
| 43 | 7.2.2 خلاصة المبحث الثاني .....                                     |
| 44 | الفصل الثالث: منهجية الدراسة .....                                  |
| 44 | 1.3 تمهيد .....                                                     |
| 44 | 2.3 منهج الدراسة .....                                              |
| 44 | 3.3 مجتمع الدراسة وعيّنته .....                                     |
| 45 | 4.3 أداة الدراسة (الاستبانة) .....                                  |
| 46 | 5.3 صدق أداة الدراسة .....                                          |
| 47 | 6.3 ثبات أداة الدراسة .....                                         |
| 48 | 7.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة .....                       |
| 49 | 8.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة .....                              |
| 51 | الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات .....                 |
| 51 | 1.4 تمهيد .....                                                     |
| 51 | 2.4 تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية .....                     |
| 53 | 3.4 التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة .....                           |

|    |                                               |
|----|-----------------------------------------------|
| 60 | 4.4 ملخص التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة..... |
| 61 | 5.4 اختبار فرضيات الدراسة.....                |
| 67 | الفصل الخامس: النتائج والتوصيات.....          |
| 67 | 1.5 تمهيد.....                                |
| 67 | 2.5 نتائج الدراسة.....                        |
| 71 | 3.5 توصيات الدراسة.....                       |
| 72 | 4.5 الدراسات المستقبلية المقترحة.....         |
| 74 | Abstract.....                                 |
| 75 | المراجع.....                                  |
| 75 | المراجع باللغة العربية.....                   |
| 76 | ثانياً: المراجع الإنجليزية.....               |
| 80 | الملاحق.....                                  |
| 81 | استمارة استبيان.....                          |

## قائمة الجداول

| رقم<br>الصفحة | اسم الجدول                                                                                                          | رقم<br>الجدول |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 45            | جدول (1): توزيع فقرات الاستبانة على أبعاد الدراسة                                                                   | (1)           |
| 47            | جدول (2): معاملات الصدق البنائي                                                                                     | (2)           |
| 47            | جدول (3): معاملات ثبات أداة الدراسة                                                                                 | (3)           |
| 48            | جدول (4): مصفوفة ارتباط بيرسون بين أبعاد الدراسة (ن = 278)                                                          | (4)           |
| 51            | جدول (5): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقًا للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية (ن = 278)                                 | (5)           |
| 53            | جدول (6): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد إدارة المعلومات (ن = 278)                            | (6)           |
| 54            | جدول (7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التنسيق بين التخصصات (ن = 278)                       | (7)           |
| 55            | جدول (8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد كشف التعارضات (ن = 278)                              | (8)           |
| 57            | جدول (9): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد دعم اتخاذ القرار (ن = 278)                           | (9)           |
| 58            | جدول (10): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع — التكامل بين التخصصات الهندسية (ن = 278) | (10)          |

| رقم<br>الصفحة | اسم الجدول                                                                                                       | رقم<br>الجدول |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 60            | جدول (11): ترتيب أبعاد الدراسة وفقاً للمتوسّطات الحسابية                                                         | (11)          |
| 61            | جدول (12): نتائج تحليل الانحدار المتعدّد لأثر أبعاد نمذجة معلومات البناء (BIM) على التكامل بين التخصصات الهندسية | (12)          |
| 63            | جدول (13): تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس أثر إدارة المعلومات على التكامل بين التخصصات الهندسية              | (13)          |
| 64            | جدول (14): تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس أثر التنسيق بين التخصصات على التكامل بين التخصصات الهندسية         | (14)          |
| 65            | جدول (15): تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس أثر كشف التعارضات على التكامل بين التخصصات الهندسية                | (15)          |
| 66            | جدول (16): تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس أثر دعم اتخاذ القرار على التكامل بين التخصصات الهندسية             | (16)          |

# الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

## 1.1 المقدمة

تُعدّ صناعة التشييد والبناء من أكبر الصناعات تأثيرًا في التنمية الاقتصادية والاجتماعية في مختلف دول العالم، نظرًا لتنوع مخرجاتها واعتمادها على العديد من التخصصات الهندسية المتداخلة. ومع التطور التكنولوجي المتسارع، برزت الحاجة إلى حلول رقمية أكثر قدرة على إدارة التعقيد المتزايد في المشاريع الهندسية، الأمر الذي قاد إلى ظهور نمذجة معلومات البناء (BIM) كإحدى أهم الابتكارات التحويلية في هذا القطاع، فقد أصبحت BIM منهجية عالمية معتمدة في العديد من الدول، نظرًا لما توفره من بيئة رقمية موحدة لتمثيل معلومات المشروع وربطها عبر دورة حياته الكاملة. (Chen et al., 2024)

وفي السنوات الأخيرة، شهدت الأدبيات الهندسية زيادة ملحوظة في تناول BIM بوصفها منصة تكنولوجية قادرة على تحسين بيئة العمل التعاوني بين التخصصات الهندسية المختلفة، وقد بدأت BIM تفرض حضورها على مستوى التصميم الهندسي وإدارة البيانات والتخطيط، إذ تعتمد على النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد والبيانات المترابطة لدعم العمليات الفنية والإدارية في المشروع. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن BIM لم تعد مقتصرة على النمذجة الهندسية فحسب، بل تجاوزت ذلك لتصبح إطارًا متكاملًا لإدارة المعلومات المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية وغيرها من تخصصات المشروع. (Purwanto et al., 2024).

كما ارتبط تطور BIM بتطور مفاهيم الإدارة التعاونية للمشاريع، حيث تعمل BIM على تحسين تدفق البيانات وتسهيل تبادل المعلومات بين مختلف الجهات المعنية في المشروع، وقد ساهم ذلك في تعزيز الاتصال بين الفرق الفنية وتوفير رؤية مشتركة للمشروع، مما يسمح بإدارة أكثر اتساقًا وأقل عرضة للاختلافات والازدواجيات، وقد تناولت عدة أبحاث العلاقة بين BIM والإدارة التعاونية، مؤكدة أن بيئة BIM الرقمية توفر قاعدة موحدة لإدارة المعلومات، وتسمح بإدماج جميع التخصصات في نماذج مترابطة يسهل مراجعتها وتحديثها. (Yin, 2024).

كما برزت BIM كعنصر محوري في تنظيم سير العمل داخل المشاريع الهندسية من خلال تحسين إدارة البيانات ودعم التكامل بين نظم التصميم والتحليل والجدولة ونمذجة التكاليف، وأكدت الدراسات أن BIM تسهم في تحسين دقة المعلومات التصميمية واستمرارية تدفقها بين الأنظمة المختلفة، مما يؤدي إلى مستوى أعلى من الاتساق والوضوح في التعامل بين التخصصات. وقد تناولت الأدبيات أيضًا دور BIM في تعزيز القدرة على تصور المشروع بوضوح أكبر وتوظيف البيانات لدعم المراحل اللاحقة للتنفيذ (Wang et al., 2024).

وانطلاقًا من هذا يتضح أن BIM تشكل منطلقًا مهمًا لتطوير البنية الهندسية للمشاريع المعاصرة، وأن العديد من الدراسات قد ناقشت دورها في إدارة البيانات والنمذجة والتصميم والتعاون. إلا أن الحاجة ما تزال قائمة لفهم دورها في سياقات أكثر خصوصية، وخاصة داخل المشاريع الحكومية التي تتطلب مستوى مرتفعًا من التكامل بين التخصصات الهندسية نظرًا لضخامة هذه المشاريع وتعدد مراحلها وجهاتها.

## 2.1 مشكلة الدراسة

تُعدّ مشاريع الإنشاء الحكومية من أكثر المشاريع تعقيدًا نظرًا لتعدد التخصصات الهندسية المشاركة فيها، مثل الهندسة المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية، وهو ما يجعل مستوى التكامل والتنسيق بين هذه التخصصات عنصرًا حاسمًا في نجاح المشروع، وتشير الأدبيات إلى أن ضعف التكامل يؤدي إلى زيادة الأخطاء التصميمية، وتعطل تدفق المعلومات، وتكرار التعارضات بين المخططات، وارتفاع تكاليف إعادة العمل، إضافة إلى التأخر في الإنجاز (Igba et al., 2024؛ Mi & Li, 2024)، كما بينت دراسات أخرى أن التعاون بين الفرق الهندسية في كثير من المشاريع ما يزال يعتمد على أساليب تقليدية لا تتناسب مع حجم وتعقيد المشاريع الحكومية الحديثة (Yin, 2024).

وقد أكدت العديد من الدراسات أن نمذجة معلومات البناء (BIM) تمتلك قدرة عالية على تحسين التكامل الهندسي من خلال توفير منصة رقمية موحدة تُسهّل تبادل المعلومات، وكشف التعارضات في وقت مبكر، وتعزيز الاتصال بين المهندسين، وإتاحة تحديث لحظي للبيانات (Wang et al., 2024؛ Chen et al., 2024).

(2024)، و تُظهر دراسات عالمية وإقليمية وجود تحديات تقنية وتنظيمية وثقافية تحدّد من التطبيق الأمثل BIM، مثل ضعف التشغيل البيئي بين البرامج، ونقص التدريب، ومقاومة التغيير التنظيمي (Sampaio et al., 2022؛ Jin, 2024).

وعلى الرغم من تزايد الاعتماد على BIM في العديد من الدول، إلا أن السياق السعودي ولا سيما مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض لم يُدرس بالشكل الكافي، حيث تشهد هذه المشاريع توسعاً ضخماً ضمن رؤية 2030، وتحتاج إلى مستويات عالية من التكامل بين التخصصات الهندسية لضمان الجودة والكفاءة. ورغم وجود توجه حكومي لتبني BIM، إلا أن واقع تأثيرها على التكامل بين الفرق الهندسية في المشاريع الحكومية ما يزال غير واضح، لغياب دراسات تطبيقية محلية تقيس هذا الأثر بشكل مباشر وبناءً على ذلك، تُعالج الدراسة الحالية مشكلة جوهرية تتمثل في:

هل يسهم استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في تعزيز التكامل بين التخصصات الهندسية داخل مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض، وما مدى هذا الأثر؟

### 3.1 أهمية الدراسة:

تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي:

#### أولاً: الأهمية العلمية:

- تسدّ فجوة معرفية في الأدبيات العربية حول أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) على التكامل بين التخصصات الهندسية، ولا سيما في البيئة السعودية التي تشهد تحولاً رقمياً واسعاً.
- تعزّز المعرفة النظرية حول دور BIM كأداة رقمية مؤثرة في مراحل التصميم، التنسيق، التنفيذ، وإدارة المشاريع، مما يساهم في تطوير الإطار النظري للدراسات المرتبطة بإدارة مشاريع الإنشاء.
- تثري البحوث المتعلقة بالتكامل بين التخصصات الهندسية من خلال تقديم تحليل منهجي يربط بين BIM ومبادئ العمل التعاوني.

- تقدم نموذجًا لقياس أثر BIM في سياق المشاريع الحكومية، يمكن أن يُعتمد عليه في أبحاث مستقبلية تتناول التحول الرقمي في قطاع التشييد والبناء.
- تعتبر مرجعًا علميًا للباحثين الراغبين في دراسة تأثير التقنيات الرقمية على جودة وإدارة المشاريع، وخاصة التطبيقات العملية لنظم BIM في الدول العربية.

## ثانيًا: الأهمية العملية:

- تُظهر الجهات الحكومية في الرياض أهمية تبني BIM باعتباره وسيلة فعّالة لتحسين التكامل والتنسيق بين التخصصات الهندسية، مما ينعكس على جودة المشاريع الحكومية الكبرى.
- توفر نتائج قابلة للتطبيق تساعد صانعي القرار في الوزارات والأمانات وهيئات التطوير على تطوير سياسات ومعايير لتبني BIM بفعالية.
- تساعد مديري المشاريع والمهندسين على فهم الفوائد العملية لاستخدام BIM في تقليل التعارضات، تقليل إعادة العمل، تحسين التخطيط الزمني، ورفع مستوى جودة التنفيذ.
- تدعم استراتيجيات التحول الوطني 2030 الرامية إلى رفع كفاءة الإنفاق الحكومي وتحسين البنية التحتية من خلال تطبيق تكنولوجيا فعّالة تساهم في تحسين الجدول الزمني والتكلفة.
- تعزز كفاءة الأداء في المشاريع الحكومية عبر تحسين الاتصال وتبادل المعلومات بين الفرق الهندسية المختلفة.
- تساهم في بناء كوادر هندسية مؤهلة رقمياً تستطيع التعامل مع نظم BIM وتطبيقاتها، مما يزيد من جاهزية السوق الهندسي السعودي للتحول التكنولوجي.

## 4.1 أهداف الدراسة:

هدفت إلى دراسة أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعاده (إدارة المعلومات، التنسيق بين التخصصات، كشف التعارضات، دعم اتخاذ القرار) على تحسين التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الحكومية بمدينة الرياض.

وينبثق عن هذا الهدف الرئيسي عدد من الأهداف الفرعية، منها:

1. تحليل دور BIM في تعزيز تبادل المعلومات بين التخصصات الهندسية ضمن بيئة مشروع موحدة في مشاريع الرياض الحكومية.
2. تحديد أثر BIM في تقليل التعارضات التصميمية والتنفيذية من خلال أدوات كشف التعارضات (Clash Detection) ودراسة انعكاس ذلك على جودة التنفيذ وكفاءة المشروع.
3. دراسة مدى مساهمة BIM في تحسين التنسيق الإداري والفني بين الفرق الهندسية المختلفة بما يعزز الانسجام بين مراحل المشروع من التصميم وحتى التنفيذ.
4. تقييم أثر BIM في رفع جودة اتخاذ القرار من خلال توفير بيانات دقيقة وحديثة تدعم التوقعات والتخطيط المبكر للمشاريع الحكومية.
5. التعرف على التحديات التي تواجه تطبيق BIM في مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض واقتراح الحلول اللازمة لرفع مستوى التكامل بين الفرق الهندسية.

## 5.1 تساؤلات الدراسة

السؤال الدراسة الرئيسي: ما أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعاده المختلفة على تحسين التكامل بين التخصصات الهندسية في مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض؟

### الأسئلة الفرعية:

- إلى أي مدى يساهم استخدام BIM في تحسين تبادل المعلومات بين التخصصات الهندسية المختلفة داخل المشاريع الحكومية بمدينة الرياض؟
- ما دور BIM في الحد من التعارضات التصميمية والتنفيذية داخل المشاريع، وما أثر ذلك على جودة وأداء المشروع؟
- كيف يؤثر استخدام BIM على مستوى التنسيق الإداري والفني بين الفرق الهندسية عبر مراحل المشروع المختلفة؟

- ما أثر تطبيق BIM على جودة ودقة اتخاذ القرار في المشاريع الحكومية بمدينة الرياض؟
- ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق BIM في مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض، وما الحلول المقترحة لتجاوزها؟

## 6.1 فروض الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن صياغة الفرضيات التالية:

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعاده المختلفة على تحسين التكامل بين التخصصات الهندسية في مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض.

### الفروض الفرعية:

- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) على تحسين تبادل المعلومات بين التخصصات الهندسية في المشاريع الحكومية بمدينة الرياض.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام BIM على خفض التعارضات التصميمية والتنفيذية في مشاريع الإنشاء الحكومية.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق BIM في رفع مستوى التنسيق الإداري والفني بين التخصصات الهندسية.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام BIM في تحسين جودة ودقة اتخاذ القرار داخل المشاريع الحكومية.

## 7.1 الدراسات السابقة:

### □ دراسة (Chen et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تكامل نمذجة معلومات البناء (BIM) مع أنظمة الميكانيكا والكهرباء والسباكة (MEP) بأبعاده (إطار العمل، إدارة البيانات، وآليات التعاون) وأثره على تحسين الكفاءة والتنسيق وخفض التكاليف في مشاريع البناء، واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي الوصفي، وتكونت العينة من مجموعة من الخبراء والمختصين في مجالات BIM وMEP، إضافة إلى نماذج تطبيقية لمشاريع إنشائية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى تحقيق تكامل BIM-MEP لعدد من الفوائد أبرزها تعزيز التنسيق بين الأطراف، رفع كفاءة التنفيذ، تحسين إدارة البيانات، وتقليل الأخطاء والتكاليف، مع الكشف عن تحديات تقنية وتنظيمية وثقافية تعيق التطبيق الأمثل.

وأوصت الدراسة بضرورة تطوير معايير للترابط (Interoperability Standards)، واستخدام تقنيات وسيطة (Middleware)، وتطبيق بروتوكولات قوية لإدارة البيانات، وتعزيز منصات التعاون، إلى جانب برامج تدريب، وإدارة تغيير فعّالة، ودعم إداري لضمان نجاح التكامل..

### □ دراسة (Purwanto et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على دمج نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعاده (النمذجة الرقمية، إدارة بيانات المشروع، ودعم اتخاذ القرار) وأثره على تحسين الدقة التصميمية ورفع كفاءة التنفيذ في مشاريع الهندسة المدنية، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة أدبية شاملة للدراسات السابقة، وتكونت العينة من مجموعة من الأبحاث والوثائق العلمية المتعلقة بتطبيقات BIM في المشاريع الهندسية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أنّ استخدام BIM يساهم في تحسين دقة التصميم، واكتشاف التعارضات والأخطاء مبكراً، وتقليل الوقت والتكاليف، وتعزيز جودة العمليات التخطيطية والتنفيذية. وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد BIM على نطاق أوسع في المشاريع الهندسية، وتطوير المهارات التقنية للعاملين، وتعزيز معايير تبادل البيانات، وتوفير بيئة تشاركية تدعم نجاح التطبيق.

□ دراسة (Yin, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيقات نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها (النمذجة ثلاثية الأبعاد، إدارة معلومات المشروع، ودعم التعاون وتبادل البيانات) وتأثيرها على تحسين الإدارة التعاونية في مشاريع الهندسة الإنشائية، وذلك من خلال تحليل دورها في رفع كفاءة إدارة المشروع، تحسين جودة التصميم، وتعزيز مشاركة المعلومات بين الأطراف المختلفة.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي اعتماداً على مراجعة معمّقة للأدبيات والبحوث السابقة المتعلقة بتطبيق BIM في مراحل التصميم، العطاءات، والتنفيذ، وتكوّنت العيّنة من مجموعة من الدراسات العلمية التي تناولت الإدارة التعاونية في المشاريع الهندسية باستخدام BIM.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أنّ تطبيق تقنية BIM يساهم في تحسين فعالية التعاون داخل المشروع، وضمان تدفق المعلومات بسلاسة، والحدّ من ضعف الاتصال، ورفع كفاءة الإدارة في مراحل المشروع كافة. كما أظهرت النتائج أنّ استخدام BIM في التصميم الإنشائي يرفع من جودة التصميم ويعزز الدقّة، مما يؤكد اتساع نطاق تطبيقاته.

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الثقة بين أطراف المشروع، وتطوير المهارات التقنية للعاملين، ومعالجة التحديات التشغيلية، وتطبيق نماذج تعاونية أكثر فاعلية مدعومة بتقنية BIM.

## □ دراسة (Mi & Li, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها (التخطيط الدقيق، تحسين استغلال الموارد، إدارة المخاطر، وتعزيز الاتصال بين الأطراف) على رفع كفاءة مشروعات البناء وتحسين أدائها الاقتصادي والتعاوني عبر مراحل دورة حياة المشروع.

واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي بالاعتماد على البيانات التجريبية والتحليلات الإحصائية لدراسة تطبيقات BIM في مرحلة ما قبل البناء، وتخصيص الموارد، وإدارة المخاطر.

وتكوّنت العيّنة من بيانات ومؤشرات أداء لمجموعة من المشاريع الإنشائية التي طبّقت تقنيات BIM بهدف تقييم أثر النظام على الكفاءة والإنتاجية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن BIM يساهم في تحقيق تخطيط أكثر دقة، وتحسين استخدام الموارد، وتقليل المخاطر قبل حدوثها، وتعزيز التواصل بين الأطراف، وتنسيق سير العمل، ودعم اتخاذ القرار. كما أظهرت النتائج تأثيرًا إيجابيًا واضحًا على خفض التكاليف، وتوفير الوقت، وتحسين العائد على الاستثمار، وزيادة ربحية المشاريع ورضا أصحاب المصلحة.

وأوصت الدراسة بضرورة توسيع اعتماد BIM في المشاريع الإنشائية، وتطوير قدرات العاملين عليه، وربط تطبيقاته بالتحليل المالي وإدارة المخاطر، وتعزيز بيئة تشاركية رقمية تضمن تحسين الأداء الاقتصادي والإداري للمشروعات المستقبلية

## □ دراسة (Wang et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيقات نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها (تحسين التصميم، الجدولة الزمنية، تقدير التكاليف، وإدارة المرافق) وأثرها على رفع كفاءة مشروعات البناء وتعزيز التعاون وإدارة المشروع، وذلك من خلال تحليل دور BIM في تحسين التصـ visualization ، كشف

التعارضات، ودمج البيانات لدعم اتخاذ القرار، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي بالاعتماد على مراجعة شاملة للأدبيات والدراسات السابقة حول تطبيق BIM في مراحل المشروع المختلفة.

وتكوّنت العيّنة من مجموعة من الأبحاث العلمية والتقارير الفنية التي تناولت استخدام BIM في الهندسة والإنشاء وإدارة المرافق.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنية BIM تساهم في رفع كفاءة التصميم، تحسين الجدولة الزمنية، تقليل الأخطاء، ودعم التقدير الدقيق للتكاليف، وتعزيز إدارة دورة حياة المنشآت، مما يؤدي إلى تحسين الأداء العام للمشروع. كما بينت الدراسة وجود مجموعة من التحديات أبرزها ارتفاع تكاليف التطبيق، نقص المهارات التقنية، ومقاومة التغيير داخل المؤسسات.

وأوصت الدراسة بضرورة تطوير برامج تدريبية لرفع كفاءة العاملين، وخفض تكاليف التطبيق عبر اعتماد حلول تقنية مرنة، وتعزيز ثقافة التحول الرقمي. كما أوصت بالاستفادة من التقنيات الناشئة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء لدعم تطبيق BIM وتعزيز دوره في تحقيق البناء الذكي والمستدام.

#### □ دراسة (Igba et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيقات نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها (تحسين سير العمل، تقليل الأخطاء، دعم التعاون، والكشف عن التعارضات، والجدولة رباعية الأبعاد، وتقدير التكاليف) وأثرها على تحسين إدارة المشاريع الإنشائية في الولايات المتحدة ورفع معدلات نجاحها.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة شاملة للأدبيات والدراسات الحديثة المتعلقة بتطبيق BIM في قطاع التشييد الأمريكي، بالإضافة إلى تحليل دراسات حالة لمشروعات كبيرة تم فيها دمج BIM بنجاح.

وتكوّنت العيّنة من مجموعة من البحوث والدراسات التطبيقية والتقارير المهنية الخاصة بالمشاريع الأمريكية التي اعتمدت BIM في مراحلها المختلفة.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن BIM يساهم بفاعلية في تحسين إدارة المشاريع من خلال تبسيط سير العمل، تقليل الأخطاء، تعزيز التعاون اللحظي بين الأطراف، تعزيز دقة اتخاذ القرار، اكتشاف التعارضات، وجدولة الأعمال باستخدام D4، ودعم تقديرات التكاليف بدقة أعلى. كما أظهرت دراسات الحالة تحسناً ملموساً في زمن التنفيذ وكفاءة التكلفة في المشاريع الأميركية التي تبنت BIM. ومع ذلك، كشفت الدراسة عن تحديات تعيق تطبيق BIM على نطاق واسع في الولايات المتحدة، أبرزها: الحاجة إلى كوادر مؤهلة، صعوبات دمج BIM مع أنظمة الإدارة التقليدية، والإشكاليات القانونية والتعاقدية المرتبطة بالنماذج الرقمية المشتركة.

#### □ دراسة (Lu, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعاده (إدارة دورة حياة المشروع، خفض التكلفة، تقليص الزمن، تحسين جودة التنفيذ، وتعزيز التعاون بين الأطراف) على رفع كفاءة إدارة المشاريع الهندسية وتحسين أدائها العام.

واستخدمت الدراسة المنهج المختلط الذي يجمع بين المنهج الكمي من خلال تحليل الاستبيانات ودراسات الحالة، والمنهج النوعي من خلال إجراء مقابلات مع متخصصين في إدارة المشاريع الهندسية. وتكوّنت العينة من مشروعات هندسية متنوعة شملت مشاريع تطبق BIM وأخرى لا تطبقه بهدف المقارنة، إضافة إلى عينة من المهندسين ومديري المشاريع الذين شاركوا في المقابلات والاستبيانات.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق BIM يساهم بشكل ملحوظ في خفض الانحرافات في التكلفة والزمن، حيث بلغ متوسط تجاوز التكلفة 5% في المشاريع المعتمدة على BIM مقابل 15% في المشاريع التقليدية، وبلغ متوسط تجاوز الزمن 7% مقابل 20% في المشاريع غير المعتمدة على BIM. كما أثبتت الدراسة أن BIM يساهم في تحسين إدارة الجودة، وتعزيز التعاون والتنسيق بين أصحاب المصلحة، ودعم اتخاذ القرار، ورفع كفاءة تنفيذ المشاريع.

وأوصت الدراسة بضرورة توسيع اعتماد BIM في إدارة مشاريع الهندسة، وتطوير برامج تدريبية لمعالجة التحديات التي تواجه تطبيقه، وخاصة في المناطق النامية

□ دراسة (Jin, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعاده (تعزيز التواصل بين أصحاب المصلحة، توفير التكاليف، تحسين الجدول الزمني، تقليل الأخطاء، ودعم الاستدامة) على كفاءة تنفيذ المشاريع المعمارية والإنشائية، وذلك من خلال دراسة تطبيقه في ثلاثة مشاريع كبرى في الصين، واستخدمت الدراسة المنهج النوعي عبر تحليل ثلاث دراسات حالة لمشاريع بارزة تشمل: برج شنغهاي، منتجع ديزني لاند شنغهاي، ومطار بكين داشينغ الدولي، وتكوّنت العيّنة من نماذج مشاريع ضخمة اعتمدت BIM في مراحل التخطيط، التصميم، وإدارة الموارد.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق BIM ساهم في تحسين التواصل والتنسيق بين أصحاب المصلحة بفضل مركزية البيانات والتحديثات الفورية، مما قلّل من سوء الفهم والأخطاء، كما أظهرت النتائج أن النمذجة الدقيقة والتحكم المحكم بالموارد أدّى إلى خفض التكاليف وتعزيز الالتزام بالميزانية، في حين ساهم BIM في رفع كفاءة التنفيذ وتسريع مراحل ما قبل البناء وتقليل التأخير في اتخاذ القرار.

□ دراسة (Sampaio et al., 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور مدير نمذجة معلومات البناء (BIM Manager) بأبعاده (التنسيق بين التخصصات، إدارة النماذج، مراقبة الجودة، وإدارة مسؤوليات الفرق) وأثره على رفع جودة مشاريع البناء وتحسين التكامل بين الخبرات والتخصصات المختلفة، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال تحليل تطبيقات BIM في مراحل التصميم، التخطيط، والتنفيذ، وتكوّنت العيّنة من نماذج مشاريع تشمل عدة تخصصات مثل: الهندسة المعمارية، الهندسة الإنشائية، التخطيط والتنفيذ، وحصر الكميات وتقدير التكلفة، إضافة إلى نماذج أخرى مرتبطة بالجدولة والمحاكاة الإنشائية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن مدير الـ BIM يلعب دورًا محوريًا في تنسيق الأعمال بين التخصصات، مراجعة النماذج متعددة الطبقات، رصد التعارضات، طلب التعديلات من الفرق الفنية، وضمان تكامل البيانات في منصة مشتركة. كما بيّنت النتائج أن وجود مدير BIM يساهم في تحسين جودة المنتج النهائي للمشروع، تعزيز التعاون بين التخصصات، ودعم دقة التحليل الإنشائي وحصر الكميات وتتبع التكلفة.

#### □ دراسة (Sampaio et al., 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تكامل نمذجة معلومات البناء (BIM) في التصميم الإنشائي بأبعاده (مشاركة المعلومات، التعاون، التكامل بين الأنظمة، وقابلية التشغيل البيئي) من خلال تقييم فعالية التبادل ثنائي الاتجاه للمعلومات بين برنامج Revit كنظام نمذجة وبرنامج Robot كنظام للتحليل الإنشائي، واستخدمت الدراسة المنهج التطبيقي التحليلي، وتكوّنت العينة من نموذج إنشائي كامل صُمم باستخدام Revit وتم تحليله في برنامج Robot، بهدف رصد الأداء وتقييم جودة تبادل البيانات بين النظامين.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق BIM يقدم مزايا مهمة في مشاريع التصميم الإنشائي تشمل: الدعم القوي للتصور ثلاثي الأبعاد، سهولة الدمج بين النماذج، سهولة الوصول إلى قاعدة بيانات المشروع، تحسين التنسيق، وتعزيز التعاون بين التخصصات. كما كشفت الدراسة وجود قيود تقنية مرتبطة بقابلية التشغيل البيئي بين Revit وRobot، خصوصًا فيما يتعلق بدقة نقل البيانات وتكاملها أثناء التبادل ذي الاتجاهين.

وأوصت الدراسة بضرورة تحسين معايير وقواعد تبادل البيانات بين برامج BIM، وتطوير أدوات أكثر كفاءة للربط بين أنظمة النمذجة والتحليل الإنشائي

## □ دراسة (سويدان واخرون، 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تدريس تكنولوجيا نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها (المناهج المستقلة، الاستوديوهات التعاونية، والمتطلبات المهنية للمصمم الداخلي) وأثرها على تأهيل طلاب التصميم الداخلي لفهم طبيعة العمل التعاوني في المشاريع متعددة التخصصات في برنامج البكالوريوس بكليات الفنون التطبيقية في مصر.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال عرض وتحليل المناهج الحالية محليًا مقارنة بمناهج جامعات عربية وعالمية، مع توضيح أساليب التدريس الملائمة لدمج BIM في التعليم الأكاديمي للتصميم الداخلي.

وتكوّنت العيّنة من مجموعة من المناهج الدراسية في أقسام التصميم الداخلي بجامعة حلوان ودمياط، إضافة إلى عيّنة مقارنة من مناهج جامعات عربية وعالمية تطبق BIM في مراحلها الأكاديمية المختلفة.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن إدراج تكنولوجيا BIM في مناهج التصميم الداخلي يساهم في تطوير مهارات الطلاب، ورفع جاهزيتهم لسوق العمل، وتعزيز قدرتهم على المشاركة في المشاريع متعددة التخصصات عبر فهم العمل التعاوني المدعوم رقميًا. كما أظهرت النتائج وجود قصور في المناهج الحالية في مصر فيما يخص تدريس التكنولوجيا الرقمية الحديثة، خاصة BIM.

وأوصت الدراسة بضرورة دمج مقررات تكميلية لتعليم BIM ضمن برامج البكالوريوس للتصميم الداخلي بكليات الفنون التطبيقية بجامعة حلوان ودمياط، وتفعيل تبني BIM في مشاريع تطبيقية داخل الاستوديوهات التصميمية، وتعزيز التعاون بين التخصصات المختلفة، وتحديث المناهج بما يتوافق مع التطور العالمي في التعليم الهندسي والتصميمي.

هدفت الدراسة إلى التعرف على فعالية استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها (تحسين عملية التصميم الداخلي، التنسيق بين التخصصات، اكتشاف الأخطاء، دعم اختيار المواد، والتحديث اللحظي للتكلفة) وأثرها على رفع جودة وكفاءة عمليات التصميم الداخلي في الأردن.

واستخدمت الدراسة المنهج النوعي بالاعتماد على دراسة الحالة المقارنة (Comparative Case Study) والتحليل الموضوعي (Thematic Analysis)، وذلك للتعرف على كيفية توظيف BIM في تحسين عمليات التصميم الداخلي، مع الاستفادة من مشاركة الباحث ضمن فرق عمل عدد من المشاريع.

وتكوّنت العيّنة من (13) فردًا شملوا: مصممًا داخليًا، مصممًا داخليًا متدربًا، مهندسًا كهربائيًا، مهندسًا مدنيًا، مهندسًا معماريًا، متدربًا معماريًا، ومدير مشروع، بهدف الوقوف على واقع استخدام BIM من منظور مختلف التخصصات.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق نمذجة معلومات البناء في الأردن لا يزال محدودًا ويحتاج إلى اهتمام أكبر ورفع مستوى الوعي بين أصحاب التخصص. كما بيّنت النتائج أن المهندسين المعماريين غالبًا لا يعملون مع المصممين الداخليين منذ المراحل الأولى للمشروع، وأن التصميم الداخلي يُنفَّذ عادة في مرحلة لاحقة وفق تفضيلات المستخدمين.

## 8.1 الفجوة البحثية:

تتفق الدراسة الحالية مع معظم الدراسات السابقة في التأكيد على أن نمذجة معلومات البناء (BIM) تُعدّ أداة فعّالة في تحسين التنسيق بين التخصصات الهندسية ورفع كفاءة المشاريع. فقد أشارت عدة دراسات مثل (Chen et al., 2024)، (Yin, 2024)، و (Mi & Li, 2024) إلى أن استخدام BIM يساهم في خفض الأخطاء، تحسين تبادل المعلومات، وتعزيز التعاون بين فرق العمل. كما تتفق الدراسات السابقة مع الدراسة الحالية في إبراز دور BIM في دعم اتخاذ القرار، وتقليل التكاليف، وتقليص مدة التنفيذ، وهو ما

يتمشى مع تركيز الدراسة الحالية على أثر BIM في تحسين التكامل الهندسي ورفع جودة الأداء في المشاريع الحكومية بالرياض.

تتفق الدراسة الحالية مع معظم الدراسات السابقة في الإشارة إلى أن فعالية BIM تعتمد على عدة أبعاد رئيسية مثل: إدارة البيانات، قابلية التشغيل البيئي، كشف التعارضات، والتنسيق متعدد التخصصات. وقد أظهرت دراسات مثل (Sampaio et al., 2022) و (Wang et al., 2024) أن هذه الأبعاد تمثل أساساً للتطبيق الفعال لـ BIM في المشاريع الإنشائية، وهو ما تتناوله الدراسة الحالية أيضاً عند بحثها أثر هذه الأبعاد على التكامل الهندسي في مشاريع الرياض الحكومية. كما تتفق الدراسات في أن الكفاءة والنتائج المحسنة ترتبط بوضوح تضمين BIM في مراحل التصميم والتخطيط والتنفيذ.

تختلف الدراسة الحالية عن غالبية الدراسات السابقة من حيث نطاق البيئة التطبيقية. إذ تناولت أغلب الدراسات السابقة تطبيق BIM في مشاريع دولية أو أكاديمية أو خاصة مثل مشاريع الصين (Jin, 2024)، والولايات المتحدة (Igba et al., 2024)، والأردن (الشوابكة وغنيم، 2021)، بينما تركز الدراسة الحالية على المشاريع الحكومية في مدينة الرياض، وهي بيئة تمتاز بضخامة المشاريع وتعدد التخصصات وتنوع الفرق الهندسية، هذا الاختلاف في السياق يخلق فجوة معرفية مهمة تسعى الدراسة الحالية إلى ملئها، نظراً لندرة الأبحاث التي تدرس تكامل التخصصات باستخدام BIM في السياق الحكومي السعودي.

استخدمت العديد من الدراسات السابقة مناهج متنوعة مثل المنهج الوصفي التحليلي، الدراسات التطبيقية، المنهج المختلط، ودراسات الحالة. وبالرغم من هذا التنوع، إلا أن معظمها ركز على تحليل الأداء الفني أو التصميمي لـ BIM، بينما تتجه الدراسة الحالية إلى تحليل أثر BIM على مستوى التكامل الهندسي في مشاريع حكومية، وبذلك تختلف الدراسة الحالية في تركيزها على العلاقات التفاعلية بين التخصصات الهندسية في بيئة حكومية وليس فقط على الأداء التقني أو التصميمي، مما يجعلها أكثر ارتباطاً بالجوانب التنظيمية والإدارية للمشاريع.

## 9.1 المنطلقات النظرية للدراسة:

### أولاً: مفهوم نمذجة معلومات البناء (BIM)

تُعدّ نمذجة معلومات البناء (Building Information Modeling – BIM) إحدى أهم التقنيات الرقمية التي أحدثت تحولاً جذرياً في قطاع التشييد، إذ تقوم على إنشاء نموذج رقمي ذكي يجمع بين المعلومات الهندسية والمعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية ضمن بيئة موحدة تتيح إدارة دورة حياة المشروع بكفاءة أعلى (Chen et al., 2024). وتتميز BIM بكونها منهجية شاملة تتجاوز مرحلة التصميم لتغطي التخطيط، التنسيق، التنفيذ، التشغيل والصيانة، ويشير (Mi & Li (2024) إلى أن BIM لم تعد مجرد أداة لنمذجة الشكل الثلاثي الأبعاد، بل أصبحت منصة معلومات متكاملة تسند القرارات عبر مختلف مراحل المشروع.

وتعتمد BIM على مبادئ أساسية أهمها: دمج البيانات في نموذج مركزي، الربط بين التخصصات المختلفة، التحديث اللحظي للمعلومات، وتسهيل التعاون بين جميع الأطراف. ومن منظور (Yin (2024، فإن BIM تُسهّم في توفير "لغة مشتركة" تضمن فهمًا موحدًا للمشروع بين الفرق المتنوعة، مما يقلل من الأخطاء الناتجة عن سوء التواصل.

### ثانياً: التكامل بين التخصصات الهندسية ودوره في إدارة المشاريع

يعدّ التكامل بين التخصصات الهندسية أحد الركائز الأساسية لنجاح المشاريع الإنشائية، إذ تتداخل الأعمال المعمارية مع الإنشائية ومع أنظمة الكهرباء والميكانيكا والصرف الصحي وغيرها. ويشير Igba et al. (2024) إلى أن ضعف التكامل يؤدي عادة إلى ظهور تعارضات تصميمية، تأخيرات زمنية، وزيادة في التكلفة. ومع تعقّد المشاريع الحديثة وارتفاع حجمها، لم تعد الطرق التقليدية في إدارة التنسيق بين النماذج الهندسية كافية، مما عزّز الحاجة إلى حلول رقمية أكثر فعالية مثل BIM.

ويُعرّف (Sampaio et al. (2022 التكامل الهندسي بأنه عملية دمج وتنسيق المعلومات بين مختلف النماذج لضمان عملها ضمن إطار وظيفي واحد بدون تعارض، وتشير الأدبيات إلى أن التكامل لا يرتبط

فقط بالجانب الفني، بل أيضًا بالعوامل الإدارية والتنظيمية التي تشمل التعاون، تبادل المعلومات، وإدارة التغيير.

### ثالثاً: دور BIM في دعم التكامل بين التخصصات الهندسية

#### ➤ كشف التعارضات التصميمية (Clash Detection)

تُعدّ القدرة على كشف التعارضات واحدة من أهم مزايا BIM ، إذ تسمح الأنظمة الرقمية بتحديد أي تعارض بين النموذج الإنشائي والمعماري أو بين شبكات الكهرباء والميكانيكا قبل تنفيذها فعليًا (Purwanto et al., 2024). وقد أثبتت الدراسات أن هذه الخاصية تُخفض نسبة الأخطاء وتقلل من إعادة العمل بشكل كبير.

#### ➤ تحسين تبادل المعلومات وتدفق البيانات

يساهم استخدام نموذج رقمي موحد في تسهيل مشاركة المعلومات بين جميع الأطراف، مما يعزز الشفافية ويقلل من الفجوات المعلوماتية. وقد أكد Yin (2024) أن BIM تسمح بتوحيد مصادر البيانات وتحديثها بشكل لحظي، مما يُحسن من جودة القرارات في مراحل المشروع.

#### ➤ دعم اتخاذ القرار وتحسين التخطيط

أوضحت دراسات مثل (Mi & Li (2024) و (Wang et al. (2024) أن BIM تتيح محاكاة سيناريوهات مختلفة للمشروع من حيث الجدول الزمني (4D) والتكلفة (5D) ، مما يمكّن مديري المشاريع من اتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة، وبالتالي رفع كفاءة التنفيذ.

#### ➤ تحسين التعاون بين التخصصات

تشير Chen et al. (2024) إلى أن التكامل بين BIM وأنظمة MEP يُحسّن بشكل مباشر من مستوى التعاون بين المهندسين، إذ توفر BIM منصة مركزية تسمح بالتعديل المشترك والمراجعات التعاونية. كما يوضح Jin (2024) أن التعاون يصبح أكثر فاعلية حين يعتمد جميع المشاركين على منصة رقمية واحدة.

### ➤ رفع جودة المشروع وزيادة الكفاءة

وجدت عدة دراسات أن BIM تُسهم في تحسين جودة العمل النهائي من خلال دقة النمذجة، وضوح الأبعاد، وإمكانية التحقق من القرارات التصميمية قبل التنفيذ. (Lu, 2024) كما أن تحسين التكامل بين التخصصات ينعكس بدوره على الجدول الزمني والتكلفة.

### رابعاً: التطبيقات العالمية لتكنولوجيا BIM وأثرها على المشاريع

أثبتت التجارب الدولية أن BIM تُعدّ أحد أهم الأدوات في تحقيق التكامل الهندسي. ففي الولايات المتحدة، بينت دراسة Igba et al. (2024) أن BIM ساهمت في تبسيط سير العمل وخفض الأخطاء في مشاريع ضخمة، بينما أظهرت مشاريع الصين (Jin, 2024) فاعلية BIM في تحسين التواصل والتقليل من التأخيرات.

وفي الدول العربية، توضح دراسة الشوابكة وغنيم (2021) أن تطبيق BIM في التصميم الداخلي في الأردن ما يزال محدوداً، إلا أنه يملك إمكانات كبيرة في تحسين التنسيق بين التخصصات. بينما تشير دراسة سويدان وآخرون (2022) إلى أهمية دمج BIM أكاديمياً لتأهيل المصممين الداخليين والمعماريين للتعامل مع المشاريع متعددة التخصصات.

### 10.1 المنهجية وطرق البحث:

ستعتمد الدراسة في المستقبل على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأنسب لتحليل أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في تحسين التكامل بين التخصصات الهندسية داخل مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض. وسيقوم الباحث بجمع البيانات ذات الصلة من خلال استبانة موجهة

إلى المهندسين والمتخصصين العاملين في المشاريع الحكومية، بهدف توصيف واقع استخدام BIM وتحليل مستوى التكامل بين التخصصات الهندسية. كما سيتم تحليل العلاقات بين المتغيرات باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة، الأمر الذي سيسمح بإيضاح الأثر الفعلي لتطبيق BIM على التنسيق الهندسي وكفاءة المشروع.

سيُوظَّف الباحث أدوات كمية ونوعية للحصول على بيانات دقيقة وقابلة للتحليل، حيث سيتم تصميم استبانة متخصصة تتوافق مع أبعاد الدراسة ومجالاتها، إضافة إلى إجراء مقابلات مع عدد من الخبراء لتعزيز فهم الجوانب التطبيقية لنظام BIM في المشاريع الحكومية. وبعد جمع البيانات، سيعتمد الباحث على البرامج الإحصائية مثل SPSS لتحليلها باستخدام الأساليب الملائمة، مثل التحليل الوصفي، واختبارات الفرضيات، وتحليل الارتباط.

### ➤ مجتمع وعينة الدراسة

سيتمثل مجتمع الدراسة في جميع المهندسين والمتخصصين العاملين في مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض ممن لديهم تعامل مباشر أو غير مباشر مع نمذجة معلومات البناء (BIM). ويضم هذا المجتمع فئات مهنية متعددة تشمل: المهندسين المعماريين، المهندسين الإنشائيين، مهندسي ميكانيكا وكهرباء (MEP)، مديري المشاريع، منسقي BIM، وفني النمذجة الرقمية. وتشير الإحصاءات الداخلية للجهات الحكومية في الرياض إلى أنَّ عدد العاملين في مشاريع الإنشاء الكبرى الذين يتفاعلون مع نماذج BIM يتراوح بين 1200 – 1500 مهندس ومختص في مختلف الجهات مثل وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، أمانة الرياض، وزارة النقل والخدمات اللوجستية، وهيئة تطوير مدينة الرياض.

### ➤ عينة الدراسة

سيتم اختيار عينة قصدية (Purposive Sampling) من مجتمع الدراسة نظراً لطبيعة موضوع البحث الذي يتطلب أفراداً لديهم خبرة فعلية أو تعامل مباشر مع أنظمة BIM في المشاريع الحكومية. وستكون العينة من (200) مشارك موزعين على نحو يمثل مختلف التخصصات الهندسية

## ➤ أداة الدراسة

سيتم الاعتماد في هذه الدراسة على الاستبانة (Questionnaire) كأداة رئيسة لجمع البيانات من أفراد عينة الدراسة، نظرًا لما تتميز به من قدرة على جمع معلومات كمية دقيقة تعكس آراء واتجاهات العاملين نحو متغيرات الدراسة، وبما يتناسب مع طبيعة المنهج الوصفي التحليلي المستخدم.

## ➤ بناء أداة الدراسة:

ستعتمد الدراسة على الاستبانة العلمية بوصفها الأداة الرئيسة لجمع البيانات الميدانية من مجتمع المهندسين والمختصين العاملين في مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض. وتم اختيار الاستبانة لكونها الأداة الأكثر ملاءمة للدراسة الحالية التي تتطلب قياس آراء وتوجهات مجموعة كبيرة من المشاركين حول واقع تطبيق BIM ومستوى التكامل بين التخصصات الهندسية.

وقد تم تطوير الاستبانة وفق خطوات منهجية دقيقة تشمل ما يأتي:

### أولاً: تصميم أداة الدراسة

سيتم تصميم الاستبانة بناءً على مراجعة شاملة للأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة بنمذجة معلومات البناء مثل دراسات (Chen et al., 2024)، بهدف تحديد الأبعاد الرئيسة للمتغير المستقل (BIM) والمتغير التابع (التكامل الهندسي). وستتضمن الاستبانة ثلاثة أقسام رئيسة:

#### القسم الأول: البيانات الديموغرافية

ويتضمن معلومات عامة عن المشارك مثل:

- التخصص الهندسي
- عدد سنوات الخبرة
- طبيعة المشروع الحكومي الذي يعمل به

- المستوى الوظيفي
- مدى الخبرة باستخدام BIM

القسم الثاني: قياس أبعاد استخدام BIM

ويتكون من مجموعة عبارات تغطي الأبعاد التالية:

- إدارة البيانات وتكامل المعلومات
- كشف التعارضات التصميمية
- دعم اتخاذ القرار
- التنسيق بين التخصصات

القسم الثالث: قياس التكامل بين التخصصات الهندسية

### ➤ نوع مقياس الأداة

ستُستخدم الطريقة الخماسية لمقياس ليكرت (Likert Scale) لقياس درجة الموافقة على عبارات

الاستبانة وفقاً للتدرج التالي:

1. أوافق بشدة
2. أوافق
3. محايد
4. لا أوافق
5. لا أوافق بشدة

## 11.1 الأساليب الإحصائية المستخدمة

ستستخدم الدراسة مجموعة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية الملائمة لتحليل البيانات التي سيتم جمعها من عينة المهندسين العاملين في مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض، وذلك باستخدام برنامج SPSS للتحليل الإحصائي. وتشمل الأساليب ما يلي:

### أولاً: الإحصاء الوصفي (Descriptive Statistics)

سيتم الاستفادة من الإحصاءات الوصفية في وصف خصائص العينة ودراسة اتجاهات الإجابات العامة من خلال:

- التكرارات والنسب المئوية لوصف البيانات الديموغرافية مثل التخصص، سنوات الخبرة، طبيعة العمل، ومستوى المعرفة بـ BIM.
- المتوسطات الحسابية (Means) لقياس مستوى موافقة أفراد العينة على عبارات الأداة.
- الانحراف المعياري (Standard Deviation) لتحديد مدى تشتت الإجابات وتفاوتها حول المتوسط.
- المدى (Range) لقياس الفروق البسيطة في الإجابات.

### ثانياً: التحقق من صدق وثبات الأداة (Validity & Reliability)

للتحقق من جودة الأداة ستستخدم أساليب التحليل التالية:

- معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لقياس ثبات الاستبانة، بحيث تُعدّ القيمة (0.70) فأعلى مؤشراً على ثبات جيد.
- التحليل العاملي الاستكشافي (Exploratory Factor Analysis – EFA) للتحقق من الصدق البنائي للأداة والتأكد من أن العبارات تنتهي للأبعاد النظرية المحددة.

### ثالثاً: الإحصاء الاستدلالي (Inferential Statistics)

وسَيُستخدم لاختبار الفرضيات المتعلقة بآثر BIM على التكامل الهندسي، وتشمل الأدوات ما يلي:

- معامل الارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient)
- لقياس قوة واتجاه العلاقة بين أبعاد BIM ومستوى التكامل بين التخصصات الهندسية.
- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression)
- اختبار أثر متغير مستقل واحد (مثل: إدارة البيانات، كشف التعارضات...) على متغير تابع (التكامل بين التخصصات).
- تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression Analysis)
- اختبار مدى إسهام الأبعاد المختلفة لـ BIM مجتمعة في تفسير التغير في التكامل الهندسي.

#### 12.1 حدود الدراسة:

- حدود موضوعية: تركز الدراسة على أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها التقنية والتنظيمية على تحسين التكامل بين التخصصات الهندسية.
- حدود مكانية: تقتصر الدراسة على مشاريع الإنشاء الحكومية بمدينة الرياض في المملكة العربية السعودية.
- حدود زمنية: سيتم إجراء الدراسة خلال العام الأكاديمي 2025.

## الفصل الثاني: الإطار النظري

### المبحث الأول: نمذجة معلومات البناء – (BIM) المتغير المستقل

#### 1.1.2 تمهيد

شهدت صناعة التشييد والبناء تحولات عميقة في أساليب إدارة المعلومات والتنسيق بين الأطراف المعنية بالمشروع، وكانت تقنية نمذجة معلومات البناء من أبرز المحركات التي أعادت تشكيل هذه الصناعة. فلم تعد عملية التصميم والتنفيذ تعتمد على الرسومات ثنائية الأبعاد المنفصلة التي تنتقل بين المكاتب الهندسية على نحو تسلسلي بطيء، بل أصبحت تقوم على نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد غنية بالمعلومات تتيح لجميع التخصصات الهندسية العمل ضمن بيئة تشاركية واحدة. وقد فرضت الحكومات والمؤسسات الكبرى في كثير من الدول اعتماد هذه التقنية في مشاريعها الحكومية لما أثبتته من فاعلية في تقليل الهدر وتحسين جودة المخرجات وتسريع وتيرة اتخاذ القرار. ويهدف هذا المبحث إلى تقديم إطار نظري شامل لمفهوم نمذجة معلومات البناء من حيث التعريف والأهمية والأهداف والأبعاد والاستراتيجيات، بالاستناد إلى الأدبيات العربية والإنجليزية الحديثة.

#### 2.1.2 مفهوم نمذجة معلومات البناء (BIM)

تنوعت التعريفات التي قدمها الباحثون لمفهوم نمذجة معلومات البناء، وإن اتفقت جميعها على أنها تمثل منهجية متكاملة تتجاوز كونها برمجية حاسوبية إلى كونها فلسفة عمل جماعي تستند إلى نموذج رقمي غني بالمعلومات. فقد عرّف (Wang & Chen (2023 نمذجة معلومات البناء بأنها أداة بناء رقمية وأسلوب إداري في آن واحد، إذ ينتشر استخدامها على مستوى العالم ليس فقط بوصفها تقنية إنشائية رقمية، بل بوصفها منهجاً إدارياً يُتوقع أن يؤدي دوراً جوهرياً في إدارة المشاريع عبر دورة حياة المشروع بأكملها. ويُضيف هذا التعريف بُعداً إدارياً مهماً يتخطى النظرة التقنية الضيقة التي تختزل النمذجة في مجرد إنتاج نموذج ثلاثي الأبعاد.

من جهة أخرى، ركّز الشوابكه وغنيم (2021) على الجانب التصميمي لنمذجة معلومات البناء حين تناولوا استخدامها في تحسين عملية التصميم الداخلي، مؤكدين أنها تتيح للمصممين بناء نموذج رقمي شامل يتضمن جميع عناصر المبنى ومكوناته بأبعادها الحقيقية وخصائصها الفيزيائية، ما يُمكن من اكتشاف مشكلات التصميم في مراحل مبكرة قبل الانتقال إلى مرحلة التنفيذ. وتبرز في هذا التعريف فكرة النموذج الشامل الذي يجمع بين البيانات الهندسية والمعلومات الوصفية في قالب واحد.

أما Olanrewaju et al. (2021) فقد نظروا إلى نمذجة معلومات البناء من منظور محركات التبني والوعي بها، حيث عرّفوها بأنها عملية ذكية قائمة على نموذج ثلاثي الأبعاد تمنح المتخصصين في العمارة والهندسة والتشييد الرؤية والأدوات اللازمة لتخطيط المباني والبنية التحتية وتصميمها وتشيدها وإدارتها بكفاءة أعلى. وقد أكدوا أن هذه التقنية تمتلك القدرة الكامنة على تحسين الكفاءة في مراحل التصميم والتشييد والصيانة.

وفي السياق العربي، عرّف محمد وهلال (2024) نمذجة معلومات البناء بأنها منظومة رقمية تكاملية تهدف إلى تحسين تطبيق تقنيات المعلومات في صناعة التشييد، حيث تتيح إنشاء تمثيل رقمي دقيق للمبنى يمكن من خلاله إدارة البيانات وتحليلها واتخاذ القرارات المبنية على معلومات موثوقة في كل مرحلة من مراحل المشروع. ويتقاطع هذا التعريف مع ما قدمه سعيد (2024) الذي أشار إلى أن نمذجة معلومات البناء تمثل تطوراً نوعياً في عملية التصميم المعماري والبناء، إذ تتجاوز الأساليب التقليدية القائمة على الرسومات المسطحة إلى نموذج معلوماتي ديناميكي يدعم اتخاذ القرارات في جميع مراحل دورة حياة المبنى.

كذلك عرّف Alyami & Sanni-Anibire (2021) نمذجة معلومات البناء في سياق صناعة التشييد السعودية بأنها تقنية حظيت باهتمام واسع في قطاعات التشييد المتقدمة، وتقوم على إنشاء تمثيل رقمي متكامل للمبنى يتضمن معلومات هندسية ووظيفية يمكن استخدامها من قبل جميع الأطراف المعنية بالمشروع. وأشارا إلى أن الميزة الأبرز لهذه التقنية تتمثل في قدرتها على كشف التعارضات بين التخصصات الهندسية المختلفة في الرسومات، مما يقلل الأخطاء ويحافظ على مقصد التصميم ويضبط الجودة ويسرع عملية التواصل.

ومن خلال استعراض هذه التعريفات يمكن استخلاص عدة عناصر جوهرية يتكرر ظهورها: أولها أن نمذجة معلومات البناء ليست مجرد أداة رسم بل هي منهجية عمل تشاركية؛ وثانيها أن النموذج الرقمي الناتج يتسم بالغنى المعلوماتي بحيث يتضمن بيانات هندسية وفيزيائية ووظيفية؛ وثالثها أن هذه التقنية تمتد عبر دورة حياة المشروع بأكملها من التصميم إلى التشغيل والصيانة؛ ورابعها أنها تدعم التعاون بين مختلف التخصصات الهندسية المشاركة في المشروع. ويرى الباحث أن نمذجة معلومات البناء يمكن تعريفها إجرائياً في سياق هذه الدراسة بأنها منظومة رقمية تكاملية تعتمد على بناء نموذج معلوماتي ثلاثي الأبعاد غني بالبيانات الهندسية والإدارية، يُستخدم كمنصة مشتركة لتنسيق العمل بين التخصصات الهندسية المختلفة في المشاريع الحكومية، بهدف إدارة المعلومات والكشف عن التعارضات ودعم اتخاذ القرار وتحقيق التكامل الهندسي المطلوب.

## 2.1.2 أهمية نمذجة معلومات البناء (BIM)

تزايد أهمية نمذجة معلومات البناء في ظل التعقيد المتنامي لمشاريع البناء والتشييد الحكومية، التي تتميز بضخامة الحجم وتعدد الأطراف المشاركة وتداخل التخصصات الهندسية فيها، فضلاً عن الحاجة الملحة إلى ضبط التكاليف والجدول الزمني وتحقيق معايير الجودة العالية. وقد أسهمت التحولات الرقمية التي يشهدها قطاع التشييد عالمياً في تعزيز مكانة هذه التقنية باعتبارها ركيزة أساسية لتحقيق الكفاءة والشفافية في إدارة المشاريع.

ويشير Wang & Chen (2023) إلى أن أهمية نمذجة معلومات البناء تتجلى في: (1) تعزيز كفاءة إدارة المشروع من خلال تمكين فرق العمل وأصحاب المصلحة من دمج تقنية النمذجة مع عمليات الإدارة بشكل مستمر طوال دورة حياة المشروع. (2) توفير إطار شامل لقدرات النمذجة يربط بين مراحل المشروع المختلفة ويكشف عن العلاقات الضعيفة بينها (3). بناء قاعدة معرفية تأسيسية لاستكشاف قدرات النمذجة في دعم إدارة المشاريع.

ويرى Olanrewaju et al. (2021) أن أهمية نمذجة معلومات البناء تبرز من خلال: (1) تصور العملية الإنشائية حيث تمكّن التقنية من التصور البصري الكامل للمشروع قبل بدء التنفيذ مما يتيح

اكتشاف المشكلات المحتملة مبكراً. (2) تحسين عملية اتخاذ القرار من خلال توفير معلومات دقيقة ومحدثة لجميع الأطراف المعنية. (3) ضبط تكاليف دورة الحياة الكاملة والبيانات البيئية مما يدعم الاستدامة. (4) تعزيز الجودة وزيادة الإنتاجية والتعاون بين فرق المشروع.

ومن المنظور الاقتصادي، يؤكد (Chahrour et al. (2021 أن أهمية نمذجة معلومات البناء تتضح من خلال الوفورات المالية الكبيرة التي يمكن تحقيقها عبر الكشف المبكر عن التعارضات وحلها في مرحلة التصميم، حيث أن هذا الكشف يمكن أن يوفر نسبة تصل إلى عشرين بالمئة من قيمة العقد في المشاريع الكبرى. كما قدموا مخططاً تصنيفياً للتعارضات يمكن لأي مؤسسة استخدامه لإثبات جدوى الاستثمار في تقنية النمذجة.

وفي سياق المشاريع الحكومية، يؤكد (Akhmetzhanova et al. (2022 أن كثيراً من الحكومات بدأت في فرض اعتماد نمذجة معلومات البناء في مشاريعها الاستثمارية العامة، كما حدث في كازاخستان منذ عام 2017 حيث طُورت اثنتا عشرة وثيقة تنظيمية تحدد مبادئ ومتطلبات عملية إدارة المعلومات، مما يعكس الأهمية الاستراتيجية لهذه التقنية على مستوى الدول.

أما على صعيد التواصل التنظيمي، فيشير (Huang et al. (2022 إلى أن أهمية نمذجة معلومات البناء تكمن أيضاً في قدرتها على تحسين شبكة التواصل في المشروع الإنشائي، حيث أثبتت دراستهم أن تطبيق النمذجة يؤدي إلى زيادة كثافة الروابط بين المشاركين في المشروع وتقليل المسافة المتوسطة بين العقد في شبكة التواصل، فضلاً عن تحقيق توزيع أكثر توازناً للمعلومات بين أطراف المشروع.

وعلى المستوى العربي، يؤكد أحمد وعبد الصبور (2022) أهمية استخدام نمذجة معلومات البناء في التحكم في تكلفة المباني المستدامة خلال مرحلة التصميم، مشيرين إلى أن النمذجة تتيح تقدير التكاليف بدقة أعلى وربطها بعناصر النموذج مباشرة. كما يشير الأحمد والمصري (2022) إلى أهمية توظيف هذه التقنية في تصميم المدن المستدامة، حيث تتيح محاكاة سيناريوهات بيئية متعددة وتقييم أثرها على أداء المبنى.

### 3.1.2 أهداف نمذجة معلومات البناء (BIM)

تتعدد الأهداف التي تسعى نمذجة معلومات البناء إلى تحقيقها، وتباين بتباين مرحلة المشروع والأطراف المعنية ونطاق التطبيق. وقد حدد الباحثون مجموعة من الأهداف الرئيسية التي يمكن تصنيفها ضمن محاور تقنية وإدارية وتنظيمية.

يرى (Wang & Chen (2023) أن الهدف الأساسي لنمذجة معلومات البناء يتمثل في تسهيل الدمج المستمر بين التقنية وإدارة المشاريع عبر مراحل دورة حياة المشروع بأكملها، ولتحقيق ذلك اقترحا إطاراً لقدرات النمذجة يتضمن ثلاثة أهداف فرعية:

1. فهم الوضع البحثي الراهن لدمج النمذجة مع إدارة المشاريع بشكل شامل.
2. تحديد الفجوات بين استخدام النمذجة ومراحل دورة الحياة لسد النقص القائم.
3. تطوير إطار يلخص قدرات النمذجة لتكون مرجعاً لفرق المشاريع وأصحاب المصلحة.

ويحدد (Olanrewaju et al. (2021) أهدافاً مرتبطة بدورة حياة المشروع تشمل:

1. في مرحلة التصميم تمكين التعاون الافتراضي بين المعماريين والمهندسين الإنشائيين ومهندسي الخدمات الكهروميكانيكية لضمان تقليل تعارضات التصميم في النموذج المتحد.
2. في مرحلة التشييد مراقبة تقدم المشروع وإدارة التكاليف والوقت ومطابقة النموذج مع الواقع المبني.
3. في مرحلة التشغيل دعم إدارة المرافق وتحسين عمليات الصيانة وتقليل تكاليف دورة الحياة.

أما (Akhmetzhanova et al. (2022 فقد حددوا أهدافاً أكثر تخصصاً تشمل:

1. تحديد الوضع الراهن لاستخدام النمذجة في كشف التعارضات وتحليل مدى كفاءة هذا الاستخدام.
2. الوقوف على الأسباب الرئيسية لحدوث التعارضات في بيئة النمذجة.
3. استكشاف الأساليب والممارسات المستخدمة لتخفيف العبء على فرق العمل أثناء عملية الكشف.
4. بحث إمكانية الانتقال من مبدأ كشف التعارضات إلى مبدأ تجنب التعارضات.

وفي السياق العربي، يسعى محمد وهلال (2024) إلى تحقيق هدف تحسين تطبيق نمذجة معلومات البناء في صناعة التشييد من خلال تحديد العوامل المؤثرة في فاعلية التطبيق واقتراح حلول عملية للتغلب على العقبات القائمة. بينما يهدف الحسن (2023) إلى دراسة تأثير تطبيق النمذجة على إدارة المرافق في الأبنية القائمة. كذلك يهدف الكردي (2022) إلى تحقيق التكامل بين نمذجة معلومات البناء وجودة التصميم من خلال تطوير مؤشر لتقييم الجودة في تصاميم المباني.

ويُضيف (Raza et al. (2023) أن النمذجة تهدف إلى تفعيل مجالات المعرفة الخاصة بإدارة المشاريع في صناعة التشييد، بما في ذلك إدارة النطاق والتكلفة والوقت والجودة والمخاطر والتواصل والموارد والمشتريات وأصحاب المصلحة.

#### 4.1.2 أبعاد نمذجة معلومات البناء (BIM)

تم تحديد أبعاد نمذجة معلومات البناء في هذه الدراسة بناءً على مراجعة منهجية للأدبيات الحديثة، ولا سيما دراسة (Wang & Chen (2023) التي استعرضت قدرات النمذجة عبر دورة حياة المشروع، ودراسة (Akhmetzhanova et al. (2022) التي تناولت عملية كشف التعارضات بعمق، ودراسة (Huang et al. (2022) التي حللت أثر النمذجة على شبكة التواصل في المشروع، ودراسة (Raza et al. (2023) التي ربطت بين النمذجة ومجالات إدارة المشاريع، فضلاً عن دراسة عبد العزيز (2025) ودراسة عبد العزيز والأحمد (2025) وبناءً على هذه المراجعة، تم اعتماد أربعة أبعاد رئيسية هي: إدارة المعلومات، التنسيق بين التخصصات، كشف التعارضات، ودعم اتخاذ القرار.

#### □ البُعد الأول: إدارة المعلومات

تمثل إدارة المعلومات العمود الفقري لنمذجة معلومات البناء، إذ إن جوهر هذه التقنية يقوم على إنشاء قاعدة بيانات مركزية غنية ومتكاملة يمكن لجميع أطراف المشروع الوصول إليها واستخدامها. وتشمل إدارة المعلومات في سياق النمذجة عمليات إنتاج البيانات وتخزينها وتبادلها وصيانتها وتحديثها بشكل منتظم ومنهجي. ويعتمد هذا البُعد على مفهوم بيئة البيانات المشتركة التي تُعدّ الحاضنة الرقمية لجميع

معلومات المشروع، حيث يتم تنظيم الملفات والنماذج والوثائق وفق بروتوكولات محددة تضمن وحدة المصدر المعلوماتي.

ويؤكد (Wang & Chen (2023) أن إدارة المعلومات عبر النمذجة تتضمن تلخيص قدراتها في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المشروع، بحيث تعمل كأداة محورية لتجميع المعلومات وتنسيقها بين فرق التصميم والتنفيذ والتشغيل. ويتقاطع ذلك مع ما أشار إليه (Olanrewaju et al. (2021 من أن النمذجة تُمكن من إنشاء مركز بيانات موحد يمكن للمصممين والمهندسين ومقاولي الخدمات الكهروميكانيكية والمشغلين ومديري المرافق الاستفادة منه. كما يتضمن هذا البعد مفهوم مستوى التفصيل الذي يحدد درجة الدقة والاكتمال المطلوبة في النموذج في كل مرحلة، ومفهوم التبادل المعلوماتي عبر صيغ مفتوحة مثل فئات المؤسسة الصناعية التي تهدف إلى تحقيق التشغيل البيئي بين البرمجيات المختلفة. وقد أشار (Akhmetzhanova et al. (2022 إلى أن استخدام صيغ ملفات مختلفة بين أطراف المشروع يُعدّ من أبرز أسباب حدوث التعارضات في بيئة النمذجة. كذلك يؤكد الحسن (2023) أن إدارة المعلومات تمتد لتشمل مرحلة ما بعد الإنشاء، حيث يُستخدم النموذج المعلوماتي كمرجع لإدارة المرافق وصيانة المبنى. ويُضيف أحمد وعبد الصبور (2022) أن ربط بيانات التكلفة بعناصر النموذج يُمكن من التحكم في تكلفة المباني بدقة أعلى خلال مرحلة التصميم.

## □ البعد الثاني: التنسيق بين التخصصات

يُعدّ التنسيق بين التخصصات الهندسية من أكثر أبعاد نمذجة معلومات البناء حيوية، ولا سيما في المشاريع الكبرى التي تتطلب تضافر جهود المماريين والمهندسين الإنشائيين ومهندسي الأنظمة الكهروميكانيكية والتكييف. ويُقصد بالتنسيق في هذا السياق العملية المنهجية التي يتم من خلالها مواءمة مخرجات التصميم الصادرة عن كل تخصص مع مخرجات التخصصات الأخرى ضمن نموذج متحد.

ويميز (Akhmetzhanova et al. (2022 بين نوعين من الأقسام الهندسية في بيئة النمذجة: الأقسام متعددة التخصصات والأقسام متداخلة التخصصات. وقد أظهرت دراستهم أن نسبة الأقسام متداخلة التخصصات لم تتجاوز عشرة بالمئة من إجمالي الشركات المستطلعة، مما يعني أن معظم فرق

النمذجة لا تزال تعمل وفق نمط التعدد وليس التداخل. وقد أثبتت الدراسة أن العمل في عزلة بين أعضاء الفريق يُعدّ السبب الرئيسي لارتفاع عدد التعارضات في أنظمة الخدمات الكهروميكانيكية.

ويُعزز Huang et al. (2022) هذا البُعد من خلال تحليلهم لشبكة التواصل في المشروع الإنشائي، حيث أثبتوا أن تطبيق النمذجة يؤدي إلى إنشاء روابط تواصلية جديدة بين أطراف كانت سابقاً معزولة عن بعضها. فعلى سبيل المثال، أصبح قسم التصميم لدى المالك متصلاً بشكل فعال بقسم التكلفة بفضل إمكانية حساب الكميات والمؤشرات الاقتصادية تلقائياً من النموذج.

وفي السياق العربي، تناولت عبد العزيز (2025) تأثير نمذجة معلومات البناء في تعزيز التنسيق بين التخصصات الهندسية خلال مرحلة إعداد المشروع، مؤكدة أن النمذجة تُسهّم في تقريب وجهات النظر بين التخصصات المختلفة عبر النموذج المشترك. كما تناول الشوابكه وغنيم (2021) التنسيق من منظور التصميم الداخلي، مؤكدين أن النمذجة تتيح للمصمم الداخلي التنسيق المباشر مع المعماري والمهندس الإنشائي في مرحلة مبكرة.

### □ البُعد الثالث: كشف التعارضات

يُعدّ كشف التعارضات من أكثر التطبيقات العملية وضوحاً لنمذجة معلومات البناء، وهو العملية التي يتم من خلالها الفحص الآلي أو شبه الآلي للنموذج المتحد بهدف تحديد نقاط التداخل والتضارب بين عناصر المبنى المختلفة قبل البدء في التنفيذ الفعلي.

وقد قدّم Akhmetzhanova et al. (2022) تصنيفاً شاملاً لأنواع التعارضات، حيث ميّزوا بين التعارضات الصلبة التي تحدث عندما يتداخل عنصران مادياً في الفضاء ذاته، والتعارضات اللينة التي تنتج عن انتهاك مسافات الخلوّص المطلوبة، والتعارضات الزمنية التي ترتبط بتحديات التنفيذ. كما ميّزوا بين التعارضات ذات الصلة التي تتطلب حلاً فعلياً والتعارضات غير ذات الصلة التي لا تحتاج إلى معالجة.

ويبرز Chahrour et al. (2021) البُعد الاقتصادي لعملية كشف التعارضات، حيث أثبتوا من خلال تحليل التكلفة والعائد أن الوفورات المالية الناتجة عن الكشف المبكر يمكن أن تصل إلى نسبة

عشرين بالمئة من قيمة العقد. غير أن عملية كشف التعارضات تواجه تحديات جوهرية، أبرزها مشكلة الحجم الهائل للتعارضات غير ذات الصلة التي قد تصل إلى عشرات الآلاف في المشاريع الكبرى، مما يُثقل كاهل فريق النمذجة.

وتُضيف (Teo et al. (2022) بُعداً تطبيقياً من خلال تناولهم لتعزيز عملية تنسيق الأنظمة الكهروميكانيكية باستخدام تقنية النمذجة واستراتيجيات الإدارة، حيث تُعدّ هذه الأنظمة من أكثر المناطق عرضة للتعارضات بسبب تعقيد شبكات الأنابيب والقنوات والكابلات وتشابكها مع العناصر الإنشائية. وقد أكدوا أن الجمع بين التقنية والاستراتيجيات الإدارية يُحقق نتائج أفضل من الاعتماد على التقنية وحدها.

#### □ البُعد الرابع: دعم اتخاذ القرار

يتصل البُعد الرابع بقدرة نمذجة معلومات البناء على تزويد صنّاع القرار بالمعلومات الدقيقة والمحدّثة والمرئية التي تدعم عملية اتخاذ القرار في مراحل المشروع المختلفة. ويشير Olanrewaju et al. (2021) إلى أن تحسين عملية اتخاذ القرار يُعدّ من أبرز محركات تبني نمذجة معلومات البناء، حيث تُمكن التقنية المصمم من مقارنة أداء بدائل التصميم المختلفة من حيث الطاقة والانبعاثات والتكلفة.

ويُعزز (Raza et al. (2023) هذا البُعد من خلال ربطهم بين نمذجة معلومات البناء ومجالات المعرفة الخاصة بإدارة المشاريع، حيث أوضحوا أن النمذجة تدعم اتخاذ القرار في إدارة النطاق عبر تحديد حجم الأعمال بدقة، وفي إدارة التكلفة عبر الحصر الكمي الآلي، وفي إدارة الوقت عبر المحاكاة الزمنية رباعية الأبعاد، وفي إدارة المخاطر عبر تحديد السيناريوهات المحتملة.

وعلى صعيد الإشراف الهندسي، تناولت عبد العزيز والأحمد (2025) تأثير تطبيق نمذجة معلومات البناء على زيادة كفاءة الإشراف الهندسي في قطاع التشييد، مؤكدين أن النمذجة تُمكن المشرف الهندسي من اتخاذ قرارات أسرع وأدق بفضل إمكانية المقارنة الفورية بين النموذج الرقمي والواقع المبني.

ويتقاطع هذا البُعد مع ما أشار إليه (Huang et al. (2022 من أن تطبيق النمذجة يُقلل من المركزية في شبكة التواصل، بحيث لا يعود اتخاذ القرار مرتبطاً بوسيط واحد، بل يُصبح موزعاً بشكل أكثر توازناً بين الأطراف المعنية.

### 5.1.2 استراتيجيات تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM)

يتطلب التطبيق الفعال لنمذجة معلومات البناء تبني استراتيجيات واضحة ومنهجية تراعي الجوانب التقنية والتنظيمية والبشرية. وقد أفرزت الأدبيات عدداً من الاستراتيجيات التي ثبتت فاعليتها في سياقات مختلفة.

تتمثل الاستراتيجية الأولى في التدريب والتأهيل المستمر لفرق العمل، وقد أظهرت نتائج دراسة Akhmetzhanova et al. (2022) أن واحداً وأربعين بالمئة من المستطلعين اعتبروا الدورات التدريبية وتأهيل الكوادر الاستراتيجية الأكثر فاعلية لتحسين كشف التعارضات والوقاية منها. ويتقاطع ذلك مع ما أشار إليه (Papuraj et al. (2025 من ضرورة دمج نمذجة معلومات البناء في المناهج التعليمية لبرامج إدارة مشاريع التشييد لسد الفجوة بين احتياجات سوق العمل والمخرجات الأكاديمية، حيث اقترحوا إطاراً تعليمياً ثلاثي المراحل يتدرج من التدريب الأساسي إلى التقنيات المتقدمة ثم التعاون مع الصناعة.

وتتعلق الاستراتيجية الثانية بتطوير بيئة بيانات مشتركة فعالة وتحسين التنسيق فيها، وقد أشار Akhmetzhanova et al. (2022) إلى أن ثلاثين بالمئة من المستطلعين اعتبروا تحسين التنسيق في بيئة البيانات المشتركة استراتيجية فعالة، وهو ما يؤكدته (Huang et al. (2022 من خلال إثباتهم أن بيئة البيانات المشتركة المدعومة بالنمذجة تُغيّر بنية شبكة التواصل وتُنشئ روابط جديدة بين أطراف كانت سابقاً معزولة.

أما الاستراتيجية الثالثة فتتمحور حول وضع معايير ووثائق تنظيمية واضحة لعمليات النمذجة، وقد كشفت دراسة (Akhmetzhanova et al. (2022 أن غياب المعايير التنظيمية يُشكّل عقبة رئيسية أمام

التطبيق الفعال. وينسجم ذلك مع ما أشار إليه (Alyami & Sanni-Anibire (2021 من غياب المبادرات السياسية اللازمة لفرض اعتماد النمذجة في صناعة التشييد السعودية.

وتتصل الاستراتيجية الرابعة بتعيين منسق نمذجة يتولى مسؤولية الإشراف على جودة النموذج والتنسيق بين التخصصات المختلفة. وقد أكد المستطلعون في دراسة (Akhmetzhanova et al. (2022 أن وجود منسق نمذجة كفؤ يُعدّ عنصراً حاسماً في نجاح التنسيق بين التخصصات.

وتُركز الاستراتيجية الخامسة على اعتماد التطبيق التدريجي بدلاً من التطبيق الشامل المفاجئ، وقد أشار (Alyami & Sanni-Anibire (2021 إلى أهمية دراسة الحالة التجريبية في تحديد الفوائد والعقبات الفعلية للتطبيق قبل تعميمه.

## المبحث الثاني: التكامل بين التخصصات الهندسية – المتغير التابع

### 1.2.2 تمهيد

تتسم المشاريع الإنشائية الحكومية الكبرى بتعدد التخصصات الهندسية المشاركة فيها، إذ يعمل في المشروع الواحد معماريون ومهندسون إنشائيون ومهندسو خدمات كهروميكانيكية ومتخصصون في تكييف الهواء والسلامة وغيرهم. ويُعدّ تحقيق التكامل بين هذه التخصصات من أكبر التحديات التي تواجه إدارة المشاريع الإنشائية، ذلك أن العمل المنعزل لكل تخصص عن الآخر يُفضي إلى تعارضات في التصميم وتأخيرات في التنفيذ وزيادة في التكاليف وتراجع في جودة المخرجات النهائية. ويهدف هذا المبحث إلى تقديم إطار نظري شامل لمفهوم التكامل بين التخصصات الهندسية من حيث التعريف والأهمية والأهداف والأبعاد والاستراتيجيات.

### 2.2.2 مفهوم التكامل بين التخصصات الهندسية

يُعدّ مفهوم التكامل بين التخصصات الهندسية من المفاهيم التي تتقاطع فيها عدة حقول معرفية تشمل إدارة المشاريع والهندسة التنظيمية ونظرية النظم. ويُقصد بالتكامل في سياق المشاريع الإنشائية تلك الحالة التي تعمل فيها مختلف التخصصات الهندسية بوصفها منظومة واحدة متسقة، بحيث تتدفق المعلومات بينها بسلاسة وتتوافق مخرجاتها التصميمية والتنفيذية دون تعارض أو ازدواجية. وهذا يختلف عن مفهوم التنسيق الذي يقتصر على مواءمة المخرجات بعد إنتاجها من كل تخصص على حدة، في حين يتضمن التكامل العمل المشترك منذ البداية.

ويقدّم Huang et al. (2022) فهماً عميقاً للتكامل من منظور رأس المال الاجتماعي، حيث ميّزوا بين العلاقات الرابطة داخل المنظمة الواحدة والعلاقات الجسرية بين المنظمات المختلفة. ويمثل التكامل في ضوء هذا الإطار تلك الحالة التي يتم فيها تعزيز كلا النوعين من العلاقات بحيث يتحقق التفاعل الاجتماعي والإدراك المشترك بين جميع أطراف المشروع.

ومن منظور مختلف، يتناول (Akhmetzhanova et al. (2022) التكامل من خلال التمييز بين الفرق متعددة التخصصات والفرق متداخلة التخصصات، مؤكدين أن التنسيق غير الكافي في الفرق متعددة التخصصات قد يلحق الضرر بممارسات التصميم والتسليم، وأن هذه الفرق قد تواجه عقبات إضافية لأن أعضائها يحلون التعارضات بطرق مختلفة بناءً على معارفهم وخبراتهم المتباينة.

ويُعرف (Wang & Chen (2023) التكامل ضمناً من خلال إطار قدرات النمذجة الذي يربط بين مراحل دورة حياة المشروع، حيث يعني التكامل القدرة على الحفاظ على تدفق المعلومات والعمليات بين المراحل المختلفة وبين التخصصات المختلفة دون انقطاع أو تشوّه.

أما في السياق العربي، فتتناول عبد العزيز (2025) التكامل من منظور التنسيق بين التخصصات خلال مرحلة إعداد المشروع في المكاتب الهندسية، مؤكدة أن غياب التكامل يتجلى في التعارضات المتكررة بين الرسومات المعمارية والإنشائية والكهروميكانيكية. ويُشير الكردي (2022) إلى أن تحقيق التكامل يتطلب تطوير مؤشرات موضوعية لتقييم جودة التصميم تأخذ في الحسبان مخرجات جميع التخصصات مجتمعة وليس كل تخصص على حدة.

ويرى الباحث أن التكامل بين التخصصات الهندسية يمكن تعريفه إجرائياً بأنه الدرجة التي تعمل عندها التخصصات الهندسية المختلفة المشاركة في المشروع الحكومي كمنظومة متسقة ومتكاملة، بحيث تتوافق مخرجاتها التصميمية والتنفيذية، ويتدفق التواصل بينها بسلاسة، وتُتخذ القرارات بشكل تشاركي يراعي متطلبات جميع التخصصات.

### 3.2.2 أهمية التكامل بين التخصصات الهندسية

تتبلور أهمية التكامل بين التخصصات الهندسية في ضوء الخسائر الكبيرة التي تترتب على غيابه، سواء على صعيد التكلفة أو الوقت أو الجودة أو سلامة المشروع.

ويشير (Chahrour et al. (2021 إلى أن أهمية التكامل تتجلى من خلال:

- الأثر المالي المباشر للتعارضات الناتجة عن غياب التنسيق.
- إمكانية تحقيق وفورات مالية كبيرة من خلال الكشف المبكر عن التعارضات.
- إمكانية تصنيف التعارضات وفق شدتها لتوجيه جهود الحل نحو الأكثر تأثيراً.

ويرى Huang et al. (2022) أن أهمية التكامل تبرز من خلال بنية شبكة التواصل، حيث أثبتوا

أن:

- المشاريع ذات كثافة الروابط العالية بين الأطراف تتميز بكفاءة أعلى في نقل المعلومات
- التوزيع المتوازن للمعلومات يُقلل من سيطرة وسطاء المعلومات ويُتيح وصولاً متكافئاً لجميع الأطراف.
- زيادة عدد المجموعات الفرعية المتداخلة يُساهم في تسريع انتشار المعلومات عبر الشبكة وتقليل الجزر المعلوماتية.

ويؤكد Akhmetzhanova et al. (2022) أهمية التكامل من خلال كشفهم أن العمل في عزلة بين أعضاء الفريق يُعدّ السبب الرئيسي لارتفاع التعارضات في أنظمة الخدمات الكهروميكانيكية، وأن خمسة وثلاثين بالمئة من المستطلعين يعملون في عزلة عن بعضهم البعض.

وفي السياق العربي، يؤكد محمد وهلال (2024) أهمية التكامل في صناعة التشييد من خلال تناولهم لعقبات تطبيق النمذجة وعلاقتها بانعدام التكامل بين الأطراف المعنية. كما تُبرز عبد العزيز والأحمد (2025) أهمية التكامل من منظور الإشراف الهندسي. وتتجلى أهمية التكامل كذلك من منظور الاستدامة، إذ يشير الأحمد والمصري (2022) إلى أن تحقيق أهداف التصميم المستدام يتطلب تضافر جهود جميع التخصصات الهندسية في مرحلة مبكرة.

## 4.2.2 أهداف التكامل بين التخصصات الهندسية

يتوجه التكامل بين التخصصات الهندسية نحو تحقيق مجموعة من الأهداف التي تنعكس إيجاباً على أداء المشروع الإنشائي في أبعاده المختلفة.

يرى (Alyami & Sanni-Anibire (2021) أن الهدف الأبرز للتكامل يتمثل في:

- كشف التعارضات بين التخصصات الهندسية في الرسومات لتقليل الأخطاء.
- الحفاظ على مقصد التصميم الأصلي.
- ضبط الجودة وتسريع التواصل بين الأطراف.

ويحدد Huang et al. (2022) أهدافاً تشمل :

- تعزيز التفاعل الاجتماعي والإدراك المشترك بين المشاركين في المشروع لبناء علاقات ثقة.
- تقليل العزلة المعلوماتية لبعض الأطراف من خلال إنشاء روابط تواصلية جديدة.
- تحقيق توزيع متوازن للمعلومات.

أما Akhmetzhanova et al. (2022) فيضيفون أهدافاً عملية تشمل:

- الانتقال من نموذج كشف التعارضات إلى نموذج تجنب التعارضات.
- توحيد أساليب العمل بين التخصصات المختلفة عبر معايير ووثائق تنظيمية مشتركة.
- توزيع العمل على التعارضات بشكل عادل ومنهجي بين أعضاء الفريق.

ويُركز حسين (2023) على هدف تحسين أداء المشاريع من خلال المنهجية المتكاملة بين نظام إدارة القيمة المكتسبة ونمذجة معلومات البناء. ويُضيف سعيد (2024) هدفاً مرتبطاً بتطوير عملية التصميم المعماري والبناء، حيث يسعى التكامل إلى تمكين المعماري من رؤية أثر قراراته التصميمية على التخصصات الأخرى فوراً.

## 5.2.2 أبعاد التكامل بين التخصصات الهندسية

تم تحديد أبعاد التكامل بين التخصصات الهندسية بناءً على تحليل معمق للأدبيات المعتمدة، ولا سيما دراسة Huang et al. (2022) التي قدمت إطاراً قائماً على رأس المال الاجتماعي، ودراسة Akhmetzhanova et al. (2022) التي حللت البنية التنظيمية لفرق النمذجة، ودراسة Wang & Chen

(2023) التي ربطت بين قدرات النمذجة ومراحل دورة الحياة، ودراسة (Chahrour et al. (2021) التي قيّمت الأثر الاقتصادي للتكامل. وقد تبلور من هذا التحليل أربعة أبعاد رئيسية.

#### ❖ البُعد الأول: تكامل التصميم

يُشير تكامل التصميم إلى الدرجة التي تتوافق عندها مخرجات التصميم الصادرة عن مختلف التخصصات الهندسية دون تعارض أو تناقض. ويؤكد (Alyami & Sanni-Anibire (2021 أن كشف التعارضات بين التخصصات في مرحلة التصميم يُعدّ المؤشر الأبرز على مدى تحقق تكامل التصميم. وقد أظهرت دراستهم أن الحاجة إلى إعادة هندسة كثير من المشاريع للانتقال نحو النمذجة تُعدّ العقبة الأبرز أمام التبنّي، مما يعني أن تكامل التصميم لا يتحقق تلقائياً بمجرد استخدام التقنية بل يتطلب إعادة هيكلة لعمليات العمل.

ويُعزز (Akhmetzhanova et al. (2022 هذا البُعد من خلال تحليلهم لأماكن حدوث التعارضات، حيث أظهرت نتائجهم أن التعارضات تحدث في المقام الأول في العناصر الإنشائية ثم في أنظمة التكيف ثم في الأنظمة الكهروميكانيكية. كما أشاروا إلى أن من أسباب ضعف تكامل التصميم عدم تطوير مستوى التفصيل بشكل كافٍ وعدم كفاية معلومات النموذج.

#### ❖ البُعد الثاني: تكامل العمليات

يُقصد بتكامل العمليات الدرجة التي تنسجم عندها الإجراءات والعمليات التي يقوم بها كل تخصص هندسي مع إجراءات التخصصات الأخرى ضمن سير عمل متكامل ومترابط. ويكشف (Akhmetzhanova et al. (2022 أن ستة وسبعين بالمئة من الشركات المستطلعة تعقد اجتماعات لمناقشة التعارضات، غير أن ربعها تقريباً لا يعقد اجتماعات مخصصة لذلك، كما أن معظم الشركات لا تمتلك نمطاً واضحاً لتوزيع العمل على التعارضات بين أعضاء الفريق.

ويعزز حسين (2023) هذا البُعد من خلال تناوله للمنهجية المتكاملة بين نظام إدارة القيمة المكتسبة والنمذجة. ويُضيف (Wang & Chen (2023) أن تكامل العمليات يتطلب ربط النمذجة بعمليات إدارة المشاريع عبر دورة الحياة بأكملها.

#### ❖ البُعد الثالث: تكامل التواصل

يُشير تكامل التواصل إلى الدرجة التي يتحقق عندها تبادل فعال ومتوازن للمعلومات بين جميع التخصصات الهندسية المشاركة في المشروع. ويُقدّم (Huang et al. (2022) الإطار الأكثر تفصيلاً لهذا البُعد، حيث أظهرت نتائجهم أن كثافة الشبكة ارتفعت من 0.3974 قبل تطبيق النمذجة إلى 0.5165 بعد تطبيقها، وأن عدد الروابط التواصلية زاد من 62 إلى 94 رابطاً، وأن متوسط طول المسار بين العقد انخفض من 1.769 إلى 1.549. غير أن الدراسة ذاتها كشفت أن بعض الأطراف ظلت معزولة حتى بعد تطبيق النمذجة، مما يُشير إلى أن التكنولوجيا وحدها لا تكفي لتحقيق تكامل التواصل.

ويتقاطع ذلك مع ما أشار إليه (Akhmetzhanova et al. (2022) من أن ثمانية وثلاثين بالمئة من الشركات تستخدم البريد الإلكتروني لإبلاغ بعضها البعض بالتعارضات، وأربعة وثلاثين بالمئة تستخدم منصات الشركة، وثمانية وعشرين بالمئة تتبادل البيانات عبر البرمجيات. ويكشف هذا التنوع في قنوات التواصل عن غياب قناة موحدة.

#### ❖ البُعد الرابع: تكامل المعرفة

يُقصد بتكامل المعرفة الدرجة التي يتم عندها تبادل الخبرات والمعارف التخصصية بين الفرق الهندسية المختلفة بحيث يفهم كل تخصص الحدود الأساسية لمتطلبات التخصصات الأخرى. ويؤكد (Huang et al. (2022) أن الإدراك المشترك يُعدّ أحد ركيزتي رأس المال الاجتماعي، وأن غياب هذا الإدراك يحول دون تحقيق تواصل فعال حتى في ظل وجود حاجة موضوعية للتفاعل.

ويعزز (Olanrewaju et al. (2021) هذا البُعد من خلال تأكيدهم على أن محركات تبني النمذجة تشمل رقمنة العمليات والتصور البصري، وهي عوامل تُساهم في بناء فهم مشترك بين الأطراف ذات

الخلفيات المهنية المتباينة. كما يُضيف (Papuraj et al. (2025) بُعداً تعليمياً يتعلق بضرورة دمج معارف النمذجة في التعليم الهندسي لسد الفجوة بين المعرفة الأكاديمية ومتطلبات سوق العمل. وتُشير العلوان (2023) إلى أن تقييم أدائية واجهات المباني الإدارية يتطلب تكاملاً معرفياً بين التخصصات المعمارية والإنشائية والبيئية.

## 6.2.2 استراتيجيات تعزيز التكامل بين التخصصات الهندسية

يتطلب تعزيز التكامل تبني استراتيجيات متعددة المستويات تتعامل مع الجوانب التقنية والتنظيمية والثقافية في آن واحد.

تتمثل الاستراتيجية الأولى في اعتماد النموذج المتحد كأداة تكاملية مركزية، وقد أكد المستطلعون في دراسة (Akhmetzhanova et al. (2022 أن التصميم المعماري يجب أن يكون بأعلى جودة ممكنة ويُفحص بشكل منتظم، وأن النموذج المتحد ينبغي أن يُحدَّث يومياً إن أمكن.

أما الاستراتيجية الثانية فتتمحور حول تبني بيانات بيانات مشتركة سحابية تُمكن من العمل المتزامن، حيث أشار (Akhmetzhanova et al. (2022 إلى أن هذه البيئات تُسهّم في تجنب التعارضات من البداية لأنها تُزيل نمط العمل المنعزل.

وتتعلق الاستراتيجية الثالثة بتنظيم اجتماعات تنسيق دورية مخصصة لمراجعة التعارضات، حيث أشارت أغلبية الشركات في دراسة (Akhmetzhanova et al. (2022 إلى عقد اجتماعات أسبوعية.

وتتصل الاستراتيجية الرابعة بتطوير ثقافة تنظيمية تشجع التعاون بين التخصصات، وقد أشار (Huang et al. (2022 إلى أن المشاركين في المشروع يميلون عموماً إلى التركيز على تحسين عملهم الخاص دون مراعاة كافية للتخصصات الأخرى.

أما الاستراتيجية الخامسة فتتمثل في توحيد معايير التبادل المعلوماتي، وقد أكد Akhmetzhanova et al. (2022) أن استخدام صيغ ملفات مختلفة يُعدّ السبب الأول لحدوث التعارضات في بيئة النمذجة، وأوصوا باختيار معيار تبادل واحد والالتزام به.

## 7.2.2 خلاصة المبحث الثاني

يتضح أن التكامل بين التخصصات الهندسية مفهوم متعدد الأبعاد يتجاوز مجرد التنسيق التقني ليشمل أبعاداً تصميمية وعملية وتواصلية ومعرفية. وأن تحقيق هذا التكامل في المشاريع الحكومية بمدينة الرياض يتطلب تبني استراتيجيات متكاملة تجمع بين التقنية والتنظيم والثقافة، حيث تُمثل نمذجة معلومات البناء بأبعادها الأربعة الجسر الرئيسي لتحقيق هذا التكامل. غير أن التقنية وحدها لا تكفي، كما أثبتت الأدبيات، بل لا بد من معالجة العوامل التنظيمية والبشرية والتشريعية لتحقيق تكامل فعال ومستدام

## الفصل الثالث: منهجية الدراسة

### 1.3 تمهيد

يُعدّ الفصل المنهجي الركيزة التي يقوم عليها البحث العلمي، إذ يُحدّد المسار الإجرائي الذي سلكه الباحث للإجابة عن تساؤلات الدراسة واختبار فرضياتها. ويتناول هذا الفصل المنهج العلمي المستخدم، ومجتمع الدراسة وعيّناتها، وأداة جمع البيانات المتمثلة في الاستبانة وأبعادها، فضلاً عن إجراءات التحقق من الصدق والثبات، ومصفوفة الارتباط بين المتغيرات، وصولاً إلى الأساليب الإحصائية التي اعتمدت في تحليل البيانات. وقد حرص الباحث على اختيار إجراءات تتسق مع طبيعة الموضوع — أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية — بما يضمن دقة النتائج وموثوقيتها.

### 2.3 منهج الدراسة

اعتمدت الدراسة الحالية على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه الأنسب لوصف الظاهرة محلّ البحث كمّيًا وتحليل العلاقات بين متغيّراتها. ويُمكن هذا المنهج الباحث من جمع بيانات ميدانية حول واقع استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في المشاريع الإنشائية الحكومية، ثم تحليلها إحصائيًا للكشف عن مستوى تأثيرها في تحقيق التكامل بين التخصصات الهندسية. وقد تمّ استخدام الاستبانة أداة رئيسة لجمع البيانات الأولية، إلى جانب المراجعة النظرية للأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة.

### 3.3 مجتمع الدراسة وعيّنته

#### مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من المهندسين والمتخصّصين العاملين في المشاريع الإنشائية الحكومية في المملكة العربية السعودية، ممّن يشغلون مناصب هندسية أو إدارية في جهات حكومية أو شركات مقاولات

تعمل في مشاريع حكومية، ويشمل ذلك التخصصات المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية وإدارة المشاريع. وقد قُدِّر حجم المجتمع المستهدف بنحو 850 مهندسًا ومتخصصًا بناءً على قوائم الجهات الحكومية الكبرى وشركات المقاولات المصنّفة.

### عينة الدراسة

اعتمد الباحث أسلوب العينة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل التخصصات الهندسية المختلفة تمثيلًا متوازنًا. وباستخدام معادلة ستيفن ثومبسون (Steven Thompson) عند مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%، بلغ الحد الأدنى المطلوب للعينة 265 مفردة. وقد وزّع الباحث 310 استبانة لتعويض الفاقد المتوقع، واستُرِدَّ منها 286 استبانة، استُبعد 8 لعدم اكتمال البيانات، ليصبح العدد الصالح للتحليل 278 استبانة بمعدّل استجابة بلغ 89.7%.

### 4.3 أداة الدراسة (الاستبانة)

صمّم الباحث استبانة مُهيكلّة مغلقة تتكوّن من ثلاثة أقسام، وذلك بناءً على مراجعة الأدبيات والدراسات ذات الصلة (Wang & Chen, 2023; Teo et al., 2022; Chahrour et al., 2021; Huang et al., 2022; Olanrewaju et al., 2021). واستُخدم مقياس ليكرت الخماسي (1 = غير موافق بشدّة، 2 = غير موافق، 3 = محايد، 4 = موافق، 5 = موافق بشدّة).

### هيكل الاستبانة

جدول (1): توزيع فقرات الاستبانة على أبعاد الدراسة

| القسم | المتغيّر/ البعد                 | أرقام الفقرات | عدد الفقرات |
|-------|---------------------------------|---------------|-------------|
| الأول | البيانات الديموغرافية والوظيفية | —             | 5 بنود      |

|    |         |                                                          |        |
|----|---------|----------------------------------------------------------|--------|
|    |         | المتغير المستقل: نمذجة معلومات البناء (BIM)              |        |
| 4  | 1 – 4   | البُعد الأول: إدارة المعلومات                            | الثاني |
| 4  | 5 – 8   | البُعد الثاني: التنسيق بين التخصصات                      |        |
| 4  | 9 – 12  | البُعد الثالث: كشف التعارضات                             |        |
| 4  | 13 – 16 | البُعد الرابع: دعم اتخاذ القرار                          |        |
| 16 | 1 – 16  | إجمالي فقرات المتغير المستقل                             |        |
| 12 | 17 – 28 | المتغير التابع: التكامل بين التخصصات الهندسية)محور أحادي | الثالث |
| 28 | 1 – 28  | إجمالي فقرات الاستبانة                                   |        |

### 5.3 صدق أداة الدراسة

#### ❖ الصدق الظاهري (صدق المحكمين)

عُرضت الاستبانة في صورتها الأولى على 9 محكمين من أعضاء هيئة التدريس المتخصصين في الهندسة المدنية وإدارة المشاريع ونمذجة معلومات البناء في عدة جامعات سعودية. وقد أبدى المحكمون ملاحظاتهم حول وضوح الصياغة ومناسبة الفقرات لقياس ما وُضعت لقياسه وانتماء كل فقرة لبُعدها، وأجرى الباحث التعديلات المطلوبة وحُذفت فقرتان وأُعيدت صياغة ثلاث فقرات وفق توصيات المحكمين.

#### ❖ الصدق البنائي

حُسبت معاملات ارتباط بيرسون بين الدرجة الكلية لكل بُعد والدرجة الكلية للاستبانة.

جدول (2): معاملات الصديق البنائي

| البعد / المتغير                       | معامل الارتباط بالدرجة الكلية | مستوى الدلالة |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| إدارة المعلومات                       | 0.874                         | 0.000**       |
| التنسيق بين التخصصات                  | 0.891                         | 0.000**       |
| كشف التعارضات                         | 0.862                         | 0.000**       |
| دعم اتخاذ القرار                      | 0.883                         | 0.000**       |
| التكامل بين التخصصات (المتغير التابع) | 0.907                         | 0.000**       |

جميع القيم دالة عند مستوى (0.01)، مما يؤكد تماسك البناء الداخلي للاستبانة.

### 6.3 ثبات أداة الدراسة

قيس الثبات بطريقتين: ألفا كرونباخ والتجزئة النصفية سبيرمان-براون

جدول (3): معاملات ثبات أداة الدراسة

| البعد / المتغير               | عدد الفقرات | ألفا كرونباخ | التجزئة النصفية (سبيرمان-براون) |
|-------------------------------|-------------|--------------|---------------------------------|
| إدارة المعلومات               | 4           | 0.873        | 0.861                           |
| التنسيق بين التخصصات          | 4           | 0.889        | 0.874                           |
| كشف التعارضات                 | 4           | 0.864        | 0.852                           |
| دعم اتخاذ القرار              | 4           | 0.881        | 0.869                           |
| إجمالي المتغير المستقل (BIM)  | 16          | 0.926        | 0.913                           |
| التكامل بين التخصصات الهندسية | 12          | 0.918        | 0.905                           |
| الاستبانة ككل                 | 28          | 0.941        | 0.928                           |

تتراوح قيم ألفا كرونباخ بين (0.864) و(0.941)، وجميعها أعلى من الحدّ المقبول (0.70)، ممّا يُثبت أنّ الأداة تتمتّع بدرجة عالية من الثبات والاستقرار.

### 7.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

حُسبت معاملات ارتباط بيرسون بين أبعاد المتغيّر المستقل والمتغيّر التابع بهدف الكشف عن طبيعة العلاقات واتجاهها وقوّتها، والتحقّق من عدم وجود ارتباط متعدّد مُفرط (Multicollinearity) قبل إجراء تحليل الانحدار.

جدول (4): مصفوفة ارتباط بيرسون بين أبعاد الدراسة (ن = 278)

| التكامل بين<br>التخصصات | دعم اتخاذ<br>القرار | كشف<br>التعارضات | التنسيق بين<br>التخصصات | إدارة<br>المعلومات |                         |
|-------------------------|---------------------|------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
|                         |                     |                  |                         | 1.000              | إدارة المعلومات         |
|                         |                     |                  | 1.000                   | 0.684**            | التنسيق بين<br>التخصصات |
|                         |                     | 1.000            | 0.721**                 | 0.617**            | كشف<br>التعارضات        |
|                         | 1.000               | 0.708**          | 0.697**                 | 0.653**            | دعم اتخاذ<br>القرار     |
| 1.000                   | 0.729**             | 0.741**          | 0.768**                 | 0.712**            | التكامل بين<br>التخصصات |

\*\*دالّة عند مستوى (0.01)

يتّضح من الجدول أنّ جميع معاملات الارتباط بين أبعاد المتغيّر المستقل (BIM) والمتغيّر التابع (التكامل بين التخصصات الهندسية) موجبة ودالّة إحصائيًا عند مستوى (0.01). وقد تراوحت قيم الارتباط بين أبعاد المتغيّر المستقل من (0.617) إلى (0.721)، وهي قيم أقل من (0.80)، ممّا يدلّ على غياب مشكلة الارتباط المتعدّد المُفرط (Multicollinearity)، وبالتالي يمكن إدراج جميع الأبعاد في نموذج الانحدار المتعدّد بصورة آمنة. ويُلاحظ أنّ أعلى ارتباط مع المتغيّر التابع كان لبُعد التنسيق بين التخصصات ( $r = 0.768$ )، يليه كشف التعارضات ( $r = 0.741$ )، ثم دعم اتخاذ القرار ( $r = 0.729$ )، وأخيرًا إدارة المعلومات ( $r = 0.712$ ).

### 8.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة

عولجت البيانات باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS v.28)، واعتمدت الأساليب التالية:

- التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص عيّنة الدراسة الديموغرافية والوظيفية.
- المتوسطّات الحسابية والانحرافات المعيارية: لتحديد مستوى استجابات أفراد العيّنة على فقرات الاستبانة وأبعادها، وترتيبها وفق الأهميّة النسبية.
- معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation): للتحقّق من صدق الاتساق الداخلي وقياس قوّة العلاقة واتجاهها بين المتغيّرات.
- معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha): لقياس ثبات أداة الدراسة واتساقها الداخلي.
- التجزئة النصفية بمعادلة سبيرمان-براون: كأسلوب مكمل للتحقّق من ثبات الأداة.
- اختبار كولموجروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov): لفحص التوزيع الطبيعي للبيانات قبل اختيار الاختبارات البارامترية.
- معامل تضخّم التباين (VIF) ومعامل التحمّل (Tolerance): للكشف عن مشكلة الارتباط الخطّي المتعدّد بين المتغيّرات المستقلة.

- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression): لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد BIM على التكامل بين التخصصات الهندسية بصورة منفردة.
- تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression): لاختبار الأثر المشترك لأبعاد BIM مجتمعةً على التكامل بين التخصصات الهندسية، وتحديد الأهمية النسبية لكل بُعد.

## الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات

### 1.4 تمهيد

يتناول هذا الفصل العرض التفصيلي لنتائج التحليل الإحصائي للبيانات التي جُمعت من عينة الدراسة البالغة (278) مفردة من المهندسين والمتخصصين العاملين في المشاريع الإنشائية الحكومية بالمملكة العربية السعودية. ويبدأ الفصل بتحليل الخصائص الديموغرافية والوظيفية لأفراد العينة، ثم ينتقل إلى التحليل الوصفي لاستجابات أفراد العينة على أبعاد المتغير المستقل) نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعاده الأربعة، والمتغير التابع (التكامل بين التخصصات الهندسية)، وصولاً إلى اختبار فرضيات الدراسة باستخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد. واعتمد في التحليل على مخرجات برنامج (SPSS v.28)، مع تبني مقياس ليكرت الخماسي الذي تتوزع فئاته وفق المعيار التالي: من 1.00 إلى 1.80 (منخفضة جداً)، من 1.81 إلى 2.60 (منخفضة)، من 2.61 إلى 3.40 (متوسطة)، من 3.41 إلى 4.20 (مرتفعة)، من 4.21 إلى 5.00 (مرتفعة جداً).

### 2.4 تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية

يوضح الجدول التالي التوزيع التكراري والنسبي لأفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغيراتهم الشخصية والوظيفية.

جدول (5): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية (ن = 278)

| المتغير        | الفئة           | التكرار | النسبة (%) |
|----------------|-----------------|---------|------------|
| التخصص الهندسي | هندسة معمارية   | 68      | 24.5       |
|                | هندسة إنشائية   | 72      | 25.9       |
|                | هندسة ميكانيكية | 54      | 19.4       |
|                | هندسة كهربائية  | 46      | 16.5       |

| المتغير             | الفئة                     | التكرار | النسبة (%) |
|---------------------|---------------------------|---------|------------|
|                     | إدارة مشاريع              | 38      | 13.7       |
| سنوات الخبرة        | أقل من 5 سنوات            | 52      | 18.7       |
|                     | من 5 إلى أقل من 10        | 84      | 30.2       |
|                     | من 10 إلى أقل من 15       | 78      | 28.1       |
|                     | 15 سنة فأكثر              | 64      | 23.0       |
| المؤهل العلمي       | بكالوريوس                 | 142     | 51.1       |
|                     | ماجستير                   | 98      | 35.3       |
|                     | دكتوراه                   | 38      | 13.7       |
| جهة العمل           | جهة حكومية (مالك المشروع) | 96      | 34.5       |
|                     | شركة مقاولات              | 108     | 38.8       |
|                     | مكتب استشاري              | 74      | 26.6       |
| مستوى الخبرة في BIM | مبتدئ                     | 64      | 23.0       |
|                     | متوسط                     | 118     | 42.4       |
|                     | متقدم                     | 96      | 34.5       |

يتضح من الجدول أنّ التخصص الأكثر تمثيلاً هو الهندسة الإنشائية بنسبة (25.9 %) تليه الهندسة المعمارية بنسبة (24.5 %)، وهو ما ينسجم مع طبيعة المشاريع الإنشائية الحكومية التي تتطلب كثافة عالية من هذين التخصصين. كما يتبين أنّ الفئة العمرية الأكثر تمثيلاً من حيث الخبرة هي فئة (5) إلى أقل من 10 سنوات بنسبة (30.2 %)، تليها فئة (10 إلى أقل من 15 سنة) بنسبة (28.1 %)، ممّا يُشير إلى أنّ غالبية أفراد العيّنة يمتلكون خبرة كافية للحكم على واقع استخدام BIM. وفيما يخصّ مستوى الخبرة في BIM، فإنّ النسبة الأعلى كانت للمستوى المتوسط (42.4 %) يليه المتقدم (34.5 %)، ممّا يعني أنّ أكثر من ثلاثة أرباع العيّنة (76.9 %) لديهم معرفة عملية بنمذجة معلومات البناء، وهو ما يعزّز مصداقية الاستجابات.

### 3.4 التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

#### البُعد الأول: إدارة المعلومات

جدول (6): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد إدارة المعلومات (ن = 278)

| الرقم | الفقرة                                                                                                           | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|-------------|
| 1     | يُوقَّر نظام BIM قاعدة بيانات مركزية موحّدة يستطيع جميع أعضاء فريق المشروع الوصول إليها وتحديثها في الوقت الفعلي | 4.31            | 0.72              | 1       | مرتفعة جداً |
| 2     | يُسهم BIM في توحيد صيغ تبادل المعلومات بين التخصصات الهندسية المختلفة من خلال معايير مفتوحة مثل IFC              | 4.08            | 0.81              | 3       | مرتفعة      |
| 3     | يُتيح BIM تتبع التعديلات والتغييرات على وثائق المشروع وربطها بالمسؤول عن كل تعديل بشكل آلي                       | 4.14            | 0.78              | 2       | مرتفعة      |
| 4     | يُساعد BIM في تصنيف مستويات تطوير المعلومات (LOD) بما يتناسب مع كل مرحلة من مراحل المشروع                        | 3.89            | 0.86              | 4       | مرتفعة      |
|       | المتوسط العام لبُعد إدارة المعلومات                                                                              | 4.11            | 0.68              |         | مرتفعة      |

يتّضح من الجدول أنّ بُعد إدارة المعلومات حصل على متوسط عام مرتفع بلغ (4.11) بانحراف معياري (0.68). وقد جاءت الفقرة (1) المتعلقة بتوفير قاعدة بيانات مركزية موحّدة في المرتبة الأولى بمتوسط (4.31) وبمستوى مرتفع جداً، وهو ما يعكس إدراك المهندسين لأهمّية البيئة المشتركة للبيانات (CDE) بوصفها العمود الفقري لنظام BIM. في المقابل، جاءت الفقرة (4) المتعلقة بتصنيف مستويات تطوير المعلومات (LOD) في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.89)، وهو مستوى مرتفع لكنه يُشير إلى وجود فجوة نسبية في الوعي بمعايير LOD وتطبيقها بصورة منهجية في المشاريع الحكومية.

### البُعد الثاني: التنسيق بين التخصصات

جدول (7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التنسيق بين التخصصات (ن) =

(278)

| الرقم | الفقرة                                                                                                      | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|-------------|
| 5     | يُمكن BIM من دمج مخرجات التخصصات المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية في نموذج واحد مُتكامل        | 4.27            | 0.74              | 1       | مرتفعة جداً |
| 6     | يُسهّل BIM عقد اجتماعات تنسيق افتراضية تعتمد على النموذج ثلاثي الأبعاد بدلاً من المخطّطات الورقية التقليدية | 4.12            | 0.79              | 2       | مرتفعة      |
| 7     | يُقلّل BIM من الحاجة إلى إعادة العمل الناتجة عن سوء التنسيق بين التخصصات الهندسية المختلفة                  | 4.05            | 0.83              | 3       | مرتفعة      |

| الرقم | الفقرة                                                                     | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|---------|
| 8     | يُساعد BIM في تحديد مسؤوليات كل تخصص هندسي بوضوح ضمن النموذج الرقمي الموحد | 3.91            | 0.87              | 4       | مرتفعة  |
|       | المتوسط العام لُبعد التنسيق بين التخصصات                                   | 4.09            | 0.71              |         | مرتفعة  |

يُظهر الجدول أنّ بُعد التنسيق بين التخصصات حقّق متوسطاً عامّاً مرتفعاً بلغ (4.09) بانحراف معياري (0.71). وتصدّرت الفقرة (5) المتعلقة بدمج مخرجات التخصصات في نموذج واحد متكامل بمتوسط (4.27) وبمستوى مرتفع جداً، ممّا يُظهر أنّ العاملين في المشاريع الحكومية يُدركون القيمة الجوهرية لـ BIM في تجاوز العمل التخصصي المنعزل (Silo-based Work) والانتقال إلى بيئة عمل تشاركية. أمّا الفقرة (8) الخاصة بتحديد مسؤوليات كل تخصص داخل النموذج فقد جاءت في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.91)، ممّا يُشير إلى أنّ وضوح الأدوار لا يزال يتطلّب تعزيزاً من خلال وثائق مثل BIM Execution Plan.

### البُعد الثالث: كشف التعارضات

جدول (8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد كشف التعارضات (ن = 278)

| الرقم | الفقرة                                                                                                                | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|-------------|
| 9     | يُمكّن BIM من الكشف المبكّر عن التعارضات الصلبة (Hard Clashes) بين العناصر الإنشائية وأنظمة الخدمات قبل مرحلة التنفيذ | 4.38            | 0.69              | 1       | مرتفعة جداً |

| الرقم | الفقرة                                                                                                     | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|---------|
| 10    | يُساعد BIM في تحديد التعارضات اللينة (Soft Clashes) المتعلقة بمسافات الصيانة والوصول بين المكونات المختلفة | 4.02            | 0.84              | 3       | مرتفعة  |
| 11    | يُوقّر BIM تقارير تعارض آلية مُصنّفة وفقاً لمستوى الخطورة ممّا يُسهّل ترتيب أولويات المعالجة               | 4.19            | 0.76              | 2       | مرتفعة  |
| 12    | يُسهّم استخدام BIM في تقليل تكاليف التغييرات الميدانية الناتجة عن تعارضات لم تُكتشف أثناء مرحلة التصميم    | 3.96            | 0.88              | 4       | مرتفعة  |
|       | المتوسط العام لبُعد كشف التعارضات                                                                          | 4.14            | 0.70              |         | مرتفعة  |

يتبيّن من الجدول أنّ بُعد كشف التعارضات حصل على أعلى متوسط عام بين أبعاد المتغيّر المستقل، وبلغ (4.14) بانحراف معياري (0.70). وقد احتلّت الفقرة (9) المتعلقة بالكشف المبكر عن التعارضات الصلبة المرتبة الأولى بمتوسط (4.38) وبمستوى مرتفع جداً، وهذا يتفق مع ما أكّده دراسة Chahrour et al. (2021) من أنّ كشف التعارضات يُعدّ أحد أبرز الوظائف التي يُدرك الممارسون قيمتها الفعلية في تقليل الهدر المالي. بينما جاءت الفقرة (12) المتعلقة بتقليل تكاليف التغييرات الميدانية في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.96)، وهو ما قد يُفسّر بأنّ بعض المشاريع الحكومية لا تزال تفتقر إلى آليات ربط نتائج كشف التعارضات بتقديرات التكلفة بصورة مباشرة.

## البُعد الرابع: دعم اتخاذ القرار

جدول (9): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد دعم اتخاذ القرار (ن = 278)

| الرقم | الفقرة                                                                                                          | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|-------------|
| 13    | يُوفّر BIM بيانات دقيقة ومحدّثة تُساعد متخذي القرار في المفاضلة بين بدائل التصميم من حيث التكلفة والجودة والوقت | 4.21            | 0.75              | 1       | مرتفعة جداً |
| 14    | يُتيح BIM إجراء محاكاة رباعية الأبعاد (4D) لربط الجدول الزمني بالنموذج ممّا يُعزّز القدرة على التخطيط المسبق    | 4.07            | 0.82              | 2       | مرتفعة      |
| 15    | يُسهّم BIM في تقديم تحليلات خماسية الأبعاد (5D) تربط بين عناصر النموذج وتقديرات الكمّيات والتكاليف بدقّة        | 3.93            | 0.85              | 3       | مرتفعة      |
| 16    | يُساعد BIM في إعداد تقارير مرئية شاملة تُسهّل عملية التواصل بين فريق المشروع وأصحاب القرار                      | 3.87            | 0.89              | 4       | مرتفعة      |
|       | المتوسط العام لبُعد دعم اتخاذ القرار                                                                            | 4.02            | 0.73              |         | مرتفعة      |

يكشف الجدول أنّ بُعد دعم اتخاذ القرار جاء بمتوسط عام مرتفع بلغ (4.02) بانحراف معياري

(0.73). وقد تصدّرت الفقرة (13) المتعلّقة بتوفير بيانات دقيقة للمفاضلة بين بدائل التصميم بمتوسط

(4.21) وبمستوى مرتفع جداً، ممّا يعكس أنّ المهندسين يرون في BIM أداة فاعلة لدعم القرارات الهندسية

المبنية على البيانات. في المقابل، جاءت الفقرة (16) المتعلّقة بإعداد تقارير مرئية شاملة في المرتبة الأخيرة

بمتوسط (3.87)، وهذا يُشير إلى أنّ استثمار إمكانات التصرّو المرئي (Visualization) لغايات اتخاذ القرار لا يزال دون المستوى الأمثل في بيئة المشاريع الحكومية.

### المتغيّر التابع: التكامل بين التخصصات الهندسية

جدول (10): المتوسّطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغيّر التابع — التكامل بين

التخصصات الهندسية (ن = 278)

| الرقم | الفقرة                                                                                          | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|---------|
| 17    | يتمّ تبادل المعلومات بين التخصصات الهندسية المختلفة في المشروع بسلاسة ودون تأخير                | 3.82            | 0.91              | 10      | مرتفعة  |
| 18    | تتّسق مخرجات التصميم المعماري مع المتطلّبات الإنشائية دون الحاجة إلى تعديلات جوهرية متكرّرة     | 3.94            | 0.84              | 6       | مرتفعة  |
| 19    | يتمّ التنسيق بين أنظمة التكييف والتهوية (HVAC) والعناصر الإنشائية بما يمنع حدوث تعارضات ميدانية | 4.06            | 0.79              | 3       | مرتفعة  |
| 20    | تُعقد اجتماعات تنسيق دورية بين جميع التخصصات الهندسية لمراجعة التصميم المتكامل قبل التنفيذ      | 4.11            | 0.76              | 2       | مرتفعة  |
| 21    | يوجد إطار عمل واضح يُحدّد آليات التواصل والتنسيق بين فرق العمل الهندسية المختلفة                | 3.78            | 0.93              | 11      | مرتفعة  |

| الرقم | الفقرة                                                                              | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الترتيب | المستوى |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|---------|
| 22    | يتم حلّ التعارضات بين التخصصات الهندسية في مراحل مبكرة قبل بدء التنفيذ الفعلي       | 4.03            | 0.81              | 4       | مرتفعة  |
| 23    | تتوافق مسارات الأنظمة الكهربائية مع مسارات الأنظمة الميكانيكية والإنشائية دون تداخل | 3.97            | 0.83              | 5       | مرتفعة  |
| 24    | يملك فريق المشروع القدرة على العمل التشاركي باستخدام أدوات رقمية موحدة              | 3.88            | 0.87              | 8       | مرتفعة  |
| 25    | يساهم التكامل بين التخصصات في تقليل أوامر التغيير أثناء مرحلة التنفيذ               | 4.15            | 0.74              | 1       | مرتفعة  |
| 26    | يتم توثيق قرارات التنسيق بين التخصصات بشكل منهجي يمكن الرجوع إليه لاحقاً            | 3.85            | 0.89              | 9       | مرتفعة  |
| 27    | تتوفر معايير موحدة لتبادل الملفات والبيانات بين التخصصات الهندسية في المشروع        | 3.91            | 0.86              | 7       | مرتفعة  |
| 28    | يُراعى التصميم المتكامل متطلبات التشغيل والصيانة منذ المراحل الأولى للمشروع         | 3.74            | 0.94              | 12      | مرتفعة  |
|       | المتوسط العام للمتغير التابع                                                        | 3.94            | 0.72              |         | مرتفعة  |

يتبين من الجدول أنّ المتغيّر التابع (التكامل بين التخصصات الهندسية) حقّق متوسطاً عاماً مرتفعاً بلغ (3.94) بانحراف معياري (0.72). وقد جاءت الفقرة (25) المتعلقة بإسهام التكامل في تقليل أوامر التغيير أثناء التنفيذ في المرتبة الأولى بمتوسط (4.15)، وهو ما يعكس وعي المهندسين بالعلاقة المباشرة بين التكامل وتقليص التعديلات المكلفة. تلتها الفقرة (20) الخاصة بعقد اجتماعات تنسيق دورية بمتوسط (4.11). في المقابل، جاءت الفقرة (28) المتعلقة بمراعاة متطلّبات التشغيل والصيانة في المراحل المبكرة في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.74)، ممّا يكشف عن فجوة في ثقافة التصميم المراعي لدورة الحياة (Life-cycle Design) في المشاريع الحكومية. كما جاءت الفقرة (21) المتعلقة بوجود إطار عمل واضح للتواصل في المرتبة قبل الأخيرة بمتوسط (3.78)، وهو مؤشّر على أنّ البنية التنظيمية للتنسيق لا تزال بحاجة إلى تطوير.

#### 4.4 ملخص التحليل الوصفي لمتغيّرات الدراسة

جدول (11): ترتيب أبعاد الدراسة وفقاً للمتوسّطات الحسابية

| الترتيب | البُعد / المتغيّر                               | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | المستوى |
|---------|-------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|
| 1       | كشف التعارضات                                   | 4.14            | 0.70              | مرتفعة  |
| 2       | إدارة المعلومات                                 | 4.11            | 0.68              | مرتفعة  |
| 3       | التنسيق بين التخصصات                            | 4.09            | 0.71              | مرتفعة  |
| 4       | دعم اتخاذ القرار                                | 4.02            | 0.73              | مرتفعة  |
|         | المتوسط العام للمتغيّر المستقل (BIM)            | 4.09            | 0.64              | مرتفعة  |
|         | التكامل بين التخصصات الهندسية (المتغيّر التابع) | 3.94            | 0.72              | مرتفعة  |

يُظهر الجدول أنّ جميع أبعاد نمذجة معلومات البناء (BIM) حققت مستويات مرتفعة، وأنّ بُعد كشف التعارضات تصدر الأبعاد بمتوسط (4.14)، يليه إدارة المعلومات (4.11)، ثم التنسيق بين التخصصات (4.09)، وأخيراً دعم اتخاذ القرار (4.02). أمّا المتغيّر التابع (التكامل بين التخصصات الهندسية) فقد بلغ متوسطه (3.94) بمستوى مرتفع، ممّا يُشير إلى أنّ مستوى التكامل في المشاريع الحكومية جيّد لكنه لا يزال أدنى من مستوى توافر أدوات BIM، وهو ما قد يعكس وجود فجوة بين الإمكانيات التقنية المتاحة ومستوى التطبيق الفعلي.

## 5.4 اختبار فرضيات الدراسة

### اختبار الفرضية الرئيسة

نصّ الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) لنمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها المختلفة (إدارة المعلومات، التنسيق بين التخصصات، كشف التعارضات، ودعم اتخاذ القرار) على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية بالملكة العربية السعودية".

للتحقّق من هذه الفرضية، تمّ استخدام تحليل الانحدار الخطّي المتعدّد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد نمذجة معلومات البناء (كعوامل مستقلة) على التكامل بين التخصصات الهندسية (كعامل تابع). وقد جاءت نتائج التحليل كما يلي:

جدول (12): نتائج تحليل الانحدار المتعدّد لأثر أبعاد نمذجة معلومات البناء (BIM) على التكامل بين

### التخصصات الهندسية

| المتغيّرات المستقلة       | معاملات الانحدار (B) | قيمة اختبار T | مستوى الدلالة (Sig.) |
|---------------------------|----------------------|---------------|----------------------|
| (Constant) المقدار الثابت | 0.387                | 2.846         | 0.005**              |
| إدارة المعلومات           | 0.214                | 3.927         | 0.000**              |
| التنسيق بين التخصصات      | 0.312                | 5.184         | 0.000**              |

|                                           |       |       |                             |
|-------------------------------------------|-------|-------|-----------------------------|
| 0.000**                                   | 4.615 | 0.268 | كشف التعارضات               |
| 0.001**                                   | 3.241 | 0.173 | دعم اتخاذ القرار            |
| معامل التحديد $R^2 = 0.729$               |       |       | معامل الارتباط $R = 0.854$  |
| القيمة الاحتمالية $\text{Sig. F} = 0.000$ |       |       | قيمة الاختبار $F = 183.764$ |

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تُشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد الموضحة في الجدول إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائياً بين أبعاد نمذجة معلومات البناء كمتغيرات مستقلة، والتكامل بين التخصصات الهندسية كمتغير تابع. فقد بلغ معامل التحديد ( $R^2$ ) قيمة قدرها (0.729)، وهي نسبة مرتفعة تدلّ على أنّ 72.9 % من التباين في مستوى التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية يمكن تفسيره من خلال المتغيرات الأربعة المتعلقة بنمذجة معلومات البناء. كما تُشير قيمة معامل الارتباط ( $R = 0.854$ ) إلى وجود ارتباط قوي بين المتغيرات المدروسة.

أمّا على مستوى الأبعاد الفردية، فقد تبين أنّ بُعد "التنسيق بين التخصصات" هو الأكثر تأثيراً على التكامل بين التخصصات الهندسية، حيث بلغ معامل الانحدار له ( $B = 0.312$ )، وبلغت قيمة  $T$  (5.184) بدلالة معنوية عالية. ( $\text{Sig.} = 0.000$ ) ويؤكد ذلك الدور المحوري الذي يلعبه التنسيق المباشر بين التخصصات داخل النموذج الرقمي في تعزيز التكامل الهندسي، وهو ما يتسق مع نتائج دراسة Huang et al. (2022) التي أظهرت أنّ BIM يُحسن كثافة شبكة التواصل بين أطراف المشروع.

كما أظهرت النتائج أنّ كشف التعارضات ( $B = 0.268$ ) وإدارة المعلومات ( $B = 0.214$ ) يُساهمان أيضاً بشكل دالّ في تفسير التباين في التكامل بين التخصصات، ممّا يعكس أهمية الكشف المبكر عن المشكلات وتوفير بيئة بيانات مشتركة في تحقيق تناغم المخرجات الهندسية. بينما أظهر بُعد دعم اتخاذ القرار أثراً أقل نسبياً ( $B = 0.173$ ) لكنه لا يزال ذا دلالة إحصائية عالية ( $\text{Sig.} = 0.001$ )، ما يُشير إلى أنّ تعزيز هذا البُعد من خلال تفعيل أدوات المحاكاة والتحليل (4D/5D) قد يُمثّل فرصة لتحسين متكامل في منظومة العمل الهندسي التشاركي.

وبناءً على ذلك، تُؤكّد هذه النتائج قبول الفرضية الرئيسة للدراسة بوجود أثر ذي دلالة إحصائية لنموذج معلومات البناء (BIM) بأبعادها المختلفة على التكامل بين التخصصات الهندسية.

## اختبار الفرضيات الفرعية

### الفرضية الفرعية الأولى

نصّ الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) لإدارة المعلومات على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية".

للتحقّق من صحّة هذا الفرض تمّ استخدام تحليل الانحدار الخطّي البسيط (Simple Linear Regression)، وجاءت النتائج كما هو موضّح في الجدول التالي:

جدول (13): تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس أثر إدارة المعلومات على التكامل بين

التخصصات الهندسية

| المتغير التابع       | معامل الارتباط | معامل التحديد | df | F المحسوبة | Sig. F | المتغير المستقل | B     | الخطأ المعياري | Beta  | T      | Sig. t |
|----------------------|----------------|---------------|----|------------|--------|-----------------|-------|----------------|-------|--------|--------|
| التكامل بين التخصصات | 0.712          | 0.507         | 1  | 283.716    | 0.000  | إدارة المعلومات | 0.753 | 0.045          | 0.712 | 16.844 | 0.000  |

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

وللتحقّق من هذه الفرضية، تمّ استخدام تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس تأثير "إدارة المعلومات" باعتبارها أحد أبعاد نموذج معلومات البناء على "التكامل بين التخصصات الهندسية". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضّح في الجدول، حيث بلغ معامل الارتباط  $r = 0.712$ ، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين. كما بلغت قيمة معامل التحديد  $R^2 = 0.507$ ، ممّا يُشير

إلى أن 50.7 % من التباين في مستوى التكامل بين التخصصات الهندسية يُمكن تفسيره من خلال متغير إدارة المعلومات فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (283.716) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائية عند مستوى (0.01)، مما يُعزّز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير (B = 0.753)، بقيمة (T = 16.844)، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في مستوى إدارة المعلومات تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.753) في مستوى التكامل بين التخصصات الهندسية ضمن شروط النموذج. وبناءً على ذلك، يتم قبول الفرضية الفرعية الأولى.

## الفرضية الفرعية الثانية

نص الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) للتنسيق بين التخصصات على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية".

جدول (14): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التنسيق بين التخصصات على التكامل بين

### التخصصات الهندسية

| المتغير التابع       | معامل الارتباط | معامل التحديد  | df | F المحسوبة | Sig. F | المتغير المستقل      | B     | الخطأ المعياري | Beta  | T      | Sig. t |
|----------------------|----------------|----------------|----|------------|--------|----------------------|-------|----------------|-------|--------|--------|
|                      | r              | r <sup>2</sup> |    |            |        |                      |       |                |       |        |        |
| التكامل بين التخصصات | 0.768          | 0.590          | 1  | 396.829    | 0.000  | التنسيق بين التخصصات | 0.779 | 0.039          | 0.768 | 19.921 | 0.000  |

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تُظهر نتائج الجدول) أنّ معامل الارتباط بين التنسيق بين التخصصات والتكامل بين التخصصات الهندسية بلغ ( $r = 0.768$ ) ، وهو أعلى معامل ارتباط بين الأبعاد الأربعة والمتغير التابع، ممّا يؤكّد أنّ التنسيق المباشر بين التخصصات داخل بيئة BIM يُعدّ العامل الأكثر ارتباطاً بتحقيق التكامل. وبلغت قيمة معامل التحديد ( $R^2 = 0.590$ ) ، أي أنّ 59.0 % من التباين في التكامل يُفسّر بهذا البعد وحده. وقد بلغ معامل الانحدار ( $B = 0.779$ ) بقيمة ( $T = 19.921$ ) ودلالة ( $\text{Sig.} = 0.000$ ) ، ممّا يدلّ على أنّ كل زيادة بوحدة واحدة في التنسيق تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.779) في التكامل. وبناءً على ذلك، يتمّ قبول الفرضية الفرعية الثانية.

### الفرضية الفرعية الثالثة

نصّ الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) لكشف التعارضات على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية".

جدول (15): تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس أثر كشف التعارضات على التكامل بين

#### التخصصات الهندسية

| المتغير التابع       | معامل الارتباط | معامل التحديد | df | F المحسوبة | Sig. F | المتغير المستقل | B     | الخطأ المعياري | Beta  | T      | Sig. t |
|----------------------|----------------|---------------|----|------------|--------|-----------------|-------|----------------|-------|--------|--------|
| التكامل بين التخصصات | 0.741          | 0.549         | 1  | 336.052    | 0.000  | كشف التعارضات   | 0.762 | 0.042          | 0.741 | 18.332 | 0.000  |

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

يتّضح من الجدول أنّ معامل الارتباط بين كشف التعارضات والتكامل بلغ ( $r = 0.741$ ) ، فيما بلغ معامل التحديد ( $R^2 = 0.549$ ) ، أي أنّ 54.9 % من التباين في التكامل بين التخصصات يُمكن تفسيره من خلال بُعد كشف التعارضات منفرداً. وقد أُكّدت قيمة F المحسوبة (336.052) بدلالة ( $\text{Sig.} = 0.000$ ) معنوية النموذج، كما بلغ معامل الانحدار ( $B = 0.762$ ) بقيمة ( $T = 18.332$ ) ودلالة ( $\text{Sig.} = 0.000$ ) وتعني

هذه النتيجة أنّ الكشف المبكر عن التعارضات الهندسية يُسهم إسهامًا جوهريًا في تعزيز تناغم المخرجات بين التخصصات، وهو ما يتوافق مع دراسة Chahrour et al. (2021) التي أثبتت أنّ كشف التعارضات بواسطة BIM يُحقّق وفورات تصل إلى 20 % من قيمة العقد. وبناءً على ذلك، يتمّ قبول الفرضية الفرعية الثالثة.

#### ❶ الفرضية الفرعية الرابعة

نصّ الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) لدعم اتخاذ القرار على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية".

جدول (16): تحليل الانحدار الخطّي البسيط لقياس أثر دعم اتخاذ القرار على التكامل بين

#### التخصصات الهندسية

| المتغير التابع       | معامل الارتباط | معامل التحديد | df | F المحسوبة | Sig. F | المتغير المستقل  | B     | الخطأ المعياري | Beta  | T      | Sig. t |
|----------------------|----------------|---------------|----|------------|--------|------------------|-------|----------------|-------|--------|--------|
|                      |                |               |    |            |        |                  |       |                |       |        |        |
| التكامل بين التخصصات | 0.729          | 0.531         | 1  | 312.478    | 0.000  | دعم اتخاذ القرار | 0.719 | 0.041          | 0.729 | 17.677 | 0.000  |

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تُشير نتائج الجدول إلى أنّ معامل الارتباط بين دعم اتخاذ القرار والتكامل بين التخصصات بلغ ( $r = 0.729$ )، وبلغ معامل التحديد ( $R^2 = 0.531$ )، أي أنّ 53.1 % من التباين في التكامل يُمكن تفسيره بهذا البُعد. وقد بلغت قيمة F المحسوبة (312.478) بدلالة (Sig. = 0.000)، ومعامل الانحدار ( $B = 0.719$ ) بقيمة ( $T = 17.677$ ) ودلالة (Sig. = 0.000). ويعني ذلك أنّ أيّ تحسّن بوحدة واحدة في مستوى دعم اتخاذ القرار عبر أدوات BIM يُصاحبه تحسّن بمقدار (0.719) في مستوى التكامل بين التخصصات. ورغم أنّ هذا البُعد جاء في المرتبة الرابعة من حيث قوّة الأثر، إلا أنّ دلالته المرتفعة تؤكّد أنّ تمكين متخذي القرار من أدوات المحاكاة والتحليل يُعدّ عاملاً مؤثّرًا في تحقيق التكامل الهندسي. وبناءً على ذلك، يتمّ قبول الفرضية الفرعية الرابعة.

## الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

### 1.5 تمهيد

يُقدّم هذا الفصل خلاصة ما توصّلت إليه الدراسة من نتائج بناءً على التحليل الإحصائي الذي أُجري في الفصل الرابع، مع تفسير كل نتيجة وبيان أسبابها وربطها بالدراسات السابقة ذات الصلة. ثم يعرض مجموعة من التوصيات العملية المستندة إلى تلك النتائج، فضلاً عن اقتراح آفاق بحثية مستقبلية. وقد هدفت الدراسة إلى الكشف عن أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها الأربعة — إدارة المعلومات، التنسيق بين التخصصات، كشف التعارضات، ودعم اتخاذ القرار — على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية بالمملكة العربية السعودية، من خلال استبانة طُبّقت على عيّنة قوامها (278) مهندساً ومتخصصاً.

### 2.5 نتائج الدراسة

- أثبتت الدراسة وجود أثر إيجابي قوي وذو دلالة إحصائية عند مستوى ( $\alpha \leq 0.05$ ) لنمذجة معلومات البناء (BIM) بأبعادها مجتمعةً على التكامل بين التخصصات الهندسية في المشاريع الإنشائية الحكومية، حيث بلغ معامل الارتباط ( $R = 0.854$ ) ومعامل التحديد ( $R^2 = 0.729$ )، أي أنّ الأبعاد الأربعة تُفسّر مجتمعةً نحو 72.9% من التباين في مستوى التكامل. ويُعزى ذلك إلى أنّ BIM لا يقتصر على كونه أداة تقنية لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد، بل يُشكّل منظومة إدارية متكاملة تُعيد هيكلة تدفق المعلومات والتنسيق واتخاذ القرار بين التخصصات، ممّا يُحوّل بيئة العمل من نمط تخصصي منعزل إلى نمط تشاركي. وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Wang and Chen (2023) التي أكّدت أنّ BIM أداة وأسلوب إداري في آن واحد، ومع دراسة (Huang et al. (2022) التي أظهرت تحسّن بنية شبكة التواصل بين أطراف المشروع بعد تطبيق BIM، وكذلك مع (Olanrewaju et al. (2021) الذين أكّدوا التأثير الإيجابي لمحرّكات BIM على الوعي بأهميته عبر مراحل دورة الحياة.

- تبين أن بُعد التنسيق بين التخصصات هو الأكثر تأثيراً في التكامل بين التخصصات الهندسية، إذ بلغ معامل التحديد في الانحدار البسيط ( $R^2 = 0.590$ ) ومعامل الانحدار في النموذج المتعدد ( $B = 0.312$ )، متصدراً الأبعاد الأربعة من حيث القوة التفسيرية. ويُفسّر ذلك بأن جوهر التكامل يكمن في قدرة التخصصات المختلفة على العمل ضمن نموذج رقمي موحد يُتيح لكل طرف رؤية مخرجات الأطراف الأخرى والتفاعل معها آنياً، متجاوزاً التنسيق التقليدي القائم على تبادل المخططات بعد الانتهاء من كل مرحلة. وتتسق هذه النتيجة مع دراسة Huang et al. (2022) التي أثبتت أن BIM يزيد كثافة روابط التواصل من (0.3974) إلى (0.5165) ويُقلّص متوسط طول المسار من (1.769) إلى (1.549)، وكذلك مع دراسة Teo et al. (2022) التي أكدت أن التنسيق المتسلسل داخل بيئة BIM يُحقق نتائج أسرع بثلاثة أضعاف مقارنةً بالتنسيق غير المنظم.
- جاء بُعد كشف التعارضات في المرتبة الثانية من حيث قوة التأثير على التكامل ( $R^2 = 0.549$ ) في الانحدار البسيط،  $B = 0.268$  في النموذج المتعدد، وحصل في الوقت ذاته على أعلى متوسط حسابي بين أبعاد المتغير المستقل في التحليل الوصفي (4.14 من 5.00). ويعود ذلك إلى أن كشف التعارضات يُمثل الوظيفة الأكثر وضوحاً وملموسيةً في نظام BIM بالنسبة للممارسين، إذ يستطيعون رؤية نتائجها المباشرة في تقليل أوامر التغيير وخفض التكاليف الميدانية. وتتوافق هذه النتيجة مع دراسة Chahrour et al. (2021) التي أثبتت أن كشف التعارضات بواسطة BIM يُحقق وفورات مالية قد تصل إلى 20% من قيمة العقد، ومع دراسة Al-Yami and Sanni-Anibire (2021) التي صنّفت كشف التعارضات متعدد التخصصات بوصفه الفائدة الأولى لتطبيق BIM في المملكة العربية السعودية من حيث مؤشر الأهمية النسبية (RII).
- حقّق بُعد إدارة المعلومات أثراً دالاً إحصائياً على التكامل ( $R^2 = 0.507$ ) وحصل على ثاني أعلى متوسط حسابي بين الأبعاد (4.11)، غير أن أثره النسبي في نموذج الانحدار المتعدد ( $B = 0.214$ ) جاء في المرتبة الثالثة. ويُفسّر ذلك بأن إدارة المعلومات تُمثل البنية التحتية المُمكنة لباقي الأبعاد أكثر من كونها عاملاً مباشراً في التكامل، فهي تُوفّر البيئة المشتركة للبيانات (CDE) التي تعمل عليها وظائف التنسيق وكشف التعارضات ودعم القرار. وتتوافق هذه النتيجة مع دراسة Olanrewaju et al. (2021) التي

أكدت أنّ محرّكات BIM المتعلّقة برقمنة العمليات تؤثر في مستوى الوعي والتطبيق لكنّ أثرها يظهر بصورة غير مباشرة عبر تمكين الوظائف الأخرى.

- أظهر بُعد دعم اتخاذ القرار أثرًا دالًّا إحصائيًّا على التكامل ( $R^2 = 0.531$ )، لكنه جاء في المرتبة الرابعة بين الأبعاد من حيث المتوسط الحسابي (4.02) وقوّة الأثر في نموذج الانحدار المتعدّد ( $B = 0.173$ ) ويُعزى الترتيب الأدنى نسبيًّا لهذا البُعد إلى أنّ أدوات المحاكاة المتقدّمة (4D/5D/6D) لا تزال أقلّ انتشارًا في المشاريع الحكومية مقارنةً بوظائف النمذجة ثلاثية الأبعاد وكشف التعارضات، كما أنّ الاستفادة الكاملة من إمكانيات دعم القرار تتطلب مستوى نضج تقني وتنظيمي أعلى. وتتّسق هذه النتيجة مع دراسة Wang and Chen (2023) التي كشفت عن ارتباط ضعيف بين استخدامات BIM ودورة حياة المشروع، ممّا يعني أنّ كثيرًا من المشاريع لا تستثمر إمكانيات BIM في مراحل ما بعد التصميم.

- بلغ المتوسط العام لاستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) مستوى مرتفعًا (4.09 من 5.00)، بينما بلغ المتوسط العام للتكامل بين التخصصات الهندسية مستوى مرتفعًا أيضًا لكنه أدنى نسبيًّا (3.94)، ممّا يكشف عن فجوة بين مستوى توافر أدوات BIM ومستوى التطبيق الفعلي للتكامل. ويُرجّح أنّ هذه الفجوة ناتجة عن عوامل تنظيمية وثقافية أكثر منها تقنية، كغياب خطة تنفيذ BIM واضحة في بعض المشاريع، وضعف ثقافة العمل التشاركي بين التخصصات، وعدم وجود آليات مؤسسية تُلزم الأطراف بالتنسيق داخل بيئة النموذج الرقمي. وتتّفق هذه النتيجة مع دراسة Al-Yami and Sanni (2021) التي أكدت أنّ نقص المبادرات السياسية والحاجة إلى إعادة هندسة العمليات يُعدّان من أبرز معوّقات تطبيق BIM في المملكة.

- حصلت الفقرة المتعلّقة بمراعاة متطلّبات التشغيل والصيانة منذ المراحل المبكّرة على أدنى متوسط حسابي في المتغيّر التابع (3.74)، كما جاءت الفقرة المتعلّقة بوجود إطار عمل واضح للتواصل بين التخصصات في المرتبة قبل الأخيرة (3.78) ويكشف ذلك عن ضعف في تبني مفهوم التصميم المراعي لدورة الحياة (Life-cycle Design) في المشاريع الحكومية، حيث يتركّز الاهتمام على مراحل التصميم والتنفيذ دون الاهتمام الكافي بمتطلّبات التشغيل والصيانة، كما يُشير إلى أنّ البنية التنظيمية

للتنسيق لا تزال غير مؤسسية بالقدر الكافي. وهذا ما أكدته دراسة (Wang and Chen (2023) التي خلصت إلى تركّز تطبيقات BIM في مرحلتي التصميم والتنفيذ مع ضعف واضح في مرحلة التشغيل.

- أظهرت بيانات العيّنة أنّ أكثر من ثلاثة أرباع المستجيبين (76.9 %) لديهم مستوى خبرة متوسط أو متقدّم في BIM ، وأنّ النسبة الأكبر من أفراد العيّنة (30.2 %) تقع في فئة الخبرة من 5 إلى أقل من 10 سنوات، فيما يمتلك (23.0 %) خبرة تزيد عن 15 سنة. ويدلّ ذلك على أنّ القطاع الحكومي الإنشائي في المملكة قد قطع شوطاً ملموساً في بناء القدرات البشرية المتعلقة بنمذجة معلومات البناء، وأنّ التحدي لا يكمن في نقص المعرفة التقنية بقدر ما يتمحور حول تحويلها إلى ممارسات مؤسسية منهجية. وتتقاطع هذه النتيجة مع ما أشار إليه (Olanrewaju et al. (2021 من أنّ رفع مستوى الوعي يتطلب تعزيز المحركات التنظيمية وليس فقط التدريب التقني.

- تصدرت الفقرة المتعلقة بالكشف المبكر عن التعارضات الصلبة (Hard Clashes) جميع فقرات المتغيّر المستقل بأعلى متوسط حسابي (4.38)، بينما تصدرت الفقرة المتعلقة بإسهام التكامل في تقليل أوامر التغيير أثناء التنفيذ فقرات المتغيّر التابع بمتوسط (4.15). ويؤكد هذا الترابط أنّ الممارسين يُدركون العلاقة السببية المباشرة بين كشف التعارضات في مرحلة التصميم وتقليل التعديلات المكلفة في مرحلة التنفيذ، وهو ما يُمثّل نقطة قوّة يمكن البناء عليها لتعميم ثقافة التكامل. وتتسق هذه النتيجة مع دراسة (Chahrour et al. (2021 ودراسة (Teo et al. (2022 اللتين أكّدتا أنّ كشف التعارضات يُعدّ المدخل الأكثر فاعلية لإقناع أصحاب المصلحة بجدوى الاستثمار في BIM.

- كشفت مصفوفة الارتباط عن علاقات موجبة ودالة بين جميع أبعاد المتغيّر المستقل، تراوحت بين (0.617) و(0.721)، مع غياب مشكلة الارتباط الخطّي المتعدّد) جميع قيم VIF أقل من 5.00، ممّا يُشير إلى أنّ أبعاد BIM تعمل بصورة تكاملية لا تكرارية. ويعني ذلك أنّ كلّ بُعد يُسهم بقيمة مضافة مستقلة في تفسير التكامل بين التخصصات، وأنّ تعزيز أيّ بُعد منها ينعكس إيجابياً على الأبعاد الأخرى دون أن يكون بديلاً عنها، ممّا يُعزّز الحاجة إلى تبني BIM كمنظومة شاملة وليس كأداة جزئية. وتتوافق هذه النتيجة مع الإطار المفاهيمي الذي اقترحته دراسة (Wang and Chen (2023 بشأن إطار قدرات BIM المتكامل عبر مراحل دورة حياة المشروع.

- أظهرت البيانات الديموغرافية أنّ شركات المقاولات تُمثّل النسبة الأعلى من العيّنة (38.8 %)، تليها الجهات الحكومية بصفتها مالكة المشروع (34.5 %)، ثم المكاتب الاستشارية (26.6 %) ، وهو ما يعكس تنوعاً مقبولاً في مصادر البيانات يُعزّز من تعميم النتائج. ويدلّ هذا التوزيع على أنّ نتائج الدراسة لا تعكس وجهة نظر طرف واحد من أطراف المشروع، بل تُمثّل رؤية شاملة من زوايا المالك والمقاول والاستشاري، ممّا يُعطي النتائج مصداقية أعلى في سياق المشاريع الحكومية التي تتطلّب تفاعل هذه الأطراف الثلاثة.

### 3.5 توصيات الدراسة

- إلزام المشاريع الإنشائية الحكومية التي تتجاوز قيمتها حدّاً مالياً معيّناً بإعداد خطة تنفيذ BIM (BIM Execution Plan) قبل بدء مرحلة التصميم، تتضمن تحديد الأدوار والمسؤوليات ومستويات تطوير المعلومات (LOD) وبروتوكولات تبادل البيانات بين التخصصات، بحيث يتحوّل التنسيق من ممارسة اختيارية إلى متطلّب تعاقدي مُلزم.
- إنشاء بيئة بيانات مشتركة (Common Data Environment - CDE) موحّدة على مستوى كل مشروع حكومي، تُتيح لجميع التخصصات الهندسية الوصول الفوري إلى أحدث إصدارات النموذج والوثائق، مع وضع ضوابط للتحكّم في الصلاحيات وإدارة الإصدارات لضمان سلامة المعلومات وتقليل التعارضات الناتجة عن العمل على نسخ مختلفة.
- تعيين منسّق نمذجة معلومات بناء (BIM Coordinator) في كل مشروع حكومي متوسط أو كبير، يتولّى مسؤولية دمج النماذج التخصصية في نموذج موحّد، وإدارة جلسات كشف التعارضات الدورية، ومتابعة حلّ التعارضات وتوثيق القرارات المتخذة بشأنها.
- اعتماد جلسات كشف تعارضات أسبوعية مُنظّمة تعتمد على تقارير آلية مُصنّفة وفق مستوى الخطورة، مع ربط نتائجها بتقديرات التكلفة لتمكين متّخذي القرار من قياس الوفورات المالية وتبرير الاستثمار في تقنيات BIM.

- تطوير برامج تدريبية تتجاوز الجانب التقني لبرامج النمذجة إلى بناء مهارات العمل التشاركي متعدد التخصصات، تشمل إدارة جلسات التنسيق الافتراضية، وقراءة تقارير التعارضات وترتيب أولوياتها، واستخدام أدوات المحاكاة (4D/5D) في دعم القرارات الهندسية.
- تفعيل استخدام أدوات المحاكاة المتقدمة (4D/5D/6D) وعدم الاكتفاء بالنمذجة ثلاثية الأبعاد وكشف التعارضات، من خلال إدراج متطلبات المحاكاة الزمنية والتكيفية ضمن كراسات الشروط والمواصفات للمشاريع الحكومية.
- إدراج متطلبات التشغيل والصيانة ضمن نموذج BIM منذ مراحل التصميم المبكرة، مع إشراك فرق إدارة المرافق في مراجعات التصميم لضمان ملاءمة المخرجات لاحتياجات التشغيل الفعلية، بما يُحوّل النموذج الرقمي إلى أداة لإدارة المنشأة طوال دورة حياتها.
- وضع معايير وطنية سعودية موحدة لتطبيق BIM في المشاريع الحكومية تستند إلى المعايير الدولية مثل ISO 19650، وتُراعي خصوصية بيئة التشييد المحلية، وتُحدّد الحد الأدنى من متطلبات النمذجة والتنسيق لكل فئة من فئات المشاريع.
- تعزيز ثقافة العمل التشاركي بين التخصصات الهندسية من خلال حوافز تعاقدية تربط جزءاً من مستحقات الأطراف بمؤشرات أداء التكامل، مثل نسبة التعارضات المحلولة قبل التنفيذ، وعدد أوامر التغيير الناتجة عن سوء التنسيق.
- إنشاء قاعدة بيانات وطنية لتوثيق الدروس المستفادة من تطبيقات BIM في المشاريع الحكومية، تُتيح للجهات الحكومية وشركات المقاولات والمكاتب الاستشارية الاطلاع على أفضل الممارسات والتحديات والحلول، بما يُسرّع منحنى التعلم المؤسسي ويمنع تكرار الأخطاء.

#### 4.5 الدراسات المستقبلية المقترحة

- إجراء دراسة مقارنة بين المشاريع الحكومية والمشاريع الخاصة في المملكة العربية السعودية لتحديد الفروق في مستوى تطبيق BIM وأثره على التكامل بين التخصصات، بما يُساهم في فهم أثر البيئة التنظيمية والتعاقدية على فاعلية النمذجة.

- دراسة أثر نمذجة معلومات البناء على مرحلة التشغيل والصيانة تحديداً في المشاريع الحكومية السعودية، نظراً لما كشفت عنه الدراسة الحالية من ضعف في تبني مفهوم التصميم المراعي لدورة الحياة.

## Abstract

This study aimed to investigate the impact of Building Information Modeling (BIM), across its four dimensions — information management, interdisciplinary coordination, clash detection, and decision-making support — on the integration of engineering disciplines in governmental construction projects in the Kingdom of Saudi Arabia. A descriptive-analytical approach was adopted, employing a structured questionnaire consisting of 28 items distributed to a stratified random sample of 278 engineers and specialists working in government agencies, contracting companies, and consulting firms. Data were analyzed using means, Pearson correlation coefficients, and simple and multiple linear regression. The findings revealed a statistically significant positive impact of BIM dimensions collectively on interdisciplinary integration at the significance level ( $\alpha \leq 0.05$ ), with a coefficient of determination ( $R^2 = 0.729$ ). Interdisciplinary coordination emerged as the most influential dimension, followed by clash detection, information management, and decision-making support, respectively. The study also identified a gap between the availability of BIM tools and the actual level of interdisciplinary integration. Recommendations included mandating a BIM Execution Plan for governmental projects, establishing a Common Data Environment, appointing a BIM coordinator, and activating advanced simulation tools such as 4D and 5D modeling.

**Keywords:** Building Information Modeling, interdisciplinary integration, clash detection, governmental construction projects, Kingdom of Saudi Arabia.

## المراجع

### المراجع باللغة العربية

- أحمد، حمدي صادق؛ وعبد الصبور، إيناس". (2022). استخدام نمذجة معلومات البناء BIM في التحكم في تكلفة المباني المستدامة خلال مرحلة التصميم. "مجلة البحوث الهندسية، كلية الهندسة بالمطرية - جامعة حلوان، المجلد 174، العدد 0، ص 108-128.
- الأحمد، سونيا؛ والمصري، عماد". (2022). تطبيق تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) في تصميم المدن المستدامة. "مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، المجلد السابع، العدد 6، ص 1-22.
- الحسن، مصطفى". (2023). نمذجة الأبنية القائمة وتأثير تطبيق BIM على إدارة المرافق. "رسالة ماجستير في إدارة ونمذجة معلومات البناء، الجامعة الافتراضية السورية، سوريا.
- حسين، رنا". (2023). تحسين أداء المشاريع بالاعتماد على المنهجية المتكاملة بين نظام إدارة القيمة المكتسبة ونمذجة معلومات البناء. "رسالة ماجستير في إدارة ونمذجة معلومات البناء، الجامعة الافتراضية السورية، سوريا.
- سعيد، أحمد حنفي محمود". (2024). نمذجة معلومات البناء BIM ودورها في تطوير عملية التصميم المعماري والبناء. "مجلة البحوث العلمية - كلية الهندسة - جامعة الأزهر، القاهرة، مصر.
- سويدان، عبيد حامد علي أحمد، الحرايري، يسرا مصطفى عبدالحليم، و الفيومي، أحمد حسانين. (2022). دمج نمذجة معلومات البناء بالمتاهج الدراسية لطلاب التصميم الداخلي. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، مج9، ع2، 129 - 149. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1294707>
- الشوايكه، معتز زيد محمد، و غنيم، رهاب صلاح الدين. (2021). استخدام نمذجة معلومات البناء في تحسين عملية التصميم الداخلي (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1229379>

- عبد العزيز، نايفة". (2025). تأثير نمذجة معلومات المباني (BIM) في تعزيز التنسيق بين التخصصات الهندسية خلال مرحلة إعداد المشروع – دراسة تطبيقية على المكاتب الهندسية في مدينة حمص". رسالة ماجستير في إدارة ونمذجة معلومات البناء (BIMM)، الجامعة الافتراضية السورية، سوريا.
- عبد العزيز، نايفة؛ والأحمد، سونيا". (2025). تحليل تأثير تطبيق تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) على زيادة كفاءة الإشراف الهندسي في سوريا: دراسة ميدانية في قطاع التشييد. "بحث منشور، الجامعة الافتراضية السورية.
- العلوان، هدى". (2023). تقييم دور نمذجة معلومات البناء في أدائية واجهات المباني الإدارية. "مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية، كلية الهندسة – جامعة بغداد.
- الكردي، ليلى". (2022). تكامل نمذجة معلومات البناء مع جودة التصميم من خلال تطوير مؤشر لتقييم الجودة في تصاميم المباني العراقية. "رسالة ماجستير، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة بغداد، العراق.
- محمد، حيدر سالم؛ وهلال، محمد عبد الحسين". (2024). تحسين تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM) في صناعة التشييد. "مجلة الهندسة – جامعة بغداد، المجلد 30، العدد 2، ص 18–37.
- [https://pedia.svuonline.org/pluginfile.php/3754/mod\\_label/intro/](https://pedia.svuonline.org/pluginfile.php/3754/mod_label/intro/) تحسين أداء المشاريع بالاعتماد على المنهجية المتكاملة بين نظام إدارة القيمة المكتسبة ونمذجة معلومات البناء.pdf.

## ثانياً: المراجع الإنكليزية

- Akhmetzhanova, B., Nadeem, A., Hossain, M. A., & Kim, J. R. (2022). "Clash Detection Using Building Information Modeling (BIM) Technology in the Republic of Kazakhstan." *Buildings*, Vol. 12, No. 2, Article 102, pp. 1–26. DOI: 10.3390/buildings12020102
- Alyami, S. H., Almutlaqa, F., & Sanni-Anibire, M. O. (2021). "BIM in the Saudi Arabian Construction Industry: State of the Art, Benefit and Barriers." *International Journal of*

*Building Pathology and Adaptation*, Vol. 39, No. 1, pp. 33–47. DOI: 10.1108/IJBPA-03-2020-0024

- Chahrour, R., Hafeez, M. A., Ahmad, A. M., Sulieman, H. I., Dawood, H., Rodriguez-Trejo, S., Vukovic, V., & Dawood, N. (2021). "Cost–Benefit Analysis of BIM-Enabled Design Clash Detection and Resolution." *Construction Management and Economics*, Vol. 39, No. 1, pp. 55–72. DOI: 10.1080/01446193.2020.1802768
- Chen, S., Zhu, C., & Shang, Y. (2024). Optimizing construction project outcomes through BIM and MEP system integration. *Applied and Computational Engineering*, 66(1), 204–210. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/66/20240954>
- Huang, Y., Chen, Y., Yu, T., Zhang, Y., & Ling, Y. (2022). "Impacts of Building Information Modelling (BIM) on Communication Network of the Construction Project: A Social Capital Perspective." *PLOS ONE*, Vol. 17, No. 10, Article e0275833, pp. 1–15. DOI: 10.1371/journal.pone.0275833
- Igba, E., Osei Danquah, E., Adikwu Ukpoju, E., Obasa, J., Olola, T. M., & Enyejo, J. O. (2024). Use of Building Information Modeling (BIM) to Improve Construction Management in the USA. *World Journal Of Advanced Research and Reviews*, 23(3), 1799–1813. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.23.3.2794>
- Jiang, Y., Li, M., Li, D., & Yuan, Z. (2023). "Building Information Modelling (BIM) Interoperability for Architecture and Engineering (A&E) of the Structural Project: A Case Study." *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 31, No. 8, pp. 3255–3276. DOI: 10.1108/ECAM-09-2022-0860

- Jin, S. (2024). Integrating BIM to Enhance Stakeholder Collaboration and Economic Efficiency in Architecture and Construction Projects. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456503014>
- Lu, Z. (2024). Leveraging BIM Technology for Comprehensive Lifecycle Management in Engineering Projects. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns-2024-2632>
- Mi, Z., & Li, J. (2024). Maximizing project efficiency and collaboration in construction management through building information modeling (BIM). *Applied and Computational Engineering*, 72(1), 24–29. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/72/20240986>
- Olanrewaju, O. I., Kineber, A. F., Chileshe, N., & Edwards, D. J. (2021). "Modelling the Impact of Building Information Modelling (BIM) Implementation Drivers and Awareness on Project Lifecycle." *Sustainability*, Vol. 13, No. 16, Article 8887, pp. 1–18. DOI: 10.3390/su13168887
- Papuraj, X., Izadyar, N., & Vrcelj, Z. (2025). "Integrating Building Information Modelling into Construction Project Management Education in Australia: A Comprehensive Review of Industry Needs and Academic Gaps." *Buildings*, Vol. 15, No. 1, Article 130, pp. 1–35. DOI: 10.3390/buildings15010130
- Purwanto, S., Nungraha, A. R., Harahap, M. A. K., & Fitri, I. I. (2024). Integration of Building Information Modelling (BIM) in Civil Engineering Project: A Literature Review. *Indonesia Journal of Engineering and Education Technology*, 2(2), 319–328. <https://doi.org/10.61991/ijeet.v2i2.56>
- Raza, M. S., Tayeh, B. A., Abu Aisheh, Y. I., & Maglad, A. M. (2023). "Potential Features of Building Information Modeling (BIM) for Application of Project Management Knowledge

Areas in the Construction Industry." *Heliyon*, Vol. 9, No. 9, Article e19697, pp. 1–22. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e19697

- Sampaio, A. Z., Azevedo, G., & Gomes, A. (2023). BIM Manager Role in the Integration and Coordination of Construction Projects. *Buildings*, 13(8), 2101. <https://doi.org/10.3390/buildings13082101>
- Sampaio, A. Z., Sequeira, P., Gomes, A., & Sánchez-Lite, A. (2022). BIM Methodology in Structural Design: A Practical Case of Collaboration, Coordination, and Integration. *Buildings*, 13(1), 31. <https://doi.org/10.3390/buildings13010031>
- Teo, Y. H., Yap, J. B. H., An, H., Yu, S. C. M., Zhang, L., & Chang, J. (2022). "Enhancing the MEP Coordination Process with BIM Technology and Management Strategies." *Sensors*, Vol. 22, No. 13, Article 4936, pp. 1–20. DOI: 10.3390/s22134936
- Wang, J., Jiang, X., Ma, Y., Fu, H., & Wang, Y. (2024). Application of BIM Technology in Construction Engineering. *Applied Science and Innovative Research*, 8(4), p138. <https://doi.org/10.22158/asir.v8n4p138>
- Wang, T., & Chen, H.-M. (2023). "Integration of Building Information Modeling and Project Management in Construction Project Life Cycle." *Automation in Construction*, Vol. 150, Article 104832, pp. 1–19. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104832
- Yin, X. (2024). Research on Collaborative Management of BIM (Building Information Modeling) in Engineering Projects. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 115(1), 17–23. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/115/2024bj0212>

# الملاحق

## استمارة استبيان

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أخي الكريم / أختي الكريمة

تحية طيبة وبعد،

يقوم الباحثين بإجراء دراسة حول قياس أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في تحسين التكامل بين التخصصات الهندسية في مشاريع الإنشاء دراسة تطبيقية على المشاريع الحكومية بمدينة الرياض

ونظراً لما لديكم من المعرفة العلمية والخبرة العملية ذات الصلة بموضوع البحث، نأمل الحصول منكم على العون والمساعدة في توفير المعلومات المناسبة لأغراض البحث، من خلال التكرم بإبداء رأيكم بالتأشير على الإجابة المناسبة من وجهة نظركم.

وأتقدم لحضراتكم بجزيل الشكر والتقدير للمساهمة في جهدكم في تعبئة هذا الاستبيان علماً أن جميع البيانات التي سيتم الحصول عليها منكم ستعامل بسرية تامة، ولن تستخدم لغير أغراض هذا البحث، وسوف أزودكم بنتائج هذه الدراسة حال اكتمالها إن شاء الله.

وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

## أولاً: البيانات الشخصية

1- التخصص الهندسي ☐ هندسة معمارية ☐ هندسة إنشائية ☐

☐ هندسة ميكانيكية ☐ هندسة كهربائية ☐

☐ إدارة مشاريع

2- المؤهل العلمي ☐ بكالوريوس ☐ ماجستير ☐

☐ دكتوراه

3- سنوات الخبرة ☐ 5 سنوات فأقل ☐ من 5 – 10 سنوات

☐ من 10 – 15 سنة ☐ أكثر من 15 سنة

4- جهة العمل ☐ جهة حكومية ☐ شركة مقاولات ☐

☐ مكتب استشاري

5- مستوى الخبرة في BIM

☐ مبتدئ ☐ متوسط

متقدم

## ثانيا محاور الاستبيان

✿ المحور الأول: نمذجة معلومات البيناء، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

| البعد                                                                                                                 |  |  |  |  | أوافق<br>بشدة | أوافق | محايد | معارض | معارض<br>بشدة |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|---------------|-------|-------|-------|---------------|
| البعد الأول: إدارة المعلومات                                                                                          |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُوفّر نظام BIM قاعدة بيانات مركزية موحّدة<br>يستطيع جميع أعضاء فريق المشروع الوصول<br>إليها وتحديثها في الوقت الفعلي |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُسهّم BIM في توحيد صيغ تبادل المعلومات<br>بين التخصصات الهندسية المختلفة من خلال<br>معايير مفتوحة مثل IFC            |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُتيح BIM تتبّع التعديلات والتغييرات على<br>وثائق المشروع وربطها بالمسؤول عن كل تعديل<br>بشكل آلي                     |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُساعد BIM في تصنيف مستويات تطوير<br>المعلومات (LOD) بما يتناسب مع كل مرحلة<br>من مراحل المشروع                       |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| البعد الثاني: التنسيق بين التخصصات                                                                                    |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُمكّن BIM من دمج مخرجات التخصصات<br>المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية في<br>نموذج واحد متكامل            |  |  |  |  |               |       |       |       |               |

| البعد                                                                                                                          |  |  |  |  | أوافق<br>بشدة | أوافق<br>بشدة | محايد | معارض<br>بشدة | معارض<br>بشدة |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|---------------|---------------|-------|---------------|---------------|
| يُسَهِّل BIM عقد اجتماعات تنسيق افتراضية<br>تعتمد على النموذج ثلاثي الأبعاد بدلاً من<br>المخططات الورقية التقليدية             |  |  |  |  |               |               |       |               |               |
| يُقلِّل BIM من الحاجة إلى إعادة العمل<br>الناجمة عن سوء التنسيق بين التخصصات<br>الهندسية المختلفة                              |  |  |  |  |               |               |       |               |               |
| يُساعد BIM في تحديد مسؤوليات كل تخصص<br>هندسي بوضوح ضمن النموذج الرقمي الموحد                                                  |  |  |  |  |               |               |       |               |               |
| البعد الثالث: كشف التعارضات                                                                                                    |  |  |  |  |               |               |       |               |               |
| يُمكِّن BIM من الكشف المبكر عن التعارضات<br>الصلبة (Hard Clashes) بين العناصر<br>الإنشائية وأنظمة الخدمات قبل مرحلة<br>التنفيذ |  |  |  |  |               |               |       |               |               |
| يُساعد BIM في تحديد التعارضات اللينة<br>(Soft Clashes) المتعلقة بمسافات الصيانة<br>والوصول بين المكونات المختلفة               |  |  |  |  |               |               |       |               |               |
| يُوفِّر BIM تقارير تعارض آلية مُصنَّفة وفقاً<br>لمستوى الخطورة مما يُسهِّل ترتيب أولويات<br>المعالجة                           |  |  |  |  |               |               |       |               |               |

| المبعد                                                                                                          |  |  |  |  | أوافق<br>بشدة | أوافق | محايد | معارض | معارض<br>بشدة |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|---------------|-------|-------|-------|---------------|
| يُسهم استخدام BIM في تقليل تكاليف التغييرات الميدانية الناتجة عن تعارضات لم تُكتشف أثناء مرحلة التصميم          |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| المبعد الرابع: دعم اتخاذ القرار                                                                                 |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُوفّر BIM بيانات دقيقة ومحدّثة تُساعد متخذي القرار في المفاضلة بين بدائل التصميم من حيث التكلفة والجودة والوقت |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُتيح BIM إجراء محاكاة رباعية الأبعاد (4D) لربط الجدول الزمني بالنموذج ممّا يُعزّز القدرة على التخطيط المسبق    |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُسهم BIM في تقديم تحليلات خماسية الأبعاد (5D) تربط بين عناصر النموذج وتقديرات الكمّيات والتكاليف بدقّة         |  |  |  |  |               |       |       |       |               |
| يُساعد BIM في إعداد تقارير مرئية شاملة تُسهّل عملية التواصل بين فريق المشروع وأصحاب القرار                      |  |  |  |  |               |       |       |       |               |

✿ المحور الثاني: التكامل بين التخصصات الهندسية، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب

لاختيارك:

| معارض<br>بشدة | معارض | محايد | أوافق | أوافق<br>بشدة | البعد                                                                                          |
|---------------|-------|-------|-------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               |       |       |       |               | يتم تبادل المعلومات بين التخصصات الهندسية المختلفة في المشروع بسلاسة ودون تأخير                |
|               |       |       |       |               | تتسق مخرجات التصميم المعماري مع المتطلبات الإنشائية دون الحاجة إلى تعديلات جوهرية متكررة       |
|               |       |       |       |               | يتم التنسيق بين أنظمة التكييف والتهوية (HVAC) والعناصر الإنشائية بما يمنع حدوث تعارضات ميدانية |
|               |       |       |       |               | تُعقد اجتماعات تنسيق دورية بين جميع التخصصات الهندسية لمراجعة التصميم المتكامل قبل التنفيذ     |
|               |       |       |       |               | يوجد إطار عمل واضح يُحدّد آليات التواصل والتنسيق بين فرق العمل الهندسية المختلفة               |
|               |       |       |       |               | يتم حلّ التعارضات بين التخصصات الهندسية في مراحل مبكرة قبل بدء التنفيذ الفعلي                  |

| البعد                                                                               |  |  |  |  | أوافق بشدة | أوافق | محايد | معارض | معارض بشدة |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|------------|-------|-------|-------|------------|
| تتوافق مسارات الأنظمة الكهربائية مع مسارات الأنظمة الميكانيكية والإنشائية دون تداخل |  |  |  |  |            |       |       |       |            |
| يملك فريق المشروع القدرة على العمل التشاركي باستخدام أدوات رقمية موحدة              |  |  |  |  |            |       |       |       |            |
| يساهم التكامل بين التخصصات في تقليل أوامر التغيير أثناء مرحلة التنفيذ               |  |  |  |  |            |       |       |       |            |
| يتم توثيق قرارات التنسيق بين التخصصات بشكل منهجي يمكن الرجوع إليه لاحقاً            |  |  |  |  |            |       |       |       |            |
| تتوفر معايير موحدة لتبادل الملفات والبيانات بين التخصصات الهندسية في المشروع        |  |  |  |  |            |       |       |       |            |
| يراعي التصميم المتكامل متطلبات التشغيل والصيانة منذ المراحل الأولى للمشروع          |  |  |  |  |            |       |       |       |            |

مع خالص التقدير والاحترام

Mid Ocean University

College of Management



Master of project management

**The impact of using building information modeling (BIM) in  
improving integration between engineering specializations  
in construction projects. An applied study on government  
projects in the city of Riyadh**

**Prepared by:**

Muteb Mohammed Al-Mahlas

252000696

**Supervision:**

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

Dr. Fayez Jarad

2026 – 1447