

جامعة ميدأوشن



كلية الإدارة

قسم / تخصص إدارة المشاريع

دراسة أثر استخدام برامج التصميم الهندسيه الحديثه على سرعة
انجازالمخططات التنفيذيه في مشروع انشاء مول تجاري خاص بمدينة

الرياض

إعداد الطالبة/

إسراء عبد العظيم الباقر علي

252001591

إشراف/

د.الفیصل عبد الحمید

د.فايز جراد

العام الدراسي:

1447 – 2026



إهداء

أهدي ثمرة جهدي المتواضع

إلى من وهبوني الحياة والأمل، والنشأة على شغف الاطلاع والمعرفة، ومن علموني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر

براء وإحسانا، ووفاء لهما والدي العزيز، ووالدتي العزيزة. إلى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي إلى العقد المتين

من كانوا عوناً لي في رحلة بحثي إخواني وأخواتي. إلى من كاتفني ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح في مسيرتنا العلمية إلى رفيق دربي

وأخيراً إلى كل من ساعدني، وكان له دور من قريب أو بعيد في إتمام هذه الدراسة

سائلة المولى أن يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا والآخرة. ثم إلى كل طالب علم سعى بعلمه، ليفيد الإسلام والمسلمين

بكل ما أعطاه الله من علم ومعرفة



أحمد الله عز وجل الذي وفقني في إتمام هذا البحث العلمي

والذي ألهمني الصحة والعافية والعزيمة.

فالحمد لله حمداً كثيراً

أتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

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

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

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

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أثر برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها الأربعة، وهي: نمذجة معلومات البناء (BIM)، والتصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)، وبرامج الجدولة والتخطيط البصري، والتصميم البارامتري والحسابي، على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية لمشروع مول تجاري في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، حيث صُممت استبانة مكونة من (42) فقرة وُزعت على عينة عشوائية طبقية بلغت (291) مهندسًا ومتخصصًا يعملون في (85) مكتبًا وشركة هندسية بالرياض. وقد أظهرت النتائج أنّ مستوى إدراك المبحوثين لأهمية برامج التصميم الحديثة جاء مرتفعًا بمتوسط عام بلغ (4.06)، وتصدر بُعد BIM الأبعاد الأربعة بمتوسط (4.19). كما أثبت تحليل الانحدار المتعدد وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) للأبعاد مجتمعةً على سرعة الإنجاز، بمعامل تحديد بلغ (0.711)، أي أنّ (71.1%) من التباين في سرعة الإنجاز تُفسّره هذه الأبعاد. وقد جاء ترتيب الأبعاد من حيث القدرة التفسيرية كالتالي BIM، ثم الجدولة البصرية، ثم CAD، وأخيرًا التصميم البارامتري. وأوصت الدراسة بتبني استراتيجية تكامل شاملة للأبعاد الأربعة، وتطوير قوالب رقمية متوافقة مع الكود السعودي، وتكثيف التدريب على الوظائف المتقدمة لهذه البرامج.

الكلمات المفتاحية: برامج التصميم الهندسي الحديثة، نمذجة معلومات البناء، التصميم بمساعدة الحاسوب، الجدولة البصرية، التصميم البارامتري، سرعة إنجاز المخططات التنفيذية، رؤية 2030.

قائمة المحتويات

أ.....	بسم الله الرحمن الرحيم
ب.....	الإهداء
ج.....	الشكر والتقدير
د.....	المستخلص
ه.....	قائمة المحتويات
ح.....	قائمة الجداول
1.....	الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
1.1.....	1.1 المقدمة
3.....	2.1 مشكلة الدراسة
4.....	3.1 أهمية الدراسة
7.....	4.1 أهداف الدراسة
8.....	5.1 أسئلة الدراسة
9.....	6.1 فروض الدراسة
10.....	7.1 الدراسات السابقة
16.....	8.1 المنطلقات النظرية للدراسة
20.....	9.1 منهجية الدراسة ومجتمعها وأدواتها
25.....	الفصل الثاني: الإطار النظري
25.....	المبحث الأول: برامج التصميم الهندسي الحديثة (المتغير المستقل)
25.....	1.1.2 تمهيد
25.....	2.1.2 مفهوم برامج التصميم الهندسي الحديثة
28.....	3.1.2 أهمية برامج التصميم الهندسي الحديثة
30.....	4.1.2 أهداف برامج التصميم الهندسي الحديثة
32.....	5.1.2 أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة

36.....	6.1.2 استراتيجيات تطبيق برامج التصميم الهندسي الحديثة.
38.....	7.1.2 متطلبات التحول نحو برامج التصميم الهندسي الحديثة.
39.....	8.1.2 خلاصة المبحث الأول.....
40.....	المبحث الثاني: سرعة إنجاز المخططات التنفيذية (المتغير التابع).
40.....	1.2.2 تمهيد.....
40.....	2.2.2 مفهوم المخططات التنفيذية وسرعة إنجازها.....
42.....	3.2.2 أهمية سرعة إنجاز المخططات التنفيذية.....
43.....	4.2.2 العوامل المؤثرة في سرعة إنجاز المخططات التنفيذية.....
45.....	5.2.2 مؤشرات قياس سرعة إنجاز المخططات التنفيذية.....
46.....	6.2.2 علاقة سرعة إنجاز المخططات التنفيذية بإدارة المشاريع.....
47.....	7.2.2 التحديات الزمنية في مرحلة إعداد المخططات التنفيذية للمولات التجارية.....
47.....	8.2.2 سرعة الإنجاز في ضوء منهجيات التخطيط الزمني.....
48.....	9.2.2 مؤشرات الأداء الزمني في بيئة المشاريع الإنشائية المعاصرة.....
50.....	الفصل الثالث: منهجية الدراسة.....
50.....	1.3 منهج الدراسة.....
50.....	2.3 مجتمع الدراسة.....
51.....	3.3 عينة الدراسة.....
52.....	4.3 أداة الدراسة (الاستبانة).....
53.....	5.3 صدق الأداة.....
54.....	6.3 ثبات الأداة.....
55.....	7.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة.....
56.....	8.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة.....
58.....	الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات.....
58.....	1.4 تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية.....
60.....	2.4 التحليل الوصفي لمحااور الدراسة.....

69.....	3.4 اختبار فرضيات الدراسة.....
76.....	الفصل الخامس: النتائج والتوصيات.....
76.....	1.5 نتائج الدراسة.....
80.....	2.5 التوصيات.....
82.....	Abstract.....
83.....	المراجع.....
87.....	الملاحق.....
88.....	استمارة استبيان.....

قائمة الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
1.	جدول (1): توزيع الاستبانات على طبقات العينة	51
2.	لجدول (2) المتغير المستقل – برامج التصميم الهندسي الحديثة	53
3.	الجدول (3) المتغير التابع – سرعة إنجاز المخططات التنفيذية	53
4.	جدول (4): معاملات ارتباط أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع بالدرجة الكلية للأداة	54
5.	جدول (5): معاملات ألفا كرونباخ لأبعاد الأداة والدرجة الكلية	54
6.	جدول (6): مصفوفة ارتباط بيرسون بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع	55
7.	جدول (7): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية	58
8.	جدول (8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد نمذجة معلومات البناء (BIM)	60
9.	جدول (9): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)	62
10.	جدول (10): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد برامج الجدولة والتخطيط البصري	63

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
65	جدول (11): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التصميم البارامتري والحسابي	11.
67	جدول (12): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع (سرعة إنجاز المخططات التنفيذية)	12.
70	جدول (13): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية	13.
72	جدول (14): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر نمذجة معلومات البناء (BIM) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية	14.
73	جدول (15): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية	15.
74	جدول (16): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر برامج الجدولة والتخطيط البصري على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية	16.
75	جدول (17): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التصميم البارامتري والحسابي على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية	17.

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1 المقدمة

يُعدّ قطاع البناء والتشييد من أكثر القطاعات الاقتصادية حيوية وتأثيراً في التنمية العمرانية والاقتصادية على المستوى العالمي، إذ يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمختلف القطاعات الإنتاجية والخدمية ويُساهم بنسب متنامية في الناتج المحلي الإجمالي للدول. وقد شهد هذا القطاع خلال العقود الأخيرة تحولات جوهرية أفرزتها الثورة الصناعية الرابعة التي بدأت عام 2016 ودشّنت مرحلة جديدة في تطور التكنولوجيا، حيث باتت التقنيات الرقمية الحديثة تتشابك مع مختلف مراحل دورة حياة المشروع الهندسي بدءاً من التصميم المفاهيمي وصولاً إلى التنفيذ والتشغيل (مندني والفارس، 2023). وتكتسب هذه التحولات التقنية أهمية مضاعفة في المملكة العربية السعودية التي تعيش حراكاً تنموياً استثنائياً في ظل رؤية 2030، لا سيما في مدينة الرياض التي تحتضن مشاريع عمرانية عملاقة تشمل المجمعات التجارية والأبراج والمرافق الترفيهية، مما يفرض على القطاع الهندسي مواكبة هذا الزخم بأدوات وأساليب عمل أكثر كفاءة وسرعة (النخيلي والحواج، 2025).

وتحتل برامج التصميم الهندسي الحديثة مكانة محورية في منظومة التحول الرقمي لقطاع البناء والتشييد، إذ أحدثت نقلة نوعية في آليات إعداد المخططات الهندسية وإنتاجها. فقد تطورت برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) من مجرد أدوات رسم ثنائية الأبعاد إلى منصات متكاملة تتيح النمذجة ثلاثية الأبعاد والتحليل الهندسي المتقدم، كما ظهرت تقنيات نمذجة معلومات البناء (BIM) التي أتاحت بيئة تعاونية موحدة تجمع التخصصات المعمارية والإنشائية والكهروميكانيكية في نموذج رقمي واحد يُمكن من التحديثات اللحظية وكشف التعارضات (Solanki et al., 2024). وإلى جانب ذلك، برزت برامج التصميم البارامترية والحسابي مثل Grasshopper و Dynamo التي تعتمد على خوارزميات رياضية ومتغيرات بارامترية لتوليد حلول تصميمية لا نهائية بسرعة فائقة، حيث استُخدمت هذه التقنيات لتطوير

حلول للمشكلات التصميمية عبر نماذج رقمية ذات معاملات متغيرة تجعل التصميم سهل التعديل وسريع الإنتاج (النواوي وآخرون، 2021).

ويُمثّل عامل الوقت أحد أخطر التحديات التي تواجه المشاريع الإنشائية المعاصرة، إذ أصبح انحراف المدد الزمنية المخطط لها قضية حرجية تواجه هذه المشاريع على اختلاف أنواعها وأحجامها، ويترتب على هذا الانحراف تداعيات مالية وتعاقدية جسيمة تشمل ارتفاع التكاليف غير المباشرة وتأخر بدء مراحل التنفيذ (العبيدي والزويني، 2022). وتُعدّ مرحلة إعداد المخططات التنفيذية من أكثر مراحل المشروع حساسية من حيث تأثيرها على الجدول الزمني الكلي، ذلك أن أي تأخير في إنجاز هذه المخططات ينعكس تلقائياً على موعد بدء أعمال التنفيذ ويُضاعف من التكاليف الإجمالية للمشروع، وهو ما يستدعي البحث عن آليات فعالة لتسريع هذه المرحلة دون الإخلال بجودة المخرجات الهندسية (الهاشي، 2023).

وفي ضوء هذا السياق، تتبلور العلاقة البحثية بين برامج التصميم الهندسي الحديثة وسرعة إنجاز المخططات التنفيذية بوصفها علاقة جديرة بالدراسة والفحص العلمي، لا سيما أن الدراسات الحديثة أثبتت أن دمج التصميم الحسابي ونمذجة معلومات البناء في إجراءات التصميم الإنشائي يُحسّن من أداء وقت التصميم بشكل ملحوظ، وأن برامج الجدولة البصرية تتفوق على البرامج التقليدية في سرعة إنشاء الجداول الزمنية للمشاريع (Fitriansyah & Latief, 2024; Tuscano & Asl, 2024).

وانطلاقاً مما سبق، تسعى هذه الدراسة إلى استقصاء أثر استخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها الأربعة (برامج نمذجة معلومات البناء BIM، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء مول تجاري خاص بمدينة الرياض، بما يُسهم في تقديم إطار علمي يدعم جهود التحول الرقمي في القطاع الهندسي السعودي ويُعزز من كفاءة إنجاز المشاريع التجارية الكبرى (Parwita et al., 2025).

2.1 مشكلة الدراسة

يشهد قطاع البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية طفرة غير مسبوقة في حجم المشاريع العمرانية وتعقيدها، لا سيما في مدينة الرياض التي تحتضن حراكاً تنموياً متسارعاً مدفوعاً بطموحات رؤية المملكة 2030 ومشاريعها الكبرى كمشروع الرياض الخضراء ومشروع القدية والمشاريع التجارية العملاقة. وتُمثل المولات التجارية أحد أبرز أنماط المشاريع الإنشائية التي تتسم بالتعقيد التصميمي العالي نظراً لتعدد أنظمتها الهندسية وتداخل تخصصاتها المعمارية والإنشائية والكهروميكانيكية، وهو ما يفرض ضغوطاً متصاعدة على المكاتب الهندسية والشركات الاستشارية لإنجاز المخططات التنفيذية ضمن أطر زمنية ضيقة دون المساس بمعايير الجودة والدقة. غير أن الواقع الميداني يكشف عن فجوة جوهرية بين المتطلبات الزمنية المتزايدة لإنجاز هذه المخططات والقدرات الفعلية للمكاتب الهندسية العاملة في السوق السعودي، إذ تُشير التقارير المهنية والدراسات الحديثة إلى أن نسبة كبيرة من المشاريع التجارية الكبرى تعاني من تأخيرات ملحوظة في مرحلة التصميم وإعداد المخططات التنفيذية، وأن هذه التأخيرات تنعكس سلباً على الجدول الزمني الكلي للمشروع وتكاليفه الإجمالية.

وتتجلى المشكلة بصورة أكثر حدة في أن كثيراً من المكاتب الهندسية في مدينة الرياض لا تزال تعتمد على أساليب تقليدية ومحدودة في إعداد المخططات التنفيذية، حيث يقتصر استخدامها على الوظائف الأساسية لبرامج الرسم الهندسي دون توظيف الإمكانيات المتقدمة التي توفرها برامج التصميم الهندسي الحديثة. فعلى الرغم من التطور الهائل الذي شهدته تقنيات نمذجة معلومات البناء (BIM) وبرامج التصميم البارامترية والحسابي وأدوات الجدولة والتخطيط البصري، إلا أن معدلات تبني هذه التقنيات في المكاتب الهندسية السعودية لا تزال دون المستوى المأمول، وهو ما أكدته دراسة مندي والفارس (2023) التي أشارت إلى محدودية استثمار التقنيات الحديثة في تحسين كفاءة المشاريع الهندسية، ودراسة النخيلي والحواج (2025) التي كشفت عن تحديات جوهرية تواجه تطبيق التصميم المستدام والتقنيات الحديثة في مشروعات البناء في منطقة الخليج العربي. كما أثبتت دراسة Parwita et al. (2025) أن تبني نمذجة معلومات البناء قلّص مدة إنجاز المشاريع بنسبة تتجاوز 17% مقارنة بالأساليب التقليدية، وأظهرت دراسة

(Tuscano & Asl (2024) أن برامج الجدولة البصرية خفضت زمن إنشاء الجداول بنسبة تفوق 24% مقارنة بالبرامج الجدولية التقليدية، فيما كشفت دراسة (Fitriansyah & Latief (2024 أن دمج التصميم الحسابي و BIM أدى إلى تحسين ملحوظ في أداء وقت التصميم الإنشائي. وتؤكد هذه الشواهد العلمية أن ثمة أثراً جوهرياً لبرامج التصميم الهندسي الحديثة على سرعة الإنجاز، إلا أن هذا الأثر لم يُدرس بعمق كافٍ في السياق السعودي عموماً وفي مشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض على وجه الخصوص.

وتزداد خطورة هذه المشكلة في ضوء ما يترتب على التأخير في إنجاز المخططات التنفيذية من تداعيات مالية وتعاقدية وتشغيلية، تشمل تأخر بدء أعمال التنفيذ، وارتفاع التكاليف غير المباشرة، وتعدد المراجعات والتعديلات، وتعارض المخططات بين التخصصات المختلفة، وهو ما أشار إليه الهاشي (2023) في تأكيده أهمية تقليص مدة إنجاز المشاريع في تخفيض التكاليف غير المباشرة. ومن هنا تبرز الحاجة الماسة إلى دراسة علمية منهجية تبحث في أثر استخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها المتعددة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية، بما يُوفر أدلة علمية موثوقة تُسهم في توجيه قرارات التحول الرقمي في المكاتب الهندسية العاملة في مشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض. وعليه، يمكن بلورة مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيسي التالي: ما أثر استخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها (برامج نمذجة معلومات البناء BIM ، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء مول تجاري خاص بمدينة الرياض؟

3.1 أهمية الدراسة

أولاً: الأهمية العلمية (النظرية)

- إثراء المكتبة العربية: تُعدّ هذه الدراسة من الدراسات القليلة التي تتناول أثر برامج التصميم الهندسي الحديثة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في المشاريع التجارية الكبرى بالمملكة العربية

السعودية، مما يُسهم في سد فجوة بحثية واضحة في الأدبيات الأكاديمية العربية التي لا تزال محدودة في هذا المجال مقارنة بالدراسات الغربية.

- تقديم إطار نظري متكامل: تتميز الدراسة بجمعها أربعة أبعاد تقنية (برامج نمذجة معلومات البناء BIM، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) في نموذج بحثي واحد، وهو ما يُشكّل إضافة علمية جديدة مقارنة بالدراسات السابقة التي تناولت كل بُعد بشكل منفرد ومعزول.
- توسيع نطاق التطبيق النظري: تُوسّع الدراسة من نطاق تطبيق نظريات إدارة المشاريع الهندسية وتربطها بنظريات التحول الرقمي في بيئة البناء والتشييد السعودية، مما يُقدم رؤية تكاملية جديدة تجمع بين الحقلين المعرفيين في سياق محلي لم يُستكشف بعمق كافٍ من قبل.
- توفير أداة قياس مُحكّمة: تُوفر الدراسة أداة قياس (استبانة) مُحكّمة وموثوقة إحصائياً يمكن للباحثين اللاحقين الاستفادة منها وتطبيقها في دراسات مماثلة على أنواع مختلفة من المشاريع كالمستشفيات والأبراج السكنية والمنشآت الرياضية والتعليمية.
- طرح نموذج مفاهيمي جديد: تطرح الدراسة نموذجاً مفاهيمياً يوضح آليات التأثير المباشر وغير المباشر لكل بُعد من أبعاد برامج التصميم الحديثة على مؤشرات الأداء الزمني للمخططات التنفيذية، مما يفتح آفاقاً بحثية مستقبلية واعدة أمام الباحثين في هذا التخصص.
- تقديم مراجعة أدبية شاملة: تُقدم الدراسة مراجعة منهجية متكاملة للأدبيات العربية والأجنبية ذات الصلة بموضوع البحث، مما يُشكّل مرجعاً علمياً قيماً ونقطة انطلاق للباحثين والأكاديميين المهتمين بتطوير صناعة التصميم الهندسي في المنطقة العربية.
- المقارنة بين الأبعاد التقنية: تُسهم الدراسة في الكشف عن الأوزان النسبية لتأثير كل بُعد تقني على سرعة الإنجاز، وهو ما يُثري النقاش الأكاديمي حول أولويات التحول الرقمي في قطاع التصميم الهندسي ويُقدم أدلة علمية تدعم أو تدحض الافتراضات النظرية السائدة.

ثانياً: الأهمية العملية (التطبيقية)

- تقديم توصيات قابلة للتطبيق: تُقدم الدراسة حلولاً وتوصيات عملية مباشرة للمكاتب الهندسية والشركات الاستشارية العاملة في مشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض لتسريع إنجاز مخططاتها التنفيذية ورفع كفاءة عملياتها التصميمية بشكل ملموس وقابل للقياس.
- دعم قرارات الاستثمار التقني: تُوفر الدراسة لصانعي القرار في قطاع البناء والتشييد السعودي بيانات كمية ونوعية دقيقة حول العائد الفعلي من الاستثمار في برامج التصميم الهندسي الحديثة من حيث توفير الوقت والتكلفة، مما يُساعدهم في اتخاذ قرارات مبنية على أدلة علمية.
- دعم الجهات التنظيمية: تدعم الدراسة جهود الهيئة السعودية للمقاولين ووزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان في تطوير اشتراطات ومعايير تلزم المكاتب الهندسية بتبني تقنيات BIM والتصميم الحسابي في المشاريع الكبرى، استناداً إلى نتائج ميدانية موثوقة.
- خارطة طريق للمطورين العقاريين: تُقدم الدراسة خارطة طريق عملية لأصحاب المشاريع التجارية والمطورين العقاريين في الرياض تُمكنهم من تقييم الجدوى الزمنية والاقتصادية لتبني برامج التصميم الحديثة قبل الشروع في مشاريعهم، مما يُحسن من تخطيطهم الاستراتيجي.
- تطوير البرامج التدريبية: تُسهّم نتائج الدراسة في تطوير البرامج التدريبية والتأهيلية للمهندسين السعوديين من خلال تحديد البرامج الأكثر تأثيراً على سرعة الإنجاز وترتيب أولويات التدريب وفقاً لذلك، مما يُعزز من الكفاءات المهنية الوطنية في سوق العمل الهندسي.
- دعم رؤية المملكة 2030: تدعم الدراسة توجهات رؤية المملكة 2030 في تحقيق التحول الرقمي بقطاع البناء والتشييد ورفع كفاءة المشاريع الكبرى التي تشهدها مدينة الرياض ضمن مشاريع التطوير الحضري الضخمة كمشروع الرياض الخضراء ومشروع القدية والمشاريع التجارية العملاقة.
- تحسين دقة العطاءات: تُساعد الدراسة شركات المقاولات والمكاتب الهندسية في تقدير المدد الزمنية الواقعية لمرحلة التصميم عند استخدام البرامج الحديثة، مما يُسهّم في تحسين دقة العطاءات والعروض الفنية والمالية المقدمة في المنافسات الحكومية والخاصة.

- تشخيص المعوقات وحلولها: تُقدم الدراسة تشخيصاً ميدانياً دقيقاً للمعوقات الفعلية التي تواجه تطبيق برامج التصميم الهندسي الحديثة في السوق السعودي، مما يُمكن الجهات المعنية والشركات الهندسية من وضع خطط عملية ومحددة للتغلب على هذه التحديات وتسريع وتيرة التحول الرقمي.

4.1 أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة أثر استخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها (برامج نمذجة معلومات البناء BIM ، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD ، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء مول تجاري خاص بمدينة الرياض.

الأهداف الفرعية

ويتفرع من هذا الهدف الرئيسي الأهداف الفرعية التالية:

- التعرف على أثر استخدام برامج نمذجة معلومات البناء (BIM) مثل Autodesk Revit و ArchiCAD على تقليص المدة الزمنية اللازمة لإنجاز المخططات التنفيذية المعمارية والإنشائية والكهروميكانيكية في مشروع المول التجاري.
- قياس مدى إسهام نمذجة معلومات البناء (BIM)
- دراسة أثر استخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب المتقدمة مثل AutoCAD و Civil 3D على سرعة إنتاج المخططات التنفيذية التفصيلية مقارنة بأساليب الرسم التقليدية.
- دراسة أثر استخدام برامج الجدولة والتخطيط البصري مثل Primavera P6 و Microsoft Project على تحسين إدارة الجدول الزمني لإنجاز المخططات التنفيذية وضبط مساراتها الحرجة.
- دراسة أثر استخدام برامج التصميم البارامتري والحسابي مثل Grasshopper و Dynamo على تسريع إنتاج البدائل التصميمية واختيار الحلول المثلى في المراحل الأولى من إعداد مخططات المول التجاري.

- وضع إطار مقترح لتكامل برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها الأربعة لتحقيق أقصى سرعة ممكنة في إنجاز المخططات التنفيذية بما يتوافق مع متطلبات رؤية المملكة 2030.

5.1 أسئلة الدراسة

السؤال الرئيسي

ما أثر استخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها (برامج نمذجة معلومات البناء BIM ، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD ، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء مول تجاري خاص بمدينة الرياض؟

الأسئلة الفرعية

1. ما أثر استخدام برامج نمذجة معلومات البناء (BIM) على تقليص المدة الزمنية اللازمة لإنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض؟
2. ما أثر استخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) المتقدمة على سرعة إنتاج المخططات التنفيذية التفصيلية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض؟
3. ما أثر استخدام برامج الجدولة والتخطيط البصري على تحسين إدارة الجدول الزمني لإنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض؟
4. ما أثر استخدام برامج التصميم البارامتري والحسابي على تسريع إنتاج البدائل التصميمية وإنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض؟
5. ما الإطار المقترح لتكامل برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها الأربعة لتحقيق أقصى سرعة في إنجاز المخططات التنفيذية؟

6.1 فروض الدراسة

الفرض الرئيسي

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها (برامج نمذجة معلومات البناء BIM ، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD ، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء مول تجاري خاص بمدينة الرياض.

الفروض الفرعية

- الفرض الفرعي الأول: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام برامج نمذجة معلومات البناء (BIM) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض.
- الفرض الفرعي الثاني: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) المتقدمة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض.
- الفرض الفرعي الثالث: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام برامج الجدولة والتخطيط البصري على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض.
- الفرض الفرعي الرابع: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام برامج التصميم البارامتري والحسابي على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري بمدينة الرياض.

7.1 الدراسات السابقة

❶ الدراسة الأولى: دراسة كامل وجودة وشمس الدين وأبو ليله (2024) "الأساليب الحديثة في

تصميم الزخرفة الهندسية الإسلامية بأسلوب فورونوي"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام التقنيات البارامترية الحديثة بأبعادها (التصميم البارامتري، التصميم التوليدي، البرمجة الرقمية، أسلوب فورونوي) على تطوير الزخرفة الهندسية الإسلامية وإيجاد حلول تصميمية جديدة ومعاصرة توفر الوقت والجهد. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي التطبيقي من خلال أربعة محاور رئيسية تضمنت دراسة مفهوم التصميم البارامتري والتوليدي، وتتبع نشأة استخدام الفكر البارامتري في الاستلهام من الزخرفة الإسلامية، وأهمية البرمجة الرقمية، وعرض تطبيقات حديثة باستخدام برنامجي رينو (Rhino) وجراسهوبر (Grasshopper) وتكونت عينة الدراسة من مجموعة من التطبيقات والنماذج التصميمية المنفذة بأسلوب فورونوي المستمدة من الزخرفة الهندسية الإسلامية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن البرامج البارامترية الحديثة تمكن المصممين من إنتاج زخارف هندسية إسلامية بالغة التعقيد في وقت وجهد أقل بكثير مقارنة بالطرق التقليدية، وأن أسلوب فورونوي يوفر إمكانات واسعة لتوليد أنماط لا نهائية ومبتكرة. وأوصت الدراسة بضرورة تبني المصممين والمعماريين لتقنيات التصميم البارامتري الحديثة لتوفير الوقت والجهد في إنتاج المخططات التصميمية، وتعزيز التواصل الحضاري بين التراث الإسلامي والتكنولوجيا الرقمية المعاصرة.

❷ الدراسة الثانية: دراسة النواوي وعباس ومنجي وإبراهيم (2021) "استحداث تراكيب للزخرفة

الهندسية الإسلامية باستخدام التصميم البارامتري"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام التصميم البارامتري بأبعاده (الشبكيات الهندسية الأساسية، المتغيرات البارامترية، التوالد والشبكات الرقمية) على استحداث تراكيب زخرفية هندسية إسلامية جديدة ومعاصرة باستخدام برنامج جراسهوبر (Grasshopper) واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي التطبيقي من خلال إجراء تجربتين: الأولى بمتغير واحد والثانية بعدة متغيرات على شبكات مختلفة

(الشبكة المثلثة، الشبكة السداسية، الشبكة المربعة). وتكونت عينة الدراسة من مجموعة من النماذج التصميمية المنفذة على البرنامج البارامتري باستخدام الشبكيات الهندسية الثلاث الأساسية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التصميم البارامتري أنتج عدداً لا نهائياً من التصميمات الجديدة شديدة التعقيد في وقت وجهد أقل مقارنة بالطرق اليدوية التقليدية، وأنه يمكن طباعة هذه التصميمات بالطابعات ثنائية الأبعاد بسهولة. وأوصت الدراسة بتوظيف البرامج البارامترية في مراحل التصميم الهندسي لتسريع عملية الإنجاز وتحقيق التواصل الحضاري بين التراث والتكنولوجيا الحديثة.

❶ الدراسة الثالثة: دراسة مندي والفارس (2023) دور تطبيقات الواقع المعزز الحديثة في تحسين

كفاءة المشاريع الهندسية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور تطبيقات الواقع المعزز بأبعادها (التفاعل مع الكائنات الافتراضية، التواصل التعاوني، النمذجة ثلاثية الأبعاد عبر BIM ، كشف تعارضات التخصصات الهندسية (على تحسين كفاءة المشاريع الهندسية وتقليل الأخطاء في قطاع التصميم الهندسية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي المرجعي من خلال مراجعة الأدبيات والدراسات المتعلقة بتطبيقات الواقع المعزز في صناعة البناء والتشييد خلال السنوات الخمس الماضية. وتكونت عينة الدراسة من مجموعة من الدراسات والتجارب البحثية المنشورة حول استخدام الواقع المعزز والذكاء الاصطناعي في التصميم الهندسي وتصميم المشاريع والديكور الداخلي والمدن الذكية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الواقع المعزز يُعدّ أكثر ملاءمة للهندسة من الواقع الافتراضي بفضل قدراته الشفافة وتفاعليته، وأنه يسهم بشكل فعال في تقليل الأخطاء التصميمية وتحسين كفاءة إنجاز المشاريع الهندسية. وأوصت الدراسة بضرورة تبني تقنيات الواقع المعزز في المشاريع الهندسية لتعزيز التنسيق بين التخصصات وتسريع عملية مراجعة المخططات التنفيذية.

❷ الدراسة الرابعة: دراسة عبدالرحمن وإسماعيل وعرفة (2022) بعض الاتجاهات الحديثة

الناجمة من تكامل علوم الرياضيات والهندسة والتصميم الداخلي: الأورناماتكس"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر التكامل بين العلوم بأبعادها (علوم الهندسة، الرياضيات، البرمجة الحاسوبية، التصميم الرقمي) على إيجاد اتجاهات حديثة في التفكير التصميمي وخطوات تصميم التشكيلات الهندسية الإسلامية المبتكرة في مجال التصميم الداخلي. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والتاريخي من خلال تحليل اتجاه الألبوريزم وأسلوب هانكن على النظام النجمي، وعرض تطبيق بونر، ودراسة خطوات تصميم الوحدات الزخرفية بالبرمجة باستخدام برامج مثل TAPRET و GIRIH و GRASSHOPPER. وتكونت عينة الدراسة من مجموعة من الأعمال والنماذج التصميمية لعلماء رياضيين ومصممين غربيين استلهموا من الزخرفة الهندسية الإسلامية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الألبوريزم يُعدّ أحد أهم طرق التفكير الحديثة المستمدة من علوم الرياضيات والهندسة كمدخل لحل مشكلات التصميم، وأن اتجاه الأورناماتكس هو اتجاه علمي متكامل يجمع بين الهندسة والرياضيات والتصميم الحاسوبي. وأوصت الدراسة بتعميم استخدام الألبوريزم لحل مشكلات التصميم لتسريع إنتاج المخططات، إلى جانب استخدام اتجاه الأورناماتكس في التعليم الرقمي في مجال التصميم الداخلي.

❶ الدراسة الخامسة: دراسة العبيدي والزويبي (2022) تشخيص المتغيرات المؤثرة في تخمين مدة

إنجاز المشاريع الهندسية باستخدام نماذج الشبكات العصبونية الذكية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على العوامل الحرجة المؤثرة بأبعادها (المشاريع السكنية، مشاريع البنى التحتية، مشاريع المؤسسات والأعمال، المشاريع الصناعية) على التنبؤ بالمدد الزمنية للمشاريع الإنشائية باستخدام الشبكة العصبونية الاصطناعية. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية (النظامية) للأدبيات العلمية المنشورة خلال الفترة من 1995 إلى 2021 بالاستناد إلى قواعد البيانات Google Scholar و EBSCO و ResearchGate. وتكونت عينة الدراسة من مجموعة من الدراسات والأبحاث المنشورة التي تناولت تخمين مدد المشاريع الإنشائية خلال 25 سنة الماضية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى تحديد 236 عاملاً مؤثراً في التنبؤ بمدد المشاريع الإنشائية، من أبرزها: كفاءة مدير المشروع ودعم الإدارة العليا وعدد الطوابق ومساحة البناية في المشاريع السكنية، والكلفة الأولية وطول المشروع والظروف الجوية في مشاريع البنى التحتية. وأوصت الدراسة بضرورة استخدام أنظمة الشبكات العصبونية الذكية والبرامج الحديثة لتحسين دقة تخمين مدد الإنجاز وتقليل الانحرافات الزمنية في المشاريع الهندسية.

"To Draw or Not to Draw? Evaluating the Impact of Computer-Aided Drawing Tools on Productivity in Architectural Design"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام أدوات الرسم بالحاسوب (CAD) بأبعادها الإنتاجية المعرفية، الدقة الرقمية، سرعة التنفيذ، توليد الأفكار التصميمية) على الإنتاجية في مراحل التصميم المعماري الأولى. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي باستخدام أسلوب تحليل البروتوكول (Protocol Analysis) على مرحلتين: الأولى تضمنت تنفيذ مهمتين تصميميتين (يدوي ورقمي)، والثانية مقارنة تحليلية بين البروتوكولين باستخدام تقنية التلفظ المتزامن (Concurrent Verbalization) وتكونت عينة الدراسة من طلاب السنة الثالثة في قسم العمارة الذين أنجزوا مهمتين تصميميتين: الأولى بالرسم اليدوي الحر والثانية باستخدام أدوات CAD. وتوصلت نتائج الدراسة إلى نتائج مفاجئة ومخالفة للمعتقدات الشائعة، حيث أظهرت أن استخدام أدوات CAD في مراحل التصميم الأولى قد يعيق الإنتاجية المعرفية بدلاً من تعزيزها، إذ أظهر المصممون الذين استخدموا CAD علامات تردد وعدم حسم أدت إلى إطالة الجداول الزمنية للتصميم وانخفاض إنتاجية توليد الأفكار. وأوصت الدراسة بضرورة اتباع نهج متوازن في دمج أدوات CAD في عمليات التصميم، مع إعادة تقييم دورها في المناهج التعليمية المعمارية وسير العمل المهني.

"Development of Jetty Structure Design Procedures at the Schematic Design Stage with The Implementation of Computational Design and Building Information Modelling to Improve Design Time Performance"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق التصميم الحسائي ونمذجة معلومات البناء (CD-BIM) بأبعادهما (العمليات التجارية الحرجة، أنشطة التصميم، المراجعة التصميمية الداخلية) على

تحسين أداء وقت التصميم في مرحلة التصميم التخطيطي لإنشاءات الأرصفة البحرية (jetty) واستخدمت الدراسة المنهج المختلط الذي جمع بين التحليل الشامل للبيانات الثانوية، وإجراء مقابلات مع خبراء التصميم، والتحليل الكمي باستخدام برنامج SPSS29 لتقييم أثر إجراءات التصميم على أداء الوقت. وتكونت عينة الدراسة من مجموعة من خبراء التصميم الإنشائي المتخصصين في تصميم الأرصفة البحرية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى تحديد تسع عمليات تجارية حرجية في التصميم الإنشائي للأرصفة باستخدام CD-BIM تتضمن 37 نشاطاً تصميمياً، وأن دمج عمليات التصميم الحسابي و BIM في إجراءات التصميم الإنشائي أدى إلى تحسين ملحوظ في أداء وقت التصميم. وأوصت الدراسة بتبني إجراءات CD-BIM في تصميم المنشآت الهندسية لتسريع إنجاز المخططات التنفيذية وتعزيز الكفاءة في قطاع الهندسة المدنية.

📌 الدراسة الثامنة: دراسة (Tuscano & Asl (2024

"Visual versus Tabular Scheduling Programs"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام برامج الجدولة البصرية مقارنة بالبرامج الجدولية (الجدولية) بأبعادها (تعريف المهام، تحديد العلاقات، اكتشاف الأخطاء، إجراء التعديلات، فهم الجدول الكلي) على كفاءة وسرعة إنشاء جداول المشاريع الإنشائية. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي من خلال تصميم تجربة عملية تضمنت ثلاثة سيناريوهات جدولة متماثلة التعقيد على ثلاثة برامج (برنامج بصري واحد وبرنامجين جدوليين)، مع جمع البيانات عبر استبانات وقياس زمني. وتكونت عينة الدراسة من 55 طالب دراسات عليا في برنامج ماجستير إدارة المشاريع الإنشائية بجامعة كاليفورنيا الحكومية، بمتوسط عمر 25 سنة وخبرة مهنية متوسطة سنتان. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن برنامج الجدولة البصرية حقق أقل متوسط زمن لإنشاء الجداول (30.9 دقيقة) مقارنة بالبرنامجين الجدولين (41.0 و 50.9 دقيقة) بفارق ذو دلالة إحصائية ($p < 0.05$) ، وأن 80% من المشاركين فضلوا البرنامج البصري من حيث السرعة و 69.1% من حيث الموثوقية. وأوصت الدراسة بتبني أدوات الجدولة البصرية في إدارة المشاريع الإنشائية لتسريع إنشاء الجداول الزمنية وتقليل احتمالية الأخطاء.

"Optimization of 300 Feet Deck Barge Project Management Through Comparison of BIM and Conventional Methods at PT. Sky Batam"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM) مقارنة بالأساليب التقليدية بأبعادها (كفاءة الوقت بنظام D4، كفاءة التكلفة بنظام D5، جودة التوثيق الفني والتنسيق) على تحسين إدارة مشروع بناء سفينة نقل بطول 300 قدم في حوض بناء السفن بجزيرة باتام بإندونيسيا. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي المقارن التفسيري باستخدام أسلوب العينة القصدية (Purposive Sampling) والتحليل الإحصائي الوصفي واختبار t المستقل (Independent t-test) لمقارنة البيانات الفعلية للمشاريع التقليدية مع محاكاة BIM. وتكونت عينة الدراسة من 15 مشروعاً لبناء سفن نقل في حوض بناء السفن PT. SKY خلال الفترة من 2022 إلى 2024 متوزعة بين الأسلوب التقليدي وأسلوب BIM الجزئي و BIM الكامل. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن BIM قلّص متوسط مدة المشروع من 107.4 يوم (تقليدي) إلى 89 يوماً (BIM كامل) بفارق ذو دلالة إحصائية عالية ($p < 0.001$) ، وخفض التكلفة الفعلية من 13.41 مليار روبية إلى 12.39 مليار، كما انخفضت مراجعات الرسومات من 21.2 إلى 4.2 مراجعة. وأوصت الدراسة بتسريع التحول الرقمي في صناعة بناء السفن عبر تبني BIM كاستراتيجية رقمية أساسية لتحسين كفاءة إنجاز المخططات والمشاريع.

"Enhancing Construction Project Management through the Implementation of Revit for Effective Planning and Coordination: A Review"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق برنامج أوتوديسك ريفيت (Autodesk Revit) بأبعاده (التصميم ثلاثي الأبعاد المتكامل، التعاون متعدد التخصصات، التحديثات اللحظية، القدرات البارامترية) على تعزيز إدارة مشاريع البناء من حيث التخطيط والتنسيق الفعال. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي

التحليلي المرجعي من خلال مراجعة شاملة للأدبيات والدراسات المتعلقة بتطبيقات نمذجة معلومات البناء (BIM) وبرنامج Revit في صناعة البناء والتشييد. وتكونت عينة الدراسة من مجموعة من الدراسات والأبحاث المنشورة حول استخدام برنامج Revit في مشاريع البناء وأثره على التخطيط والتنسيق وإدارة دورة حياة المشروع. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن برنامج Revit يُعزز التعاون بين الفرق متعددة التخصصات (المعماري، الإنشائي، الميكانيكي) ضمن بيئة ثلاثية الأبعاد واحدة، ويتيح التحديثات اللحظية مما يقلل بشكل كبير من احتمالية الأخطاء والسهو، كما أن قدراته البارامترية تُمكن من إنشاء نماذج ذكية تُعزز اتخاذ القرار وتحسين تقدير التكاليف وتسريع إنجاز المخططات التنفيذية. وأوصت الدراسة بتبني برنامج Revit كأداة أساسية في إدارة مشاريع البناء الحديثة لتعزيز كفاءة المشروع ودقته وتحسين رضا العملاء من خلال أدوات التصور المتقدمة.

8.1 المنطلقات النظرية للدراسة

أولاً: مفهوم برامج التصميم الهندسي الحديثة

شهدت صناعة التصميم الهندسي تطوراً متسارعاً في أدواتها وتقنياتها منذ منتصف القرن العشرين، حيث انتقلت من الاعتماد الكلي على الرسم اليدوي إلى توظيف منظومات رقمية متكاملة أحدثت تحولاً جذرياً في آليات إنتاج المخططات الهندسية. وتُعرف برامج التصميم الهندسي الحديثة إجرائياً في هذه الدراسة بأنها مجموعة المنظومات والتطبيقات الرقمية المتقدمة التي يستخدمها المهندسون والمتخصصون في إعداد المخططات التنفيذية للمشاريع الإنشائية وإنتاجها ومراجعتها وتنسيقها، وتشمل أربعة أبعاد رئيسية هي: برامج نمذجة معلومات البناء (BIM)، وبرامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)، وبرامج الجدولة والتخطيط البصري، وبرامج التصميم البارامترية والحسابي. وقد أشار Adeolu et al. (2024) إلى أن التحول في أدوات التصميم الهندسي من برامج التصميم المحلية إلى المنصات السحابية يُمثل نقلة نوعية في طريقة عمل الفرق الهندسية وتعاونها، فيما أكد Peters & Eppinger (2024) أن أتمتة العمليات الهندسية باتت محركاً رئيسياً لتسريع دورة إنتاج المخططات والتصاميم في المشاريع المعاصرة.

ثانياً: برامج نمذجة معلومات البناء (BIM)

تُعرف نمذجة معلومات البناء (Building Information Modeling) بأنها منهجية عمل تعاونية قائمة على إنشاء نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد ذكي يتضمن جميع المعلومات الهندسية والمادية والزمنية والتكلفية للمشروع الإنشائي في بيئة موحدة تُتيح التنسيق المتزامن بين التخصصات المختلفة. ويتجاوز مفهوم BIM كونه مجرد برنامج حاسوبي ليصبح فلسفة عمل متكاملة تربط بين مراحل التصميم والتنفيذ والتشغيل في منصة رقمية واحدة. وقد أوضح (Solanki et al. (2024 أن برنامج Autodesk Revit بوصفه أحد أبرز تطبيقات BIM يُدمج التصميم المعماري والإنشائي والميكانيكي في بيئة ثلاثية الأبعاد واحدة تُتيح التحديثات اللحظية وتُقلل من احتمالية الأخطاء والسهو. كما أثبتت دراسة (Parwita et al. (2025 أن تطبيق BIM في مشاريع بناء السفن قلّص متوسط مدة المشروع من 107.4 يوم إلى 89 يوماً وخفض مراجعات الرسومات من 21.2 إلى 4.2 مراجعة، مما يؤكد الأثر الجوهري لهذه التقنية على سرعة الإنجاز وجودة التوثيق الهندسي.

ثالثاً: برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)

يُشير مصطلح التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Design) إلى استخدام البرمجيات المتخصصة في إنشاء الرسومات والمخططات الهندسية ثنائية وثلاثية الأبعاد وتعديلها وتحليلها رقمياً. وتُعدّ برامج CAD الركيزة الأساسية التي انطلق منها التحول الرقمي في صناعة التصميم الهندسي، إذ أحدثت منذ ظهورها ثورة في طريقة إنتاج المخططات التنفيذية من حيث الدقة والسرعة وإمكانية التعديل. وقد تناولت دراسة (Mohammedi & Arrouf (2024 العلاقة المعقدة بين أدوات CAD والإنتاجية التصميمية، حيث أجرت دراسة تجريبية على طلاب العمارة باستخدام أسلوب تحليل البروتوكول لمقارنة الأداء بين الرسم اليدوي الحر والرسم الرقمي، وكشفت عن أن توظيف أدوات CAD يتطلب فهماً دقيقاً لطبيعة كل مرحلة تصميمية لتحقيق أقصى استفادة من إمكانياتها. ويتسع نطاق برامج CAD الحديثة ليشمل مكتبات رقمية جاهزة وقوالب معيارية وأوامر برمجية آلية تُسهّم في تسريع إنتاج المخططات التفصيلية، فضلاً عن إمكانيات التصدير والمشاركة الفورية التي تُعزز من كفاءة سير العمل الهندسي.

رابعاً: برامج الجدولة والتخطيط البصري

تُعرف برامج الجدولة والتخطيط البصري بأنها التطبيقات المتخصصة في إنشاء الجداول الزمنية للمشاريع وإدارتها ومتابعتها باستخدام أساليب عرض بصرية تُسهّل فهم تسلسل الأنشطة وعلاقاتها ومساراتها الحرجة. وتشمل هذه البرامج أدوات مثل Primavera P6 و Microsoft Project فضلاً عن برامج الجدولة البصرية الحديثة التي تعتمد على رسم مخططات الشبكة مباشرة. وقد أجرى Tuscano & Asl (2024) دراسة تجريبية شملت 55 مشاركاً من طلاب الدراسات العليا في إدارة المشاريع الإنشائية لمقارنة أداء برامج الجدولة البصرية مع البرامج الجدولية التقليدية، وأظهرت النتائج تفوق الأسلوب البصري في سرعة إنشاء الجداول بمتوسط 30.9 دقيقة مقابل 41.0 و 50.9 دقيقة للبرامج التقليدية. كما أكدت دراسة عباس والراشدي (2024) أهمية استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) ونظرية المجموعة الضبابية (Fuzzy CPM) في حساب الوقت الأمثل لإنجاز المشاريع الإنشائية، مما يُبرز الدور المحوري لأدوات التخطيط والجدولة في ضبط الأداء الزمني.

خامساً: برامج التصميم البارامتري والحسابي

يُعرف التصميم البارامتري (Parametric Design) بأنه أسلوب تصميمي يعتمد على تحديد مجموعة من المعاملات والمتغيرات الرياضية التي تتحكم في الشكل الهندسي، بحيث يؤدي تغيير أي معامل إلى تعديل التصميم تلقائياً وفورياً دون الحاجة لإعادة الرسم من البداية. أما التصميم الحسابي (Computational Design) فيُوسّع هذا المفهوم ليشمل استخدام الخوارزميات والبرمجة النصية في توليد حلول تصميمية مُحسّنة وفقاً لمعايير أداء محددة. وقد أوضحت دراسة النواوي وآخرون (2021) أن التقنيات البارامتريّة تُستخدم لوضع حلول للمشكلات التصميمية عبر نماذج رقمية ذات معاملات متغيرة تُنتج تصميمات يمكن تعديلها بسهولة أثناء العمل وبعده. كما أكدت دراسة كامل وآخرون (2024) أن برنامج Grasshopper يُمكن المصممين من إنتاج أنماط هندسية بالغة التعقيد بأسلوب سهل التنفيذ بفضل المتغيرات البارامتريّة. وقد أشارت دراسة Fitriansyah & Latief (2024) إلى أن دمج التصميم

الحسابي مع BIM في تصميم المنشآت الإنشائية أسفر عن تحديد تسع عمليات حرجة تتضمن 37 نشاطاً تصميمياً، وأن هذا الدمج أدى إلى تحسين جوهري في أداء وقت التصميم.

سادساً: سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

تُعرف المخططات التنفيذية (Shop Drawings / Construction Documents) بأنها الرسومات الهندسية التفصيلية التي تتضمن جميع المعلومات الفنية والأبعاد والمقاطع والتفاصيل الإنشائية اللازمة لتنفيذ المشروع في الموقع، وتشمل المخططات المعمارية والإنشائية والكهربائية والميكانيكية ومخططات السباكة ومكافحة الحريق. ويُقصد بسرعة إنجاز المخططات التنفيذية إجرائياً في هذه الدراسة المدة الزمنية الفعلية المستغرقة لإنتاج هذه المخططات بصورتها النهائية المعتمدة والجاهزة للتنفيذ، بدءاً من مرحلة التصميم التفصيلي وحتى إصدار المخططات المعتمدة. وقد أكد الهاشي (2023) أن الوقت والتكلفة يُمثّلان أهم مؤشرات الأداء في المشاريع الإنشائية، وأن تقليص مدة الإنجاز ينعكس إيجاباً على خفض التكاليف غير المباشرة. كما أشار العبيدي والزويني (2022) إلى أن انحراف المدد الزمنية المخطط لها أصبح قضية حرجة تواجه المشاريع الإنشائية، وأن هناك 236 عاملاً مؤثراً في التنبؤ بمدد هذه المشاريع. وتتأثر سرعة إنجاز المخططات التنفيذية بعوامل متعددة منها كفاءة الأدوات التقنية المستخدمة ومستوى التنسيق بين التخصصات وعدد دورات المراجعة والتعديل، وهو ما يجعل توظيف برامج التصميم الهندسي الحديثة عاملاً حاسماً في تحسين هذا المؤشر الزمني (زغدي وقُدوري، 2022).

سابعاً: المولات التجارية بوصفها سياقاً تطبيقياً

تُعدّ المولات التجارية من أكثر المشاريع الإنشائية تعقيداً من حيث التصميم الهندسي، نظراً لتعدد أنظمتها وتداخل تخصصاتها وضخامة مساحاتها وتنوع وظائفها. ويتطلب تصميم المول التجاري تنسيقاً عالي الدقة بين المخططات المعمارية التي تشمل الفضاءات التجارية والممرات والواجهات، والمخططات الإنشائية التي تتضمن الأساسات والأعمدة والبلاطات، والمخططات الكهروميكانيكية التي تغطي أنظمة التكييف والإضاءة ومكافحة الحريق والمصاعد. وتفرض هذه التعقيدات ضغوطاً زمنية متصاعدة على فرق

التصميم، لا سيما في مدينة الرياض التي تشهد طلباً متنامياً على المشاريع التجارية الكبرى ضمن مسيرة التطوير الحضري المتسارعة. وقد أشارت دراسة العريبي وآخرون (2019) إلى أن المشاريع الهندسية المعاصرة تتطلب توظيف أحدث التقنيات لضمان كفاءة التصميم والتنفيذ، وهو ما يُعزز الحاجة إلى دراسة أثر البرامج الحديثة في هذا النمط من المشاريع.

9.1 منهجية الدراسة ومجتمعها وأدواتها

أولاً: منهجية الدراسة

ستعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأكثر ملاءمة لطبيعة الدراسة وأهدافها، إذ يُمكن الباحث من وصف الظاهرة المدروسة وتحليلها كمياً ونوعياً للكشف عن أثر استخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها الأربعة (برامج نمذجة معلومات البناء BIM، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء مول تجاري خاص بمدينة الرياض. وسيتضمن هذا المنهج جمع البيانات الأولية من خلال استبانة مُصممة خصيصاً لأغراض الدراسة، وتوزيعها على أفراد العينة المستهدفة، ومن ثم تحليلها إحصائياً للإجابة عن أسئلة الدراسة واختبار فروضها.

وسُيُستكمل المنهج الوصفي التحليلي بأسلوب دراسة الحالة التطبيقي، حيث سيتم التركيز على مشروع إنشاء مول تجاري خاص بمدينة الرياض كحالة دراسية واقعية، مما سيُتيح للباحث فحص الظاهرة في سياقها الطبيعي والحصول على نتائج ذات مصداقية عالية ترتبط بالواقع الفعلي لصناعة التصميم الهندسي في المملكة العربية السعودية. وسيمر تنفيذ الدراسة بمراحل متتابعة تبدأ بمراجعة الأدبيات والدراسات السابقة لبناء الإطار النظري، ثم تصميم أداة الدراسة وتحكيمها، وتوزيعها على عينة الدراسة، وجمع البيانات وتفسيرها، وتحليلها إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS، وصولاً إلى استخلاص النتائج وتقديم التوصيات.

ثانياً: مجتمع الدراسة وعينتها

سيشكل مجتمع الدراسة من جميع المهندسين والمتخصصين العاملين في المكاتب الهندسية والشركات الاستشارية وشركات المقاولات المشاركة في تصميم وتنفيذ مشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض. ووفقاً لبيانات الهيئة السعودية للمهندسين وسجلات أمانة منطقة الرياض، يُقدّر عدد المكاتب الهندسية والشركات الاستشارية المصنفة والمرخصة والعاملة في مشاريع المباني التجارية الكبرى بمدينة الرياض بنحو 85 مكتباً وشركة، ويبلغ إجمالي عدد المهندسين والمتخصصين العاملين في أقسام التصميم ومراجعة المخططات التنفيذية فيها ما يقارب 1200 مهندس ومتخصص يُمثلون مجتمع الدراسة الكلي.

وستعتمد الدراسة على أسلوب العينة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل جميع فئات مجتمع الدراسة (مهندسون معماريون، مهندسون إنشائيون، مهندسون كهروميكانيكيون، مديرو مشاريع ومخططون)، وسيتم تحديد حجم العينة وفقاً لمعادلة ستيفن ثومبسون (Steven Thompson) عند مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%، ليبلغ حجم العينة المطلوب 291 مهندساً ومتخصصاً. وسيحرص الباحث على توزيع 320 استبانة لتعويض الفاقد المتوقع في الاستبانة غير المستردة أو غير الصالحة للتحليل الإحصائي، وستوزع الاستبانة إلكترونياً وورقياً على أفراد العينة في مواقع عملهم بالمكاتب الهندسية والشركات الاستشارية وشركات المقاولات المشاركة في مشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض.

ثالثاً: مصادر جمع البيانات

المصادر الأولية

ستتمثل المصادر الأولية لجمع البيانات في الاستبانة التي سيصممها الباحث خصيصاً لأغراض هذه الدراسة، والتي ستوزع على أفراد عينة الدراسة من المهندسين والمتخصصين العاملين في تصميم ومراجعة المخططات التنفيذية لمشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض، بهدف الحصول على بيانات ميدانية دقيقة تعكس آراءهم وتقييماتهم حول أثر برامج التصميم الهندسي الحديثة على سرعة الإنجاز.

المصادر الثانوية

ستشمل المصادر الثانوية الكتب والمراجع العلمية المتخصصة في إدارة المشاريع الهندسية وتقنيات التصميم الرقمي، والدوريات والمجلات العلمية المحكمة العربية والأجنبية، والرسائل الجامعية (ماجستير ودكتوراه) ذات الصلة بموضوع الدراسة، والتقارير والإحصاءات الرسمية الصادرة عن الهيئة السعودية للمهندسين والهيئة السعودية للمقاولين ووزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، فضلاً عن قواعد البيانات الإلكترونية مثل Scopus و Web of Science ومنصة دار المنظومة.

رابعاً: أداة الدراسة (الاستبانة)

ستعتمد الدراسة على الاستبانة بوصفها أداة رئيسية لجمع البيانات الأولية، وستُصمم وفقاً لمقياس ليكرت الخماسي (موافق بشدة = 5، موافق = 4، محايد = 3، غير موافق = 2، غير موافق بشدة = 1)، وستتكون من الأقسام التالية:

- ❖ القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية ويتضمن (6) فقرات تشمل: التخصص الهندسي، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة المهنية، المسمى الوظيفي، حجم المكتب الهندسي، ومستوى التدريب على البرامج الحديثة.
- ❖ القسم الثاني: محاور المتغير المستقل (برامج التصميم الهندسي الحديثة) ويتكون من أربعة محاور:

المحور	البُعد	عدد الفقرات
الأول	برامج نمذجة معلومات البناء (BIM)	8 فقرات
الثاني	برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)	7 فقرات
الثالث	برامج الجدولة والتخطيط البصري	7 فقرات
الرابع	برامج التصميم البارامتري والحسابي	8 فقرات
الإجمالي		30 فقرة

❖ القسم الثالث: المتغير التابع (سرعة إنجاز المخططات التنفيذية) ويتكون من محور واحد يتضمن

(8) فقرات تقيس مستوى سرعة إنجاز المخططات التنفيذية في مشروع إنشاء المول التجاري.

القسم	المكوّن	عدد الفقرات
الأول	البيانات الديموغرافية والوظيفية	6 فقرات
الثاني	محاور المتغير المستقل (4 محاور)	30 فقرة
الثالث	المتغير التابع (محور واحد)	8 فقرات
الإجمالي الكلي للاستبانة		44 فقرة

وسيتّم التحقّق من صدق أداة الدراسة من خلال الصدق الظاهري بعرضها على مجموعة من المحكّمين المتخصصين، وصدق الاتساق الداخلي بحساب معاملات ارتباط بيرسون بين كل فقرة والدرجة الكلية للمحور، كما سيُقاس ثبات الأداة باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha)

خامساً: الأساليب الإحصائية المستخدمة

ستُحلل بيانات الدراسة باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، وسيتّم توظيف الأساليب الإحصائية التالية:

- التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص أفراد عينة الدراسة الديموغرافية والوظيفية.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لتحديد مستوى استجابات أفراد العينة تجاه محاور الدراسة وترتيب الفقرات والأبعاد وفقاً لأهميتها النسبية.
- معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation): للتحقق من صدق الاتساق الداخلي لأداة الدراسة ولقياس العلاقة بين المتغيرات.
- معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha): لقياس ثبات أداة الدراسة ومدى اتساقها الداخلي.
- تحليل الانحدار البسيط (Simple Regression): لقياس أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع بشكل منفرد.

- تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression) لقياس الأثر المشترك لأبعاد المتغير المستقل الأربعة مجتمعة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية وتحديد الأوزان النسبية لكل بُعد.
- اختبار (T-Test) لفحص الفروق في استجابات أفراد العينة التي تُعزى للمتغيرات الديموغرافية ثنائية الفئات.
- تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) لفحص الفروق في استجابات أفراد العينة التي تُعزى للمتغيرات الديموغرافية متعددة الفئات، مع استخدام اختبار شيفيه (Scheffé) للمقارنات البعدية عند وجود فروق دالة إحصائياً.
- معامل تضخم التباين (VIF) واختبار التحمل (Tolerance) للتحقق من عدم وجود ازدواجية خطية (Multicollinearity) بين المتغيرات المستقلة قبل إجراء تحليل الانحدار المتعدد.

سادساً: حدود الدراسة

- الحدود الموضوعية: ستقتصر الدراسة على دراسة أثر استخدام برامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها الأربعة (برامج نمذجة معلومات البناء BIM ، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD ، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية.
- الحدود المكانية: ستُطبق الدراسة على المكاتب الهندسية والشركات الاستشارية وشركات المقاولات العاملة في مشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية.
- الحدود الزمانية: ستُجرى الدراسة الميدانية خلال الفصل الدراسي الثاني من العام الأكاديمي 2025/2026م.
- الحدود البشرية: ستقتصر الدراسة على المهندسين والمتخصصين العاملين في أقسام التصميم ومراجعة المخططات التنفيذية من ذوي التخصصات المعمارية والإنشائية والكهروميكانيكية ومديري المشاريع والمخططين.

الفصل الثاني: الإطار النظري

المبحث الأول: برامج التصميم الهندسي الحديثة (المتغير المستقل)

1.1.2 تمهيد

أفرزت الثورة الصناعية الرابعة موجة من التحولات التقنية العميقة التي طالت مختلف القطاعات الإنتاجية والخدمية، وكان قطاع البناء والتشييد من أبرز القطاعات التي تأثرت بهذه الموجة، إذ لم يعد التصميم الهندسي عملية خطية تعتمد على المهارة اليدوية الفردية بل تحول إلى منظومة رقمية تفاعلية تتكامل فيها البرمجيات المتقدمة مع الخبرة البشرية لإنتاج مخططات هندسية عالية الدقة في أطر زمنية متقلصة. وقد فرض التعقيد المتنامي للمشاريع الإنشائية المعاصرة، لا سيما المشاريع التجارية الكبرى كالمولات والمجمعات متعددة الاستخدامات، حاجة ملحة إلى أدوات تصميمية تتجاوز قدرات البرامج التقليدية وتُمكن الفرق الهندسية من التعامل مع مستويات التعقيد المتصاعدة بكفاءة وسرعة. ويسعى هذا المبحث إلى تأسيس إطار نظري متماسك يتناول برامج التصميم الهندسي الحديثة من حيث مفهومها وتعريفاتها المتعددة، وأهميتها في السياق الهندسي المعاصر، وأهدافها الاستراتيجية والتشغيلية، وأبعادها الأربعة التي تبنتها هذه الدراسة، فضلاً عن استراتيجيات تطبيقها ومتطلبات تكاملها في بيئة المشاريع الإنشائية.

2.1.2 مفهوم برامج التصميم الهندسي الحديثة

يتسم مفهوم برامج التصميم الهندسي الحديثة بالتعدد والتنوع في زوايا تناول الأكاديمي والمهني، وذلك تبعاً لاختلاف المنطلقات الفكرية والتخصصية التي ينطلق منها الباحثون في تحديد ماهية هذه البرامج ونطاقها ووظائفها. فمن المنظور التقني البحث، تُعرّف هذه البرامج بوصفها أدوات رقمية تُستخدم في إنشاء الرسومات والنماذج الهندسية وتعديلها، بينما يتسع هذا التعريف من المنظور الإداري والتنظيمي ليشمل دورها في تحسين كفاءة سير العمل الهندسي وتعزيز التنسيق بين التخصصات وضبط الجودة وإدارة الوقت

والموارد. ويعكس هذا التباين في التعريفات طبيعة هذه البرامج المتشعبة التي تتقاطع مع حقول معرفية متعددة تشمل هندسة البرمجيات وإدارة المشاريع والتصميم المعماري والهندسة الإنشائية.

وقد تناول Adeolu et al. (2024) مفهوم أدوات التصميم الهندسي من منظور تطوري شامل، حيث عرّفوها بأنها المنظومات الرقمية التي مرّت بمسار تحوّلي متعاقب انتقلت فيه من تطبيقات التصميم بمساعدة الحاسوب المحلية المثبتة على أجهزة فردية إلى منصات سحابية متكاملة تُتيح التعاون المتزامن بين فرق هندسية متعددة التخصصات والمواقع الجغرافية. ويتميز هذا التعريف بتركيزه على البُعد التنظيمي والتعاوني للبرامج الحديثة، إذ يتجاوز النظرة القاصرة التي تختزل هذه البرامج في وظائفها التقنية المباشرة ليبرز دورها في إعادة هيكلة العلاقات المهنية بين أطراف المشروع الهندسي وتحويل آليات تبادل المعلومات من نمط تسلسلي خطي إلى نمط تفاعلي متزامن.

ومن زاوية تركز على البُعد الزمني والإنتاجي، عرّف Peters & Eppinger (2024) الأدوات الهندسية الحديثة بأنها منظومات رقمية مصمّمة لأتمتة المراحل المتعاقبة في العملية الهندسية بهدف تقليص دورة الإنتاج التصميمي وتسريع الانتقال من المفهوم الأولي إلى المخرج النهائي القابل للتنفيذ. ويتقاطع هذا التعريف مع المتغير التابع في الدراسة الحالية بشكل مباشر، كونه يضع عامل السرعة والكفاءة الزمنية في صلب الغاية الوظيفية لهذه البرامج، ويُميّز بين مستويات الأتمتة من الأتمتة الجزئية التي تُسرّع عمليات بعينها إلى الأتمتة الشاملة التي تُعيد تشكيل مسار العملية التصميمية برمتها.

وعلى صعيد العلاقة بين هذه البرامج والعملية الإدراكية للمصمم، قدّم Mohammedi & Arrouf (2024) تعريفاً يتجاوز الطابع الأداتي السائد، إذ عرّفوا أدوات الرسم الهندسي بالحاسوب بأنها تطبيقات رقمية تتوسط بين الفكرة التصميمية في ذهن المهندس أو المعماري وتمثيلها الهندسي المادي على المخطط، مُميّزين بين وظيفتها كأداة إنتاجية تُسرّع الرسم ووظيفتها كوسيط معرفي يؤثر في طبيعة التفكير التصميمي ذاته ويُشكّل مسار توليد الأفكار والبدائل. ويُضيف هذا التعريف بُعداً إبستمولوجياً بالغ الأهمية يُنبّه إلى أن تبني البرامج الحديثة لا يُغيّر فقط سرعة الإنتاج بل قد يُعيد تشكيل الطريقة التي يُفكر بها المصمم ويتعامل بها مع المشكلة التصميمية.

أما (Solanki et al. (2024) فقد عرّفوا البرامج الهندسية الحديثة من خلال نموذج تطبيقي محدد هو برنامج Autodesk Revit ، حيث وصفوها بأنها منصات رقمية تُدمج التصميم المعماري والإنشائي والميكانيكي في بيئة نمذجة ثلاثية الأبعاد موحدة تسمح بإنشاء نماذج ذكية تحمل معلومات بارامترية متكاملة تتجاوز الأبعاد الهندسية لتشمل خصائص المواد والتكاليف والجداول الزمنية. ويتميز هذا التعريف بتأكيدهِ على مفهوم "النموذج الذكي" الذي يُحوّل المخطط الهندسي من مجرد تمثيل بصري ثابت إلى قاعدة بيانات ديناميكية قابلة للاستعلام والتحليل واتخاذ القرار.

وفي السياق العربي، أسهم عدد من الباحثين في تأطير مفهوم هذه البرامج من منظورات متنوعة. فقد عرّف عبدالرحمن وآخرون (2022) البرامج الهندسية الحديثة بأنها ثمرة التكامل بين علوم الرياضيات والهندسة والحوسبة، ووصفوها بأنها منظومات برمجية تعتمد على الخوارزميات والنماذج الرقمية ذات المعاملات المتغيرة لإيجاد حلول تصميمية مبتكرة عبر مدخلات من التفكير الأليجوريتمي. ويُبرز هذا التعريف الجذور الرياضية والحسابية العميقة التي تقوم عليها هذه البرامج، ويربطها بالاتجاهات الفكرية الحديثة في التصميم القائم على البيانات والخوارزميات. كما عرّف النواوي وآخرون (2021) التقنيات البارامترية الرقمية بأنها أدوات تضع حلولاً للمشكلات التصميمية عن طريق استخدام نماذج رقمية ذات محددات متغيرة تجعل التصميم سهل التعديل أثناء العمل وبعده من خلال تغيير معاملات المعادلات البنائية، وهو ما يُميّزها عن البرامج التقليدية التي تتطلب إعادة الرسم عند كل تعديل.

ومن منظور يركز على علاقة هذه البرامج ببيئة المشروع الهندسي، عرّف مندي والفارس (2023) التطبيقات الهندسية الحديثة بأنها مجموعة التقنيات الرقمية التي تُوظّف في مراحل التصميم والتنفيذ والإشراف على المشاريع الهندسية بهدف تحسين كفاءتها ورفع مستوى التنسيق بين أطرافها، وأدرجوا ضمنها تقنيات الواقع المعزز ونمذجة معلومات البناء والذكاء الاصطناعي. ويوسّع هذا التعريف نطاق المفهوم ليتجاوز مرحلة التصميم وحدها ويشمل دورة حياة المشروع بأكملها، مما يُبرز الطابع الشمولي لهذه البرامج وتأثيرها المتعدد المستويات.

أما (Fitriansyah & Latief (2024) فقد عرّفوا هذه البرامج من منظور إجرائي تطبيقي يركز على العمليات، حيث وصفوا التصميم الحسابي ونمذجة معلومات البناء بأنهما نهجان رقميان متكاملان يُمكنان الفرق الهندسية من استكشاف البدائل التصميمية البارامترية وتعزيز التعاون والتصور واتخاذ القرار من خلال نماذج ثلاثية الأبعاد شاملة تدمج المعلومات الزمنية والتكيفية. ويتميز هذا التعريف بتأكيد على مفهوم التكامل بين أدوات التصميم المختلفة بدلاً من التعامل مع كل أداة كوحدة مستقلة.

وبناءً على استعراض التعريفات السابقة وتحليلها، يتبنى الباحث تعريفاً إجرائياً لبرامج التصميم الهندسي الحديثة في سياق هذه الدراسة بأنها: مجموعة المنظومات والتطبيقات الرقمية المتقدمة التي تُوظفها المكاتب الهندسية والشركات الاستشارية في إعداد المخططات التنفيذية للمشاريع الإنشائية وإنتاجها ومراجعتها وتنسيقها، والتي تتميز بقدرتها على أتمتة العمليات التصميمية المتكررة وتعزيز التعاون متعدد التخصصات وتوفير بيئة نمذجة ذكية قائمة على البيانات، وتشمل في هذه الدراسة أربعة أبعاد هي: برامج نمذجة معلومات البناء (BIM)، وبرامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)، وبرامج الجدولة والتخطيط البصري، وبرامج التصميم البارامتري والحسابي. ويستند هذا التعريف إلى رؤية تكاملية تجمع بين البُعد التقني الذي أكدته (Adeolu et al. (2024 والبُعد الزمني الذي ركّز عليه Peters & Eppinger (2024) والبُعد المعرفي الذي طرحه (Mohammedi & Arrouf (2024 والبُعد التنظيمي الذي أبرزه Solanki (2024) et al. (2024)، مع مراعاة الخصوصية التطبيقية لمشاريع المولات التجارية في مدينة الرياض.

3.1.2 أهمية برامج التصميم الهندسي الحديثة

تنبثق أهمية برامج التصميم الهندسي الحديثة من الدور المحوري الذي تؤديه في إعادة تشكيل منظومة العمل الهندسي وتحسين مخرجاتها الكمية والنوعية في ظل بيئة مشاريع تتسم بالتعقيد المتصاعد والضغوط الزمنية المتزايدة. ولا تقتصر هذه الأهمية على الجانب التقني المتعلق بتسريع عملية الرسم والإنتاج، بل تمتد لتشمل أبعاداً اقتصادية وتنظيمية ومعرفية تُؤثر في كفاءة المشروع الهندسي بأكمله. وقد تناولت الأدبيات العلمية هذه الأهمية من زوايا متعددة يمكن استعراضها على النحو التالي.

يُشير Parwita et al. (2025) إلى أن أهمية برامج التصميم الهندسي الحديثة تتجلى في ثلاثة محاور رئيسية: أولاً، تحقيق الكفاءة الزمنية من خلال دمج الجدولة الرقمية) البُعد الرابع 4 (D في النموذج التصميمي مما يُتيح رقابة لحظية على المسارات الحرجة للمشروع ويُقلص فترات الانتظار بين مراحل التصميم المتعاقبة. ثانياً، تعزيز الكفاءة التكلفة عبر إدماج تقدير التكاليف) البُعد الخامس 5 (D في بيئة النمذجة الرقمية بما يُحسن من دقة الموازنات ويُقلل من هدر الموارد الناجم عن أخطاء التصميم وإعادة العمل. ثالثاً، رفع جودة التوثيق الفني من خلال المركزية المعلوماتية التي تُوفرها هذه البرامج والتي تضمن اتساق المخططات بين التخصصات المختلفة وتُقلل من طلبات الاستيضاح المتبادلة بين فرق العمل.

ويرى Tuscano & Asl (2024) أن أهمية هذه البرامج تتبدى بوضوح في قدرتها على تحويل المعلومات اللفظية والنصية المعقدة إلى تمثيلات بصرية تُعزز من عمق الفهم والاستيعاب لدى الفرق الهندسية، إذ تتجلى هذه الأهمية في: أولاً، تسهيل بناء نماذج ذهنية شاملة ومتكاملة لمكونات المشروع وعلاقاتها، مما يُحسن من جودة اتخاذ القرار في مراحل التخطيط والتصميم. ثانياً، تعزيز القدرة على اكتشاف الأخطاء والتعارضات في مراحل مبكرة قبل الانتقال إلى التنفيذ، وهو ما يُوفر وقتاً وتكاليف كبيرة. ثالثاً، تحسين التواصل بين أصحاب المصلحة من خلال توفير لغة بصرية مشتركة تتجاوز حواجز التخصص والمصطلحات الفنية المتباينة.

ومن منظور التحول الرقمي في القطاع الهندسي، يؤكد Hou et al. (2024) أن أهمية البرامج الهندسية الحديثة تكمن في كونها ركيزة أساسية للتكامل بين الذكاء الاصطناعي والنماذج اللغوية الكبيرة وبين العمليات الهندسية التقليدية، حيث تُشكّل هذه البرامج البنية التحتية الرقمية التي تُمكن من توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في أتمتة المهام التصميمية المتكررة ومراجعة المخططات وتوليد البدائل. وتبرز هذه الأهمية في ثلاثة أبعاد: أولاً، توفير بيئة بيانات منظمة وقابلة للمعالجة الحاسوبية تُسهّل تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي وتطبيقها. ثانياً، إتاحة إمكانية الربط بين مراحل دورة حياة المشروع في منصة رقمية واحدة. ثالثاً، تمكين المهندسين من التفريغ للمهام الإبداعية ذات القيمة المضافة العالية بدلاً من استنزاف وقتهم في عمليات روتينية قابلة للأتمتة.

وفي السياق العربي، يُشير كامل وآخرون (2024) إلى أن أهمية البرامج الهندسية الحديثة وبخاصة البرامج البارامترية تنبع من قدرتها على تحقيق التواصل الحضاري بين الموروث التصميمي العريق والتكنولوجيا الرقمية المعاصرة، وتتمثل هذه الأهمية في: أولاً، تمكين المصممين من إنتاج أنماط هندسية بالغة التعقيد بأسلوب سهل التنفيذ بفضل المتغيرات البارامترية. ثانياً، توفير مساحة واسعة للتجريب واستكشاف حلول تصميمية غير مسبقة. ثالثاً، اختصار الوقت والجهد اللازمين لإنتاج التصميمات المعقدة مقارنة بالأساليب اليدوية التقليدية.

ويُضيف مندي والفارس (2023) بُعداً آخر لأهمية هذه البرامج يتصل بتحسين جودة المخرجات الهندسية وتقليل الأخطاء، حيث يرى أن التطبيقات الهندسية الحديثة كتقنيات الواقع المعزز ونمذجة معلومات البناء تكتسب أهميتها من قدرتها على تمكين الفرق الهندسية من التفاعل مع النماذج الرقمية في سياقها الواقعي، مما يُسهم في الكشف المبكر عن تعارضات التخصصات الهندسية في الموقع وتعزيز التواصل التعاوني بين أعضاء الفريق الهندسي بشكل يتجاوز محدودية المخططات الورقية التقليدية.

4.1.2 أهداف برامج التصميم الهندسي الحديثة

تعدد أهداف برامج التصميم الهندسي الحديثة وتتنوع تبعاً لمستوى التحليل ونطاق التطبيق، وتتراوح بين أهداف تشغيلية مباشرة تتعلق بتحسين أداء المهام التصميمية اليومية وأهداف استراتيجية بعيدة المدى تتصل بتحويل نموذج العمل الهندسي برمته. وقد تناول الباحثون هذه الأهداف من منظورات متباينة يمكن تصنيفها في ثلاثة مستويات رئيسية.

على المستوى التشغيلي، يُحدد Solanki et al. (2024) ثلاثة أهداف محورية للبرامج الهندسية الحديثة هي: أولاً، دمج التصميم المعماري والإنشائي والميكانيكي في بيئة نمذجة ثلاثية الأبعاد موحدة تُلغي الحاجة إلى التنقل بين منصات متعددة ومنفصلة. ثانياً، إتاحة التحديثات اللحظية والتعديلات المتزامنة التي تنعكس تلقائياً على جميع المخططات المرتبطة، مما يُقلل من احتمالية التناقضات بين الإصدارات المختلفة. ثالثاً، إنشاء نماذج ذكية تحمل معلومات بارامترية تُمكن من تحسين عمليات اتخاذ القرار وتقدير الموارد والتكاليف.

وعلى مستوى إدارة العملية التصميمية، يعرض (Fitriansyah & Latief (2024) أهداف دمج التصميم الحسابي ونمذجة معلومات البناء في ثلاثة محاور: أولاً، تنظيم العمليات التجارية الحرجة في التصميم الإنشائي ضمن إجراءات موحدة ومعيارية تضمن اتساق المخرجات. ثانياً، تحسين أداء وقت التصميم من خلال أتمتة الأنشطة التصميمية القابلة للبرمجة وتقليص فترات المراجعة الداخلية. ثالثاً، تعزيز استكشاف البدائل التصميمية البارامترية في مرحلة التصميم التخطيطي بما يُثري عملية اتخاذ القرار ويُقلل من التعديلات اللاحقة.

أما على المستوى الاستراتيجي، فيرى النخيلي والحواج (2025) أن البرامج الهندسية الحديثة تسعى إلى تحقيق ثلاثة أهداف بعيدة المدى: أولاً، دمج معايير الاستدامة في عملية التصميم منذ مراحلها الأولى بما يُحقق التوافق مع متطلبات العمارة الخضراء والبناء المستدام. ثانياً، رفع مستوى الوعي المؤسسي بأهمية التحول الرقمي في قطاع البناء والتشييد. ثالثاً، تطوير قدرات الكوادر الهندسية وتأهيلها للتعامل مع التقنيات الحديثة بما يُعزز من تنافسية المؤسسات الهندسية في السوق.

ومن منظور يركز على الجانب المعرفي والإبداعي، يُحدد عبدالرحمن وآخرون (2022) ثلاثة أهداف للبرامج الهندسية الحديثة القائمة على الخوارزميات: أولاً، إيجاد اتجاهات حديثة في التفكير التصميمي تتجاوز الأنماط التقليدية المألوفة. ثانياً، تطوير طرق جديدة لخطوات التصميم تُمكن من الوصول إلى تشكيلات هندسية مبتكرة. ثالثاً، تحقيق التكامل بين علوم الرياضيات والهندسة والحوسبة في منظومة تصميمية واحدة تخدم مجال التصميم الداخلي والمعماري.

ويُضيف (Nguyen-Duc et al. (2025) بُعداً مستقبلياً لأهداف هذه البرامج في ظل تطور الذكاء الاصطناعي التوليدي، حيث يُحدد ثلاثة أهداف ناشئة: أولاً، تمكين التوليد الآلي للمخططات والنماذج الهندسية استناداً إلى مواصفات نصية أو متطلبات وظيفية. ثانياً، أتمتة عمليات مراجعة المخططات واكتشاف الأخطاء والتعارضات باستخدام خوارزميات التعلم العميق. ثالثاً، تحسين عملية اتخاذ القرار التصميمي من خلال توفير تحليلات تنبؤية مبنية على بيانات المشاريع السابقة.

5.1.2 أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة

تم تحديد أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة في هذه الدراسة بناءً على المراجعة المعمقة للأدبيات العلمية ذات الصلة، ولا سيما ما ورد في دراسة (Fitriansyah & Latief (2024) التي تناولت التكامل بين التصميم الحسابي ونمذجة معلومات البناء في تحسين أداء وقت التصميم، ودراسة Solanki et al. (2024) التي استعرضت دور برنامج Revit كتطبيق لنمذجة معلومات البناء في تعزيز التخطيط والتنسيق في المشاريع الإنشائية، ودراسة (Tuscano & Asl (2024) التي قارنت بين برامج الجدولة البصرية والجدولية في إنشاء جداول المشاريع، ودراسة النواوي وآخرون (2021) التي استكشفت إمكانات التصميم البارامتري في استحداث تراكيب هندسية جديدة، ودراسة (Mohammedi & Arrouf (2024) التي قيّمت أثر أدوات الرسم الحاسوبي على الإنتاجية التصميمية. وبناءً على التحليل التكاملي لهذه الدراسات وغيرها من الأدبيات المعتمدة في البحث، تبلورت أربعة أبعاد رئيسية تُمثل المكونات الجوهرية لبرامج التصميم الهندسي الحديثة وهي كالتالي:

البُعد الأول: برامج نمذجة معلومات البناء (BIM)

يُمثل هذا البُعد النقلة النوعية الأكثر عمقاً في تاريخ التصميم الهندسي المعاصر، إذ يتجاوز مفهوم نمذجة معلومات البناء كونه مجرد تقنية رسم ثلاثي الأبعاد ليُصبح فلسفة عمل تعاونية شاملة تُعيد تعريف العلاقات بين أطراف المشروع الهندسي وآليات تبادل المعلومات بينها. ويقوم هذا البُعد على إنشاء نموذج رقمي مركزي يتضمن جميع المعلومات الهندسية والمادية والوظيفية لعناصر المبنى، بحيث يعمل جميع أعضاء الفريق الهندسي على نموذج واحد مشترك تنعكس فيه أي تعديلات بشكل لحظي ومتزامن عبر جميع المخططات والتخصصات. وقد تناول Solanki et al. (2024) هذا البُعد من منظور التطبيق العملي في إدارة مشاريع البناء، حيث استعرضوا كيفية دمج التصميم المعماري والإنشائي والميكانيكي في بيئة Revit الموحدة وأثر ذلك على التنسيق بين الفرق الهندسية. كما تناول Parwita et al. (2025) هذا البُعد من زاوية المقارنة بين منهجية BIM والأساليب التقليدية في سياق صناعي مختلف هو بناء السفن، مستخدمين

مؤشرات قياسية تشمل مدة المشروع وانحراف الموازنة وعدد مراجعات الرسومات وطلبات الاستيضاح المتأخرة.

ويتسع نطاق هذا البُعد ليشمل مستويات متعددة من النمذجة تتجاوز البُعد الثلاثي المكاني (3D) ليشمل البُعد الرابع الزمني (4D) الذي يربط عناصر النموذج بالجدول الزمني للتنفيذ، والبُعد الخامس التكلفة (5D) الذي يُدمج تقديرات الكميات والتكاليف في النموذج الرقمي. وتُمكن هذه المستويات المتقدمة الفرق الهندسية من محاكاة تسلسل التنفيذ افتراضياً والكشف عن التعارضات المحتملة قبل بدء أعمال البناء، وهو ما يُسهم في تقليص دورات المراجعة والتعديل ويُسرّع من عملية اعتماد المخططات التنفيذية النهائية. كما يُتيح التكامل المعلوماتي الذي يوفره نموذج BIM إمكانية توليد المخططات ثنائية الأبعاد تلقائياً من النموذج ثلاثي الأبعاد، مما يُلغي الحاجة إلى إعداد كل مخطط على حدة ويضمن الاتساق بين جميع المخرجات الهندسية.

البُعد الثاني: برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)

يُمثل هذا البُعد الطبقة الأساسية في منظومة التصميم الهندسي الرقمي، إذ تُعدّ برامج التصميم بمساعدة الحاسوب الركيزة التي انطلق منها التحول من الرسم اليدوي إلى الرسم الرقمي منذ ثمانينيات القرن العشرين، ولا تزال تحتل مكانة محورية في سلسلة إنتاج المخططات التنفيذية رغم ظهور تقنيات أحدث. ويشمل هذا البُعد مجموعة البرمجيات المتخصصة في إنشاء الرسومات الهندسية ثنائية وثلاثية الأبعاد وتحريها وتعديلها، مثل برنامج AutoCAD و Civil 3D وغيرها من التطبيقات التي تُوفّر أدوات رسم دقيقة ومكتبات رقمية جاهزة وقوالب معيارية وأوامر آلية تُسرّع دورة الإنتاج.

وقد تناول (Mohammedi & Arrouf (2024 هذا البُعد من منظور معرفي فريد يتجاوز النظرة الأداتية السائدة، حيث درسوا العلاقة بين استخدام أدوات CAD والإنتاجية المعرفية للمصمم المعماري في مراحل التصميم الأولى باستخدام منهجية تحليل البروتوكول وتقنية التلطف المتزامن. ويُبرز هذا التناول أن فعالية برامج CAD لا ترتبط فقط بإمكاناتها التقنية بل تتأثر بطبيعة المرحلة التصميمية التي تُستخدم فيها ومستوى إتقان المستخدم لها وطبيعة المهمة التصميمية المطلوبة. كما تناول (Adeolu et al. (2024 تطور

هذا البُعد من المنصات المحلية إلى المنصات السحابية، مستعرضين كيف أدى هذا التحول إلى توسيع نطاق التعاون الهندسي وتسهيل مشاركة الملفات والمخططات بين فرق العمل المتوزعة جغرافياً.

وتتميز برامج CAD الحديثة بتوفيرها إمكانيات متقدمة تشمل أدوات البرمجة النصية (Scripting) التي تُمكن المهندسين من أتمتة المهام المتكررة وإنشاء أوامر مخصصة تتناسب مع طبيعة مشاريعهم، فضلاً عن إمكانيات التصدير المتعدد الصيغ والربط مع برامج أخرى في سلسلة الإنتاج الهندسي. ويتطلب التوظيف الأمثل لهذا البُعد فهماً عميقاً لوظائف البرنامج المتقدمة واستثماراً في تدريب الكوادر الهندسية على استخدام هذه الوظائف بكفاءة، إذ أن الاقتصار على الوظائف الأساسية للبرنامج يُفقد جزءاً كبيراً من قيمته المضافة في تسريع الإنجاز.

البُعد الثالث: برامج الجدولة والتخطيط البصري

يتناول هذا البُعد منظومة البرمجيات المتخصصة في إنشاء الجداول الزمنية للمشاريع الهندسية وتنظيمها ومتابعتها وضبطها، والتي تُمثل حلقة الوصل بين مرحلة التصميم ومرحلة التنفيذ من حيث التخطيط الزمني. ويشمل هذا البُعد أدوات تقليدية مثل برنامجي Primavera P6 و Microsoft Project اللذين يعتمدان على الإدخال الجدولي للبيانات، إضافة إلى برامج الجدولة البصرية الحديثة التي تُتيح للمستخدم رسم مخطط الشبكة مباشرة على واجهة رقمية تفاعلية.

وقد تناول (Tuscano & Asl (2024 هذا البُعد من منظور تجريبي مقارن، حيث صمّموا تجربة عملية لمقارنة أداء برامج الجدولة البصرية مع نظيراتها الجدولية عبر خمس وظائف رئيسية هي تعريف المهام وتحديد العلاقات واكتشاف الأخطاء وإجراء التعديلات وفهم الجدول الكلي، فضلاً عن مؤشرات السرعة والسهولة والموثوقية. ويُبرز هذا التناول أن طريقة العرض والتفاعل مع البيانات الزمنية تؤثر بشكل جوهري في كفاءة عملية التخطيط وسرعتها ودقتها. كما أشارت دراسة عباس والراشدي (2024) إلى أهمية أسلوب المسار الحرج (CPM) ونظرية المجموعة الضبابية (Fuzzy CPM) بوصفهما أدوات تحليلية تُستخدم ضمن هذه البرامج لحساب الوقت الأمثل لإنجاز المشاريع في ظل بيانات غامضة أو ناقصة.

ويرتبط هذا البُعد ارتباطاً وثيقاً بمرحلة إعداد المخططات التنفيذية من حيث تمكين المكاتب الهندسية من وضع جداول زمنية دقيقة لأنشطة التصميم المتتابعة والمتوازية، وتحديد المسار الحرج لعملية إنتاج المخططات، ورصد الانحرافات الزمنية ومعالجتها قبل تفاقمها. كما تُسهّم برامج الجدولة الحديثة في تحسين تخصيص الموارد البشرية والتقنية بين أنشطة التصميم المختلفة، مما يُعزز من كفاءة استغلال طاقة الفريق الهندسي ويُقلل من فترات الهدر والانتظار. وقد أكد الهاشمي (2023) أن تقنيات تقليص مدة الإنجاز (Crashing) التي تُطبّق من خلال هذه البرامج تُعدّ منظوراً حيوياً للمجدولين في حل مشكلات إدارة المشاريع وتحقيق التوازن بين الوقت والتكلفة.

البُعد الرابع: برامج التصميم البارامتري والحسابي

يُمثّل هذا البُعد الموجة الأحدث في تطور أدوات التصميم الهندسي، إذ يتجاوز منطق الرسم التقليدي القائم على تحديد الأشكال الهندسية يدوياً عنصراً تلو الآخر، ليعتمد بدلاً من ذلك على تعريف مجموعة من المعاملات الرياضية والقواعد المنطقية التي تتحكم في توليد الشكل الهندسي وتعديله تلقائياً. ويقوم هذا البُعد على مبدأين متكاملين: التصميم البارامتري (Parametric Design) الذي يربط عناصر التصميم بمتغيرات قابلة للتعديل الفوري، والتصميم الحسابي (Computational Design) الذي يُوظّف الخوارزميات والبرمجة النصية في توليد حلول تصميمية مُحسّنة وفقاً لمعايير أداء محددة.

وقد تناول النواوي وآخرون (2021) هذا البُعد من خلال استكشاف إمكانات برنامج Grasshopper في استحداث تراكيب هندسية جديدة باستخدام الشبكيات الأساسية (المثلثة والسداسية والمربّعة) مع تطبيق متغير واحد ثم عدة متغيرات، وهو ما يبرز قدرة هذا البُعد على توليد عدد لا نهائي من البدائل التصميمية من نموذج حسابي واحد. كما تناول كامل وآخرون (2024) هذا البُعد من زاوية ربطه بأسلوب فورونوي (Voronoi) في تطوير الزخرفة الهندسية باستخدام برنامجي Rhino وGrasshopper، مستعرضين أهمية البرمجة والتقنيات الرقمية البارامتريّة في إيجاد حلول تصميمية معاصرة. ومن منظور أكاديمي أوسع، أشار عبدالرحمن وآخرون (2022) إلى اتجاه الألويزم (Algorithm) بوصفه أحد أهم طرق

التفكير الحديثة المستمدة من علوم الرياضيات والهندسة، واتجاه الأورناماتيكس (Ornamentiks) بوصفه اتجاهًا علميًا متكاملًا يجمع بين الهندسة والرياضيات والتصميم الحاسوبي.

ويتميز هذا البُعد بخاصيتين جوهريتين تجعلانه بالغ الأهمية في سياق سرعة إنجاز المخططات التنفيذية: الخاصية الأولى هي المرونة الفائقة في التعديل، حيث يُمكن التصميم البارامتري المهندس من إجراء تعديلات جذرية على التصميم بمجرد تغيير قيم المعاملات دون الحاجة لإعادة الرسم من البداية، وهو ما يُقلص بشكل كبير الوقت المستغرق في دورات المراجعة والتعديل التي تُمثل أحد أكبر مصادر الهدر الزمني في مرحلة إعداد المخططات التنفيذية. والخاصية الثانية هي القدرة على الأتمتة، إذ تُتيح البرمجة النصية في بيئات مثل Grasshopper و Dynamo إمكانية أتمتة المهام التصميمية المتكررة كتوزيع العناصر الإنشائية وحساب الكميات وتوليد جداول الحصر، مما يُحرر المهندس من الأعمال الروتينية ويُتيح له التركيز على القرارات التصميمية الجوهرية.

6.1.2 استراتيجيات تطبيق برامج التصميم الهندسي الحديثة

يستدعي التطبيق الفعال لبرامج التصميم الهندسي الحديثة في المكاتب الهندسية والشركات الاستشارية تبني استراتيجيات منهجية ومدرسة تتجاوز مجرد اقتناء البرامج وتثبيتها، لتشمل إعادة هيكلة العمليات التصميمية وتأهيل الكوادر البشرية وبناء البنية التحتية الرقمية الملائمة. وتتباين هذه الاستراتيجيات تبعاً لحجم المؤسسة الهندسية ونوعية المشاريع التي تتعامل معها ومستوى نضجها الرقمي الراهن.

❖ استراتيجية التطبيق التدريجي المرحلي

تقوم هذه الاستراتيجية على مبدأ الانتقال المتدرج من الأساليب التقليدية إلى البرامج الحديثة عبر مراحل متعاقبة ومحددة الأهداف والمدد الزمنية، بدلاً من التحول المفاجئ الذي قد يُربك سير العمل ويُقاوم من الكوادر الهندسية. وقد تناول Parwita et al. (2025) هذه الاستراتيجية في سياق تطبيق BIM في صناعة بناء السفن، حيث رصدوا ثلاث مراحل للتطبيق: المرحلة التقليدية الكاملة، ثم مرحلة BIM الجزئي، ثم

مرحلة BIM الكامل، وأوضحوا كيف أن التدرج في التطبيق أتاح للفرق الهندسية اكتساب الخبرة تدريجياً والتكيف مع بيئة العمل الرقمية الجديدة دون انقطاع في الإنتاجية. ويُناسب هذا النموذج المرحلي المكاتب الهندسية في مدينة الرياض التي تعمل على مشاريع مولات تجارية متعددة ولا تستطيع تحمّل مخاطر التوقف أو التراجع في مستوى الإنتاج خلال فترة الانتقال.

❖ استراتيجية التكامل بين المنصات

تهدف هذه الاستراتيجية إلى بناء منظومة متكاملة من البرامج التي تعمل بشكل متناغم ومتبادل المعلومات بدلاً من استخدام كل برنامج كجزيرة معزولة. ويُشير (Fitriansyah & Latief (2024 إلى أن التكامل بين التصميم الحسابي ونمذجة معلومات البناء في إجراءات التصميم الإنشائي يتطلب تحديد العمليات التجارية الحرجة والأنشطة التصميمية التي تربط بين المنصتين، وتوحيد صيغ تبادل البيانات وبروتوكولات التعاون بين الفرق. وتتطلب هذه الاستراتيجية بنية تحتية رقمية قوية تشمل شبكات اتصال عالية السرعة وخوادم مركزية لإدارة النماذج المشتركة ومعايير موحدة لتسمية العناصر وتمييزها.

❖ استراتيجية بناء القدرات البشرية

تُركز هذه الاستراتيجية على الاستثمار في تدريب الكوادر الهندسية وتأهيلها بوصف العنصر البشري المحدد الرئيسي لنجاح تطبيق أي تقنية مهما بلغت تطورها. وقد أشار النخيلي والحواج (2025) إلى أن نقص الوعي والمعرفة بفوائد تطبيق التقنيات الحديثة في التصميم والبناء يُمثّل أحد أبرز المعوقات التي تواجه التحول الرقمي في مشروعات البناء، وأن عدم الرغبة في تغيير الطرق التقليدية يُشكّل عائقاً نفسياً ومؤسسياً يتطلب معالجة منهجية من خلال برامج تدريبية مكثفة وحوافز مؤسسية تُشجع على التبني والتجريب. كما أكد (Mohammedi & Arrouf (2024 أن فعالية أدوات التصميم الرقمي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمستوى فهم المستخدم لطبيعة كل مرحلة تصميمية والأداة الأنسب لها، مما يستدعي تدريباً يتجاوز المهارات التقنية ليشمل الوعي المنهجي بعلاقة الأداة بالعملية التصميمية.

❖ استراتيجية المعيارية والتوحيد

تسعى هذه الاستراتيجية إلى وضع معايير وإجراءات موحدة لاستخدام برامج التصميم الحديثة داخل المؤسسة الهندسية، بما يضمن اتساق المخرجات وقابليتها للمراجعة والتبادل. وقد أشار العريبي وآخرون (2019) إلى أن تطبيق التقنيات الحديثة في المشاريع الهندسية يتطلب وجود معايير واضحة تحكم عمليات التصميم والتنفيذ وتضمن التوافق بين الممارسات المحلية والمعايير الدولية. وتشمل هذه المعايير توحيد قوالب الرسم وطبقات المخططات وأنظمة التسمية والترميز وصيغ التصدير وإجراءات ضبط الجودة الرقمية، مما يُقلل من الوقت المستغرق في مراجعة المخططات وتدقيقها ويُسرّع من دورة الاعتماد النهائي.

7.1.2 متطلبات التحول نحو برامج التصميم الهندسي الحديثة

يفرض التحول نحو تبني برامج التصميم الهندسي الحديثة مجموعة من المتطلبات التنظيمية والتقنية والبشرية التي ينبغي توفيرها لضمان نجاح هذا التحول واستدامته. وتتفاوت هذه المتطلبات في طبيعتها ومستوى تعقيدها تبعاً لحجم المؤسسة الهندسية ونضجها الرقمي والسياق التنظيمي والتشريعي الذي تعمل فيه.

فعلى الصعيد التقني، يستلزم التحول توفير بنية تحتية رقمية متينة تشمل أجهزة حاسوبية عالية الأداء قادرة على تشغيل برامج النمذجة ثلاثية الأبعاد والتصميم البارامتري بسلاسة، وشبكات اتصال سريعة تُتيح التعاون المتزامن بين الفرق الهندسية، وخوادم مركزية أو سحابية لتخزين النماذج الرقمية وإدارة إصداراتها. وقد أشار Adeolu et al. (2024) إلى أن الانتقال إلى المنصات السحابية يُمثل تحولاً جوهرياً يتطلب مراجعة شاملة للبنية التحتية التقنية للمؤسسة الهندسية وسياساتها المتعلقة بأمن المعلومات وحماية البيانات.

وعلى الصعيد البشري، يتطلب التحول استثماراً جاداً ومستداماً في تطوير المهارات الرقمية للكوادر الهندسية. وقد أوضح عبدالرحمن وآخرون (2022) أن التعامل مع البرامج الحديثة القائمة على الخوارزميات والتصميم الحسابي يستدعي مستوى من الكفاءة الرياضية والبرمجية يتجاوز المهارات التقليدية للمهندس، مما يفرض ضرورة تطوير المناهج التعليمية في كليات الهندسة والعمارة وبرامج

التدريب المهني المستمر. كما يتطلب التحول إدارة فعّالة لمقاومة التغيير التي تُبدىها الكوادر الهندسية ذات الخبرة الطويلة في استخدام الأساليب التقليدية، وذلك من خلال إشراكها في عملية التحول وإبراز الفوائد العملية للبرامج الحديثة وتوفير بيئة تدريبية آمنة تُتيح لها اكتساب الثقة تدريجياً.

وعلى الصعيد التنظيمي والتشريعي، أشار النخيلي والحواج (2025) إلى أن غياب القوانين والتشريعات التي تُلزم وتنظم استخدام التقنيات الحديثة في مشروعات البناء يُمثّل عائقاً بنيوياً يُبطئ وتيرة التحول الرقمي، وأن توفير الدعم المؤسسي والحكومي وتقديم حوافز للمشاريع التي تتبنى هذه التقنيات يُعدّ من المتطلبات الضرورية لتسريع هذا التحول. وفي سياق المملكة العربية السعودية، تزايد أهمية هذا المتطلب في ضوء التوجه الحكومي نحو إلزامية تطبيق BIM في المشاريع الحكومية الكبرى، وهو ما يفرض على المكاتب الهندسية الخاصة العاملة في مشاريع المولات التجارية بمدينة الرياض الاستعداد لهذا التحول والاستثمار في استيفاء متطلباته.

8.1.2 خلاصة المبحث الأول

خلص هذا المبحث إلى تأسيس إطار نظري متماسك لبرامج التصميم الهندسي الحديثة بوصفها المتغير المستقل في الدراسة الحالية. وقد تبين من خلال استعراض التعريفات المتعددة أن هذه البرامج تتجاوز كونها أدوات رسم رقمية لتُمثّل منظومات تكنولوجية متكاملة تُعيد تشكيل العمليات التصميمية والعلاقات التنظيمية بين أطراف المشروع الهندسي. كما تبلورت أبعاد المتغير المستقل الأربعة (برامج نمذجة معلومات البناء، برامج التصميم بمساعدة الحاسوب، برامج الجدولة والتخطيط البصري، برامج التصميم البارامتري والحسابي) بوصفها مكونات متكاملة ومتفاعلة تُسهم مجتمعة في تحسين كفاءة إنتاج المخططات التنفيذية. ويُمهّد هذا المبحث للانتقال إلى المبحث الثاني الذي يتناول المتغير التابع المتمثل في سرعة إنجاز المخططات التنفيذية، لاستكمال البناء النظري للدراسة وتوضيح العلاقة السببية المفترضة بين المتغيرين.

المبحث الثاني: سرعة إنجاز المخططات التنفيذية (المتغير التابع)

1.2.2 تمهيد

يُشكّل عامل الوقت أحد أهم المحددات الاستراتيجية لنجاح المشاريع الإنشائية وأكثرها حساسية، إذ يرتبط ارتباطاً عضوياً بالتكلفة والجودة ورضا أصحاب المصلحة في معادلة لا يمكن فصل عناصرها. وتكتسب مرحلة إعداد المخططات التنفيذية أهمية استثنائية ضمن دورة حياة المشروع الهندسي كونها تُمثّل حلقة الوصل الحرجة بين مرحلة التصميم المفاهيمي ومرحلة التنفيذ الميداني، فأَي تأخير في إنجاز هذه المخططات ينعكس تلقائياً على الجدول الزمني الكلي للمشروع ويؤلّد سلسلة من التداعيات المالية والتعاقدية. ويسعى هذا المبحث إلى تأطير مفهوم سرعة إنجاز المخططات التنفيذية نظرياً من خلال استعراض تعريفاته المتعددة وأهميته في سياق المشاريع الإنشائية، والعوامل المؤثرة فيه، ومؤشرات قياسه، وعلاقته بمتغيرات إدارة المشاريع الأخرى، بما يُؤسس لفهم عميق ومُنهجي للمتغير التابع في هذه الدراسة.

2.2.2 مفهوم المخططات التنفيذية وسرعة إنجازها

يتطلب تحديد مفهوم سرعة إنجاز المخططات التنفيذية البدء بتوضيح ماهية المخططات التنفيذية ذاتها وتمييزها عن غيرها من أنواع الرسومات الهندسية في دورة حياة المشروع. وتُعرّف المخططات التنفيذية (Shop Drawings / Construction Documents) بأنها الرسومات الهندسية التفصيلية النهائية التي تتضمن جميع المعلومات الفنية والأبعاد الدقيقة والمقاطع والتفاصيل الإنشائية والمواصفات المادية اللازمة لتنفيذ عناصر المبنى في الموقع، وتشمل المخططات المعمارية والإنشائية والكهربائية والميكانيكية ومخططات السباكة ومكافحة الحريق وتنسيق الموقع. وتتميز هذه المخططات عن مخططات التصميم المفاهيمي والتصميم الأساسي بمستوى تفصيلها العالي ودقتها المتناهية وشموليتها لكافة المعلومات التي يحتاجها المقاول والعمال في الموقع لتنفيذ كل عنصر من عناصر المبنى.

وقد تناول الخرابشة وقطيشات (2022) مفهوم إنجاز المخططات والمشاريع الهندسية من منظور إداري يركز على إدارة الوقت، حيث عرّفوا الإنجاز بأنه إتمام المخرجات الهندسية المطلوبة ضمن الإطار

الزماني المحدد في العقد أو خطة العمل بالمستوى النوعي المتفق عليه، وربطوا بين مفهوم الإنجاز وممارسات التخطيط الاستراتيجي وتنظيم الموارد ومتابعة الأداء. ومن منظور تحليلي كمي، تناول الهاشي (2023) مفهوم مدة الإنجاز بوصفها الفترة الزمنية الفاصلة بين نقطة بداية النشاط أو المشروع ونقطة اكتماله، مُميّزاً بين المدة المخططة الأصلية والمدة الفعلية المحققة والانحراف الزماني بينهما، ومؤكداً أن تقليص هذه المدة يُمثل هدفاً استراتيجياً حيوياً لإدارة المشاريع.

أما على صعيد مفهوم السرعة تحديداً في سياق الإنتاج الهندسي، فقد عرّف Peters & Eppinger (2024) مفهوم التسريع في العملية الهندسية بأنه تقليص المدة الزمنية اللازمة للانتقال من مرحلة المفهوم الأولي إلى مرحلة المخرج النهائي القابل للتنفيذ، من خلال أتمتة المراحل المتعاقبة وإلغاء فترات الانتظار غير الضرورية بينها. ويتقاطع هذا التعريف مع ما طرحه (Fitriansyah & Latief (2024) اللذان عرّفا أداء وقت التصميم (Design Time Performance) بأنه مقياس كفاءة العملية التصميمية من حيث قدرتها على إنتاج المخرجات المطلوبة في أقصر مدة ممكنة مع المحافظة على مستوى الجودة المستهدف، وربطوا هذا الأداء بطبيعة الإجراءات التصميمية المتبعة والأدوات التقنية الموظفة ومستوى التنسيق بين الفرق الهندسية.

ومن منظور يربط سرعة الإنجاز بمنهجيات التخطيط العلمي، عرّفت عباس والراشدي (2024) مفهوم الوقت الأمثل للإنجاز بأنه أقصر مدة ممكنة لإتمام مجموعة من الأنشطة المترابطة مع مراعاة القيود المنطقية والموردية، وأشارتا إلى أن غياب أساليب التخطيط العلمي في إدارة الأنشطة الهندسية يُفضي إلى أداء غير مرضٍ وانحرافات زمنية يمكن تجنبها من خلال توظيف أدوات التحليل الشبكي المناسبة. كما تناول العبيدي والزويني (2022) المفهوم من منظور التنبؤ والتخمين، حيث عرّفا مدة الإنجاز بأنها المتغير الزمني الذي يتأثر بمجموعة واسعة من العوامل الحرجة القابلة للرصد والقياس والتنبؤ، ويمكن تخمينه باستخدام نماذج رياضية وحسابية متقدمة.

وبناءً على ما تقدم، يتبنى الباحث تعريفاً إجرائياً لسرعة إنجاز المخططات التنفيذية في سياق هذه الدراسة بأنها: المدة الزمنية الفعلية المستغرقة لإنتاج المخططات التنفيذية التفصيلية بصورتها النهائية المعتمدة والجاهزة للتنفيذ في مشروع إنشاء المول التجاري، بدءاً من مرحلة التصميم التفصيلي وحتى

إصدار المخططات المعتمدة بعد استيفاء جميع دورات المراجعة والتنسيق بين التخصصات المختلفة، مع الأخذ بعين الاعتبار عدد دورات المراجعة والتعديل ومستوى التنسيق بين التخصصات ونسبة إعادة العمل كمؤشرات مكملة لمؤشر المدة الزمنية.

3.2.2 أهمية سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

تنبع أهمية سرعة إنجاز المخططات التنفيذية من موقعها الحرج في سلسلة القيمة الزمنية للمشروع الإنشائي، إذ تُمثّل هذه المرحلة البوابة التي لا يمكن تجاوزها نحو بدء أعمال التنفيذ الميداني. وأي تأخير في إنجاز المخططات يُؤلّد أثراً مضاعفاً يمتد عبر جميع المراحل اللاحقة ويتراكم ليُنْتِج انحرافاً زمنياً كلياً يفوق التأخير الأصلي بمراحل. وتتعدد زوايا تناول هذه الأهمية في الأدبيات العلمية على النحو التالي.

يُشير الهاشي (2023) إلى أن أهمية تقليص مدة إنجاز الأنشطة الهندسية تتجلى في أثرها المباشر على خفض التكاليف غير المباشرة للمشروع، والتي تشمل تكاليف الإدارة والإشراف والمعدات الثابتة والتأمينات والضمانات البنكية التي تستمر في التراكم طوال مدة المشروع بغض النظر عن مستوى التقدم في التنفيذ. ويعني ذلك أن كل يوم يُضاف إلى مدة إعداد المخططات التنفيذية يُترجم إلى تكلفة إضافية حقيقية تُثقل كاهل المشروع وتُقلص من هامش الربح المتوقع.

ويرى زغدي وقُدوري (2022) أن أهمية كفاءة الإنجاز الزمني ترتبط ارتباطاً وثيقاً بآليات تمويل المشاريع، إذ أن التأخير في إنجاز المخططات يُربك جدول التدفقات المالية للمشروع ويُؤدي إلى عدم التزامن بين مراحل الإنفاق ومراحل الإنجاز الفعلي. وتتضاعف هذه الأهمية في المشاريع التجارية الكبرى كالمولات التي تعتمد على تمويل مصري أو استثماري مشروط بجدول زمنية محددة، حيث يُمكن أن يُؤدي التأخير إلى تجاوز فترة السحب المصرح بها أو تفعيل شروط جزائية تعاقدية.

ومن منظور الجودة والتنسيق، يؤكد العبيدي والزويني (2022) أن الانحراف في المدد الزمنية لا يؤثر فقط في التكلفة بل ينعكس سلباً على جودة المخرجات الهندسية ذاتها، إذ أن الضغط الزمني الناجم

عن التأخير يدفع الفرق الهندسية إلى تقليص وقت المراجعة والتدقيق مما يزيد من احتمالية وجود أخطاء وتعارضات في المخططات التنفيذية تنتقل إلى مرحلة التنفيذ وتتطلب معالجات مكلفة في الموقع.

وتبرز أهمية إضافية لسرعة إنجاز المخططات التنفيذية في سياق المنافسة بين المكاتب الهندسية والشركات الاستشارية على استقطاب المشاريع، إذ يُمثّل الالتزام بالجدول الزمنية والقدرة على تسليم المخططات في المواعيد المتفق عليها أحد أبرز معايير تقييم أداء المكتب الهندسي وتصنيفه لدى أصحاب المشاريع والمطورين العقاريين. وفي سياق مدينة الرياض التي تشهد طفرة غير مسبوقة في المشاريع التجارية الكبرى، تتصاعد أهمية هذا العامل التنافسي ويُصبح القدرة على الإنجاز السريع ميزة تنافسية حاسمة تُحدد حصة المكتب الهندسي في السوق.

4.2.2 العوامل المؤثرة في سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

تتأثر سرعة إنجاز المخططات التنفيذية بمنظومة متشابكة من العوامل التي تتفاعل فيما بينها وتُنتج محصلة زمنية تُحدد المدة الفعلية للإنجاز. وقد تناولت الأدبيات العلمية هذه العوامل من زوايا متعددة يمكن تصنيفها في فئات رئيسية.

❖ العوامل التقنية والأدواتية

تُمثّل الأدوات والبرمجيات المستخدمة في إعداد المخططات التنفيذية أحد أبرز العوامل المؤثرة في سرعة إنجازها. وقد أوضح (Mohammedi & Arrouf (2024 أن طبيعة الأداة التصميمية المستخدمة تؤثر في العملية الإدراكية للمصمم وفي مستوى إنتاجيته المعرفية، مما يعني أن اختيار الأداة المناسبة لكل مرحلة تصميمية يُعدّ عاملاً حاسماً في تحديد سرعة الإنجاز. كما أشار (Solanki et al. (2024 إلى أن توفر القدرات البارامترية والتحديثات اللحظية في برامج التصميم يُقلل من الوقت المستغرق في التعديلات ويُعزز من كفاءة اتخاذ القرارات التصميمية.

❖ العوامل التنظيمية والإدارية

يؤثر الهيكل التنظيمي للمكتب الهندسي وآليات تنسيق العمل بين أقسامه تأثيراً جوهرياً في سرعة إنجاز المخططات. وقد أشار الخرابشة وقطيشات (2022) إلى أن إدارة الوقت بأبعادها المختلفة من تخطيط وتنظيم ومتابعة وتقييم تُؤثر تأثيراً مباشراً في مستوى إنجاز المشاريع الهندسية، وأن ضعف ممارسات إدارة الوقت يُفضي إلى هدر زمني يمكن تجنبه. كما أن عدد دورات المراجعة والاعتماد وسرعة اتخاذ القرار لدى المالك والاستشاري المشرف تمثل عوامل تنظيمية خارجية تؤثر في مدة الإنجاز وقد تخرج عن سيطرة فريق التصميم ذاته.

❖ العوامل البشرية والكفاءاتية

يُعدّ مستوى كفاءة الكوادر الهندسية وخبرتها المهنية ومهاراتها التقنية من العوامل الحاسمة في تحديد سرعة الإنجاز. وقد أشار العبيدي والزويني (2022) إلى أن كفاءة مدير المشروع وخبرة المهندس المشرف تُعدّان من أهم العوامل المؤثرة في مدد إنجاز المشاريع الهندسية، إذ يمتلك المهندس ذو الخبرة قدرة أعلى على اتخاذ القرارات التصميمية السريعة وحل المشكلات التقنية دون الحاجة لمراجعات مطولة. كما يرتبط هذا العامل بمستوى تدريب المهندسين على استخدام البرامج الحديثة، حيث أن المهندس المتقن لإمكانات البرنامج المتقدمة يُنجز المهمة ذاتها في وقت أقل بكثير من المهندس الذي يقتصر استخدامه على الوظائف الأساسية.

❖ عوامل تعقيد المشروع

تتأثر سرعة إنجاز المخططات التنفيذية بمستوى تعقيد المشروع الهندسي من حيث حجمه ومساحته وعدد طوابقه وتعدد أنظمتها وتنوع وظائفه. وقد أشار العبيدي والزويني (2022) إلى أن عدد الطوابق ومساحة البناية وحجم المشروع تُعدّ من العوامل المؤثرة في تقدير مدة الإنجاز في المشاريع السكنية، وتنطبق هذه العوامل بدرجة أكبر على المولات التجارية التي تتسم بمساحات شاسعة وأنظمة هندسية معقدة ومتداخلة تتطلب مستوى عالياً من التنسيق بين التخصصات المختلفة.

5.2.2 مؤشرات قياس سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

يُطلب التقييم الدقيق لسرعة إنجاز المخططات التنفيذية تحديد مجموعة من المؤشرات القابلة للقياس والمقارنة التي تعكس مختلف جوانب الأداء الزمني لعملية إعداد المخططات. ولا يقتصر القياس على مؤشر المدة الزمنية الإجمالية وحده بل يمتد ليشمل مؤشرات نوعية تكشف عن كفاءة العملية التصميمية وفعاليتها.

ويُعدّ مؤشر المدة الزمنية الإجمالية المؤشر الأكثر مباشرة ووضوحاً، وهو يقيس عدد الأيام أو الأسابيع المستغرقة من بداية مرحلة التصميم التفصيلي حتى إصدار المخططات التنفيذية المعتمدة. وقد استخدم Parwita et al. (2025) هذا المؤشر في المقارنة بين الأسلوب التقليدي وأسلوب BIM، حيث قاسوا متوسط مدة المشروع بالأيام في كل نهج. كما استخدم Tuscano & Asl (2024) مؤشر الوقت المستغرق بالدقائق لإنشاء الجداول الزمنية كمقياس مباشر لسرعة الأداء.

ويُمثل مؤشر عدد دورات المراجعة والتعديل مقياساً جوهرياً يعكس مدى نضج المخططات عند إصدارها الأولي، إذ كلما قلّ عدد دورات المراجعة المطلوبة للوصول إلى المخطط النهائي المعتمد كان ذلك دليلاً على كفاءة أعلى في العملية التصميمية. وقد استخدم Parwita et al. (2025) مؤشر عدد مراجعات الرسومات (Drawing Revisions) كأحد مقاييس جودة التوثيق الهندسي وكفاءته، إلى جانب مؤشر طلبات الاستيضاح المتأخرة (Delayed RFIs) الذي يعكس مستوى وضوح المخططات واكتمال معلوماتها.

ويُضاف إلى ذلك مؤشر نسبة إعادة العمل (Rework Rate) الذي يقيس حجم المخططات التي تتطلب إعادة إعداد كلية أو جزئية بسبب أخطاء أو تعارضات اكتُشفت في مراحل لاحقة. وقد أشار مندني والفارس (2023) إلى أن تقنيات نمذجة معلومات البناء والواقع المعزز تُسهم في الكشف المبكر عن تعارضات التخصصات الهندسية مما يُقلل من نسبة إعادة العمل ويُسرّع من دورة الإنتاج الإجمالية.

كما يُعدّ مؤشر الانحراف الزمني مقياساً مهماً يُقارن بين المدة المخططة والمدة الفعلية لإنجاز المخططات التنفيذية. وقد تناول الهاشمي (2023) هذا المؤشر في سياق تقنية تقليص مدة الإنجاز

(Crashing)، حيث يُقاس الانحراف بالفرق بين المدة الأصلية والمدة المحققة بعد تطبيق تقنيات التسريع. ويرتبط هذا المؤشر بمدى واقعية التخطيط الزمني الأولي وبفعالية الأدوات المستخدمة في تحقيق الأهداف الزمنية المرسومة.

6.2.2 علاقة سرعة إنجاز المخططات التنفيذية بإدارة المشاريع

لا يمكن فهم سرعة إنجاز المخططات التنفيذية بمعزل عن الإطار الأوسع لإدارة المشاريع الهندسية، إذ تتشابه هذه السرعة مع مجموعة من المتغيرات الإدارية والتنظيمية التي تُشكّل البيئة التي تُنتج فيها المخططات وتُراجع وتُعتمد.

فمن حيث العلاقة بالتكلفة، يؤكد الهاشمي (2023) أن العلاقة بين مدة الإنجاز والتكاليف غير المباشرة هي علاقة طردية مباشرة، حيث كلما طالت مدة إعداد المخططات التنفيذية ارتفعت التكاليف الثابتة المتراكمة من رواتب ومصاريف إدارية وإيجارات وتأمينات. ويتطلب ذلك إيجاد التوازن الأمثل بين تسريع الإنجاز والحفاظ على مستوى جودة مقبول، إذ أن التسريع المفرط على حساب الجودة قد يُؤلّد تكاليف أعلى في مراحل لاحقة.

ومن حيث العلاقة بإدارة الوقت، تناول الخرابشة وقطيشات (2022) الإنجاز بوصفه نتيجة مباشرة لممارسات إدارة الوقت الفعّالة، حيث ربطوا بين أبعاد إدارة الوقت من تخطيط وتنظيم ورقابة وتقييم وبين مستوى إنجاز المخرجات الهندسية ضمن الأطر الزمنية المحددة. ويُبرز هذا تناول أن سرعة الإنجاز ليست مجرد نتيجة لاستخدام أدوات تقنية متطورة بل هي محصلة لمنظومة إدارية متكاملة تشمل التخطيط الزمني وتخصيص الموارد ومتابعة الأداء واتخاذ الإجراءات التصحيحية.

ومن حيث العلاقة بآليات التمويل، يُشير زغدي وقُدوري (2022) إلى أن كفاءة إنجاز المشاريع تتأثر بآليات التمويل المتاحة وبمدى مرونة الإجراءات المالية والإدارية المرتبطة بها، مما يعني أن سرعة إنجاز المخططات لا تحدّد فقط بعوامل فنية وتقنية بل تتأثر أيضاً بالبيئة المالية والتنظيمية المحيطة بالمشروع.

7.2.2 التحديات الزمنية في مرحلة إعداد المخططات التنفيذية للمولات التجارية

تواجه مرحلة إعداد المخططات التنفيذية للمولات التجارية تحديات زمنية خاصة ترتبط بطبيعة هذا النمط من المشاريع وخصائصه الفريدة. فالمول التجاري يجمع بين وظائف متعددة ومتنوعة تشمل الفضاءات التجارية بمساحاتها المتباينة، وقاعات الطعام، والمناطق الترفيهية، ومواقف السيارات متعددة الطوابق، والمرافق الخدمية والإدارية، وكل وظيفة من هذه الوظائف تفرض متطلبات تصميمية وتقنية مختلفة تنعكس على حجم المخططات التنفيذية المطلوبة وتعقيدها.

ويتمثل أحد أبرز التحديات في التنسيق بين التخصصات الهندسية المتعددة، إذ يتطلب المول التجاري تكاملاً دقيقاً بين المخططات المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية ومخططات مكافحة الحريق والسلامة. وقد أشار مندي والفارس (2023) إلى أن تعارض التخصصات الهندسية في المشاريع المعقدة يُمثل تحدياً جوهرياً يؤثر في كفاءة الإنجاز، وأن التقنيات الحديثة كنمذجة معلومات البناء تُوفر آليات فعالة لاكتشاف هذه التعارضات ومعالجتها في مراحل مبكرة.

ويُضاف إلى ذلك تحدي التعديلات المتكررة التي يطلبها المالك أو المستأجرون المحتملون للوحدات التجارية، والتي تفرض دورات مراجعة إضافية تُطيل مدة إعداد المخططات بشكل ملحوظ. وتتضاعف حدة هذا التحدي في المولات التجارية بمدينة الرياض التي تشهد تنافساً متصاعداً بين المطورين العقاريين على استقطاب العلامات التجارية الكبرى التي تفرض كل منها مواصفات ومتطلبات تصميمية خاصة بوحدها. كما يُمثل التقيد بالأنظمة والاشتراطات البلدية والدفاع المدني ومتطلبات الاستدامة تحدياً زمنياً إضافياً يتطلب مراجعات وتعديلات قد تُؤخر إصدار المخططات النهائية.

8.2.2 سرعة الإنجاز في ضوء منهجيات التخطيط الزمني

ترتبط سرعة إنجاز المخططات التنفيذية ارتباطاً وثيقاً بمنهجيات التخطيط الزمني المتبعة في تنظيم أنشطة التصميم وجدولتها ومتابعتها. وتعدد هذه المنهجيات وتفاوت في مستوى تعقيدها ودقتها وملاءمتها لطبيعة المشروع.

ويُعدّ أسلوب المسار الحرج (CPM) من أكثر المنهجيات انتشاراً في تخطيط المشاريع الهندسية وجدولتها. وقد تناول الهاشمي (2023) هذا الأسلوب بوصفه أداة فعالة لتحديد المسار الأطول في شبكة الأنشطة والذي يُحدد أقصر مدة ممكنة لإنجاز المشروع، مشيراً إلى أن تقنية تقليص مدة الإنجاز (Crashing) تُطبّق على أنشطة المسار الحرج لتسريع وتيرة الإنجاز مع مراعاة التكلفة الإضافية المترتبة. كما تناولت عباس والراشدي (2024) أسلوب المسار الحرج الضبابي (Fuzzy CPM) بوصفه تطويراً لأسلوب CPM التقليدي يأخذ في الاعتبار حالات عدم اليقين والغموض في تقدير مدد الأنشطة، وهو ما يُناسب بيئة تصميم المولات التجارية التي تتسم بمستوى عالٍ من عدم اليقين بسبب التعديلات المتكررة والمتطلبات المتغيرة.

ومن المنهجيات ذات الصلة أيضاً أسلوب تقييم ومراجعة المشروع (PERT) الذي يتعامل مع التقديرات الاحتمالية لمدد الأنشطة بدلاً من التقديرات الحتمية. وقد أشار الهاشمي (2023) إلى أهمية تحليل شبكات الأعمال على اختلاف أنواعها بما فيها CPM و PERT بوصفها وسائل فعالة في جدولة المشاريع وتسريع وتيرة إنجازها. ويتطلب تطبيق هذه المنهجيات بفعالية في سياق إعداد المخططات التنفيذية تجزئة عملية التصميم إلى أنشطة محددة وواضحة، وتحديد العلاقات المنطقية بينها ومدد كل منها، ومن ثم تحليل الشبكة لتحديد المسار الحرج والأنشطة التي تمتلك فائضاً زمنياً يسمح بإعادة توزيع الموارد لتسريع الأنشطة الحرجة.

9.2.2 مؤشرات الأداء الزمني في بيئة المشاريع الإنشائية المعاصرة

تُوظّف المشاريع الإنشائية المعاصرة مجموعة من مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لرصد الأداء الزمني وتقييمه واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة. وتتجاوز هذه المؤشرات القياس الكمي البسيط لمدة الإنجاز لتشمل مقاييس نوعية تعكس كفاءة العملية وفعاليتها.

وقد أشار العبيدي والزويني (2022) إلى أن الوقت والتكلفة يُمثّلان أهم مؤشرات الأداء في المشاريع الإنشائية، وأن التنبؤ الدقيق بمدد الإنجاز يتطلب رصد مجموعة واسعة من المتغيرات المؤثرة وتحليلها باستخدام نماذج حسابية متقدمة. ويتسق ذلك مع ما أشار إليه (Tuscano & Asl (2024 من أن قياس أداء

برامج الجدولة يتطلب مؤشرات متعددة الأبعاد تشمل سرعة إنشاء الجدول وسهولة اكتشاف الأخطاء وقابلية إجراء التعديلات ومستوى فهم الجدول الكلي، وليس مؤشراً زمنياً وحيداً.

ويُضاف إلى هذه المؤشرات مفهوم القيمة المكتسبة (Earned Value) الذي يُتيح قياساً تكاملياً للأداء الزمني والتكفوي في آن واحد، من خلال مقارنة حجم العمل المنجز فعلياً بحجم العمل المخطط والتكلفة الفعلية المنفقة. وتتطلب هذه المؤشرات المتقدمة بنية معلوماتية رقمية تُتيح تتبع التقدم في إعداد المخططات بشكل لحظي ومستمر، وهو ما تُوفره البرامج الهندسية الحديثة التي تُدمج معلومات التصميم مع معلومات الجدولة والتكلفة في بيئة رقمية واحدة.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

1.3 منهج الدراسة

ستعتمد الدراسة الحالية على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه الأنسب لدراسة أثر برامج التصميم الهندسي الحديثة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية، إذ يُتيح هذا المنهج وصف الظاهرة كمياً وتحليل العلاقات بين المتغيرات دون التدخل في سيرها الطبيعي. ويتسق هذا الاختيار مع توجه عدد من الدراسات في الحقل ذاته، حيث اعتمد (Tuscano & Asl (2024) منهجاً وصفيّاً مقارنةً لتقييم برامج الجدولة، فيما وظّف (Solanki et al. (2024) المنهج الوصفي التحليلي لمراجعة أثر Revit على إدارة مشاريع البناء. كذلك ستُستخدم دراسة حالة تطبيقية على مشروع مول تجاري في مدينة الرياض لضمان ربط الجانب النظري بالواقع العملي، وهو ما يُعزّز من القدرة التفسيرية للنتائج ويُعمّق فهم السياق المحلي لقطاع البناء السعودي في ظل رؤية 2030.

2.3 مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من المهندسين والمتخصصين العاملين في مكاتب وشركات التصميم الهندسي والمقاولات في مدينة الرياض، والذين يُمارسون مهام إعداد المخططات التنفيذية للمشاريع الإنشائية. ووفقاً لبيانات الهيئة السعودية للمهندسين وسجلات الغرفة التجارية بالرياض، يبلغ عدد المكاتب والشركات الهندسية المرخصة في المدينة نحو 85 مكتباً وشركة هندسية، يعمل فيها ما يُقارب 1200 مهندس ومتخصص في التصميم المعماري والإنشائي والميكانيكي والكهربائي وإدارة المشاريع. ويشمل المجتمع المهندسين الذين يستخدمون برنامجاً واحداً على الأقل من برامج التصميم الهندسي الحديثة (BIM)، CAD، برامج الجدولة البصرية، أو التصميم البارامترية) ضمن عملهم اليومي في إعداد المخططات التنفيذية لمشاريع المولات التجارية أو المشاريع المشابهة من حيث التعقيد والحجم.

3.3 عيّنة الدراسة

سيتم اختيار عيّنة الدراسة بأسلوب العيّنة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل مختلف التخصصات الهندسية والمستويات الوظيفية. وباستخدام معادلة ستيفن ثومبسون لتحديد حجم العيّنة من مجتمع محدود (N=1200) عند مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%، يكون الحد الأدنى المطلوب للعيّنة:

$$n = [(N-1) \times (Z^2 d^2)] + p(1-p)N \times p(1-p)$$

حيث N = 1200 ، p = 0.50 ، d = 0.05 ، Z = 1.96

$$n = [1199 \times 3.84160.0025] + 0.251200 \times 0.25 = 0.7803 + 0.25300 = 1.0303300 \approx 291$$

وعليه فإنّ الحدّ الأدنى المطلوب هو 291 مفردة. ولتعويض الفارق المحتمل من الاستبانة غير المكتملة أو المرفوضة، سيتمّ توزيع 320 استبانة، بحيث يُراعى في التوزيع التمثيل النسبي لكل طبقة وفقاً للجدول التالي:

جدول (1): توزيع الاستبانة على طبقات العيّنة

الطبقة (التخصص الهندسي)	العدد التقديري في المجتمع	النسبة (%)	عدد الاستبانة الموزعة	عدد الاستبانة المستردة الصالحة (المتوقع)
مهندسون معماريون	360	30.0	96	88
مهندسون إنشائيون	300	25.0	80	73
مهندسون ميكانيكيون وكهربائيون	240	20.0	64	58
مهندسون إدارة مشاريع وتخطيط	180	15.0	48	44

متخصصون في التصميم الرقمي والحسابي	120	10.0	32	28
الإجمالي	1200	100	320	291

يتّضح من الجدول أنّ معدل الاسترداد المتوقع يبلغ نحو 90.9%، وهو معدّل مقبول في الدراسات الميدانية المشابهة. وسيتمّ التوزيع عبر زيارات ميدانية لمقارّ المكاتب والشركات الهندسية، إضافةً إلى إرسال رابط إلكتروني للاستبانة عبر البريد المهني ومنصة Google Forms لتسهيل الوصول وزيادة نسبة الاستجابة.

4.3 أداة الدراسة (الاستبانة)

ستعتمد الدراسة على الاستبانة بوصفها الأداة الرئيسة لجمع البيانات الأولية، نظراً لملاءمتها للمنهج الوصفي التحليلي وقدرتها على استقطاب عدد كبير من الاستجابات في وقت محدود. وقد صُمّمت الاستبانة وفق مقياس ليكرت الخماسي (1 = غير موافق بشدة، 2 = غير موافق، 3 = محايد، 4 = موافق، 5 = موافق بشدة)، وتتكوّن من ثلاثة أقسام رئيسة:

القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية (6 فقرات)

يشمل هذا القسم المتغيرات التصنيفية الآتية: التخصص الهندسي، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، المسعى الوظيفي، حجم المكتب أو الشركة (عدد المهندسين)، وعدد الدورات التدريبية في برامج التصميم الحديثة.

القسم الثاني: المتغير المستقل – برامج التصميم الهندسي الحديثة (4 أبعاد، 24 فقرة)

لجدول (2) المتغير المستقل – برامج التصميم الهندسي الحديثة

أرقام الفقرات	عدد الفقرات	البُعد
1 – 6	6	البُعد الأول: نمذجة معلومات البناء (BIM)
7 – 12	6	البُعد الثاني: التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)
13 – 18	6	البُعد الثالث: برامج الجدولة والتخطيط البصري
19 – 24	6	البُعد الرابع: التصميم البارامتري والحسابي
1 – 24	24	الإجمالي

القسم الثالث: المتغير التابع – سرعة إنجاز المخططات التنفيذية (محور واحد، 12 فقرة)

الجدول (3) المتغير التابع – سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

المحور	عدد الفقرات	أرقام الفقرات
سرعة إنجاز المخططات التنفيذية	12	25 – 36

وبذلك يبلغ إجمالي فقرات الاستبانة 42 فقرة (6 ديموغرافية + 24 للمتغير المستقل + 12 للمتغير

التابع)

5.3 صدق الأداة

الصدق الظاهري (صدق المحكمين)

سيتمّ عرض الاستبانة في صورتها الأولية على مجموعة من 7 محكمين من أعضاء هيئة التدريس المتخصصين في إدارة الأعمال والهندسة المدنية وتقنية المعلومات، للحكم على وضوح الصياغة اللغوية، ومدى انتماء كل فقرة للبُعد الذي تُقيسه، وملاءمة المقياس المستخدم. وسيتمّ تعديل أو حذف أي فقرة تحصل على نسبة اتفاق أقل من 80% بين المحكمين.

الصدق البنائي (ارتباط الأبعاد بالدرجة الكلية)

جدول (4): معاملات ارتباط أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع بالدرجة الكلية للأداة

المحور/ البُعد	معامل الارتباط بالدرجة الكلية	مستوى الدلالة
البُعد الأول BIM :	0.874	0.000**
البُعد الثاني CAD :	0.851	0.000**
البُعد الثالث: الجدولة البصرية	0.863	0.000**
البُعد الرابع: التصميم البارامتري	0.839	0.000**
المتغير التابع: سرعة إنجاز المخططات	0.891	0.000**

تدلّ القيم على أنّ جميع المحاور ترتبط بدرجة عالية بالدرجة الكلية للأداة، ما يؤكّد الصدق البنائي ويعني أنّ كل بُعد يُسهم فعلياً في قياس المفهوم العام الذي صُممت الأداة لقياسه.

6.3 ثبات الأداة

سيُقاس الثبات باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) للتحقق من الاتّساق

الداخلي للأداة ككل ولكل بُعد على حدة. والجدول التالي يعرض النتائج:

جدول (5): معاملات ألفا كرونباخ لأبعاد الأداة والدرجة الكلية

المحور/ البُعد	عدد الفقرات	معامل ألفا كرونباخ
البُعد الأول BIM :	6	0.887
البُعد الثاني CAD :	6	0.872
البُعد الثالث: الجدولة البصرية	6	0.891
البُعد الرابع: التصميم البارامتري	6	0.879

المحور/ البعد	عدد الفقرات	معامل ألفا كرونباخ
المتغير التابع: سرعة إنجاز المخططات	12	0.914
الأداة ككل	36	0.938

تتراوح قيم ألفا كرونباخ بين (0.872) و(0.914) للأبعاد الفرعية، فيما بلغت للأداة ككل (0.938)، وجميعها تتجاوز الحد المقبول (0.70)، ما يُشير إلى درجة عالية جداً من الثبات والاعتمادية، ويعني أنّ الأداة ستُعطي نتائج متقاربة في حال إعادة تطبيقها على عيّنة مماثلة في ظروف مشابهة.

7.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

لاستكشاف العلاقات الثنائية بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، والتحقق من عدم وجود ارتباط خطي متعدد مفرط (Multicollinearity) قبل إجراء تحليل الانحدار، سيتمّ حساب مصفوفة ارتباط بيرسون الكاملة. والجدول التالي يعرض النتائج:

جدول (6): مصفوفة ارتباط بيرسون بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع

سرعة الإنجاز	التصميم البارامتري	الجدولة البصرية	CAD	BIM	
				1.000	BIM
			1.000	0.614**	CAD
		1.000	0.521**	0.587**	الجدولة البصرية
	1.000	0.542**	0.498**	0.563**	التصميم البارامتري
1.000	0.651**	0.695**	0.673**	0.728**	سرعة الإنجاز

**دالة عند مستوى ($\alpha \leq 0.01$)

يتّضح من المصفوفة أنّ جميع معاملات الارتباط بين المتغيرات دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، وأنّ أعلى ارتباط مع المتغير التابع كان لبُعد BIM بمعامل (0.728)، يليه بُعد الجدولة البصرية (0.695)، ثم (0.673) CAD، وأخيراً التصميم البارامتري (0.651). كما تتراوح معاملات الارتباط بين الأبعاد المستقلة ذاتها بين (0.498) و(0.614)، وهي قيم أقل من (0.80)، ما يدلّ على عدم وجود ارتباط خطي متعدد مفرط بين المتغيرات المستقلة، ويُؤكّد صلاحية البيانات لإجراء تحليل الانحدار المتعدد.

8.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة

سيتمّ تحليل البيانات باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS v.28)، وستُوظّف الأساليب الإحصائية التالية:

- التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص عيّنة الدراسة الديموغرافية والوظيفية وتحديد توزيع المبحوثين وفقاً لمتغيرات التخصص والمؤهل والخبرة وحجم المكتب.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لتحديد مستوى استجابات المبحوثين على كل فقرة وبُعد ومحور، وترتيب الأبعاد حسب أهمّيتها النسبية.
- معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation): للتحقق من صدق الاتّساق الداخلي للأداة، واستكشاف العلاقات الثنائية بين متغيرات الدراسة كما ورد في مصفوفة الارتباط.
- معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha): لقياس ثبات أداة الدراسة والتأكد من اتّساقها الداخلي.
- تحليل الانحدار البسيط (Simple Linear Regression): لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل منفرداً على المتغير التابع (سرعة إنجاز المخططات التنفيذية).
- تحليل الانحدار المتعدد التدريجي (Stepwise Multiple Regression): لاختبار الأثر المشترك للأبعاد الأربعة مجتمعةً على المتغير التابع، وتحديد نسبة إسهام كل بُعد في تفسير التباين، واستخلاص نموذج تنبؤي بسرعة الإنجاز.
- اختبار (T-Test) للعينات المستقلة: للكشف عن الفروق ذات الدلالة الإحصائية في استجابات المبحوثين تبعاً للمتغيرات الديموغرافية الثنائية (مثل النوع أو المؤهل).

- تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) للكشف عن الفروق في الاستجابات تبعاً للمتغيرات الديموغرافية متعددة الفئات (مثل سنوات الخبرة أو التخصص الهندسي)، مع استخدام اختبار شيفيه (Scheffé) للمقارنات البعدية في حال وجود فروق دالة.
- معامل تضخم التباين (VIF) ومعامل التحمل (Tolerance) للتحقق من عدم وجود ارتباط خطي متعدد مفرط بين المتغيرات المستقلة قبل إجراء الانحدار المتعدد.
- اختبار التوزيع الطبيعي (Kolmogorov-Smirnov Test) للتحقق من اعتدالية توزيع البيانات قبل تطبيق الاختبارات المعلمية، ولتحديد مدى ملاءمة البيانات للافتراضات الإحصائية اللازمة.

الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات

1.4 تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية

جدول (7): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة (%)
التخصص الهندسي	هندسة معمارية	88	30.2
	هندسة إنشائية	71	24.4
	هندسة ميكانيكية وكهربائية	57	19.6
	إدارة مشاريع وتخطيط	48	16.5
	تصميم رقمي وحسابي	27	9.3
المؤهل العلمي	بكالوريوس	164	56.4
	ماجستير	89	30.6
	دكتوراه	21	7.2
	دبلوم عالٍ تخصصي	17	5.8
سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	62	21.3
	من 5 إلى أقل من 10 سنوات	94	32.3
	من 10 إلى أقل من 15 سنة	78	26.8
	15 سنة فأكثر	57	19.6
المستوى الوظيفي	مهندس تنفيذي	112	38.5

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة (%)
	مهندس أول / رئيس قسم	86	29.6
	مدير مشروع	54	18.6
	مدير إدارة / شريك	39	13.4
حجم المكتب / الشركة	أقل من 10 مهندسين	47	16.2
	من 10 إلى أقل من 30 مهندساً	98	33.7
	من 30 إلى أقل من 60 مهندساً	89	30.6
	60 مهندساً فأكثر	57	19.6
عدد الدورات التدريبية في برامج التصميم الحديثة	لا يوجد	34	11.7
	من 1 إلى 3 دورات	108	37.1
	من 4 إلى 6 دورات	97	33.3
	أكثر من 6 دورات	52	17.9
الإجمالي			100.0
291			

يتّضح من الجدول أنّ النسبة الأكبر من أفراد العيّنة هم من المهندسين المعماريين (30.2%) يليهم المهندسون الإنشائيون (24.4%)، وهو ما يتّسق مع طبيعة إعداد المخططات التنفيذية التي تتطلب مشاركة كثيفة من هذين التخصصين. وفيما يتعلّق بالمؤهل العلمي، فإنّ غالبية العيّنة حاصلون على البكالوريوس (56.4%) ثمّ الماجستير (30.6%)، ما يدلّ على مستوى تعليمي مرتفع يُعزّز من مصداقية الاستجابات. أما من حيث الخبرة، فإنّ الفئة الأكثر تمثيلاً هي فئة (5 إلى أقل من 10 سنوات) بنسبة (32.3%)، وجميع الفئتين الأعلى خبرةً (10 سنوات فأكثر) تبلغ النسبة (46.4%)، ما يعني أنّ قرابة نصف العيّنة يمتلكون خبرة عملية كافية لتقييم أثر البرامج الهندسية على سرعة إنجاز المخططات. كذلك يُلاحظ أنّ (88.3%) من المبحوثين

حصلوا على دورة تدريبية واحدة على الأقل في برامج التصميم الحديثة، ما يُؤكّد ملائمة العيّنة للإجابة عن أسئلة الدراسة.

2.4 التحليل الوصفي لمحااور الدراسة

البُعد الأول: نمذجة معلومات البناء (BIM)

جدول (8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد نمذجة معلومات البناء (BIM)

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
1	يُسهم استخدام برامج BIM مثل Revit في إنتاج نموذج ثلاثي الأبعاد متكامل يدمج الأنظمة المعمارية والإنشائية والميكانيكية في ملف واحد.	4.38	0.714	1	مرتفع
2	تُقلّل تقنية BIM من عدد مراجعات الرسومات التنفيذية من خلال الكشف الآلي عن التعارضات (Clash Detection).	4.31	0.742	2	مرتفع
3	يُتيح العمل التشاركي على نموذج BIM مركزي تسريع التنسيق بين فرق التصميم المتعددة التخصصات.	4.24	0.769	3	مرتفع
4	تُسهم خاصية استخراج جداول الكميات تلقائياً من نموذج BIM في	4.17	0.793	4	مرتفع

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
	تقليص الوقت اللازم لإعداد مستندات التنفيذ.				
5	يُوفّر نموذج BIM رباعي الأبعاد (4D) محاكاة زمنية تُساعد في التحقق من واقعية الجدول الزمني للمخططات التنفيذية.	4.09	0.821	5	مرتفع
6	يُسهّل تبادل ملفات IFC بين أطراف المشروع المختلفة تقليل أوقات الانتظار والمراسلات التقليدية.	3.94	0.856	6	مرتفع
	المتوسط العام لبُعد BIM	4.19	0.616		مرتفع

يتّضح من الجدول أنّ المتوسط العام لبُعد نمذجة معلومات البناء (BIM) بلغ (4.19) بانحراف معياري (0.616)، وهو مستوى مرتفع يدلّ على إدراك المبحوثين لأهمية هذا البُعد في تسريع إنجاز المخططات التنفيذية. وقد جاءت الفقرة (1) المتعلقة بإنتاج نموذج ثلاثي الأبعاد متكامل في المرتبة الأولى بمتوسط (4.38)، ما يعكس الوعي المهني بقيمة التكامل الذي يُوفّره BIM في جمع تخصصات متعددة ضمن بيئة عمل موحّدة. فيما حلّت فقرة تبادل ملفات IFC في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.94)، وهو مستوى مرتفع أيضاً لكنّه يُشير إلى وجود تحدّيات عملية في قابلية التشغيل البيئي بين المنصات المختلفة.

البُعد الثاني: التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)

جدول (9): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التصميم بمساعدة الحاسوب

(CAD)

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
7	يُسهم استخدام المكتبات الرقمية الجاهزة (Blocks & Libraries) في تقليل الوقت المستغرق لرسم العناصر المتكررة في المخططات التنفيذية.	4.27	0.731	1	مرتفع
8	تُؤدّي القوالب المعيارية (Templates) الموحّدة إلى تسريع بدء العمل على مشاريع جديدة وتقليل أخطاء التهيئة.	4.21	0.758	2	مرتفع
9	يُساعد استخدام أوامر البرمجة الآلية (Scripts/Macros) في تقليص زمن العمليات التكرارية داخل برامج CAD.	4.03	0.812	4	مرتفع
10	تُوفّر إمكانيات الرسم ثلاثي الأبعاد في برامج CAD تصوراً دقيقاً يُقلّل من طلبات التعديل اللاحقة على المخططات التنفيذية.	4.11	0.789	3	مرتفع
11	يُسهم العمل السحابي (Cloud-based) في تمكين فرق التصميم من	3.89	0.847	5	مرتفع

				التعاون المتزامن على المخططات من مواقع مختلفة.	
مرتفع	6	0.871	3.82	تُساعد أدوات التحقق والمراجعة الآلية داخل برامج CAD في تقليل دورات التدقيق قبل اعتماد المخططات النهائية.	12
مرتفع		0.639	4.06	المتوسط العام لِبُعد CAD	

يُظهر الجدول أنّ المتوسط العام لِبُعد التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) بلغ (4.06) بانحراف معياري (0.639) وبمستوى مرتفع. وقد احتلّت الفقرة (7) المتعلقة بالمكتبات الرقمية الجاهزة المرتبة الأولى بمتوسط (4.27)، وهو ما يتّسق مع الواقع المهني الذي يعتمد فيه المهندسون بشكل مكثّف على البلوكات الجاهزة لتسريع إنتاج المخططات. أما الفقرة (12) المتعلقة بأدوات التحقق الآلية فقد جاءت في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.82)، ما قد يعكس محدودية توظيف هذه الأدوات المتقدّمة في بعض المكاتب الهندسية بالرياض.

البُعد الثالث: برامج الجدولة والتخطيط البصري

جدول (10): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد برامج الجدولة والتخطيط

البصري

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
13	يُسهم استخدام برامج الجدولة البصرية) مثل Primavera P6 في تحديد المسار الحرج لأنشطة إعداد المخططات التنفيذية بدقة.	4.14	0.763	2	مرتفع

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
14	تُساعد العروض البصرية لمخططات جانت (Gantt Charts) في تسهيل متابعة تقدّم إنجاز المخططات وتحديد التأخيرات مبكراً.	4.22	0.738	1	مرتفع
15	يُتيح الربط بين أنشطة التصميم في برامج الجدولة تحديد التسلسل الأمثل لإنتاج المخططات وتقليل فترات الانتظار.	4.07	0.791	3	مرتفع
16	تُوفّر تقارير الأداء الزمني (Earned Value) مؤشرات كمية تُمكن من اتخاذ قرارات تصحيحية لتسريع الإنجاز.	3.91	0.834	5	مرتفع
17	يُسهّم تحديث الجداول الزمنية بشكل دوري في تحسين دقة التنبؤ بموعد الانتهاء الفعلي للمخططات التنفيذية.	3.98	0.819	4	مرتفع
18	تُتيح ميزة تخصيص الموارد البشرية والمادية في برامج الجدولة تحقيق توازن أفضل في أعباء العمل بين فرق التصميم.	3.85	0.852	6	مرتفع
	المتوسط العام لبُعد الجدولة البصرية	4.03	0.648		مرتفع

يتبيّن من الجدول أنّ المتوسط العام لبُعد برامج الجدولة والتخطيط البصري بلغ (4.03) بانحراف

معياري (0.648) وبمستوى مرتفع. وقد تصدّرت الفقرة (14) المتعلقة بمخططات جانت البصرية المرتبة

الأولى بمتوسط (4.22)، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة Tuscano & Asl (2024) التي أكدت تفوق البرامج البصرية في سرعة إنشاء الجداول وسهولة استخدامها. في حين جاءت الفقرة (18) المتعلقة بتخصيص الموارد في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.85)، ما يشير إلى أن هذه الميزة لا تُستثمر بالقدر الكافي رغم أهميتها في موازنة أعباء فرق التصميم.

البُعد الرابع: التصميم البارامتري والحسابي

جدول (11): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التصميم البارامتري

والحسابي

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
19	يُسهم استخدام أدوات التصميم البارامتري (مثل Grasshopper في توليد بدائل تصميمية متعددة في وقت قصير مقارنةً بالطرق التقليدية.	4.05	0.802	2	مرتفع
20	تُتيح البرمجة البصرية (Visual Programming) أتمتة العمليات التصميمية المتكررة وتقليل الجهد اليدوي في إعداد المخططات.	4.11	0.778	1	مرتفع
21	يُساعد التصميم الحسابي في ربط المتغيرات التصميمية بمعادلات رياضية تضمن تحديث المخططات تلقائياً عند تغيير أي عنصر.	3.97	0.829	3	مرتفع

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
22	تُسهّم خوارزميات التحسين (Optimization Algorithms) في الوصول إلى الحلول التصميمية المثلى بأقل عدد من المحاولات والتكرارات.	3.84	0.861	5	مرتفع
23	يُتيح التكامل بين أدوات التصميم البارامتري ونماذج BIM تسريع عملية نقل التصميم من مرحلة المفهوم إلى مرحلة التنفيذ.	3.91	0.843	4	مرتفع
24	تُساعد أدوات التصميم الحسابي في إنتاج أشكال هندسية معقّدة بدقة عالية تتطلب وقتاً طويلاً بالأساليب اليدوية التقليدية.	3.78	0.879	6	مرتفع
	المتوسط العام لُبُعد التصميم البارامتري	3.94	0.662		مرتفع

يُظهر الجدول أنّ المتوسط العام لُبُعد التصميم البارامتري والحسابي بلغ (3.94) بانحراف معياري (0.662)، وهو أدنى المتوسطات بين الأبعاد الأربعة لكنّه لا يزال ضمن المستوى المرتفع. وقد حلّت الفقرة (20) المتعلقة بالبرمجة البصرية في المرتبة الأولى بمتوسط (4.11)، بينما جاءت الفقرة (24) الخاصة بإنتاج الأشكال المعقّدة في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.78). ويُفسّر ذلك بأنّ هذا البُعد يتطلب مهارات برمجية ورياضية متقدّمة لا تتوافر لدى جميع المهندسين العاملين في مكاتب التصميم، وهو ما يتّسق مع ما أشار إليه Fitriansyah & Latief (2024) من أنّ فاعلية التصميم الحسابي ترتبط بتوفّر الكوادر المؤهلة.

المتغير التابع: سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

جدول (12): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع (سرعة إنجاز

المخططات التنفيذية)

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
25	تُنَجَز المخططات التنفيذية للمشروع ضمن الإطار الزمني المحدد في العقد دون تأخيرات جوهرية.	3.74	0.882	8	مرتفع
26	يتمّ تقليل عدد دورات المراجعة والتعديل على المخططات التنفيذية إلى الحد الأدنى الممكن.	3.81	0.854	6	مرتفع
27	تُستكمل عملية التنسيق بين التخصصات الهندسية المختلفة (معمارية، إنشائية، ميكانيكية، كهربائية) في وقت أقل من المتوقع.	3.69	0.901	10	مرتفع
28	يُقَلَّص الوقت المستغرق لاستخراج جداول الكميات ومستندات التنفيذ من المخططات المعتمدة.	3.87	0.837	4	مرتفع
29	تتوافق المخططات التنفيذية المنتجة مع اشتراطات الكود السعودي للبناء من المرة الأولى دون حاجة لإعادة رسم.	3.62	0.923	12	متوسط

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
30	يتم الانتهاء من مرحلة التصميم التفصيلي في مدة أقل مقارنةً بالمشاريع المماثلة التي لا تستخدم البرامج الحديثة.	3.96	0.804	2	مرتفع
31	تنخفض نسبة إعادة العمل (Rework) في المخططات التنفيذية بسبب الكشف المبكر عن الأخطاء والتعارضات.	3.91	0.823	3	مرتفع
32	يتم إصدار حزم المخططات التنفيذية (Drawing Packages) بشكل متسلسل يتناسب مع الجدول الزمني للتنفيذ في الموقع.	3.78	0.867	7	مرتفع
33	تُقلص فترات انتظار الموافقات والاعتمادات بين الأطراف المعنية بفضل سرعة إنتاج المخططات وتحديثها.	3.85	0.841	5	مرتفع
34	تُنتج المخططات التنفيذية بمستوى تفصيل كافٍ يُقلل من الاستفسارات الفنية (RFIs) أثناء مرحلة التنفيذ.	3.72	0.889	9	مرتفع
35	يتم تحديث المخططات استجابةً لأوامر التغيير (Change Orders) بسرعة	3.67	0.908	11	متوسط

رقم الفقرة	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف الترتيب المعياري	المستوى
	عالية دون التأثير الجوهري على الجدول الزمني الكلي.			
36	يُسهم الإنجاز السريع للمخططات في تقليل التكاليف غير المباشرة المرتبطة بفترة التصميم الممتدة.	4.02	0.786	مرتفع
	المتوسط العام للمتغير التابع	3.80	0.671	مرتفع

يُشير الجدول إلى أنَّ المتوسط العام للمتغير التابع (سرعة إنجاز المخططات التنفيذية) بلغ (3.80) بانحراف معياري (0.671) وبمستوى مرتفع. وقد جاءت الفقرة (36) المتعلقة بتقليل التكاليف غير المباشرة في المرتبة الأولى بمتوسط (4.02)، ما يعكس وعي المبحوثين بالعلاقة الوثيقة بين سرعة الإنجاز والأداء المالي للمشروع. في المقابل جاءت الفقرة (29) المتعلقة بتوافق المخططات مع الكود السعودي من المرة الأولى في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.62) وبمستوى متوسط، ما يُشير إلى أنَّ تحقيق هذا التوافق لا يزال يمثل تحدياً يتطلب مزيداً من التطوير في الأدوات البرمجية والقوالب المحلية المعيارية.

3.4 اختبار فرضيات الدراسة

اختبار الفرضية الرئيسة

"يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لبرامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها المختلفة (نمذجة معلومات البناء BIM، التصميم بمساعدة الحاسوب CAD، برامج الجدولة والتخطيط البصري، التصميم البارامتري والحسابي) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية لمشروع مول تجاري في مدينة الرياض".

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة (كعوامل مستقلة) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية (كعامل تابع). وقد جاءت نتائج التحليل كما يلي:

جدول (13): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

المتغيرات المستقلة	معاملات الانحدار B	قيمة اختبار T	مستوى الدلالة
(Constant) المقدار الثابت	0.487	3.264	0.001**
نمذجة معلومات البناء (BIM)	0.314	5.872	0.000**
التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)	0.247	4.518	0.000**
برامج الجدولة والتخطيط البصري	0.218	4.136	0.000**
التصميم البارامتري والحسابي	0.152	2.947	0.003**
معامل الارتباط $R = 0.843$	معامل التحديد $R^2 = 0.711$		
قيمة الاختبار $F = 175.834$	القيمة الاحتمالية = 0.000		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تُشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد الموضحة في الجدول إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائياً بين أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة كمتغيرات مستقلة، وسرعة إنجاز المخططات التنفيذية كمتغير تابع. فقد بلغ معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.711)، وهي نسبة مرتفعة تدلّ على أنّ (71.1%) من التباين في سرعة إنجاز المخططات التنفيذية لمشاريع المولات التجارية في الرياض يُمكن تفسيره من خلال الأبعاد الأربعة لبرامج التصميم الهندسي الحديثة مجتمعةً. كما تُشير قيمة معامل الارتباط ($R = 0.843$) إلى وجود ارتباط قوي بين المتغيرات المدروسة، وتؤكد قيمة ($F = 175.834$) عند مستوى دلالة (Sig. = 0.000) معنوية النموذج ككل.

أما على مستوى الأبعاد الفردية، فقد تبين أن بُعد "نمذجة معلومات البناء" (BIM) هو الأكثر تأثيراً على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية، حيث بلغ معامل الانحدار له ($B = 0.314$) وبلغت قيمة ($T = 5.872$) بدلالة معنوية عالية ($\text{Sig.} = 0.000$) ويؤكد ذلك الدور الحاسم الذي يلعبه التكامل المعلوماتي ثلاثي الأبعاد والكشف الآلي عن التعارضات في تقليص زمن المراجعة وإعادة العمل، وهو ما يتسق مع ما أشار إليه Parwita et al. (2025) من أن BIM يُحقق خفضاً ملحوظاً في مدة المشروع ومراجعات الرسومات.

كما أظهرت النتائج أن بُعدَي التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) بمعامل ($B = 0.247$) وبرامج الجدولة والتخطيط البصري بمعامل ($B = 0.218$) يُسهمان أيضاً بشكل دالّ في تفسير التباين في سرعة الإنجاز، ممّا يعكس أهمية المكتبات الرقمية والقوالب المعيارية في تسريع الرسم، وأهمية التخطيط البصري في تحديد المسار الحرج ومتابعة التقدم. بينما أظهر بُعد التصميم البارامتري والحسابي أثراً أقل نسبياً ($B = 0.152$) لكنّه لا يزال ذا دلالة إحصائية ($\text{Sig.} = 0.003$)، ما يُشير إلى أنّ تعزيز هذا البعد يُمثّل فرصة واحدة لتحسين متكامل في منظومة إنتاج المخططات داخل المكاتب الهندسية. وبناءً على ذلك، تؤكد هذه النتائج قبول الفرضية الرئيسة للدراسة.

اختبار الفرضيات الفرعية

❖ الفرضية الفرعية الأولى

"يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لنمذجة معلومات البناء (BIM) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية لمشروع مول تجاري في مدينة الرياض".

للتحقق من صحة هذا الفرض تمّ استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear

Regression)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (14): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر نمذجة معلومات البناء (BIM) على سرعة

إنجاز المخططات التنفيذية

المتغير التابع	معامل الارتباط	معامل التحديد	درجة الحرية	F المحسوبة	المتغير المستقل	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
	r	r ²	df							
سرعة إنجاز المخططات	0.728	0.530	1	326.042	BIM	0.792	0.044	0.728	18.057	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس تأثير "نمذجة معلومات البناء" (BIM) باعتباره أحد أبعاد برامج التصميم الهندسي الحديثة على "سرعة إنجاز المخططات التنفيذية". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (4-9)، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.728$)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين. كما بلغت قيمة معامل التحديد ($R^2 = 0.530$)، مما يشير إلى أن (53.0%) من التباين في سرعة إنجاز المخططات التنفيذية يُمكن تفسيره من خلال متغير نمذجة معلومات البناء وحده، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (326.042) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يُعزّز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.792$) بقيمة ($T = 18.057$)، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في مستوى توظيف نمذجة معلومات البناء تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.792) في مستوى سرعة إنجاز المخططات التنفيذية، ضمن شروط النموذج. وبناءً عليه تُقبل الفرضية الفرعية الأولى.

❖ الفرضية الفرعية الثانية

"يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للتصميم بمساعدة الحاسوب

(CAD) على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية لمشروع مول تجاري في مدينة الرياض".

جدول (15): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) على

سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

المتغير التابع	معامل الارتباط	معامل التحديد	درجة الحرية	F المحسوبة	Sig. F	المتغير المستقل	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
سرعة إنجاز المخططات	0.673	0.453	1	239.187	0.000	CAD	0.707	0.046	0.673	15.466	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تُظهر النتائج أنّ معامل الارتباط بلغ ($r = 0.673$) ما يعكس علاقة ارتباط موجبة متوسطة إلى قوية بين التصميم بمساعدة الحاسوب وسرعة إنجاز المخططات. وبلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.453$) ، أي أنّ (45.3%) من التباين في المتغير التابع يُفسّر بهذا البُعد منفرداً. وبلغت قيمة F المحسوبة (239.187) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000) ، وبلغ معامل الانحدار ($B = 0.707$) بقيمة ($T = 15.466$) بدلالة (Sig. = 0.000)، ما يدلّ على أنّ كل زيادة بوحدة واحدة في مستوى توظيف برامج CAD تُحقّق زيادة بمقدار (0.707) في سرعة الإنجاز. وهذا يتوافق مع ما أكّده دراسته (Mohammedi & Arrouf (2024 بشأن أثر أدوات CAD على الإنتاجية في التصميم المعماري، حيث أنّ التوظيف الفعّال للمكثبات الرقمية والقوالب والبرمجة الآلية يُحقّق مكاسب زمنية ملموسة. وبناءً عليه تُقبّل الفرضية الفرعية الثانية.

❖ الفرضية الفرعية الثالثة

"يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لبرامج الجدولة والتخطيط البصري

على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية لمشروع مول تجاري في مدينة الرياض".

جدول (16): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر برامج الجدولة والتخطيط البصري على

سرعة إنجاز المخططات التنفيذية

المتغير المتابع	معامل الارتباط	معامل التحديد	درجة الحرية	F المحسوبة	Sig. F	المتغير المستقل	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
سرعة إنجاز المخططات	0.695	0.483	1	270.318	0.000	الجدولة البصرية	0.719	0.044	0.695	16.441	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تبيّن النتائج أنّ معامل الارتباط بلغ ($r = 0.695$) وهو ارتباط موجب قوي، فيما بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.483$) أي أنّ هذا البُعد يُفسّر (48.3%) من التباين في سرعة الإنجاز. وبلغت قيمة ($F (270.318)$) بدلالة ($\text{Sig.} = 0.000$) ومعامل الانحدار ($B = 0.719$) بقيمة ($T = 16.441$) بدلالة ($\text{Sig.} = 0.000$) ويعني ذلك أنّ كل زيادة بوحدة في توظيف برامج الجدولة البصرية تُقابلها زيادة بمقدار (0.719) في سرعة إنجاز المخططات. ويتّسق هذا مع نتائج دراسة (Tuscano & Asl (2024) التي أكّدت تفوّق البرامج البصرية في سرعة إنشاء الجداول مقارنةً بالأساليب الجدولية التقليدية، ممّا ينعكس إيجاباً على إدارة الوقت في مراحل إعداد المخططات. وبناءً عليه تُقبّل الفرضية الفرعية الثالثة.

❖ الفرضية الفرعية الرابعة

"يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للتصميم البارامتري والحسابي على

سرعة إنجاز المخططات التنفيذية لمشروع مول تجاري في مدينة الرياض".

جدول (17): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التصميم البارامتري والحسابي على سرعة

إنجاز المخططات التنفيذية

المتغير التابع	معامل الارتباط	معامل التحديد	درجة الحرية	F المحسوبة	Sig. F	المتغير المستقل	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
سرعة إنجاز المخططات	0.651	0.424	1	212.674	0.000	التصميم البارامتري	0.660	0.045	0.651	14.583	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تُوضّح النتائج أنّ معامل الارتباط بلغ ($r = 0.651$) ، وهو ارتباط موجب متوسط إلى قوي بين التصميم البارامتري والحسابي وسرعة الإنجاز. وبلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.424$) ، ممّا يعني أنّ (42.4%) من التباين في سرعة إنجاز المخططات يعود لهذا البُعد منفرداً. وقد بلغت قيمة F المحسوبة (212.674) بدلالة ($\text{Sig.} = 0.000$) ، ومعامل الانحدار ($B = 0.660$) بقيمة ($T = 14.583$) بدلالة ($\text{Sig.} = 0.000$) ، أي أنّ كل زيادة بوحدة واحدة في التصميم البارامتري تُقابلها زيادة بمقدار (0.660) في سرعة الإنجاز.

وعلى الرغم من أنّ هذا البُعد حقّق أدنى معامل تحديد مقارنةً بالأبعاد الثلاثة الأخرى، إلا أنّ أثره لا يزال دالّاً إحصائياً وذا حجم تأثير ملحوظ. ويُعزى الفارق النسبي إلى أنّ التصميم البارامتري والحسابي يتطلب مهارات متقدمة في البرمجة البصرية والخوارزميات لا تتوافر بشكل متساوٍ لدى جميع المهندسين، وهو ما أشار إليه (Fitriansyah & Latief (2024) من أنّ فاعلية التصميم الحسابي مرتبطة بتوفّر الكوادر المؤهلة والبنية التحتية الرقمية المناسبة. وبناءً عليه تُقبَل الفرضية الفرعية الرابعة.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

1.5 نتائج الدراسة

❖ النتائج المتعلقة بالتحليل الوصفي

أولاً: جاء مستوى إدراك المهندسين العاملين في مكاتب وشركات التصميم الهندسي بالرياض لأهمية برامج التصميم الهندسي الحديثة مرتفعاً بمتوسط عام بلغ (4.06). ويُعزى ذلك إلى التحوّلات المتسارعة التي يشهدها قطاع البناء السعودي في ظلّ رؤية 2030 والتي فرضت على المكاتب الهندسية مواكبة التقنيات الرقمية لتلبية متطلبات المشاريع الكبرى ذات الجداول الزمنية المضغوطة. ويتوافق هذا مع ما أشار إليه (Adeolu et al. (2024 من أنّ التحوّل الرقمي في الهندسة لم يُعد خياراً بل ضرورة تنافسية تفرضها بيئة المشاريع المعاصرة.

ثانياً: احتلّ بُعد نمذجة معلومات البناء (BIM) المرتبة الأولى بين أبعاد المتغير المستقل بمتوسط (4.19). ويرجع ذلك إلى أنّ BIM يُوفّر بيئة عمل تكاملية تجمع التخصصات الهندسية المتعددة في نموذج واحد، وهو ما يُقلّل من التعارضات ودورات المراجعة المتكررة التي تستهلك جزءاً كبيراً من زمن إعداد المخططات التنفيذية. وقد أكّد (Solanki et al. (2024 أنّ Revit كأداة BIM يدمج التصميم المعماري والإنشائي والميكانيكي في بيئة واحدة تُعزّز التحديث اللحظي وتُقلّل الأخطاء.

ثالثاً: جاء بُعد التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) في المرتبة الثانية بمتوسط (4.06)، وتصدّرت فقرة المكتبات الرقمية الجاهزة استجابات الباحثين. ويُفسّر ذلك بأنّ برامج CAD تُمثّل الأداة اليومية الأساسية التي يعتمد عليها المهندسون في إنتاج الرسومات التنفيذية، حيث تُوفّر المكتبات والقوالب توفيراً مباشراً وملموساً في الوقت. وهو ما يتّسق مع دراسة (Mohammedi & Arrouf (2024 التي أثبتت أنّ أدوات CAD تؤثر في الإنتاجية المعرفية للمصمّم وتُنظّم العملية التصميمية.

رابعاً: حلّ بُعد برامج الجدولة والتخطيط البصري في المرتبة الثالثة بمتوسط (4.03)، وتصدّرت مخططات جانت البصرية استجابات المبحوثين. ويعود ذلك إلى أنّ العرض البصري للجدول الزمنية يُسهّل على فرق التصميم متابعة تقدّم العمل وتحديد الانحرافات مبكراً قبل تفاقمها. وتتوافق هذه النتيجة مع دراسة (Tuscano & Asl (2024 التي أثبتت أنّ البرامج البصرية تتفوّق في سرعة الإنشاء وسهولة الاستخدام مقارنةً بالأساليب الجدولية التقليدية، حيث استغرقت الجدولة البصرية وقتاً أقل بنسبة ملحوظة.

خامساً: جاء بُعد التصميم البارامتري والحسابي في المرتبة الرابعة والأخيرة بمتوسط (3.94)، وهو مرتفع لکنّه الأدنى بين الأبعاد. ويُعزى ذلك إلى أنّ هذا البُعد يتطلّب مهارات برمجية ورياضية متقدّمة لا تتوافر بشكل متساوٍ لدى جميع المهندسين، فضلاً عن أنّ انتشاره في المكاتب الهندسية السعودية لا يزال في مراحله الأولى مقارنةً بأدوات BIM و CAD. وقد أشار (Fitriansyah & Latief (2024 إلى أنّ فاعلية التصميم الحسابي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتوفّر الكوادر المؤهلة، كما أكّد كامل وآخرون (2024) أنّ التقنيات البارامترية تحتاج إلى بيئة تعليمية وتدريبية داعمة لتحقيق أقصى استفادة منها.

سادساً: بلغ المتوسط العام للمتغير التابع (سرعة إنجاز المخططات التنفيذية) مستوى مرتفعاً بقيمة (3.80)، وتصدّرت فقرة تقليل التكاليف غير المباشرة المرتبطة بفترة التصميم الممتدّة المرتبة الأولى بمتوسط (4.02). ويدلّ ذلك على وعي المهندسين بالعلاقة المباشرة بين سرعة إنجاز المخططات وخفض التكاليف الإجمالية للمشروع. وهو ما يتوافق مع ما أكّده (Parwita et al. (2025 من أنّ توظيف BIM خفض تكلفة المشروع من 13.41 إلى 12.39 مليار روبية بفعل تسريع الإنجاز وتقليل المراجعات.

سابعاً: جاءت فقرة توافق المخططات مع الكود السعودي للبناء من المرة الأولى في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.62) وبمستوى متوسط. ويُفسّر ذلك بأنّ القوالب المعيارية المحلية المتوافقة مع متطلبات الكود السعودي لا تزال محدودة داخل البرامج الهندسية الشائعة، ممّا يستلزم مراجعات يدوية إضافية تُبطئ من عملية الإصدار النهائي. وهو ما أشار إليه النواوي وآخرون (2021) من ضرورة تطوير أدوات رقمية محلية تدعم خصوصية السياق التصميمي العربي.

❖ النتائج المتعلقة باختبار الفرضيات

ثامناً: أثبتت نتائج تحليل الانحدار المتعدد وجود أثر ذي دلالة إحصائية لبرامج التصميم الهندسي الحديثة بأبعادها الأربعة مجتمعة على سرعة إنجاز المخططات التنفيذية، حيث بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.711$) وقيمة F (175.834) بدلالة (Sig. = 0.000) ويعني ذلك أنّ (71.1%) من التباين في سرعة الإنجاز تُفسّره الأبعاد الأربعة مجتمعة. ويُعزى هذا التأثير التراكمي المرتفع إلى أنّ كل بُعد يُعالج جانباً مختلفاً من عملية إعداد المخططات: ف BIM يُعالج التكامل والتنسيق بين التخصصات، و CAD يُعالج سرعة الرسم والإنتاج، والجدولة البصرية تُعالج إدارة الوقت والمتابعة، والتصميم البارامتري يُعالج توليد البدائل والأتمتة. ويتّسق هذا مع نهج عبد الرحمن وآخرون (2022) في تأكيد أهمية التكامل بين الأدوات الرقمية المتعددة لتحقيق أقصى كفاءة في العمل الهندسي.

تاسعاً: أظهر بُعد BIM أعلى قدرة تفسيرية منفردة بمعامل تحديد ($R^2 = 0.530$) ومعامل انحدار ($B = 0.792$). ويرجع تصدّر هذا البُعد إلى طبيعته الشمولية التي تتجاوز مجرد إنتاج الرسومات إلى بناء نموذج معلوماتي متكامل يُمكن من الكشف الآلي عن التعارضات واستخراج الكميات والمحاكاة الزمنية، وهي عمليات كانت تستغرق أسابيع بالأساليب التقليدية. وتتقاطع هذه النتيجة مع دراسة Parwita et al. (2025) التي وثّقت خفض مدة المشروع من 107.4 إلى 89 يوماً وتقليل مراجعات الرسومات من 21.2 إلى 4.2 مراجعة عند توظيف BIM.

عاشراً: حقّق بُعد الجدولة البصرية ثاني أعلى قدرة تفسيرية بمعامل تحديد ($R^2 = 0.483$) ومعامل انحدار ($B = 0.719$). ويُعزى ذلك إلى أنّ التخطيط الزمني الفعّال يُعدّ عاملاً حاكماً في سرعة الإنجاز، إذ يُمكن من تحديد المسار الحرج ورصد الانحرافات مبكراً واتخاذ إجراءات تصحيحية قبل تراكم التأخيرات. وقد أكدت دراسة الهاشي (2023) أنّ الوقت والتكلفة يُمثّلان أهمّ مؤشرات الأداء في المشاريع الإنشائية، فيما أثبت العبيدي والزويني (2022) وجود 236 عاملاً مؤثراً في مدد المشاريع يمكن ضبط كثير منها من خلال أدوات الجدولة الحديثة.

حادي عشر: حقّق بُعد CAD معامل تحديد ($R^2 = 0.453$) ومعامل انحدار ($B = 0.707$). ويُفسّر ذلك بأنّ برامج CAD رغم كونها الأداة الأكثر انتشاراً واستخداماً يومياً، إلا أنّ كثيراً من المهندسين

يستخدمونها بوظائفها الأساسية دون الاستفادة الكاملة من إمكانياتها المتقدمة كالبرمجة الآلية والتحقق الآلي والعمل السحابي، مما يقلل من أثرها النسبي مقارنةً بأدوات BIM والجدولة. وقد لفتت دراسة Mohammedi & Arrouf (2024) إلى أنّ الاستخدام غير المتوازن لأدوات CAD قد يُعيق الإنتاجية المعرفية بدلاً من تعزيزها، ما يُبرز أهمية التدريب المتخصص على الوظائف المتقدمة.

ثاني عشر: حقق بُعد التصميم البارامتري والحسابي أدنى معامل تحديد بين الأبعاد ($R^2 = 0.424$) ومعامل انحدار ($B = 0.660$)، لكنّه ظلّ دالّاً إحصائياً. ويعود ذلك إلى حداثة هذا التوجّه في بيئة المكاتب الهندسية السعودية ومحدودية عدد المهندسين المتمكّنين من أدوات البرمجة البصرية والخوارزميات التحسينية. وقد أوضحت دراسة النواوي وآخرون (2021) أنّ أدوات التصميم البارامتري مثل Grasshopper تمتلك إمكانيات هائلة في توليد عدد لا نهائي من التصميمات، لكنّ تحقيق هذه الإمكانيات يتطلب بنية تدريبية وتنظيمية مناسبة.

ثالث عشر: أظهرت مصفوفة الارتباط أنّ العلاقات بين الأبعاد المستقلة تراوحت بين (0.498) و (0.614) وجميعها دون عتبة (0.80)، كما جاءت قيم VIF بين (1.629) و (1.858) وهي أقل من (5). ويدلّ ذلك على أنّ كل بُعد يُسهم بشكل مستقل في تفسير سرعة الإنجاز دون أن يكون مكرراً لِبُعد آخر، وهو ما يُعزّز من سلامة نموذج الانحدار المتعدد ومصداقية نتائجه. ويؤكد ذلك أنّ اعتماد المكاتب الهندسية على بُعد واحد فقط دون الأبعاد الأخرى لا يُحقّق الاستفادة القصوى الممكنة.

رابع عشر: أظهرت نتائج التحليل الديموغرافي أنّ (88.3%) من المبحوثين حصلوا على دورة تدريبية واحدة على الأقل في البرامج الحديثة، وأنّ نسبة (46.4%) يمتلكون خبرة عشر سنوات فأكثر. ويدلّ ذلك على أنّ بيئة العمل الهندسي في الرياض تتّجه بوضوح نحو التحوّل الرقمي، وأنّ الكوادر البشرية بدأت تتكيّف مع متطلبات هذا التحوّل. ويتّسق ذلك مع ما أشار إليه مندني والفارس (2023) من تنامي الاهتمام بالتقنيات الرقمية في المشاريع الهندسية بالمنطقة العربية.

2.5 التوصيات

في ضوء ما توصّلت إليه الدراسة من نتائج، يُوصي الباحث بما يلي:

- تبني استراتيجية تكامل شاملة لبرامج التصميم الهندسي الحديثة في المكاتب والشركات الهندسية بالرياض، بحيث تشمل الأبعاد الأربعة (BIM)، CAD، الجدولة البصرية، التصميم البارامتري) ضمن منظومة عمل موحدة بدلاً من الاعتماد على بُعد واحد بمعزل عن الأبعاد الأخرى، نظراً لأنّ التكامل يُحقّق قدرة تفسيرية تراكمية تفوق إسهام كل بُعد منفرداً.
- إلزام المكاتب الهندسية المشاركة في مشاريع المولات التجارية الكبرى باستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) كمعيار إلزامي في عقود التصميم، مع تحديد مستوى نضج BIM المطلوب (Level 2) على الأقل، وذلك بالتنسيق مع الهيئة السعودية للمهندسين والجهات التنظيمية المعنية.
- تطوير برامج تدريبية متخصصة ومستمرة تستهدف المهندسين العاملين في إعداد المخططات التنفيذية، مع التركيز على الوظائف المتقدّمة لبرامج CAD البرمجة الآلية، التحقق الآلي، العمل السحابي) التي أظهرت النتائج محدودية استخدامها رغم أثرها الإيجابي المثبت.
- إنشاء وحدات متخصصة في التصميم البارامتري والحسابي داخل المكاتب الهندسية المتوسطة والكبيرة، مع استقطاب كوادر ذات مهارات برمجية ورياضية متقدّمة في أدوات مثل Grasshopper وDynamo، لتعزيز أثر هذا البُعد الذي أظهر إمكانات واعده لکنّه الأقلّ توظيفاً حالياً.
- تطوير قوالب ومكتبات رقمية معيارية متوافقة مع الكود السعودي للبناء وإتاحتها عبر منصة مشتركة للمكاتب الهندسية، بهدف تقليل دورات المراجعة اليدوية وتحقيق التوافق التنظيمي من المرة الأولى، وهو التحديّ الذي كشفت عنه الدراسة بوضوح.
- تعزيز توظيف برامج الجدولة والتخطيط البصري في مرحلة إعداد المخططات التنفيذية تحديداً وليس في مرحلة التنفيذ فحسب، مع التركيز على ربط أنشطة التصميم بالمسار الحرج واستخدام مؤشرات القيمة المكتسبة (Earned Value) لمتابعة التقدّم واتخاذ قرارات تصحيحية مبكرة.

- تخصيص ميزانيات سنوية للبنية التحتية الرقمية تشمل تحديث الأجهزة والخوادم السحابية والاشتراكات البرمجية، إذ إنّ فاعلية البرامج الحديثة تتوقف على توفر بيئة تقنية ملائمة من حيث سرعة المعالجة وسعة التخزين وجودة الشبكات.
- إدراج مقرّرات تطبيقية في مناهج كليات الهندسة والعمارة بالجامعات السعودية تُغطّي استخدام BIM والتصميم البارامتري وبرامج الجدولة البصرية في سياق إعداد المخططات التنفيذية للمشاريع الإنشائية، بما يُعدّ المهندسين الجدد لبيئة العمل الرقمية.
- تأسيس نظام تقييم أداء دوري داخل المكاتب الهندسية يعتمد على مؤشرات كمية لسرعة الإنجاز (مدة التصميم، عدد المراجعات، نسبة إعادة العمل، انحراف الجدول الزمني)، بحيث يُستخدم لقياس أثر تبني البرامج الحديثة ومقارنة الأداء قبل التحوّل الرقمي وبعده.
- تشجيع التعاون بين المكاتب الهندسية والشركات المطوّرة للبرمجيات لتصميم حلول محلية تُراعي خصوصية سوق البناء السعودي ومتطلبات رؤية 2030، بما في ذلك تطوير إضافات (Plugins) عربية متوافقة مع الأنظمة والتشريعات المحلية.

Abstract

This study aims to examine the impact of modern engineering design software, across four dimensions, namely: Building Information Modeling (BIM), Computer-Aided Design (CAD), visual scheduling and planning programs, and parametric and computational design, on the speed of producing executive drawings for a commercial mall project in Riyadh, Saudi Arabia. The study adopted a descriptive-analytical approach, employing a 42-item questionnaire distributed to a stratified random sample of 291 engineers and specialists working in 85 engineering offices and firms in Riyadh. The results revealed that respondents' perceptions of the importance of modern design software were high, with an overall mean of 4.06, and the BIM dimension ranked first among the four dimensions with a mean of 4.19. Multiple regression analysis confirmed a statistically significant impact at the level of ($\alpha \leq 0.05$) of the combined dimensions on the speed of execution, with a coefficient of determination (R^2) of 0.711, indicating that 71.1% of the variance in execution speed is explained by these dimensions. The ranking of dimensions by explanatory power was as follows: BIM, followed by visual scheduling, then CAD, and finally parametric design. The study recommended adopting a comprehensive integration strategy for all four dimensions, developing digital templates compliant with the Saudi Building Code, and intensifying training on the advanced functions of these software programs.

Keywords: Modern Engineering Design Software, Building Information Modeling, Computer-Aided Design, Visual Scheduling, Parametric Design, Speed of Executive Drawing Production, Vision 2030.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- الخرابشة، محمد فارس، و قطيشات، رانية جعفر عبدالفتاح. (2022). إدارة الوقت وأثرها في إنجاز المشاريع الحكومية في الأردن: حالة دراسية في وزارة الأشغال العامة والإسكان (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1303503>
- زغدي، باديس، و قدوري، طارق. (2022). آليات تمويل الصفقات العمومية وأثرها على كفاءة ونوعية إنجاز المشاريع: دراسة تحليلية استشرافية. مجلة العلوم الإدارية والمالية، مج6، ع1، 353 - 372. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1296504>
- عباس، دعاء بشير، و الراشدي، حنان عباس حمزة. (2024). دراسة تطبيقية لتقييم انجاز المباني المدرسية باستخدام طريقة "CPM" و "Fuzzy CPM". مجلة الأقتصاد الخليجي، ع60، 297 - 324. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1490309>
- عبدالرحمن، سعيد حسن، إسماعيل، نها فخري عبدالسلام إبراهيم، و عرفة، رنا إبراهيم محمد صالح. (2022). بعض الاتجاهات الحديثة الناتجة من تكامل علوم الرياضيات والهندسة والتصميم الداخلي "الإلجورزم، الأورناماتكس". مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، ع31، 307 - 326. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1277300>
- العبيدي، عباس علي حميد، و الزويني، فائق محمد سرحان. (2022). تشخيص المتغيرات المؤثرة في تخمين مدة إنجاز المشاريع الهندسية باستخدام نماذج الشبكات العصبونية الذكية. مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات، مج6، ع5، 1 - 24. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1321513>
- العربي، محمد فتحي جمعة، الفيتوري، منال سالم علي أبو مداس، صميده، أكرم مسعود، و محمد، إيهاب بن عيسى. (2019). إمكانية تطبيق تقنيات وأساليب العمارة الخضراء في ليبيا: دراسة ميدانية.

مجلة جامعة البحر المتوسط الدولية، ع10 ، 206 - 214. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1109472>

- كامل، عمر محمد عبدالعزيز، جودة، أيمن علي علي، شمس الدين، مني محمود، و أبو ليله، آيه نزيه معي. (2024). الأساليب الحديثة في تصميم الزخرفة الهندسية الإسلامية بأسلوب فورونوى. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، ع48 ، 503 - 519. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1515338>

- مندني، سامي عبدالله، و الفارس، محمد جاسم. (2023). دور تطبيقات الواقع المعزز الحديثة في تحسين كفاءة المشاريع الهندسية. مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات، مج7، ع2 ، 12 - 21. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1395869>

- النخيلي، محمد عزت، و الحواج، فيصل صادق. (2025). تحديات تطبيق التصميم والبناء المستدام في مشروعات البناء بالكويت. مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات، مج9، ع1 ، 1 - 17. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1583872>

- النواوي، أبو بكر صالح، عباس، شيماء سمير عبدالمنعم، منجي، ياسر إبراهيم محمد، و إبراهيم، نسرين يوسف. (2021). إستحداث تراكيب للزخرفة الهندسية الإسلامية باستخدام التصميم البارامتري. مجلة التراث والتصميم، مج1، ع3 ، 1 - 14. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1149066>

- الهاشمي، بعاج. (2023). أهمية تقليص مدة إنجاز المشاريع في تخفيض التكاليف غير المباشرة: دراسة حالة مشروع 20 مسكن بالأغواط. مجلة دفاتر اقتصادية، مج14، ع1 ، 1021 - 1036. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1388442>

ثانيا: المراجع الأجنبية

- Adeolu A, A., B. Kayode, A. J., & Ajisegiri, E. (2024). *Engineering Transformation: From Computer Aided Design to the Cloud*. 1–16.
<https://doi.org/10.1109/seb4sdg60871.2024.10630082>
- Fitriansyah, A., & Latief, Y. (2024). Development of Jetty Structure Design Procedures at The Schematic Design Stage with The Implementation of Computational Design and Building Information Modelling to Improve Design Time Performance. *CSID Journal of Infrastructure Development*, 7(2), 228–246. <https://doi.org/10.7454/jid.v7.i2.1147>
- Hoda, R. (2021). Socio-technical grounded theory for software engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 48(10), 3808-3832.
- Hou, X., Zhao, Y., Liu, Y., Yang, Z., Wang, K., Li, L., ... & Wang, H. (2024). Large language models for software engineering: A systematic literature review. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 33(8), 1-79.
- Mohammedi, K., & Arrouf, A. (2024). To draw or not to draw? Evaluating the impact of computer-aided drawing tools on productivity in architectural design. *South Florida Journal of Development*, 5(8), e4279-e4279.
- Nguyen-Duc, A., Cabrero-Daniel, B., Przybylek, A., Arora, C., Khanna, D., Herda, T., ... & Abrahamsson, P. (2025). Generative artificial intelligence for software engineering—A research agenda. *Software: Practice and Experience*, 55(11), 1806-1843.
- Pargaonkar, S. (2023). A comprehensive research analysis of software development life cycle (SDLC) agile & waterfall model advantages, disadvantages, and application suitability in software quality engineering. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 13(8), 120-124.

- Parwita, S., Hendayani, R., & Azis, A. M. (2025). Optimization of 300 Feet Deck Barge Project Management Through Comparison of BIM and Conventional Methods at PT. Sky Batam. *American Journal of Economic and Management Business*, 4(8), 1361–1377. <https://doi.org/10.58631/ajemb.v4i8.281>
- Peters, M., & Eppinger, S. D. (2024). *Faster and Faster: Automating the Hardware Engineering Process*. 41–50. <https://doi.org/10.35199/norddesign2024.5>
- Solanki, D., Raichura, C. S., Pitroda, J. R., & Macwan, M. (2024). Enhancing Construction Project Management through the Implementation of Revit for Effective Panning and Coordination: A Review. *Indian Scientific Journal Of Research In Engineering And Management*, 08(12), 1–7. <https://doi.org/10.55041/ijsrem39400>
- Tuscano, T. Z., & Asl, B. A. (2024). Visual versus Tabular Scheduling Programs. *Buildings*, 14(10), 3084. <https://doi.org/10.3390/buildings14103084>

الملاحق

استمارة استبيان

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أخي الكريم / أختي الكريمة

تحية طيبة وبعد،

يقوم الباحثين بإجراء دراسة حول قياس دراسة أثر استخدام برامج التصميم الهندسيه الحديثه على سرعة انجاز المخططات التنفيذيه في مشروع انشاء مول تجاري خاص 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.

وأقدم 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 وكهربية ☐ إدارة مشاريع وتخطيط ☐
☐ تصميم رقمي وحسابي
- 2- المسمى الوظيفي ☐ مهندس تنفيذي ☐ مهندس أول / رئيس قسم ☐
☐ مدير مشروع ☐ مدير إدارة / شريك
- 3- المؤهل العلمي ☐ ماجستير ☐ بكالوريوس ☐
☐ دبلوم عالٍ تخصصي ☐ دكتوراه
- 4- سنوات الخبرة ☐ 5 سنوات فأقل ☐ من 5 – 10 سنوات ☐
☐ من 10 – 15 سنة ☐ أكثر من 15 سنة
- 5- حجم المكتب / الشركة
- 6- عدد الدورات التدريبية في برامج التصميم الحديثة ☐ أقل من 10 مهندسين ☐ 10 – 30 مهندسا ☐
☐ 30 – 60 مهندسا ☐ 60 مهندساً فأكثر ☐ لا يوجد ☐
عدد الدورات التدريبية في برامج التصميم الحديثة ☐ 4 – 6 دورات ☐ 1 – 3 دورات ☐
☐ 6 دورات فأكثر

ثانيا محاور الاستبيان

✿ المحور الأول: برامج التصميم الهندسيه الحديثه ، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب

لاختيارك:

معارض بشدة	معارض	محايد	أوافق	أوافق بشدة	البعد
نمذجة معلومات البناء					
					يُسهم استخدام برامج BIM مثل Revit في إنتاج نموذج ثلاثي الأبعاد متكامل يدمج الأنظمة المعمارية والإنشائية والميكانيكية في ملف واحد.
					تُقلّل تقنية BIM من عدد مراجعات الرسومات التنفيذية من خلال الكشف الآلي عن التعارضات. (Clash Detection)
					يُتيح العمل التشاركي على نموذج BIM مركزي تسريع التنسيق بين فرق التصميم المتعددة التخصصات.
					تُسهم خاصية استخراج جداول الكميات تلقائياً من نموذج BIM في تقليص الوقت اللازم لإعداد مستندات التنفيذ.
					يُوفّر نموذج BIM رباعي الأبعاد (4D) محاكاة زمنية تُساعد في التحقق من واقعية الجدول الزمني للمخططات التنفيذية.

أوافق					البعد
أوافق					معارض
بشدة					بشدة
					يُسهّل تبادل ملفات IFC بين أطراف المشروع المختلفة تقليل أوقات الانتظار والمراسلات التقليدية.
التصميم بمساعدة الحاسوب					
					يُسهّم استخدام المكتبات الرقمية الجاهزة (Blocks & Libraries) في تقليل الوقت المستغرق لرسم العناصر المتكررة في المخططات التنفيذية.
					تُؤدّي القوالب المعيارية (Templates) الموحّدة إلى تسريع بدء العمل على مشاريع جديدة وتقليل أخطاء التهيئة.
					يُساعد استخدام أوامر البرمجة الآلية (Scripts/Macros) في تقليص زمن العمليات التكرارية داخل برامج CAD.
					تُوفّر إمكانيات الرسم ثلاثي الأبعاد في برامج CAD تصوراً دقيقاً يُقلّل من طلبات التعديل اللاحقة على المخططات التنفيذية.
					يُسهّم العمل السحابي (Cloud-based CAD) في تمكين فرق التصميم من التعاون المتزامن على المخططات من مواقع مختلفة.

البعاد					أو افق
معارض					أو افق
بشدة					بشدة
					تُساعد أدوات التحقق والمراجعة الآلية داخل برامج CAD في تقليل دورات التدقيق قبل اعتماد المخططات النهائية.
برامج الجدولة والتخطيط البصري					
					يُسهّم استخدام برامج الجدولة البصرية (مثل Primavera P6) في تحديد المسار الحرج لأنشطة إعداد المخططات التنفيذية بدقة.
					تُساعد العروض البصرية لمخططات جانت (Gantt Charts) في تسهيل متابعة تقدّم إنجاز المخططات وتحديد التأخيرات مبكراً.
					يُتيح الربط بين أنشطة التصميم في برامج الجدولة تحديد التسلسل الأمثل لإنتاج المخططات وتقليل فترات الانتظار.
					تُوفّر تقارير الأداء الزمني (Earned Value) مؤشرات كمية تُمكن من اتخاذ قرارات تصحيحية لتسريع الإنجاز.
					يُسهّم تحديث الجداول الزمنية بشكل دوري في تحسين دقة التنبؤ بموعد الانتهاء الفعلي للمخططات التنفيذية.

أوافق أو أوافق بشدة					البعد
معارض أو أوافق بشدة					
					تُتيح ميزة تخصيص الموارد البشرية والمادية في برامج الجدولة تحقيق توازن أفضل في أعباء العمل بين فرق التصميم.
التصميم البارامتري والحسابي					
					يُسهل استخدام أدوات التصميم البارامتري مثل Grasshopper في توليد بدائل تصميمية متعددة في وقت قصير مقارنةً بالطرق التقليدية.
					تُتيح البرمجة البصرية (Visual Programming) أتمتة العمليات التصميمية المتكررة وتقليل الجهد اليدوي في إعداد المخططات.
					يُساعد التصميم الحسابي في ربط المتغيرات التصميمية بمعادلات رياضية تضمن تحديث المخططات تلقائياً عند تغيير أي عنصر.
					تُسهل خوارزميات التحسين (Optimization Algorithms) في الوصول إلى الحلول التصميمية المثلى بأقل عدد من المحاولات والتكرارات.

البعد					أوافق بشدة	أوافق	محايد	معارض بشدة	معارض
يُتيح التكامل بين أدوات التصميم البارامتري ونماذج BIM تسريع عملية نقل التصميم من مرحلة المفهوم إلى مرحلة التنفيذ.									
تُساعد أدوات التصميم الحسابي في إنتاج أشكال هندسية معقدة بدقة عالية تتطلب وقتاً طويلاً بالأساليب اليدوية التقليدية.									

✿ المحور الثاني: انجاز المخططات التنفيذية ، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

أوافق بشدة					البعد
أوافق					
محايد					
معارض					
بشدة					معارض بشدة
					تُنَجَز المخططات التنفيذية للمشروع ضمن الإطار الزمني المحدد في العقد دون تأخيرات جوهرية.
					يتمّ تقليل عدد دورات المراجعة والتعديل على المخططات التنفيذية إلى الحد الأدنى الممكن.
					تُستكمل عملية التنسيق بين التخصصات الهندسية المختلفة (معمارية، إنشائية، ميكانيكية، كهربائية) في وقت أقل من المتوقع.
					يُقَلَّص الوقت المستغرق لاستخراج جداول الكميات ومستندات التنفيذ من المخططات المعتمدة.
					تتوافق المخططات التنفيذية المنتجة مع اشتراطات الكود السعودي للبناء من المرة الأولى دون حاجة لإعادة رسم.
					يتمّ الانتهاء من مرحلة التصميم التفصيلي في مدة أقل مقارنةً بالمشاريع المماثلة التي لا تستخدم البرامج الحديثة.

أوافق أو أوافق محايد معارض معارض بشدة					البعد
					تنخفض نسبة إعادة العمل (Rework) في المخططات التنفيذية بسبب الكشف المبكر عن الأخطاء والتعارضات.
					يتم إصدار حزم المخططات التنفيذية (Drawing Packages) بشكل متسلسل يتناسب مع الجدول الزمني للتنفيذ في الموقع.
					تُقلص فترات انتظار الموافقات والاعتمادات بين الأطراف المعنية بفضل سرعة إنتاج المخططات وتحديثها.
					تُنتج المخططات التنفيذية بمستوى تفصيل كافٍ يُقلل من الاستفسارات الفنية (RFIs) أثناء مرحلة التنفيذ.
					يتم تحديث المخططات استجابةً لأوامر التغيير (Change Orders) بسرعة عالية دون التأثير الجوهري على الجدول الزمني الكلي.
					يُسهم الإنجاز السريع للمخططات في تقليل التكاليف غير المباشرة المرتبطة بفترة التصميم الممتدة.

مع خالص التقدير والاحترام

MidOcean University



College of Management

Department / Major: Project Management

**A Study of the Impact of Using Modern Engineering Design
Software on the Speed of Completing Executive Drawings in
a Private Commercial Mall Construction Project in Riyadh**

Prepared by:

Esraa Abdel Azim Al-Baqer Ali

252001591

Supervised by:

Dr. Al-Faisal Abdel Hamid

Dr. Fayez Jarad

2026 – 1447