

**أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل
التكاليف: دراسة ميدانية على المباني الحكومية**

إعداد الطالب/

خالد محمد الرشيد

٢٥١٠٠٠٣٤٠

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

العام الدراسي:

٢٠٢٦

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الشكر والتقدير

الحمد لله أولاً وآخراً، الذي بنعمته تتم الصالحات، والذي وفقني ومنّ عليّ بإتمام هذا العمل. ويسعدني في هذا المقام أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى جامعة ميداو شن التي أتاحت لي فرصة الدراسة والبحث العلمي، ووفرت البيئة الأكاديمية التي ساعدتني على إتمام هذه الرسالة. كما أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى مشرفي الكريمين على هذه الرسالة: د. الفصيل عبد الحميد والدكتور: فايز جراد، وذلك لما قدماه لي من توجيه علمي سديد، ونصائح قيمة، ومتابعة مستمرة طوال مراحل إعداد هذه الدراسة، حيث كان لملاحظتهما العلمية وإرشاداتهما الأثر الكبير في إنجاز هذا العمل وإخراجه بالصورة المطلوبة.

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى والديّ الكريمين اللذين كانا بعد الله تعالى مصدر الدعم والتشجيع في مسيرتي التعليمية، فلهما مني كل الامتنان والعرفان على دعمهما المستمر ودعائهما الصادق الذي كان له أعظم الأثر في تحقيق هذا الإنجاز.

ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر والتقدير إلى زملائي وزميلاتي الذين ساندوني خلال فترة الدراسة، وأسهموا بآرائهم وملاحظاتهم في دعم هذا العمل.

وفي الختام، أسأل الله تعالى أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم، وأن ينفع به الباحثين والمهتمين في هذا المجال.

والله ولي التوفيق.

اهداء

إلى من كان لهما الفضل بعد الله في مسيرتي العلمية،

إلى من غمراني بالرعاية والدعم والدعاء الصادق في كل مرحلة من مراحل حياتي،

إلى والدي العزيزين

الذي كان مثلاً للعطاء والصبر، وغرس في نفسي حب العلم والسعي نحو النجاح.

وإلى والدتي الغالية

التي كانت وما تزال مصدر الحنان والدعم والدعاء، والتي لولا تشجيعها المستمر لما وصلت

إلى هذه المرحلة.

أهديكما ثمرة هذا الجهد المتواضع، تقديرًا وامتنانًا لما قدمتماه من تضحيات كبيرة في سبيل

تعليمي ودعمي.

كما أهدي هذا العمل إلى كل من ساندني ووقف إلى جانبي في مسيرتي العلمية.

مع خالص المحبة والتقدير...

جدول المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
جدول المحتويات	أ
قائمة الجداول	ج
قائمة الاشكال	د
الملخص	هـ
الفصل الأول: خلفية الدراسة	
المقدمة	٢
مشكلة الدراسة	٣
أهمية الدراسة	٤
أولاً: الأهمية العلمية	٤
ثانياً: الأهمية العملية	٤
أهداف الدراسة	٤
تساؤلات الدراسة	٥
فرضيات الدراسة	٦
النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث	٧
الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة	
تمهيد الفصل الثاني	١٠
أولاً: الإطار النظري	١١
المبحث الأول: المواد المعمارية المستدامة	١١
المطلب الأول: مفهوم المواد المستدامة	١١
المطلب الثاني: مصادر المواد المستدامة	١٢
المطلب الثالث: اختيار المواد المستدامة	١٢
المطلب الرابع: الفوائد الاقتصادية للمواد المستدامة	١٥
المبحث الثاني: جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع البناء	١٧
المطلب الأول: جودة التنفيذ في مشاريع البناء	١٧
المطلب الثاني: تقليل التكاليف في مشاريع البناء	١٩

٢١	المطلب الثالث: العلاقة المتكاملة بين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف
٢٢	المبحث الثالث: العلاقة بين استخدام المواد المستدامة وجودة التنفيذ وتقليل التكاليف
٢٣	الدراسات السابقة
٣٤	التعقيب على الدراسات السابقة
الفصل الثالث: المنهجية وطرق البحث	
٣٨	تمهيد الفصل الثالث
٣٩	أولاً: منهج البحث
٣٩	ثانياً: مجتمع الدراسة وعينتها
٣٩	ثالثاً: أداة الدراسة
٤٠	رابعاً: مصادر البيانات
٤٠	١. المصادر الثانوية
٤٠	٢. المصادر الأولية
٤١	خامساً: الأساليب الإحصائية المستخدمة
٤١	سادساً: حدود الدراسة
٤٢	اختبار الثبات
٤٢	صدق الاستبانة
٤٤	الصدق البنائي
الفصل الرابع: الدراسة الميدانية	
٤٧	تمهيد الفصل الرابع
٤٨	أولاً: التحليل الوصفي للدراسة
٥٢	ثانياً: تحليل آراء افراد عينة الدراسة
٥٢	أولاً: المواد المعمارية المستدامة
٥٦	ثانياً : جودة التنفيذ وتقليل التكاليف
٥٨	ثالثاً: اختبار الفرضيات
٦٣	النتائج
٦٤	التوصيات
٦٤	الحلول المقترحة
٦٥	المقترحات المستقبلية

٦٥	الخاتمة
٦٨	المراجع العربية
٧٠	المراجع الإنجليزية

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
جدول (١-٣)	معامل ألفا كرو نباخ لقياس ثبات الاستبانة	٤٢
جدول (٢-٣)	يوضح معامل الارتباط بين كل فقرة من فقرات متغير المواد المعمارية المستدامة والدرجة الكلية للمتغير	٤٢
جدول (٣-٣)	يوضح معامل الارتباط بين كل فقرة من فقرات متغير جودة التنفيذ وتقليل التكاليف والدرجة الكلية للمتغير	٤٣
جدول (٤-٣)	معامل الارتباط بين درجة كل متغير من متغيرات الدراسة والدرجة الكلية للاستبانة	٤٤
جدول (٥-٤)	توزيع عينة الدراسة حسب الجهة / المؤسسة	٤٨
جدول (٦-٤)	توزيع عينة الدراسة حسب المسمى الوظيفي	٤٩
جدول (٧-٤)	توزيع عينة الدراسة حسب سنوات الخبرة	٥١
جدول (٨-٤)	الحدود الحقيقية لفئات المتوسط الحسابي	٥٢
جدول (٩-٤)	المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والوزن النسبي لفقرات متغير المواد المعمارية المستدامة	٥٢
جدول (١٠-٤)	المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والوزن النسبي لفقرات متغير جودة التنفيذ وتقليل التكاليف	٥٦
جدول (١١-٤)	ارتباط المواد المعمارية المستدامة بأنواعها بالمتغير التابع (جودة التنفيذ وتقليل التكاليف)	٥٨
جدول (١٢-٤)	نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط للكفاءة البيئية على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف	٥٩
جدول (١٣-٤)	نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط للخصائص التقنية على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف	٦٠
جدول (١٤-٤)	نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط للجدوى الاقتصادية على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف	٦١
جدول (١٥-٤)	ترتيب التحديات التي تعيق استخدام المواد المستدامة	٦١

قائمة الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
٦	نموذج الدراسة	شكل (١-١)
٤٨	توزيع عينة الدراسة حسب الجهة / المؤسسة	شكل (٢-٤)
٤٩	توزيع عينة الدراسة حسب المسمى الوظيفي	شكل (٣-٤)
٥١	توزيع عينة الدراسة حسب سنوات الخبرة	شكل (٤-٤)

المخلص

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية. وانطلقت الدراسة من المنهج الوصفي التحليلي لملاءمته لطبيعة المشكلة البحثية، حيث تم جمع البيانات ميدانياً باستخدام استبانة مغلقة وُزعت على عينة قصدية مكونة من (٣٨٤) مفردة من المهندسين المعماريين والإنشائيين، ومديري المشاريع، والمراقبين الفنيين، ومسؤولي الجودة العاملين في الجهات الحكومية، أظهرت النتائج أن مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة في المشاريع الحكومية جاء مرتفعاً بمتوسط عام (٤.٣١٩٦) ووزن نسبي (٨٦٪)، مع تفوق بعد الخصائص التقنية في المرتبة الأولى، يليه البعدان البيئي والاقتصادي. كما بينت النتائج وجود مستوى مرتفع لتحسن جودة التنفيذ وتقليل التكاليف بمتوسط (٤.٢٢٩٤) ووزن نسبي (٨٥٪). وكشفت اختبارات الارتباط والانحدار عن وجود علاقة طردية قوية ودالة إحصائياً بين أبعاد المواد المعمارية المستدامة وجودة التنفيذ وتقليل التكاليف، حيث فسرت الجدوى الاقتصادية (٧٩٪) من التباين في المتغير التابع، تلتها الخصائص التقنية (٧٥.١٪) ثم الكفاءة البيئية (٦٠.٤٪). وخلصت الدراسة إلى أن تبني المواد المعمارية المستدامة يمثل مدخلاً فعالاً لتحسين كفاءة تنفيذ المشاريع الحكومية وتعظيم كفاءة الإنفاق على المدى الطويل، رغم استمرار بعض التحديات المرتبطة بالتكلفة الأولية ومتطلبات التنفيذ المتخصص. وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز السياسات الداعمة لاستخدام المواد المستدامة، ورفع الوعي الفني والاقتصادي بها، وتطوير الأطر التنظيمية التي تشجع على توسيع نطاق تطبيقها في المشاريع الحكومية.

الكلمات المفتاحية: المواد المعمارية المستدامة، جودة التنفيذ، تقليل التكاليف، المباني الحكومية، الاستدامة في البناء.

الفصل الأول
خلفية الدراسة

المقدمة

يشهد قطاع البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية تطورات متسارعة مدفوعة بتوجهات وطنية طموحة نحو تحقيق التنمية المستدامة وتحسين كفاءة الإنفاق في المشروعات الحكومية. وفي ظل هذه التوجهات، بات من الضروري إعادة النظر في ممارسات التصميم والتنفيذ المعماري، خصوصًا ما يتعلق بنوعية المواد المستخدمة في تشييد المباني العامة. ومن هنا، تبرز أهمية تبني المواد المعمارية المستدامة كأداة فاعلة لتحسين جودة البناء وتقليل التكاليف على المديين القصير والطويل (زينة، ٢٠٢١).

تعتمد المواد المستدامة في جوهرها على مبادئ ترشيد الموارد، وتقليل البصمة البيئية، ورفع الكفاءة التشغيلية، وهو ما يجعلها متوافقة مع متطلبات المشروعات الحكومية التي تخضع غالبًا لمعايير صارمة من حيث الجودة، السلامة، والجدوى الاقتصادية. وعلى عكس التصور السائد بأن المواد المستدامة مكلفة أو صعبة التطبيق، تشير التجارب المتقدمة إلى أنها تمثل استثمارًا نوعيًا يعود بفوائد كبيرة في خفض تكاليف الصيانة، إطالة عمر المباني، وتحقيق أداء بيئي وهندسي أفضل (Kumar et al., 2024).

وفي سياق ما سبق، يتطلب في البيئة الحكومية العمل التقيد بالميزانيات المحددة وضمان الامتثال للمواصفات القياسية، يصبح استخدام مواد مستدامة خيارًا استراتيجيًا يوازن بين الكفاءة الاقتصادية والمسؤولية البيئية. ويزداد هذا الخيار أهمية في ظل ما تشهده المملكة من توسع في المشاريع الحكومية الكبرى، وارتفاع سقف التوقعات تجاه تحسين جودة الخدمات العامة، وتعزيز الصورة المؤسسية للمباني الحكومية كمرافق ذكية ومستدامة (Omera, 2024).

ورغم الاهتمام المتزايد عالميًا بالعمارة المستدامة، إلا أن البحوث التطبيقية المحلية التي تتناول الأثر المباشر لاستخدام المواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في سياق المباني الحكومية لا تزال محدودة. ومن هنا تتبع أهمية هذه الدراسة في تقديم قراءة ميدانية تستند إلى بيانات واقعية، بهدف تقييم مدى فاعلية المواد المستدامة في رفع جودة الإنشاء وضبط المصروفات، مع تقديم توصيات عملية قابلة للتنفيذ داخل المشاريع الحكومية.

وتسعى هذه الدراسة إلى الوقوف على الكيفية التي يمكن من خلالها استثمار المواد المعمارية المستدامة في رفع كفاءة التنفيذ داخل مشاريع البناء الحكومية، مع التركيز على تحديد نوعية المواد الأكثر تأثيرًا في تقليل التكاليف وتحسين مخرجات الأداء الإنشائي. كما تهدف إلى تقديم إطار تطبيقي يساعد متخذي القرار في المؤسسات الحكومية على تبني استراتيجيات أكثر وعيًا بمتطلبات الاستدامة، بعيدًا عن الحلول التقليدية التي قد تُهدر الموارد أو تُضعف جودة التنفيذ. وبهذا، تأمل الدراسة أن تُسهم في تعزيز ثقافة البناء المستدام، ودعم التوجهات الوطنية نحو مشاريع حكومية تتسم بالكفاءة، والجدوى، والالتزام البيئي.

مشكلة الدراسة

تمثل مشاريع البناء الحكومية أحد أهم أوجه الاستثمار العام في البنية التحتية، وتشكل في الوقت ذاته بيئة تشغيلية تواجه تحديات متعددة تتعلق بتقلبات التكاليف، تدني جودة التنفيذ في بعض الحالات، وضعف الالتزام بالمعايير البيئية والمستدامة. في ظل هذا الواقع، يبرز سؤال جوهري حول مدى قدرة المواد المعمارية المستدامة على معالجة هذه الإشكاليات من خلال توفير حلول إنشائية توازن بين الكفاءة الفنية، والاستدامة البيئية، والفعالية الاقتصادية.

ورغم تزايد الاهتمام بمفاهيم الاستدامة في قطاع البناء على المستوى العالمي، إلا أن هناك تفاوتاً واضحاً في تطبيقاتها داخل المشاريع الحكومية في الدول النامية، ومن ضمنها المملكة العربية السعودية. فلا تزال القرارات المتعلقة باختيار المواد المعمارية غالباً ما تُتخذ بناءً على معايير تقليدية تركز على التكلفة المبدئية أو التوافر المحلي، دون النظر بعمق في الأثر التراكمي لهذه المواد على جودة التنفيذ أو على إجمالي تكلفة المشروع على المدى الطويل.

إن المواد المستدامة، بما تملكه من خصائص فيزيائية وهندسية متقدمة، مثل تقليل الفاقد، مقاومة العوامل البيئية، وعمر الاستخدام الطويل، تُعد من العوامل المؤثرة في تحسين الأداء البنائي، إلا أن الممارسات الميدانية تُشير إلى أن كثيراً من المشاريع لا تستثمر بشكل كافٍ في هذه الإمكانيات، إما بسبب غياب الوعي، أو نقص الأدلة التطبيقية التي تربط بين المادة المستخدمة وبين النتائج الفعلية من حيث الجودة والتكلفة.

برغم تعدد الدراسات النظرية التي تناولت مفاهيم البناء المستدام، إلا أن معظمها ركز على الأطر العامة أو البعد البيئي فقط، ولم تُعطِ اهتماماً كافياً للعلاقة التطبيقية المباشرة بين استخدام المواد المستدامة وجودة تنفيذ المباني العامة، ولا سيما في السياقات الخليجية أو السعودية على وجه التحديد. كما أن الأدبيات المتوافرة تُعاني من محدودية في الدراسات الميدانية التي تقيم فعلياً أثر هذه المواد على عناصر ملموسة مثل تقليل معدلات الهدر، تقليص وقت التنفيذ، أو خفض التكاليف التشغيلية والصيانة مستقبلاً.

من هنا تنبع أهمية هذه الدراسة، إذ تهدف إلى سد هذه الفجوة من خلال تحليل ميداني يُعالج الموضوع داخل بيئة المشاريع الحكومية في المملكة، مقدمة بذلك رؤية تطبيقية مبنية على بيانات واقعية. وبهذا، تسعى الدراسة إلى تفعيل دور المواد المستدامة ليس فقط كخيار بيئي، بل كأداة استراتيجية لتحسين نتائج البناء، وتوجيه السياسات الإنشائية نحو معايير أعلى من الجودة والكفاءة والتكلفة. وتبرز مشكلة الدراسة بوضوح في التساؤل الرئيس التالي: ما أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية؟

أهمية الدراسة

في ظل التوجهات العالمية المتزايدة نحو تحقيق الاستدامة في قطاع البناء والتشييد، أصبح الاهتمام باستخدام المواد المعمارية المستدامة أحد المحاور الأساسية في تطوير الممارسات الإنشائية الحديثة. فمع تزايد التحديات البيئية والاقتصادية المرتبطة بارتفاع استهلاك الموارد الطبيعية وتزايد تكاليف البناء والتشغيل، برزت الحاجة إلى تبني حلول معمارية تساهم في تحقيق التوازن بين الكفاءة الاقتصادية والحفاظ على البيئة. وتعد المواد المعمارية المستدامة من أهم الأدوات التي يمكن أن تساهم في تحسين جودة البناء وتعزيز كفاءة استخدام الموارد في المشاريع الإنشائية. كما أن المباني الحكومية تمثل جزءاً كبيراً من مشاريع البنية التحتية في العديد من الدول، الأمر الذي يجعل تحسين كفاءتها الإنشائية والتشغيلية مسألة ذات أهمية استراتيجية. ومن هذا المنطلق تبرز أهمية هذه الدراسة في تحليل أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية.

أولاً: الأهمية العلمية

تساهم هذه الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بمجال العمارة المستدامة وإدارة مشاريع البناء، وذلك من خلال تسليط الضوء على العلاقة بين استخدام المواد المعمارية المستدامة وجودة التنفيذ في المشاريع الإنشائية. كما تقدم الدراسة إطاراً علمياً يساعد الباحثين والمهنيين في فهم الأبعاد المختلفة لتطبيق المواد المستدامة في قطاع البناء، خاصة في المشاريع الحكومية. كذلك تساهم نتائج هذه الدراسة في سد جزء من الفجوة البحثية في الدراسات العربية التي تناولت الأثر المتكامل للمواد المستدامة على كل من جودة التنفيذ والتكاليف، حيث إن معظم الدراسات السابقة ركزت على الجوانب البيئية فقط دون التطرق بشكل كافٍ إلى الأبعاد الاقتصادية والتنفيذية.

ثانياً: الأهمية العملية

تتمثل الأهمية العملية لهذه الدراسة في تقديم مجموعة من النتائج والتوصيات التي يمكن أن تساهم في دعم متخذي القرار في الجهات الحكومية عند التخطيط وتنفيذ مشاريع المباني العامة. كما تساعد نتائج الدراسة المهندسين والمعماريين ومديري المشاريع على فهم الدور الذي يمكن أن تلعبه المواد المعمارية المستدامة في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف على المدى الطويل. إضافة إلى ذلك، قد تساهم هذه الدراسة في تعزيز تبني سياسات وتشريعات تشجع على استخدام المواد المستدامة في المشاريع الحكومية، بما يحقق كفاءة أعلى في استخدام الموارد ويعزز من استدامة قطاع البناء.

أهداف الدراسة

الهدف الرئيسي:

تسعى الدراسة الى تحليل أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية.

وينبثق من الهدف الرئيسي مجموعة من الأهداف الفرعية تتمثل في الآتي:

١. التعرف على مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) في المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية.
٢. التعرف على مستوى جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية.
٣. بيان أثر الكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.
٤. تحليل أثر الخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.
٥. قياس أثر الجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

تساؤلات الدراسة

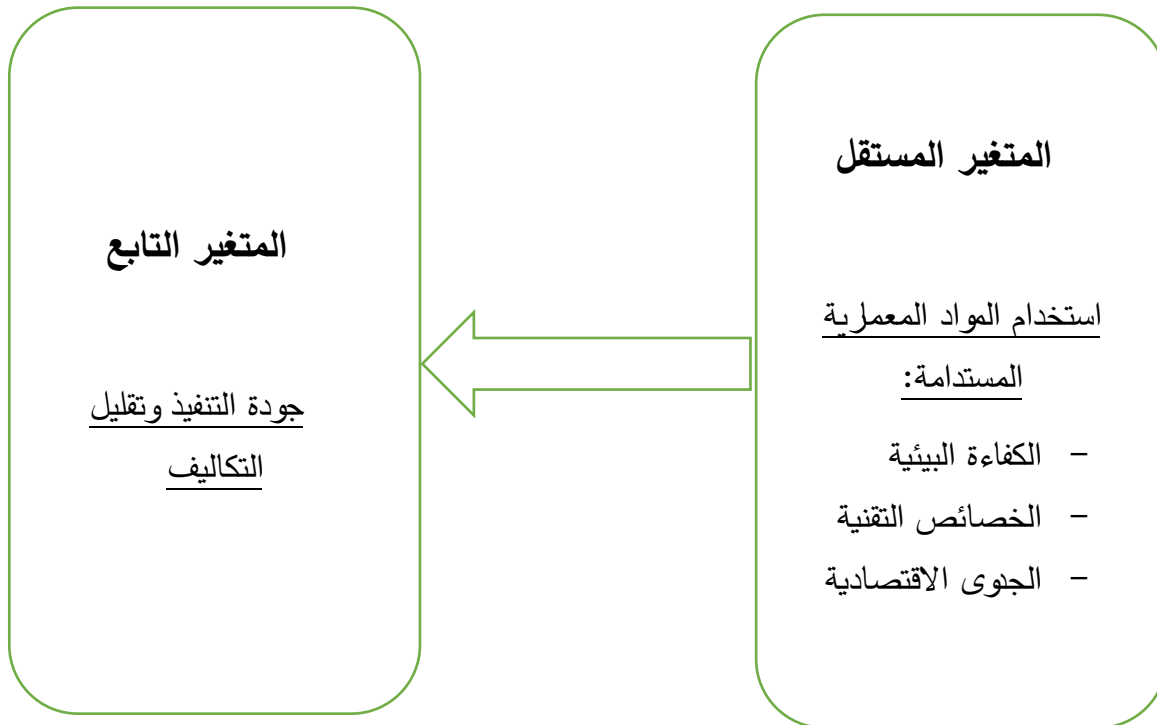
يكمن في السؤال الرئيسي للدراسة: ما أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية؟

ويتفرع عن هذا التساؤل الرئيسي مجموعة من التساؤلات الفرعية، وهي:

١. ما مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) في المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية؟
٢. ما مستوى جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية ؟
٣. ما أثر الكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف؟
٤. كيف تؤثر الخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف؟
٥. ما مدى تأثير الجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية؟

فرضيات الدراسة

بناء على مشكلة الدراسة وأهدافها وكذلك الاستفادة من الدراسات السابقة، ومن أجل دراسة النموذج المعرفي والموضح بالشكل أدناه:



شكل ١: نموذج الدراسة

المصدر: من إعداد الباحث

وتم صياغة فرضيات البحث كالتالي:

الفرضية الصفرية الرئيسية: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية.

الفرضيات الفرعية:

(١) لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

(٢) لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

٣) لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

تستند هذه الدراسة في تفسير العلاقة بين استخدام المواد المعمارية المستدامة وبين تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية إلى إطار نظري تكاملي يجمع بين عدد من المداخل والنظريات الحديثة في مجالات الاستدامة، وإدارة المشاريع، واقتصاديات التشييد. ويهدف هذا الأساس النظري إلى توفير تفسير علمي منظم لكيفية تأثير خصائص المواد المستدامة في كفاءة مخرجات المشاريع الحكومية على المستويين الفني والاقتصادي.

أولاً: نظرية الاستدامة في البيئة المبنية

تُعد نظرية الاستدامة في البيئة المبنية (Sustainable Built Environment Theory) المرتكز المفاهيمي الأول لهذه الدراسة، إذ تنطلق من مبدأ تحقيق التوازن بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والفنية عبر دورة حياة المبنى. وتقترض هذه النظرية أن اختيار المواد المعمارية ذات الكفاءة البيئية العالية يؤدي إلى خفض الأثر البيئي وتحسين كفاءة استخدام الموارد والطاقة، وهو ما ينعكس إيجاباً على أداء المبنى أثناء التنفيذ والتشغيل.

وفي ضوء هذه النظرية، فإن استخدام المواد المستدامة لا يُنظر إليه بوصفه خياراً بيئياً فقط، بل كمدخل متكامل لتحسين جودة المنتج الإنشائي وتقليل الهدر وتعظيم كفاءة الموارد، وهو ما يتسق مع أبعاد المتغير المستقل في هذه الدراسة، ولا سيما بعد الكفاءة البيئية.

ثانياً: نظرية دورة حياة التكلفة (Life Cycle Cost Theory)

تعتمد الدراسة كذلك على نظرية التكلفة الكلية لدورة الحياة، التي تُعد من أهم النظريات في اقتصاديات البناء المستدام. وتقوم هذه النظرية على أن الحكم الحقيقي على كفاءة أي مادة أو نظام إنشائي يجب ألا يقتصر على التكلفة الابتدائية، بل يمتد ليشمل تكاليف التشغيل والصيانة والإحلال خلال العمر الافتراضي للمبنى.

وتدعم هذه النظرية فرضية الدراسة التي تشير إلى أن المواد المعمارية المستدامة — رغم ارتفاع تكلفتها الأولية في بعض الحالات — تسهم في تحقيق وفورات مالية تراكمية على المدى الطويل من خلال تقليل الصيانة، وخفض استهلاك الطاقة، والحد من أعمال التصحيح وإعادة التنفيذ. ومن ثم فإن بعد الجدوى الاقتصادية في هذه الدراسة يستند بصورة مباشرة إلى هذا الإطار النظري.

ثالثاً: نظرية جودة التنفيذ في إدارة المشاريع

ترتكز الدراسة أيضاً على مبادئ إدارة جودة المشاريع (Project Quality Management Theory)، التي تؤكد أن جودة المخرجات الإنشائية تتأثر بمجموعة من العوامل المترابطة، من أهمها جودة المدخلات المادية، وملاءمة الخصائص الفنية للمواد المستخدمة، وكفاءة عمليات التنفيذ.

وتفترض هذه النظرية أن المواد ذات الخصائص التقنية المتقدمة — مثل المتانة العالية، ومقاومة الظروف البيئية، وسهولة التركيب — تسهم في تقليل الأخطاء التنفيذية، وتحسين دقة الأعمال، ورفع مستوى الالتزام بالموصفات، وهو ما يؤدي في النهاية إلى تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف غير المباشرة. وهذا يتوافق مع بعد الخصائص التقنية في نموذج الدراسة.

رابعاً: مدخل القيمة مقابل التكلفة (Value for Money Approach)

يعزز الإطار النظري للدراسة كذلك مدخل القيمة مقابل التكلفة، الذي يُستخدم على نطاق واسع في تقييم كفاءة الإنفاق في المشاريع الحكومية. ويقوم هذا المدخل على تحقيق أفضل مزيج ممكن بين الجودة والتكلفة والأداء خلال دورة حياة المشروع.

ومن هذا المنطلق، تفترض الدراسة أن استخدام المواد المعمارية المستدامة يمثل أداة فعالة لتعزيز القيمة المتحققة من الإنفاق الحكومي على مشاريع المباني، من خلال تحقيق جودة تنفيذ أعلى مقابل تكلفة كلية أقل نسبياً على المدى الطويل، وهو ما ينسجم مع طبيعة المتغير التابع للدراسة.

خامساً: التكامل النظري للدراسة

في ضوء ما سبق، يتضح أن الإطار النظري للدراسة يقوم على تكامل أربعة مرتكزات رئيسية هي: الاستدامة في البيئة المبنية، والتكلفة الكلية لدورة الحياة، وجودة إدارة المشاريع، ومدخل القيمة مقابل التكلفة. ويشكل هذا التكامل أساساً تفسيريّاً منطقياً للعلاقة المتوقعة بين أبعاد المواد المعمارية المستدامة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) وبين نتائج التنفيذ في المشاريع الحكومية.

وعليه، تفترض الدراسة أن التحسن في خصائص المواد المستدامة عبر هذه الأبعاد سيقود — بدرجات متفاوتة — إلى تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، وهو ما تم اختباره ميدانياً من خلال النموذج الإحصائي المعتمد في هذه الدراسة.

الفصل الثاني
الإطار النظري والدراسات
السابقة

تمهيد الفصل الثاني

يُعدّ الإطار النظري حجر الأساس الذي تستند إليه أي دراسة علمية رصينة، إذ يوفر الخلفية المفاهيمية والمنهجية التي تُفسّر في ضوءها العلاقات بين متغيرات الدراسة. وانطلاقاً من هدف هذه الدراسة المتمثل في تقصي أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية، يأتي هذا الفصل ليعرض البناء المعرفي المرتبط بمتغيرات الدراسة، ويوصلها في ضوء الأدبيات العلمية الحديثة في مجالات الاستدامة المعمارية وإدارة مشاريع التشييد.

ويتناول هذا الفصل عرضاً تحليلياً لمفهوم المواد المعمارية المستدامة بوصفها متغيراً مستقلاً متعدد الأبعاد، حيث يتم تناول الكفاءة البيئية التي تعكس قدرة المواد على تقليل الأثر البيئي وتحسين كفاءة الموارد، والخصائص التقنية التي ترتبط بمتانة المواد وملاءمتها الفنية وسهولة تنفيذها، إضافة إلى الجدوى الاقتصادية التي تُبرز الأثر طويل المدى لهذه المواد على تكاليف البناء والتشغيل. كما يناقش الفصل المتغير التابع المتمثل في جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، باعتباره مؤشراً مركباً يعكس كفاءة المخرجات الإنشائية من حيث الالتزام بالموصفات، وتقليل الأخطاء، وتحقيق الكفاءة المالية للمشاريع الحكومية.

ولا يقتصر هذا الفصل على التأسيس المفاهيمي فحسب، بل يمتد ليشمل استعراضاً نقدياً للدراسات السابقة العربية والأجنبية ذات الصلة، بهدف تحديد ما توصلت إليه الأدبيات العلمية من نتائج، والكشف عن الفجوات البحثية التي تسعى الدراسة الحالية إلى معالجتها. ومن خلال هذا العرض المتكامل، يُمهّد الفصل الطريق لبناء النموذج البحثي وصياغة الفرضيات التي سيتم اختبارها ميدانياً في الفصول اللاحقة، بما يعزز الترابط المنطقي بين الإطار النظري والتطبيق العملي للدراسة.

أولاً: الإطار النظري

المبحث الأول: المواد المعمارية المستدامة

المطلب الأول: مفهوم المواد المستدامة

هناك عدد كبير من المفاهيم التي تعرف المواد المستدامة، حيث تعتمد هذه المفاهيم على قيم استهلاك الطاقة وانبعاث الملوثات في عمليات الإنتاج، وتوافر الموارد وقابليتها للتجدد، ومتانة وديمومة المواد، والتأثيرات الاقتصادية. لذلك يمكن تعريفها على أنها "المواد ذات التأثير الإيجابي نسبياً على المجتمعات والبيئة والتي تُستخدم لبناء المنتجات، وتقديم الخدمات، وتطوير البيئة مثل المباني". (Alfuraty, 2020) في مجال العمارة والتصميم الداخلي، يتم استخدام عدد كبير من المواد بكميات كبيرة، حيث تستهلك عمليات البناء والتشييد في العالم سنوياً حوالي ٣ مليارات طن من المواد الخام، مما يمثل ٤٠٪ من إجمالي استهلاك الموارد . (Eales, 2012)

المواد المستدامة، يمكن تعريفها بأنها المواد التي لا تضر بالبيئة طوال دورة حياتها، من الاستخراج إلى التخلص النهائي، تم تصميم هذه المواد واستخدامها لتقليل بصمتها البيئية، بما في ذلك تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة وتقليل استنزاف الموارد. (Mahir, 2024)

من السمات الرئيسية للمواد المستدامة كفاءتها الطاقية وقابليتها لإعادة التدوير، مما يساهم في الاستدامة البيئية على المدى الطويل، إن استخدام المواد المستدامة في البناء يضمن الحفاظ على الموارد الطبيعية، ويقلل من احتمال نفاد الموارد للأجيال القادمة . (Sah, 2024)

صناعة البناء والتشييد، التي تعد واحدة من أكبر المساهمين في التدهور البيئي، يمكنها التخفيف من آثارها الضارة من خلال تبني ممارسات مستدامة تقلل من المواد غير المتجددة وتعيد تدوير المواد بكفاءة. وقد اكتسب استخدام المواد المستدامة أهمية في مواجهة تغير المناخ من خلال تقليل البصمة الكربونية وانبعاثات الغازات الدفيئة، المواد مثل الفولاذ المعاد تدويره، الخيزران، والخرسانة منخفضة الكربون قد ساهمت بشكل كبير في تقليل الانبعاثات مقارنة بالمواد التقليدية (Cabeza, et al, 2013)

من خلال دمج هذه المواد الصديقة للبيئة، تمنع صناعة البناء الإفراط في استخراج الموارد الطبيعية وتكافح المناخ بشكل نشط. تشجع المواد المستدامة كفاءة الطاقة عند استخدامها في البناء، حيث أنها غالباً تتطلب طاقة أقل للإنتاج والنقل. هذه السمات تجعلها مكوناً أساسياً في التخفيف من الآثار البيئية لأنشطة البناء . (Zabalza Bribián, et al 2011)

تعزز المواد المستدامة صحة السكان من خلال تحسين جودة الهواء الداخلي، لأنها تحتوي على مستويات منخفضة من المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) وغيرها من المواد الكيميائية الضارة، مما يقلل من مشاكل الجهاز التنفسي. (Ng & Chau, 2015)

كما أن استخدام المواد الطبيعية والمعاد تدويرها يزيد من الراحة من خلال تحسين دوران الهواء والإضاءة. بالإضافة إلى ذلك، تعزز الممارسات المستدامة المشاركة المجتمعية من خلال دعم الاقتصادات المحلية باستخدام المواد المحلية المصدر. (Schiller, et al, 2019)

في المملكة المتحدة، تقدم شهادة BREEAM إطاراً لاختيار المواد المستدامة، مع التركيز على المواد المتجددة والقابلة لإعادة التدوير وذات كفاءة طاقة عالية. كما أنها توجه اختيار المواد المستدامة من خلال تقييم دورة الحياة، مما يعزز كفاءة الطاقة والحفاظ على الموارد ويساهم في الجهود العالمية لإنشاء بيئات مبنية صديقة للبيئة ومرنة. (Zhou, et al, 2017)

المطلب الثاني: مصادر المواد المستدامة

يمكن تصنيف مواد البناء ومواد التشطيب وفقاً لمصادرها:

- المواد الطبيعية: تشير إلى المواد التي تبقى في حالتها الطبيعية مع إمكانية إجراء بعض المعالجات على سطحها، مثل الحجر والخشب.
- المواد المحولة: تشير إلى المواد الناتجة عن تحويل المواد الطبيعية إلى مواد محولة، مثل البلاط والطوب.
- المواد الصناعية: تشير إلى المواد التي تنتج من عمليات التصنيع وهذه المواد غير موجودة في الطبيعة، مثل البلاستيك والأصباغ والزجاج. كما يتضح أن المواد الصناعية لها تأثيرات أكبر على البيئة في العمليات المصاحبة لمراحل الإنتاج، تليها المواد المحولة، بينما المواد الطبيعية لها أقل التأثيرات، وفي عمليات التخلص، تسجل المواد الصناعية أعلى معدلات تأثير سلبي على البيئة من حيث التلوث واستهلاك الطاقة، وتكون المواد المحولة ذات التأثيرات البيئية في عمليات التخلص أقل من تلك المصاحبة لعمليات الإنتاج، وتظل المواد الطبيعية هي الأقل في معدلات التأثير البيئي. (العتيبي، ٢٠٢٣)

المطلب الثالث: اختيار المواد المستدامة

يعتبر اختيار المواد قضية مهمة جداً في عملية التصميم الداخلي، حيث أن المواد هي المكون الرئيسي لعناصر الفراغات الداخلية. يمكن اعتبار المواد عنصراً تصميمياً مستقلاً، إذ من خلال طريقة استخدامها وكمية توزيعها داخل الفراغ الداخلي يمكن توليد أفكار تصميمية متعددة. (Soliman, 2013)

تُعد المواد عنصراً مهماً لأن التصميم الداخلي لا يسعى فقط لتحقيق الوظائف والجوانب العملية، بل يسعى أيضاً لخلق صورة ذهنية تتألف من المواد المستخدمة في الفراغ الداخلي وتؤثر على عملية إدراك المستخدمين للفراغ الداخلي، لذلك تكمن أهمية المواد التي تشكل عناصر التصميم الداخلي، حيث تساهم بشكل كبير في تشكيل الصورة وشكل الفراغات الداخلية، وكذلك دورها في عملية التكامل وربط المستخدمين بالجوانب الوظيفية للفراغ الداخلي، يتم اختيار المواد المستدامة وفقاً لخصائص معينة، يتم تحديدها وفقاً لمعايير عوامل الحد من الآثار السلبية على البيئة، ويمكن تحديد خصائص هذه المواد في الآتي:

المواد المحلية؛ اختيار المصمم الداخلي للمواد المحلية سيحقق انسجاماً مع البيئة المحيطة، مما يعني زيادة عمر تشغيل هذه المواد، بالإضافة إلى دعم المنتج المحلي وتعزيز هوية التصميم. (Wastiels & Wouters, 2008)

المواد المتينة؛ اختيار وتحديد المواد المتينة التي ستساهم بشكل فعال في الجهود المبذولة لتحقيق استدامة الفراغات الداخلية.

المواد المعاد استخدامها؛ "العمل أو الممارسة باستخدام عنصر، سواء لغرضه الأصلي (إعادة الاستخدام التقليدية) أو لتحقيق وظيفة مختلفة (إعادة الاستخدام الإبداعي أو إعادة التوظيف)". لذلك فإن إعادة الاستخدام عن طريق أخذ العناصر المستخدمة مسبقاً دون إعادة معالجتها يساعد في توفير الوقت والمال والطاقة والموارد.

المواد المعاد تدويرها؛ هو استخدام مادة معينة مرة أخرى، ولكن بطريقة مختلفة عن الهدف الأصلي لها. يتم الحفاظ على المنتج الأصلي في الغالب، مع الاستفادة من شكله وتصميمه ومادته لغرض مختلف. (Alfuraty, 2020)

المواد المعاد تصنيعها؛ استخدام المواد من عملية استرداد المواد من النفايات وتحويلها إلى منتجات جديدة. يتم تدمير المنتج الأصلي في هذه العملية، عادةً من خلال عملية الصهر، لكن يتم استخدامه لتشكيل منتجات جديدة. (Kang & Guerin, 2009)

الاعتبارات البيئية: يتم اختيار "المواد المستدامة" لبناء المباني بناءً على تقييم دورة الحياة، يحدد تقييم دورة الحياة التأثير البيئي للمواد، يتم تقييم التأثير البيئي لهذه المواد بناءً على دورة حياتها الكاملة (Ghisellini et al, 2018)

تتضمن دورة حياة أي مادة عدة مراحل، تشمل هذه المراحل (الاستخراج والإنتاج والاستخدام والنقل والتخلص). يوفر تقييم دورة الحياة فهماً كاملاً لتأثير المواد المستخدمة في البناء على البيئة، يتم اختيار "المواد المستدامة" بناءً على هذا التقييم. يأخذ هذا التقييم في الاعتبار عوامل معينة تتعلق بكفاءة الطاقة وانبعاثات الغازات الدفيئة واستخدام الموارد الطبيعية (Romnée et.al., 2019). يتم اختيار المواد

المستدامة التي تسبب ضررًا أقل للبيئة بناءً على تقييم دورة الحياة، استخدام هذه المواد يضمن الحد من استنزاف الموارد والغازات الدفيئة، وذلك بدوره يؤدي إلى تقليل الضرر البيئي الناتج عن صناعة البناء، وعليه تعتبر كفاءة الموارد اعتبار بيئي أساسي مرتبط باستخدام المواد في البناء. (Chang & Hsieh, 2019)

يتم تحديد كفاءة الموارد من خلال تحسين المواد خلال دورة حياتها، حيث تلعب كفاءة الموارد دورًا أساسيًا في استدامة المواد، تُعرف "المواد المستدامة" بأنها فعالة في استخدام الموارد بسبب طبيعتها المتجددة وقابليتها لإعادة التدوير، تأخذ هذه المواد في الاعتبار مبادئ الاقتصاد الدائري وتقليل الهدر، يتم الحصول على "المواد المستدامة" من موارد متجددة يمكن إعادة تدويرها بسهولة، وهذا يسهل الحد من استنزاف الموارد الطبيعية، يضمن استخدام "المواد المستدامة" الحد من الحاجة إلى الصيانة نظرًا لعمرها الطويل وطبيعتها المتجددة، وستكون المواد المستدامة متاحة بما يكفي للأجيال القادمة لأنها لا تُستبدل بشكل متكرر. (Wang, et al, 2015)

مع مرور الوقت، سيؤدي الاستخدام المتزايد لـ "المواد المستدامة" إلى تقليل الطلب المفرط على مواد البناء، يُعد البصمة الكربونية معيارًا لقياس التأثير البيئي للمواد المستخدمة في البناء. (Sfakianaki, 2015) تؤدي عملية إنتاج واستخدام المواد إلى انبعاث الغازات الدفيئة في البيئة، تؤثر هذه الغازات بشكل كبير على البيئة، مما يؤدي إلى زيادة البصمة الكربونية. إن استخدام "المواد المستدامة" سيضمن تقليل البصمة الكربونية.

تُصنع "المواد المستدامة" من بدائل تحتوي على قدر أقل من الكربون، تحتوي المواد على مكونات منخفضة الكربون أو يمكن إعادة تدويرها وتجديدها، يمكن استخدام الخشب المستدام والفلاتر القابلة لإعادة التدوير لتقليل انبعاث الكربون في البيئة. (Crang, et al, 2013)

كما يُعرف أن المواد منخفضة الكربون كفؤة من حيث الطاقة، يمكن للقادة والممارسين في صناعة البناء محاربة تغير المناخ الناتج عن انبعاثات الغازات الدفيئة باستخدام "المواد المستدامة". تؤثر سلامة وصحة السكان على اختيار المواد المناسبة المستخدمة في تصميم المبنى. تقلل المواد التي تحتوي على مركبات عضوية متطايرة أقل (VOCs) من "انبعاث الغازات الدفيئة" في البيئة. وهذا يقلل من المخاطر المتعلقة بمشاكل التنفس ويعزز صحة السكان. (Sev, 2009)

تحسن الصحة النفسية والإنتاجية أيضًا بفضل المواد المستدامة، ويعود ذلك إلى أن هذه المواد تساعد على زيادة امتصاص ضوء الشمس وتوفير دوران هواء أفضل، تركز التصميمات المستدامة على راحة وسلامة السكان، وهذا يمكن أن يساعد في خلق بيئة تشجع على الرفاهية وجود الجسد والعقل (Balaban & Puppim de Oliveira, 2017)

يولي التصميم القابل للحياة والمستدام الأولوية لراحة ورفاهية السكان، كل هذا يؤدي إلى التوافق مع مجتمع اجتماعي أوسع يركز على تبني ظروف حياة مستدامة للأفراد، يمكن أن يؤثر الانخراط في المجتمعات على اختيار المواد القابلة للحياة بشكل إيجابي، ينطوي الانخراط في المجتمع على إشراك المجتمع المحلي في اختيار مصادر المواد وعملية بناء المباني. (Iacovidou, et al, 2017)

كما أن الفرص المالية تتحسن أيضًا من خلال دعم الموردين والعمال المحليين، تساعد التفاعلات الواضحة بشأن الخيارات القابلة للحياة والفوائد على خلق علاقة موثوقة مع المجتمع المحلي، كما يؤدي ذلك إلى ظهور مشروع بناء تعاوني وشامل (Chang & Hsieh, 2019)

يمكن للمباني التي تستخدم "المواد المستدامة" أن تكون شاملة وسهلة الوصول، كما أن الاختيار الصحيح للمواد يسهل أساليب التصميم ويستوعب الأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة، تركز طرق البناء القابلة للحياة على خلق مساحة مريحة للغاية وجاهزة للاستخدام من قبل الجميع، يشمل ذلك الوصول إلى الكراسي المتحركة، وتصميم حساس للمستشعرات، ودمج جميع الجوانب الأخرى، تساعد هذه الميزات على تشجيع بيئة من المساواة وتعزز الشعور بالتكاتف.

المطلب الرابع: الفوائد الاقتصادية للمواد المستدامة

تعد القدرة المادية على الحصول على المواد المناسبة لتصميم وبناء المباني سبباً لجعلها واحدة من الخيارات المفضلة. قد تكون بعض المواد المناسبة مكلفة في البداية، لكنها تثبت جدواها المالية على المدى الطويل لبقاء المباني. (Ghisellini, et al, 2018)

تساعد المواد الموفرة للطاقة في خفض تكاليف التشغيل، هذا يجعلها مجزية اقتصادياً على المدى الطويل، أدت التحسينات في إنتاج المواد المناسبة وزيادة الطلب عليها إلى نمو مبيعاتها في السوق، (Mendoza, et al, 2017) وقد ساهم هذا في زيادة المنافسة في التسعير وسهولة الوصول إلى البدائل الصديقة للبيئة في بناء المباني.

من حيث الوظائف والصيانة، المواد القابلة للاستخدام هي أفضل الخيارات على المدى الطويل، وكذلك تكاليف الصيانة، يمكن تحقيق خفض فواتير الكهرباء نتيجة استخدام تقنيات توفير الطاقة مثل مواد البناء المعزولة والألواح الشمسية. كما أن طول عمر ومتانة المواد القابلة للاستخدام المختلفة يقلل أيضًا من النفقات المرتبطة بصيانتها واستبدالها. (Abul Kashem & Md. Mokhlesur, 2024)

يمكن تحقيق عائد مربح للاستثمار على مدى السنوات باستخدام مواد عالية الجودة و"مستدامة" للبناء. هذا التوجه طويل المدى يتماشى مع الاستدامة المالية، حيث يعطي الأولوية للمواد القابلة للاستخدام كخيار مالي مربح. تلعب توجهات السوق دورًا أساسيًا في تشكيل القرارات المالية في صناعة البناء. تتجم تغيرات توجهات السوق المتعلقة بتبني المواد الصديقة للبيئة عن التقدير المتزايد للمخاطر البيئية. ومع أن تصبح

الاستدامة اعتباراً رئيسياً للمستهلكين والشركات والحكومات، يمكن ملاحظة زيادة في متطلبات الحكومات والعملاء لبناء المباني باستخدام المواد القابلة للاستخدام نظراً لجدوى هذه المواد. (Shamim, 2024) وقد أثر هذا الارتفاع في الطلب على تغييرات السوق، مما حفز التطور التكنولوجي وخفض التكاليف.

المطلب الخامس: التحديات والحلول

إن اعتماد المواد المستدامة في بناء وتصميم المباني يواجه عدة تحديات كبيرة أحد العقبات الرئيسية هو محدودية توفر هذه المواد، خاصة في المناطق التي لم يتم بعد دمج الممارسات المستدامة بالكامل في سلاسل التوريد . (Wang, et al, 2015)

على الرغم من أن هذه تُفضّل المواد بشكل كبير لطبيعتها القابلة للتجديد وإعادة التدوير، ولكن نقص توفرها بشكل واسع يرفع من تكلفتها، مما يجعلها أقل إمكانية للوصول بالنسبة للعديد من مشاريع البناء. (المطيري وآخرون، ٢٠٢٤)

تُعرف المواد المستدامة بقدرتها على تقليل انبعاث الغازات الدفيئة وغيرها من التأثيرات البيئية الضارة، ومع ذلك، فإن تكلفتها العالية وإمداداتها المحدودة تثني البنائين والمطورين عن اعتمادها على نطاق أوسع. (Ngan, et al, 2019) بالإضافة إلى ذلك، فإن صناعة البناء محافظة تاريخياً، حيث يتردد العديد من القادة والممارسين في الابتعاد عن المواد والأساليب التقليدية، مما يزيد من صعوبة دمج المواد المستدامة في البناء التقليدي (Sfakianaki, 2015).

تكمن أحد الحلول لهذه التحديات في التقدم المستمر للتكنولوجيا، يمكن للتحسينات التكنولوجية أن تلعب دوراً حاسماً في تقليل التكاليف وزيادة توفر المواد المستدامة (Crang et al., 2012). على سبيل المثال، يمكن للتطورات في علم المواد وعمليات التصنيع أن تقلل من مكونات الكربون في مواد البناء، مما يجعلها أكثر صداقة للبيئة وأقل تكلفة للإنتاج. (Pradhan, et al, 2017)

علاوة على ذلك، يمكن أن تعمل الابتكارات في لوجستيات سلسلة الإمداد على تبسيط توزيع هذه المواد، مما يجعلها أكثر سهولة في الوصول في المناطق التي تندر فيها حالياً. هذا من شأنه تقليل التكلفة الإجمالية للمواد المستدامة وجعلها بديلاً أكثر تنافسية مقارنة بمواد البناء التقليدية (Crang et al., 2012).

بالإضافة إلى ذلك، مع تحسن التكنولوجيا، من المتوقع أن تتزايد جودة ومتانة المواد المستدامة، مما يجعل جعلها أكثر جدوى للمشاريع الإنشائية طويلة الأجل. أحد المفاتيح الرئيسية لتجاوز المقاومة داخل صناعة البناء هو زيادة الوعي بالفوائد طويلة الأجل للمواد المستدامة. يجب تعليم القادة والممارسين حول الفوائد المالية والبيئية والاجتماعية لتبني هذه المواد، إذ لا يزال العديد منهم غير مدركين للتوفير المحتمل وزيادة قيمة المباني المرتبطة بالبناء المستدام. (Romnée, et al, 2019)

يمكن رفع هذا الوعي من خلال المؤتمرات الصناعية، وبرامج التدريب، والشراكات مع المنظمات البيئية التي تدافع عن ممارسات البناء المستدام. علاوة على ذلك، يمكن أن تلعب السياسات الحكومية والحوافز دورًا حيويًا في تسريع اعتماد المواد المستدامة من خلال إلزام استخدامها في أنواع معينة من المشاريع الإنشائية وتقديم حوافز مالية للمطورين الذين يستوفون معايير الاستدامة، يمكن لهذه السياسات معالجة المخاوف المتعلقة بتكاليف المواد المستدامة وتعزيز اعتمادها على نطاق واسع في الصناعة. (Helander, et al, 2019)

المبحث الثاني: جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع البناء

تُعَدُّ جودة التنفيذ وخفض التكاليف من أهم المؤشرات لنجاح مشاريع البناء المستدامة، لم يعد نجاح المشروع مرتبطًا فقط بإنجازه في الوقت المحدد والفعلي، بل بات مرتبطًا بمدى توافق التنفيذ مع المواصفات الفنية وتحقيق الكفاءة الاقتصادية طوال دورة حياة المشروع، تُشير الدراسات الحديثة إلى أن العلاقة بين الجودة والتكلفة علاقة تكاملية وليست تنافسية، يُساهم التنفيذ عالي الجودة في خفض تكاليف الصيانة وإعادة العمل والنفقات، بينما تُعزز الإدارة الفعّالة للتكاليف استدامة المشروع وتُحسّن الكفاءة التشغيلية. (Gransberg & Molenaar, 2004)

في سياق المباني المستدامة، يتزايد الاهتمام بهذين البعدين بسبب حساسية هذه المشاريع لمتطلبات الأداء البيئي والتشغيلي، الأمر الذي يستلزم اعتماد ممارسات متقدمة في مراقبة الجودة وإدارة التكاليف من مراحل التصميم إلى التشغيل.

المطلب الأول: جودة التنفيذ في مشاريع البناء

عرّف (Gransberg & Molenaar, 2004) جودة التنفيذ في مرحلة البناء بأنها مجموعة السياسات والإجراءات والبرامج التي تُطبّق لضمان تحقيق الخصائص المطلوبة للمشروع بما يحقق الثقة في أن المنشأ سيعمل وفق ما خُطِّط له طوال عمره التصميمي. ويُفهم من هذا التعريف أن الجودة ليست نشاطًا رقابيًا فقط، بل منظومة متكاملة تبدأ من التخطيط وتنتهي بالتشغيل.

ويوضح (Yu, et al, 2017) أن جودة التنفيذ تتخذ بعدين رئيسيين هما:

- جودة المطابقة: وتعني مدى التزام التنفيذ بالمواصفات والمعايير وتقليل العيوب.
 - جودة الأداء: وتعني قدرة المبنى على تحقيق الوظائف التشغيلية وتلبية احتياجات المستخدم النهائي.
- ويُعد الجمع بين هذين البعدين ضروريًا عند تقييم جودة المشاريع، لأن التركيز على المطابقة فقط قد ينتج مبنى مطابقًا للمواصفات لكنه ضعيف الأداء التشغيلي

أهمية جودة البناء في المباني المستدامة

تُعَدّ جودة البناء ذات أهمية قصوى في المباني المستدامة لعدة أسباب:

- حساسية الأنظمة البيئية والميكانيكية المتطورة.
- ارتفاع تكلفة إعادة العمل في أنظمة المباني الخضراء.
- العلاقة المباشرة بين الأداء التشغيلي ودقة البناء. (المطيري وآخرون، ٢٠٢٤)

تشير الدراسات إلى أن حتى عيبًا بسيطًا في تركيب مكونات المباني الخضراء، مثل أنظمة العزل أو التهوية، قد يؤدي إلى خسارة كبيرة في كفاءة الطاقة المتوقعة، لذلك، تخضع هذه المباني عادةً لعمليات تفتيش أكثر تكرارًا خلال مرحلة البناء مقارنةً بالمباني التقليدية. (Azouz & Kim, 2015)

آليات تحقيق جودة التنفيذ

أ- مراقبة الجودة

تشير مراقبة الجودة إلى الأنشطة التشغيلية التي تهدف إلى تقييم وتعديل عمليات الإنتاج والتنفيذ لضمان تحقيق مستوى الجودة المطلوب. وتشمل هذه الأنشطة ما يلي:

- الفحص والاشراف الميداني
- الاختبارات المعملية
- مراجعة الأعمال المنجزة
- توثيق الانحرافات

يؤكد (Koch, et al, 2010) أن فعالية مراقبة الجودة تعتمد على تكامل إجراءات التفتيش وأنظمة التوثيق والإجراءات التصحيحية.

ب- ضمان الجودة

ضمان الجودة هو إطار عمل منهجي يضمن أداء مكونات المشروع بكفاءة طوال فترة خدمتها. ويركز على:

- وضع السياسات والإجراءات
- الموافقة على الموردين
- مراجعة التصميم
- التدقيق الداخلي

يُعَدّ ضمان الجودة أكثر شمولية من مراقبة الجودة، لأنه يركز على الوقاية بدلاً من الكشف.

ت- برامج جودة المواد

في المباني المستدامة، تكتسب جودة المواد أهمية بالغة، حيث تُجرى فيها الإجراءات التالية:

- التحقق من الخصائص الفيزيائية والكيميائية
- مراجعة شهادات المطابقة
- فحص بيانات المنتج البيئية

تشير الدراسات إلى أن متطلبات الإفصاح البيئي للمواد أصبحت أكثر صرامة في المشاريع الخضراء، لا سيما فيما يتعلق بالمواد ذات التأثيرات الصحية والبيئية. (Azouz & Kim, 2015)

ث - التشغيل التجريبي كجسر نحو الجودة

يُعدّ التشغيل التجريبي أحد أهم الآليات الحديثة لضمان جودة المباني المستدامة، وهو يُمثّل عملية مُنظمة لاختبار أنظمة المبنى وإجراء التعديلات اللازمة عليها لضمان عملها وفقًا لأهداف التصميم.

أوضح (Mills, 2011) أن عملية التشغيل التجريبي:

- تبدأ في مرحلة التصميم
- يُشرف عليها جهة مستقلة
- تستمر بعد التشغيل التجريبي

كما أشار (Kubba, 2012) إلى أن التشغيل التجريبي يُشكّل حلقة الوصل بين جودة التنفيذ وجودة التشغيل، لا سيما في المباني التي تتضمن: أنظمة تكييف هواء موفرة للطاقة ومصادر طاقة متجددة وأنظمة تهوية متطورة.

المطلب الثاني: تقليل التكاليف في مشاريع البناء

مفهوم تقليل التكاليف

يشير تقليل التكاليف إلى مجموعة من الإجراءات الإدارية والفنية التي تهدف إلى تحقيق وظائف المشروع المطلوبة بأقل تكلفة إجمالية ممكنة دون المساس بالجودة أو الأداء، ويركز المفهوم الحديث على التكلفة الإجمالية لدورة حياة المشروع، وليس فقط التكلفة الأولية.

ويؤكد (Mahadik, 2015) أن مشاريع البناء يمكن أن تحقق تخفيضات كبيرة في التكاليف من خلال تبني تقنيات منهجية تشمل هندسة القيمة، وإدارة المواد، والتحكم في الميزانية، وتقنيات التحسين، وإجراءات الموقع.

تقنيات تقليل التكاليف في مشاريع البناء

١. هندسة القيمة

تُعرّف هندسة القيمة بأنها تطبيق منهجي يهدف إلى تحليل وظائف المشروع، وتحديد قيمتها، وتوفيرها بأقل تكلفة إجمالية ممكنة. وتتميز هذه المنهجية بما يلي:

- التركيز على الوظيفة بدلاً من المكونات.
- دعم عملية اتخاذ القرارات التصميمية.
- تحقيق التوازن بين الأداء والتكلفة.

أشار (Mahadik, 2015) إلى أن تطبيق هندسة القيمة في مشاريع البناء يؤدي إلى تصاميم أكثر فعالية من حيث التكلفة مع الحفاظ على الأداء المطلوب.

٢. إدارة المواد

تمثل المواد الجزء الأكبر من تكاليف مشاريع البناء، مما يجعل الإدارة الفعّالة للمواد من أهم الوسائل لخفض التكاليف. تشمل إدارة المواد ما يلي:

- تخطيط المشتريات
- مراقبة المخزون
- الحد من الهدر
- تحسين النقل والتخزين

تشمل الأدوات المستخدمة ما يلي:

- تحليل ABC لتصنيف المواد حسب أهميتها
- تحديد كمية الطلب الاقتصادية (EOQ)
- تحليل الحساسية

يؤدي الاستخدام الأمثل للمواد إلى خفض تكاليف التخزين والهدر، وتحسين سرعة إنجاز المشروع.

٣. مراقبة الميزانية

تعتمد مراقبة التكاليف الفعّالة على تقدير دقيق ومفصل يُحوّل إلى ميزانية للمشروع، والتي تُستخدم كمعيار للمراقبة. تشمل آليات المراقبة ما يلي:

- مقارنة التكاليف الفعلية بالتكاليف المُقدّرة
- مراقبة التدفق النقدي
- تحليل الفروقات
- ربط تقدّم المشروع بالتكلفة

يتم استخدام الأدوات مثل:

- مخطط جاننت
 - طريقة تقييم ومراجعة البرامج (PERT)
 - طريقة المسار الحرج (CPM)
- تُستخدم هذه الأدوات لتسريع المشروع بأقل تكلفة ممكنة.

٤. أساليب تحسين التكاليف

تشمل هذه الأساليب استخدام النماذج الرياضية لاتخاذ قرارات مثلى في التصميم والتنفيذ، مثل:

- البرمجة غير الخطية
- البرمجة الديناميكية
- البرمجة العددية الصحيحة
- البرمجة الاحتمالية

تهدف هذه الأساليب إلى تحقيق التوازن الأمثل بين الموارد والتكلفة والأداء.

٥. تقنيات خفض التكاليف في الموقع

على مستوى التنفيذ الميداني، يمكن تحقيق وفورات مهمة عبر:

- المتابعة الدورية للتقدم
- عقد اجتماعات تنسيقية
- توثيق الأنشطة
- مقارنة كميات الأعمال بالفواتير
- استخدام مؤشرات الأداء

وقد بيّن (Mahadik, 2015) أن المراقبة المستمرة في الموقع تساعد على اكتشاف الانحرافات مبكرًا وتقليل الهدر.

المطلب الثالث: العلاقة المتكاملة بين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

تشير الدراسات الحديثة إلى أن تحسين جودة التنفيذ غالبًا ما يؤدي إلى خفض التكلفة الإجمالية للمشروع من خلال:

- تقليل إعادة العمل
- تقليل هدر المواد
- تقليل وقت التوقف التشغيلي
- إطالة عمر المبنى

علاوة على ذلك، يُسهم تطبيق أنظمة الجودة في المشاريع المستدامة في تحسين الأداء التشغيلي وخفض تكاليف الصيانة المستقبلية، مما يعزز الجدوى الاقتصادية للمشروع على المدى الطويل.

لذا، تُعد الإدارة المتكاملة للجودة والتكاليف من أهم المناهج الحديثة لتحسين كفاءة مشاريع البناء، لا سيما في المباني التي تستخدم مواد وتقنيات مستدامة. (احمد & نوري، ٢٠٢٥)

يتضح مما سبق أن جودة التنفيذ وتقليل التكاليف ركنان أساسيان لا ينفصلان لنجاح مشاريع البناء، وأن تحقيقهما يتطلب نظامًا متكاملًا يشمل مراقبة الجودة وضمانها، وإدارة المواد، وهندسة القيمة، والمراقبة المالية، والتشغيل. علاوة على ذلك، تفرض الخصائص الفريدة للمباني المستدامة متطلبات أعلى فيما يتعلق بالتفتيش والتوثيق والتشغيل، مما يجعل تبني ممارسات منهجية في هذين البُعدين ضروريًا لتحقيق الكفاءة الفنية والاقتصادية للمشاريع.

المبحث الثالث: العلاقة بين استخدام المواد المعمارية المستدامة وجودة التنفيذ وتقليل

التكاليف

تتطلب هذه الدراسة من فرضية أساسية مفادها أن استخدام المواد المعمارية المستدامة يمثل مدخلًا مؤثرًا في تحسين كفاءة تنفيذ المشاريع الحكومية وتعزيز قدرتها على تحقيق وفورات اقتصادية ملموسة. ويُنظر إلى المواد المعمارية المستدامة بوصفها متغيرًا مستقلًا يمتلك خصائص فنية وبيئية وتشغيلية قادرة على التأثير المباشر وغير المباشر في كل من جودة التنفيذ وتقليل التكاليف بوصفهما متغيرين تابعين يعكسان نجاح المشروع من المنظورين الفني والاقتصادي.

من جهة، تؤثر مواد البناء المعمارية المستدامة على جودة الإنشاءات من خلال مجموعة من الآليات التقنية. تتميز هذه المواد عادةً بثبات فيزيائي أعلى، وسهولة تركيب أفضل، وتوافق أكبر مع متطلبات الأداء على المدى الطويل، مما يساهم في الحد من عيوب البناء والانحرافات عن المواصفات. علاوة على ذلك، تُصنّع العديد من المواد المستدامة وفقًا لمعايير جودة صارمة وإفصاحات بيئية دقيقة، مما يعزز مراقبة الجودة أثناء التوريد والتركيب. لذا، يدعم الاستخدام المنهجي لهذه المواد مطابقة المواصفات ويعزز الأداء من خلال تحسين الخصائص التشغيلية للمبنى وزيادة رضا المستخدم النهائي. (Galli, et al., 2021)

من جهة أخرى، يرتبط استخدام مواد البناء المستدامة ارتباطًا وثيقًا بخفض التكاليف، إلا أن هذا الارتباط يتخذ بُعدًا تحليليًا يتجاوز النظرة التقليدية للتكاليف الأولية. فبينما قد تتطلب بعض المواد المستدامة تكاليف شراء أولية أعلى، تؤكد الدراسات أنها تُسهم في خفض التكلفة الإجمالية لدورة حياة المشروع من خلال تقليل استهلاك الطاقة، وخفض احتياجات الصيانة، وإطالة عمر المكونات الإنشائية والمعمارية. علاوة على ذلك، تؤدي دقة التصنيع والخصائص المُحسّنة للمواد المستدامة إلى تقليل النفايات في الموقع وتقليل عمليات إعادة العمل، مما يُترجم مباشرةً إلى انخفاض التكاليف غير المباشرة. (احمد & نوري، ٢٠٢٥)

تتضح العلاقة التكاملية بين المتغيرات عند النظر إلى أن تحسين جودة التنفيذ يُعدّ بحد ذاته آلية غير مباشرة لخفض التكاليف. فكلما ارتفعت جودة التنفيذ، قلّ احتمال حدوث عيوب وأخطاء وتعديلات لاحقة، مما يقلل تكاليف الإصلاح والصيانة المستقبلية. لذا، يمكن القول إن استخدام مواد معمارية مستدامة يُسهم في خفض التكاليف بطريقتين متوازيتين: طريقة مباشرة تتعلق بخصائص الكفاءة التشغيلية للمواد، وطريقة غير مباشرة من خلال تحسين جودة التنفيذ. (العباس & الموسوي، ٢٠٢٢)

في سياق المباني الحكومية، تكتسب هذه العلاقات أهمية خاصة نظراً لطول عمرها التشغيلي، وتعدد مستخدميها، وحساسية الإنفاق العام المرتبط بها. ولا يقتصر تأثير اختيار مواد البناء المستدامة في هذا النوع من المباني على جودة المنتج النهائي فحسب، بل يمتد ليشمل تحسين تكاليف التشغيل والصيانة على المدى الطويل. وهذا ما يجعل العلاقة بين متغيرات الدراسة استراتيجية وليست مجرد علاقة تشغيلية. (زينة، ٢٠٢١)

وبناءً على ما تقدم، تفترض الدراسة وجود علاقة تأثير إيجابية ذات دلالة إحصائية لاستخدام المواد المعمارية المستدامة في كلٍ من جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية، مع احتمال وجود ترابط تكاملي بين المتغيرين التابعين أنفسهما. وتمثل هذه الفرضية الأساس النظري الذي تنطلق منه الدراسة الميدانية للتحقق من طبيعة هذه العلاقات وقياس قوتها في بيئة التطبيق الفعلية.

الدراسات السابقة

يُعدّ استعراض الدراسات السابقة خطوةً أساسيةً في وضع الإطار العلمي لأي دراسة بحثية، فهو يُساعد على توضيح الجهود العلمية التي تناولت موضوع مواد البناء المعمارية المستدامة وتأثيرها على قطاع الإنشاءات، كما يُساعد تحليل هذه الدراسات على تحديد أهم نتائج الأبحاث السابقة، وتحديد اتجاهات البحث المتعلقة بتأثير المواد المستدامة على جودة البناء وكفاءة التكلفة في مشاريع البناء، وبناءً على ذلك، يستعرض هذا القسم مجموعةً مختارةً من الدراسات العربية والدولية ذات الصلة للاستفادة من نتائجها، وتحديد الفجوة البحثية التي تسعى الدراسة الحالية إلى معالجتها.

أولاً: الدراسات العربية

دراسة (الفكي، ٢٠١٥)

هدفت هذه الدراسة إلى معالجة مشكلة نقص المساكن الملائمة اقتصادياً وبيئياً، من خلال الوصول إلى حلول تصميمية وإنشائية تحقق الراحة الشاملة للمستخدم مع خفض التكلفة. اعتمدت الدراسة منهجاً مختلطاً جمع بين التحليل النظري، ودراسات الحالة، والمقابلات الشخصية، والاستبيانات، مع تطبيق مكاني في مدينة أم درمان. ركزت الدراسة على ثلاثة محاور رئيسية: الراحة الحرارية، وتقليل التكلفة، والجوانب الجمالية. أظهرت النتائج إمكانية تحقيق مسكن منخفض التكلفة وصديق للبيئة عبر دمج التقنيات الحديثة

مع مواد البناء المحلية، كما أكدت أهمية تطوير مواد البناء التقليدية وتحسين تقنيات استخدامها. وأوصت الدراسة بتبني سياسات تشجع استخدام المواد المحلية المستدامة لما لها من أثر إيجابي في خفض التكلفة وتحسين جودة البيئة السكنية، وهو ما يدعم الإطار المفاهيمي للدراسة الحالية.

دراسة (العباس والموسوي، ٢٠٢٢)

استهدف البحث تحليل التكامل بين التكلفة المستهدفة الخضراء وهندسة القيمة في إطار منهج ZEMCH لتحقيق ميزة تنافسية مستدامة في قطاع الإنشاءات العراقي. استخدم الباحثان منهجاً تطبيقياً على مجموعة مختارة من شركات الإنشاء، حيث تم تقييم مشاريعها وفق معايير البناء المستدام وتقديم بدائل تصميمية ومواد صديقة للبيئة. توصلت الدراسة إلى أن تطبيق التكلفة المستهدفة الخضراء مع هندسة القيمة يمكن أن يوفر بدائل إنشائية مستدامة بدءاً من اختيار الموقع وحتى استخدام الطاقة المتجددة. كما بينت أن بعض البدائل المستدامة قد تكون أعلى تكلفة مبدئية لكنها تحقق منافع طويلة الأجل لا يمكن قياسها آنياً. وأوصت الدراسة بضرورة البحث عن بدائل أكثر استدامة قبل التركيز على الأقل تكلفة، وهو ما يعزز الطرح التحليلي للدراسة الحالية بشأن العلاقة بين التكلفة الأولية والتكلفة الكلية للمباني الحكومية.

دراسة (المعاطة، ٢٠٢٤)

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف إلى دور الهندسة الخضراء في تحسين جودة البيئة المحلية في البلديات وتقليل التلوث والمخاطر البيئية. اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لتحليل مفاهيم الهندسة الخضراء وتطبيقاتها في إدارة المواد والطاقة والتخطيط العمراني. أظهرت النتائج أن تطبيق مبادئ الهندسة الخضراء يساهم في تقليل التلوث وتحسين جودة الحياة دون الإخلال بالجدوى الاقتصادية، كما يعزز استخدام أنظمة الطاقة النظيفة والإضاءة الذكية والتحكم المناخي. وأوصت الدراسة البلديات بضرورة التوسع في تطبيق مصادر الطاقة المتجددة وتبني مواد بناء بديلة صديقة للبيئة. وتبرز أهمية هذه الدراسة في دعم البعد البيئي والاقتصادي الذي تركز عليه الدراسة الحالية.

دراسة زينة (٢٠٢١):

تناولت الدراسة الدور المحوري للهندسة القيمية في خفض تكاليف إنشاء وحدات الإسكان الحكومي، حيث سعت إلى توضيح كيف يمكن لتقنيات تحليل الوظائف وتحسين القيمة أن تساهم في تحقيق الكفاءة الاقتصادية من دون الإخلال بجودة المنتج النهائي. اعتمد الباحث على دراسة تحليلية وصفية للعمليات التنفيذية في مشروعات إسكانية حكومية، وتم فحص كيفية تطبيق مبادئ الهندسة القيمية خلال مراحل التصميم والتنفيذ. وأظهرت النتائج أن إدماج فرق متعددة التخصصات منذ مرحلة التخطيط يؤدي إلى تحديد البدائل الأنسب، وتقليل الإنفاق الزائد، وتعزيز المخرجات من حيث الاستدامة والجودة. كما بينت الدراسة أن تطبيق أدوات مثل تحليل الوظائف وإعادة التصميم وفق معايير التكلفة/الفائدة ساعد في تجنّب الهدر

وتعظيم المنفعة. وأوصى الباحث بضرورة اعتماد الهندسة القيمة كأداة أساسية في مشروعات الإسكان الحكومية، وتكثيف التدريب الموجه للمهندسين والمصممين حول تطبيقاتها العملية.

دراسة الغنزي وجبر (٢٠١٥):

هدفت هذه الدراسة إلى استكشاف مدى فعالية تطبيق الهندسة القيمة في الحد من تعثر مشاريع الإسكان في المؤسسات العامة للرعاية السكنية في الكويت، وذلك عبر دراسة ميدانية على عينة من العاملين في القطاع الإنشائي الحكومي. استخدم الباحثان المنهج الكمي من خلال استبانة تم تحليلها إحصائياً لتقييم مستويات التعثر وأسبابه، ومدى ارتباطه بعدم تطبيق مبادئ الهندسة القيمة. كشفت النتائج أن المشاريع التي لم تُدمج فيها منهجية الهندسة القيمة منذ المراحل الأولى تعاني من نسب تعثر مرتفعة نتيجة ضعف التنسيق، وعدم كفاءة التكاليف، وعدم وضوح أولويات التصميم. بالمقابل، أظهرت البيانات أن وجود فريق متعدد الاختصاصات وتطبيق تحليل الوظائف ساعد في تقليل التعثر وتحقيق التوازن بين الكلفة والوظيفة. توصلت الدراسة إلى مجموعة توصيات أبرزها ضرورة اعتماد سياسة مؤسسية تلزم بتطبيق الهندسة القيمة في المشاريع الحكومية الكبرى، وإنشاء وحدة هندسية متخصصة لتقييم الجدوى وتحديد الأولويات ضمن الميزانيات المحددة.

دراسة (سعودي وآخرون، ٢٠١٩)

هدفت هذه الدراسة إلى إبراز التحول الذي شهدته العمارة نتيجة توظيف التطبيقات التكنولوجية الحديثة والنماذج الرقمية المتقدمة، ولا سيما الانتقال من الاستخدام التقليدي لنمذجة معلومات البناء (BIM) إلى نماذج أكثر تكاملاً تمثل المبنى كقاعدة بيانات معلوماتية شاملة. اعتمدت الدراسة المنهج التحليلي الوصفي لتوضيح دور BIM في تطوير عمليات التخطيط والتصميم والتنفيذ والتشغيل. وأظهرت النتائج أن تبني نمذجة معلومات البناء أسهم بصورة ملموسة في تحسين مستوى الجودة التنظيمية والفنية، وتعزيز التنسيق والتواصل بين أطراف المشروع، إضافة إلى تقليل الوقت والتكاليف. كما أشارت الدراسة إلى وجود توجه وطني متنامٍ لاعتماد معايير BIM في المشاريع الحضرية الحديثة. وتبرز أهمية هذه الدراسة في دعم التوجه نحو استخدام التقنيات الرقمية كأداة مكملة لاستخدام المواد المستدامة في تحسين جودة التنفيذ وخفض التكاليف.

دراسة (العاطي، ٢٠٢٤)

سعت هذه الدراسة إلى تحليل آثار الفيضانات على مدينة درنة الليبية وبيان دور التنمية العمرانية المستدامة في تعزيز مرونة المدن أمام الكوارث الطبيعية. اعتمدت الدراسة نهجاً تحليلياً تكاملياً لدراسة العلاقة بين التخطيط الحضري المستدام والبنية التحتية والوعي المجتمعي. وأظهرت النتائج أن تطبيق مبادئ التنمية المستدامة وتقنيات منخفضة التأثير (LID) وأنظمة إدارة مياه الأمطار يساهم في الحد من مخاطر

الفيضان وتأمين قدرة المدن على التعافي. وأوصت الدراسة بضرورة دمج الاعتبارات البيئية في التخطيط العمراني. وتفيد هذه الدراسة في إبراز البعد الوقائي للاستدامة، وهو ما يدعم توجه الدراسة الحالية في ربط الاستدامة بتحسين الأداء الكلي للمباني الحكومية.

دراسة (Abul Kashem & Md. Mokhlesur، ٢٠٢٤)

هدفت هذه المراجعة المنهجية، وفق إرشادات PRISMA، إلى تحليل اختيار واستخدام المواد المستدامة في المباني من منظور بيئي واقتصادي واجتماعي، من خلال مراجعة ٥٠ دراسة منشورة بين ٢٠١٠ و٢٠٢٣. أظهرت النتائج أن المواد المستدامة مثل الفولاذ المعاد تدويره والخيزران والخرسانة منخفضة الكربون تسهم بوضوح في تقليل الانبعاثات واستهلاك الطاقة واستنزاف الموارد. كما أكدت الدراسة أن تقييم دورة الحياة (LCA) يمثل أداة حاسمة في تقدير الجدوى الاقتصادية طويلة الأمد، رغم ارتفاع التكلفة الأولية. وأشارت إلى تحديات تتعلق بتوافر المواد في الدول النامية. وتدعم هذه الدراسة بقوة فرضية البحث الحالي المتعلقة بالجدوى الاقتصادية طويلة المدى للمواد المستدامة.

دراسة (Alghuried، ٢٠٢٥)

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد محددات اعتماد نمذجة معلومات البناء (BIM) في مشاريع البناء المستدامة في المملكة العربية السعودية. استخدمت الدراسة استبانة شملت ١٥٢ مهندساً، وتم تحليل البيانات باستخدام مؤشر الأهمية النسبية واختبارات الثبات والارتباط. أظهرت النتائج أن أهم فوائد BIM تمثلت في تحسين كفاءة التصميم وتشجيع التكنولوجيا الموفرة للطاقة وتعزيز تصميم المباني الخضراء، في حين تمثلت أبرز المعوقات في ارتفاع التكاليف ونقص الكوادر المؤهلة. وأوصت الدراسة صناع القرار بدعم تطبيق BIM لتعزيز أداء المشاريع المستدامة. وتنسجم نتائجها مع الدراسة الحالية في إبراز دور الأدوات التقنية في رفع جودة التنفيذ.

دراسة (Al Surf وآخرون، ٢٠٢١)

استهدفت الدراسة قياس مستوى وعي أصحاب المصلحة في سوق البناء السعودي بأنظمة تقييم المباني الخضراء، مع التركيز على نظامي LEED ومستدام. استخدمت الدراسة منهجاً مختلطاً عبر استبانة إلكترونية شملت ١٣٢٠ مشاركاً. أظهرت النتائج ارتفاع مستوى الوعي والاستعداد لتبني أنظمة التقييم الخضراء، مع توافق كبير حول أهمية ترشيد الطاقة والمياه. وأوصت الدراسة بتعزيز تطبيق هذه الأنظمة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. وتبرز أهميتها في دعم البيئة المؤسسية اللازمة لتطبيق المواد المعمارية المستدامة.

دراسة (Mahgoub، ٢٠٢١)

هدفت الدراسة إلى تقييم أثر تطبيق أكواد كفاءة الطاقة في دول الخليج على استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون في المباني السكنية، باستخدام المحاكاة وتحليل تكلفة دورة الحياة. أظهرت النتائج أن تطبيق كود ESTIDAMA حقق أعلى توفير للطاقة، بينما أثبت التحليل الاقتصادي جدواه على المدى الطويل. وأوصت الدراسة بضرورة تعميم الأكواد المستدامة. وتدعم هذه النتائج البعد الاقتصادي لدراسة المواد المستدامة في البحث الحالي.

دراسة (Ahmad وآخرون، ٢٠٢٥)

بحثت الدراسة الابتكارات في تصميم الرعاية الصحية الخضراء في السعودية في ضوء رؤية ٢٠٣٠ باستخدام منهج نوعي قائم على دراسات حالة. أظهرت النتائج أن دمج الممارسات المستدامة يسهم في خفض الانبعاثات والنفايات وتحسين بيئة الشفاء، مع وجود تحديات مالية وتوعوية. وأوصت الدراسة بتعزيز الأطر التنظيمية والتكنولوجية. وتؤكد هذه الدراسة دور التصميم المستدام في رفع جودة البيئة التشغيلية للمباني.

دراسة (Metallaoui & Dali، ٢٠٢٥)

ركزت الدراسة على التراث المعماري في السعودية بوصفه نموذجاً مبكراً للاستدامة من خلال توظيف المواد المحلية الطبيعية كالطين والحجر والخشب. اعتمدت الدراسة تحليلاً ميدانياً تاريخياً، وأظهرت أن تقنيات البناء التقليدية حققت كفاءة بيئية عالية وملاءمة مناخية ممتازة. وأوصت بإعادة توظيف هذه المواد في البناء الحديث. وتقدم الدراسة دعماً مفاهيمياً لاستخدام المواد المحلية المستدامة في البحث الحالي.

دراسة (Ragheb وآخرون، ٢٠١٦)

هدفت الدراسة إلى توضيح مفهوم العمارة الخضراء ودورها في تقليل استهلاك الموارد والحد من التأثيرات البيئية للمباني. اعتمدت منهجاً تحليلياً مفاهيمياً، وأكدت ضرورة تطبيق أنظمة المباني الخضراء لتحقيق كفاءة استخدام الطاقة والمياه والمواد. وتوفر هذه الدراسة الأساس النظري الذي تستند إليه الدراسة الحالية.

دراسة (Nabawy وآخرون، ٢٠٢٥)

قدمت الدراسة إطار BIM الأخضر D6 لتعزيز الاستدامة وخفض التكاليف في قطاع البناء المصري باستخدام منهج متعدد الأساليب. أظهرت النتائج قدرة الإطار على تحسين الجدولة وتقليل التكاليف وتعزيز كفاءة الطاقة. وتبرز أهميته في دعم التكامل بين الرقمنة والاستدامة في تحسين أداء المشاريع.

دراسة (Alqurashi، ٢٠١٦)

هدفت الدراسة إلى تحديد العوامل المؤثرة في جودة تسليم المشاريع الإنشائية في الرياض عبر استبيان شمل متخصصين في البناء. أظهرت النتائج أن العمالة والخبرة من أكثر العوامل تأثيراً، بينما جاءت المواد

ضمن العوامل الأقل تأثيراً. وأوصت بتحسين التنسيق وتطوير الجودة. وتفيد هذه الدراسة في فهم محددات جودة التنفيذ التي تسعى الدراسة الحالية إلى تحسينها عبر المواد المستدامة.

دراسة الرقاد وغنيم (٢٠٢٣):

ركّزت هذه الدراسة على تحديد واختيار المواقع المثلى لإنشاء المجمعات السكنية الاستثمارية في مدينة عمان، من خلال حالة تطبيقية على منطقة الجبيهة، وذلك باستخدام أدوات التحليل المكاني. اعتمد الباحثان على منهج وصفي تحليلي يدعمه تحليل مكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد العوامل التي تؤثر في اتخاذ القرار المتعلق باختيار الموقع الأمثل. تم تحليل مجموعة من المعايير مثل البنية التحتية، القرب من المراكز الحيوية، إمكانية التوسع العمراني، وتوفير الخدمات العامة. وتوصلت الدراسة إلى أن اختيار الموقع السليم يساهم في خفض التكاليف التشغيلية للمشروع ويزيد من فرص الاستثمار العقاري. كما بيّنت النتائج أن ضعف التنسيق بين الجهات التنظيمية يؤثر سلباً على دقة اختيار المواقع. وأوصت الدراسة بضرورة تطوير قاعدة بيانات مركزية للمواقع الاستثمارية وتفعيل آليات التشاور بين المطورين العقاريين وأمانة عمان لتسهيل اتخاذ القرار وتحقيق الجدوى الاقتصادية في مشاريع الإسكان.

دراسة إسحاقيات وخوالدة (٢٠١٩):

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم فعالية مشاريع قطع الأراضي المخدومة في الأردن، من خلال دراسة حالة على مشاريع المؤسسة العامة للإسكان والتطوير الحضري في محافظة عمان. ركز الباحثان على تحليل الجوانب التخطيطية والتنفيذية لتلك المشاريع، وتقييم مدى تحقيقها للأهداف التنموية والاجتماعية، خاصة فيما يتعلق بتوفير سكن ميسر للأسر منخفضة ومتوسطة الدخل. استخدم الباحثان المنهج الوصفي التحليلي مدعوماً بأدوات جمع بيانات ميدانية مثل الاستبيانات والمقابلات مع المستفيدين، إضافة إلى تحليل وثائق المشروع وتقاريره الرسمية. أظهرت النتائج أن هناك تفاوتاً في مدى نجاح المشاريع المدروسة، حيث سجلت بعض المواقع أداءً جيداً على مستوى البنية التحتية والخدمات الأساسية، في حين عانت مواقع أخرى من ضعف في التخطيط المكاني أو التأخير في تنفيذ الخدمات، ما أثر على معدل الاستفادة السكنية. كما لاحظت الدراسة غياباً نسبياً لمشاركة المجتمع المحلي في مراحل التخطيط، وهو ما انعكس سلباً على ملاءمة بعض التصميمات لمتطلبات السكان. وخلصت إلى أن تحقيق الاستدامة في هذه المشاريع يتطلب تعزيز الشراكة المؤسسية، والارتقاء بجودة الدراسات الأولية، وتبني نهج تشاركي يراعي الاحتياجات الفعلية للسكان.

ثانياً: الدراسات الأجنبية

دراسة (Banani وآخرون، ٢٠١٦)

هدفت هذه الدراسة إلى تطوير منهج متقدم لتقييم جودة البيئة الداخلية (IEQ) في المباني الصناعية لما لها من تأثير مباشر في إنتاجية العاملين وراحتهم، وذلك في ظل القصور الملحوظ في الأساليب التقليدية التي تعتمد على التقدير المباشر للأوزان النسبية لعوامل المخاطر. اعتمد الباحثون منهجاً كمياً متقدماً يجمع بين الانحدار اللوجستي وتحسين الأعداد الصحيحة بهدف استنتاج الأوزان النسبية لعوامل الراحة الحرارية والبصرية والصوتية وجودة الهواء الداخلي بصورة غير مباشرة. كما تم توظيف أسلوب TOPSIS لحساب مقياس المخاطر الديناميكي للعاملين عبر الزمن، مع تطبيق دراسة حالة واقعية للتحقق من كفاءة النموذج المقترح. أظهرت النتائج تفوق منهج الاستنتاج غير المباشر مقارنة بطريقة التحليل الهرمي التقليدية في إعادة بناء مستوى الراحة المدركة لدى الموظفين، كما كشفت أن عامل العمر يؤثر بصورة جوهرية في تحديد أوزان المخاطر. وأوصت الدراسة بضرورة تبني النماذج التحليلية المتقدمة في تقييم بيئة المباني لما لها من دور في تحسين جودة الأداء داخل المنشآت، وهو ما يتقاطع مع توجه الدراسة الحالية في الربط بين خصائص المبنى المستدام وجودة الأداء.

دراسة (Taseer وآخرون، ٢٠٢٥)

سعت هذه الدراسة إلى تحليل أثر تكامل مواد الجدران وأنظمة العزل على استهلاك الطاقة والتكاليف طويلة الأجل في المباني السكنية، في ظل الحاجة المتزايدة لحلول بناء منخفضة التكلفة ومرتبعة الكفاءة الطاقة. استخدم الباحثون منهج النمذجة والمحاكاة من خلال برنامج Revit 2024، حيث تم تصميم نموذج منزل مكوّن من طابق أرضي وطابقين (G+2) في باكستان، ثم اختبار عدة سيناريوهات مادية مستندة إلى الأدبيات السابقة. بينت النتائج أن استخدام ألواح الخرسانة الهيكلية المعزولة مع عزل EPS أدى إلى خفض استهلاك الطاقة بنسبة ٣٧٪، بينما حقق استخدام طوب الرمد المتطاير مع EPS خفضاً قدره ٣٤٪، مع توازن مقبول في تكاليف دورة الحياة. وأوصت الدراسة بضرورة التركيز على التكامل بين عناصر الغلاف الخارجي للمبنى عند اختيار المواد المستدامة، مؤكدة أن القرارات المادية المدروسة يمكن أن تحقق وفورات مالية ملموسة على المدى الطويل، وهو ما يدعم فرضية الدراسة الحالية المتعلقة بدور المواد المستدامة في خفض التكاليف وتحسين الأداء.

دراسة (Balasbaneh وآخرون، ٢٠٢٥)

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الاتجاهات البحثية المرتبطة بتجديد وتحديث المباني وتحديد المواد المستخدمة في عمليات الترقية، وذلك من خلال تحليل بليومتري ومراجعة منهجية نقدية للأدبيات. شملت الدراسة ٤٧ منشوراً علمياً، وتم تحليلها من حيث اتجاهات النشر ومنهج تقييم التكاليف. أظهرت النتائج أن معظم الدراسات ركزت على التجديد مقارنة بالتحديث أو الإصلاح، كما كشفت عن تذبذب في حجم النشر خلال السنوات الماضية مع اتجاه تصاعدي في معدلات الاستشهاد، ما يعكس تنامي الاهتمام الأكاديمي بالموضوع. وأبرزت الدراسة وجود حالة من عدم اليقين لدى الباحثين فيما يتعلق باختيار منهجيات تقييم

التكاليف، إضافة إلى قصور واضح في تضمين مرحلة نهاية العمر ضمن تقييم المواد. وأوصت بضرورة تبني مقاربات متعددة الأهداف تجمع بين التكلفة وتقييم دورة الحياة والطاقة، الأمر الذي يعزز أهمية الدراسة الحالية في تقديم معالجة تطبيقية متكاملة لأثر المواد المستدامة على التكلفة والجودة.

دراسة (Sutikno وآخرون، ٢٠٢٥)

استهدفت هذه الدراسة معالجة التصور السائد لدى أصحاب المصلحة بأن المباني الخضراء مرتفعة التكلفة، وذلك من خلال تطوير نموذج يوضح الأداء الحقيقي لتكلفة البناء الأخضر. اعتمدت الدراسة منهج الأنظمة الناعمة (SSM) إلى جانب الاستبيانات المنظمة ومراجعات الخبراء، وتم تحديد خمسة متغيرات رئيسية شملت المباني التقليدية، المباني الخضراء، هندسة القيمة، تحليل تكلفة دورة الحياة، وأداء التكلفة. استخدمت الدراسة نمذجة المعادلات الهيكلية عبر برنامج SMART-PLS لتحليل العلاقات بين المتغيرات. أظهرت النتائج أن تحليل تكلفة دورة الحياة هو العامل الأكثر تأثيراً في أداء التكلفة، وأن ارتفاع التكلفة الأولية للمباني الخضراء يمثل نسبة محدودة من التكلفة الكلية طويلة الأمد. وأوصت الدراسة بدمج منهجيات GREENSHIP وهندسة القيمة مع تحليل دورة الحياة لتعزيز الجدوى الاقتصادية للمباني المستدامة، وهو ما يتسق مباشرة مع توجه الدراسة الحالية في تقييم الوفورات طويلة المدى.

دراسة (Firoozi وآخرون، ٢٠٢٤)

بحثت هذه الدراسة بصورة شاملة أثر مواد البناء الصديقة للبيئة مثل الخرسانة المعاد تدويرها والخيزران والفولاذ منخفض الطاقة على كفاءة البناء وإدارة التكاليف. اعتمدت الدراسة تحليلاً صناعياً مدعوماً بدراسات حالة لتقييم الأبعاد البيئية والاقتصادية والتشغيلية. أظهرت النتائج أن المواد المستدامة تقلل الانبعاثات وتحسن استخدام الموارد وتخفض تكاليف الصيانة على المدى الطويل، رغم ارتفاع التكلفة الأولية في بعض الحالات. كما بينت أن هذه المواد تساهم في تحسين كفاءة التنفيذ من خلال تقليل الهدر وتحسين إدارة الوقت والعمالة. وأوصت الدراسة بضرورة دعم الابتكار في مواد البناء وتوفير الحوافز لتشجيع استخدامها. وتعد هذه النتائج داعمة مباشرة لفرضيات الدراسة الحالية المتعلقة بتحسين الجودة وخفض التكاليف.

دراسة (Thinley & Hengrasmee، ٢٠٢٤)

قيمت الدراسة المواد الإنشائية في بوتان من منظور التكلفة والاستدامة، وأظهرت ارتفاع الطاقة المجددة وانبعاثات الكربون للمواد التقليدية. وأوصت بضرورة إيجاد بدائل أكثر كفاءة. وتدعم هذه النتائج التوجه نحو المواد المستدامة في الدراسة الحالية.

دراسة (Fregonara وآخرون، ٢٠٢٢)

هدفت الدراسة إلى تطوير منهجية مشتركة لتقييم الاستدامة الاقتصادية والبيئية في المشتريات العامة باستخدام تكلفة دورة الحياة وتقييم CO2. أثبتت المحاكاة فعالية المنهجية في دعم اتخاذ القرار. وتبرز أهميتها لكونها مرتبطة مباشرة بالمباني الحكومية محل الدراسة الحالية.

دراسة (Stanskova، ٢٠٢٥)

سعت الدراسة إلى تطوير نظام تلقائي لتقدير تكاليف المواد المستدامة عبر دورة الحياة. أظهرت النتائج وفورات كبيرة طويلة الأجل رغم ارتفاع التكلفة الأولية. وأوصت بالتحول الرقمي في تقدير التكاليف، وهو ما يدعم الإطار التحليلي للدراسة الحالية.

دراسة (Ahmed & Nouri، ٢٠٢٥)

هدفت الدراسة إلى توظيف التصنيع المستدام والبناء السريع لخفض الوقت والتكلفة. أظهرت النتائج أن الدمج بينهما يقلل النفقات ويعزز الاستدامة. وتؤكد الدراسة أهمية الابتكار في مواد وطرق البناء لتحقيق كفاءة اقتصادية.

دراسة (Raouf & Al-Ghamdi، ٢٠٢٣)

قدمت الدراسة إطاراً متكاملاً لإدارة جودة المباني الخضراء عبر دورة الحياة باستخدام نموذج IDEF0. أظهرت النتائج أن ضعف الممارسات التنفيذية يؤثر سلباً في أداء المباني الخضراء. وأوصت بتحسين إجراءات الجودة والتكليف. وتدعم هذه الدراسة متغير جودة التنفيذ في البحث الحالي.

دراسة (Bormon وآخرون، ٢٠٢٥)

استكشفت الدراسة إمكانات المواد منخفضة الكربون مثل الخرسانة الجيوبوليميرية والخشب المتقاطع (CLT) في تعزيز التكيف المناخي. أظهرت النتائج إمكانية خفض انبعاثات البناء بنسبة تصل إلى ٤٠٪ وتحسين الكفاءة الحرارية. وأوصت بدمج هذه المواد في التخطيط المستقبلي. وتعد من أقوى الدراسات الداعمة لفرضيات البحث الحالي.

دراسة (Kumar et al، ٢٠٢٤):

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم مراجعة شاملة لاستخدام المواد المستدامة في ممارسات البناء الصديقة للبيئة. يناقش الباحثون التحولات التي يشهدها قطاع الإنشاءات نحو الاستدامة البيئية، ويركزون على مجموعة من المواد البديلة مثل الخرسانة المعاد تدويرها، والأخشاب المعالجة طبيعياً، والطوب المصنع من مواد نفايات صناعية. تم تحليل الخصائص الفيزيائية والحرارية والبيئية لهذه المواد، ومدى توافقها مع متطلبات الأبنية الخضراء. وتوضح الدراسة أن اعتماد هذه المواد لا يقتصر على خفض الأثر الكربوني، بل يشمل تقليل استهلاك الطاقة والموارد الطبيعية خلال دورة حياة المبنى. كما تؤكد النتائج على أهمية

التكامل بين التصميم المعماري واختيار المواد المستدامة لضمان تحقيق الاستدامة الهيكلية والبيئية. توصي الدراسة بإجراء تقييمات دورية للأثر البيئي للمواد التقليدية، واعتماد سياسات تشجع على التحول إلى بدائل مستدامة في المشروعات الكبرى.

دراسة (Sabiu وآخرون، ٢٠٢٣)

هدفت الدراسة إلى تقييم مستوى الوعي بالبناء الأخضر في ولاية كانو بنيجيريا باستخدام تحليل وصفي وكمي وفق معايير BREEAM و LEED. أظهرت النتائج الحاجة إلى تعزيز برامج التوعية والحوافز الحكومية لدعم انتشار المباني الخضراء. وتبرز أهمية هذه الدراسة في إظهار أن نجاح الاستدامة يرتبط بالوعي المؤسسي، وهو عامل داعم لتطبيق المواد المستدامة في الدراسة الحالية.

دراسة Omera (٢٠٢٤):

تتناول هذه الدراسة دور المواد الإنشائية الخضراء في تعزيز العمارة المستدامة، مع التركيز على المفهوم المتكامل للبيئة العمرانية المستدامة في المنطقة العربية. استعرض الباحث مزايا المواد المستدامة مقارنة بالمواد التقليدية من حيث الكفاءة الحرارية، والعمر الافتراضي، والأثر البيئي. كما سلطت الدراسة الضوء على معايير اختيار هذه المواد في المشاريع المعمارية المعاصرة، مشيرة إلى أهمية الجوانب الجمالية والوظيفية معاً. وأظهرت النتائج أن استخدام الطوب الطيني، والأخشاب الطبيعية، والعوازل الحيوية يساهم في تقليل انبعاثات الكربون وتكاليف الطاقة بشكل ملحوظ. وبيّنت الدراسة أن تطبيق هذه المواد يتطلب دعماً تشريعياً من المؤسسات المعمارية والهندسية، وتطوير كودات بناء تُعزز التوجه نحو الاستدامة. كما أوصى الباحث بضرورة تعزيز وعي الممارسين والمطورين العقاريين حول خصائص المواد الصديقة للبيئة وتأثيرها الإيجابي على الأداء البيئي للمباني.

دراسة Manjunath & Patil (٢٠٢١):

بحثت الدراسة أثر استخدام المواد المستدامة على الطاقة الكامنة، والبصمة الكربونية، وتكاليف البناء في مشروع سكني تقليدي مقترح. وتمت مقارنة أداء هذه المواد بـ مواد البناء التقليدية من خلال نموذج حسابي تم تطبيقه على مشروع شقة سكنية. أظهرت النتائج أن المواد المستدامة مثل الخرسانة منخفضة الانبعاثات والعوازل الطبيعية قللت من البصمة الكربونية بنسبة تتجاوز ٣٠٪، مع توفير في استهلاك الطاقة خلال الاستخدام طويل الأمد. كما بيّنت الدراسة أن تكلفة البناء باستخدام المواد الخضراء قد تكون أعلى في البداية، لكنها تحقق وفورات مالية طويلة المدى نتيجة خفض مصاريف التشغيل والصيانة. واعتمد التحليل على معايير علمية دقيقة لتقييم الطاقة الكامنة في كل مادة، مما أتاح رؤية مقارنة واضحة بين البدائل. وأوصى الباحثان باعتماد هذه المعايير في تقييم المشاريع المستقبلية، وتضمين تقييم الأثر البيئي ضمن دراسات الجدوى الاقتصادية للمشاريع.

دراسة Cao & Zeng (٢٠٢٢):

تسلط هذه الدراسة الضوء على تطور اختيار المواد الخضراء في قطاع البناء في ظل التحولات البيئية العالمية. تناول الباحثان مفهوم "المواد الخضراء" في السياق الحديث، موضحين المعايير التي تُستخدم في تصنيف المواد بأنها صديقة للبيئة، بما في ذلك قابلية التدوير، والانبعاثات المنخفضة، ومدى التأثير على الموارد الطبيعية. وتُظهر الدراسة أن ثمة اهتمامًا متزايدًا باختيار مواد تتماشى مع معايير البناء المستدام، مثل الأسمنت الحيوي، والطلاء الخالي من المركبات العضوية المتطايرة. كما ناقش الباحثان التحديات التي تواجه سوق البناء في التحول نحو هذه المواد، وعلى رأسها الكلفة، وغياب وعي كافٍ لدى بعض المهندسين والمقاولين. وتوصي الدراسة بضرورة دعم البحث والتطوير لتوفير مواد أكثر تنوعًا وأقل تكلفة، وربط ذلك بسياسات عمرانية وتشريعية حازمة، لتحفيز استخدام المواد الخضراء في كافة مراحل دورة حياة البناء.

دراسة Kampilong et al. (٢٠٢٤):

تناولت هذه الدراسة العلاقة بين استخدام مواد البناء الصديقة للبيئة وإدارة النفايات الإنشائية، وبين تحقيق الكفاءة في التكاليف واستدامة المشاريع في منطقة كراوانغ بإندونيسيا. اعتمدت الدراسة على تحليل مشاريع سكنية وتجارية، وقياس تأثير اعتماد المواد المستدامة على خفض النفايات وتحسين الأداء البيئي والمالي. أشارت النتائج إلى أن المؤسسات التي دمجت مواد مستدامة مثل الطوب المعاد تدويره، والخرسانة قليلة الانبعاثات، تمكنت من تقليل حجم المخلفات بنسبة تتجاوز ٤٠٪، كما حسّنت مؤشرات الأداء المالي في مشاريعها. وبيّنت الدراسة أن الإدارة الفعّالة للمخلفات الإنشائية من خلال إعادة التدوير يقلل من التكلفة الكلية للمشروع، ويرفع من درجة التقييم البيئي لدى الجهات الرقابية. وأوصى الباحثون بتبني سياسات تحفيزية للاستثمار في تقنيات المعالجة وإعادة استخدام مواد الهدم، بما يسهم في خلق بيئة عمرانية أكثر استدامة وتكاملاً اقتصادياً وبيئياً.

دراسة Pan (٢٠٢٤):

ناقشت الدراسة التقدم البحثي في مجال استخدام مواد البناء الخضراء في الهندسة المدنية، مركزة على التطورات التقنية والممارسات الميدانية التي عززت هذا التحول. تضمنت الدراسة مراجعة منهجية للأبحاث التي تناولت المواد المستدامة، مثل الخرسانة الحيوية، والأسمنت الجيو-بوليمري، والمركبات المعاد تدويرها. وقد تم تحليل الأثر البيئي لهذه المواد باستخدام مؤشرات البصمة الكربونية والطاقة الكامنة. وأظهرت النتائج أن هذه المواد تُمثل خياراً بيئياً واقتصادياً أكثر كفاءة، خاصة عند تطبيقها ضمن أنظمة البناء المتكاملة. كما بيّنت الدراسة أن ثمة تحديات في مسألة التوحيد القياسي لهذه المواد، وضرورة توفير معايير بناء محلية تتناسب مع الخصائص البيئية لكل منطقة. وتوصي الدراسة بزيادة الاستثمارات في البنية التحتية للبحث والتطوير، وربط مراكز الابتكار الهندسي مع قطاع المقاولات لتعزيز استخدام مواد البناء المستدامة على نطاق أوسع.

دراسة Rifkah (٢٠٢٤):

سعت هذه الدراسة إلى تقييم استخدام المواد البيئية الصديقة في مشروع "تامن أنجريك" السكني، كأحد نماذج البناء الأخضر. تم التركيز على تحليل مدى فاعلية استخدام هذه المواد في تقليل الأثر البيئي للمباني وتحقيق كفاءة في استهلاك الطاقة والمياه. أظهرت نتائج الدراسة أن اعتماد مواد مثل الخيزران المعالج والعزل الطبيعي قلل من درجة الحرارة الداخلية بنسبة كبيرة، مما انعكس على تقليل استخدام أجهزة التبريد. كما أوضحت الدراسة أن دمج هذه المواد في التصميم المعماري ساعد في تحسين الأداء الحراري والجمالي للمباني. ناقشت الدراسة أيضًا التحديات التي تواجه قطاع البناء في إندونيسيا، من حيث التكلفة والوعي المجتمعي، وأكدت على أهمية التعليم المعماري البيئي في دعم هذا الاتجاه. وقد أوصت بتطوير خطط حكومية لدعم المنتجين المحليين لمواد البناء البيئية، وتقديم حوافز ضريبية للمطورين العقاريين الذين يتبنون مبادئ الاستدامة.

دراسة Wang (٢٠٢٥):

تركز هذه الدراسة على تطبيق المواد البيئية في مشاريع البناء الحضري، حيث استعرض الباحث دور هذه المواد في تحسين جودة البناء، وتقليل التأثيرات البيئية، وتعزيز مفاهيم المدن المستدامة. وتم تحليل مشاريع بناء حضرية متعددة في الصين استخدمت فيها مواد صديقة للبيئة مثل الخرسانة القابلة للنفاذ، والطلاء العاكس للحرارة، والعوازل الحيوية. وأوضحت النتائج أن هذه المواد ساهمت في تقليل استهلاك الطاقة بنسبة تتجاوز ٢٥٪، كما حسنت من الراحة الحرارية الداخلية. واستعرضت الدراسة تأثير ذلك على جودة الحياة في المناطق الحضرية المكتظة، من حيث جودة الهواء وخفض التلوث الضوضائي. وأوصى الباحث بضرورة دمج هذه المواد في سياسات التخطيط العمراني، والتشجيع على استخدام نظم البناء المعياري التي تسهل إدماج المواد المستدامة في التصميم والتنفيذ. كما دعت الدراسة إلى التعاون بين القطاعين العام والخاص لدعم سلاسل التوريد المحلية لمواد البناء البيئية.

التعقيب على الدراسات السابقة

يتضح من استعراض الدراسات السابقة أن موضوع الاستدامة في قطاع البناء حظي باهتمام بحثي متزايد خلال السنوات الأخيرة، حيث تناولت معظم الدراسات أثر استخدام المواد المستدامة والتقنيات الخضراء في تحسين الأداء البيئي والاقتصادي للمباني. وقد أظهرت نتائج العديد من الدراسات وجود اتفاق عام على أن تبني المواد المعمارية المستدامة يسهم في خفض استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف التشغيلية وتحسين جودة البيئة الداخلية، إلا أن هذا التوجه البحثي تباين من حيث الزاوية التحليلية والمنهجية التطبيقية.

فعلى مستوى أوجه التشابه، تتقاطع الدراسة الحالية مع عدد كبير من الدراسات، مثل دراسة (Taseer وآخرون، ٢٠٢٥)، ودراسة (Firoozi وآخرون، ٢٠٢٤)، ودراسة (Manjunath & Patil، ٢٠٢١)، في

تأكيداً أن المواد المستدامة تحقق وفورات اقتصادية طويلة الأمد رغم ارتفاع تكلفتها الأولية، كما تتفق معها في إبراز دور هذه المواد في رفع كفاءة الأداء وتقليل الهدر وتحسين جودة التنفيذ. كذلك تتوافق الدراسة الحالية مع دراسة (Sutikno وآخرون، ٢٠٢٥) ودراسة (Stanskova، ٢٠٢٥) في التركيز على أهمية تحليل تكلفة دورة الحياة بوصفه مدخلاً أكثر دقة للحكم على الجدوى الاقتصادية للمباني المستدامة.

كما تلتقي الدراسة الحالية مع بعض الدراسات العربية، مثل دراسة (الفكي، ٢٠١٥) ودراسة (العباس والموسوي، ٢٠٢٢)، في التأكيد على أهمية دمج المواد المحلية أو البدائل الصديقة للبيئة لتحقيق التوازن بين الجودة والتكلفة، إضافة إلى اتفاقها مع دراسة (Raouf & Al-Ghamdi، ٢٠٢٣) في إبراز العلاقة الوثيقة بين ممارسات الجودة ونجاح تطبيق مفاهيم البناء الأخضر.

وفي المقابل، يظهر اختلاف منهجي وتطبيقي واضح بين الدراسة الحالية وعدد من الدراسات السابقة. فقد ركزت بعض الدراسات، مثل (Banani وآخرون، ٢٠١٦)، على جودة البيئة الداخلية وعلاقتها براحة المستخدمين باستخدام نماذج تحليلية متقدمة، دون التعمق في البعد التنفيذي أو التكلفة الكلية للمشاريع. كما اتجهت دراسات أخرى، مثل (Balasbaneh وآخرون، ٢٠٢٥) و (Abul Kashem & Md. Mokhlesur، ٢٠٢٤)، إلى الطابع المراجعي أو الببليومتري، وهو ما يجعلها أقل ارتباطاً بالتطبيقات الميدانية المباشرة.

كذلك ركزت مجموعة من الدراسات على البعد التخطيطي أو الحضري مثل دراسة (العاطي، ٢٠٢٤) ودراسة (الرقاد وغنيم، ٢٠٢٣)، بينما تناولت دراسات أخرى أدوات تقنية مساندة مثل نمذجة معلومات البناء BIM كما في دراسة (سعودي وآخرون، ٢٠١٩) ودراسة (Alghuried، ٢٠٢٥)، دون أن تضع المواد المعمارية المستدامة نفسها في قلب التحليل الميداني المرتبط بجودة التنفيذ داخل المشاريع الحكومية.

ومن زاوية أخرى، يلاحظ أن عدداً من الدراسات ركز على المباني السكنية أو المشاريع الخاصة مثل (Kampilong وآخرون، ٢٠٢٤) و (Rifkah، ٢٠٢٤)، في حين أن الدراسات التي تناولت المباني الحكومية بصورة مباشرة ما تزال محدودة نسبياً، خصوصاً في البيئة السعودية، وهو ما يشير إلى فجوة تطبيقية واضحة.

الفجوة البحثية

على الرغم من ثراء الأدبيات في مجال البناء المستدام، إلا أن التحليل النقدي يكشف عدة فجوات يمكن تلخيصها في الآتي:

١. ندرة الدراسات الميدانية في المباني الحكومية السعودية التي تربط بشكل مباشر بين استخدام المواد المعمارية المستدامة وبين كلٍّ من جودة التنفيذ والتكلفة في إطار واحد متكامل.

٢. تركيز معظم الدراسات على البعد البيئي أو الطاقى أكثر من تركيزها على مؤشرات جودة التنفيذ الفعلية داخل مواقع المشاريع.

٣. هيمنة الطابع النظري أو النمذجي في كثير من الدراسات الأجنبية، مقابل محدودية الدراسات التطبيقية القائمة على بيانات ميدانية من الواقع المؤسسي الحكومي.

٤. غياب نموذج تحليلي يجمع بين الجودة التنفيذية والتكلفة الكلية بوصفهما متغيرين تابعين متكاملين لتقييم أثر المواد المستدامة.

٥. ضعف الربط بين قرارات اختيار المواد وأداء المشروع أثناء مرحلة التنفيذ تحديداً، حيث ركزت دراسات عديدة على مرحلة التصميم أو التشغيل.

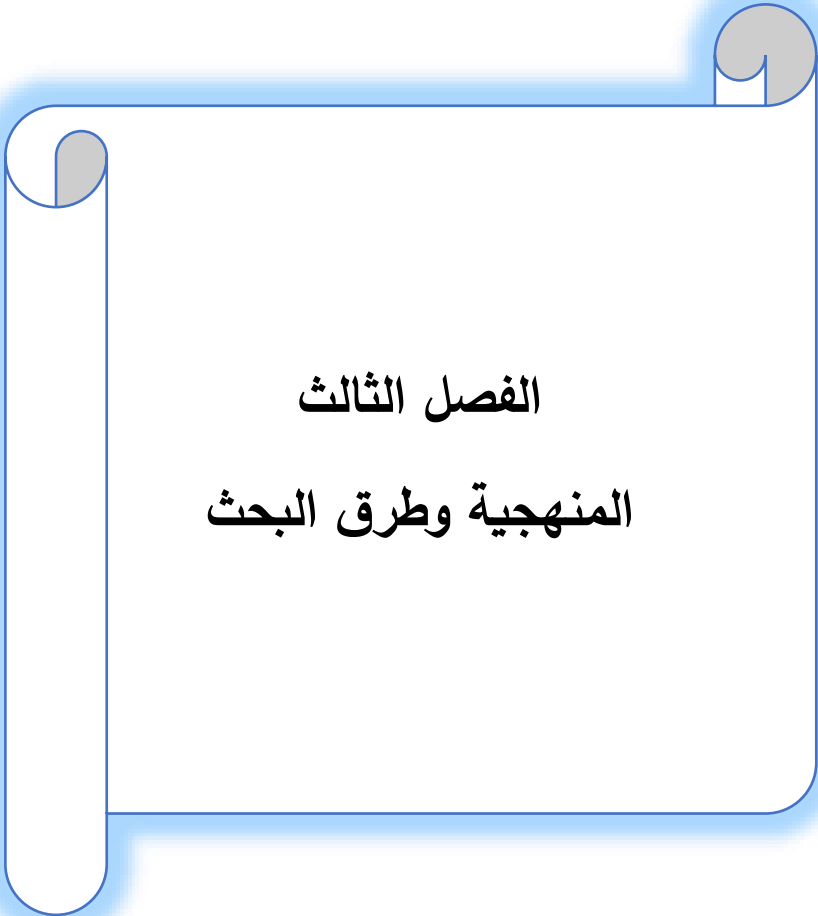
ما تتميز به الدراسة الحالية

تتفرد الدراسة الحالية بعدة جوانب نوعية تعزز قيمتها العلمية والتطبيقية، من أبرزها:

- التركيز على المباني الحكومية في المملكة العربية السعودية بوصفها بيئة بحثية ذات أهمية استراتيجية واحتياج عملي مرتفع.
- دمج بعدين تابعين معاً (جودة التنفيذ وتقليل التكاليف) في نموذج تحليلي واحد، وهو طرح أقل تناولاً في الدراسات السابقة.
- الاعتماد على دراسة ميدانية تستند إلى آراء متخصصين وممارسين في القطاع، مما يمنح النتائج بعداً واقعياً تطبيقياً.
- الانتقال من الطرح البيئي النظري إلى القياس التنفيذي الفعلي لأثر المواد المستدامة داخل المشاريع.
- دعم متخذي القرار في الجهات الحكومية بمؤشرات عملية تساعد في تبني المواد المستدامة وفق منظور الجودة والتكلفة معاً.

خلاصة التعقيب على الدراسات السابقة

يمكن القول إن الأدبيات السابقة أرست أساساً علمياً مهماً لفهم دور المواد المستدامة في تحسين أداء المباني، إلا أنها ما تزال بحاجة إلى دراسات تطبيقية ميدانية تركز على بيانات حكومية محددة وترتبط بصورة مباشرة بين خصائص المواد ونتائج التنفيذ والتكلفة. ومن هنا تأتي الدراسة الحالية لتسد جانباً مهماً من هذه الفجوة، وتقدم معالجة تحليلية تطبيقية تتناسب مع متطلبات قطاع المباني الحكومية في المملكة العربية السعودية.



الفصل الثالث

المنهجية وطرق البحث

تمهيد الفصل الثالث

بعد أن تناول الفصل السابق الأسس النظرية والمفاهيمية لمتغيرات الدراسة، يأتي هذا الفصل ليعرض الإطار المنهجي الذي اعتمدت عليه الدراسة في اختبار فرضياتها وتحقيق أهدافها. إذ تمثل المنهجية العلمية الأداة التي تُترجم من خلالها المفاهيم النظرية إلى إجراءات تطبيقية قابلة للقياس والتحليل، بما يضمن الوصول إلى نتائج موضوعية يمكن الوثوق بها.

ويركز هذا الفصل على توضيح المنهج الوصفي التحليلي المعتمد في الدراسة، وبيان مبررات اختياره لملاءمته لطبيعة المشكلة البحثية التي تتناول العلاقة بين استخدام المواد المعمارية المستدامة وبين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية. كما يتضمن الفصل وصف مجتمع الدراسة وعينتها، وآلية اختيار المبحوثين من المختصين في المشاريع الحكومية، بما يحقق تمثيلاً مناسباً لبيئة الدراسة.

ويتناول الفصل كذلك تطوير أداة الدراسة (الاستبانة)، وخطوات التحقق من صدقها وثباتها، إضافة إلى عرض الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS، مثل الإحصاء الوصفي، ومعامل ارتباط بيرسون، وتحليل الانحدار الخطي. ويهدف هذا العرض المنهجي إلى توفير أساس إجرائي واضح يمكن من تفسير النتائج اللاحقة تفسيراً علمياً دقيقاً، ويُعدّ للانتقال المنطقي إلى الفصل الرابع الذي يعرض النتائج الميدانية وتحليلها.

المنهجية وطرق البحث

أولاً: منهج البحث

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأكثر ملاءمة لطبيعة المشكلة البحثية وأهدافها، لما يتميز به من قدرة على وصف الظواهر كما هي في الواقع الميداني وتحليل العلاقات بين متغيراتها بصورة علمية منظمة. ويأتي اختيار هذا المنهج انسجاماً مع سعي الدراسة إلى الكشف عن أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية.

ويرتكز المنهج الوصفي التحليلي في هذه الدراسة على تشخيص واقع استخدام المواد المعمارية المستدامة داخل بيئة المشاريع الحكومية، ثم تحليل مكونات هذه الظاهرة فنياً واقتصادياً، بهدف تفسير طبيعة العلاقة بين المتغير المستقل المتمثل في المواد المعمارية المستدامة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) والمتغير التابع المتمثل في جودة التنفيذ وتقليل التكاليف. ويسمح هذا المدخل المنهجي بفهم عمق التأثيرات المتبادلة بين خصائص المواد المستخدمة ومخرجات الأداء التنفيذي للمشاريع الحكومية.

ثانياً: مجتمع الدراسة وعينتها

تكون مجتمع الدراسة من العاملين في الإدارات الهندسية والمشاريع في الجهات الحكومية بالمملكة العربية السعودية، ممن لهم علاقة مباشرة بتصميم أو تنفيذ أو متابعة مشاريع المباني الحكومية.

وقد تم اختيار عينة قصدية من المتخصصين ذوي الصلة المباشرة بموضوع الدراسة، شملت: المهندسين المعماريين، والمهندسين الإنشائيين، ومديري المشاريع، والمراقبين الفنيين، ومسؤولي الجودة. وقد بلغ حجم العينة (٣٨٤) مفردة، وهو حجم ملائم للتحليل الإحصائي ويعزز من موثوقية النتائج وقابليتها للتعميم ضمن حدود الدراسة.

ويُعزى اختيار العينة القصدية إلى حرص الباحث على الحصول على استجابات من فئات مهنية تمتلك معرفة تطبيقية فعلية باستخدام المواد المعمارية المستدامة وتأثيرها على جودة التنفيذ والتكلفة.

ثالثاً: أداة الدراسة

اعتمدت الدراسة على الاستبانة المغلقة كأداة رئيسة لجمع البيانات الميدانية، وقد تم تصميمها في ضوء الأدبيات العلمية الحديثة في مجالات الاستدامة المعمارية، وإدارة مشاريع البناء، وتقييم الأداء التنفيذي والاقتصادي.

وقد روعي في بناء الاستبانة ما يلي:

✓ الجزء الأول: ويتعلق بالبيانات الديموغرافية لأفراد العينة مثل (الجهة او المؤسسة، المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة)

✓ الجزء الثاني: ويتعلق بأثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية، ويتكون من محورين وهما:

١. المحور الاول المتغير المستقل: ويشمل العبارات التي تقيس مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة بجميع ابعادها (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) في المشاريع الحكومية. وتوزعت الفقرات فيها كما يلي:

▪ الكفاءة البيئية: ٥ فقرات

▪ الخصائص التقنية: ٥ فقرات

▪ الجدوى الاقتصادية: ٥ فقرات

٢. المحور الثاني المتغير التابع: ويشمل العبارات التي تقيس مستوى تحسن جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية ، ويحتوي على ١٠ فقرات.

بالإضافة الى العبارات التي تقيس التحديات والصعوبات التي تواجه تبني استخدام المواد المعمارية المستدامة.

وقد تم توزيع الاستبانة إلكترونياً وفق ما أتاحتها ظروف الجهات المستهدفة، بما ضمن تحقيق معدل استجابة مناسب وجودة بيانات مرتفعة.

رابعاً: مصادر البيانات

١. المصادر الثانوية

اعتمدت الدراسة على طيف واسع من المصادر الثانوية التي أسهمت في بناء الإطارين النظري والمفاهيمي، وشملت الكتب الأكاديمية المتخصصة في الاستدامة المعمارية وإدارة مشاريع البناء والدراسات المنشورة في المجالات العلمية المحكمة والرسائل الجامعية ذات الصلة والتقارير الصادرة عن الجهات الحكومية والمنظمات الدولية المعنية بالمباني المستدامة، وقد ركز الباحث على الدراسات المرتبطة بالبيئة السعودية والخليجية قدر الإمكان، لتعزيز ملاءمة الخلفية النظرية لسياق الدراسة التطبيقي.

٢. المصادر الأولية

تمثلت المصادر الأولية في البيانات الميدانية التي جُمعت من خلال الاستبانة الموجهة إلى عينة الدراسة، والتي استهدفت قياس مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة وأثرها على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

كما تم تدعيم النتائج الكمية — في التصميم الأصلي للدراسة — برؤى ميدانية من المختصين عبر تواصل مهني مباشر، بهدف إثراء التفسير العملي للنتائج.

خامساً: الأساليب الإحصائية المستخدمة

تم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS، وتوظيف مجموعة من الأساليب الإحصائية الملائمة لطبيعة المتغيرات، شملت:

١. اختبارات الثبات والمصدقية لأداة الدراسة (الاستبيان):

❖ استخدام معامل الارتباط لمعرفة مدى قوة العلاقة بين فقرات أسئلة الاستبانة والمتغير التي تنتمي اليه الفقرة.

❖ اختبار ألفا كرونباخ Cronbach's Alpha لمعرفة ثبات أداة الدراسة ومدى مصداقية آراء العينة على مستوى المتغيرات الرئيسية.

٢. الأساليب الإحصائية المتعلقة بوصف نتائج متغيرات ومحاور وفقرات الدراسة:

✓ التكرارات والنسب المئوية لوصف عينة الدراسة.

✓ المتوسط الحسابي والوزن النسبي ودرجة الموافقة.

✓ الانحراف المعياري لمعرفة مدى انحراف إجابات العينة عن المتوسط.

٣. الأساليب الإحصائية المتعلقة باختبار الفرضيات:

❖ معامل الارتباط لمعرفة الارتباط بين محاور الدراسة.

❖ اختبار الانحدار الخطي البسيط لمعرفة أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

❖ اختبار تحليل التباين الاحادي One Way ANOVA لمعرفة تباين اجابات افراد العينة حول العلاقات بين استخدام المواد المعمارية المستدامة وجودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

سادساً: حدود الدراسة

🇸🇦 الحدود الزمانية: أجريت الدراسة خلال عام ٢٠٢٥م، وهي فترة تشهد تسارعاً ملحوظاً في تبني معايير البناء المستدام في المشاريع الحكومية، في ضوء توجهات المملكة نحو تحقيق الاستدامة ضمن مستهدفات رؤية ٢٠٣٠.

الحدود المكانية: اقتصرَت الدراسة على عدد من مشاريع المباني الحكومية في المملكة العربية السعودية، خاصة في المناطق ذات النشاط الإنشائي المرتفع مثل: الرياض، والمنطقة الشرقية، ومنطقة المدينة المنورة.

الحدود الموضوعية: انحصرت الدراسة في تحليل أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية، دون التوسع في مؤشرات أخرى مثل رضا المستخدمين النهائيين أو الأبعاد الجمالية أو الاجتماعية للبناء المستدام، كما لم تشمل المشاريع غير الحكومية أو المشاريع التي لم تطبق فعلياً مواد مستدامة.

اختبار الثبات

تم اختبار معامل الثبات، باستخدام ألفا كرو نباخ لمعرفة مدى تشابه اجابات افراد العينة، ولقياس مدى ثبات الاستبانة، حيث تم حساب معامل "ألفا كرو نباخ"، والجدول (١) يوضح معاملات ثبات الاستبانة. جدول رقم (١): معامل ألفا كرو نباخ لقياس ثبات الاستبانة

متغيرات الدراسة	معامل ألفا كرو نباخ	عدد الفقرات
المواد المعمارية المستدامة	.877	15
جودة التنفيذ وتقليل التكاليف	.793	10
الاستبانة كاملة	.922	25

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS

اشار الجدول اعلاه، أن معامل الثبات العام للاستبانة قد بلغ 0.922، وهي نسبة ممتازة كونها تزيد عن النسبة المقبولة احصائياً والبالغة ٦٠٪، وهذا يؤكد أن استبانة البحث تتمتع بدرجة ودلالة ثبات مقبولة، ويؤكد وجود علاقة ترابط بين عبارات الاستبانة، وبالنسبة لمتغيرات الدراسة فإن متغير المواد المعمارية المستدامة (.877)، وجودة التنفيذ وتقليل التكاليف (.793)، مما يعطي ثقة بصحة الاستبانة وصلاحياتها لتحليل النتائج، ويمكن الاعتماد نتائج الاستبانة في التفسير، والإجابة عن أسئلة الدراسة.

صدق الاستبانة

للتحقق من صدق الاتساق الداخلي للاستبانة من خلال تطبيقها على عينة من أفراد العينة، تم حساب معامل ارتباط بيرسون بين درجة كل فقرة من فقرات المحور (المتغير) مع الدرجة الكلية للمحور الذي تنتمي اليه الفقرة، وكذلك حساب ارتباط بيرسون بين درجات كل محور (متغير) من محاور الدراسة والدرجة الكلية للاستبانة، وذلك باستخدام برنامج SPSS والجدول التالية توضح ذلك.

جدول ٢: يوضح معامل الارتباط بين كل فقرة من فقرات متغير المواد المعمارية المستدامة والدرجة الكلية للمتغير

الدلالة الاحصائية	معامل الارتباط	المواد المعمارية المستدامة	
.000	.793	تساهم المواد المستدامة في تقليل الأثر البيئي للمباني الحكومية.	الكفاءة البيئية
.000	.475	المواد المعمارية المستدامة تساعد في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المبنى.	
.000	.615	تساهم المواد المعمارية المستدامة في تقليل النفايات الإنشائية.	
.000	.836	المواد المستدامة تحسن من جودة البيئة الداخلية (هواء، إضاءة، عزل صوتي).	
.000	.592	تعمل المواد المستدامة على خفض من الانبعاثات الكربونية خلال دورة حياة المبنى.	
.000	.559	تتمتع المواد المعمارية المستدامة بمتانة أعلى مقارنة بالمواد التقليدية.	الخصائص التقنية
.000	.796	تسهل المواد المعمارية المستدامة عمليات التنفيذ والتشييد.	
.000	.553	تتطلب المواد المعمارية المستدامة صيانة أقل على المدى الطويل.	
.000	.800	المواد المعمارية المستدامة تتوافق مع المعايير الفنية والهندسية المحلية والدولية.	
.000	.538	توفر المواد المستدامة خصائص أداء فني أفضل (مقاومة الحرارة، الرطوبة، العوامل الجوية).	
.000	.590	تكلفة المواد المستدامة الأولية أعلى من التقليدية.	الجدوى الاقتصادية
.000	.492	المواد المستدامة تقلل التكاليف التشغيلية والصيانة على المدى الطويل.	
.000	.549	تساهم المواد المستدامة في تقليل الهدر في المواد والوقت خلال التنفيذ.	
.000	.917	تعزز المواد المستدامة العمر الافتراضي للمبنى وتقلل الحاجة للتجديدات المبكرة.	
.000	.518	المواد المستدامة تحقق عائد استثماري أفضل على مدى دورة حياة المبنى.	

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS

من جدول (2)، أظهرت النتائج جميع القيم تشير إلى علاقات إيجابية متوسطة، حيث تتراوح معامل الارتباطات ما بين (0.475، 0.617)، والتي تعكس اتساقاً جيداً وبمستوى دلالة (0.000) لارتباط كل فقرة من فقرات متغير الدراسة بالدرجة الكلية للمتغير، مما يشير إلى عدم وجود فقرات قد تضعف من المصادقية للاستبيان.

جدول ٣: يوضح معامل الارتباط بين كل فقرة من فقرات متغير جودة التنفيذ وتقليل التكاليف والدرجة الكلية للمتغير

الدلالة الاحصائية	معامل الارتباط	جودة التنفيذ وتقليل التكاليف
.002	.858	تحسن المواد المستدامة جودة التنفيذ مع تقليل التكاليف الإجمالية
.000	.612	تساهم المواد المستدامة في تحقيق مشاريع حكومية ذات جودة عالية بتكاليف منخفضة على المدى الطويل
.000	.592	المواد المستدامة تقلل من الأخطاء والعيوب الإنشائية مما يخفف تكاليف التصحيحات
.000	.821	تحسن المواد المستدامة الالتزام بالجدول الزمني للمشروع مما يقلل التكاليف غير المباشرة
.000	.754	المواد المستدامة تعمل على تعزيز كفاءة الأداء الإنشائي مع تحقيق وفورات مالية مستدامة
.000	.859	تساهم المواد المستدامة في تخفيض تكاليف الصيانة الدورية والإصلاحات اللاحقة
.000	.867	المواد المستدامة تحسن من دقة التنفيذ وتقليل الهدر في المواد والوقت
.000	.492	تساهم المواد المستدامة في تحقيق أهداف المشروع ضمن الميزانية المحددة
.000	.712	المواد المستدامة تعزز جودةشطبيات النهائية مع توفير في التكاليف
.000	.670	تعمل المواد المستدامة على تحقيق توازنًا أمثل بين الجودة العالية والتكلفة الكلية للمشروع

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS

من جدول (٣)، أظهرت النتائج جميع القيم تشير إلى علاقات إيجابية متوسطة، حيث تتراوح معامل الارتباطات ما بين (0.492، 0.867)، والتي تعكس اتساقاً جيداً وبمستوى دلالة (٠.٠٠٠) لارتباط كل فقرة من فقرات متغير الدراسة بالدرجة الكلية للمتغير، مما يشير إلى عدم وجود فقرات قد تضعف من المصادقية للاستبيان.

الصدق البنائي

تم التأكد من عدم وجود فقرات في أداة الدراسة يمكن أن تضعف القدرة التفسيرية للنتائج، بإيجاد معامل الارتباط بين كل متغير من متغيرات الدراسة بالدرجة الكلية لفقرات الاستبانة كاملة، والموضح كالتالي:

جدول (٤): معامل الارتباط بين درجة كل متغير من متغيرات الدراسة والدرجة الكلية للاستبانة

الدلالة الاحصائية	معامل الارتباط	ابعاد المتغير المستقل	متغيرات الدراسة
.000	.862	الكفاءة البيئية	المواد المعمارية المستدامة
.000	.912	الخصائص التقنية	
.000	.907	الجدوى الاقتصادية	

.000	.992	المتغير المستقل	
.000	.968	جودة التنفيذ وتقليل التكاليف	

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS

في الجدول اعلاه، اشارت النتائج إلى ان جميع متغيرات الدراسة دالة احصائيا وبدرجة قوية عند مستوى دلالة $\alpha=0.05$ ، وذلك يعتبر جميع متغيرات الدراسة صادقة لما وضعت لقياسه.

الفصل الرابع
الدراسة الميدانية

تمهيد الفصل الرابع

يمثل هذا الفصل الجانب التطبيقي للدراسة، حيث تُترجم فيه الإجراءات المنهجية التي تم عرضها في الفصل السابق إلى نتائج كمية تعكس واقع استخدام المواد المعمارية المستدامة في المباني الحكومية، ومدى انعكاس ذلك على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف. ويُعد هذا الفصل محورياً في مسار البحث، لأنه يقدم الأدلة التي تُبنى عليها الاستنتاجات النهائية والتوصيات التطبيقية.

ويبدأ الفصل بعرض التحليل الوصفي لخصائص عينة الدراسة، بهدف تكوين صورة واضحة عن الخلفية المهنية للمشاركين ومدى ملاءمتهم لتقييم موضوع الدراسة. ثم ينتقل إلى تحليل استجابات أفراد العينة تجاه أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، من خلال المتوسطات الحسابية والأوزان النسبية والانحرافات المعيارية، بما يوضح مستوى تبني المواد المستدامة ومستوى تحسن جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية.

كما يتضمن الفصل اختبار فرضيات الدراسة باستخدام معاملات الارتباط وتحليل الانحدار، للكشف عن طبيعة العلاقة وقوتها بين متغيرات الدراسة. ويُختتم الفصل بتفسير علمي معمق للنتائج في ضوء الأدبيات السابقة، تمهيداً لاستخلاص النتائج العامة وصياغة التوصيات العملية التي يمكن أن تسهم في دعم قرارات تبني المواد المعمارية المستدامة في مشاريع القطاع الحكومي.

أولاً: التحليل الوصفي للدراسة

تم تناول وصف عينة الدراسة ، وعرض آراء أفراد العينة بخصوص متغيرات الدراسة (استخدام المواد المعمارية المستدامة) وجودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية.

وصف عينة الدراسة :

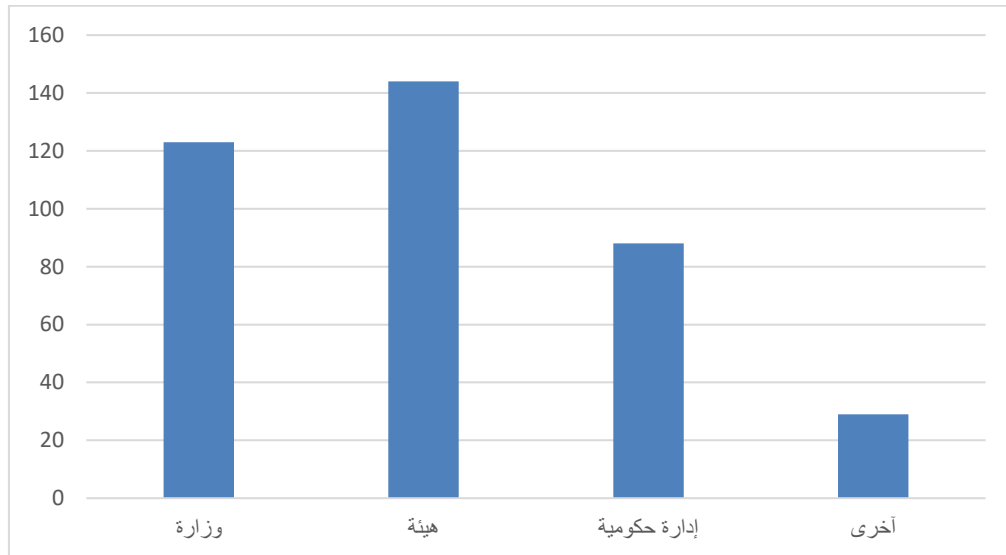
تضمنت الاستبانة جزءا خاصا بالمعلومات الشخصية للتعرف على خصائص عينة الدراسة من خلال الجهة / المؤسسة ، والمسمى الوظيفي، وسنوات الخبرة، وكانت النتائج كما هي مبينة في الجداول التالية:

١. توزيع عينة الدراسة حسب الجهة / المؤسسة

جدول ٥ : توزيع عينة الدراسة حسب الجهة / المؤسسة

الجهة / المؤسسة	العدد	%
وزارة	123	32.0
هيئة	144	37.5
إدارة حكومية	88	22.9
أخرى	29	7.6
Total	384	100.0

شكل ٢ : توزيع عينة الدراسة حسب الجهة / المؤسسة



شكل ٢ : توزيع عينة الدراسة حسب الجهة / المؤسسة

تشير نتائج جدول (٥) إلى أن عينة الدراسة اتسمت بتنوع مؤسسي ملحوظ، حيث توزعت استجابات المشاركين على عدة جهات حكومية وشبه حكومية، الأمر الذي يعزز من شمولية البيانات ويدعم إمكانية تعميم النتائج ضمن نطاق المؤسسات الحكومية. فقد جاءت النسبة الأعلى لصالح فئة الهيئات بنسبة

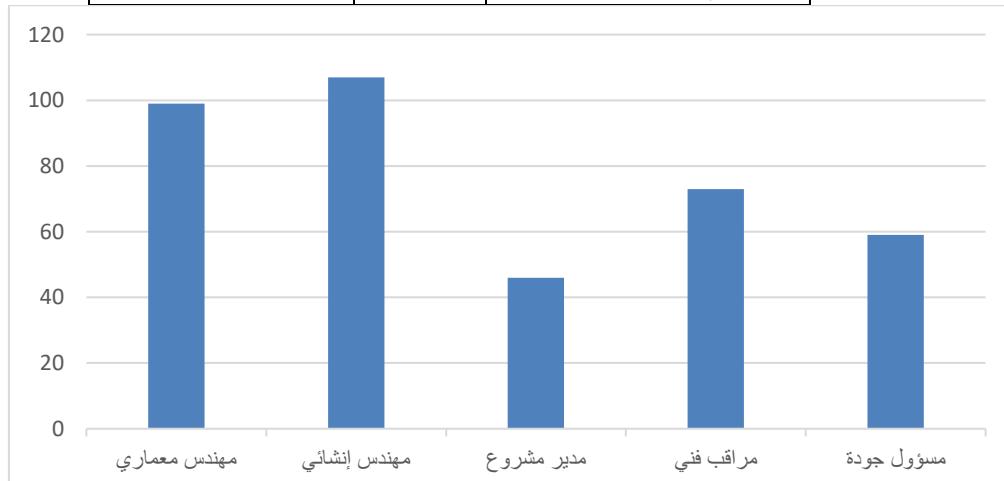
(٣٧.٥%) وبعدد (١٤٤) مفردة، وهو ما يعكس تمثيلاً قوياً للهيئات التي غالباً ما تتسم بمرونة تنظيمية وتركيز أكبر على ممارسات الحوكمة وإدارة المخاطر، مما يثري نتائج الدراسة من منظور تطبيقي متقدم، كما احتلت الوزارات المرتبة الثانية بنسبة (٣٢.٠%) وبعدد (١٢٣) مفردة، وهي نسبة مرتفعة نسبياً تدل على حضور معتبر للقطاع الوزاري في العينة، الأمر الذي يعزز موثوقية النتائج خاصة فيما يتعلق بالمشاريع الحكومية ذات الطابع النظامي والرقابي المرتفع. في المقابل، بلغت نسبة المشاركين من الإدارات الحكومية (٢٢.٩%) بعدد (٨٨) مفردة، وهي نسبة جيدة تسهم في تحقيق التوازن المؤسسي داخل العينة، بينما جاءت فئة أخرى في المرتبة الأخيرة بنسبة (٧.٦%)، ما يشير إلى محدودية تمثيل الجهات غير المصنفة مقارنة بالجهات الرئيسية.

وبوجه عام، يعكس هذا التوزيع تنوعاً مقبولاً ومناسباً لطبيعة الدراسة، ويعزز من القدرة التفسيرية للنتائج المتعلقة بأثر المتغيرات محل الدراسة، إذ إن تمثيل جهات متعددة يسهم في تقليل التحيز المؤسسي ويزيد من قوة الاستدلال الإحصائي. كما يمكن القول إن هيمنة الهيئات والوزارات في العينة تتسق مع طبيعة مشاريع المباني الحكومية التي غالباً ما تُدار أو تُشرف عليها هذه الجهات، مما يدعم ملائمة العينة لأهداف الدراسة ويعزز من القيمة التطبيقية لنتائجها.

٢. توزيع عينة الدراسة حسب المسمى الوظيفي

جدول ٦ : توزيع عينة الدراسة حسب المسمى الوظيفي

المسمى الوظيفي	العدد	%
مهندس معماري	99	25.8
مهندس إنشائي	107	27.9
مدير مشروع	46	12.0
مراقب فني	73	19.0
مسؤول جودة	59	15.4
الإجمالي	384	100.0



شكل ٣ : توزيع عينة الدراسة حسب المسمى الوظيفي

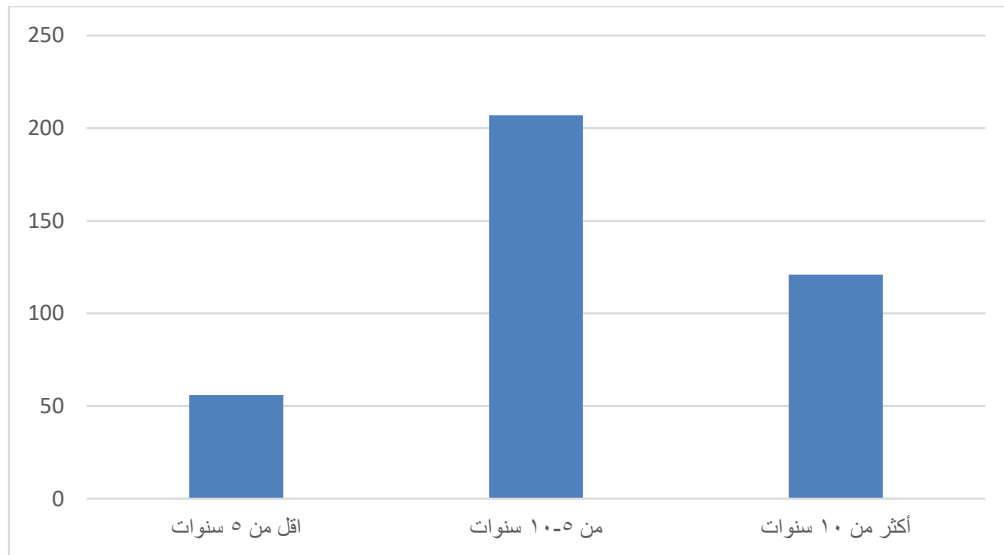
تُظهر نتائج جدول (٦) أن عينة الدراسة اتسمت بتنوع مهني مناسب يعكس الطبيعة الفنية والإدارية لمشاريع المباني الحكومية، وهو ما يعزز من موثوقية البيانات المرتبطة بمتغيرات الدراسة. فقد جاءت فئة المهندسين الإنشائيين في المرتبة الأولى بنسبة (٢٧.٩٪) وبعدها (١٠٧) مفردات، مما يدل على حضور قوي للخبرات الفنية المرتبطة بالجوانب الهيكلية والتنفيذية للمباني، وهو أمر منطقي نظراً للدور المحوري للمهندس الإنشائي في ضبط جودة التنفيذ والتحكم في التكاليف، في المرتبة الثانية جاءت فئة المهندسين المعماريين بنسبة (٢٥.٨٪) وبعدها (٩٩) مفردة، وهو تمثيل مهم يعكس مشاركة المختصين في اختيار وتوظيف المواد المعمارية المستدامة، خاصة أن القرارات المرتبطة بالمواد والتصميم المستدام ترتبط بدرجة كبيرة بالدور المعماري في مراحل التصميم والتنفيذ. كما بلغ تمثيل المراقبين الفنيين نسبة (١٩.٠٪) بعدد (٧٣) مفردة، وهي نسبة جيدة تعزز من موثوقية التقييمات الميدانية المرتبطة بجودة التنفيذ الفعلية في مواقع المشاريع، أما مسؤولو الجودة فقد شكلوا نسبة (١٥.٤٪) بعدد (٥٩) مفردة، وهو تمثيل يعزز البعد الرقابي والتقييمي في الدراسة، نظراً لارتباط هذه الفئة بقياس مؤشرات الجودة وتقليل الهدر والأخطاء. في حين جاءت فئة مديري المشاريع في المرتبة الأخيرة بنسبة (١٢.٠٪) وبعدها (٤٦) مفردة، ورغم انخفاضها النسبي، إلا أن وجودها يظل مهماً لتمثيل البعد الإداري والاستراتيجي المرتبط بإدارة التكلفة والجدول الزمني.

وبصورة عامة، يعكس هذا التوزيع توازناً مقبولاً بين التخصصات الفنية والإدارية ذات العلاقة المباشرة بموضوع الدراسة، مما يعزز من مصداقية النتائج ويؤكد أن آراء العينة صدرت عن فئات مهنية مؤهلة للتقييم الدقيق لاستخدام المواد المعمارية المستدامة وأثرها في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية.

٣. توزيع عينة الدراسة حسب سنوات الخبرة

جدول ٧ : توزيع عينة الدراسة حسب سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	العدد	%
أقل من ٥ سنوات	56	14.6
من ٥ - ١٠ سنوات	207	53.9
أكثر من ١٠ سنوات	121	31.5
الاجمالي	384	100.0



شكل ٤ : توزيع عينة الدراسة حسب سنوات الخبرة

توضح نتائج جدول (٧) أن غالبية أفراد العينة يتمتعون بخبرة مهنية متوسطة إلى طويلة، مما يعكس قوة تمثيل العينة للخبرات العملية اللازمة لتقييم أثر المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية. فقد جاءت فئة من ٥ إلى ١٠ سنوات خبرة في المرتبة الأولى بنسبة (٥٣.٩%) وبعدها (٢٠٧) مفردات، وهو مؤشر على أن أكثر من نصف العينة يمتلكون خبرة كافية تمكنهم من فهم آليات استخدام المواد المستدامة ومتابعة تنفيذ المشاريع بكفاءة، مما يعزز موثوقية البيانات الميدانية، أما فئة أكثر من ١٠ سنوات خبرة فشكلت نسبة (٣١.٥%) بعدد (١٢١) مفردة، وهو تمثيل جيد يعكس وجود خبرات راسخة يمكن الاعتماد عليها في تقييم الأداء الفني والمالي للمشاريع الحكومية، بما في ذلك القدرة على رصد التحديات المتعلقة بالتكلفة والجودة على المدى الطويل. في المقابل، كانت فئة أقل من ٥ سنوات خبرة الأقل تمثيلاً بنسبة (١٤.٦%) بعدد (٥٦) مفردة، وهي نسبة مقبولة لتقديم وجهة نظر حديثة حول تطبيق المواد المستدامة، لكنها أقل تأثيراً نسبياً مقارنة بالفئات الأكثر خبرة.

وبشكل عام، يعكس هذا التوزيع الديموغرافي أن العينة متوازنة وتمثل مزيجاً من الخبرات المتوسطة والطويلة، مما يضمن أن تكون النتائج معبرة عن رؤية مهنية واعية، ويزيد من مصداقية الدراسة في تقييم أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وخفض التكاليف في المباني الحكومية. وجود الأغلبية ضمن فئة ٥-١٠ سنوات يضمن توازناً بين التجارب العملية الحديثة والمعرفة المكتسبة من الخبرات السابقة، مما يساهم في تعزيز موثوقية التحليلات والاستنتاجات.

ثانياً: تحليل آراء أفراد عينة الدراسة

اعتمدت الإجابة على فقرات الاستبانة للمتغير التابع والمستقل (موافق بشدة - موافق - محايد - غير موافق - غير موافق بشدة)، واعطيت الاوزان (١،٢،٣،٤،٥) على التوالي، وفق مقياس ليكرت الخماسي، وتم

استخراج الحدود الحقيقية لفئات المتوسط الحسابي، واستخراج مدى الأوزان، بإيجاد الفرق بين أعلى وزن وأقل وزن لبدائل سلم الإجابة (٥ - ١ = ٤)، وتحديد طول الفئة، ثم بتقسيم مدى الأوزان على عدد البدائل (٤/٥ = ٠,٨)، وفي الجدول ادناه وضحت فئات الحدود الحقيقية والمعنى اللفظي لقيم المتوسط الحسابي:

جدول ٨: الحدود الحقيقية لفئات المتوسط الحسابي

مدى المتوسط (فئات الحدود الحقيقية)	المعنى اللفظي (درجة الممارسة)
1 - 1.80	ضعيفة جداً (غير موافق بشدة)
1.81 - 2.60	ضعيفة (غير موافق)
2.61 - 3.40	متوسطة (محايد)
3.41 - 4.20	مرتفعة (موافق)
4.21 - 5	مرتفعة جداً (موافق بشدة)

أولاً: المواد المعمارية المستدامة

في هذا القسم تم الإجابة على التساؤل التالي: ما مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) في المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية؟

وذلك بإيجاد المتوسط والانحراف المعياري والوزن النسبي ودرجة القبول لآراء افراد العينة حول فقرات متغير المواد المعمارية المستدامة بأبعادها، والموضح في الجدول ادناه:

جدول ٩: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والوزن النسبي لفقرات متغير المواد المعمارية المستدامة

الوزن النسبي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	المواد المعمارية المستدامة
78%	.606	3.88	تساهم المواد المستدامة في تقليل الأثر البيئي للمباني الحكومية.
80%	.386	4.01	المواد المعمارية المستدامة تساعد في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المبنى.
94%	.513	4.71	تساهم المواد المعمارية المستدامة في تقليل النفايات الإنشائية.
88%	.702	4.41	المواد المستدامة تحسن من جودة البيئة الداخلية (هواء، إضاءة، عزل صوتي).
83%	.757	4.13	تعمل المواد المستدامة على خفض من الانبعاثات الكربونية خلال دورة حياة المبنى.
85%	.40404	4.2286	المتوسط الكلي للبعد

94%	.487	4.68	تتمتع المواد المعمارية المستدامة بمتانة أعلى مقارنة بالمواد التقليدية.	الخصائص التقنية
78%	.600	3.88	تسهل المواد المعمارية المستدامة عمليات التنفيذ والتشييد.	
92%	.497	4.59	تتطلب المواد المعمارية المستدامة صيانة أقل على المدى الطويل.	
95%	.655	4.75	المواد المعمارية المستدامة تتوافق مع المعايير الفنية والهندسية المحلية والدولية.	
91%	.515	4.53	توفر المواد المستدامة خصائص أداء فني أفضل (مقاومة الحرارة، الرطوبة، العوامل الجوية).	
90%	.37917	4.4880	المتوسط الكلي للبعد	
80%	.702	4.02	تكلفة المواد المستدامة الأولية أعلى من التقليدية.	الجدوى الاقتصادية
90%	.582	4.48	المواد المستدامة تقلل التكاليف التشغيلية والصيانة على المدى الطويل.	
86%	.566	4.30	تساهم المواد المستدامة في تقليل الهدر في المواد والوقت خلال التنفيذ.	
88%	.841	4.38	تعزز المواد المستدامة العمر الافتراضي للمبنى وتقلل الحاجة للتجديدات المبكرة.	
81%	.451	4.03	المواد المستدامة تحقق عائد استثماري أفضل على مدى دورة حياة المبنى.	
85%	.43260	4.2422	المتوسط الكلي للبعد	
86%	.36529	4.3196	المتوسط العام لمتغير المواد المعمارية المستدامة	

أظهرت نتائج الدراسة أن المتوسط العام لمتغير المواد المعمارية المستدامة بلغ (٤.٣١٩٦) بوزن نسبي (٨٦٪) وانحراف معياري (٠.٣٦٥٢٩)، وهو ما يعكس درجة موافقة عالية من أفراد العينة على مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة في المباني الحكومية بالملكة العربية السعودية، وتشير هذه النتيجة إلى وجود توجه إيجابي واضح نحو تبني هذه المواد بأبعادها البيئية والتقنية والاقتصادية. وفيما يلي تحليل تفصيلي لكل بعد من أبعاد المتغير:

البعد الأول: الكفاءة البيئية

بلغ المتوسط الكلي لبعد الكفاءة البيئية (٤.٢٢٨٦) بوزن نسبي (٨٥٪) وانحراف معياري (٠.٤٠٤٠٤)، مما يدل على درجة موافقة عالية على دور المواد المستدامة في تحسين الأداء البيئي للمباني الحكومية، وعلى مستوى الفقرات فقد حصلت الفقرة "تساهم المواد المستدامة في تقليل الأثر البيئي للمباني الحكومية" على متوسط (٣.٨٨) ووزن نسبي (٧٨٪)، مما يشير إلى إدراك جيد لدى المشاركين لأثر هذه المواد في

الحد من التأثيرات البيئية، إلا أن المتوسط الأقل نسبياً قد يعكس تفاوتاً في مستوى التطبيق الفعلي أو الوعي التفصيلي بهذا الأثر، بينما الفقرة "المواد المعمارية المستدامة تساعد في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المبنى" سجلت متوسط (٤.٠١) ووزن نسبي (٨٠٪)، وهو ما يعكس قناعة واضحة بأن هذه المواد تسهم في رفع كفاءة الطاقة، الأمر الذي يتماشى مع الخصائص الحرارية والعزلية المعروفة للمواد المستدامة، أما الفقرة "تساهم المواد المعمارية المستدامة في تقليل النفايات الإنشائية" جاءت بأعلى متوسط (٤.٧١) ووزن نسبي (٩٤٪)، مما يدل على اتفاق قوي جداً بين أفراد العينة على أن هذه المواد فعالة في الحد من مخلفات البناء، وهو مؤشر على نجاح ممارسات إدارة المواد في المشاريع الحكومية، بينما الفقرة "المواد المستدامة تحسن من جودة البيئة الداخلية (هواء، إضاءة، عزل صوتي)" حققت متوسط (٤.٤١) ووزن نسبي (٨٨٪)، مما يعكس إدراكاً مرتفعاً لدور المواد المستدامة في تحسين بيئة المستخدم الداخلي، وهو ما يرتبط بخصائصها الصحية والوظيفية، والفقرة "تعمل المواد المستدامة على خفض الانبعاثات الكربونية خلال دورة حياة المبنى" سجلت متوسط (٤.١٣) ووزن نسبي (٨٣٪)، مما يشير إلى وعي جيد بأثر هذه المواد في تقليل البصمة الكربونية، وإن كان بدرجة أقل من بعض الفقرات الأخرى، ربما لصعوبة قياس هذا الأثر ميدانياً.

خلاصة البعد الأول: تؤكد النتائج أن البعد البيئي يُعد من الجوانب المدركة بقوة لدى العاملين في المباني الحكومية، مع تميز واضح لدور المواد المستدامة في تقليل النفايات وتحسين البيئة الداخلية.

البعد الثاني: الخصائص التقنية

بلغ المتوسط الكلي لبعد الخصائص التقنية (٤.٤٨٨٠) بوزن نسبي (٩٠٪) وانحراف معياري (٠.٣٧٩١٧)، وهو أعلى الأبعاد، مما يدل على قناعة قوية بتميز الأداء الفني للمواد المعمارية المستدامة، وعلى مستوى كل فقرة فقد حصلت الفقرة "تتمتع المواد المعمارية المستدامة بمتانة أعلى مقارنة بالمواد التقليدية" متوسط (٤.٦٨) ووزن نسبي (٩٤٪)، مما يعكس ثقة كبيرة بموثوقية هذه المواد وقدرتها على تحمل الظروف التشغيلية المختلفة، بينما الفقرة "تسهل المواد المعمارية المستدامة عمليات التنفيذ والتشييد" حصلت على متوسط (٣.٨٨) ووزن نسبي (٧٨٪)، وهو أدنى متوسط في هذا البعد، مما قد يشير إلى وجود بعض التحديات التنفيذية أو الحاجة إلى خبرات متخصصة عند استخدام بعض المواد المستدامة، والفقرة "تتطلب المواد المعمارية المستدامة صيانة أقل على المدى الطويل" بلغت (٤.٥٩) بوزن نسبي (٩٢٪)، مما يدل على إدراك مرتفع للأثر الإيجابي لهذه المواد في تقليل أعباء الصيانة المستقبلية، بينما الفقرة "المواد المعمارية المستدامة تتوافق مع المعايير الفنية والهندسية المحلية والدولية" حققت أعلى متوسط في البعد (٤.٧٥) ووزن نسبي (٩٥٪)، مما يعكس ثقة عالية جداً في مطابقة هذه المواد للمواصفات القياسية، والفقرة "توفر المواد المستدامة خصائص أداء فني أفضل (مقاومة الحرارة، الرطوبة، العوامل

الجوية)" سجلت (٤.٥٣) ووزن نسبي (٩١٪)، مما يؤكد القناعة بتميز الأداء الفيزيائي لهذه المواد في الظروف البيئية المختلفة.

خلاصة البعد الثاني: يتضح أن الخصائص التقنية تمثل نقطة القوة الأبرز للمواد المستدامة في نظر أفراد العينة، مع وجود ملاحظة محدودة تتعلق بسهولة التنفيذ.

البعد الثالث: الجدوى الاقتصادية

بلغ المتوسط الكلي لبعد الجدوى الاقتصادية (٤.٢٤٢٢) بوزن نسبي (٨٥٪) وانحراف معياري (٠.٤٣٢٦٠)، مما يدل على موافقة عالية على الجدوى المالية طويلة المدى للمواد المستدامة، وعلى مستوى الفقرات فقد سجلت الفقرة "تكلفة المواد المستدامة الأولية أعلى من التقليدية" متوسط (٤.٠٢) ووزن نسبي (٨٠٪)، مما يعكس اتفاق المشاركين على ارتفاع التكلفة الابتدائية، وهو تصور شائع في مشاريع البناء المستدام، أما الفقرة "المواد المستدامة تقلل التكاليف التشغيلية والصيانة على المدى الطويل" حققت (٤.٤٨) ووزن نسبي (٩٠٪)، مما يدل على وعي مرتفع بمفهوم تكلفة دورة الحياة وليس التكلفة الأولية فقط، بينما الفقرة "تساهم المواد المستدامة في تقليل الهدر في المواد والوقت خلال التنفيذ" سجلت (٤.٣٠) ووزن نسبي (٨٦٪)، وهو مؤشر على إدراك أثرها في رفع كفاءة إدارة الموارد بالموقع، والفقرة "تعزز المواد المستدامة العمر الافتراضي للمبنى وتقلل الحاجة للتجديدات المبكرة" بلغت (٤.٣٨) ووزن نسبي (٨٨٪)، مما يعكس قناعة قوية بدورها في الاستدامة طويلة الأمد للأصول الحكومية، والفقرة "المواد المستدامة تحقق عائداً استثمارياً أفضل على مدى دورة حياة المبنى" سجلت (٤.٠٣) ووزن نسبي (٨١٪)، مما يشير إلى قبول جيد لفكرة الجدوى الاستثمارية، وإن كان أقل نسبياً من بقية الفقرات الاقتصادية.

خلاصة البعد الثالث: تؤكد النتائج أن المشاركين يدركون المفاضلة بين ارتفاع التكلفة الأولية والعوائد طويلة المدى، مع ميل واضح لتبني منظور التكلفة الكلية.

الخلاصة العامة للمحور

بوجه عام، تكشف النتائج عن مستوى مرتفع من تبني واستخدام المواد المعمارية المستدامة في المباني الحكومية، حيث جاء البعد التقني في المرتبة الأولى، يليه البعدان البيئي والاقتصادي بمستويات متقاربة. وتشير هذه النتائج إلى نضج نسبي في فهم مزايا المواد المستدامة، مع بقاء بعض التحديات التنفيذية والتكلفية الأولية التي قد تؤثر في سرعة التوسع في استخدامها.

وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسة (Al Surf et al., 2021) التي أشارت إلى تنامي تبني ممارسات البناء الأخضر في المملكة نتيجة تحسن الخصائص الفنية للمواد المستدامة. كما تتسجم مع دراسة (Manjunath & Patil, 2021) التي أكدت أن المتانة وانخفاض متطلبات الصيانة من أهم محفزات

استخدام المواد المستدامة في المشاريع العامة. كذلك دعمت دراسة (Cao & Zeng, 2022) أهمية البعد الاقتصادي طويل الأجل في تعزيز قرار التبني.

وفي المقابل، تُظهر نتائج الدراسة الحالية مستوى أعلى نسبياً من التبني مقارنة ببعض الدراسات الإقليمية التي أشارت إلى تبنٍ متوسط، وهو ما يمكن تفسيره بتسارع توجهات الاستدامة في المشاريع الحكومية السعودية خلال السنوات الأخيرة.

ثانياً : مستوى تحسن جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية

في هذا القسم تم الاجابة على التساؤل التالي: ما مستوى جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية ؟ ، وذلك بإيجاد المتوسط والانحراف المعياري والوزن النسبي ودرجة القبول لآراء افراد العينة حول فقرات متغير جودة التنفيذ وتقليل التكاليف ، والموضح في الجدول ادناه:

جدول ١٠: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والوزن النسبي لفقرات متغير جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

الوزن النسبي	الانحراف المعياري	المتوسط	جودة التنفيذ وتقليل التكاليف
91%	.692	4.53	تحسن المواد المستدامة جودة التنفيذ مع تقليل التكاليف الإجمالية
79%	.484	3.97	تساهم المواد المستدامة في تحقيق مشاريع حكومية ذات جودة عالية بتكاليف منخفضة على المدى الطويل
82%	.352	4.11	المواد المستدامة تقلل من الأخطاء والعيوب الإنشائية مما يخفض تكاليف التصحيحات
83%	.539	4.17	تحسن المواد المستدامة الالتزام بالجدول الزمني للمشروع مما يقلل التكاليف غير المباشرة
82%	.742	4.09	المواد المستدامة تعمل على تعزيز كفاءة الأداء الإنشائي مع تحقيق وفورات مالية مستدامة
89%	.860	4.46	تساهم المواد المستدامة في تخفيض تكاليف الصيانة الدورية والإصلاحات اللاحقة
90%	.778	4.48	المواد المستدامة تحسن من دقة التنفيذ وتقليل الهدر في المواد والوقت
85%	.460	4.23	تساهم المواد المستدامة في تحقيق أهداف المشروع ضمن الميزانية المحددة
91%	.604	4.53	المواد المستدامة تعزز جودة التشطيبات النهائية مع توفير في التكاليف

74%	.729	3.71	تعمل المواد المستدامة على تحقيق توازنًا أمثل بين الجودة العالية والتكلفة الكلية للمشروع
85%	.37990	4.2294	المتوسط الكلي للمحور

يهدف هذا المحور إلى الإجابة عن التساؤل الآتي: **ما مستوى جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية؟**، وذلك من خلال تحليل المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والأوزان النسبية لاستجابات أفراد العينة على فقرات متغير جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، كما هو موضح في جدول (١٠).

تشير النتائج إلى أن المتوسط الكلي للمتغير بلغ (٤.٢٢٩٤) بانحراف معياري (٣٧٩٩٠) ووزن نسبي (٨٥٪)، وهو مستوى مرتفع، مما يدل على وجود تحسن ملحوظ في جودة التنفيذ مع تقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية من وجهة نظر أفراد العينة. ويعكس ذلك إدراكاً إيجابياً لدور المواد المعمارية المستدامة في رفع كفاءة تنفيذ المشاريع الحكومية وتحقيق وفورات مالية.

وعلى مستوى الفقرات، جاءت فقرة "تحسن المواد المستدامة جودة التنفيذ مع تقليل التكاليف الإجمالية" في المرتبة الأولى بمتوسط (٤.٥٣) ووزن نسبي (٩١٪)، تلتها فقرة "المواد المستدامة تعزز جودةشطيطبات النهائية مع توفير في التكاليف" بنفس المتوسط (٤.٥٣) ووزن نسبي (٩١٪). ويشير ذلك إلى قناعة قوية لدى المبحوثين بأن استخدام المواد المستدامة يسهم مباشرة في تحسين جودة المخرجات النهائية للمشاريع مع تحقيق كفاءة مالية. كما حققت فقرتا "المواد المستدامة تحسن من دقة التنفيذ وتقليل الهدر في المواد والوقت" و"تساهم المواد المستدامة في تخفيض تكاليف الصيانة الدورية والإصلاحات اللاحقة" أوزاناً نسبية مرتفعة بلغت (٩٠٪) و(٨٩٪) على التوالي، وهو ما يؤكد أن الأثر الإيجابي للمواد المستدامة لا يقتصر على مرحلة التنفيذ فقط، بل يمتد إلى تقليل تكاليف دورة حياة المشروع. في المقابل، جاءت فقرة "تعمل المواد المستدامة على تحقيق توازنًا أمثل بين الجودة العالية والتكلفة الكلية للمشروع" في المرتبة الأخيرة بمتوسط (٣.٧١) ووزن نسبي (٧٤٪)، رغم بقائها ضمن المستوى المرتفع نسبياً. وقد يعزى ذلك إلى وجود بعض التحديات الإدراكية أو التطبيقية المرتبطة بالتكلفة الأولية للمواد المستدامة، أو إلى تفاوت خبرات الجهات المنفذة في تعظيم العائد الاقتصادي منها. وبوجه عام، تؤكد هذه النتائج أن تبني المواد المعمارية المستدامة في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية يرتبط بمستوى مرتفع من تحسين جودة التنفيذ وخفض التكاليف، وهو ما يدعم توجهات التحول نحو البناء المستدام ويعزز من كفاءة الإنفاق في المشاريع الحكومية.

وتتفق هذه النتائج مع دراسة (Firoozi et al., 2024) التي أكدت أن استخدام المواد المستدامة يسهم في تحسين جودة المنتج الإنشائي وتقليل تكاليف دورة الحياة. كما تتسجم مع دراسة (Kumar et al., 2024) التي أوضحت أن المواد الخضراء ترفع كفاءة الأداء الإنشائي وتحد من العيوب التنفيذية. كذلك

دعمت دراسة (Abul Kashem & Md. Mokhlesur, 2024) وجود وفورات طويلة الأجل في تكاليف التشغيل والصيانة.

ثالثاً: اختبار الفرضيات

تم استخدام معامل ارتباط بيرسون لمعرفة العلاقة بين المتغير التابع (جودة التنفيذ وتقليل التكاليف) بالمتغير المستقل (المواد المعمارية المستدامة) ، واستخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لمعرفة دور استخدام المواد المعمارية المستدامة على تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، والموضح كما يلي :

الفرضية الرئيسية الأولى: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$ لاستخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المباني الحكومية.

الفرضيات الفرعية:

١. لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية $(\alpha \leq 0.05)$ للكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

٢. لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية $(\alpha \leq 0.05)$ للخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

٣. لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية $(\alpha \leq 0.05)$ للجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.

وللإجابة على الفرضية الرئيسية الأولى والفرضيات الفرعية، تم أولاً إيجاد معامل ارتباط بيرسون، لمعرفة مدى ارتباط المواد المعمارية المستدامة بأبعادها بالمتغير التابع (جودة التنفيذ وتقليل التكاليف)، والموضح كما يلي :

جدول (١١): ارتباط المواد المعمارية المستدامة بأنواعها بالمتغير التابع (جودة التنفيذ وتقليل التكاليف)

المواد المعمارية المستدامة بأبعادها	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
الكفاءة البيئية	.777**	.000
الخصائص التقنية	.866**	.000
الجدوى الاقتصادية	.889**	.000
المواد المعمارية المستدامة	.937**	.000

يتضح من نتائج جدول (١١) وجود علاقة ارتباط طردية قوية ودالة إحصائياً عند مستوى معنوية $(\alpha \leq 0.05)$ بين أبعاد المواد المعمارية المستدامة والمتغير التابع (جودة التنفيذ وتقليل التكاليف)، حيث بلغت معاملات الارتباط للكفاءة البيئية (٧٧٧)، وللخصائص التقنية (٨٦٦)، وللجدوى الاقتصادية (٨٨٩)،

وجميعها عند مستوى دلالة (٠.٠٠٠). وتشير هذه القيم المرتفعة إلى أنه كلما تحسن مستوى تطبيق المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة، ارتفع مستوى جودة التنفيذ وانخفضت التكاليف في مشاريع المباني الحكومية. كما تعكس قوة معاملات الارتباط وجود علاقة خطية قوية تدعم منطقياً اختبار نماذج الانحدار اللاحقة. وبناءً على ذلك يمكن القول إن الفرضية الصفرية العامة التي تنفي وجود علاقة ارتباطية تُرفض مبدئياً، وتُعد هذه النتيجة مؤشراً أولياً على أهمية المواد المستدامة في تحسين كفاءة تنفيذ المشاريع الحكومية. وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Sabiu et al., 2023) التي أكدت وجود ارتباط إيجابي قوي بين ممارسات البناء المستدام وكفاءة أداء المشاريع. كما تتسجم مع نتائج (Alghuried, 2025) التي بينت أن تحسين خصائص المواد المستدامة يرتبط مباشرة بتحسين جودة التنفيذ. كذلك دعمت دراسة (Cao & Zeng, 2022) وجود علاقة إيجابية بين مؤشرات الاستدامة والأداء الاقتصادي للمباني.

الفرضية الفرعية الأولى: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

جدول ١٢: نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط للكفاءة البيئية على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

ملخص النموذج					تحليل التباين الاحادي One Way ANOVA		معاملات الانحدار		
المتغير التابع	R	R ²	F	مستوى الدلالة	المتغير المستقل	b	الخطأ المعياري	t	مستوى الدلالة
جودة التنفيذ وتقليل التكاليف	.777	.604	581.779	.000	الكفاءة البيئية	.731	.030	24.120	.000

تشير نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط في جدول (١٢) إلى وجود أثر ذي دلالة إحصائية للكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = .777$) ومعامل التحديد ($R^2 = .604$)، ما يعني أن الكفاءة البيئية تفسر نحو (٦٠.٤%) من التباين في المتغير التابع، وهي نسبة تفسير مرتفعة نسبياً. كما أن قيمة ($F = 581.779$) جاءت دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠٠٠)، إضافة إلى دلالة معامل الانحدار ($b = .731$) وقيمة ($t = 24.120$)، مما يؤكد معنوية النموذج إحصائياً. وتشير إشارة معامل الانحدار الموجبة إلى أن تحسين الكفاءة البيئية للمواد المستدامة يؤدي إلى تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف. وبناءً على ذلك يتم رفض الفرضية الصفرية الفرعية الأولى والتي تنص على أنه لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للكفاءة البيئية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف وقبول الفرضية البديلة التي تثبت وجود أثر معنوي للكفاءة البيئية على المتغير التابع.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Mahgoub, 2021) التي أكدت أن تحسين الأداء البيئي للمباني ينعكس إيجاباً على الكفاءة التشغيلية. كما تتسجم مع (Firoozi et al., 2024) التي ربطت بين خفض الانبعاثات وتحسين جودة الأداء الكلي للمبنى.

الفرضية الفرعية الثانية: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

جدول ١٣: نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط للخصائص التقنية على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

معاملات الانحدار					تحليل التباين الاحادي One Way ANOVA		ملخص النماذج		
مستوى الدلالة	t	الخطأ المعياري	b	المتغير المستقل	مستوى الدلالة	F	R ²	R	المتغير التابع
.000	33.926	.026	.868	الخصائص التقنية	.000	1150.969	.751	.866	جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

تُظهر نتائج جدول (١٣) أن الخصائص التقنية للمواد المستدامة لها أثر قوي ودال إحصائياً على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = .866$) وهو مستوى ارتباط مرتفع، كما بلغ معامل التحديد ($R^2 = .751$)، مما يعني أن الخصائص التقنية تفسر (٧٥.١٪) من التباين في جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، وهي قدرة تفسيرية عالية. كذلك جاءت قيمة ($F = 1150.969$) عند مستوى دلالة (٠.٠٠٠)، كما كان معامل الانحدار ($b = .868$) وقيمة ($t = 33.926$) دالين إحصائياً، وهو ما يؤكد قوة التأثير الإيجابي للخصائص التقنية. وتشير هذه النتائج إلى أن تحسين المواصفات الفنية للمواد المستدامة يسهم بدرجة كبيرة في رفع جودة التنفيذ وخفض التكاليف. وعليه يتم رفض الفرضية الصفرية الفرعية الثانية التي تنص على أنه لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للخصائص التقنية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف وقبول الفرضية البديلة التي تقر بوجود أثر معنوي للخصائص التقنية.

وتتفق هذه النتيجة بقوة مع دراسة (Manjunath & Patil, 2021) التي أكدت أن المتانة وسهولة التنفيذ من أقوى محددات نجاح المشاريع المستدامة. كما تدعمها نتائج (Kumar et al., 2024) التي أبرزت الدور الحاسم للأداء الفني للمواد في تقليل العيوب الإنشائية.

الفرضية الفرعية الثالثة: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للجذوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

جدول ١٤: نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط للجذوى الاقتصادية على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

معاملات الانحدار					تحليل التباين الاحادي One Way ANOVA		ملخص النماذج		
مستوى الدلالة	t	الخطأ المعياري	b	المتغير المستقل	مستوى الدلالة	F	R ²	R	المتغير التابع
.000	37.961	.021	.781	الجدوى الاقتصادية	.000	1441.058	.790	.889	جودة التنفيذ وتقليل التكاليف

توضح نتائج جدول (١٤) أن الجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة تمارس أثراً قوياً ودالاً إحصائياً على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = .889$) وهو من أعلى قيم الارتباط في النموذج، كما بلغ معامل التحديد ($R^2 = .790$)، بما يعني أن الجدوى الاقتصادية تفسر نحو (٧٩٪) من التباين في المتغير التابع، وهي نسبة تفسير مرتفعة جداً. كما جاءت قيمة ($F = 1441.058$) عند مستوى دلالة (٠.٠٠٠)، إضافة إلى معنوية معامل الانحدار ($b = .781$) وقيمة ($t = 37.961$)، مما يؤكد صلاحية النموذج إحصائياً. وتشير إشارة المعامل الموجبة إلى أنه كلما تحسنت الجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة، تحسنت جودة التنفيذ وانخفضت التكاليف. وبناءً على ذلك يتم رفض الفرضية الصفرية الفرعية التي تنص على أنه لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف وقبول الفرضية البديلة التي تثبت وجود أثر معنوي للجدوى الاقتصادية.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Abul Kashem & Md. Mokhlesur, 2024) التي أكدت أن تحليل التكلفة على مدى دورة الحياة هو المحرك الرئيس لاعتماد المواد المستدامة. كما تتسجم مع (Cao & Zeng, 2022) التي أبرزت أن الوفورات التشغيلية تمثل الحافز الأقوى للتبني في المشاريع العامة.

التحديات التي تواجه استخدام المواد المعمارية المستدامة

جدول ١٥: ترتيب التحديات التي تعيق استخدام المواد المستدامة

الرقم	التحدي	النسبة المئوية	مستوى الأهمية	ملاحظات
1	ارتفاع تكلفة المواد المستدامة	99.2%	عالي جداً	يمثل العائق الرئيسي أمام التبني؛ يجب التركيز على تحفيز السياسات المالية والدعم الحكومي.
2	صعوبة توفر المواد المستدامة محلياً	59.9%	عالي	يشير إلى ضرورة تطوير سلاسل الإمداد المحلية وزيادة التصنيع المحلي.
3	نقص الكوادر المدربة على استخدامها	45.1%	متوسط	يستدعي برامج تدريبية متخصصة لتعزيز الكفاءة الفنية في استخدام المواد المستدامة.

4	مقاومة المقاولين والاستشاريين لاستخدامها	13.8%	منخفض	يُظهر قبولاً مهنيًا نسبيًا، لكن بعض المقاولين بحاجة لتوعية إضافية حول فوائد المواد المستدامة.
5	القوانين والمواصفات المحلية لا تدعم الاستخدام	7.3%	منخفض جدًا	على الرغم من أن الغالبية ترى الدعم القانوني، إلا أن تحسين التشريعات والمواصفات قد يسهل التطبيق.

تشير نتائج التحليل الوصفي للتحديات المرتبطة ببنّي المواد المعمارية المستدامة إلى وجود مجموعة من المعوقات بدرجات متفاوتة التأثير، وهو ما يعكس أن عملية التحول نحو البناء المستدام لا تزال تواجه بعض التحديات التشغيلية والاقتصادية في البيئة التطبيقية للمشاريع الحكومية.

أظهرت النتائج أن ٥٩.٩% من أفراد العينة أفادوا بوجود صعوبة في توفر المواد المستدامة محلياً، مقابل ٤٠.١% لا يرون ذلك عائقاً. ويشير هذا إلى أن جانب سلاسل الإمداد لا يزال يمثل تحدياً متوسط الحدة، حيث إن محدودية التوفر المحلي قد تؤدي إلى الاعتماد على الاستيراد، وما يرتبط به من زيادة في التكاليف الزمنية والمالية. كما تعكس هذه النتيجة وجود فرصة لتحسين البنية السوقية المحلية وتوسيع نطاق تصنيع وتوريد المواد المستدامة.

وفيما يتعلق بالبعد الاقتصادي، كشفت النتائج بوضوح أن ٩٩.٢% من المبحوثين يرون أن تكلفة المواد المستدامة تمثل عائقاً أمام تبنيها، وهي نسبة مرتفعة جداً تعكس أن الكلفة الابتدائية لا تزال تمثل التحدي الأكثر تأثيراً في قرارات التبني. وتؤكد هذه النتيجة أن الاعتبارات قصيرة المدى في تقدير التكاليف قد تطغى على منظور التكلفة الكلية لدورة الحياة، مما يستدعي تعزيز الوعي المؤسسي بمنافع الوفورات طويلة الأجل.

أما من ناحية القدرات البشرية، فقد أشار ٤٥.١% من أفراد العينة إلى وجود نقص في الكوادر المدربة على استخدام المواد المستدامة، مقابل ٥٤.٩% لا يرون ذلك مشكلة جوهرية. وتدل هذه النتيجة على أن تحدي الكفاءات موجود ولكن بدرجة متوسطة، ما يعني أن سوق العمل بدأ يكتسب خبرات في هذا المجال، إلا أن الحاجة ما زالت قائمة لبرامج تدريب تخصصية لتعزيز الجاهزية الفنية.

وفيما يخص البيئة التنظيمية، أظهرت النتائج أن ٩٢.٧% من المبحوثين يرون أن القوانين والمواصفات المحلية تدعم استخدام المواد المستدامة، وهي نتيجة إيجابية مهمة تشير إلى أن الإطار التشريعي لا يمثل عائقاً رئيسياً، بل قد يكون عاملاً مكنياً للتحول نحو الاستدامة. وهذا يعكس نضجاً نسبياً في البيئة التنظيمية الداعمة للبناء المستدام في المشاريع الحكومية.

أما فيما يتعلق بالمقاومة المهنية، فقد بينت النتائج أن ١٣.٨% فقط يرون وجود مقاومة من قبل المقاولين أو الاستشاريين، مقابل ٨٦.٢% لا يلاحظون هذه المقاومة. وتشير هذه النتيجة إلى أن القبول المهني للمواد

المستدامة مرتفع نسبياً، وأن التحديات السلوكية أو الثقافية داخل قطاع التشييد ليست العائق الأساسي مقارنة بالعوامل الاقتصادية وسلاسل التوريد.

النتائج

١. أظهرت نتائج الدراسة أن مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية جاء مرتفعاً، مما يعكس اتجاهاً مؤسسياً متنامياً نحو تبني ممارسات البناء المستدام في القطاع الحكومي.
٢. بينت النتائج أن بعد الخصائص التقنية للمواد المستدامة يحتل المرتبة الأولى من حيث مستوى التطبيق، الأمر الذي يشير إلى اهتمام الجهات المنفذة بكفاءة الأداء الفني للمواد قبل الاعتبارات الأخرى.
٣. كشفت الدراسة عن مستوى مرتفع لتحسن جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في المشاريع الحكومية، وهو ما يؤكد وجود مردود إيجابي ملموس لتبني المواد المستدامة في بيئة البناء الحكومي.
٤. أظهرت نتائج تحليل الارتباط وجود علاقة طردية قوية ودالة إحصائياً بين استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة وبين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف.
٥. أوضحت نتائج الانحدار أن الجدوى الاقتصادية تمثل البعد الأكثر تأثيراً في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، مما يعكس حساسية متخذي القرار في المشاريع الحكومية للبعد المالي طويل الأجل.
٦. بينت النتائج أن الخصائص التقنية للمواد المستدامة تسهم بدرجة كبيرة في تقليل الأخطاء التنفيذية والهدر في الموارد، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على كفاءة التنفيذ.
٧. كشفت الدراسة أن الكفاءة البيئية للمواد المستدامة لها أثر إيجابي معنوي في تحسين نتائج المشاريع، إلا أن تأثيرها جاء أقل نسبياً مقارنة بالبعد الاقتصادي والتقني.
٨. أظهرت البيانات الديموغرافية أن غالبية أفراد العينة يمتلكون خبرة متوسطة إلى مرتفعة، مما يعزز موثوقية التقييمات المرتبطة باستخدام المواد المستدامة في المشاريع الحكومية.
٩. بينت النتائج وجود توافق مرتفع بين الفئات المهنية المختلفة حول أهمية المواد المستدامة في تحقيق التوازن بين الجودة والتكلفة في المشاريع الحكومية.
١٠. كشفت الدراسة عن وجود فرص كبيرة لتعزيز الاستفادة من المواد المعمارية المستدامة في القطاع الحكومي، في مقابل استمرار بعض التحديات المرتبطة بالتكلفة الابتدائية ومتطلبات التطبيق الفني المتخصص.

التوصيات

١. ضرورة تبني الجهات الحكومية سياسات إلزامية مرحلية لزيادة استخدام المواد المعمارية المستدامة في مشاريع المباني الحكومية.
٢. تعزيز الوعي المهني لدى المهندسين ومديري المشاريع بأهمية العائد الاقتصادي طويل المدى للمواد المستدامة.
٣. تطوير الأدلة والمواصفات الفنية الوطنية الخاصة باختيار وتطبيق المواد المعمارية المستدامة في المشاريع الحكومية.
٤. تشجيع الجهات الحكومية على تطبيق منهجية التكلفة الكلية لدورة حياة المشروع عند اتخاذ قرارات اختيار المواد.
٥. دعم برامج التدريب المتخصص في تقنيات البناء المستدام للكوادر الهندسية والفنية في القطاع الحكومي.
٦. تحفيز الموردين والمصنعين المحليين على إنتاج مواد معمارية مستدامة مطابقة للمواصفات السعودية.
٧. إدراج معايير الاستدامة ضمن نماذج تقييم أداء المشاريع الحكومية.
٨. تعزيز التكامل بين الجهات التصميمية والتنفيذية لضمان الاستخدام الأمثل للمواد المستدامة.
٩. إنشاء قواعد بيانات وطنية لتجارب المشاريع الحكومية التي طبقت المواد المستدامة.
١٠. دعم البحوث التطبيقية المشتركة بين الجامعات والجهات الحكومية في مجال البناء المستدام.

الحلول المقترحة

١. تطوير نموذج وطني موحد لتقييم جدوى استخدام المواد المستدامة قبل اعتمادها في المشاريع الحكومية.
٢. إنشاء وحدات متخصصة في الاستدامة داخل إدارات المشاريع الحكومية.
٣. تطبيق أنظمة رقمية لمتابعة جودة التنفيذ والهدر المرتبط باستخدام المواد.
٤. تقديم حوافز تعاقدية للمقاولين الذين يحققون مؤشرات أداء مرتفعة في الاستدامة.
٥. إدخال تقنيات نمذجة معلومات البناء (BIM) لدعم قرارات اختيار المواد المستدامة.
٦. تفعيل آليات الشراء الحكومي الأخضر ضمن سياسات المشتريات العامة.
٧. تطوير برامج اعتماد مهني في مجال البناء المستدام للمهندسين والمشرفين.
٨. تحسين آليات التنسيق المبكر بين المصمم والمقاول فيما يخص المواد المستدامة.
٩. تبني مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) خاصة بجودة التنفيذ المرتبطة بالاستدامة.

١٠. إنشاء منصات معرفية لتبادل أفضل الممارسات في المشاريع الحكومية المستدامة.

المقترحات المستقبلية

١. إجراء دراسات مقارنة بين المشاريع الحكومية التقليدية والمستدامة من حيث التكلفة الكلية لدورة الحياة.
٢. التوسع في دراسة أثر المواد المستدامة على رضا المستخدمين النهائيين للمباني الحكومية.
٣. دراسة المعوقات التنظيمية والتشريعية التي تحد من انتشار البناء المستدام في القطاع الحكومي.
٤. بحث دور التحول الرقمي في تعظيم كفاءة استخدام المواد المعمارية المستدامة.
٥. إجراء دراسات قطاعية متخصصة (تعليمية، صحية، بلدية) لقياس الفروق في أثر المواد المستدامة.
٦. دراسة أثر سلاسل الإمداد المحلية على تبني المواد المستدامة في المملكة.
٧. بحث العلاقة بين الاستدامة المعمارية وإدارة المخاطر في المشاريع الحكومية.
٨. إجراء دراسات طويلة تقيس الأداء الفعلي للمباني الحكومية المستدامة بعد التشغيل.
٩. تطوير نماذج تنبؤية باستخدام الذكاء الاصطناعي لاختيار المواد المثلى للمشاريع الحكومية.
١٠. توسيع نطاق الدراسات ليشمل مشاريع الشراكة بين القطاعين العام والخاص في مجال البناء المستدام.

الخاتمة

سعت هذه الدراسة إلى استقصاء أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة بأبعادها المختلفة (الكفاءة البيئية، الخصائص التقنية، الجدوى الاقتصادية) في تحسين جودة التنفيذ وتقليل التكاليف في مشاريع المباني الحكومية بالمملكة العربية السعودية، وذلك في ظل التوجهات الوطنية المتسارعة نحو تبني ممارسات البناء المستدام وتعزيز كفاءة الإنفاق في القطاع العام. وقد اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، مستندة إلى بيانات ميدانية جُمعت من عينة متخصصة من المهندسين والفنيين ومديري المشاريع العاملين في الجهات الحكومية.

وأظهرت النتائج أن مستوى استخدام المواد المعمارية المستدامة في المشاريع الحكومية جاء مرتفعاً، مع بروز واضح للخصائص التقنية والجدوى الاقتصادية بوصفهما الأكثر تأثيراً في تحسين مخرجات التنفيذ. كما أكدت التحليلات الإحصائية وجود علاقة طردية قوية ودالة إحصائياً بين استخدام المواد المستدامة وبين كل من جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، وهو ما يدعم الفرضية القائلة بأن تبني منهجيات الاستدامة المادية في البناء الحكومي يمثل مدخلاً فاعلاً لتعزيز الكفاءة الفنية والاقتصادية للمشاريع.

كما بيّنت نتائج تحليل الانحدار أن الأبعاد الثلاثة للمواد المعمارية المستدامة تسهم بدرجات متفاوتة في تفسير التباين في جودة التنفيذ وتكاليف المشاريع، حيث برز البعد الاقتصادي بوصفه الأكثر تفسيراً للتغير

في المتغير التابع، يليه البعد التقني ثم البيئي. ويعكس ذلك إدراكاً مهنيّاً متقدماً لدى القائمين على المشاريع الحكومية بأهمية منظور التكلفة الكلية لدورة حياة المبنى، وليس فقط التكلفة الابتدائية.

وتؤكد هذه النتائج مجتمعة أن توسيع نطاق استخدام المواد المعمارية المستدامة في المباني الحكومية لا يمثل خياراً بيئياً فحسب، بل يعد توجهاً استراتيجياً ذا مردود مباشر على كفاءة التنفيذ وضبط التكاليف وتعظيم القيمة مقابل الإنفاق العام. كما تكشف الدراسة عن وجود أرضية تطبيقية واعدة في القطاع الحكومي السعودي يمكن البناء عليها لتسريع التحول نحو البناء المستدام المؤسسي.

وفي ضوء ما توصلت إليه الدراسة، فإن تعزيز الأطر التنظيمية والفنية الداعمة لاستخدام المواد المستدامة، وتطوير القدرات المهنية، وتبني أدوات التقييم الاقتصادي طويل المدى، تمثل مرتكزات أساسية لتعظيم الأثر الإيجابي لهذه المواد في المشاريع الحكومية مستقبلاً. وتأمل الدراسة أن تسهم نتائجها في إثراء الأدبيات العربية في مجال الاستدامة المعمارية، وأن تشكل مرجعاً تطبيقياً لصناع القرار والباحثين في تطوير سياسات وممارسات أكثر كفاءة واستدامة في قطاع البناء الحكومي.

وبذلك، تفتح هذه الدراسة المجال أمام بحوث مستقبلية أكثر عمقاً واتساعاً تستكشف الأبعاد التشغيلية والرقمية والتنظيمية المرتبطة بتكامل الاستدامة المادية مع منظومات إدارة المشاريع الحكومية، بما يدعم تحقيق مستهدفات التنمية المستدامة ورؤية المملكة نحو بنية تحتية عالية الكفاءة والاستدامة.

قائمة المراجع

المراجع العربية

احمد، م. م. م. ر.، & نوري، أ. م. د. م. ا. (٢٠٢٥). دور قياس تكاليف التصنيع المستدام باستخدام اسلوب التنفيذ المتسارع في تخفيض التكاليف <https://doi.org/10.34093/5gcktq83>.

إسحاق، هند عز الدين، س.، & خوالدة، حمزة علي، أ. (٢٠١٩). تقييم مشاريع قطع الأراضي المخدومة في الأردن: دراسة حالة لمشاريع المؤسسة العامة للإسكان والتطوير الحضري في محافظة عمان (ص ٢٧١-١). الجامعة الاردنية.

<https://search.mandumah.com/Record/1415170>

الرقاد، محمد عبد الحافظ خلف، وغنيم، عثمان محمد يوسف. (٢٠٢٣). تحديد واختيار مواقع مشاريع المجمعات السكنية الاستثمارية في أمانة عمان الكبرى: دراسة حالة منطقة الجبيهة (رسالة ماجستير). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1418079>

القرشي، أ. (٢٠١٦). تحسين جودة تنفيذ مشاريع الإنشاءات العامة في المملكة العربية السعودية. العاطي، ا. ر. ه. ب. ر. ع. (٢٠٢٤). استراتيجيات التنمية العمرانية المستدامة في مدينة درنة: التخطيط الحضري كأداة للتقليل من تأثير الفيضانات. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، ٥ (٨)، ٢٧٥-٢٩٣.

<https://doi.org/10.53796/hnsj58/18>

العباس، ز. م. ع.، & الموسوي، أ. د. ع. ن. ك. (٢٠٢٢). استعمال التكلفة المستهدفة الخضراء وهندسة القيمة كإطار متكامل لتنفيذ منهج ZEMCH في قطاع الإنشاءات العراقي .

الفكي، س. ا. م. ا. (٢٠١٥). تحقيق التصميم البيئي وتقليل التكلفة باستخدام المباني الترابية [Thesis, جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا].

<https://repository.sustech.edu/handle/123456789/12489>

المعاينة، ق. ز. ع. (٢٠٢٤). الهندسة الخضراء ودورها في تحسين جودة البيئة المحلية في البلديات. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، ٥ (٣)، ٣٨٧-٤٠٣.

<https://doi.org/10.53796/hnsj53/25>

المصري، ر.، المشقة، أ.، والعردي، أ. (٢٠٢٢). الطاقة وكفاءة الطاقة في المباني السكنية - المملكة العربية السعودية.

المطيري، ك.، الأحمدى، ر.، حلواني، أ.ت. م.، المطيري، ي.، والسحيمي، أ. (٢٠٢٤). تقييم استدامة أسلوب البناء الحديث في المملكة العربية السعودية. الحدود في المدن المستدامة.

<https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1439024>

زينة، ع. أ. م. (٢٠٢١). دور الهندسة القيمة في خفض تكاليف إنشاء وحدات الإسكان الحكومي. مجلة التصميم الدولية، ١١ (٥٠٥)، ١١١-١١٩.

سعودي، م. ه.، الشيمي، ه. ج.، & مهدي. (٢٠١٩). استراتيجيات تصميم المدن المستدامة باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء BIM. مجلة الفنون والعلوم الانسانية، ٢ (٤)، ٩٠-٩٩.

<https://doi.org/10.21608/mjas.2019.142165>

- Abul Kashem, M. Y., & Md. Mokhlesur, R. (2024). (PDF) 'Choosing sustainable materials in building design and construction' .(04). <https://doi.org/10.62304/ijse.v1i04.198>
- Ahmad, S., Verma, T., & Kamal, M. A. (2025). Emerging Trends in Green Healthcare Building Design of Saudi Arabia: A Sustainable Approach. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*, 66, 87–106.
- Al Surf, M., Balabel, A., Alwetaishi, M., Abdelhafiz, A., Issa, U., Sharaky, I. A., Shamseldin, A., & Al-Harthi, M. (2021). Stakeholder's Perspective on Green Building Rating Systems in Saudi Arabia: The Case of LEED, Mostadam, and the SDGs. *Sustainability*, 13. <https://doi.org/10.3390/su13158463>
- Alfalalah, G., Qahtani, N. A., Al-Sakkaf, A., Elshaboury, N., & Alshamrani, O. (2024). Assessing life cycle cost and environmental impact for office building construction in Saudi Arabia. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 23(6), 1854–1873. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2278461>
- Alfuraty, A. B. (2020). Sustainable Environment in Interior Design: Design by Choosing Sustainable Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 881(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/881/1/012035>
- Alghuried, A. (2025). (PDF) Measuring the Benefits and Barriers of the Implementation of BIM in Sustainable Practice in the Construction Industry of Saudi Arabia. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.3390/su151914323>
- Allahaim, F. S., Shenawy, A. M. E., & Alfalah, G. (2024). Impact of the Saudi Building Code on Residential Construction Costs. *Buildings*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/buildings14010233>
- Almasri, R., Almushaikh, A., & Alardhi, A. (2022). *Energy and Energy Efficiency in Residential Buildings -Saudi Arabia*.
- Almulhim, M. S. M., Alammam, H. A., & Sallam, Y. S. (2024). Influence of steel-to-concrete ratio on sustainable column design in Saudi Arabia. *Heliyon*, 10(22), e40261. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40261>
- Almulhim, M. S. M., & Masmoum, M. W. A. (2024). Optimizing Concrete Grade for a Sustainable Structural Design in Saudi Arabia. *Buildings*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/buildings14040860>
- Almulhim, M. S. M., & Taher, R. (2023). Environmental impact assessment of residential building structural systems: A case study in Saudi Arabia.

- Almutairi, K., Alahmadi, R., Halawani, A. T. M., Almutairi, Y., & Alsehaimi, A. (2024). A sustainability assessment of the modern method of construction in Saudi Arabia. *Frontiers in Sustainable Cities*, 6. <https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1439024>
- Alotaibi, B. S., Yahuza, M. S., Ozden, O., Abuhussain, M. A., Dodo, Y. A., Usman, A. G., Usman, J., & Abba, S. I. (2023). Sustainable Green Building Awareness: A Case Study of Kano Integrated with a Representative Comparison of Saudi Arabian Green Construction. *Buildings*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/buildings13092387>
- Alqurashi, A. (2016). Improving Quality of Delivery of Public Construction Projects in Saudi Arabia. *Improving Quality of Delivery of Public Construction Projects in Saudi Arabia*.
- Azouz, M., & Kim, J.-L. (2015). Examining Contemporary Issues for Green Buildings from Contractors' Perspectives. *Procedia Engineering, Defining the future of sustainability and resilience in design, engineering and construction*, 118, 470–478. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.451>
- Balaban, O., & Puppim de Oliveira, J. A. (2017). Sustainable buildings for healthier cities: Assessing the co-benefits of green buildings in Japan. *Journal of Cleaner Production, Urban ecological infrastructure for healthier cities: governance, management and engineering*, 163, S68–S78. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.086>
- Balasbaneh, A. T., Sher, W., & Li, J. (2025). A systematic review of the life cycle cost estimation of upgrading buildings for sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(33), 19649–19671. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36757-x>
- Banani, R., Vahdati, M. M., Shahrestani, M., & Clements-Croome, D. (2016). The development of building assessment criteria framework for sustainable non-residential buildings in Saudi Arabia. *Sustainable Cities and Society*, 26, 289–305. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.007>
- Biljecki, F., Chew, L. Z. X., Milojevic-Dupont, N., & Creutzig, F. (2021, يونيو ٢٨). *Open government geospatial data on buildings for planning sustainable and resilient cities*. arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2107.04023v1>
- Bormon, J. C., Saikat, M. H., Shoag, M., & Akter, E. (2025). Green and Low-Carbon Construction Materials for Climate-Adaptive Civil Structures. *Saudi Journal of Civil Engineering*, 9(08), 219–226. <https://doi.org/10.36348/sjce.2025.v09i08.002>

- Cabeza, L. F., Barreneche, C., Miró, L., Morera, J. M., Bartolí, E., & Inés Fernández, A. (2013). Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 536–542. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.017>
- Chang, Y.-T., & Hsieh, S.-H. (2019). A Preliminary Case Study on Circular Economy in Taiwan's Construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225(1), 012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012069>
- Crang, M., Hughes, A., Gregson, N., Norris, L., & Ahamed, F. (2013). Rethinking governance and value in commodity chains through global recycling networks. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 38(1), 12–24. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2012.00515.x>
- Dahy, H. (2023). Materials as Design Tool: Digital Fabrication Strategies for Sustainable Architecture. *Technology|Architecture + Design*, 7(2), 153–158. <https://doi.org/10.1080/24751448.2023.2245707>
- Firoozi, A. A., Firoozi, A. A., Oyejobi, D. O., Avudaiappan, S., & Flores, E. S. (2024). Emerging trends in sustainable building materials: Technological innovations, enhanced performance, and future directions. *Results in Engineering*, 24, 103521. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103521>
- Fregonara, E., Ferrando, D. G., & Tulliani, J.-M. (2022). Sustainable Public Procurement in the Building Construction Sector. *Sustainability*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/su141811616>
- Galli, T., Chiclana, F., & Siewe, F. (2021). Quality Properties of Execution Tracing, an Empirical Study. *Applied System Innovation*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/asi4010020>
- Ghisellini, P., Ripa, M., & Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 618–643. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.207>
- Gil-Ozoudeh, I., Okwandu, A., & Ike, P. (2024). *The role of green building materials in sustainable architecture: Innovations, challenges, and future trends*. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i8.1476>
- Gransberg, D. D., & Molenaar, K. (2004). Analysis of Owner's Design and Construction Quality Management Approaches in Design/Build Projects. *Journal of Management in Engineering*, 20(4), 162–169. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2004\)20:4\(162\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2004)20:4(162))
- Helander, H., Petit-Boix, A., Leipold, S., & Bringezu, S. (2019). How to monitor environmental pressures of a circular economy: An assessment of

- indicators. *Journal of Industrial Ecology*, 23(5), 1278–1291. <https://doi.org/10.1111/jiec.12924>
- Iacovidou, E., Millward-Hopkins, J., Busch, J., Purnell, P., Velis, C. A., Hahladakis, J. N., Zwirner, O., & Brown, A. (2017). A pathway to circular economy: Developing a conceptual framework for complex value assessment of resources recovered from waste. *Journal of Cleaner Production*, 168, 1279–1288. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.002>
- Jamoussi, B., Abu-Rizaiza, A., & AL-Haij, A. (2022). Sustainable Building Standards, Codes and Certification Systems: The Status Quo and Future Directions in Saudi Arabia. *Sustainability*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/su141610314>
- Kang, M., & Guerin, D. A. (2009). The Characteristics of Interior Designers Who Practice Environmentally Sustainable Interior Design. *Environment and Behavior*, 41(2), 170–184. <https://doi.org/10.1177/0013916508317333>
- Koch, J. E., Gransberg, D. D., & Molenaar, K. R. (2010). *Project Administration for Design-Build Contracts*. American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784410752>
- Kubba, S. (2012). *Handbook of Green Building Design and Construction: LEED, BREEAM, and Green Globes*. Butterworth-Heinemann.
- Kumar, B. S., Chandrashekar, R., Kurien, S. T., Nijhawan, G., Pahwa, S., Habelalmateen, M. I., & Khan, I. (2024). A Comprehensive Review on Using Sustainable Materials for Environmentally Friendly Construction Practices. *E3S Web of Conferences*, 529, 01030. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452901030>
- Mahadik, U. A. (2015). Cost Reduction in Construction Projects. *International Journal of Engineering Technology*, 3.
- Mahgoub, M. (2021). Evaluating the Impact of Energy Efficiency Building Codes for Residential Buildings in the GCC. *Energies*, 14, 8088. <https://doi.org/10.3390/en14238088>
- Mahir, S. Q., Sakib, A., Noboni, R. A., Arpa, T. Q., Sikder, M. A., Chowdhury, J. A., Anowar, M. R., Reza, S., Sharma, T., Roy, U., & Islam, K. M. R. (2024). *An Eco-Friendly Approach to Re-Dyeing Cotton Denim Fabric with Charcoal: A Comprehensive Study* (SSRN Scholarly Paper No. 5069167). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5069167>
- Manjunath, A., & Patil, N. N. (2021). Effect of sustainable materials on embodied energy, carbon footprint and cost for a proposed conventional apartment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1166(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1166/1/012037>

- Mendoza, J. M. F., Sharmina, M., Gallego-Schmid, A., Heyes, G., & Azapagic, A. (2017). Integrating Backcasting and Eco-Design for the Circular Economy: The BECE Framework. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 526–544. <https://doi.org/10.1111/jiec.12590>
- Metallaoui, M. A., & Dali, A. (2025). *Sustainable Building Materials in the Architecture of Saudi Arabian Oases: Past and Present Examining AlUla* (ص ٤٤١–٤٥١). https://doi.org/10.1007/978-981-97-8588-9_42
- Mills, E. (2011). Building commissioning: A golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States. *Energy Efficiency*, 4(2), 145–173. <https://doi.org/10.1007/s12053-011-9116-8>
- Nabawy, M., Gouda Mohamed, A., Awad, I., & Daoud, A. (2025). Green Building Information Modeling Framework for Sustainable Residential Development in Egypt. *Buildings*, 15. <https://doi.org/10.3390/buildings15071035>
- Nazirah Mat Russ, Mahanim Hamid, Kho Mei, Y. (د.ت). *Literature Review on Green Cost Premium Elements of Sustainable Building Construction*. IJTech - International Journal of Technology. <https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/2762>
- Ng, W. Y., & Chau, C. K. (2015). New Life of the Building Materials- Recycle, Reuse and Recovery. *Energy Procedia, Clean, Efficient and Affordable Energy for a Sustainable Future: The 7th International Conference on Applied Energy (ICAE2015)*, 75, 2884–2891. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.581>
- Ngan, S. L., How, B. S., Teng, S. Y., Promentilla, M. A. B., Yatim, P., Er, A. C., & Lam, H. L. (2019). Prioritization of sustainability indicators for promoting the circular economy: The case of developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 314–331. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.001>
- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., & Kropp, J. P. (2017). A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions. *Earth's Future*, 5(11), 1169–1179. <https://doi.org/10.1002/2017EF000632>
- Ragheb, A., Elshimy, H., & Ragheb, G. (2016). Green Architecture: A Concept of Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.075>
- Raouf, A. M., & Al-Ghamdi, S. G. (2023). Framework to evaluate quality performance of green building delivery: Construction and operational stage. *International Journal of Construction Management*, 23(2), 253–267. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1858539>

- Romnée, A., Vandervaeren, C., Breda, O., & De Temmerman, N. (2019). A greenhouse that reduces greenhouse effect: How to create a circular activity with construction waste? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012035>
- Sabiu, M., Alotaibi, B., & Ozden, O. (2023). Sustainable Green Building Awareness: A Case Study of Kano Integrated with a Representative Comparison of Saudi Arabian Green Construction. *Buildings*, 13, 2387.
- Sah, B. P., Tanha, N. I., Sikder, M. A., & Habibullah, S. M. (2024). THE INTEGRATION OF INDUSTRY 4.0 AND LEAN TECHNOLOGIES IN MANUFACTURING INDUSTRIES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *International Journal of Management Information Systems and Data Science*, 1(3), 14–25. <https://doi.org/10.62304/ijmisds.v1i3.164>
- Schiller, G., Lützkendorf, T., Gruhler, K., Lehmann, I., Mörmann, K., Knappe, F., & Muchow, N. (2019). Material Flows in Buildings' Life Cycle and Regions – Material Inventories to Support Planning Towards Circular Economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 290(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012031>
- Sev, A. (2009). How can the construction industry contribute to sustainable development? A conceptual framework. *Sustainable Development*, 17(3), 161–173. <https://doi.org/10.1002/sd.373>
- Sfakianaki, E. (2015). Resource-efficient construction: Rethinking construction towards sustainability. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 12(3), 233–242. <https://doi.org/10.1108/WJSTSD-03-2015-0016>
- Shamim, Md. M. I. (2024). Artificial Intelligence in Project Management: Enhancing Efficiency and Decision-Making. *GLOBAL MAINSTREAM JOURNAL*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.62304/ijmisds.v1i1.107>
- Soliman, O. A. (2013). *PERCEPTION OF BUILDING MATERIALS IN ARCHITECTURE*.
- Stanskova, D. (2025). *Automation of Cost Estimation Considering Sustainable Construction Materials: Long-Term Economic Efficiency* (No. 2025042592). Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202504.2592.v1>
- Sutikno, S., Hardjomuljadi, S., & Wiyanto, H. (2025). Cost-effective model of building construction based on GREENSHIP rating assessment using value engineering and lifecycle cost analysis methods. *Discover Sustainability*, 6(1), 658. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01559-1>
- Taseer, A., Aslam, M., Malik, M. S. A., Zahoor, H., & Jadoon, A. A. (2025). Energy efficiency and life cycle cost analysis of residential buildings using

- sustainable building materials. *Journal of Building Engineering*, 114, 114243. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.114243>
- Thinley, J., & Hengrasmee, S. (2024). *Assessment of Cost and Sustainability of Building Materials in Residential Buildings of Bhutan*. 18, 482–491.
- Wang, Y., Sun, M., Wang, R., & Lou, F. (2015). Promoting regional sustainability by eco-province construction in China: A critical assessment. *Ecological Indicators, Environmental issues in China: Monitoring, assessment and management*, 51, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.003>
- Wastiels, L., & Wouters, I. (2008). Material Considerations in Architectural Design: A Study of the Aspects Identified by Architects for Selecting Materials. *DRS Biennial Conference Series*. <https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2008/researchpapers/63>
- Yu, T., Shen, G. Q., & Shi, Q. (2017). Comparing the Performance Quality of Design-Bid-Build and Design-Build Delivery Methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(4), 04016111. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001262](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001262)
- Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A., & Aranda Usón, A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5), 1133–1140. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>
- Zhou, Z., Zhao, W., Chen, X., & Zeng, H. (2017). MFCA extension from a circular economy perspective: Model modifications and case study. *Journal of Cleaner Production*, 149, 110–125. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.049>

الملاحق

الاستبيان

أنا طالب ماجستير (إدارة) في جامعة NIDOCEAN حاليًا، أقوم بإجراء دراسة بعنوان " أثر استخدام

المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل التكاليف، دراسة ميدانية على المباني الحكومية

وتهدف هذه الدراسة الى التعرف على أثر استخدام المواد المعمارية المستدامة على جودة التنفيذ وتقليل

التكاليف

أود أن أطلب تعاونك للإجابة على هذا الاستبيان. ستظل أي معلومات يتم الحصول عليها سرية ولن

تُستخدم إلا للأغراض الأكاديمية. إن تعاونك محل تقدير كبير.

أشرك مقدّمًا على موافقتك على المشاركة في هذه الدراسة

القسم أ : الخصائص الديموغرافية

يرجى وضع علامة (✓) أمام الاختيار المناسب

الجهة / المؤسسة:

☐وزارة

☐هيئة

☐إدارة حكومية

☐أخرى (حدد).....

المسمى الوظيفي:

☐مهندس معماري

☐مهندس إنشائي

☐مدير مشروع

☐مراقب فني

☐مسؤول جودة

☐أخرى (حدد).....

سنوات الخبرة في قطاع الإنشاءات الحكومية:

☐أقل من ٥ سنوات

☐5-10 سنوات

☐أكثر من ١٠ سنوات

القسم ب:

يرجى الإشارة إلى درجة موافقتك أو عدم موافقتك على العبارات التالية، لذا يرجى وضع علامة (✓) أمام الخيار الذي يعكس رأيك من خلال اختيار أحد البدائل الخمسة.

المحور الأول المتغير المستقل: العبارات التالية تقيس استخدام المواد المعمارية المستدامة، بأبعاده (الكفاءة البيئية- الخصائص التقنية- الجدوى الاقتصادية) يرجى وضع علامة (✓) وفقاً لمستوى موافقتك.

القسم الأول: الكفاءة البيئية للمواد المستدامة

الرقم	العبارة	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
1	تساهم المواد المستدامة في تقليل الأثر البيئي للمباني الحكومية.					
2	المواد المعمارية المستدامة تساعد في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المبنى.					
3	تساهم المواد المعمارية المستدامة في تقليل النفايات الإنشائية.					
4	المواد المستدامة تحسن من جودة البيئة الداخلية (هواء، إضاءة، عزل صوتي).					
5	تعمل المواد المستدامة على خفض من الانبعاثات الكربونية خلال دورة حياة المبنى.					

القسم الثاني: الخصائص التقنية للمواد المستدامة

الرقم	العبارة	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
1	تتمتع المواد المعمارية المستدامة بمتانة أعلى مقارنة بالمواد التقليدية.					
2	تسهل المواد المعمارية المستدامة عمليات التنفيذ والتشييد.					
3	تتطلب المواد المعمارية المستدامة صيانة أقل على المدى الطويل.					
4	المواد المعمارية المستدامة تتوافق مع المعايير الفنية والهندسية المحلية والدولية.					
5	توفر المواد المستدامة خصائص أداء فني أفضل (مقاومة الحرارة، الرطوبة، العوامل الجوية).					

القسم الثالث: الجدوى الاقتصادية للمواد المستدامة

الرقم	العبارة	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
1	تكلفة المواد المستدامة الأولية أعلى من التقليدية.					
2	المواد المستدامة تقلل التكاليف التشغيلية والصيانة على المدى الطويل.					
3	تساهم المواد المستدامة في تقليل الهدر في المواد والوقت خلال التنفيذ.					

4	تعزز المواد المستدامة العمر الافتراضي للمبنى وتقلل الحاجة للتجديدات المبكرة.				
5	المواد المستدامة تحقق عائد استثماري أفضل على مدى دورة حياة المبنى.				

القسم الرابع: المتغير التابع (جودة التنفيذ وتقليل التكاليف)

الرقم	العبارة	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
1	تحسن المواد المستدامة جودة التنفيذ مع تقليل التكاليف الإجمالية					
2	تساهم المواد المستدامة في تحقيق مشاريع حكومية ذات جودة عالية بتكاليف منخفضة على المدى الطويل					
3	المواد المستدامة تقلل من الأخطاء والعيوب الإنشائية مما يخفض تكاليف التصحيحات					
4	تحسن المواد المستدامة الالتزام بالجدول الزمني للمشروع مما يقلل التكاليف غير المباشرة					
5	المواد المستدامة تعمل على تعزيز كفاءة الأداء الإنشائي مع تحقيق وفورات مالية مستدامة					
٦	تساهم المواد المستدامة في تخفيض تكاليف الصيانة الدورية والإصلاحات اللاحقة					
٧	المواد المستدامة تحسن من دقة التنفيذ وتقليل الهدر في المواد والوقت					
٨	تساهم المواد المستدامة في تحقيق أهداف المشروع ضمن الميزانية المحددة					
٩	المواد المستدامة تعزز جودة التشطيبات النهائية مع توفير في التكاليف					
١٠	تعمل المواد المستدامة على تحقيق توازنًا أمثل بين الجودة العالية والتكلفة الكلية للمشروع					

القسم الخامس: التحديات والمعوقات

الرقم	العبارة	نعم	لا
1	هل تواجه صعوبة في توفر المواد المستدامة محليًا؟		
2	هل تكلفة المواد المستدامة تشكل عائقًا أمام تبنيها؟		
3	هل هناك نقص في الكوادر المدربة على استخدامها؟		
4	هل القوانين والمواصفات المحلية تدعم استخدامها؟		
5	هل هناك مقاومة من قبل المقاولين أو الاستشاريين لاستخدامها؟		

الامتحان:

نشكرك على تخصيص وقتك لملء الاستبيان، وإن مشاركتك تعني الكثير بالنسبة لنا ونحن نقدرها بشدة، إن المعلومات التي شاركتها مهمة لتحليلنا وستمكنا من إجراء تحسينات. مرة أخرى، نحن ممتنون جدًا لمساهمتك. مع خالص التقدير،

Abstract

This study aimed to identify the impact of using sustainable architectural materials, with their dimensions (environmental efficiency, technical properties, and economic feasibility), on improving execution quality and reducing costs in government building projects in the Kingdom of Saudi Arabia. The study employed a descriptive-analytical approach, deemed most suitable for the nature of the research problem. Data were collected in the field using a closed-ended questionnaire distributed to a purposive sample of 384 individuals, including architects, structural engineers, project managers, technical supervisors, and quality control officers working in government agencies. The results showed a high level of use of sustainable architectural materials in government projects, with an overall average of 4.3196 and a relative weight of 86%. The technical properties dimension ranked first, followed by the environmental and economic dimensions. The results also indicated a high level of improvement in execution quality and cost reduction, with an average of 4.2294 and a relative weight of 85%. Correlation and regression tests revealed a strong and statistically significant positive relationship between the dimensions of sustainable architectural materials, quality of execution, and cost reduction. Economic feasibility (79%) explained the variance in the dependent variable, followed by technical characteristics (75.1%) and environmental efficiency (60.4%). The study concluded that adopting sustainable architectural materials represents an effective approach to improving the efficiency of government project execution and maximizing long-term spending efficiency, despite some ongoing challenges related to initial costs and specialized implementation requirements. The study recommended strengthening policies that support the use of sustainable materials, raising technical and economic awareness of them, and developing regulatory frameworks that encourage their wider application in government projects.

Keywords: Sustainable architectural materials, quality of execution, cost reduction, government buildings, sustainability in construction.

Midocean University

College of Management

Master\ project management



**" The Impact of Using Sustainable Architectural Materials
on Construction Quality and Cost Reduction: A Field
Study on Government Buildings"**

Prepared by:

Khaled Mohammed Al-Rashidi

Supervised by:

Dr. Faisal Abdul Hamid Mohammed

Dr. Fayez Ali Jarad

Year:2026