

Assessment of the Adoption of Modern Construction Technologies in Construction Projects and Their Impact on Efficiency and Quality in Zintan

Sumia Said M Alghlam^{1*}, Kaltom M Benasera²

^{1,2} Department of Civil Engineering ,Faculty of Engineering ,Zintan University, Zintan ,Libya

*Email (for reference researcher): sumia.alghlam@uoz.edu.ly

دراسة مدى تبني تقنيات البناء الحديثة في المشاريع الإنشائية وتأثيرها على الكفاءة والجودة في الزنتان

سمية سعيد مفتاح الغلام^{1*} ، كلتوم محمد بن نصيرة²
^{1,2} قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الزنتان، الزنتان ، ليبيا

Received: 20-07-2026; Accepted: 07-09-2026; Published: 10-09-2026

Abstract:

This study investigates the adoption of modern construction technologies and their perceived relationship with efficiency and quality on construction projects in Zintan , Libya . The study aims to assess the extent to which modern technologies are being adopted , examine their perceived contribution to construction quality , time efficiency ,cost reduction , environmental sustainability ,and site safety ,and identify the main barriers limiting their adoption . A descriptive – analytical approach was employed, and a questionnaire were used to collect data from 26 engineers and construction professionals in Zintan . The findings indicate varying levels of adoption of modern construction technologies. Three dimensional (3D) printing was reported as the most frequently adopted technology (57.7%), followed by artificial intelligent and data analysis (46.2%) and Building Information Modelling (BIM) (34,6%) The respondents also reported positive perceptions regarding the contribution of modern technologies to construction quality, environmental sustainability, project duration, and site safety. However, the adoption of these technologies is constrained by several factors, particularly their high initial cost, The shortage of qualified professionals, and the limited availability of specialized training. The study concludes that strengthening digital infrastructure, developing technical competencies, promoting collaboration between universities and the construction industry, and providing appropriate financial and training support could contribute to wider adoption of modern construction technologies in Zentan. The findings provide a basis for understanding the current states of technological adoption and for developing strategies that support digital transformation in the local construction sector.

Keywords: Modern Construction Technologies , Building Information Modeling (BIM) , Artificial Intelligence , 3D printing , Construction Efficiency , Construction Quality , Zintan , Libya

المخلص:

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مدى تبني تقنيات البناء الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان، وقياس تأثيرها على الكفاءة والجودة في قطاع البناء، إضافة إلى تحديد أبرز المعوقات التي تحد من استخدامها. اعتمدت الدراسة على المنهج الإحصائي و استخدمت الاستبانة كأداة لجمع البيانات من عينة مكونة من 26 مهندساً ومختصاً في المجال الإنشائي، وأظهرت نتائج الدراسة أن الطباعة ثلاثية الأبعاد والذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات في مقدمة التقنيات التي أفاد أفراد العينة باستخدامها ، في حين كان استخدام تقنيات مثل نمذجة معلومات البناء (BIM) والروبوتات محدوداً نسبياً. كما بينت النتائج أن أغلب المشاركين يرون أن هذه التقنيات تساهم بشكل واضح في تحسين جودة التنفيذ وتقليل مدة الإنجاز وتعزيز الاستدامة البيئية.

الكلمات المفتاحية: تقنيات البناء الحديثة ، التحول الرقمي ، الذكاء الاصطناعي ، نمذجة معلومات البناء ، الكفاءة ، جودة التنفيذ ، الزنتان.

المقدمة

تمثل التقنيات الحديثة عنصراً أساسياً في إدارة المشاريع الإنشائية، فباستخدام هذه التقنيات يمكن للمهندسين والمقاولين تحسين كفاءة العمل، إضافة إلى ذلك يمكن أن نعتبر أنه من فوائد التقنيات الحديثة للبناء أيضاً تحقيق استدامة أكثر للبيئة العمرانية المستقبلية حيث يمكن مراقبة وإدارة الموارد والنفقات بفعالية وتقليل الحاجة إلى المواد الخام.

إن التحول الرقمي أصبح جزءاً من تطوير قطاع الإنشاءات وأن تقنيات مثل النمذجة ثلاثية الأبعاد BIM وهي أحد أهم التطورات في مجال الهندسة وهي تسهل للمهندسين تكوين نماذج دقيقة للمشاريع مما يرفع من مستوى تحسين التصميمات وتقليل الأخطاء، والذكاء الاصطناعي يساعد في تحليل البيانات الضخمة مما يسمح للمهندسين من اتخاذ قرارات بأكثر دقة فمثلاً يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالأحمال الهيكلية أو تحليل المخاطر. الطباعة ثلاثية الأبعاد تسمح بتكوين نماذج أولية سريعة ودقيقة فهذه التقنية ممكن أن تستخدم أيضاً في بناء أجزاء من الهيكل مما يقلل من الوقت والكلفة. انترنت الأشياء IOT يسمح بمراقبة المشاريع في الوقت الحقيقي من خلال أجهزة الاستشعار فذلك يمكن جمع البيانات عن حالة الهيكل مما يساعد في الصيانة الوقائية، إضافة إلى ذلك البناء الخرساني الهجين والخرسانة ذاتية المعالجة وكذلك الأساسات مسبقة الصنع وغيرها الكثير.

مع التطور التكنولوجي الهائل الذي نشهده اليوم أصبحت التكنولوجيا جزءاً لا يتجزأ من مجال الاستشارات الهندسية حيث تساهم في تحسين دقة التصميمات وتقليل الأخطاء وزيادة الكفاءة وفي المستقبل نتوقع أن تكون التكنولوجيا أكثر تقدماً وفي البيئة الليبية عامة والزنتان بالخصوص تبرز الحاجة إلى فهم واقع استخدام هذه التقنيات.

مشكلة الدراسة

على الرغم من تزايد الإهتمام عالمياً بتقنيات البناء الحديثة، فإن المعلومات المتاحة حول مستوى تبني هذه التقنيات في قطاع الإنشاءات بمدينة الزنتان لا تزال محدودة، ولا سيما فيما يتعلق بمستوى استخدامها، وانعكاساتها المدركة على جودة التنفيذ والكفاءة الزمنية والاقتصادية، والمعوقات التي تحد من انتشارها. ومن ثم تتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة إلى توصيف واقع تبني هذه التقنيات في البيئة المحلية وتحديد أبرز العوامل المرتبطة باستخدامها.

تساؤلات الدراسة

1. ما مستوى استخدام التقنيات الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟
2. ما أثر استخدام التقنيات الحديثة على جودة التنفيذ في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟
3. ما أثر استخدام التقنيات الحديثة على الكفاءة الزمنية والاقتصادية للمشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟
4. ما أبرز المعوقات التي تحد من استخدام التقنيات الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟

أهداف الدراسة

1. قياس مستوى تبني تقنيات البناء الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان.
2. التعرف على تصورات أفراد العينة حول انعكاس استخدام هذه التقنيات على جودة التنفيذ.
3. تحليل تصورات أفراد العينة حول انعكاس استخدامها على الكفاءة الزمنية والاقتصادية.
4. تحديد أبرز المعوقات التي تحد من تبني تقنيات البناء الحديثة.
5. تقديم توصيات عملية يمكن أن تساهم في تعزيز تبني هذه التقنيات في البيئة المحلية.

أهمية الدراسة

تظهر الأهمية العلمية في إثراء المعرفة المتعلقة بتبني تقنيات البناء الحديثة في البيئة الليبية وتوفير بيانات يمكن أن تكون أساساً لدراسات لاحقة. أما الأهمية التطبيقية فتتمثل في توفير معلومات للجهات الهندسية والبلدية والمؤسسات التعليمية حول مستوى استخدام التقنيات والمعوقات التي تواجه تطبيقها.

الدراسات السابقة

اعتماد BIM في منطقة اقليم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا [1]

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم مستوى اعتماد نمذجة معلومات البناء BIM مازال في مرحلة انتقالية حيث يتركز في المشاريع الكبرى فقط، كما حددت الدراسة أبرز معوقات التبني مثل نقص الكفاءات المدربة وارتفاع تكلفة البرمجيات. [1]

BIM والاستدامة في دول الخليج [2]:

تناولت هذه الدراسة واقع تطبيق نمذجة معلومات البناء في دول مجلس التعاون الخليجي مع التركيز على دورها في دعم الاستدامة في مشاريع البناء، وأشارت النتائج إلى أن دول مثل الامارات والسعودية وقطر تعد من الدول الرائدة إقليمياً في تبني BIM مدفوعة بالدعم الحكومي والمشاريع الضخمة، في المقابل لا تزال هناك تحديات مرتبطة بتوحيد المعايير والتكامل بين الأطراف المختلفة ونقص الخبرات المحلية. [2]

واقع تبني BIM في المملكة العربية السعودية [3]

استهدفت هذه الدراسة تحليل مستوى تبني نمذجة معلومات البناء في قطاع الانشاءات السعودي، من خلال استبيان شمل مهندسين واستشاريين ومقاولين، أظهرت النتائج أن الوعي بـ BIM مرتفع نسبياً، إلا أن التطبيق الفعلي لا يزال محدوداً في

بعض القطاعات كما أكدت الدراسة أن الدعم الحكومي ورؤية السعودية 2030 يمثلان عاملين رئيسيين في تسريع التحول الرقمي قطاع البناء. [3]

التوأم الرقمي والذكاء الاصطناعي في السعودية [4] :

ناقشت هذه الدراسة فوائد وتحديات تطبيق التوأم الرقمي المدعوم بالذكاء الاصطناعي في مشاريع البناء بالمملكة العربية السعودية، وأوضحت النتائج أن هذه التقنيات تساهم في تحسين مراقبة الأداء، تقليل الأخطاء، وتعزيز اتخاذ القرار، إلا أن تطبيقها يواجه تحديات تتعلق بالبنية التحتية الرقمية وتكلفة الأنظمة والحاجة إلى تدريب متخصص. [4]

التحول الرقمي في دول نامية [5]:

ركزت هذه الدراسة على تحليل أنماط اعتماد التقنيات الرقمية خاصة BIM في قطاع الإنشاءات في الدول النامية، وأظهرت النتائج أن التحديات الرئيسية تتمثل في ضعف البنية المؤسسية، محدودية التدريب، ومقاومة التغيير، في حين أن الدوافع الأساسية للتبني تشمل تحسين الانتاجية وتقليل التكاليف، وتعد هذه الدراسة مرجعا مهما للمقارنة مع دول عربية مثل ليبيا ومصر. [5]

الفجوة البحثية

على الرغم من تزايد الدراسات التي تناولت تبني تقنيات البناء الحديثة ، ولاسيما نمذجة معلومات البناء والتحول الرقمي والذكاء الاصطناعي، فإن معظم الدراسات السابقة ركزت على دول ومناطق عربية مثل دول الخليج والمملكة العربية السعودية ، بينما لاتزال الدراسات الميدانية التي تبحث في واقع تبني هذه التقنيات في المدن الليبية محدودة ، وخاصة في مدينة الزنتان . كما أن الأدبيات المتاحة لاتقدم صورة واضحة عن مستوى استخدام تقنيات البناء الحديثة، وانعكاساتها المدركة على جودة المشاريع وكفاءتها ، والمعوقات التي تحد من تبنيها في البيئة المحلية . ومن هنا تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال دراسة واقع تبني تقنيات البناء الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان ، وتحليل تصورات المهندسين والمتخصصين حول علاقتها بالجودة والكفاءة ، وتحديد أبرز التحديات التي تواجه تطبيقها.

منهجية البحث

1.مجتمع الدراسة :

تمثل مجتمع الدراسة في المهندسين والمختصين العاملين في المجال الإنشائي في مدينة الزنتان.

2.حجم العينة :

تكونت عينة الدراسة من 26 مهندسا ومختصا في المجال الإنشائي . وتم إختيار المشاركين من العاملين أو ذوي الخبرة في قطاع الإنشاءات بمدينة الزنتان .

3.خصائص المشاركين :

شملت العينة عدد من التخصصات الهندسية حيث كان 48% من المشاركين مهندسين مدنيين و32% مهندسين معماريين ، مع تنوع في سنوات الخبرة وكانت الفئة الأكثر تمثيلا من ذوي الخبرة التي تتراوح بين 5 و10 سنوات (60%).

4.تصميم الاستبيان

تم اعداد استبيان بهدف قياس مدى استخدام تقنيات البناء الحديثة، والتعرف على تصورات المشاركين بشأن تأثيرها في جودة التنفيذ والكفاءة الزمنية والإقتصادية والاستدامة بالإضافة إلى تحديد أبرز المعوقات التي تحد من إستخدامها . وتضمن الإستبيان أسئلة متعددة الخيارات وأسئلة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي لقياس درجة اتفاق المشاركين أو تقديرهم لمختلف جوانب الدراسة.

5.التحليل الإحصائي :

تم تحليل بيانات الإستبيان باستخدام الإحصاء الوصفي من خلال حساب التكرارات والنسب المئوية والمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ، بهدف وصف خصائص العينة وقياسات اتجاهات المشاركين نحو استخدام التقنيات الحديثة وتأثيرها والمعوقات المرتبطة بها

1-التحليل الإحصائي لدراسة تبني تقنيات البناء الحديثة في مدينة الزنتان

تتناول هذه الدراسة قياس مدى تبني تقنيات البناء الحديثة وتأثيرها على الكفاءة والجودة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان . تم جمع البيانات من عينة قوامها 26 مهندسا ومختصا في المجال الإنشائي.

أولاً: الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة.

توزعت العينة بشكل رئيسي بين المهندسين المدنيين (48%) والمعماريين (32%) ، مع خبرة عملية تتركز في الفئة من-5-10 سنوات (60%) ، وتشير هذه الخصائص إلى تنوع نسبي في خلفيات المشاركين من حيث التخصص والخبرة العملية.

تساؤلات الدراسة.

التساؤل الأول: ما مستوى استخدام التقنيات الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟

للإجابة على هذا التساؤل، تم تحليل مستوى المعرفة وواقع الاستخدام الفعلي للتقنيات:(الجدول رقم1)

النسبة المئوية	عدد المستخدمين	الأداة / التقنية
57.7%	15	الطباعة ثلاثية الأبعاد
46.2%	12	الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات
34.6%	9	نمذجة معلومات البناء (BIM)
26.9%	7	الاستدامة والبناء الأخضر
26.9%	7	الخرسانة ذاتية الإصلاح
19.2%	5	الروبوتات في البناء

تشير النتائج إلى أن مستوى الاستخدام لا يزال في مراحل متوسطة إلى أولية، حيث كانت الطباعة ثلاثية الأبعاد والذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات من أكثر التقنيات التي أبلغ المشاركون عن استخدامها.

التساؤل الثاني: ما أثر استخدام التقنيات الحديثة على جودة التنفيذ في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟
تم قياس هذا الأثر من خلال استطلاع آراء العينة حول تحسين الجودة: (الجدول رقم 2)

النسبة المئوية	التكرار	مستوى التحسن في الجودة
23.1%	6	ممتاز
34.6%	9	جيد جداً
34.6%	9	جيد
7.7%	2	ضعيف

بلغ المتوسط الحسابي لتقدير تحسين الجودة 3.73 من 5، وهو ما يقع في نطاق "مرتفع". يتضح من النتائج أن الغالبية العظمى (92.3%) ترى أن التقنيات الحديثة تساهم في تحسين جودة البناء بدرجات تتراوح بين الجيد والممتاز، وتشير هذه النتائج إلى أن أفراد العينة يرون أن استخدام التقنيات الحديثة يرتبط بتحسين مستوى جودة التنفيذ.

التساؤل الثالث: ما أثر استخدام التقنيات الحديثة على الكفاءة الزمنية والاقتصادية للمشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟
تم تحليل البيانات المتعلقة بتقليل التكاليف والمدة الزمنية: (الجدول رقم 3)

الاتجاه	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي من (5)	محور الكفاءة
مرتفع جداً	1.01	4.31	تحسين الاستدامة البيئية
مرتفع	1.17	3.81	تقليل مدة التنفيذ
مرتفع	1.27	3.77	تحسين السلامة في الموقع
متوسط - مرتفع	1.42	3.54	تقليل التكاليف

أظهرت النتائج أن التأثير الأبرز كان في (تحسين الاستدامة البيئية) و(تقليل مدة التنفيذ) وبالرغم من أن تقليل التكاليف حصل على متوسط أقل نسبياً (3.54)، إلا أن (53.8%) من المشاركين أكدوا أن هذه التقنيات توفر عائداً استثمارياً مناسباً مقارنة بالطرق التقليدية، وتشير الاستجابات أن ارتفاع التكلفة الأولية يمثل عائقاً رغم وجود تصور لدى بعض المشاركين بإمكانية تحقيق فوائد تشغيلية وزمنية.

التساؤل الرابع: ما أبرز المعوقات التي تحدّ من استخدام التقنيات الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان؟
تم تحديد المعوقات بناءً على تكرار اختيار المشاركين لها: (الجدول رقم 4)

الترتيب	التكرار	المعوق
1	12	التكلفة العالية
1	12	نقص الكفاءات المدربة
2	11	عدم توفر المدربين المناسبين
3	5	مقاومة التغيير من قبل الإدارة

تعتبر (التكلفة العالية) و(نقص الكفاءات) هما العائقان الرئيسيان بنسبة تكرار متساوية، يليهما مباشرة غياب مراكز التدريب المتخصصة. هذا يشير إلى أن المشكلة ليست في القناعة بالتقنية، بل في المتطلبات المادية والبشرية اللازمة لتشغيلها.

النتائج

- أظهرت النتائج أن نسبة استخدام التقنيات الحديثة في المشاريع الإنشائية بمدينة الزنتان ما تزال في مرحلة متوسطة إلى أولية.
- جاءت الطباعة ثلاثية الأبعاد في المرتبة الأولى من حيث الاستخدام بنسبة (57.7%)، تليها تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات بنسبة (46.2%).
- تبين أن استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) لا يزال محدوداً مقارنة بالتقنيات الأخرى بنسبة (34.6%).
- أكدت غالبية المشاركين أن التقنيات الحديثة تساهم في تحسين جودة التنفيذ، حيث بلغ المتوسط الحسابي لتحسن الجودة (3.96 من 5) وهو مستوى مرتفع.

5. أظهرت النتائج أن التقنيات الحديثة تساعد في تقليل مدة تنفيذ المشاريع وتحسين الاستدامة البيئية ورفع مستوى السلامة في مواقع العمل.
6. بينت الدراسة أن التأثير على تقليل التكاليف كان متوسطاً مقارنةً ببقية المحاور بسبب ارتفاع التكلفة الأولية للتقنيات الحديثة.
7. تمثلت أبرز المعوقات في ارتفاع تكلفة التقنيات الحديثة ونقص الكفاءات والخبرات المدربة، إضافة إلى محدودية مراكز التدريب وضعف البنية التحتية الرقمية.

التوصيات

1. تعزيز البنية التحتية الرقمية في المؤسسات الهندسية والإنشائية بمدينة الزنتان.
2. تنظيم دورات تدريبية وورش عمل متخصصة للمهندسين والفنيين حول التقنيات الحديثة في البناء.
3. تشجيع استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) والذكاء الاصطناعي في المشاريع الحكومية والخاصة.
4. دعم المؤسسات الصغيرة والمتوسطة لتبني التقنيات الحديثة من خلال التسهيلات المالية وتقليل تكاليف البرمجيات والتجهيزات.
5. إنشاء شراكات بين الجامعات والقطاع الهندسي لتطوير المهارات التقنية وربط الجانب الأكاديمي بالتطبيق العملي.
6. زيادة الوعي بأهمية التحول الرقمي في قطاع الإنشاءات ودوره في تحسين الجودة والكفاءة والاستدامة.
7. تشجيع إجراء المزيد من الدراسات المحلية حول استخدام التكنولوجيا الحديثة في قطاع البناء الليبي بشكل عام.

المراجع

- 1-Abdullah, M, S, Salem, M, Said.S.O and Tantawy, M. 2024. BIM adoption in MENA's construction industry: A contractor's perspective. Civil Engineering Jurnal, 10(8).
- 2-London INTL Sustainable Development Research Department. 2025. Adopting BIM for sustainable construction in the GCC. London INTL.
- 3-Alaboud, N. 2023. Adoption of building information modelling in the Saudi construction industry. Sustainability, 15 (7),6130.
- 4-Alnaser, A.A.2025.Benefits and challenges of AI-based digital twin adoption in Saudi Arabia's construction industry. Applied Sciences,5(9).
- 5-Rinchen, S, et al. 2024. Driving digital transformation in construction: Strategic insights into BIM adoption in developing countries. Project Leadership and Society.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of LOUJAS and/or the editor(s). LOUJAS and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.