Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 20, No. 77, October 2025, 1424 - 1437

EVALUATION OF URBAN REHABILITATION USING XR TECHNOLOGY: THE CASE OF THE IBN TULUN MOSQUE SURROUNDINGS

Hani Youssef *, Osama El-Rawy, Alaa ELdin Farid

Department of Architecture, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt.

* **Correspondence**: architect.hani@gmail.com

Citation:

H. Youssef, O. El-Rawy, and A. Farid " Evaluation of Urban Rehabilitation Using XR Technology: The Case of The Ibn Tulun Mosque Surroundings ", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, vol. 20(77), pp. 1424-1437, 2025

Received: 22 April 2025

Revised: 15 July 2025

Accepted: 05 August 2025

Doi: 0.21608/auej.2025.377856.1822

Copyright © 2025 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-SA 4.0)

ABSTRACT

Urban rehabilitation is witnessing a transformative shift as the demand grows for more interactive and effective planning tools, especially in culturally and architecturally sensitive historic areas. This study aims to assess the integration of Extended Reality (XR) technologies,including Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and Mixed Reality (MR), in supporting urban rehabilitation strategies. A practical application was conducted in the surrounding area of the Ahmad Ibn Tulun Mosque in Historic Cairo. The findings revealed that XR technologies significantly improve the understanding of proposed interventions by both planners and the local community. They also enhance community engagement and provide an effective visual tool for evaluating urban impacts. The study recommends incorporating these technologies in future urban rehabilitation frameworks, particularly in historic environments, as they support sustainable urban development that respects cultural and architectural heritage.

KEYWORDS: Extended Reality (XR), Urban Rehabilitation, Building Information Modeling (BIM), Ahmad Ibn Tulun Mosque, Virtual and Augmented Reality.

تقييم إعادة التأهيل الحضري باستخدام تقنية الواقع المُوسَّع: محيط مسجد بن طولون كمثال تطبيقي

هاني يوسف *، أسامة الراوي، علاء الدين فريد

قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الأزهر، القاهرة، مصر

البريد الالكتروني للباحث الرئيسي: architect.hani@gmail.com

الملخص

يشهد مجال إعادة التأهيل الحضري تحولًا نوعيًا مع تصاعد الحاجة إلى أدوات أكثر تفاعلية وفعالية في التخطيط والتنفيذ، لا سيّما في المناطق التاريخية ذات الحساسية العمرانية والثقافية .في هذا السياق، يهدف هذا البحث إلى تقييم توظيف تقنيات الواقع المُوسَّع(XR) ، بما في ذلك الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز (AR) والواقع المختلط (MR) ، في دعم استراتيجيات إعادة التأهيل الحضري، وذلك من خلال تطبيق عملي على محيط مسجد أحمد بن طولون في القاهرة التاريخية. أظهرت النتائج أن دمج تقنيات XR يُسهم بشكل ملحوظ في تحسين فهم التدخلات التصميمية المقترحة من قبل كل من المخططين والسكان، كما يعزز من المشاركة المجتمعية، ويوفر أداة بصرية فعالة لـــ تقييم الأثر العمراني .ويوصي البحث بضرورة إدماج هذه التقنيات ضمن أطر التأهيل الحضري المستقبلية، خاصة في البيئات التاريخية، لما لها من دور في تحقيق تنمية عمرانية مستدامة تُراعي البُعد الثقافي والمعماري.

الكلمات المفتاحية :الواقع المُوسَّع(XR) ، إعادة التأهيل الحضري، نمذجة معلومات البناء(BIM) التاريخية، مسجد أحمد بن طولون، المشاركة المجتمعية، التنمية المستدامة، تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز.

Correct Proof

١. المقدمة

تعيش المدن الحديثة تحولات متسارعة على المستويين العمراني والاجتماعي، مما يستدعي تبنّي أفكار وتقنيات مبتكرة لتحسين جودة الحياة والبنية التحتية. في هذا الإطار، تبرز تقنيات الواقع المُوسَّع (Extended Reality - XR) كأداة واعدة في دعم التخطيط الحضري، خاصة في عمليات إعادة التأهيل للمناطق الحضرية المتدهورة والمواقع التراثية الحساسة.

في السياق المصري، وتحديدًا في القاهرة التاريخية، تبرز الحاجة إلى أدوات رقمية تفاعلية تُسهم في توثيق وتحليل الواقع القائم، واقتراح حلول تصميمية قابلة للتصور والمراجعة من قبل المجتمع والمخططين على حد سواء. ويشكّل محيط مسجد أحمد بن طولون حالة دراسية فريدة (**شكل رقم** ١)، تجمع بين الإرث المعماري العميق والتدهور الحضري والتحديات الاجتماعية المعاصرة.

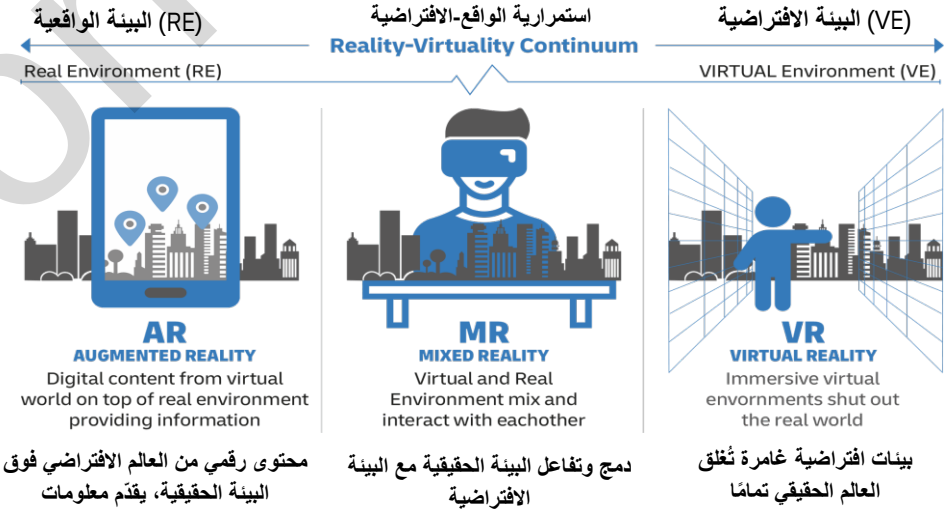
شكل رقم ١ محيط مسجد أحمد بن طولون - حالة دراسية فريدة

يركز هذا البحث على توظيف تقنيات الواقع المُوسَّع (XR) مدعومة بتكنولوجيا نمذجة معلومات البناء (BIM) لتقديم نموذج تطبيقي يعزز من إعادة التأهيل الحضري في القاهرة التاريخية. وينطلق من فرضية أن هذه الأدوات الرقمية يمكن أن تسهم في تحسين عملية التصميم، وتحفيز المجتمع على المشاركة، وضمان الحفاظ على الطابع التراثي للمكان، مما يفتح آفاقًا جديدة للتنمية المستدامة في المناطق ذات القيمة التاريخية.

ويُعد محيط مسجد أحمد بن طولون نموذجًا مثاليًا لهذه الحالة، لما يمثله من قيمة معمارية وتاريخية.**وتكمن أهمية هذا البحث** في كونه يُقدّم نموذجًا تطبيقيًا تفاعليًا يعزز أدوات اتخاذ القرار في إعادة تأهيل المناطق التاريخية باستخدام تقنيات XR وBIM، ويُسهم في رفع مستوى المشاركة المجتمعية، وتوفير بديل بصري دقيق يمكن تعميمه في مواقع تراثية أخرى.

٢. الخلفية النظرية والإطار المفاهيمي

تُعد تقنيات الواقع المُوسَّع (XR) من أبرز أدوات التحول الرقمي التي بات لها دور متزايد في مجالات التخطيط العمراني، التعليم، الطب، والتراث الثقافي. ويُقصد بالواقع المُوسَّع مجموعة من التقنيات التي تدمج الواقع الحقيقي بالواقع الرقمي بدرجات متفاوتة، بهدف خلق تجربة تفاعلية غامرة تعزز من الفهم البصري وتُيسر اتخاذ القرار. وتتفرع تقنيات XR إلى ثلاث فئات رئيسية – يوضح (**شكل رقم ٢**) الفارق بين تلك التكنولوجيا المختلفة حيث تختلف بناءا على درجة التفاعل مع العالم الحقيقي ومدى الاعتماد على المحتوى الرقمي.



شكل رقم ٢ الفوارق بين تكنولوجيا AR-MR-VR

Corrected proof

٢,١. تقنية الواقع المتوسع Extended Reality (XR):

الواقع المُوسَّع (XR) هو مصطلح شامل يجمع بين تقنيات الواقع الافتراضي(VR) ، والواقع المعزز(AR) ، والواقع المختلط(MR) ، ويهدف إلى دمج العالمين الرقمي والواقعي لخلق تجارب تفاعلية غامرة تتجاوز الوسائط التقليدية. تعمل XR كمظلة تقنية مرنة تتيح تطبيقات متنوعة في التعليم، التصميم، والتخطيط الحضري **(شكل رقم ٢)**.

٢,٢. الواقع الافتراضي (Virtual Reality)

يشمل VR إنشاء بيئة افتراضية كاملة ومنفصلة عن الواقع الفعلي. المستخدم يُغمر تمامًا في عالم رقمي، حيث يمكنه التفاعل بشكل كامل مع هذا العالم باستخدام نظارات VR ومستشعرات الحركة. الواقع الافتراضي (Virtual Reality) هو نظام تكنولوجي يقوم بإنشاء بيئة افتراضية تفاعلية يمكن للمستخدمين التفاعل معها باستخدام أجهزة خاصة مثل نظارات الواقع الافتراضي. يتيح الواقع الافتراضي للمستخدمين الانغماس في عوالم رقمية وتفاعل مع البيئة من حولهم بشكل واقعي.

٢,١. الواقع المعزز (Augmented Reality - AR)

الواقع المعزز هو نظام تكنولوجي يجمع بين البيئة الواقعية والعناصر الرقمية، حيث يتم إضافة معلومات إلكترونية إلى العالم الحقيقي لتعزيز تجربة المستخدم. يستخدم الواقع المعزز أجهزة مثل الهواتف الذكية أو نظارات خاصة لعرض العناصر الافتراضية في الوقت الحقيقي.

يدمج الواقع المعزز العناصر الرقمية مع الواقع الفعلي. المستخدم يرى العالم الحقيقي من حوله ولكن مع إضافة عناصر رقمية تظهر في بيئته باستخدام أجهزة مثل الهواتف الذكية أو نظارات AR.

٢,٢. الواقع المختلط (Mixed Reality - MR)

الواقع المختلط هو نظام تكنولوجي يجمع بين العالم الواقعي والعالم الافتراضي، حيث يتيح للمستخدمين تفاعل وتكامل بين العناصر الرقمية والعناصر الحقيقية في بيئة مشتركة. يتميز الواقع المختلط بقدرته على تحقيق تفاعل وتكامل ديناميكي بين الواقع الافتراضي والواقع الحقيقي.

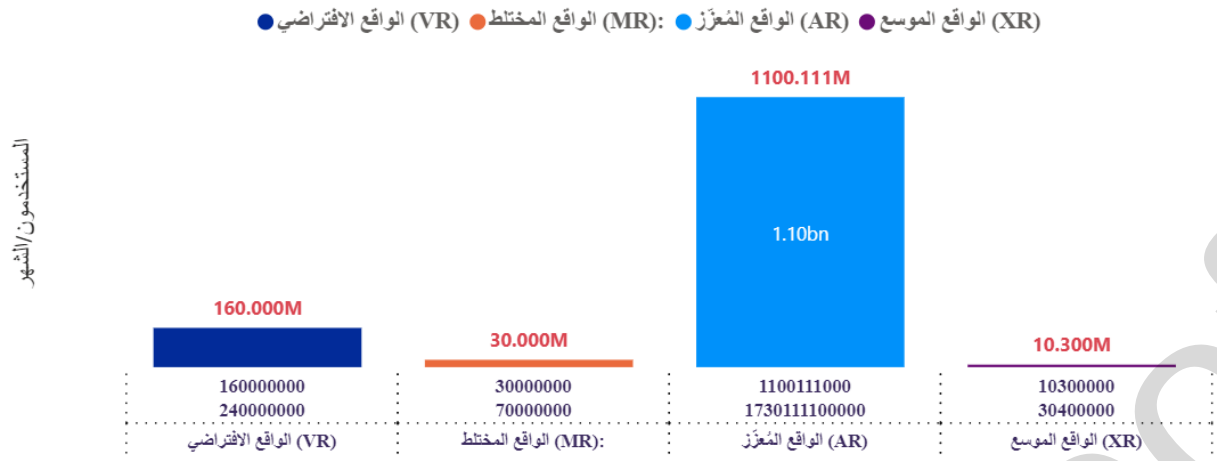
يمزج الواقع المختلط بين الواقع الفعلي والعالم الرقمي بشكل تكاملي. يتيح للمستخدمين التفاعل مع العناصر الرقمية بشكل حيوي ومتقدم في الوقت الحقيقي داخل البيئة الفعلية التي يتواجدون فيها. يوضح **(جدول رقم ١)** الفوارق بين التقنيات المختلفة.

جدول رقم ١يوضح الفوارق بين التقنيات المختلفة المكونة للواقع الموسع

البند	الواقع الافتراضي (VR)	الواقع المعزز(AR)	الواقع المختلط(MR)
التفاعل مع الواقع	منعدم (انعزال تام)	متوسط (إضافة معلومات على الواقع)	مرتفع (تفاعل ديناميكي بين الواقع والافتراض)
الأجهزة المطلوبة	نظاراتVR ، وحدات تحكم	هواتف ذكية، نظاراتAR	نظاراتMR ، أجهزة استشعار متقدمة
الاستخدامات	التدريب، المحاكاة، الترفيه	التعليم، التفسير السياحي	التصميم العمراني، التفاعل مع البيانات
درجة الغمر	عالية جدًا	منخفضة إلى متوسطة	متوسطة إلى عالية

لا تزال تقنيات XR في مراحلها الأولى من التطوير في الشرق الأوسط، لذلك من المتوقع أن تشهد نموًا كبيرًا في السنوات القادمة يعكس **(شكل رقم ٣)** تطور استخدام تلك التقنيات في الآونة الأخيرة. مع ذلك، يمكن القول إن هناك زيادة مستمرة في اعتماد هذه التقنيات في مجموعة متنوعة من الصناعات مثل الألعاب، والتعليم، والطب، والصناعات الهندسية. تستمر التقنيات المرتبطة بـ AR و VR و XR في جذب الاهتمام بسبب إمكانياتها في توفير تجارب غنية وتفاعلية.

Corrected Proof



شكل رقم ٣ طور عدد الزيادة في استخدام تقنيات الواقع الافتراضي

٢,٣. اعادة التأهيل الحضري

إعادة التأهيل الحضري هي عملية شاملة تهدف إلى تحسين جودة حياة السكان في المناطق الحضرية المتدهورة. تشتمل هذه العملية على مجموعة واسعة من التدخلات التي تهدف إلى تحسين البنية التحتية، والمساكن، والبيئة، والخدمات الاجتماعية والاقتصادية، وتعزيز التفاعل الاجتماعي والحفاظ على التراث الثقافي
تشهد القاهرة التاريخية جهودًا مستمرة للحفاظ على تراثها الثقافي والتاريخي من خلال عمليات التأهيل الحضري. وفي هذا السياق، يتم تنفيذ عمليات التأهيل في القاهرة التاريخية بطرق تقليدية تعتمد على التقنيات اليدوية والتصوير الفوتوغرافي، مما يعكس قدرة المجتمع على الاستفادة من الوسائل التقنية الحديثة بشكل محدود.

٢,٤.المزايا:

١. **الحفاظ على التراث**: تُعَدّ عمليات التأهيل الحضري أساسية للحفاظ على التراث الثقافي والتاريخي للقاهرة التاريخية، مما يسهم في تعزيز الوعي الثقافي والتاريخي للمجتمع والتواصل الاجتماعي: يشجع التأهيل الحضري على التواصل الاجتماعي والتفاعل بين أفراد المجتمع من خلال مشاركتهم في عمليات الرفع اليدوي والتصوير الفوتوغرافي.

٢,٥.العيوب:

١. **التقنيات القديمة**: استخدام التقنيات التقليدية يمكن أن يكون عائقًا لعمليات التأهيل، حيث يمكن أن يكون هناك تأخر في إجراء الدراسات والتحليلات (**شكل رقم ٤**) (شكل **رقم ٥**) ومعلوم أن إعادة الدهانات، تجديد سريع للمظهر الخارجي بتكلفة منخفضة لا تعكس التقدم التكنولوجي والفني.

٢. **نقص الابتكار**: عدم استخدام طرق بحثية حديثة، مثل الواقع الافتراضي والمعزز والمختلط، يمكن أن يحد من إمكانية تطبيق حلول مبتكرة في عمليات التأهيل.

شكل رقم ٤ برنامج تطوير القاهرة التاريخية، نموذج لأحد العقارات قبل وبعد إعادة التأهيل

يجب أن يكون التأهيل الحضري في القاهرة التاريخية متوازنًا بين الاستفادة من التقنيات الحديثة والحفاظ على التقاليد، مما يسهم في

Corrected proof

تعزيز استدامة وجاذبية هذه الأماكن التاريخية المهمة

والرسومات ثنائية الأبعاد لا تعكس التقدم التكنولوجي والفني (**شكل رقم ٦**) بينما تقدم الوسائل التقنية الحديثة فرصًا كبيرة لتحسين عمليات التأهيل الحضري، حيث يمكن استخدام التكنولوجيا لتسهيل عمليات الرفع وتحليل البيانات. يُشدد على ضرورة استكشاف تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز والمختلط لتحسين تفاعل المجتمع مع عمليات التأهيل وتوفير أساليب بحثية أكثر دقة وفاعلية.

شكل رقم ٥ تأهيل منطقة درب اللبانة، ترميم للمنازل القديمة والواجهات ذات الطابع العمراني القديم

٢,٦. إعادة التأهيل الحضري لمحيط مسجد أحمد بن طولون

يُعد محيط مسجد أحمد بن طولون (**شكل رقم ٦**) واحدًا من أبرز المناطق العمرانية التاريخية في قلب القاهرة، نظرًا لموقعه الاستراتيجي وطابعه المعماري الفريد الممتد منذ العصر الطولوني. ومع مرور الزمن، شهد هذا المحيط تدهورًا تدريجيًا في البنية العمرانية والاجتماعية، تمثل في تهالك المباني، وغياب الخدمات الأساسية، وتغيرات نمط الاستخدام العمراني، مما أثّر سلبًا على القيمة الجمالية والمعيشية للمكان .رغم ما يتمتع به هذا الموقع من إمكانيات تراثية وسياحية وثقافية، إلا أن مشاريع إعادة التأهيل السابقة غالبًا ما افتقرت إلى الرؤية التشاركية والتقنيات التفاعلية التي تُمكّن من تصور مستقبل المنطقة بشكل واقعي. وقد اقتصر كثير منها على التدخلات الشكلية أو التجميلية دون معالجة حقيقية للبنية التحتية أو دمج السكان في عملية التطوير.

شكل رقم ٦ محيط مسجد أحمد بن طولون – القاهرة التاريخية

في هذا الإطار، يطرح هذا البحث تصورًا مختلفًا لإعادة تأهيل محيط مسجد أحمد بن طولون من خلال دمج تقنيات الواقع المُوسَّع (XR)مع نمذجة معلومات البناء(BIM) ، وذلك بهدف:

Corrected proof

١. توثيق الحالة العمرانية الراهنة بدقة.
٢. تحليل المشكلات المكانية والاجتماعية بطريقة رقمية.
٣. عرض هذه النماذج عبر تقنيات الواقع المعزز أو المختلط لمراجعتها من قبل السكان وصُنّاع القرار.

تم استخدام تقنيات رقمية (BIM + XR) لتوثيق وتحليل وتصور الواقع المعماري للموقع، وستُعرض تفاصيل المنهجية لاحقًا.

٣. مشكلة البحث

الأساليب التقليدية المعتمدة في إعادة التأهيل الحضري لم تُحقق النتائج المرجوّة، خاصة في المناطق المحيطة بالمعالم الكبرى مثل مسجد أحمد بن طولون. تفتقر هذه المناطق إلى أدوات تحليل وتخطيط حديثة تتيح تصور المشروعات العمرانية بشكل بصري وتفاعلي قبل التنفيذ، ما ينعكس سلبًا على جودة التدخلات، ومدى تقبّل المجتمع لها، واستدامتها على المدى الطويل.

في ظل هذه التحديات، تظهر ثغرة رئيسية في غياب الاستخدام المتكامل للتقنيات الرقمية الحديثة – وعلى رأسها تقنيات الواقع المُوسَّع (XR) ونمذجة معلومات البناء – (BIM) كوسيلة لتقييم وإدارة مشروعات إعادة التأهيل في المواقع التاريخية الحساسة. كما أن ضعف إشراك المجتمع في صياغة القرارات العمرانية، بسبب قصور أدوات العرض التقليدية، يخلق فجوة بين الرؤية التصميمية واحتياجات المستخدمين الفعليين.

بالتالي، تتمثل المشكلة البحثية (**جدول رقم ٢**) في غياب أداة رقمية تفاعلية تُمكّن من تصور وتقييم مشاريع إعادة التأهيل العمراني في المناطق التاريخية بشكل يعزز من فعالية التخطيط وإشراك المجتمع المحلي. ويُعزى ذلك إلى صعوبة تصور التدخلات العمرانية مسبقًا وضعف آليات المشاركة المجتمعية، مما قد يؤدي إلى نتائج غير متوافقة مع احتياجات السكان. يسعى البحث إلى معالجة هذه الفجوة من خلال توظيف نمذجة معلومات البناء (BIM) لتوثيق الوضع القائم، وتطوير نماذج ثلاثية الأبعاد تفاعلية تُعرض عبر تقنيات الواقع المُوسَّع(XR) ، بما يتيح تقييم البدائل التصميمية بمشاركة مجتمعية فعالة قبل التنفيذ

جدول رقم ٢ مشاكل البحث والشرح والتوضيح الخاص بها

المشكلة البحثية	الشرح والتوضيح
قصور أدوات التقييم التقليدية	الاعتماد على مخططات ثنائية الأبعاد أو وصف نصي لا يتيح تصور دقيق لتأثير مشاريع التأهيل على النسيج العمراني والمجتمعي.
ضعف المشاركة المجتمعية	غياب منصات تفاعلية تسمح للسكان المحليين بفهم المقترحات العمرانية والتعبير عن آرائهم قبل التنفيذ الفعلي للمشروع.
غياب التكامل بين التقنيات الرقمية	عدم وجود نموذج تطبيقي يدمج بين نمذجة معلومات البناء (BIM) وتقنيات الواقع المُوسَّع (XR) ضمن عملية واحدة لتحليل وتصميم وتأهيل المناطق التاريخية.
صعوبة اتخاذ القرار في المناطق التراثية	عدم وضوح تأثير التدخلات المقترحة على القيمة التاريخية والمعمارية، مما يؤدي إلى قرارات ارتجالية أو موجهة بفعل الضغوط السياسية أو الوقتية.
محدودية التوثيق الرقمي الدقيق	نقص استخدام نماذج ثلاثية الأبعاد الموثقة للمباني والفراغات في المناطق التاريخية، ما يضعف فهم الواقع القائم ويؤثر على دقة الحلول المقترحة.
فجوة بين الرؤية التصميمية والتنفيذ الفعلي	التباين بين ما يتم تخطيطه نظريًا وما يتم تنفيذه ميدانيًا، نتيجة غياب أدوات تتيح تقييم الحلول بصريًا وعمليًا قبل التنفيذ.
عدم ملاءمة بعض المشاريع لخصوصية المواقع التاريخية	تنفيذ مشاريع لا تراعي الطابع المعماري أو السياق الثقافي للمنطقة، نتيجة غياب محاكاة تفاعلية لتأثيرات التصميم المقترح على الهوية البصرية والتاريخية.

٤. أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى تقديم إطار تطبيقي متكامل لتوظيف تقنيات الواقع المُوسَّع" (XR) بالتكامل مع نمذجة معلومات البناء (BIM) في عمليات إعادة التأهيل الحضـــري للمناطق التاريخية، مع التركيز على محيط مســـجد أحمد بن طولون كحالة دراســـية. وتتمثل الأهداف التفصيلية فيما يلي:

١. **تحليل الواقع القائم للموقع التاريخي** من خلال توثيق العناصر العمرانية والمعمارية باستخدام تقنيات BIM كأداة للرفع والتحليل المكاني.

Corrected Proof

٢. **استكشاف إمكانيات توظيف تقنيات الواقع المُوسَّع** (XR) ، بما يشمل الواقع الافتراضي والمعزز والمختلط، في عرض التصورات التصميمية لمشروعات إعادة التأهيل بطريقة تفاعلية وغامرة.
٣. **تعزيز المشاركة المجتمعية** عبر استخدام نماذج ثلاثية الأبعاد تفاعلية، تُمكّن المستخدمين المحليين من تصور التغييرات العمرانية وتقديم ملاحظاتهم قبل تنفيذها.
٤. **تطوير نموذج رقمي تطبيقي** يُمكن استخدامه كمرجعية مستقبلية لتأهيل مناطق تراثية مشابهة، يجمع بين الدقة التقنية والتفاعل الإنساني.
٥. **تقييم فعالية التكامل بين** BIM **و** XRفي تحسين جودة اتخاذ القرار في مشاريع إعادة التأهيل، من حيث الفهم البصري، وكفاءة التخطيط، واحترام الخصوصية التاريخية للمكان.

٥. مراجعة الأدبيات السابقة

شهدت السنوات الأخيرة تزايدًا ملحوظًا في الاهتمام باستخدام تقنيات الواقع المُوسَّع (XR) في مجالات التخطيط العمراني، التوثيق المعماري، والحفاظ على التراث. وقد ركّزت هذه الدراسات (جدول رقم ٣) على مدى فعالية هذه التقنيات في تحسين التصور، وتعزيز تجربة المستخدم، وتوسيع نطاق المشاركة المجتمعية. إلا أن هناك تفاوتًا في الأهداف والمنهجيات، وتبقى فجوة التطبيق **في إعادة التأهيل الحضري للمواقع التاريخية** قائمة، خاصة في السياق العربي.

٥,١. دراسات عالمية حديثة

١. Virtual Reality in Heritage Education for Enhanced Learning Experience

تناولت هذه الدراسة إمكانيات استخدام تقنيات الواقع الافتراضي في التعليم المعماري والتراثي، من خلال استعراض تطبيقات تفاعلية تسهم في تعزيز إدراك الطلاب للعناصر المكانية والثقافية. ركزت على تصميم بيئات تعليمية رقمية واقعية، تعتمد على المحتوى الغامر، بما يرفع من كفاءة الفهم والاندماج أثناء التعلم.

٢. Towards Tangible Cultural Heritage Experiences through Immersive Technologies

عرضت هذه الدراسة منهجًا لدمج تقنيات الواقع الافتراضي مع **واجهات لمسية (Tactile Interfaces)** لخلق تجارب تراثية حسيّة تفاعلية. وتهدف إلى تحويل التراث غير المادي إلى تجربة ملموسة تدعم الحواس وتُعزز من إدراك الزائر أو المستخدم، من خلال محاكاة مادية رقمية تجمع بين البُعدين البصري واللمسي.

٣. Using VR in Museums to Bridge Material and Immaterial Heritage – 2025

تناولت هذه الدراسة تطبيقًا فعليًا داخل أحد المتاحف البرتغالية، حيث تم استخدام الواقع الافتراضي لدمج العناصر المادية (مثل المعروضات) مع الروايات الثقافية غير المادية. وقد أظهرت النتائج دور الوسائط التفاعلية في إحياء سرديات التاريخ المحلي وتعزيز تجربة الزائر من خلال استكشاف متعدد الوسائط.

٥,٢.دراسات عربية ومصرية

٤. التطبيقات الحضارية لتقنيات الواقع المختلط: إعادة تأهيل القاهرة التاريخية نموذجًا
قدّمت هذه الدراسة تحليلًا نظريًا لإمكانات **الواقع المختلط (MR)** في دعم جهود إعادة تأهيل المواقع التراثية بالقاهرة التاريخية. ركّزت الورقة على استعراض الإمكانات التقنية من حيث دمج المعلومات الرقمية مع المشهد الواقعي، لكنها اقتصرت على الجوانب المفاهيمية دون تقديم تطبيق عملي أو قياس تفاعل المستخدمين، مما حدّ من قدرة الدراسة على إثبات جدوى التقنية ميدانيًا.

٥. تطبيق شارع المعز – AR جامعة القاهرة
يُعد هذا المشروع محاولة ميدانية لاستخدام **الواقع المعزز (AR)** في عرض المعالم المعمارية والتراثية بشارع المعز بطريقة تفاعلية. ركزت التجربة على الأبعاد السياحية والتعريفية للمكان من خلال واجهات مرئية ثلاثية الأبعاد، دون تناول تأثير ذلك على الوعي المجتمعي أو استخدام التقنية كأداة لإعادة التأهيل أو دعم اتخاذ القرار التخطيطي.

٦. عرض رقمي تفاعلي لمسجد السلطان حسن باستخدام تقنيات– XR
استعرضت هذه الدراسة بناء نموذج رقمي تفاعلي لمسجد السلطان حسن باستخدام تقنيات الواقع المُعزَّز والافتراضي، بهدف تحسين تجربة التعلم والتوثيق البصري. وقدمت الدراسة مخرجات تقنية قوية لكنها ركّزت على النمذجة البصرية دون تحليل شامل لأثر النموذج على الفهم المعماري أو المشاركة المجتمعية.

Corrected Proof

جدول رقم ٣ ملخص دراسات الحالة عربيا وعالميا بنقاط القوة والضعف

الدراسة	الموقع	الهدف	التقنية المستخدمة	نقاط القوة	القصور / الفجوة
Virtual Reality in Heritage Education	عالمي	تعزيز التعليم بالتراث من خلال بيئات افتراضية	VR	شمولية في المراجعة والتطبيقات التعليمية	لا تتناول التخطيط أو التأهيل الحضري
Towards Tangible Heritage Experiences	أوروبي	تحويل التراث غير المادي إلى تجربة غامرة	VR + Touch Interfaces	الدمج بين الصوت والحركة والحواس	غير موجه لمواقع قائمة – لا يشمل تحليل حضري
Using VR To Bridge Material/Immaterial Heritage	البرتغال	بناء بيئات رقمية تفاعلية للعرض المتحفي	VR	واقعية المشهد التفاعلي – تجربة غامرة	لا يشمل المشاركة المجتمعية أو خطط تأهيل
التطبيقات الحضارية لتقنيات MR	مصر – نظري	تحليل إمكانيات MR في السياق التاريخي	MR	تأصيل نظري لمفاهيم الواقع المختلط	لا يحتوي تطبيق ميداني أو تحليل تفاعلي
مشروع – AR شارع المعز – جامعة القاهرة	مصر – جامعي	عرض المعالم التراثية عبر الهاتف المحمول	AR	تجربة مستخدم سهلة ومباشرة	لا يشمل تحليل حضري – غير متكامل مع بيانات BIM
عرض رقمي تفاعلي لمسجد السلطان حسن – جامعة عين شمس	مصر – أكاديمي	توثيق وتحسين عرض مسجد السلطان حسن رقمياً	XR (VR + AR)	تفاصيل معمارية دقيقة – توظيف تفاعلي	غياب عنصر التقييم المجتمعي – محدودية النشر

٣,٥. الفجوة المعرفية

١. معظم الدراسات تنحصر في **العرض البصري أو التوثيق فقط**، دون تقديم **نموذج متكامل يجمع بين XR و BIM** في مراحل التخطيط، التقييم، والمشاركة المجتمعية.
٢. ندرة **الدراسات التطبيقية** التي تربط بين تقنيات الواقع المُوسَّع والتخطيط الحضري في **السياقات التاريخية الحساسة**.
٣. **غياب نماذج تقييم تشاركية** تعتمد على اختبار المستخدم ومقارنة الانطباعات الرقمية بالواقع الميداني.

٦. منهجية البحث

اعتمد هذا البحث على **منهج تطبيقي نوعي** يستند إلى تقنيات النمذجة الرقمية ثلاثية الأبعاد وتقنيات الواقع المُوسَّع (Extended Reality - XR)، وذلك بهدف **تقييم فاعلية استخدام تقنيات XR في دعم قرارات إعادة التأهيل الحضري**، من خلال تجربة رقمية تفاعلية لمحيط مسجد أحمد بن طولون، تجمع بين التحليل المكاني والتفاعل البصري. وقد تم تنفيذ المنهجية عبر أربع مراحل رئيسية متكاملة (جدول رقم ٤) كما يلي:

المرحلة الأولى: جمع البيانات(Data Collection)

بدأت الدراسة بتنفيذ زيارة ميدانية شاملة لموقع الدراسة في محيط مسجد أحمد بن طولون، بهدف توثيق الوضع العمراني والفراغي القائم. تم خلال الزيارة التقاط **صور فوتوغرافية عالية الدقة** تبيّن تفاصيل الواجهات المعمارية، وحالة المباني، والفراغات العامة، إلى جانب دراسة التوزيع المكاني للأنشطة والأنماط الحضرية. كما تم الحصول على **رسومات أوتوكاد أصلية للموقع**، تشمل المباني والشوارع والحدود العمرانية، من مصادر موثوقة ومؤسسات معنية بحفظ التراث، بهدف استخدامها كنقطة انطلاق لبناء النموذج الرقمي ثلاثي الأبعاد.

المرحلة الثانية: تطوير النموذج ثلاثي الأبعاد(3D Model Development)

في هذه المرحلة، تم توظيف برنامج **Autodesk Revit** لتطوير نموذج معلوماتي ثلاثي الأبعاد (BIM) يحاكي الواقع العمراني بدقة، مع التركيز على التكوينات المعمارية والفراغات الحضرية المحيطة بالمسجد. وقد شمل النموذج المباني، الشوارع، الساحات، والفراغات المتدهورة التي تم تحديدها خلال التحليل الميداني. بعد ذلك، تم **تصدير النموذج إلى بيئة الواقع المُوسَّع** باستخدام برنامج **Sketchfab**، مع إضافة مواد بصرية، أصوات، وعناصر تفاعلية تتيح للمستخدم التنقل داخل البيئة الرقمية واختبار المقترحات التأهيلية بطريقة غامرة وواقعية.

المرحلة الثالثة: اختبار المستخدم (User Testing)

Corrected proof

لتحقيق تقييم عملي لتأثير تقنيات XR على فهم مشاريع إعادة التأهيل، تم عرض النموذج التفاعلي **(شكل رقم ٧)** على **عينة مكونة من ٢٠ مشاركًا**، شملت طلابًا في العمارة ومهتمين بالتراث ومخططين حضريين. استخدم المشاركون نظارات الواقع الافتراضي (VR)لاستكشاف المشروع المقترح والتنقل بين مكوناته. بعد انتهاء التجربة، طُلب منهم **تعبئة استبيان إلكتروني** تم تصميمه لقياس أربعة مؤشرات رئيسية مرتبطة بتجربة المستخدم، وهي:

- الإدراك البصري(Visual Perception)
- سهولة التفاعل(Ease of Interaction)
- درجة الانغماس(Immersion)
- فهم التكوين العمراني والموقع(Comprehension)

المرحلة الرابعة: تحليل البيانات(Data Analysis)

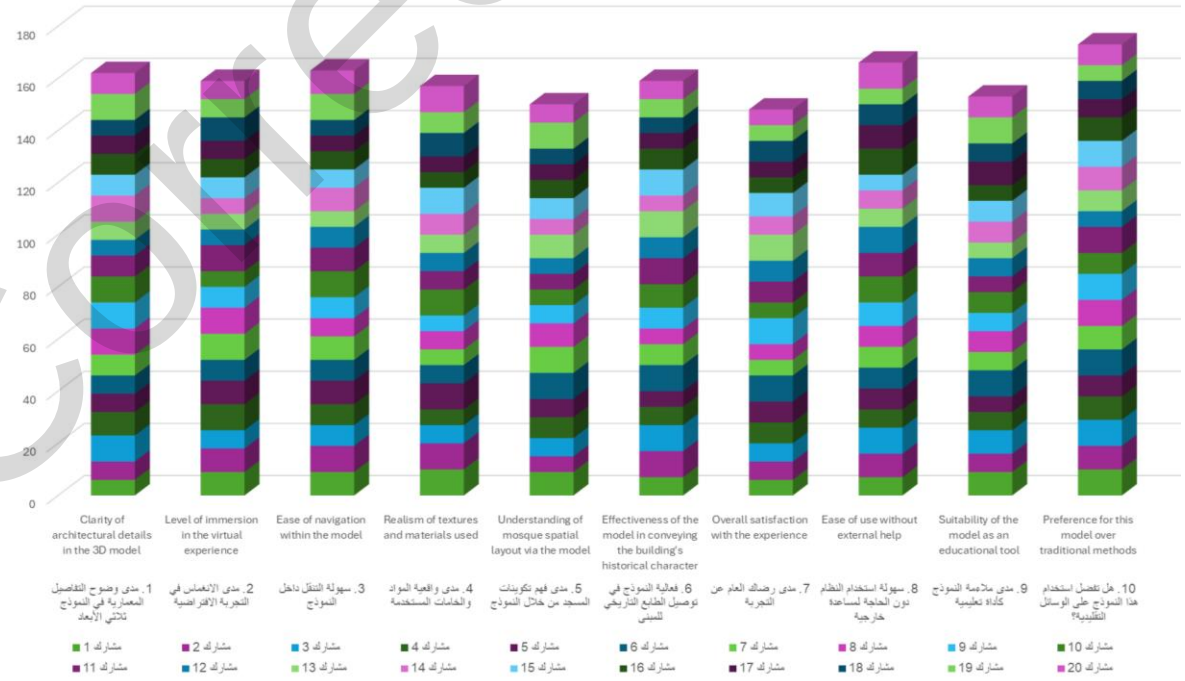
تم تحليل الاستجابات التي جُمعت من المشاركين باستخدام أدوات **تحليل وصفي مبسط** مثل **المتوسط الحسابي والانحراف المعياري**، وذلك لتحديد مدى **فاعلية التجربة الافتراضية** .كما تمت مقارنة تقييمات المشاركين مع ملاحظاتهم حول **الواقع الفعلي للموقع** (بالنسبة لمن سبق لهم زيارته)، بهدف قياس:

- **دقة التمثيل البصري** للنموذج الافتراضي.
- **مدى إقناع تجربة XR** في إيصال الرؤية التصميمية.
- **كفاءة تقنيات XR** كأداة تقييم بديلة في إعادة التأهيل الحضري.

جدول رقم ٤ ملخص مراحل المنهجية والأدوات المستخدمة

المرحلة	الوصف	الأدوات / البرامج المستخدمة
جمع البيانات	زيارة ميدانية لمحيط مسجد أحمد بن طولون + جمع صور ورسومات معمارية	كاميرا احترافية – رسومات CAD – تحليل موقعي
تطوير النموذج ثلاثي الأبعاد	بناء نموذج معلوماتي دقيق وتصديره لبيئةXR	Autodesk Revit – Sketchfab
اختبار المستخدم	عرض النموذج على المشاركين وقياس التفاعل من خلال استبيان مخصص	نظارات VR – استبيان إلكتروني – منصة تفاعليةXR
تحليل البيانات	تحليل النتائج لتقييم فاعلية XR في إيصال المقترح الحضري والتفاعل المجتمعي معه	Excel تحليل وصفي – مقارنة نوعية

تم تصميم الاستبيان وفق مؤشرات مرتبطة بتجربة الواقع الممتد، ويُرفق بالكامل في الملحق (١). ورغم محدودية العينة (٢٠ مشاركًا)، فإن الدراسة تصنّف كبحث تجريبي استكشافي يهدف لاختبار جدوى التقنية، وقد شملت العينة باحثين ومهتمين بالقاهرة التاريخية، ما يمنح النتائج بعدًا نوعيًا متخصصًا.



شكل رقم ٧ استبيان تفاعلي شارك فيه ٢٠ طالب وباحث ومهتم بدراسة القاهرة التاريخية

Corrected proof

٧. الدراسة التطبيقية: استخدام تقنيات الواقع المُوسَّع في تأهيل محيط مسجد أحمد بن طولون:

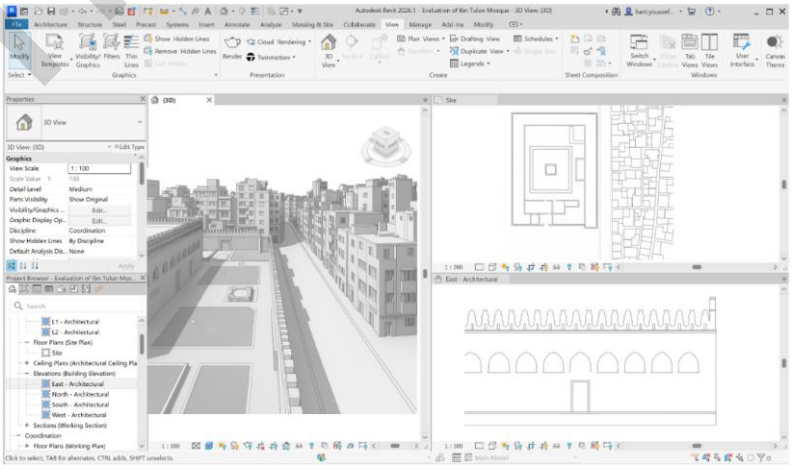
تُعد هذه الدراسة التطبيقية امتدادًا عمليًا للمنهجية المعتمدة في البحث، حيث تُبنى على الأسس النظرية الموضحة في القسم السابق، مع التركيز على توظيف تقنيات الواقع المُوسَّع (XR) في تطوير نموذج تفاعلي يُستخدم لتقييم مشروع إعادة التأهيل الحضري بمحيط مسجد أحمد بن طولون، أحد أهم المعالم التاريخية في قلب القاهرة الإسلامية .وتهدف التجربة إلى محاكاة الواقع العمراني بدقة من خلال دمج أدوات التوثيق الميداني، والنمذجة ثلاثية الأبعاد(3D) ، ومنصات العرض التفاعلي، وبيئات الواقع الافتراضي (VR)، بما يوفّر بيئة تحليلية غامرة.

تركّز الدراسة على أبرز ملامح تنفيذ النموذج من حيث الخصائص العمرانية والسياقية للموقع، وعلى آلية التفاعل المجتمعي مع المحتوى الرقمي، وذلك عبر عرض حالتين متكاملتين: الوضع القائم، والمقترح التأهيلي. وقد أُتيح للمشاركين من المتخصصين والمجتمع المحلي استكشاف النموذج، والتفاعل مع عناصره، وتقييم التصورات التصميمية المقترحة ضمن بيئة واقعية افتراضية، مما يعكس توجهًا نحو تحويل النماذج الرقمية من أدوات عرض إلى أدوات تقييم وتخطيط تشاركي

بدأت التجربة بمرحلة التوثيق الميداني، حيث تم التقاط صورة بانورامية توضح الوضع القائم للموقع **(شكل رقم ٨)**، والتي تُظهر بوضوح مدى التدهور العمراني، ووجود مبانٍ عشوائية متداخلة مع الطابع المعماري للمسجد، بالإضافة إلى غياب التناسق في الارتفاعات، والخامات، والمسارات. مثلت هذه الصورة الأساس التحليلي لبناء النموذج الرقمي، والذي يعكس واقعًا حضريًا بحاجة ماسة إلى تدخل تأهيلي مدروس.

شكل رقم ٨ صورة واقعية للموقع القائم لمحيط مسجد أحمد بن طولون

تم بناء نموذج ثلاثي الأبعاد دقيق باستخدام برنامج Autodesk Revit(**شكل رقم ٩**)، بهدف محاكاة الحالة الراهنة والمقترحة لمحيط مسجد أحمد بن طولون ضمن بيئة رقمية متكاملة. وقد اشتمل النموذج على الكتل المعمارية التفصيلية، مثل عناصر المسجد، الأسوار، والمداخل، بالإضافة إلى المساحات الانتقالية والفراغات العامة كالساحة الأمامية والخلفية، والممرات الداخلية والخارجية للموقع.تم الاعتماد على مخططات مساحية دقيقة، وصور فوتوغرافية ميدانية، ونماذج توثيقية سابقة لتشكيل النموذج، مع توثيق الخصائص العمرانية والإنشائية لكل مكوّن باستخدام خصائص Revit الذكية (مثل: الحالة الإنشائية، مادة البناء، الطراز المعماري، ووظيفة العنصر). كما تم إعداد عدة مشاهد Views من زوايا مختلفة لإتاحة تقييم مرن ومتعدد الأبعاد عند التحويل إلى

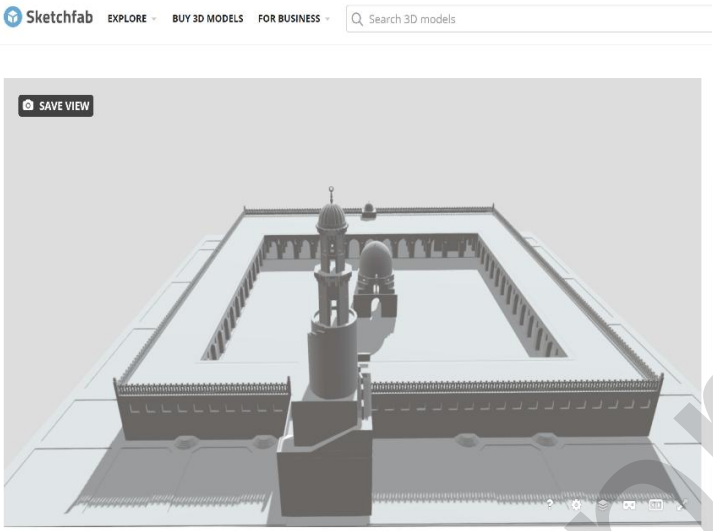


شكل رقم ٩ واجهة برنامج Revit توضح نموذج HBIM ثلاثي الأبعاد للموقع

Corrected Proof

بيئة VR لاحقًا.

بذلك، يُعد هذا النموذج بمثابة قاعدة بيانات هندسية رقمية (HBIM) صالحة للعرض، التحليل، والمحاكاة، ويُستخدم كمنصة أساسية لتقديم النموذج ضمن أدوات الواقع الممتد لاحقًا

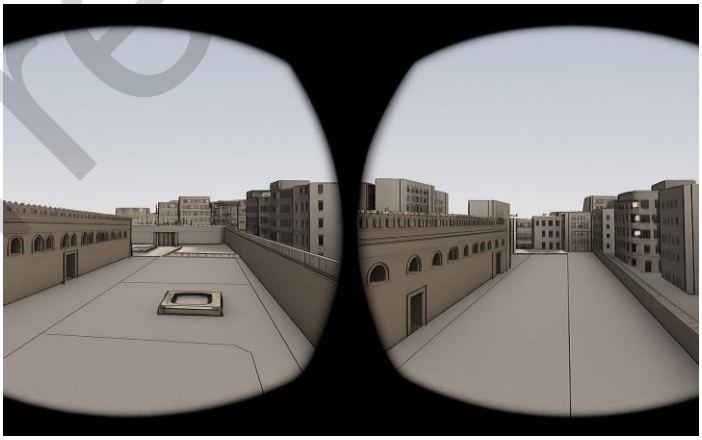


شكل رقم ١٠ واجهة منصة Sketchfab لعرض النموذج التفاعلي ثلاثي الأبعاد

في الخطوة التالية، تم تصدير النموذج إلى منصة **Sketchfab** (**شكل رقم ١٠**)، لتوفير عرض تفاعلي عبر الإنترنت. أتاح ذلك إمكانية معاينة النموذج من زوايا متعددة، والتفاعل معه من قبل المستخدمين قبل نقله إلى بيئة الواقع الافتراضي. وقد مهدت هذه الخطوة لتقييم النموذج من خلال وسائط تكنولوجية مفتوحة ومتصلة.

ثم انتقل النموذج إلى مرحلة العرض التفاعلي داخل بيئة **الواقع الافتراضي (VR)** باستخدام نظارة Oculus (**شكل رقم ١١**)، وهي المرحلة الأكثر تكاملًا في التجربة. أتاحت هذه البيئة للمشاركين إمكانية التجول داخل الموقع بحرية، واختبار العناصر المعمارية والتكوينات العمرانية كما لو كانوا في الموقع فعليًا. وقد تميّزت التجربة بواجهة ذكية تحتوي على بيانات وصفية لكل عنصر معماري، مثل تاريخ الإنشاء، الحالة الإنشائية، والاستخدام الحالي، مما وفّر **بيئة تعليمية وتحليلية شاملة**.

عُرض النموذج في حالتين: الأولى تمثّل الواقع القائم كما هو، والثانية تُمثّل **المقترح التأهيلي** الذي شمل فتح الساحة الجنوبية، وتحسين شبكة المشاة، وترميم الواجهات المعمارية، وتحديد الفراغات ذات الاستخدام العام. أتاح هذا الأسلوب للمشاركين المقارنة بين السيناريوهين وتقديم ملاحظاتهم حول الأثر العمراني للتدخلات المقترحة.



شكل رقم ١١ صور من تجربة الواقع الافتراضي توضح تفاعل المستخدم مع البيئة الرقمية

تم تقييم التجربة من قبل ٢٠ مشاركًا من ذوي الخلفيات المعمارية والتخطيطية، عبر استبيان شمل مؤشرات كمية وأسئلة نوعية. وقد أظهرت النتائج إدراكًا مرتفعًا لقيمة النموذج في توضيح النسيج العمراني، وفاعليته كأداة مساندة في اتخاذ القرار، حيث أبدى غالبية المشاركين تأييدهم لاستخدامه في تطبيقات تخطيطية مشابهة.

تُظهر هذه التجربة أن **دمج تقنيات HBIM و VR** لم يكن مجرد استعراض بصري، بل يمثل نقلة نوعية في أدوات التقييم

Corrected proof

الحضـري، من خلال **بيئة تفاعلية ذكية** تُتيح تحليلًا متعدد الأبعاد، وتدعم الحوار بين المصـممين، والمجتمع، وصـنّاع القرار. كما تمثل هذه المنهجية إطارًا قابلًا للتوسعة والتعميم في مواقع تراثية أخرى ضمن رؤية تطويرية ذكية تُعيد دمج التاريخ في قلب المدينة المعاصرة.

خلاصة الدراسة التطبيقية

أثبت النموذج التفاعلي فاعليته كوسـيلة لعرض وتحليل مشـاريع إعادة التأهيل، مما يؤكد **قيمة** XR في دعم اتخاذ القرار. توصـي الدراسة بتعميم هذا النهج في مواقع تراثية أخرى، مع تطوير المحتوى التفسيري وتوسيع نطاق المشاركة - حيث أظهرت الدراسة التطبيقية أن **دمج تقنيات الواقع المُوسَّع (XR)** مع نمذجة معلومات المباني (HBIM) يُمكن أن يقدم **نموذجًا رقميًا متكاملًا** يُسـهم في دعم جهود **إعادة التأهيل الحضري للمناطق التاريخية** .ساعد النموذج المطوّر في توثيق الخصـائص المعمارية الدقيقة، وتحليل السياق الحضري المحيط، وتقديم رؤية بصرية واضحة لإمكانات التأهيل.

٨. النتائج

كشفت نتائج الدراسة التطبيقية التي استخدمت تقنيات الواقع الممتد (XR) في محيط مسجد أحمد بن طولون عن تأثير واضح للنموذج الرقمي التفاعلي على إدراك وتفاعل المستخدمين مع المشروع المقترح لإعادة التأهيل الحضري. وقد شارك في التجربة ٢٠ مشاركًا من خلفيات متنوعة، وتم تحليل إجاباتهم وفق عشرة مؤشرات رئيسية.

أظهرت النتائج أن النموذج التفاعلي حقق أعلى تقييم في **سهولة الاستخدام دون مساعدة خارجية(8.45/10)** ، يليه **وضوح التفاصيل المعمارية (8.35/10)** و**درجة الانغماس(7.95/10)** ، مما يشير إلى قدرة النموذج على تقديم تجربة حسية بصرية غامرة تُعزز **الفهم المكاني** و**تدعم اتخاذ القرار التخطيطي**. كما عبّر ٨٥٪ من المشاركين عن **تفضيلهم النموذج الرقمي على الوسائل التقليدية،** وهو ما يُعد مؤشراً على فاعلية XR كبديل حديث للأدوات النمطية في التخطيط الحضري.

وعند مقارنة هذه النتائج بالدراسات السابقة، يتبيّن أن هذه التجربة تتجاوز النطاق الاستعراضي الذي طغى على تجارب مثل دراسة جامعة القاهرة (٢٠٢٣)، التي اكتفت بتطبيق الواقع المعزز في عرض ثلاثي الأبعاد لمباني شارع المعز دون تحليل لتفاعل المستخدم. كما تتفوق هذه الدراسة على تطبيقات المتاحف الافتراضية (Santos et al., 2025) من حيث الاستخدام العمراني الحقيقي في موقع تراثي فعلي.

ومن الناحية التطبيقية، توضح البيانات أن **نموذج XR/HBIM المستخدم لا يخدم فقط أغراض التوثيق، بل يتحول إلى أداة تشاركية تُمكّن السكان وصنّاع القرار من تصور البدائل العمرانية والمشاركة الفعالة في التقييم قبل التنفيذ،** وهو ما يعالج الفجوة الرئيسية التي تناولتها مشكلة البحث، والمتمثلة في غياب أدوات العرض التفاعلي في مشروعات إعادة التأهيل.

وبناءً على ذلك، تُمثّل هذه النتائج **إضافة علمية وعملية** في مجال توظيف الواقع الممتد في السياقات العمرانية التاريخية، إذ تؤكد على جدوى دمج تقنيات XR ضمن أدوات دعم القرار التخطيطي في بيئات التراث، وتفتح المجال أمام دراسات لاحقة لتوسيع التطبيق ميدانيًا على فئات أوسع من السكان المحليين.

٩. المناقشة

تُبرز نتائج الدراسة أن **توظيف تقنيات الواقع الممتد (XR)** في تأهيل محيط **مسجد أحمد بن طولون** لم يكن مجرد تجربة بصرية سطحية، بل شكّل **أداة تخطيطية وتفاعلية متقدمة،** أظهرت إمكانية **تحويل النماذج الرقمية إلى وسيلة لفهم أعمق للتكوينات المعمارية والتاريخية** .وقد بيّنت استجابات المشاركين أن النموذج الرقمي التفاعلي لم يُعزز فقط **الإدراك المكاني والمعماري،** بل ساهم كذلك في **توصيل القيم الثقافية والسياقية للمكان،** مما يُعزز من جدوى **دمج تقنيات XR ضمن أدوات اتخاذ القرار التشاركي** في المشروعات الحضرية.

ومن المهم الإشارة إلى أن هذه التجربة تمثل **نقلة نوعية في السياق العربي** مقارنةً بالدراسات السابقة، التي غالبًا ما اقتصرت على **العرض البصري المجرد** دون دمج تقييمات المستخدمين أو تحليل لتجربة التفاعل. أما في هذه الدراسة، فقد أدى **الدمج بين الواقع الممتد ونمذجة معلومات البناء (HBIM)** إلى إنتاج **بيئة رقمية متكاملة،** أتاحت **محاكاة واقعية للتدخلات العمرانية** وإمكانية اختبارها من خلال **مشاركة المجتمع المحلي بفاعلية،** وهو ما يُعالج واحدة من **أبرز التحديات في إعادة التأهيل الحضري للمواقع التراثية.**

وعلى مستوى السياسات والتشريعات الحضرية، توضح هذه الدراسة أن **الاعتماد على أدوات XR/HBIM** يمكن أن يُدمج ضمن **بروتوكولات مراجعة التصميمات العمرانية،** خاصة في المناطق التي تتمتع بحساسية ثقافية وتاريخية. كما تُظهر النتائج دعمًا واضحًا

Corrected proof

للتوجه نحو **إشراك المجتمعات المحلية في مراحل مبكرة** من التخطيط (التصور والتقييم)، وليس فقط في التنفيذ، مما يُسهم في **تحقيق معدلات قبول أعلى، وتعزيز الاستدامة الاجتماعية** للمشروعات العمرانية ذات الطابع التراثي.

الخاتمة والتوصيات

استنادًا إلى النتائج والمناقشة السابقة، تقترح الدراسة مجموعة من التوصيات العلمية والتطبيقية التي يمكن أن تُحدث أثرًا فعليًا في سياسات تأهيل المناطق التاريخية، وهي كما يلي:

١. **تضمين تقنيات XR كنموذج تقييمي بصري وتفاعلي** في مراحل مراجعة مشروعات إعادة التأهيل العمراني، لا سيما في المناطق ذات الحساسية التراثية، كوسيلة لفهم السيناريوهات التصميمية قبل اعتمادها.
٢. **إنشاء مكتبات HBIM مخصصة للمباني والمعالم التاريخية في مصر**، تُوثّق الخصائص المعمارية والعمرانية وتُستخدم كأساس للنمذجة الدقيقة والمحاكاة المستقبلية.
٣. **تبني تجارب الواقع الممتد كمنهج تشاركي مع المجتمعات المحلية**، مما يُمكّن السكان من **تصور البدائل العمرانية والتفاعل معها**، وبالتالي تحسين درجة القبول والتوافق المجتمعي مع المشروعات المقترحة.
٤. **إدراج استبيانات تقييم نوعية (quantitative & qualitative)** عند استخدام نماذجXR ، لقياس الأثر على سلوك المستخدم وفهمه وموقفه من التصميمات، مما يعزز من **مصداقية القرار التخطيطي**.
٥. **دمج تقنيات الواقع الممتد ضمن مناهج تعليم العمارة والتخطيط الحضري**، كأدوات تدريب رقمية تفاعلية تُمكّن الطلاب من فهم السياق التاريخي والعمراني بأسلوب غامر وتجريبي.
٦. **توسيع نطاق الدراسة مستقبلًا ليشمل شرائح أوسع من السكان المحليين والمستخدمين غير المتخصصين**، بما يتيح تقييم النموذج على أساس التنوّع الاجتماعي والثقافي، وتعزيز قابلية تعميمه في مواقع تراثية أخرى.

المراجع

[1] Milgram, P., & Kishino, F. (1994, August). "**Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays**". IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D(12), 1321-1329.

[2] Lok, B., & Lombard, M. (2006, January). "**Virtual Reality: Definitions, History, and Applications**". In Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 1-15.

[3] Diakopoulos, N. (2017, October 12). "**A Brief History of AR.**" Tow Center for Digital Journalism, Columbia University.

[4] Johnson, A. (2020). "**Urban Regeneration: A Comprehensive Analysis of Policy Implementation.**" Doctoral Dissertation. University of Urban Studies. City Publishing House.

[5] W. Lu & K. W. Wong. (2020). "**Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in the Smart City Planning.**" Sustainability, 12(19), 7895.

[6] D. Moura & F. Goulart. (2019). "**Virtual Reality in Architectural Heritage: A Comprehensive Review.**" Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, 9(2), 145-162.

[7] B.S. Abou-Zeid and M.S. El-Sayed. (2018). "**The Use of Augmented Reality in Heritage Conservation.**" International Journal of Heritage in the Digital Era, 5(3), 237-252.

[8] H. El-Ghandour & H. Negm. (2018). "**The Role of Virtual Reality Technology in Preserving Architectural Heritage: A Case Study of Cairo.**" International Journal of Heritage Architecture, 2(4), 321-335.

[9] Chirikure, S. (2020). "**Shades of Urbanism(s) and Urbanity in Pre-Colonial Africa: Towards Afro-Centred Interventions.**" Oxford University Press.

[10] Coker, O., Obo, B., & Ugwu, G. (2013). "**Managing Sustainable Development in Our Modern Cities: Issues and Challenges of Implementing Calabar Urban Renewal Programmes, 1999-2011.**" First Edition. Routledge.

[١١] مؤسسة التراث الوطني" .(2020) .**استراتيجيات إعادة التأهيل الحضري في المناطق التاريخية** ".القاهرة: دار النشر الوطنية.

[١٢] Smith, J. (2018). "**تحولات التأهيل الحضري: الخطوات نحو مدينة مستدامة** ".مجلة التخطيط الحضري، العدد ٢٥، ٤٥-٦٢.

[١٣] وزارة الآثار المصرية" .(2023) .**دليل ترميم الآثار** ".القاهرة: وزارة الآثار المصرية.

[١٤] **"تقنيات الواقع المعزز في التعليم والتثقيف: دراسة تطبيقية على القاهرة التاريخية** .(2023) .**"**مجلة الدراسات التربوية، ١٩ (٣)، ٥٠-٧٠.

[١٥] **"التقييم البصري للمباني التاريخية: دراسة حالة شارع المعز لدين الله الفاطمي** .(2022) .**"**مجلة العلوم الهندسية، ٦٨ (٢)، ٢٧-٤٢.

[١٦] عبد الرحمن، عائشة" .(2022) .**إعادة تأهيل المدن التاريخية: نهج تشاركي** ".القاهرة: دار المعرفة.

[١٧] محمود، خالد" .(2022) .**الواقع المُوسَّع في خدمة التراث: تطبيقات في إعادة تأهيل المدن التاريخية** ".القاهرة: دار الفكر العربي.

[١٨] عبد الله، هبة" .(2022) .**التطبيقات الحضارية لتقنيات الواقع المختلط: إعادة تأهيل القاهرة التاريخية نموذجًا** ."مجلة التراث والتاريخ، ١٥ (٢)، ٩٥-١١٤.

Corrected Proof

[١٩]محمد، فاطمة" .(2023) .**استخدامات تقنيات الواقع المُوسَّع في التعليم والتثقيف: دراسة تطبيقية على القاهرة التاريخية ."**في تقنيات التعليم الحديثة: فرص وتحديات، ١٥٧-١٧٨. القاهرة: دار المعرفة.

[20] Manshoor Team. (2022). **"Egypt Slums Development."** Manshoor. https://manshoor.com/politics-and-economics/egypt-slums-development/

[٢١] **"المركز الدولي لدراسات الحفاظ على المدن التاريخية(ICCROM)."** https://www.iccrom.org/

[٢٢]رويترز" .(2008) .**مصر توثق مناطقها الأثرية بتقنيات حديثة ".**موقع رويترز. تاريخ الوصول: ٢٢ سبتمبر ٢٠٠٨. الرابط: www.aljazeera.net/culture/2008/9/22/مصر-توثق-مناطقها-الأثرية-بتقنيات

١٠. الملحق (١): نموذج الاستبيان

تم إعداد هذا الاستبيان بهدف **تقييم تجربة المستخدم** مع **النموذج الرقمي التفاعلي لمحيط مسجد أحمد بن طولون**، وذلك من خلال مجموعة من **البنود التي تقيس عشرة مؤشرات أساسية** تمثل الجوانب البصرية، التفاعلية، الوظيفية، والتعليمية للنموذج.تشمل هذه المؤشرات:

وضوح التفاصيل المعمارية، درجة الانغماس، سهولة التنقل داخل النموذج، واقعية المواد والخامات، فهم التكوينات المعمارية، فعالية النموذج في نقل الطابع التاريخي، الرضا العام عن التجربة، سهولة الاستخدام دون مساعدة، مدى ملاءمته كأداة تعليمية، وتفضيل النموذج على الوسائل التقليدية.

تم اعتماد **مقياس ليكرت من ١ إلى ١٠** لتقييم كل عبارة، بحيث يُعبّر المشارك عن درجة موافقته وفقًا لما يلي:

- **١ = لا أوافق بشدة**
- **١٠ = أوافق بشدة**

البند	العبارة
١	مدى وضوح التفاصيل المعمارية في النموذج ثلاثي الأبعاد
٢	مدى الانغماس في التجربة الافتراضية
٣	سهولة التنقل داخل النموذج
٤	مدى واقعية المواد والخامات المستخدمة
٥	مدى فهم تكوينات المسجد من خلال النموذج
٦	فعالية النموذج في توصيل الطابع التاريخي للمبنى
٧	مدى رضاك العام عن التجربة
٨	سهولة استخدام النظام دون الحاجة لمساعدة خارجية
٩	مدى ملاءمة النموذج كأداة تعليمية
١٠	هل تفضل استخدام هذا النموذج على الوسائل التقليدية؟

Corrected proof