أثر الواقع المعزّز المدعوم بالذكاء الاصطناعي على تفاعل وفهم الزائر في المتاحف والمعارض

م.م علياء صبري عوض مبرمج رسل جاسم محمد مبرمج نسرين سعد هادي

أثر الواقع المعزّز المدعوم بالذكاء الاصطناعي على تفاعل وفهم الزائر في المتاحف والمعارض

م.م علياء صبري عوض مبرمج رسل جاسم محمد مبرمج نسرين سعد هادي

جامعة بابل جامعة بابل جامعة بابل
bsclec.nisreen.saad@uobabylon.edu.iq rusul.mohammed@uobabylon.edu.iq
alyaa.sabri@uobabylon.edu.iq

الملخّص:

تواجه المتاحف والمؤسسات الثقافية تحديًا شائعًا يتمثل في صعوبة وصول الزوار إلى المقتنيات الأثرية والفنية والتفاعل معها، إما بسبب هشاشتها أو ندرتها، أو للقيود المفروضة على لمسها. لمعالجة هذه المشكلة، تقدم هذه الدراسة نظامًا متكاملًا يدمج بين التفاعل الطبيعي وتقنية الواقع المعزز (AR) مع مساعد محادثة متقدم يعمل بالذكاء الاصطناعي، بهدف إثراء التجربة المتحفية وجعل التراث الثقافي أكثر تفاعلية ويسرًا.

يسمح الحل المقترح للمستخدمين بالتفاعل مع نسخ رقمية ثلاثية الأبعاد للقطع الأثرية في بيئة افتراضية. فعند توجيه كاميرا الجهاز نحو إحدى القطع المعروضة، يعرض التطبيق محتوى متعدد الوسائط أي يتضمن شرح عن القطعة الاثرية او الصورة حيث يظهر هذا الشرح بهيئة نص او صوت مع خيار تحويل النص إلى كلام لتعزيز إمكانية الوصول. ولتعميق التفاعل، يعتمد المساعد الذكي على تقنية "التوليد المعزز بالاسترجاع" (RAG)لإنشاء ملخصات دقيقة وسياقية من مصادر المتحف المعتمدة، مما يقلل من احتمالية توليد معلومات خاطئة ويحفز فضول الزائر عبر "مفاتيح" بصرية (مثل المادة، الحقبة الزمنية، الوظيفة).

صُمم النظام ليدعم اللغة العربية بشكل كامل ويعمل على بيئة أندرويد باستخدام Unity 3D و .Vuforiaوللتحقق من فعاليته ومدى قبوله لدى الزوار، أُجري تقييم شبه تجريبي يقارن بين التجربة التقليدية والتجربة المعززة. أظهرت النتائج أن هذا الحل العربي منخفض التكلفة قابل للتطبيق عمليًا على مستوى المؤسسات، وقادر على العمل بكفاءة داخل بيئات العرض دون الحاجة إلى اتصال دائم بالإنترنت، مع ضمان خصوصية المستخدم من خلال جمع بيانات التفاعل بشكل مجهول ومحلي.

الكلمات المفتاحية: الواقع المعززAR، الذكاء الاصطناعي AI، المساعد المحادثة، Unity، Vuforia، تعليم المتاحف، إمكانية الوصول، Android، RAG، .TTS

AI-Augmented Reality's Impact on Visitor Engagement and Understanding in Museums & Galleries

Abstract

Museums and cultural institutions face a common challenge: visitors struggle to access and interact with their artifacts and artefacts, either due to their fragility, rarity, or touch restrictions. To address this problem, this study presents an integrated system that combines natural interaction and augmented reality (AR) technology with an advanced AI-powered conversational assistant. The aim is to enrich the museum experience and make cultural heritage more interactive and accessible.

The proposed solution allows users to interact with 3D digital replicas of artifacts in a virtual environment. When the device's camera is directed toward one of the displayed artifacts, the application displays multimedia content, including an explanation of the artifact or image. This explanation appears in text or audio format, with a text-to-speech option to enhance accessibility. To deepen interaction, the intelligent assistant relies on Retrieval Augmented Generation (RAG) technology to generate accurate and contextual summaries from verified museum sources. This reduces the likelihood of misinformation and stimulates visitor curiosity through visual clues (such as material, period, function). The system was designed to fully support the Arabic language and run on an Android environment using Unity 3D and Vuforia. To verify its effectiveness and visitor acceptance, a quasi-experimental evaluation was conducted comparing the traditional and augmented experience. The results demonstrated that this low-cost Arabic solution is practically applicable at the enterprise level and can operate efficiently within display environments without the need for a constant internet connection, while ensuring user privacy through the anonymous and local collection of interaction data.

Keywords: Augmented Reality (AR), Artificial Intelligence (AI), Conversational Assistant, Unity, Vuforia, Museum Education, Accessibility, Android, RAG, TTS.

الفصل الأول: المقدمة والإطار العام للبحث

أثر الواقع المعزّز المدعوم بالذكاء الاصطناعي على تفاعل وفهم الزائر في المتاحف والمعارض

م.م علياء صبري عوض مبرمج رسل جاسم محمد مبرمج نسرين سعد هادي

1.1المقدمة

الواقع المعزز (AR) تقنية جديدة تُضيّق الفجوة بين المعلومات الرقمية والمعلومات المُستمدة من البيئة المحيطة، لعرضها معًا من خلال صورة مُدمجة غنية بالمعلومات. على عكس تقنية الواقع الافتراضي(VR) ، لا تُقدّم تقنية الواقع المعزز صورةً اصطناعيةً جديدةً كليًا، بل تدمج المعلومات الجديدة مع المعلومات المُستمدة من الواقع في تجربة بصرية واحدة. تعتمد تقنية الواقع المعزز على فكرة ربط معالم العالم الحقيقي بالعنصر الافتراضي المُناسب لها، والمُخزّن مُسبقًا في ذاكرة الجهاز، مثل الإحداثيات الجغرافية أو بيانات الموقع أو الفيديو التعريفي أو أي بيانات أو معلومات أخرى تُحسّن العالم الحقيقي. تعتمد برامج الواقع المعزز على استخدام كاميرا الهاتف المحمول أو الكمبيوتر لرؤية العالم الحقيقي، ثم تُحلّل الواقع وفقًا لمتطلبات البرنامج وتعمل على دمج العناصر الافتراضية معه.

تتوفّر العديد من لغات البرمجة التي يُمكن من خلالها بناء تطبيقات الواقع المعزز، كما يُمكن اعتبار مواقع الويب بمثابة مُنشئات لمشاريع الواقع المعزز. في دراستنا، قمنا ببناء تطبيقنا من خلال الجمع بين منصة Vuforia ولغة C# ومنصة.Unity 3D

يُستخدم مساعد محادثة ذكي (Unity + ChatGPT) موجه سياقيًا من خلال استرجاع المقاطع الموثقة (RAG) لإنشاء شروحات عربية موجزة ومتعددة المستويات، مع توفير خيار تحويل النص إلى كلام (TTS) لدعم إمكانية الوصول. يهدف المساعد إلى تقليل العبء المعرفي ورفع مستوى الفهم دون تشتيت، مع تسجيل مؤشرات التفاعل محليًا وبصورة مجهولة.

يُعد استخدام هذه التقنية بهذه الطريقة نجاحًا باهرًا، إذ يوفر القدرة على مراعاة خصوصية البيئة، وبالتالي تحسين تجربة زوار المتاحف والمعارض [2,3]

في حالة الواقع المعزز، هناك أسباب وجيهة لاستخدام هذه التقنية في المتاحف أو المعارض الفنية، بالإضافة إلى حلول أخرى مختلفة. على سبيل المثال، يمكن عرض المعلومات عبر لوحات رقمية، حيث تُظهر الدراسات أن الزوار المهتمين بالتعلم يطلبون في الوقت نفسه تجربة حواس ومشاعر مختلفة. [٤] كما يساعد الواقع المعزز على إضفاء الحياة على الحقائق العلمية مثل الحيوانات المحنطة والهياكل العظمية من خلال الرسوم المتحركة، وهذا مفيد للنماذج التي تحتاج إلى شرح إضافي. [٥] وبالتالي، من المعروف أن التعلم في المتاحف أصبح أكثر فعالية من خلال التفاعل مع الواقع المعزز في المعارض. [٦] وبالمثل، شعر المستخدمون الذين استخدموا تطبيقات الواقع المعزز في المؤسسات الثقافية بمزيد من المشاركة في العروض التقديمية[7] .

المتاحف والمعارض، كما ذكرنا سابقًا، هي جوهر ثقافتنا وهذه المؤسسات، ويمكن اعتبار الاهتمام بها بمثابة مرآة تعكس ثقافة ورفاهية الناس. [٨] لذلك، كخطوة أولى، يُقترح إنشاء تطبيق يستخدم تقنية الواقع المعزز للمساهمة في تحسين تجربة زيارة المتاحف والمعارض الفنية، ومن ثم إمكانية زيادة عدد الجمهور المغناطيسي المستهدف.

1.2مشكلة البحث

غياب نموذج عربي منخفض الكلفة لدمج الواقع المعزّز بالذكاء الاصطناعي (مساعد حواري موجّه بالسياق) مُثبت تجريبياً من حيث أثره على تفاعل الزائر وفهمه ورضاه، مع التزامٍ بمعايير الوصولية والخصوصية داخل بيئات متحفية/جامعية محلية.

1.3فرضية البحث

يسهم دمج الواقع المعزّز المدعوم بمساعد حواري عربي موجَّه بالسياق (Unity + ChatGPT مع RAG و (TTSفي تحسين تفاعل الزائر وفهمه ورضاه مقارنة بالعرض التقليدي.

1.4هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى بناء وتقييم نموذج عربي منخفض الكلفة يدمج الواقع المعزّز مع مساعد حواري مدعوم بالذكاء الاصطناعي (Unity + ChatGPTمع RAG و (TTSفي بيئة متحفية/جامعية؛ وذلك لقياس أثره على مؤشرات تفاعل الزائر وفهمه ورضاه، مع الالتزام بمبادئ الوصولية والخصوصية وإمكانية التبنّي المؤسسي

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

١.٢ مقدمة

يهدف هذا الفصل إلى إرساء الأسس النظرية التي يقوم عليها البحث، من خلال استعراض المفاهيم التقنية الأساسية وتطورها وتطبيقاتها في سياق المؤسسات الثقافية. سيتم البدء بتعريف تقنية الواقع المعزز (AR)وأنواعها، مع التركيز على النموذج المعتمد في هذه الدراسة. بعد ذلك، سيتم استعراض دور الواقع المعزز كأداة لتحويل التجربة المتحفية، وتحليل فوائده الرئيسية. أخيرًا، سيتم التطرق إلى دور الذكاء الاصطناعي (AI) وشرح تقنية الاسترجاع والتوليد المعزز (RAG) بالتفصيل، باعتبارها الركيزة الأساسية لضمان دقة المساعد الرقمي الحواري في هذا البحث.

٢.٢ الواقع المعزز (Augmented Reality) المفهوم والتقنيات:

١.٢.٢ تعريف الواقع المعزز

الواقع المعزز (AR) هو تقنية تهدف إلى دمج العالم الحقيقي مع عناصر رقمية افتراضية (مثل الصور، والنصوص، والمجسمات ثلاثية الأبعاد) وعرضها معًا في الوقت الفعلي. على عكس **الواقع الافتراضي (VR)** الذي يقوم بخلق بيئة رقمية كاملة ومنعزلة عن الواقع، فإن الواقع المعزز لا يستبدل الواقع، بل **يعززه ويثْريه** بطبقات من المعلومات الرقمية التفاعلية.

يمكن تصنيف تقنيات الواقع المعزز المستخدمة في الهواتف الذكية إلى نوعين رئيسيين:

١. **الواقع المعزز المعتمد على الواسمات (Marker-based AR) :**وهو النوع المستخدم في هذه الدراسة. يعتمد هذا النهج على التعرف على صورة محددة مسبقًا تُعرف بالواسمة أو Image Target، مثل صورة في كتيب أو لوحة فنية. عند توجيه كاميرا الجهاز نحو الواسمة، يقوم النظام بالتعرف عليها وعرض المحتوى الرقمي المرتبط بها.
٢. **الواقع المعزز غير المعتمد على الواسمات (Markerless AR) :** يعتمد هذا النوع على تقنيات أكثر تعقيدًا مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتحديد موقع المستخدم وعرض كائنات افتراضية في أماكن جغرافية محددة (كما في لعبة Pokémon GO)، أو على تقنية التعرف على الأسطح والمحيط (SLAM) لوضع كائنات افتراضية في البيئة المحيطة بالمستخدم.

٢.٢.٢ الواقع المعزز كأداة لتحويل التجربة المتحفية

شهدت المتاحف في العقد الأخير تحولًا كبيرًا نحو التخصيص الرقمي وتوفير تجارب تعلم شخصية، وهي اتجاهات عالمية بارزة تم تسليط الضوء عليها في تقارير متخصصة مثل **Trendwatch لعام ٢٠١٥**. في هذا السياق، برزت تقنيات الهواتف المحمولة كأداة استراتيجية. فوفقًا لتقرير **الثورة الرقمية لعام ٢٠١٤**، فإن ٧٠% من زوار المتاحف يحضرون معهم أجهزتهم المحمولة، مما يجعل تطبيقات الواقع المعزز امتدادًا طبيعيًا وبديهيًا لتجربتهم. يمكن تلخيص المزايا الرئيسية التي يقدمها الواقع المعزز في البيئات المتحفية في النقاط التالية:

- **منصة لإثراء المحتوى وتعدد الطبقات المعلوماتية:** يتيح الواقع المعزز للمتاحف التغلب على القيود المادية للمساحة المخصصة للشروحات النصية. فمن خلاله، تتحول شاشة الهاتف الذكي إلى نافذة تعرض طبقات غير محدودة من المعلومات الرقمية متراكبة فوق القطعة الأثرية الحقيقية.
- **أداة لتعزيز التفاعل والمشاركة النشطة:** يعيد الواقع المعزز تعريف دور الزائر، محولًا إياه من متلقٍ سلبي للمعلومات إلى مستكشف نشط. هذا التفاعل الشخصي لا يعمق فهم الزائر للقطعة الأثرية فحسب، بل يثير أيضًا الحوار بين الزوار ويخلق اتصالًا أقوى بينهم وبين المؤسسة.
- **وسيلة تعليمية مبتكرة ومحفزة:** يقدم الواقع المعزز نهجًا تعليميًا إبداعيًا يشجع على الفضول والاستكشاف، وأثبت فعاليته في مجال **التعلم الحركي Kinesthetic Learning**، خاصة لدى الأطفال، كما لوحظ في تجارب المتحف البريطاني. وكمثال رائد على تطبيق هذه التقنية، يبرز مشروع **Chicago 00**الذي قدم جولة واقع معزز تحكي قصة كارثة تاريخية في موقعها الفعلي، مما يوضح قدرة هذه التقنية على إحياء القصص التاريخية.

أثر الواقع المعزّز المدعوم بالذكاء الاصطناعي على تفاعل وفهم الزائر في المتاحف والمعارض

م.م علياء صبري عوض مبرمج رسل جاسم محمد مبرمج نسرين سعد هادي

٢.٣ الذكاء الاصطناعي وتقنية الاسترجاع والتوليد المعزز RAG

٢.٣.١ المشكلة الأساسية: "هلوسة" نماذج اللغة الكبيرة LLM Hallucination

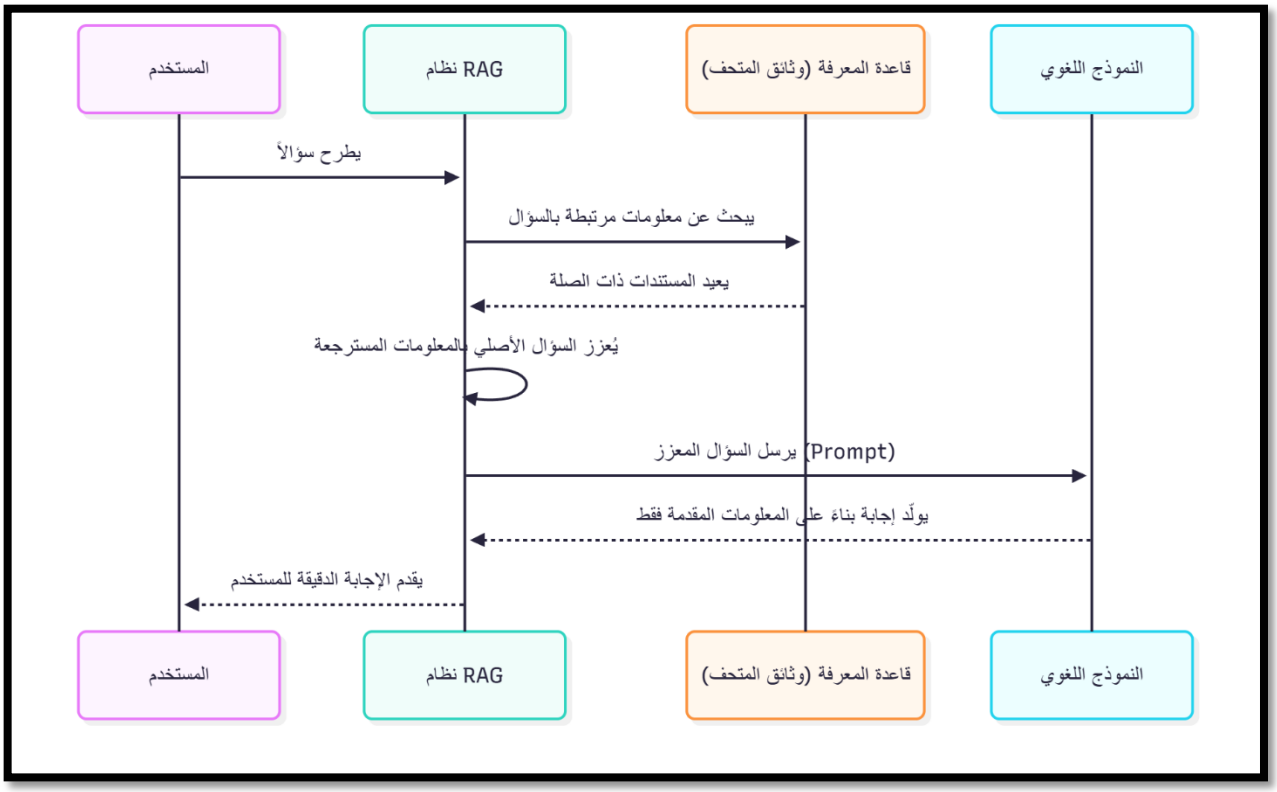
نماذج اللغة الكبيرة LLMsمثل GPT-4، رغم قدرتها المذهلة على إنشاء نصوص شبيهة بالإنسان، إلا أنها تعاني من مشكلة جوهرية تُعرف بـ **"الهلوسة" Hallucination**، حيث قد تخترع معلومات غير صحيحة وتقدمها بثقة تامة. في سياق المتاحف، حيث تكون الدقة التاريخية أمرًا بالغ الأهمية، يمكن أن تكون هذه الهلوسة كارثية.

٢.٣.٢ الحل: تقنية RAG كآلية للتحقق من الحقائق

تقنية **الاسترجاع والتوليد المعزز RAG** تقدم حلاً جذريًا لهذه المشكلة. فبدلاً من اعتماد النموذج اللغوي على ذاكرته الداخلية فقط، تجبره التقنية على البحث عن الإجابة في **مصدر معلومات محدد وموثوق** (مثل وثائق المتحف) قبل أن يقوم بتوليد أي نص.

٢.٣.٣ كيف تعمل تقنية RAG؟

تعمل التقنية من خلال عملية منظمة تضمن تأريض Groundingالإجابات على حقائق موثقة، كما هو موضح في المخطط التالي:



الشكل رقم (١)الية عمل تقنية RAG

٢.٣.٤ أهمية تقنية RAG في ضمان دقة المعلومات

تكمن أهمية هذه التقنية في الفوائد الحاسمة التي تقدمها، وأهمها:

- **الحد من الهلوسة بشكل كبير:** لأن النموذج مقيد بمصدر الحقيقة الذي تم تزويده به.
- **زيادة الثقة والشفافية:** حيث يمكن للنظام أن يعرض المصدر الذي اعتمد عليه لتوليد الإجابة.
- **استخدام معلومات محدّثة ومتخصصة:** حيث يمكن تحديث قاعدة المعرفة بسهولة دون الحاجة إلى إعادة تدريب النموذج اللغوي بالكامل.

2.4الدراسات السابقة في مجال الواقع المعزز والتراث الثقافي

تواجه المتاحف والمؤسسات الثقافية تحديًا مستمرًا في تقديم محتواها بطريقة تتجاوز النصوص التوضيحية التقليدية، والتي قد لا تتناسب مع جميع الزوار، سواء بسبب ضيق الوقت أو لوجود احتياجات خاصة. استجابةً لهذا التحدي، اتجه العديد من الباحثين نحو استكشاف التقنيات الحديثة، وعلى رأسها **الواقع المعزز(AR)** ، كوسيلة لتقديم المعلومات بطرق بصرية وتفاعلية مبتكرة [9, 10, 11].

يمكن تصنيف الجهود البحثية السابقة في هذا المجال ضمن عدة محاور رئيسية:

أ. الواقع المعزز لإعادة التصور التاريخي وإبراز التفاصيل المخفية

أحد أبرز تطبيقات الواقع المعزز في التراث الثقافي هو قدرته على **إعادة بناء أو تصور هياكل وعناصر لم تعد موجودة** .على سبيل المثال، استخدم باحثون تقنية الواقع المعزز لتمكين الزوار من مشاهدة تصور رقمي ثلاثي الأبعاد لقبو تاريخي كان قائمًا بين عامي ١٦٨٢ و ٢٠٠٦، مما سمح لهم باستكشاف تفاصيله ومحتوياته كما كانت في الماضي [١٢، ١٣]. وفي سياق متصل، تم تطوير أنظمة تستخدم الإسقاط الضوئي والواقع المعزز **لإبراز الزخارف والنقوش غير الواضحة** على الأسطح الأثرية ثلاثية الأبعاد، مما يجعل التفاصيل الدقيقة مرئية للزائر دون تشويه بصري.[20, 21]

ب. الواقع المعزز لإثراء السرد القصصي وتوفير المعلومات السياقية

يُستخدم الواقع المعزز أيضًا كأداة فعالة **لإضافة طبقات من السرد القصصي والمعلومات السياقية** على المعروضات. ففي دراسة بارزة، تم تطوير تطبيق يثري لوحة صينية تاريخية شهيرة يبلغ طولها ٥.٢٨ مترًا، حيث يعرض التطبيق فيديو تعريفيًا عن اللوحة عند توجيه الكاميرا نحوها، مما يحول قطعة فنية ثنائية الأبعاد إلى تجربة وسائط متعددة غامرة [١٥]. وبالمثل، تم تصميم تطبيقات أخرى لقطاع السياحة تستخدم الواقع المعزز لعرض معلومات عن المواقع الموصى بها في كوريا، مثل المطاعم والمناطق الترفيهية، عند توجيه الكاميرا نحو صور أو معالم محددة.[13, 14]

ج. تعزيز التفاعل والمشاركة عبر الأساليب المبتكرة

ركز محور آخر من الأبحاث على استخدام الواقع المعزز **لزيادة مشاركة الزائر وتفاعله المباشر** .ففي متحف Allard" "Pierson، تم تصميم جولة متحفية على شكل "بحث عن كنز"، حيث استخدم الزوار تطبيق واقع معزز يعتمد على Vuforia لتوجيههم عبر سرد قصصي محدد وتشجيعهم على استكشاف القطع الأثرية بطريقة تفاعلية [١٦]. وللارتقاء بمستوى التفاعل إلى ما هو أبعد من شاشة اللمس، قامت دراسات أخرى بدمج تقنيات مثل **Leap Motion**لتتبع حركات يد الزائر وإيماءاته، مما يسمح له بالتحكم في العناصر الافتراضية ثلاثية الأبعاد والتفاعل معها بشكل طبيعي [١٧، ١٨]. كما استُخدمت تقنيات البلوتوث لتحديد موقع الزائر واتجاه جهازه بدقة، وتقديم محتوى واقع معزز مخصص بناءً على مكانه داخل المتحف.[19]

م.م علياء صبري عوض مبرمج رسل جاسم محمد مبرمج نسرين سعد هادي

2.5الفجوة البحثية

بصورة عامة، يتضح من الدراسات المذكورة أن الهدف المشترك هو الحفاظ على المحتوى الثقافي وجذب الزوار عبر توظيف التكنولوجيا الحديثة. ومع ذلك، يلاحظ أن معظم هذه الأبحاث تركز بشكل أساسي على **الجوانب البصرية والتفاعلية** للواقع المعزز. هناك فجوة بحثية واضحة في الدراسات التي تدمج هذه التجارب البصرية مع **مساعد ذكي حواري متقدم**، قادر على تقديم معلومات دقيقة وموثوقة وسياقية. علاوة على ذلك، فإن غالبية الحلول المطروحة مصممة لخدمة الجمهور الناطق باللغة الإنجليزية.

لذا، تهدف هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال تقديم نظام يجمع بين التجربة البصرية للواقع المعزز والموثوقية المعرفية لمساعد ذكي يعتمد على تقنية **RAG**، مع توجيهه بشكل كامل لخدمة التراث الثقافي باللغة العربية.

الفصل الثالث: منهجية البحث وتصميم النظام

3.1 مقدمة

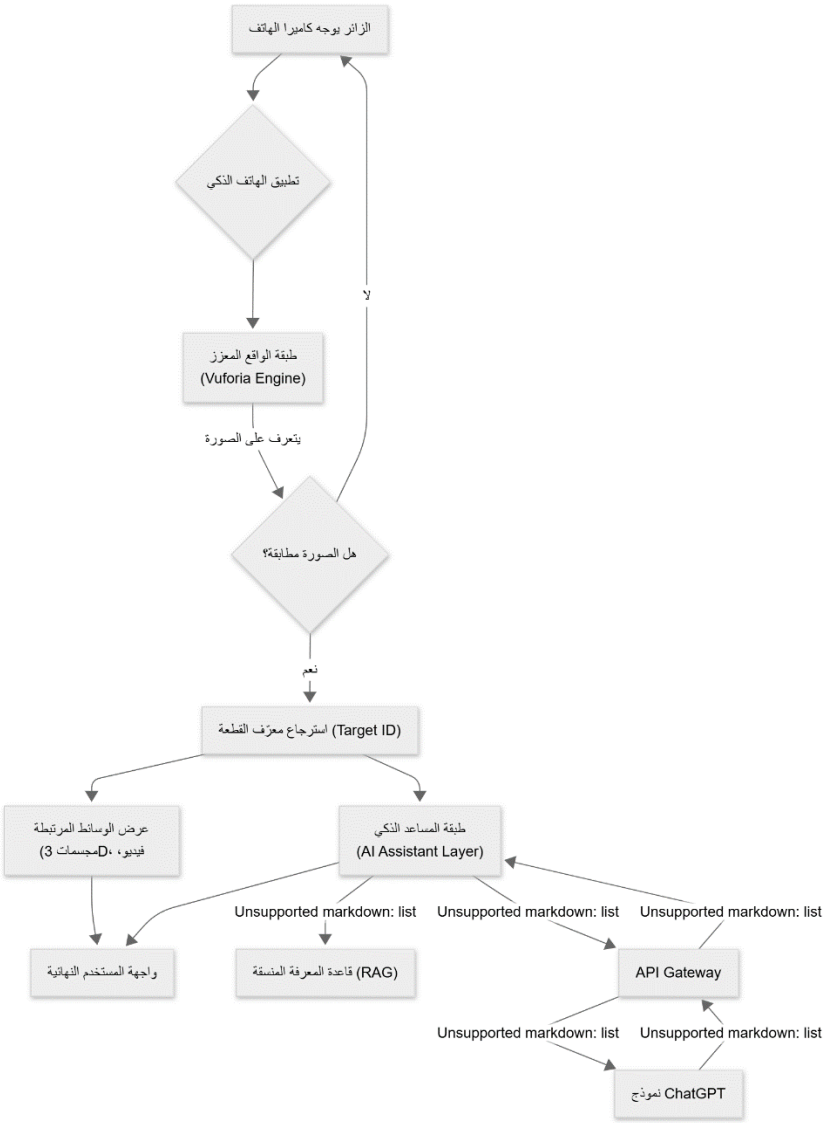
تعتمد هذه الدراسة منهجية البحث البنائي(Constructive Research) ، والتي تركز على تصميم وتطوير نظام مبتكر كحل لمشكلة محددة، متبوعًا بتقييم دقيق لفعاليته. تهدف المنهجية إلى بناء نظام واقع معزز مدعوم بالذكاء الاصطناعي لتحسين التجربة المتحفية. يوضح هذا الفصل بالتفصيل البنية المفاهيمية للنظام، والأدوات والتقنيات المستخدمة، ومراحل التطوير، والآليات البرمجية التي تضمن دقة المخرجات وخصوصية المستخدم.

3.2التصميم المفاهيمي للنظام(Conceptual Design)

يقوم النظام المقترح على بنية معيارية (Modular Architecture) تدمج بين طبقة الواقع المعزز (AR Layer) وطبقة الذكاء الاصطناعي الحواري (Conversational AI Layer) ضمن تطبيق واحد يعمل على الهواتف الذكية. الهدف هو تمكين الزائر من الحصول على معلومات تفاعلية وسياقية بمجرد توجيه كاميرا هاتفه نحو قطعة أثرية.

المكونات الرئيسية للنظام:

١. **وحدة الالتقاط والمعالجة البصرية :**تستخدم كاميرا الهاتف الذكي للتعرف على القطع الأثرية وتتبعها في الوقت الفعلي.
٢. **محرك الواقع المعزز :**مسؤول عن مطابقة الصورة الملتقطة مع قاعدة بيانات محلية وعرض المحتوى الرقمي (مجسمات ثلاثية الأبعاد، فيديوهات، نصوص) فوق بيئة العالم الحقيقي.
٣. **وحدة المساعد الذكي (الوكيل الحواري) :**عند التعرف على قطعة أثرية، تتولى هذه الوحدة مهمة توليد شروحات نصية وصوتية دقيقة بناءً على المعرفة المنسقة مسبقًا.
٤. **قاعدة المعرفة المنسقة :(Curated Knowledge Base)** مصدر المعلومات الموثوق الذي يعتمد عليه المساعد الذكي، ويتكون من نصوص مقتطفة من مصادر المتحف الرسمية.
٥. **واجهة المستخدم :(UI)** طبقة العرض النهائية التي تظهر المحتوى المعزز ولوحة الحوار مع المساعد الذكي بشكل متكامل وسلس.



يوضح الشكل (2) البنية المفاهيمية العامة للنظام والعلاقة بين مكوناته.

3.3منصة التنفيذ والأدوات المستخدمة

تم اختيار الأدوات والتقنيات بعناية لتحقيق أهداف الدراسة، مع التركيز على الكفاءة وقابلية التوسع والتكلفة المنخفضة.

3.3.1الأجهزة المعتمدة: الهواتف الذكية

نظراً للانتشار الهائل للهواتف الذكية التي تجاوز عدد مستخدميها ٦.٦ مليار مستخدم عالميًا بحلول عام ٢٠٢٢، فقد تم اعتمادها كمنصة الأجهزة الأساسية للنظام. يتيح هذا الاختيار وصول الحل لأكبر شريحة ممكنة من زوار المتاحف دون الحاجة إلى أجهزة خاصة ومكلفة مثل نظارات الواقع المعزز، مما يضمن سهولة التبني والاستخدام.

3.3.2بيئة التطوير المتكاملة Unity 3D :

م.م علياء صبري عوض مبرمج رسل جاسم محمد مبرمج نسرين سعد هادي

تم اختيار محرك الألعاب **Unity 3D** كبيئة تطوير أساسية نظرًا لقدراته المتقدمة في التعامل مع الرسوميات ثلاثية الأبعاد (3D) والتفاعلات في الوقت الفعلي. يتيح Unity منصة موحدة لتطوير تطبيقات تعمل على أنظمة متعددة Android) و iOS)، مما يسهل عملية النشر. تم استخدام لغة البرمجة **C#** لكتابة الشفرات البرمجية المسؤولة عن منطق التطبيق، مثل:

- التحكم في ظهور وإخفاء الكائنات المعززة عند التعرف على الصور أو فقدانها.
- إدارة التفاعل مع الأزرار الافتراضية وتشغيل الوسائط المتعددة.
- الربط مع واجهة برمجة التطبيقات (API) الخاصة بالمساعد الذكي.
- التحكم في الإضاءة وزوايا الكاميرا لتحسين جودة العرض البصري.

3.3.3 مكتبة الواقع المعزز Vuforia Engine :

لتحقيق وظائف الواقع المعزز، تم دمج حزمة تطوير البرمجيات (SDK) الخاصة بـ **Vuforia Engine (v10.7)**. يُعد Vuforia من أقوى المحركات في مجال التعرف على الصور (Image Recognition) وتتبعها بفضل تقنيته المعتمدة على السمات الطبيعية.(Natural Features)

مبررات الاختيار:

- **دقة التعرف :** يوفر دقة عالية في تمييز الصور حتى في ظروف الإضاءة المتغيرة.
- **قاعدة البيانات المحلية :(Device Database)** تم اتخاذ قرار استراتيجي باستخدام قاعدة بيانات الصور المخزنة على الجهاز مباشرةً بدلاً من قاعدة البيانات السحابية. هذا الخيار يضمن **عمل النظام بكفاءة دون الحاجة لاتصال دائم بالإنترنت**، ويوفر سرعة استجابة فائقة، وهما عاملان حاسمان في بيئة المتحف التي قد تضعف فيها تغطية الشبكة. على الرغم من أن هذا الخيار يقتصر على ١٠٠ صورة هدف كحد أقصى، إلا أنه يُعد كافيًا لتغطية معرض متوسط الحجم أو أقسام محددة من متحف كبير.

3.4 مراحل تطوير النظام

تم تقسيم عملية التطوير إلى أربع مراحل رئيسية:

١. **إنشاء قاعدة بيانات الصور المستهدفة :** تم تصوير القطع الأثرية المختارة بزوايا واضحة ومعالجتها لزيادة التباين والسمات المميزة. بعد ذلك، تم رفع الصور إلى منصة مطوري Vuforia لتقييم جودتها (من ١ إلى ٥ نجوم) وإنشاء قاعدة بيانات محلية (ملفات .dat و .xml).
٢. **تطوير مشاهد الواقع المعزز في Unity:** تم استيراد قاعدة البيانات إلى مشروع Unity ، وتصميم المشاهد الرقمية لكل قطعة أثرية. رُبطت كل صورة هدف بكائن رقمي مقابل (مجسم ثلاثي الأبعاد، مقطع فيديو، لوحة عرض نصية).
٣. **برمجة منطق التفاعل :** باستخدام C# ، تمت كتابة السكريبتات التي تتحكم في دورة حياة الكائنات المعززة (events) مثل OnTargetFound() و OnTargetLost() لتفعيل المحتوى وإيقافه تلقائيًا.
٤. **دمج المساعد الذكي :(AI Assistant)** تم تطوير وحدة برمجية مستقلة للتواصل مع نموذج ChatGPT عبر واجهة برمجة التطبيقات(API) ، وتضمينها داخل Unity.

3.5 آلية عمل المساعد المتحفي الذكي

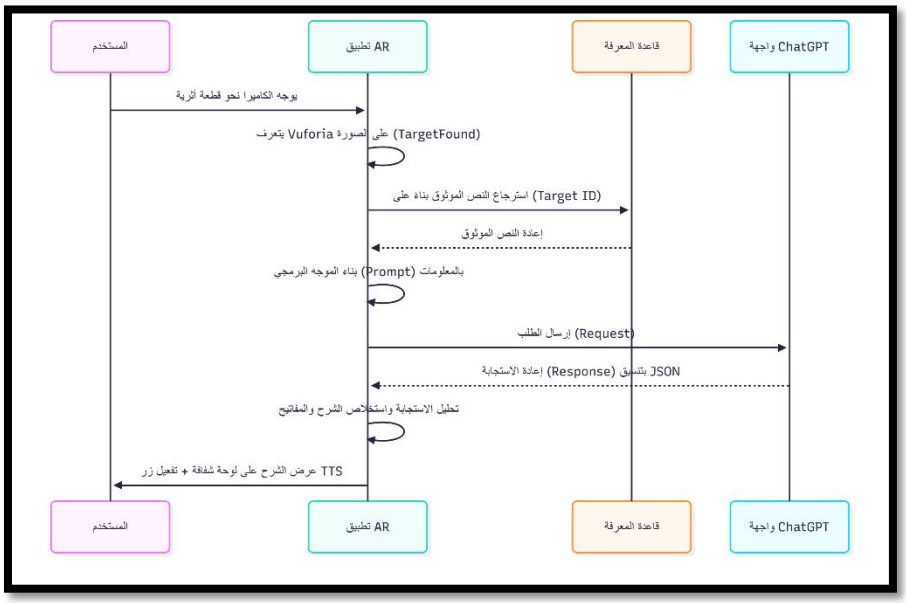
تُعد هذه الوحدة هي جوهر الابتكار في النظام، حيث تهدف إلى تقديم شروحات دقيقة وموجزة مع تقليل العبء المعرفي ومنع "هلوسة" الذكاء الاصطناعي.

3.5.1بنية الاسترجاع والتوليد المعزز(RAG)

بدلاً من طرح أسئلة عامة على النموذج اللغوي، يعتمد النظام على تقنية .**RAG**تم إنشاء قاعدة معرفة محلية من خلال استخلاص مقاطع نصية موثوقة من كتيبات المتحف واللوحات التعريفية لكل قطعة. تم وسم (tagging) كل مقطع بمعرّف القطعة الأثرية المرتبط به. عند التعرف على صورة، يقوم النظام باسترجاع النص الموثوق الخاص بها فقط، وتزويده للنموذج اللغوي كمصدر حصري للمعلومات.

3.5.2تدفق عملية التفاعل والاتصال:

يوضح الشكل (٣) تسلسل الخطوات التي تحدث عند تعرف النظام على قطعة أثرية.



الشكل (٣): مخطط تسلسلي لعملية التفاعل وتوليد الشرح.

3.5.3هندسة الموجهات(Prompt Engineering)

لضمان الحصول على استجابات عالية الجودة، تم تصميم قالب موجه برمجي (Prompt Template) دقيق وموحد يتم إرساله إلى .API القالب مصمم ليفرض على النموذج الالتزام بالمصدر المقدم وتنسيق المخرجات.

قالب الموجه البرمجي المستخدم في:#C

```
// C# Code Snippet for Prompt Generation in Unity
public string CreatePrompt(string artifactName, string artifactEra, string curatedText)
{
   // The structured prompt template
    string prompt = $"أنت مساعد متحفي خبير. قدم شرحًا موجزًا (لا يتجاوز ١٢٠ كلمة) باللغة العربية الفصحى عن
'{artifactName}'الذي يعود إلى العصر'{artifactEra}' ، + "
$"مستندًا **حصريًا** إلى هذا المقتطف الموثَّق التالي+ " .\"{curatedText}\" : "
$"بعد الشرح، أضف ٣ مفاتيح بصرية قصيرة في قائمة منفصلة+ " .
```

"$ إذا كانت المعلومات في المقتطف غير كافية للإجابة، يجب أن تكون إجابتك الوحيدة هي: "لا تتوفر بيانات مؤكدة حول هذا الجانب+ " .'
"$ أخيرًا، قم بتزويد نسخة مبسطة للأطفال من الشرح (لا تتجاوز ٦٠ كلمة)؛".

return prompt;
{

3.6ضمان الخصوصية وخطة الاستمرارية

- **الخصوصية حسب التصميم :(Privacy by Design)** لا يقوم النظام بجمع أي بيانات شخصية تعريفية. يتم تسجيل مؤشرات التفاعل (مثل مدة التوقف عند القطعة، عدد الأسئلة، مرات تشغيل الصوت) بشكل مجهول الهوية وتخزينها محليًا على الجهاز فقط لأغراض تحليلية إحصائية، ولا يتم رفعها إلى أي خوادم خارجية.
- **خطة الاستمرارية :**تم تصميم النظام ليكون مرنًا في مواجهة مشكلات الاتصال. في **وضع عدم الاتصال (Offline Mode)**، يتم تعطيل المساعد الذكي وتفعيل وضع عرض المعلومات الأساسية (نصوص وصور محفوظة مسبقًا) لضمان استمرار التجربة دون انقطاع.

بالتأكيد. يسعدني إعادة صياغة فصل "النتائج" ليتكامل مع المنهجية الاحترافية التي صممناها سابقًا. سيتم تنظيم النص، وتحليل البيانات بشكل أعمق، وربطها بأهداف البحث، مع الحفاظ على جميع المعلومات التي قدمتها.

الفصل الرابع: تحليل النتائج ومناقشتها

٤.١ مقدمة

يستعرض هذا الفصل النتائج الكمية والنوعية التي تم التوصل إليها من خلال التقييم التجريبي للنظام. تم تصميم دراسة ميدانية لتقييم تجربة المستخدمين، وقياس مدى قبولهم للتطبيق، وتحليل أثره على رغبتهم في التفاعل مع التراث الثقافي العراقي. تم جمع البيانات عبر استبيان إلكتروني موجه، تلاه تحليل إحصائي وتفسيري للنتائج.

٤.٢ منهجية التقييم وإجراءات الدراسة

نظراً للطبيعة الخاصة للمتاحف وصعوبة إجراء التجارب الميدانية الأولية، تم اتباع منهجية تقييم شبه تجريبي عن بعد Remote Quasi-experimental Evaluationتم تنفيذ الدراسة وفق الخطوات التالية:

١. **إعداد قاعدة البيانات:** تم تزويد قاعدة بيانات التطبيق بمجموعة منتقاة من الصور عالية الدقة واللوحات التي تمثل قطعًا أثرية بارزة من تاريخ العراق.
٢. **توزيع المواد على المشاركين:** تمت مشاركة مجلد رقمي عبر الإنترنت يحتوي على صور القطع الأثرية (بتنسيق JPG) مع المشاركين في الدراسة.
٣. **تثبيت التطبيق:** تم تزويد المشاركين بملف التطبيق بصيغة APK مع إرشادات واضحة حول كيفية تثبيته على هواتفهم الذكية التي تعمل بنظام أندرويد.
٤. **إجراء التجربة:** طُلب من كل مشارك استخدام التطبيق من خلال توجيه كاميرا هاتفه نحو صور القطع الأثرية (المعروضة على شاشة حاسوب أو مطبوعة) لاستكشاف محتوى الواقع المعزز.
٥. **جمع البيانات:** بعد الانتهاء من التجربة، قام كل مشارك بملء استبيان إلكتروني مصمم لقياس جوانب متعددة من التجربة. تم ضبط الاستبيان ليقبل إجابة واحدة فقط من كل شخص لضمان دقة البيانات.

٤.٣ الخصائص الديموغرافية للعينة Participant Demographics

شملت الدراسة عينة مكونة من ٣٠ **مشاركًا** لضمان الحصول على آراء متنوعة. تم تحديد الحد الأدنى لسن المشاركة بـ ١٤ عامًا، لضمان امتلاك المشارك وعيًا كافيًا بأهداف التطبيقات الثقافية. توزعت العينة ديموغرافيًا على النحو التالي:

- **الجنس:** ١٦ رجلًا (٥٣.٣%) و ١٤ امرأة (٤٦.٧%).
- **الفئة العمرية:**
  - ١٤ ـ ١٩ عامًا: ٣ أشخاص (١٠%)
  - ٢٠ ـ ٣٩ عامًا: ٢٢ شخصًا (٧٣.٣%)
  - ٤٠ عامًا فأكثر: ٥ أشخاص (١٦.٧%)
- **معدل زيارة المؤسسات الثقافية (المتاحف والمعارض):**
  - كثيرًا: ٢٠%
  - مرة واحدة: ٣٠%
  - نادرًا: ٤٠%
  - أبدًا: ١٠%

ملاحظة نوعية: لوحظ أن عددًا من المشاركين ضمن فئة "أبدًا" (الذين لم يزوروا متحفًا من قبل) أبدوا اهتمامًا ورغبة حقيقية في زيارة المواقع الأثرية بعد خوض التجربة التفاعلية مع التطبيق.

٤.٤ تحليل النتائج الرئيسية

٤.٤.١ الرضا العام عن تجربة المستخدم

أظهرت النتائج قبولًا واسعًا وإيجابيًا للتطبيق. حيث عبر **٩٦.٦٧%** من إجمالي المشاركين عن رضاهم عن التجربة. يمكن تفصيل هذه النسبة كما يلي:

- **٥٠%** من المشاركين أبدوا **"رضا تامًا"** عن التجربة.
- **٤٦.٦٧%** من المشاركين كانوا **"راضين"** عنها.
- **٣.٣٣%** فقط كانوا غير راضين.

تعكس هذه النسبة العالية نجاح التصميم في تقديم تجربة مستخدم سلسة وجذابة، وتؤكد فعالية دمج تقنية الواقع المعزز لتقديم المحتوى الثقافي.

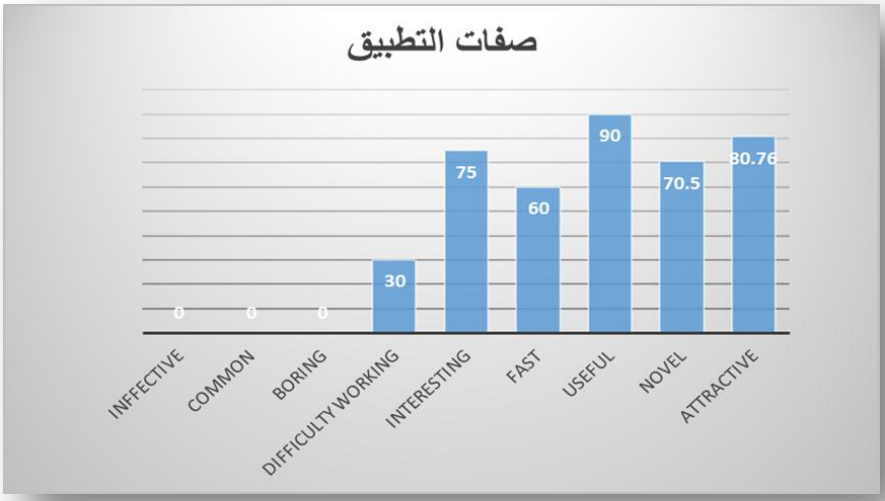
Response Options	Answered
Very satisfied	50.00%
Satisfied	46.67%
Neither satisfied nor dissatisfied	3.33%
Some what unsatisfied	0.00%

جدول مستوى الرضا العام عن تجربة استخدام التطبيق.

٤.٤.٢ تقييم خصائص التطبيق

طُلب من المشاركين تقييم جوانب محددة في التطبيق مثل سهولة الاستخدام، جودة المحتوى المرئي، وسرعة الاستجابة. تباينت الإجابات بين الإيجابية والسلبية، مما يوفر رؤى قيمة لتحسين الإصدارات المستقبلية. كما موضح بالشكل البياني التالي :

م.م علياء صبري عوض مبرمج رسل جاسم محمد مبرمج نسرين سعد هادي



شكل رقم (٤) يوضح مدى رضى المستخدمين للتطبيق

٤.٤.٣ فائدة المحتوى المعرفي

كانت النتائج المتعلقة بالقيمة المعرفية للتطبيق إجماعية، حيث اتفق **١٠٠% من المشاركين** على أن التطبيق يحتوي على **معلومات مفيدة وقيمة**. تُعد هذه النتيجة مؤشرًا قويًا على قدرة النظام على تحقيق أحد أهدافه الرئيسية، وهو إيصال القيمة المعرفية للتراث الثقافي بطريقة جذابة ومبتكرة، لا سيما لجيل الشباب الذي قد لا يكون على اطلاع كافٍ بتاريخه.

٤.٤.٤ أفضلية الاستخدام عن بعد

كشفت الدراسة عن نتيجة لافتة، حيث فضّل **٤٠% من المشاركين** خوض التجربة باستخدام ملف من الصور **بدلًا من زيارة ميدانية فعلية للمتحف**.

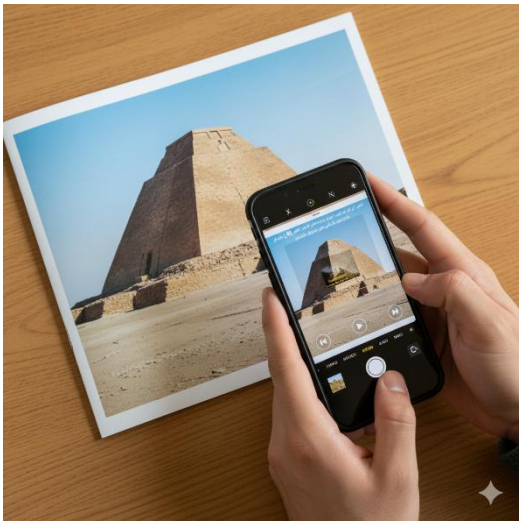
٤.٥ مناقشة النتائج ودلالاتها

تفتح هذه النتيجة آفاقًا جديدة لتوسيع التجربة المتحفية إلى ما بعد الجدران المادية للمؤسسة. بناءً على ذلك، يمكن استنتاج ما يلي:

- **إمكانية تطوير منتجات سياحية جديدة:** يمكن تصميم **كتيبات فنية Art Booklets** أو بطاقات بريدية مدعومة بالواقع المعزز، تتيح للسائح مواصلة استكشاف مقتنيات المتحف حتى بعد عودته إلى بلده. هذا لا يعزز فقط من تجربة الزائر الحالية، بل يعمل كأداة تسويقية فعالة لجذب سياح جدد.
- **تعزيز الوصول:** يقدم التطبيق حلاً مثاليًا للأشخاص الذين تمنعهم ظروف صحية أو جغرافية من زيارة المتاحف، مما يجعل التراث الثقافي أكثر ديمقراطية وشمولية.

٤.٦ حالة استخدام توضيحية

لتجسيد التجربة عمليًا، يوضح الشكل (٥) أحد المشاركين وهو يقوم بتجربة التطبيق. قام المستخدم بعرض صورة "زقورة أور" الأثرية على شاشة حاسوبه، ثم وجّه كاميرا هاتفه نحوها. على الفور، قام التطبيق بالتعرف على الصورة وعرض مقطع فيديو تفصيلي يشرح تاريخ هذا المعلم الحضاري العظيم، مما يقدم مثالاً حيًا على كيفية إثراء المحتوى الثابت عبر الواقع المعزز.



الشكل (٥): تجربة مستخدم توضح عمل التطبيق على صورة زقورة أور.

النظام ليس فقط من البقاء، بل من الازدهار، والكشف باستمرار عن استخدامات جديدة للمتاحف وجمهورها المتنوع، مما يعزز احترام التراث الثقافي ومعرفته من خلال استخدام أحدث التقنيات الرقمية.

الفصل الخامس: الاستنتاجات والأعمال المستقبلية

٥.١ الاستنتاجات Conclusions

نجحت هذه الدراسة في تصميم وتطوير وتقييم نظام مبتكر يعتمد على الواقع المعزز ARومساعد ذكي حواري، بهدف إثراء التجربة المتحفية للتراث الثقافي العراقي. لقد أثبت النظام المقترح قدرته على سد الفجوة بين المقتنيات الأثرية الثابتة والزائر المعاصر، من خلال تقديم محتوى رقمي تفاعلي، دقيق، وميسّر باللغة العربية.

يمكن تلخيص الاستنتاجات الرئيسية للدراسة في النقاط التالية:

١. **فعالية النموذج وقبوله لدى المستخدمين:** أظهرت نتائج التقييم شبه التجريبي قبولًا واسعًا للنظام، حيث عبر **٩٦.٦٧%** من المشاركين عن رضاهم عن التجربة. يؤكد هذا النجاح أن النهج المتبع في تصميم الواجهة والتفاعل كان ناجحًا وملائمًا لمختلف الفئات العمرية.
٢. **ضمان دقة المحتوى المعرفي:** يُعد استخدام تقنية **الاسترجاع والتوليد المعزز RAG** أحد أبرز إسهامات هذا البحث. فمن خلال إلزام المساعد الذكي بالاعتماد حصريًا على قاعدة معرفة منسقة من مصادر متحفية موثوقة، تمكن النظام من تقديم معلومات دقيقة وتجنب مشكلة "الهلوسة" أو توليد المعلومات الخاطئة، وهو عامل حاسم في سياق تعليمي وثقافي.
٣. **تحفيز الاهتمام بالتراث الثقافي:** أثبتت النتائج أن التطبيق لم يكن مجرد أداة للمهتمين أصلًا بالتاريخ، بل كان **محفزًا** بحد ذاته. حيث أن **١٠٠%** من المشاركين وجدوا المعلومات المقدمة مفيدة، كما أن التجربة التفاعلية شجعت نسبة من المستخدمين الذين لم يزوروا المتاحف من قبل على التفكير في زيارتها عن كثب.
٤. **توسيع نطاق التجربة المتحفية:** كشفت الدراسة عن أن **٤٠%** من المشاركين فضلوا استخدام التطبيق عن بعد مع كتيب للصور. يفتح هذا الاستنتاج الباب أمام نماذج جديدة لنشر الثقافة، حيث يمكن للمتحف أن يصل إلى جمهوره خارج حدوده المادية، مما يعزز السياحة الثقافية ويمكّن من الوصول إلى التراث لمن تمنعهم الظروف عن الزيارة.

بشكل عام، يقدم هذا البحث حلًا عمليًا، منخفض التكلفة، وقابلًا للتطبيق، ويعمل بكفاءة دون الحاجة لاتصال دائم بالإنترنت، مما يجعله مثاليًا للبيئة المتحفية في العراق والمنطقة.

٥.٢ الأعمال المستقبلية Future Work

بناءً على النتائج الواعدة لهذه الدراسة، يمكن تحديد عدد من المسارات البحثية والتطويرية المستقبلية لتوسيع قدرات النظام وتعزيز تأثيره:

١. **التطبيق الميداني واسع النطاق:** تتمثل الخطوة المنطقية التالية في نقل النظام من بيئة الاختبار شبه التجريبية إلى **تطبيق ميداني كامل** داخل أحد المتاحف العراقية الكبرى. سيتيح ذلك تقييم أداء النظام في بيئة حقيقية مع عدد أكبر من الزوار وجمع بيانات أكثر ثراءً حول أنماط التفاعل.

٢. **تطوير قدرات المساعد الذكي:**

- **الحوار متعدد الجولات Multi-turn Conversation** تطوير الوكيل الحواري ليكون قادرًا على فهم سياق المحادثة، بحيث يتذكر القطع التي شاهدها الزائر سابقًا، ويقدم مقارنات أو معلومات مرتبطة بها (مثال: "كيف تختلف هذه الأختام الأسطوانية عن تلك التي رأيتها في القاعة السومرية؟").
- **مسارات الزيارة المخصصة :Personalized Tours** تمكين المساعد الذكي من اقتراح جولات مخصصة داخل المتحف بناءً على اهتمامات الزائر التي يحددها في بداية استخدامه للتطبيق (مثلاً: "أرغب في رؤية أهم القطع من العصر الآشوري").

٣. **دمج عناصر التلعيب :Gamification** إضافة طبقة من التلعيب البسيط لزيادة تفاعل الزوار، خاصة فئة الشباب والأطفال. يمكن أن يشمل ذلك:

- **نظام إنجازات :Achievements** منح شارات أو نقاط عند استكمال استكشاف جميع القطع في قاعة معينة.
- **اختبارات قصيرة:** إنشاء اختبارات تفاعلية قصيرة بعد استعراض كل قطعة، حيث يقوم المساعد الذكي بطرح سؤال للتأكد من استيعاب المعلومة.

٤. **التحسينات التقنية:**

- **الانتقال إلى التعرف على المجسمات ثلاثية الأبعاد 3D Object Recognition** تطوير قدرة النظام على التعرف على القطع الأثرية مباشرة كأجسام ثلاثية الأبعاد بدلاً من الاعتماد على الصور ثنائية الأبعاد Image Targets، مما يزيد من دقة النظام ومرونته.
- **دعم متعدد اللغات:** إضافة لغات أخرى كالإنجليزية لدعم السياح الأجانب وجعل التجربة عالمية.

إن المضي قدمًا في هذه المسارات سيحول هذا النظام من أداة عرض معلومات فعالة إلى رفيق متحفي ذكي وشخصي، مما يعزز مكانة مؤسساتنا الثقافية كمراكز رائدة في توظيف التكنولوجيا لخدمة التراث الإنساني.

References:

[1] Kyriakou, P., & Hermon, S. (2019). Can I touch this? Using natural interaction in a museum augmented reality system. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 12, e00088.

[2] Blanco-Pons, S., Carrión-Ruiz, B., & Lerma, J. L. (2019). Augmented reality application assessment for disseminating rock art. Multimedia Tools and Applications, 78(8), 10265-10286.

[3] Rodrigues, J. M., Pereira, J. A., Sardo, J. D., de Freitas, M. A., Cardoso, P. J., Gomes, M., & Bica, P. (2017, July). Adaptive card design UI implementation for an augmented reality museum application. In International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction (pp. 433-443). Springer, Cham.

[4] Tavera, A. T. (2018). Hacia un museo sostenible:" oferta y demanda" de los museos y centros expositivos de Lima. Illapa Mana Tukukuq, (15), 132-133

[5] Gaberli, Ü. (2022). Cultural Tourism, Internet of Things, and Smart Technologies in Museums. In Handbook of Research on Digital Communications, Internet of Things, and the Future of Cultural Tourism (pp. 260-270). IGI Global.

[6] Huang, H., Lo, W. H., Ng, K. H., Brailsford, T., & O'Malley, C. (2018). Enhancing reflective learning experiences in museums through interactive installations. International Society of the Learning Sciences, Inc.[ISLS]..

[7] Aitamurto, T., Boin, J. B., Chen, K., Cherif, A., & Shridhar, S. (2018, July). The impact of augmented reality on art engagement: liking, impression of learning, and distraction. In International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality (pp. 153-171). Springer, Cham.

[8] Prasetyo, N. A., & Suyoto, S. (2018). Design Mobile App for increase the visitor museum using gamification method. TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control), 16(6), 2791-2798.

[9] Mouihbi, K., Bahri-Ammari, N., & Coulibaly, D. (2022). Museum Experience and Digital Consumption: The Role of Mobile Augmented Reality in Tunisia's Cultural Heritage. In Mobile Computing and Technology Applications in Tourism and Hospitality (pp. 120-144). IGI Global.

[10] Wynn, N., Johnsen, K., & Gonzalez, N. (2021, October). Deepfake Portraits in Augmented Reality for Museum Exhibits. In 2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct) (pp. 513-514). IEEE.

[11] Jacob, J., & Nóbrega, R. (2021). Collaborative augmented reality for cultural heritage, tourist sites and museums: sharing Visitors' experiences and interactions. In Augmented Reality in Tourism, Museums and Heritage (pp. 27-47). Springer, Cham.

[12] Neuburger, L., & Egger, R. (2018). Augmented reality: Providing a different dimension for museum visitors. In Augmented reality and virtual reality (pp. 65-77). Springer, Cham.

[13] Neuburger, L., & Egger, R. (2017). An afternoon at the museum: Through the lens of augmented reality. In Information and communication technologies in tourism 2017 (pp. 241-254). Springer, Cham.

[14] Khan, M. A., Israr, S., S Almogren, A., Din, I. U., Almogren, A., & Rodrigues, J. J. (2021). Using augmented reality and deep learning to enhance Taxila Museum experience. Journal of Real-Time Image Processing, 18(2), 321-332.

[15] Gong, Z., Wang, R., & Xia, G. (2022). Augmented reality (AR) as a tool for engaging museum experience: a case study on Chinese art pieces. Digital, 2(1), 33-45.

[16] Damala, A., Hornecker, E., Van der Vaart, M., Van Dijk, D., & Ruthven, I. (2016). The Loupe: tangible augmented reality for learning to look at Ancient Greek art. Mediterranean Archaeology and Archaeometry, 16(5), 73-85.

[17] Anjanava Biswas and Wrick Talukdar. 2024. Intelligent Clinical Documentation: Harnessi Journal of Innovative Generative AI for Patient-Centric Clinical Note Generation. International Science and Research Technology (IJISRT) (May 2024), 994-1008. https: //doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24MAY1483 arXiv:2405.18346 [cs].

[18] Kyriakou, P., & Hermon, S. (2019). Can I touch this? Using natural interaction in a museum augmented reality system. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 12, e00088.

[19] Gimeno, J., Portalés, C., Coma, I., Fernández, M., & Martínez, B. (2017). Combining traditional and indirect augmented reality for indoor crowded environments. A case study on the Casa Batlló museum. Computers & graphics, 69, 92-103.

[20] Ana María Cárdenas Gasca, Jennifer Mary Jacobs, Andrés Monroy-Hernández,and Michael Nebeling. 2022. AR Exhibitions for Sensitive Narratives: Designingan Immersive Exhibition for the Museum of Memory in Colombia. In Proceedingsof the 2022 ACM Designing Interactive Systems Conference (DIS '22).Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1698-1714. https://doi.org/10.1145/3532106.3533549

[21] Lee, Y. Y., Lee, J. H., Ahmed, B., Son, M. G., & Lee, K. H. (2019). A new projection-based exhibition system for a museum. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH), 12(2), 1-17.

[22] Zhou, Y., Chen, J., & Wang, M. (2022). A meta-analytic review on incorporating virtual and augmented reality in museum learning. Educational Research Review, 100454.

[23] Bennett, M. R., Budka, M., Belvedere, M., & Reynolds, S. (2022). Deploying augmented reality to help engage the public with palaeontological applications. Proceedings of the Geologists' Association, 133(1), 22-31.

[24] Zheng, L., Visram, S., Hall, A., Sridharan, S., Taylor, A., Sebire, N. J., & Rogers, Y. (2021). 19 Engaging children and young people on medications administration using augmented reality interactive narratives.

[25] Rupareliya, D., Parkar, H., Katkar, M., Sankhla, T., Menon, R., Somra, R., ... & Toradmalle, D. (2021, June). A Pragmatic Approach in Enhancing Health Care Industry Using Augmented Reality and Virtual Reality. In 2021 International Conference on Communication information and Computing Technology (ICCICT) (pp. 1-4). IEEE.

[26] Gunasekeran, D. V., Low, R., Gunasekeran, R., Chan, B., Ong, H. Y., Raje, D., ... & Agrawal, R. (2021). Population eye health education using augmented reality and virtual reality: scalable tools during and beyond COVID-19. BMJ Innovations,