Journal of
Engineering Sciences
Faculty of Engineering
Assiut University
JES
مجلة
العلوم الهندسية
كلية الهندسة
جامعة أسيوط
journal homepage: http://jesaun.journals.ekb.eg

Enhancing Interactive Learning and Engagement: A Study on the Role of Visualization Tools in Enhancing Construction Engineering Teaching An Applied Study on Students of Construction Project Management

تحسين التعلم التفاعلي والمشاركة: دراسة حول دور أدوات التخيل في تعزيز تدريس هندسة البناء دراسة تطبيقية على طلاب برنامج إدارة مشروعات التشييد

Received 21 January 2024; Revised 18 March 2024; Accepted 18 March 2024

أحمد صالح عبد الفتاح على [1]
(Ahmed Saleh Ismail)

الكلمات الرئيسية
أدوات التخيل
التعلم والتدريب
المحاكاة رباعية الابعاد
تدريس هندسة البناء

Abstract: The notable increase in the use of advanced visualization tools has significantly impacted the realms of learning, training, and construction site management. These tools facilitate the creation of interactive environments and virtual realities, contributing to the effective enhancement of understanding educational materials. This research aims to explore how the learning experience in construction engineering can be improved through the utilization of visualization tools and technology, with a particular focus on the effectiveness of virtual reality and 4D simulation in enhancing students' comprehension of construction project phases. The study also seeks to investigate the impact of applying Edgar Dale's Cone of Learning principles in designing the educational process, teaching students the intricacies of construction. The goal is to stimulate student engagement and deepen their exploration of the technical details of construction projects. The results demonstrated a tangible improvement in students' understanding of construction plans. The incorporation of advanced visualization tools proved instrumental in enhancing students' comprehension of construction processes, with a notable improvement in accurately and logically grasping construction plans and schedules.

الملخص

تزايد استخدام أدوات التخيل المتقدمة بشكل ملحوظ في مجالات التعلم، والتدريب، وإدارة مواقع البناء. تتيح هذه الأدوات إنشاء بيئات تفاعلية وواقع افتراضي، مساهمة في تعزيز فهم المواد التعليمية بفعالية. يهدف هذا البحث إلى استكشاف كيف يمكن تحسين تجربة التعلم في هندسة البناء باستخدام أدوات التخيل والتكنولوجيا، مع التركيز على فعالية الواقع الافتراضي والمحاكاة رباعية الأبعاد في تعزيز فهم الطلاب لمراحل

[1] أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة بالمطرية - جامعة حلوان – مصر ahmed_saleh@m-eng. Helwan.edu.eg

https://doi.org/10.21608/JESAUN.2024.264366.1304
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

مشاريع البناء. يسعى البحث أيضا لاستكشاف تأثير تطبيق مبادئ مخروط التعلم لإدغار ديل في تصميم العملية التعليمية للتعليم كيفية البناء، بهدف تحفيز مشاركة الطلاب وتعميق استكشافهم للتفاصيل الفنية للمشاريع البنائية. أظهرت النتائج تحسينا ملموسا في فهم الطلاب لخطط البناء، بالاستعانة بأدوات التخيل في تعزيز فهم الطلاب للعمليات البنائية، مع تحسين ملحوظ في استيعاب خطط جداول البناء بطريقة دقيقة ومنطقية.

١. المقدمة

تتسارع وتتغير مستجدات ميدان هندسة البناء بفعل التطورات الهائلة في التكنولوجيا، ويعكس هذا التطور تحولًا نمطيًا في مناهج التدريس وعمليات التعلم. تشهد أدوات واساليب التخيل المتقدمة Advanced visualization tools and techniques (AVT) الآن اهتمامًا متزايدًا في مجالات التعليم والتدريب، متحدةً في تعزيز فعالية وجودة هذه العمليات[١]. يُثار السؤال الأساسي في هذا السياق: "كيف يمكن لأدوات التخيل وتكنولوجيا الواقع الافتراضي تعزيز تجربة تعلم طلاب هندسة البناء؟" يمكن وصف الواقع الافتراضي والمحاكاة في التعليم على أنهما "تقنيات" أو "أدوات" متقدمة في التعليم. يمكن استخدام هذه الكلمات بشكل متبادل للدلالة على الوسائل التي تستخدم في تحسين عمليات التعلم. في سياق التعليم، يُعتبر استخدام الواقع الافتراضي والمحاكاة أحدث وسائل تكنولوجيا التعليم ويتيح للمتعلمين تجارب تفاعلية وواقعية؛ لذلك يمكن القول إنها أساليب أو أدوات متقدمة في سياق التعليم يأتي ذلك في إطار توجيه جهود التعليم نحو تحقيق أهدافه الأكاديمية بشكل أكثر فاعلية، وتعزيز تطوير المهارات العملية لدى الطلاب. تتطلب هندسة البناء كتخصص هندسي تفاعلاً كبيرًا مع العمليات والتفاصيل الميدانية، مما يستدعي وسائل تعليمية تتجاوب مع هذه الطبيعة الفريدة للتخصص[٢]. حيث تعتبر أدوات التخيل وتكنولوجيا الواقع الافتراضي خيارات مبتكرة قد توفر للطلاب فرص جديدة لفهم العمليات البنائية وتطبيق المفاهيم الهندسية بشكل أعمق[٣]. وبفضل التقدم السريع في هذا المجال، يستدعي الأمر إجراء دراسات تحليلية لتقييم مدى فعالية هذه الأدوات في تعزيز الفهم والمشاركة الفعّالة في عمليات تعلم هندسة البناء[٤]. ومن ثم معالجة كثير من التحديات التي تواجه مشروعات التشييد؛ نتيجة نقص الخبرة والتدريب الكافي.

١,١ تحديات مشاريع التشييد في ظل نقص الخبرة والتدريب الكافي للممارسة العملية

يعتبر ضعف الخبرة والتدريب غير الكافي للطلاب قبل التخرج من الكلية وقبل ممارسة العمل التنفيذي تحديات تؤثر سلبا على الأداء في مشروعات التشييد والبناء ومن هذه التحديات:

جودة العمل: صعوبة تقديم عمل عالي الجودة بسبب نقص المهارات اللازمة.

إدارة المخاطر والسلامة: زيادة خطر الحوادث، صعوبة في تحديد وفهم وتقييم المخاطر؛ بسبب نقص التدريب السليم.

تأخر المشروع: العمل على الجداول الزمنية وتخطيط المشروعات بدون فهم صحيح يؤدي الي تأخر المواعيد النهائية.

إدارة المشروع: صعوبات في التخطيط والتنظيم بسبب نقص الخبرة.

التكلفة: زيادة التكاليف واستهلاك الموارد بسبب الأخطاء التنفيذية.

التواصل الفعال: خطأ في التواصل يمكن أن يؤدي إلى سوء فهم وتأخير.

لتجاوز هذه التحديات، يتعين دمج التدريب الخبرة العملية مع الدراسة الأكاديمية لإكساب الطلاب المهارات اللازمة والاساسية للممارسة العملية التنفيذي بعد التخرج. تظهر الطرق الحديثة للتدريب خلال الدراسة الأكاديمية فاعلية في تخفيف هذه المشكلات وتعزيز نمو جيل جديد قادر على التطور وتحمل المسؤولية أثناء العمل.

٢,١ الإشكالية البحثية

من خلال العرض السابق؛ تتجلى المشكلة البحثية في ظل نقص الخبرة والتدريب الكافي للممارسة العملية، مما يؤثر على جودة العمل وإدارة المخاطر والسلامة وتأخير المشاريع وإدارة المشروع والتكلفة والتواصل الفعّال. لتجاوز هذه التحديات، يجب دمج التدريب الخبرة العملية مع الدراسة الأكاديمية، واستخدام أدوات التخيل والتكنولوجيا لتحسين تفاعل الطلاب مع محتوى هندسة البناء وتعزيز فهمهم للمفاهيم الصعبة. وبناءً على ذلك، يتساءل البحث: **كيف يمكن أن تسهم ادوات التخيل المتقدمة، في تعزيز تجربة تعلم طلاب هندسة البناء وتطوير مهاراتهم العملية؟**

٣,١ هدف البحث RESEARCH Aim

تهدف هذه الورقة البحثية إلى تحديد كيفية تحسين عملية تدريس هندسة البناء بواسطة أدوات التخيل والتطبيقات العملية التي يمكن استخدامها لتعزيز تفاعل الطلاب وتشجيعهم على المشاركة النشطة في العملية التعليمية. وذلك من خلال: -

- تحليل كيفية تطبيق مبادئ مخروط التعلم لإدغار ديل في سياق تدريس هندسة البناء باستخدام أدوات التخيل.
- تقييم فعالية أدوات التخيل المتقدمة في تحسين فهم طلاب هندسة البناء لمراحل وتنفيذ مشاريع البناء.

٤,١ منهجية البحث RESEARCH METHODOLOGY

بناءً على طبيعة البحث وأهدافه، يمكن اعتماد منهجية البحث التالية:

دراسة الأدبيات:

تركز الدراسة على قواعد البيانات للمجلات Scopus, ScienceDirect، حيث يتم جمع المعلومات من مصادر أولية وثانوية. يشمل ذلك استقراء وتحليل الدراسات السابقة والأدبيات المتعلقة بمجال الدراسة، من خلال الكتب والدوريات، لتحديد الأساس النظري لأدوات التخيل المتقدمة لتدريب أعمال البناء.

تصميم البحث:

- وضع خطة تجريبية لتطبيق أدوات التخيل في سياق تعلم هندسة البناء، مع ذكر الفوائد والتحديات من التطبيق.
- تطبيق مبادئ مخروط التعلم لإدغار ديل في تصميم وتوجيه العملية التعليمية باستخدام أدوات التخيل.

تنفيذ التجربة:

- تطبيق أدوات التخيل المختارة (مثل الواقع الافتراضي والمحاكاة رباعية الأبعاد) في جلسات تعلم هندسة البناء.
- تقييم فعالية أدوات التخيل في تحسين فهم طلاب هندسة البناء، وجمع البيانات من المشاركين.

تقديم النتائج والاستنتاجات:

- عرض النتائج بوضوح وفعالية، تحليل النتائج واستنتاجاتها بناء على الأهداف المحددة للبحث.

تتبع المنهجية الاستقرائية الاستنباطية للبحث مقاربة تفصيلية ودقيقة وستسهم في فهم شامل لتأثير أدوات التخيل المتقدمة في تعزيز تجربة تعلم هندسة البناء.

٢. استخدام أدوات وأساليب التخيل المتقدمة في التدريب وتحسين دراسة البناء

"الصورة تساوي ألف كلمة"، هذه المقولة تتناسب تمامًا مع طبيعة أدمغتنا؛ حيث إنها متخصصة في معالجة المدخلات البصرية بطريقة مختلفة تمامًا عن النصوص أو الأصوات. وتُعتبر هذه الوسائل فعالة في فهم كميات كبيرة من البيانات التي قد لا يمكن تصوّرها بشكل كافٍ، مما يُمكّن تحسين عمليات التعلم. وبناءً على ذلك، يُظهر البحث أن الطلاب الذين يستخدمون العناصر المرئية في عمليات التعلم يكتسبون المزيد من المعرفة مقارنةً بالطلاب الذين يعتمدون على النصوص فقط[٥].

إحدى العوائق التي تعترض العملية التعليمية الفعّالة هي بنية أجسامنا، حيث إن الطريقة التي يتم بها استقبال المعرفة في أدمغتنا تُحدّ من قدرتنا على التعلم بشكل كبير. وهذا هو التحدي الذي يجب على المعلمين التغلب عليه من خلال تصميم بيئات تعليمية موجهة ومناهج مبتكرة، تُخصّص لتناسب احتياجات الطلاب، بما في ذلك طرق التقييم والموارد التعليمية[٦]. وعليه، يسعى المعلمون باستمرار إلى إعادة تصميم تجارب التعلم بهدف تعميق فهم الطلاب وتعزيز تجربتهم التعليمية. ويظهر من الأدبيات الحديثة حول عملية التعلم المتميزة أن جهودهم قد تلقى نجاحًا عندما يستند عملهم إلى أحدث الأبحاث في مجالات علم الدماغ والعلوم المعرفية وتصميم وسائط التعلم المتعددة.

١,٢ مخروط ديل في التعلم واكساب الخبرات Edgar Dale's Cone of Learning

إدغار ديل (١٩٥٤)، أحد الباحثين الأوائل في مجال التعلم البصري، يعود له الفضل في الربط الأصلي بين النظرية التعليمية ووسائل الاتصال. إن مخروط ديل والذي يطلق عليه أحيانا مخروط الخبرة؛ هو في الاساس استعارة بصرية حول المواد السمعية والبصرية، يصور فيه أنواع التعلم من الملموس الي المجرد[٧]. كذلك هو تمثيل مرئي لمستويات مختلفة من الحفظ والفهم التي يمكن للمتعلمين تحقيقها من خلال طرق التدريس المختلفة؛ حيث يقتر ح مستويات مختلفة من الاحتفاظ بالمعلومات بناء على كيفية تقديم المعلومات[٨]. في الجزء العلوي من المخروط، لدينا القراءة والمحاضرات، بينما في الاسفل، لدينا تجارب عملية، مثل تعليم الآخرين أو القيام بالشيء الحقيقي. إنها طريقة رائعة لتصور فعالية أساليب التعلم المختلفة. تتضمن دراسة البناء مزيجًا من المعرفة النظرية والمهارات العملية. يقترح مخروط التعلم أن الأفراد يحتفظون بالمعلومات بشكل أفضل عندما ينخرطون في التعلم النشط بدلاً من التعلم السلبي.

شكل رقم (1) يبين مستويات الخبرة والتعلم في هرم ديل واستخدام ادوات التخيل كاداة في تحسين التعلم [9]

وشكل رقم (١) يبين مستويات الخبرة والتعلم وفقا لمخروط ديل، يتذكر الناس عموماً ١٠٪ مما يقرؤون، و٢٠٪ مما يسمعون، و٣٠٪ مما يرون، و٥٠٪ مما يرون ويسمعون، و٧٠٪ مما يقولون ويكتبون، و٩٠٪ مما يفعلون[٩].

٢,٢ تطبيقات أدوات وأساليب التخيل في تعزيز التعلم والتدريب وتحسين دراسة البناء

أصبحت أدوات التخيل جزءا لا يتجزأ من انشطتنا في مختلف المجالات، بما في ذلك التدريب والتعلم وإدارة مواقع البناء. لقد أحدثت القدرة على نقل المعلومات المعقدة من خلال التمثيل المرئي ثورة في طريقة نشر المعرفة وتطبيقها. تستكشف مراجعة الأدبيات هذه الدور الهام لأدوات التصور في هذه المجالات، مع تسليط الضوء على تأثيرها على تحسين الفهم، وتعزيز نتائج التدريب، وتبسيط عمليات تسلسل البناء. اعتمدت المؤسسات والمنظمات التعليمية على حد سواء منصات مثل SimScale وANSYS لإنشاء سيناريوهات واقعية لطلاب الهندسة والمهنيين. تتيح هذه الأدوات للمتعلمين تصور

المفاهيم المعقدة والتفاعل معها، مما يحسن فهمهم واحتفاظهم بها[١٠]. أحدثت تقنيات الواقع الافتراضي (VR) Virtual reality والواقع المعزز(AR) Augmented reality تحولًا كبيرًا في برامج التدريب في مجالات البناء والهندسة. يمكن أن يحاكي استخدام سماعات الواقع الافتراضي وتطبيقات الواقع المعزز بيئات البناء الحقيقية، مما يمكّن المتدربين من ممارسة المهارات وتعزيز الوعي بالسلامة[١١]. وتظهر أدوات وأساليب التخيل المتقدمة في العديد من التطبيقات التي تستخدم في تعزيز التعليم وتحسين دراسة البناء ومنها: -

١,٢,٢ تطبيقات الواقع الافتراضي والواقع المختلط في تعليم البناء

تعمل تطبيقات الواقع الافتراضي (VR) التفاعلية على تحسين الفهم والاحتفاظ[١٢]. على سبيل المثال، يمكن لطلاب الطب استخدام الواقع الافتراضي لممارسة العمليات الجراحية[١٣]، ويمكن للمهندسين محاكاة عمليات الآلات المعقدة[١٤]. في مجال التعليم، توفر أدوات التصور طرقًا جديدة لتقديم المعلومات وإشراك الطلاب. على سبيل المثال، تمكّن تطبيقات الواقع المعزز (AR) المتعلمين من التفاعل مع الأشياء والبيئات الافتراضية، مما يخلق تجارب تعليمية غامرة[١٥]. ومن خلال أدوات التصور يمكن تحويل المفاهيم المجردة إلى تمثيلات ملموسة، مما يعزز التعلم النشط ومشاركة الطلاب[١٦]؛ بالإضافة إلى ذلك، يمكن لأدوات التصور أن تسهل التعلم التعاوني من خلال دعم مشاركة البيانات المرئية واستكشافها[١٧].

٢,٢,٢ استخدام نماذج التخيل الواقعي والمحاكاة لتعلم أنشطة التنفيذ في الموقع

يُستخدم الواقع الافتراضي (VR) في التعليم لتعريف الطلاب بطرق التنفيذ المستخدمة في مواقع البناء، من خلال زيارات افتراضية تُساعد على تجميع المعرفة والمهارات اللازمة لفهم عملية البناء[١٨]. فالتنقل إلى مواقع البناء يُعتبر تحديًا صعبًا ومحفوفًا بالمخاطر من ناحية السلامة والأمان، خاصة أن الطلاب يفتقرون إلى الخبرة في هذا المجال[١٩]. بالإضافة إلى ذلك، تشكل صعوبة التنسيق بين عمليات التعليم وظروف الموقع تحدًّا إضافيًا. من جهة أخرى، يمكن لبرامج الواقع الافتراضي أن تجمع الطلاب مع المعلمين داخل بيئة افتراضية لتعليمهم الخبرات التعليمية الضرورية، حيث يُمكن إنشاء نماذج تخيلية تُعكس بدقة بيئة الموقع المستهدف؛ بما في ذلك المحاكاة للظروف المناخية والتحديات المختلفة التي قد يواجها العمال[٢٠]. تُعد هذه الزيارات الافتراضية مفيدة جدًا في تدريب الطلاب على عمليات البناء دون تعريضهم للمخاطر الحقيقية. شكل رقم (٢) يبين إحدى الموقع الافتراضي وتجهيزاتها لتعليم وتدريب الطلاب.

علي دراسة طرق تنفيذ الأنشطة المختلفة، مثل بند الخرسانة وطريقة التجهيز لها والمعدات اللازمة للإعداد والصب. هذا يساعد الطلاب على فهم تسلسل عملية الصب ومراحل الإعداد لها؛ ومن ثم القدرة على تصميم وتخطيط جداول البناء واستخدام الموارد بشكل فعال[٢١]. هذا يساعد على تعزيز تجربة التعلم وتقديم المعرفة العملية التي يحتاجها الطلاب للتعامل مع مواقع البناء، وهو ما يُعتبر خطوة مهمة في سد الفجوة بين المناهج الدراسية والتجربة العملية.

شكل رقم (٢) تبين الموقع الافتراضي وتجهيزاته [21].

٣,٢,٢ الواقع الافتراضي الغامر في تعليم البناء Immersive virtual reality in construction

تُعتبر تقنية الواقع الافتراضي الغامر (IVR) تقنية متقدمة تستفيد من البيئات الافتراضية لتعزيز تجارب التدريب والتعلم، بما في ذلك إدارة مواقع البناء. استُخدم ال (IVR) على نطاق واسع في برامج التدريب لمحاكاة سيناريوهات واقعية، حيث يُمكن المتدربين من التفاعل مع النماذج ثلاثية الأبعاد، مما يُعزز الفهم المكاني[٢٢]. أظهر استخدام ال (IVR) في تدريب السلامة نتائج واعدة، حيث يوفر بيئة آمنة للمتعلمين لممارسة بروتوكولات السلامة[٢٣]. يؤدي ظهور ال (IVR) إلى تحول في أساليب التعلم في مختلف المجالات، بما في ذلك تعليم طرق البناء؛ لتوفير بيئة تعلم تفاعلية وغامرة. يُظهر ال (IVR)فعالية في تحسين تجربة التعلم، حيث يمكن للمتعلمين تجسيد وتجربة المفاهيم والإجراءات المعقدة[٢٤]. قامت دراسة أخرى بتطوير واختبار أداة تقييم قائمة على الواقع المعزز لتقييم مهارات التعرف على المخاطر لدى طلاب إدارة البناء، ووجدت أنها تفوقت على التقييمات الورقية التقليدية والتقييمات المعتمدة على الحاسوب من حيث الفعالية وتفضيلات الطلاب[٢٥] سلطت الدراسة الضوء على إمكانات التقنيات الغامرة لسد الفجوة بين الفصول الدراسية وبيئات البناء في العالم الحقيقي لتحسين التدريب على السلامة[٢٦,٢٧]. وجدت إحدى التجارب الصفية أن تنفيذ جدول (BIM) رباعي الأبعاد إلى جانب تقنية الواقع الافتراضي يمكن أن يعزز أداء الطلاب؛ حيث اتفق معظم المشاركين الذين جربوا هذه التقنية انها سهلت تصور المشروع وفهم الجدول الزمني والعثور على الأخطاء وتصويبها؛ علاوة على ذلك نجح جميعهم تقريبًا في تسلسل التجميع باستخدام (4D/IVR)، مقارنة بـ ٤٢٪ فقط الطلاب الذين استخدموا الرسومات والجداول ثنائية الأبعاد[٢٨]. وفي دراسة حديثة اقترحت منهجية لتطبيق تقنية VR-BIM لإدارة البناء، وأشارت الدراسات إلى أن تطبيق ال (IVR)يُعزز الإبداع ويحسن تصور التصاميم المعقدة، ويُكمل الزيارات الفعلية لمواقع البناء[٢٩]، ومع ذلك فإن العقبات مثل التكلفة والتعرض المحدود لكل من الطلاب وأعضاء هيئة التدريس للواقع الافتراضي ونقص البنية التحتية، قد يعوق تنفيذ (IVR) في تعليم إدارة البناء[٣٠].

٤,٢,٢ المحاكاة رباعية الأبعاد 4D Simulation لتحسين تدريس ودراسة البناء

تتيح المحاكاة رباعية الأبعاد مفهوم التصور المتقدم خطوة أخرى إلى الأمام من خلال دمج عنصر الوقت في البيئة الافتراضية[٣١]. في سياق تعليم البناء، تتضمن المحاكاة رباعية الأبعاد دمج البيانات المرتبطة بالوقت في نماذج ثلاثية الأبعاد، مما يوفر تمثيلاً شاملاً لعمليات البناء طوال دورة حياة المشروع. توفر أدوات التصور المتقدمة منصة ديناميكية وتفاعلية للطلاب لاستكشاف مشاريع البناء[٣٢]، تسمح هذه المحاكاة الديناميكية للطلاب بمشاهدة تطور مشروع البناء بمرور الوقت، بدءًا من التخطيط الأولي وحتى الانتهاء، مما يسهل الفهم الشامل لتسلسل المشروع وجدولة[٣٣]. وتصور تسلسل البناء، وفهم تأثير قرارات التصميم على الجداول الزمنية للمشروع. يتيح دمج تقنية المحاكاة رباعية الأبعاد للطلاب تجربة مشاريع البناء بشكل مرئي وتفاعلي[٣٤]؛ مما يعزز فهمهم لعمليات البناء المعقدة وتحسين نتائج التعلم الشاملة. كما أن المحاكاة رباعية الأبعاد تعزز الفهم المكاني لدى الطلاب، وتعزز مهارات التعاون والتواصل، وتحسن قدرتهم على تحليل عمليات البناء وتحسن التفكير النقدي ومهارات حل المشكلات، وتعزز فهمًا أعمق لتسلسل البناء وإدارة المشاريع[٣٥].

٣,٢ مزايا وتحديات الاستفادة من أدوات واساليب التخيل المتقدمة في التعليم

تُظهر أساليب التخيل المتقدمة في التعليم فوائد متعددة، مثل زيادة المشاركة وتحسين الاحتفاظ بالمعرفة وتحسين نتائج التعلم[٣٦]. وتجاوز القيود التقليدية للفصول الدراسية من خلال تمكين الطلاب من التعلم بسرعة وأسلوب يتناسب معهم[٣٧]. تم تطبيق (AVT)، في دراسات تركز على تعليم إدارة الإنشاءات، حيث أظهرت النتائج تحسينًا إيجابيًا[٣٨]. يقدم الواقع الافتراضي إمكانيات لتحسين الإبداع وتعزيز فهم التصميمات المعقدة وتسهيل فهم مفاهيم الدورة التدريبية[٣٩]. تلعب أدوات التخيل دورًا حاسمًا في برامج التدريب عبر توفير تمثيلات مرئية تعزز الفهم والاحتفاظ بالمعرفة. استخدام النماذج التفاعلية ثلاثية الأبعاد والمحاكاة في الواقع الافتراضي (VR) يحسن نتائج التعلم بشكل كبير[٤٠]. توفير بيئة آمنة لتجربة وممارسة المفاهيم دون تعرض للمخاطر والأذى، مما يُمكن الطلاب من تطوير مهاراتهم ببيئة مراقبة[٤١]. يُمكن

لـ (AVT)، محاكاة سيناريوهات حقيقية، مما يتيح للطلاب تطوير مهاراتهم وتحسين ثقتهم في بيئة آمنة[٤٢]. تتيح هذه الأدوات للمتدربين الانخراط في سيناريوهات واقعية للمساعدة في حل المشكلات[٤٣].

١,٣,٢ التحديات في التطبيق اساليب وادوات التخيل المتقدمة في التعليم الهندسي

على الرغم من فوائد أدوات التخيل هناك تحديات يجب التصدي لها، قد يكون التكامل في العمليات التعليمية والإنشائية معقدًا ومكلفًا ويتطلب تخطيطًا دقيقًا؛ هناك أيضًا تحديات تعليمية للمستخدمين غير المعتادين على هذه الأدوات، ويجب معالجة مخاوف الخصوصية المرتبطة بها[٤٤].رغم إمكانيات أدوات التصور، هناك تحديات تكنولوجية وتكاليف وحاجة لتدريب متخصص. يجب أن تتركز الأبحاث المستقبلية على تطوير أدوات سهلة الاستخدام وفعّالة من حيث التكلفة. من المهم أن نفهم تحديات التطبيق حيث من خلال فهم هذه التحديات، يمكن للمؤسسات التخطيط لتحقيق فعالية أكبر عند تنفيذ أدوات التصور في برامج التدريب. وتشمل هذه التحديات[٤٥]:

- القيود التكنولوجية: قد يتطلب تنفيذ أدوات التصور استثمارًا في تحديث الأجهزة والبرمجيات؛ نظرا للتكلفة العالية في التشغيل والصيانة والتحديثات المستمرة، مع مراعاة مشكلات التوافق والقيود الفنية.
- اعتبارات التكلفة: التكاليف المرتفعة لشراء وصيانة أدوات التصور خاصة تلك المتقدمة تشكل تحديات مالية.
- التدريب والإلمام: المستخدمون يحتاجون إلى تدريب لفهم واستخدام أدوات التصور بشكل فعّال.
- إنشاء المحتوى وجودته: إنشاء محتوى عالي الجودة يتطلب جهدًا ووقتًا كبيرين.
- الوصول والبنية التحتية: الحاجة إلى بنية تحتية ومعدات متخصصة قد تكون تحديًا، خاصة عند استخدام التقنيات الافتراضية.
- قبول المستخدم ومقاومته: مقاومة المستخدمين لتبني أدوات جديدة.

يجب تحقيق التوازن بين فوائد الاستخدام والتحديات المحتملة، مع التركيز على تحسين تكامل تلك الأدوات في بيئات التعلم.

٣. تجربة استكشاف فعالية المحاكاة رباعية الأبعاد لتحسين تعليم ودراسة البناء

تم إجراء هذه التجربة بغرض اكتشاف أثر أساليب التخيل المتقدمة في إكساب وتعليم الطلاب الخبرة اللازمة في تطوير جداول البناء من خلال تحسين التخيل وتمرين الطلاب واكسابهم الخبرات على إدارة البناء مع الفهم الجيد لمراحل التنفيذ ومتطلبات كل مرحلة من الموارد المختلفة واكتشاف الأخطاء في تسلسل او ترتيب البنود.

١,٣ الهدف من هذه التجربة The goal of this experiment

اكتشاف أثر أساليب التخيل المتقدمة في إكساب الخبرة اللازمة في تقييم وتحليل عمليات البناء المعقدة، من خلال النقاط التالية: -

- مراجعة خطط البناء لمعرفة الزيادة في الفهم والملاحظة التي يمكن للطلاب اكْتسابها عن طريق استخدام عملية نمذجة (4D).
- معرفة مدى دقة الطلاب في تفسير وتحديد الأخطاء الواردة خلال مراجعة جدول البناء أو تحليل نموذج (4D) كاد للمشروع.
- استخدام (4D) في تحليل عمليات البناء المعقدة واكتشاف الاخطاء، وتدريبهم على تتابع أعمال التنفيذ.
- اكتشاف الصعوبات التي تواجه الطلاب في الفهم الكامل للتصميم من خلال مراجعة جدول البناء.
- قياس مدى تكيف الطلاب مع التقنية الجديدة.

٢,٣ منهجية العمل في التجربة Methodology of working

تم إجراء التجربة على طلاب قسم الهندسة المعمارية لمقرر إدارة مشاريع التشييد في بمعمل المحاكاة والتخيل الواقعي كما هو موضح في شكل رقم (٣). تم اختيار مشروع دراسة حالة وتحضير الرسومات الأساسية، بما في ذلك رسومات البناء ثنائية الأبعاد، وتم إعداد جدول زمني لعملية البناء باستخدام مخطط جانت في برنامج أم أس بروجيكت؛ بعد ذلك تم إعداد جدول أساسي مبسط للبناء يظهر فقط الأنشطة الرئيسية، وتم تبسيط المشروع لتجنب إرباك الطلاب أثناء العمل. تم تحويل الرسومات ثنائية الأبعاد إلى نموذج هيكلي ثلاثي الأبعاد باستخدام برنامج ريفت، ثم تم تقسيم النموذج إلى مراحل وترتيبه وفقًا للأنشطة الموجودة في الجدول الزمني الأساسي المبسط كما هو موضح في شكل رقم (٤). بعد تطوير الموديل باستخدام برنامج الريفت، تم تحويله إلى بيئة التخيل الواقعي باستخدام برنامج انسكب، مما سمح للمستخدمين بتجربة البناء ثلاثي الأبعاد.

تم تقسيم الطلاب إلى مجموعتين (A, B)، حيث قامت مجموعة (A) بالعمل بالطريقة التقليدية، بينما استخدمت مجموعة (B) أدوات التخيل؛ حيث تم تزويد الطلاب بالرسومات المعمارية والإنشائية ثنائية الأبعاد لتخيل النظام الإنشائي. وتم وضع جدول زمني مضغوط للمشروع. تم تقديم خمسة أخطاء في التسلسل المنطقي بشكل متعمد لتقييم فعالية الطريقة المقترحة. هذه الأخطاء تشمل: (١) تمديد ارتفاع أعمدة الطابق الأرضي، (٢) بناء سلالم الطابق الأول قبل بلاطة سقفه، (٣) بناء بلاطة السقف الأرضي قبل صب كمراتها، (٤) صب كور المصعد قبل صب السقف، (٥) بناء جدران الطابق الثاني قبل أعمدته.

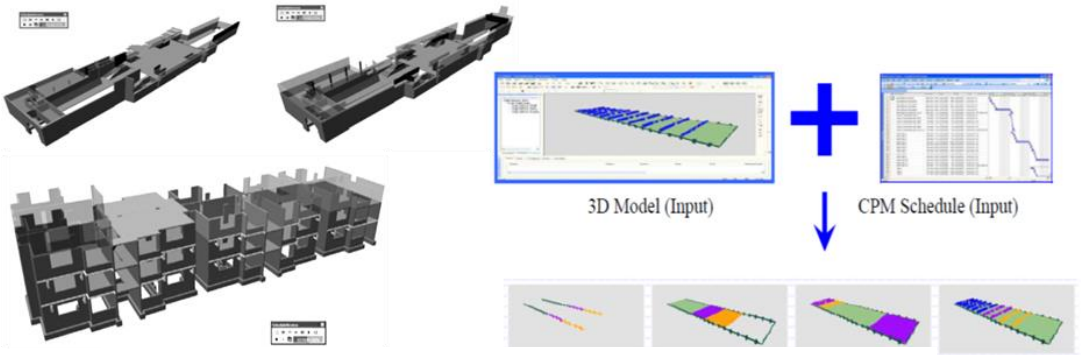
شكل رقم (3) يبين معمل المحاكاة والواقع الافتراضي وتجهيزاته

٣,٣ تطبيق مفاهيم مخروط التعلم باستخدام المحاكة الرباعية والواقع الافتراضي

من خلال دمج مبادئ مخروط التعلم هذه في استخدام المحاكاة رباعية الأبعاد، يمكن أن يصبح التدريس والتدريب في دراسة البناء والتخطيط وجداول التنفيذ أكثر جاذبية وفعالية. ستتاح للطلاب الفرصة للمشاركة بنشاط وتصور وتطبيق معارفهم، مما يؤدي إلى فهم أعمق وتحسين تنمية المهارات. يمكننا تطبيق مبادئ مخروط التعلم باستخدام المحاكاة رباعية الابعاد على النحو التالي:

١) إنشاء النموذج ثلاثي الأبعاد لمشروع البناء، بما في ذلك جميع العناصر والتفاصيل ذات الصلة.
٢) دمج عنصر الوقت في النموذج ثلاثي الأبعاد، وتحديد المدة والتسلسل لكل نشاط.
٣) تشغيل المحاكاة لتصور عملية البناء مع مرور الوقت، مع الأخذ في الاعتبار عوامل مثل تخصيص الموارد، وطرق البناء، والاشتباكات المحتملة. ومن خلال تشغيل المحاكاة، يمكنهم تحديد الاشتباكات المحتملة وتعديل الجدول الزمني وفقًا لذلك.
٤) تحليل نتائج المحاكاة وتحديد المشكلات المحتملة وتحسين الجدول الزمني للبناء.
٥) عرض وتقديم المحاكاة يمكن للطلاب المناقشة وتبادل واجهات النظر المختلفة من خلال التفاعل التعاوني في ايجاد المشاكل والحلول المختلفة؛ للمساعدة في اتخاذ القرار والتواصل الفعال.
٦) تقييم المعرفة النظرية للطلاب لعمليات البناء والتسلسل والخدمات اللوجستية.
٧) تقييم قدرة الطلاب على إنشاء محاكاة دقيقة رباعية الأبعاد، وتحديد الاشتباكات، وتحسين جداول البناء.

٨) تكليف مشاريع البناء للطلاب بتخطيط ومحاكاة وعرض النتائج التي توصلوا إليها، لإجراء تقييم شامل لفهمهم ومهاراتهم.
٩) تقديم تعليقات بناءة على عمليات المحاكاة رباعية الأبعاد للطلاب، وتسليط الضوء على مجالات التحسين وتقديم اقتراحات لتعزيز فهمهم وتطبيقهم لمبادئ دراسة البناء.
١٠)تشجيع الطلاب على التفكير في النتائج وتحديد الدروس المستفادة واقتراح حلول بديلة للتغلب على التحديات.



شكل رقم (4) تبين منهجية العمل في التجربة

٤,٣.البرامج المستخدمة لإنتاج المحاكاة رباعية الابعاد Programs used to produce 4D simulations

هناك العديد من البرامج لإنتاج النماذج الرباعية الإبعاد المستخدمة في تعليم الطلاب في تنفيذ أنشطة البناء المختلفة لتنفيذ المشروعات مثل طريقة تنفيذ بند الخرسانة المسلحة وليكن نشاط الأساسات المنفصلة لأي مشروع حيث يمكن للطلاب بناء هذه النماذج عن طريق عمل الرسومات (2D) ثم تحويلها إلى رسومات (3D) ثم ربطها مع الجداول الزمنية لتحويلها إلى نماذج (4D) ثم تحويلها إلى simulation عن طريق برامج animation ثم عرضها.

ومن هذه البرامج المستخدمة في عمل النماذج رباعية الإبعاد التعليمية هي:

- برنامج الاتوكاد أو اسكتش اب (3D) (2D) وGoogle SketchUp PRO or AutoCAD
- برنامج ريفت. Rivet
- برنامج ميكروسوفت إكسيل لعمل حسابات التكلفة MS Excel
- برنامج ميكروسوفت بروجيكت لعمل الجدول الزمني MS Project
- برنامج لعمل المحاكاة وبرنامج فلاش Dreamweaver MX and Flash MX
- برنامج انسكيب لتحويل الموديل الي بيئة التخيل الواقعي TM Enscape

٥,٣.المهام المطلوبة من الطلاب Tasks required of students

تم تقسيم المجموعات وتكليف الطلاب بثلاث مهام أساسية كالتالي:

المهمة الأولى: قام كل طالب بمراجعة الجداول والرسومات بشكل فردي؛ ثم تم تكليف مجموعات العمل (التي تتألف من اثنين من الطلاب) بتطوير الجداول الزمنية للمشروع؛ بهدف تقليل مدة المشروع شهرًا، مع مراعاة موارد المشروع من فروق العمالة في البنود المختلفة، وكذلك المعدات اللازمة وتخصيصها لتنفيذ الأنشطة المختلفة كما هو موضح في شكل رقم (٥) الذي يبين التفاعل والمشاركة بين الطلاب.

المهمة الثانية: تم تكليف الطلاب بكشف الأخطاء المتعمدة في الجدول الزمني، مع تحديد مواقع أخطاء التسلسل المنطقي لأنشطة البناء، وتحديد أي تضاربات "clash" تظهر في جدول البناء أو أي تداخل بين الأنشطة؛ ثم قام الطلاب بتطوير الجداول باستخدام طريقة التسلسل الزمني بعد تحليل الرسومات، وتم تقييم هذه الجداول ومناقشتها جماعيًا، بالإضافة إلى شرح الأخطاء العامة.

المهمة الثالثة الاستبانة: طُلب من الطلاب الإجابة على مجموعة من الأسئلة (١٥ سؤالًا) لقياس للاستجابة والفهم بين المجموعتين؛ تتألف الاستبانة من ثلاثة أقسام. القسم الأول جمع المعلومات الديموغرافية والمعرفة المسبقة للطلاب لتوزيعهم على المجموعات بشكل متكافئ ويتكون هذا القسم من أربعة أسئلة اختيارية. القسم الثاني يتألف من عشرة أسئلة بهدف تقييم تجربة الطلاب. القسم الثالث يتضمن سؤالين من نوع البيانات لتقييم جودة التفاعل بين الطلاب. يمكن مراجعة نتائج الاستبانة من خلال الجدول رقم (١).

شكل رقم (٥) يبين التفاعل والمشاركة بين مجموعات العمل داخل مجموعة

٦,٣. الدراسة التطبيقية (التجربة) Applied study (experiment)

بدت التجربة بشكل فردي لكل طالب علي حده بتجزئة الأعمال والمهام وعمل جداول البناء بالطريقة التقليدية من خلال الرسومات (2D) ثم بدواء في المرحلة الثانية بنظام المجموعات كل مجموعة مكون من طالبين ليقوموا بتطوير جداولهم الزمنية للمشروع وتقليل زمن المشروع من ١٠ شهور الي٩ شهور. تم استخدام قوالب جاهزة للجداول وربطها مع الموديل (3D) المعطي لهم للحصول على نماذج (4D) بعد أن اعتادوا العمل بهذه التقنية مما مكنهم من مراجعة واختبار الجداول الزمنية وبمجرد الانتهاء من النموذج يقوم الطالب بالمراجعة مع مجموعته شكل رقم (٦) يبين تفاعل الطلاب واستخدام نظارات التخيل الواقعي. ثم سيقوم المشاركون بمراجعة عمليات البناء مع نموذج (4D) الصحيح، ثم تقييم الأخطاء المكتشفة والأسباب إلي أدت إلى عدم اكتشاف هذه الأخطاء. واختيار أفضل الطرق لتسلسل الأعمال لإنجاز المشروع في أقل وقت ممكن ثم تسجيل أفضل بديل من وجهه نظرهم في شكل عرض فيديو يحاكي مراحل التنفيذ وطريقة تخطيط الأنشطة لعرضه في المعمل على زملائهم ومشرف البرنامج وذلك لإجراء المناقشات والمقارنة بين النتائج المتحصل واختيار أفضل البدائل من خلال معرفة إيجابيات وسلبيات كل بديل بعد شرح كل مجموعة للبديل الخاص بها.

شكل رقم (٦) يبين تفاعل الطلاب والمشاركة اثناء عرض المحاكاة واستخدام نظارات التخيل

٧,٣.نتائج التجربة والمناقشة

شارك في الاستبانة ٩٠ طالبا تم توزيعهم على مجموعتين كما هو موضح في جدول رقم (١). والاستبانة مقسمة إلى ٣ أقسام كالتالي: - القسم الأول تمت مشاركة الطلاب فيه قبل التجربة، في حين كانت مشاركتهم في القسمين الثاني والثالث بعد انتهاء التجربة. الهدف من الاستبانة كان استكشاف فعالية أساليب التخيل المتقدمة في تدريس تسلسل أعمال البناء

وتخطيط وعمل الجداول الزمنية مقارنة بتقنيات التدريس التقليدية ثنائية الأبعاد. ويظهر في الجدول رقم (١) الأسئلة والنتائج لأقسام الثلاثة من الاستبانة.

١,٧,٣ نتائج القسم الأول

كانت النتائج في القسم الأول كالتالي: ٨٧ % من الطلاب يرون أن الطرق التقليدية غير كافية لإكساب الخبرات العملية للبناء، ٦٤٪ لم يشاركوا في أي تدريب في مواقع البناء، ٧٢ % ليس لديهم خبرة فنية كافية وحقيقية في تخطيط ومعرفة تسلسل أنشطة البناء، ٥٣٪ ليس لديهم معرفة تقنية بتطبيقات أدوات التخيل المتقدمة.

٢,٧,٣ نتائج القسم الثاني

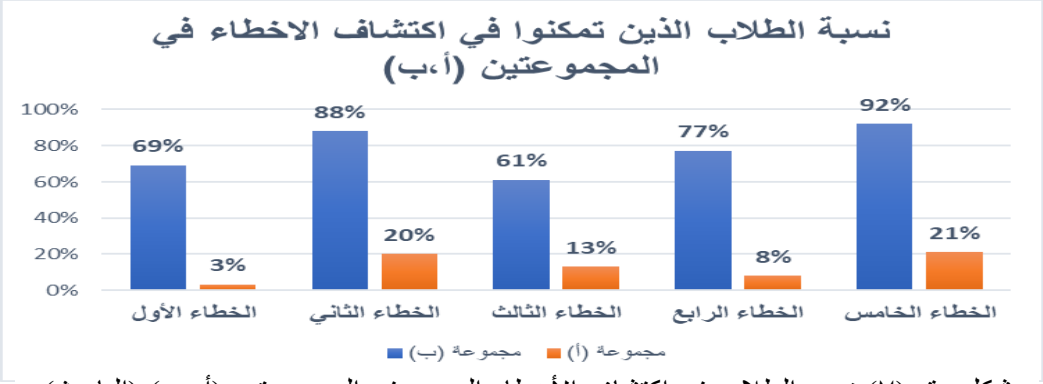
كانت نتائج القسم الثاني حول الجوانب الخمسة التالية: الوضوح، والفهم، وحاجة إلى مساعدة المشرفين، وفعالية الطريقة، وتحديد الأخطاء. وقد تم تلخيص النتائج والنسب المئوية في شكل رقم (٨) بين المجموعتين (أ، ب). وستتم مناقشة الإجابات بإيجاز كما يلي:

١. **وضوح المعلومات:** تم سؤال الطلاب حول وضوح معلومات المقدمة من خلال الطريقة المستخدمة في الاختبار.
   - في مجموعة (أ)، أكد ٢٥٪ من الطلاب أن المعلومات كانت واضحة بما يكفي، في حين اعتبر ٦٨٪ أن المعلومات غير واضحة.
   - بينما رأى ٧٤٪ من طلاب مجموعة (ب) أن المعلومات كانت واضحة، واعتبر ١٣٪ فقط أن المعلومات كانت غير واضحة.
٢. **فهم المعلومات:** طلب من الطلاب في كل من مجموعتي (ا، ب) تحديد ما إذا كان من السهل فهم المعلومات المقدمة.
   - في مجموعة (ب)، وافق ٧٨٪ من الطلاب على فهم المعلومات، بينما ١١٪ لم يفهموا. بشكل جيد.
   - أما في مجموعة (أ)، فاحتاج ٦٥٪ من الطلاب إلى تحسين في فهم المعلومات من خلال طلاب المراجعات؛ بسبب صعوبة التفسير للرسومات ثنائية الأبعاد وجداول البناء.
٣. **الحاجة إلى مساعدة المشرفين:** سمح للطلاب مراجعة المشرفين للحصول على أي توضيحات ضرورية أثناء التجربة
   - في مجموعة (ب)، لم يشعر ٧٥٪ من الطلاب بالحاجة إلى استشارة المشرفين، بينما احتاج ٢٥٪ إلى مساعدة.
   - أما في مجموعة (أ)، احتاج ٦٣٪ إلى مساعدة المشرفين، بسبب صعوبة فهم المعلومات.
٤. **القدرة على تحديد الأخطاء:** تم توجيهه سؤال مدي قدرة طلاب المجموعتين على تحديد الاخطاء.
   - في مجموعة (ب)، تبين أن ٧٠٪ من الطلاب استطاعوا تحديد الأخطاء بسهولة.
   - أما في المجموعة (أ)، فاحتاج ٥٥٪ من الطلاب إلى مزيد من التحسين في تحديد الأخطاء. شكل رقم (٧) يقدم لمحة عامة عن حالة إكمال المهمة واكتشاف الاخطاء لكلتا المجموعتين.
٥. **الفعالية في الحصول على النتائج النهائية الصحيحة:** تم سؤال الطلاب أيضا عما إذا كانوا يعتقدون أن الطريقة المحددة كانت فعالة في تقديم معلومات تسلسل البناء أم لا.
   - في مجموعة (ب)، وافق ٧٣٪ من الطلاب على فعالية أساليب التخيل المستخدمة في تقديم معلومات تسلسل البناء.
   - أما في مجموعة (أ)، اعتبر ٦٨٪ أن الطرق التقليدية قد كانت غير فعالة في الوصول إلى نتائج دقيقة.
٦. **مدى صعوبة العمل:** تم توجيه سؤال حول مدى صعوبة المهمة ومدى إكمالها.
   - في مجموعة (ب)، أفاد ٨١٪ من الطلاب بعدم وجود صعوبات، بينما شعر ١١٪ بالصعوبة.
   - أما في المجموعة (أ)، فشل ٧٩٪ في إكمال المهمة بسبب الصعوبة في فهم المعلومات.

٧. **إكمال المهمة:** سؤال حول مدي قدرة طلاب المجموعتين على اكمال المهمة كاملة في الوقت المحدد.
   - في مجموعة (ب)، وافق ٧٨٪ على أنهم أكملوا المهمة بنجاح.
   - أما في المجموعة (أ)، فشل ٧٩٪ في إكمال المهمة.

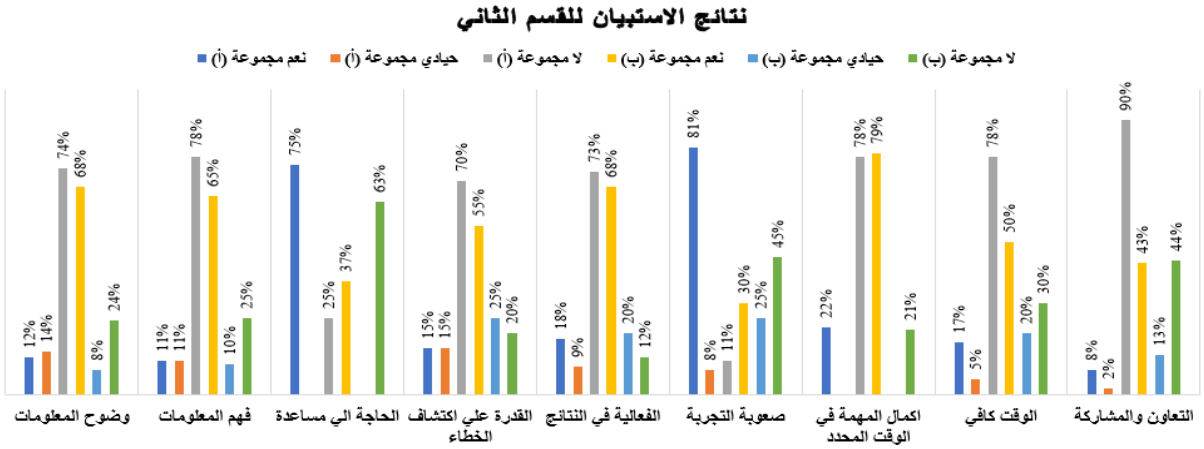
٨. **كفاية الوقت:** وتواجهيه سؤال بالنسبة هل الوقت المخصص لإكمال المهمة كافي؟
   - في مجموعة (ب)، أكد ٧٨٪ على كفاية الوقت.
   - بينما اعتبر ٥٠٪ في مجموعة (أ) أن الوقت لم يكن كافيًا.

٩. **التعاون والتفاعل:** سؤال للتعرف على رأي الطلاب حول فاعلية التعاون والتفاعل خلال التجربة.
   - في مجموعة (ب) اتفق ٩٠٪ على أهمية التعاون والمشاركة.
   - أما في مجموعة (أ) اعتبر ٤٣٪ أن عدم وجود طريقة منظمة للتعاون يؤدي إلى تبديد الوقت.
   -



شكل رقم (٧) نسب الطلاب في اكتشاف الأخطاء الخمس في المجموعتين (أ، ب) (الباحث)

من خلال التجربة ونتائج الاستبانة يمكن التأكيد على أن تسهل تقنيات التخيل المتقدمة تحسين الفهم والتفاعل في مختلف المجالات، بما في ذلك إدارة الإنشاءات. ومع ذلك، فإن التحديات الناشئة من صعوبة فهم المعلومات وتحديد الأخطاء تظل موجودة، وقد تتطلب حلولًا تكميلية لتحسين النتائج وتعزيز فعالية العمليات.



شكل رقم (٨) نتائج الاستبيان للمجموعتين (أ، ب) للقسم الثاني (الباحث)

جدول رقم (١) يبين نسب ونتائج الاستبيان للمجموعتين (أ، ب) لأقسام الثالثة من الاستبانة (الباحث)

اقسام الاستبيان	م	الأسئلة الخاصة بالاستبيان بالقسم الأول والثاني والثالث الي الطلاب	فريق (A) تطبيق الطرق الاعتيادية في التعلم/ 40 طالب			فريق (B) تطبيق (4D)، (VR) في التعلم/ 40 طالب			ملاحظات
			نعم	حيادي	لا	نعم	حيادي	لا	
القسم الأول المعلومات الديموغرافية لتحديد المستوي والتوزيع على المجموعات	1	هل ترى أن الطرق التقليدية للدراسة تكفي لتأهيلك وتمكينك من اكتساب الخبرات الضرورية للنجاح في سوق العمل بعد التخرج؟	2 5%	5 13%	33 82%	2 5%	2 5%	36 90%	**87% من الطلاب يرو ان الطرق التقليدية غير كافية لإكساب الخبرات العملية للبناء.**
	2	هل قمت بالتدريب في أحد مواقع البناء في السابق؟ (نعم، لا)	15 38%		25 63%	14 35%		26 65%	**64% لم يشاركوا في أي تدريب في مواقع البناء.**
	3	هل لديك معرفة عملية او فنية كافية بتخطيط وتسلسل أنشطة البناء؟	5 13%	6 15%	29 73%	6 15%	6 15%	28 70%	**72% ليس لديهم خبرة فنية كافية في تخطيط ومعرفة تسلسل أنشطة البناء.**
	4	هل كانت لديك معرفة وتجربة سابقة في استخدام المحاكاة رباعية الابعاد (4D) أو التخيل الواقعي (VR)؟	7 18%	3 8%	30 75%	24 60%	4 10%	12 30%	**53% ليس لديهم معرفة او تطبيق بأدوات التخيل المتقدمة.**
القسم الثاني تقييم التجربة ومدي الفاعلية في تحقيق الهدف	5	هل كانت المعلومات واضحة في هذه التجربة	10 25%	3 8%	27 68%	29 74%	6 14%	5 13%	
	6	هل تم فهم المعلومات بسهولة من هذه التجربة؟	10 25%	4 10%	26 65%	31 78%	4 11%	4 11%	
	7	كنت بحاجة إلى التشاور للحصول على توضيحات من المشرفين أو الدعم الفني أثناء التجربة؟ (نعم، لا)	25 63%		15 38%	10 25%		30 75%	
	8	هل كنت قادرًا على تحديد جميع الأخطاء ومواقعها من خلال التجربة؟	8 20%	10 %25	22 %55	28 %70	6 %15	6 %15	
	9	هل كانت هذه الطريقة فعالة في الحصول على النتائج النهائية الصحيحة؟	10 12%	10 20%	20 68%	29 73%	4 10%	7 18%	
	10	ما مدي صعوبة هذه التجربة بالنسبة لك؟ (صعب، متوسط، سهل)	18 45%	10 25%	12 30%	4 11%	3 8%	33 81%	
	11	هل تمكنت من إكمال المهمة المحددة بالكامل؟ (نعم، لا)	8 21%		32 79%	31 78%		9 23%	
	12	هل تعتقد أنه تم منحك الوقت الكافي لإتمام التجربة والقيام بأعمال المراجعة؟	24 30%	2 20%	14 50%	31 78%	2 5%	7 18%	
	13	كان التعاون والتفاعل مع زملائك له تأثير إيجابي في هذه التجربة؟	18 44%	5 13%	17 43%	31 90%	3 2%	6 8%	
القسم الثالث واجهات النظر في تحسين التجربة وتطويرها	14	هل واجهت أي تحديات خلال التجربة التعامل مع المحاكاة رباعية الابعاد (4D) أو التخيل الواقعي (VR)؟؟ وكيف تعاملت معها؟	فريق تطبيق الطرق الاعتيادية في التعلم			فريق تطبيق (4D)، (VR) في التعلم			
			عدم وجود المعرفة الكافية فيما يتعلق بتسلسل البناء			مشاكل في التفاعل مع المحاكاة أو صعوبات في فهم بعض الجوانب التقنية			
			صعوبة في التخيل الكامل للرسومات ثنائية الأبعاد وربطها مع الجداول الزمنية.			نعم، صعوبة في فهم واستيعاب بعض العناصر البصرية			
			صعوبة في الفهم أثر على تفاعلهم مع زملائهم.			لا، لم أواجه أي تحديات خلال التجربة			
	15	هل ترى أن هناك فرصًا لتحسين عملية التدريب وتجربة التعامل مع المحاكاة رباعية الابعاد (4D) أو التخيل الواقعي (VR) أو التجربة لتحقيق أفضل نتائج في المستقبل؟	لا، أعتقد أن العملية كانت فعّالة بما فيه الكفاية			تحسين وضوح العناصر البصرية وتبسيط الواجهة			
			أهمية التخطيط المسبق للبناء ومعرفة التسلسل كعامل رئيسي لتحسين التجربة			شاركت في جلسات تدريب إضافية لتحسين كفاءتي			
			ضرورة المشاركة في جلسات تدريب إضافية لمواقع البناء			إضافة مزيد من التفاعلية، أو توفير مزيد من الموارد التعليمية			
						ودمج آليات التغذية الراجعة يمكن أن يزيد من تحسين الفعالية الشاملة للتدريب.			

نتائج القسم الثالث

تم تنفيذ القسم الثالث من الاستبانة للحصول على آراء الطلاب حول جودة التفاعل وتطوير وتحسين التجربة. وكانت التحديات التي واجهوها على النحو التالي:

- **نقص خبرة في إدارة البناء:** ٩٣٪من مجموعة (أ، ب) أشاروا إلى نقص خبرة طلاب في التعامل مع تعقيد عمليات البناء.
- **عدم وجود معرفة كافية** ٦٨٪ من مجموعة (أ) أكدوا أن التحدي الرئيسي في إكمال المهام كان عدم وجود المعرفة الكافية فيما يتعلق بتسلسل البناء أو عملية البناء الشاملة.
- **تحديات في التفاعل** ٥١٪: من مجموعة (أ) واجهوا صعوبة في التخيل للرسومات وربطها مع الجداول الزمنية.
- **صعوبات في الفهم والوضوح:** ٤٣٪ من مجموعة (أ) واجهوا صعوبة في الفهم والوضوح، مما أثر على تفاعلهم.
- **تأثيرات جانبية** :32% من مجموعة (ب) تعرضوا لدوار الحركة والدوخة أثناء تفاعلهم.
- **حاجة لتدريب تقني:** ٢٢٪ من مجموعة (ب) أعربوا عن حاجتهم إلى تدريب أكثر على التقنيات الفنية.
- **مشاكل تقنية:** ١٩٪ من مجموعة (ب) واجهوا مشاكل تقنية في نظارات التخيل الواقعي.

- **تحديات في التنقل**: ١٠٪ من مجموعة (ب) واجهوا صعوبات في التنقل عبر المحاكاة رباعية الأبعاد وفهم جوانب معينة من تصور الواقع الافتراضي. ويظهر في الجدول رقم (١) الأسئلة والنتائج لأقسام الثلاثة من الاستبيان.

فرص لتحسين التدريب والتعلم باستخدام أدوات التخيل المتقدمة لدراسة البناء

اتفق ٨٢٪ من الطلاب من المجموعتين على أهمية التخطيط المسبق للبناء ومعرفة التسلسل كعامل رئيسي لتحسين التجربة. ٧٨٪ من مجموعة (أ، ب) أشاروا إلى ضرورة المشاركة في جلسات تدريب إضافية لمواقع البناء. ٣٨٪ من مجموعة (ب) اقترحوا تحسين الأجهزة لجعلها أكثر تفاعلية وتحسين وضوح العناصر البصرية وتبسيط واجهة الأدوات. ٢١٪ من مجموعة (ب) اقترحوا دمج آليات التغذية الراجعة لتحسين الفعالية الشاملة للتدريب، ١٩٪ من مجموعة (ب) اقترحوا تعدد المستخدمين لخلق تجارب جماعية في الواقع الافتراضي لتسهيل التعاون وتبادل المعرفة.

٤. الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

أظهرت الدراسة أن استخدام أدوات التخيل في تعليم هندسة البناء يسهم في تعزيز التفاعل والمشاركة لدى الطلاب؛ ومن ثم تظهر الدراسة ضرورة تبني أدوات التخيل في تعليم هندسة البناء في اقسام الهندسة المعمارية كأداة فعالة في تحسين جودة تدريس هندسة البناء وزيادة مشاركة الطلاب في العملية التعليمية.

١،٤. النتائج Conclusions

تشير النتائج إلى أهمية استخدام أدوات التخيل المتقدمة في تعليم هندسة البناء؛ حيث يلعب دمج أدوات التصور والتدريب دورًا حيويًا في تحضير الطلاب لمواجهة تحديات مشاريع التشييد المعقدة. يتجلى ذلك في عدة نقاط:

١. **تحسين التفكير الهندسي:** تمكين أدوات التصور من رؤية مشروع التشييد ثلاثي الأبعاد يُعزز فهم الطلاب وتطوير مهاراتهم في التعامل مع بيئة المشروع.
٢. **تعزيز التفاعل والتعاون:** دمج التصور والتدريب يساعد في استخدام أدوات تفاعلية تتيح للطلاب التفاعل مع بعضهم والمحاضرين، مع تسهيل مشاركة الأفكار والتعديلات بشكل فوري.
٣. **تحسين فهم العمليات البنائية:** يوضح التصور العلاقة بين التصميم والتنفيذ على الأرض، مما يزيد من فهم الطلاب لعمليات البناء والتشييد.
٤. **تقليل الأخطاء:** يقوي التدريب المهارات العملية، مما يقلل من احتمالية الأخطاء ويعزز دقة العمل.
٥. **تأهيل للاستخدام الفعّال للتكنولوجيا:** يُساهم دمج التصور والتدريب في تأهيل الطلاب لاستخدام التكنولوجيا المتقدمة في صناعة التشييد، مما يعزز فعاليتهم في سوق العمل.
٦. **تقليل الفجوة بين النظري والعملي:** دمج التدريب العملي في المناهج يوجه الطلاب لتطبيق المفاهيم النظرية في مشاريع واقعية، مما يتيح لهم التعامل مع تحديات مشاريع حقيقية وتكامل المعرفة النظرية والتطبيق العملي.

تتوافق هذه النتائج مع نتاج البحث مع مراجعة الادبيات والدراسات المنشورة سابقا والتي تشير إلى أن الطلاب والخبراء الميدانيين يواجهون صعوبات في تفسير المعلومات المقدمة من خلال الرسومات ثنائية الأبعاد في ممارسات إدارة البناء[٤٦]. تجارب هذه الطرق قدمت طريقة أكثر جاذبية وفعالية لإدراك وفهم المعلومات المعقدة مقارنة بالمعلومات المقدمة ثنائية الأبعاد أو حتى ثلاثية الأبعاد بسيطة[٤٧]؛ حيث يمكن أن تحد الرسومات من فعالية تعليم مراحل البناء وتسلسلها بسبب توفيرها للوعي المكاني المحدود، والمعلومات غير مكتملة الإدراك، ونقص التفاعل، وصعوبة التصور،

والمشاركة المحدودة[٤٨]. وتتوافق هذا النتائج مع الاتجاه الأوسع، حيث واجه الطلاب صعوبة في فهم المعلومات بسبب صعوبة التفسير للرسومات ثنائية الأبعاد ومخطط جانت (الجداول الزمنية)[٤٩].

وفقا لنتائج دراسة بحثية حديثة، تؤكد علي ان محترفو البناء الذين اعتمدوا على الرسومات والمواصفات ثنائية الأبعاد يأخذون وقتا أطول لإكمال المهمة ويقدمون نتائج أقل دقة مقارنة بأولئك الذين استخدموا الأدوات المستندة إلى التخيل[٥٠] وأن بيئات الفصول الدراسية الافتراضية يتم استخدامها بشكل متزايد جنبا إلى جنب مع التدريس التقليدي تؤدي إلى تحسينات كبيرة في التعلم المعرفي والقائم على المهارات[٥١]؛ حيث استخدام التمثيلات ثنائية الأبعاد وأنها غير كافية لتمكين الطلاب من التفاعل بشكل مناسب مع الكائنات ومراقبتها في صورة ثلاثية الأبعاد[٥٢].

تستخدم أدوات التخيل بشكل مبتكر لتعزيز تجربة التعلم وتحسين فعالية التدريب. يتم تشجيع المتعلمين على استكشاف سيناريوهات واقعية، مما يعزز الاستيعاب والفهم، ويساهم في تنمية المهارات الإبداعية. توفر أدوات التخيل المتقدمة للطلاب لغة بصرية تعزز تصورهم لمراحل المشروع، وبالتالي تعزيز فهمهم وتحسين مهاراتهم. تحسين هذه الأدوات يسهم في تعزيز قدرة الطلاب على فهم التصميم وتخطيط البناء، مما يعزز مهارات التصور. يظهر تطبيق مخروط التعلم أن المشاركة النشطة والخبرات العملية تسهم في احتفاظ المتعلمين بالمعلومات. وتم تأكيد ذلك من خلال نتائج التجربة العملية في استخدام الواقع الافتراضي والمحاكاة رباعية الأبعاد في تدريس هندسة البناء، يمكن أن يعزز ذلك فهم الطلاب لمشاريع البناء وتنفيذها، متماشيا مع مبادئ مخروط التعلم لإدغار ديل. كما يظهر تأثير إيجابي لتطبيق مبادئ مخروط التعلم لإدغار ديل في تصميم وتوجيه العملية التعليمية باستخدام هذه الأدوات والتكنولوجيا؛ ولذلك يمكن القول إن تطبيقا مخروط التعلم لإدغار ديل واستخدام محاكاة الواقع الافتراضي والمحاكاة رباعية الأبعاد في تعليم هندسة البناء يسهم بشكل فعال في تحسين تجربة الطلاب وتعزيز فهمهم ومهاراتهم في هذا المجال.

٢,٤. التوصيات Recommendations

بناءً على النتائج التي تم عرضها في البحث، يمكن اقتراح التوصيات التالية:

١. **تعزيز التدريب العملي:** يُوصى بزيادة التركيز على التدريب العملي كجزء أساسي من برامج تأهيل الطلاب في مجال صناعة البناء. يجب أن يتضمن هذا التدريب العملي فرصًا واقعية للتعلم والتجربة في بيئة محاكاة تعكس تحديات صناعة البناء الفعلية.

٢. **تطوير الأدوات التخيلية والتكنولوجية:** يُوصى بالاستثمار في تطوير أدوات التخيل والتكنولوجيا المتقدمة التي تساعد في تعزيز تجربة التعلم وفهم المفاهيم الهندسية بشكل أفضل. يجب أن تتيح هذه الأدوات للطلاب فرصًا لاستكشاف سيناريوهات واقعية وتفاعلية تعزز التعلم النشط والإبداعي.

٣. **تبني مبادئ مخروط التعلم:** ينبغي على المدرسين والمدربين اتباع مبادئ مخروط التعلم لإدغار ديل في تصميم وتوجيه العملية التعليمية. يجب أن تُدمج هذه المبادئ في استخدام الأدوات التخيلية والتكنولوجيا بهدف تحسين تجربة الطلاب وتعزيز فهمهم ومهاراتهم في مجال هندسة البناء.

٤. **تعزيز استخدام الواقع الافتراضي والمحاكاة رباعية الأبعاد:** يُوصى بزيادة استخدام التكنولوجيا مثل الواقع الافتراضي والمحاكاة رباعية الأبعاد في تدريس هندسة البناء. تظهر النتائج الإيجابية لتطبيق هذه التقنيات في تعزيز فهم الطلاب لمشاريع البناء وتنفيذها، مما يساهم في تعزيز مهارات التصور والفهم العميق للمفاهيم الهندسية.

٥. **تعزيز البحث والتطوير:** ينبغي على الجامعات والمؤسسات التعليمية الاستمرار في دعم البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا التعليم والتدريب العملي في صناعة البناء. يمكن أن يسهم هذا في تطوير أدوات جديدة وتقنيات مبتكرة لتعزيز تجربة التعلم وفهم المفاهيم الهندسية بشكل أفضل.

باعتبارها مجموعة من التوصيات الشاملة، يمكن أن تساهم هذه النقاط في تحسين جودة التعليم في مجال هندسة البناء وتطوير مهارات الطلاب وفهمهم للمفاهيم الهندسية بشكل أعمق وأفضل تحضيرًا لممارسة مهنة البناء في المستقبل

المراجع

(1) Li, L., Li, Z., Li, X. and Wu, G. (2019), "**A review of global Lean construction during the past two decades: analysis and visualization**", Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 26 No. 6, pp. 1192-1216, doi: 10.1108/ECAM-03-2018-0133. China.

(2) Zaher, M., and Marzouk, M. (2018), "**Mobile augmented reality applications for construction projects**", Construction Innovation, Vol. 18 No. 2, pp. 152-166. https://doi.org/10.1108/CI-02-2017-0013.

(3) Haque, M. E. "Web-based Visualization Techniques for Structural Design Education" Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 2001.

(4) Aravindh, M.D., Nakkeeran, G., Krishnaraj, L. and Arivusudar, N. (2022), "Evaluation and optimisation of Lean waste in construction industry", Asian Journal of Civil Engineering, Vol. 23 No. 5, pp. 741-752, doi: 10.1007/s42107-022-00453-9.

(5) Fellows, R. F., & Liu, A. M. M. (2008). Research Methods for Construction. John Wiley & Sons.

(6) Peurifoy, R. L., Ledbetter, W. B., & Schexnayder, C. J. (2018). Construction Planning, Equipment, and Methods. McGraw-Hill Education.

(7) Moselhi, O., El-Rayes, K., & Songer, A. D. (2003). Simulation model for construction site layout planning. Journal of Construction Engineering and Management, 129(6), 572-581.

(8) Dale, E. (1969). Cone of Experience. Audio-Visual Methods in Teaching (3rd Ed.). Rinehart, and Winston.

(9) Ertmer, P. A., & Koehler, A. A. (2018). Addressing first-and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. Educational Technology Research and Development, 47(4), 47-61.

(10) Ghanem, S.Y. Implementing virtual reality—Building information modeling in the construction management curriculum. J. Inf. Technol. Constr. 2022, 27, 48–69.

(11) Chen, Y., & Luo, J. (2020). The application of augmented reality technology in civil engineering education. International Journal of Engineering Education, 36(1), 180-192.

(12) Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? British Journal of Educational Technology, 41(1), 10-32.

(13) Chow, D. H., Choi, K. S., & Ting, P. (2018). Virtual reality and augmented reality in the education and training of electrical and electronic engineers. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 65(11), 9217-9224.

(14) Gomez, C., Jimenez, M., Lopez, M., & Rodriguez, A. (2020). Augmented Reality in Education: A Systematic Literature Review. Computers & Education, 160, 104027.

(15) Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M., & Venugopal, M. (2021). Building information modeling (BIM) and visualization tools: Opportunities for future construction safety research. Automation in Construction, 123, 103598.

(16) Lee, S., & Lee, S. (2021). The Effectiveness of Visualization Tools in College-Level Biology Education. Journal of Biological Education, 55(1), 79-94.

(17) Wang, D., Wang, X., Li, Z., & Chen, J. (2022). Enhancing Collaborative Learning Using Visualization Tools: A Systematic Review. Computers & Education, 183, 106011.

(18) Boud, D., Cohen, R., & Sampson, J. (Eds.). (2014). "Peer Learning in Higher Education: Learning from & with Each Other." Routledge.

(19) Zhang, Y., & Patel, M. (2020). Virtual Reality for Construction Safety Training: A Systematic Review. Journal of Construction Engineering and Management, 146(11), 04020116.

(20) Al-Bazi, A., & Waly, A. (2021). Immersive Virtual Reality for Construction Education: A Systematic Review. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 147(1), 04020041.

(21) Liu, J., Teizer, J., & Fang, Y. (2020). Virtual Reality for Immersive Safety Training of Construction Workers Using Game Engines. Journal of Computing in Civil Engineering, 34(3), 04020010.

(22) Bowen, P., Edwards, P., & Lingard, H. (2019). Integration of immersive virtual reality into construction engineering and management education. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 145(2), 04018028.

(23) Chen, H., Wang, X., & Xue, F. (2020). Immersive virtual reality-based construction safety training: A case study. Automation in Construction, 113, 103088.

(24) Freina, L.; Ott, M. A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In Proceedings of the 11th International Conference eLearning and Software for Education, Bucharest, Romania, 23–24 April 2015; pp. 133–141.

(25) Hamilton, D.; McKechnie, J.; Edgerton, E.; Wilson, C. Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. J. Compute. Educ. 2021, Vol. 8, 1–32.

(26) Kim, K.; Alshair, M.; Holtkamp, B.; Yun, C.; Khalafi, S.) 2019)sing Immersive Augmented Reality to Assess the Effectiveness of Construction Safety Training. J. Constr. Eng. Proj. Manag. 2019, 9, 16–33.

(27) Odağ, Y., Özhan, E., & Kızılkaya, G. (2022). A systematic review on user experience in virtual reality and augmented reality. *Virtual Reality*, 1-17.

(28) Ghimire, R.; Lee, S.; Choi, J.O.; Lee, J.-Y.; Lee, Y.-C. Combined Application of 4D BIM Schedule and an Immersive Virtual Reality on a Modular Project: UNLV Solar Decathlon Case. Int. J. Ind. Constr. 2021.

(29) Zhao, J.; Xu, X.; Jiang, H.; Ding, Y. The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: A meta-analysis of randomized controlled studies. BMC Med. Educ. 2020, 20, 127.

(30) Gül, L. F., Arditi, D., & Kale, S. (2017). Augmented reality applications in construction industry. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(3), 361-370.

(31) Smith, J. (2020). Enhancing Construction Education through 4D Simulation. Journal of Construction Education, 25(2), 45-62.

(32) Miller, R., et al. (2021). Enhancing Learning Outcomes through 4D Simulation in Construction Education. Construction Research Journal, 37(1), 15-30.

(33) Johnson, R., et al. (2022). Advancements in 4D Simulation for Construction Study: A Comprehensive Review. Construction Education and Research Journal, 39(2), 87-104.

(34) Thompson, L., & Davis, M. (2019). Enhancing Construction Study through Advanced Visualization Tools. Journal of Architectural Engineering Education, 28(3), 120-136.

(35) Wilson, K., et al. (2020). Integrating 4D Simulation into Construction Study: Benefits and Challenges. International Journal of Construction Studies, 17(1), 45-62.

(36) Araiza-Alba, P.; Keane, T.; Chen, W.S.; Kaufman, J. Immersive virtual reality as a tool to learn problem-solving skills. Compute. Educ. 2021, 164, 104121.

(37) Xenos, M. The Future of Virtual Classroom: Using Existing Features to Move beyond Traditional Classroom Limitations. Adv. Intell. Syst. Compute. 2018, 725, 944–951.

(38) Zhang, Y., Li, H., & Rezgui, Y. (2021). Augmented reality in construction project management: A review and future directions. Journal of Building Performance, 12(4), 442-457.

(39) Zhang, Z.; Wen, F.; Sun, Z.; Guo, X.; He, T.; Lee, C. Artificial Intelligence-Enabled Sensing Technologies in the 5G/Internet of Things Era: From Virtual Reality/Augmented Reality to the Digital Twin. Adv. Intell. Syst. 2022, 4, 2100228.

(40) Smith, A. L., Stefaniak, J. E., & Lamb, R. L. (2018). Supporting Learning with Interactive 3D: When and Why Does It Work? Journal of Educational Psychology, 110(7), 1003-1018.

(41) J Alizadehsalehi, S.; Hadavi, A.; Huang, J.C. Virtual Reality for Design and Construction Education Environment. In AEI 2019: Integrated Building Solutions—the National Agenda; American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA, 2019; pp. 193–203.

(42) Bande, L.; Ahmed, K.G.; Zaneldin, E.; Ahmed, W.; Ghazal, R. Virtual Reality Technology Trends Current and Future Applications, an Interdisciplinary Overview. Virtual Augment. Real. Archit. Design 2022, 17–55.

(43) Tezel, B. A., Aziz, Z., & Jones, R. (2018). Building Information Modelling (BIM) and collaborative working within construction industry. Procedia Engineering, 196, 1121-1128.

(44) Azhar, S. (2017). "Building information modelling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry." Leadership and Management in Engineering, 17(3), 249-267.

(45) Deng, W., & Wu, C. (2019). "The role of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in the construction industry: A review." Automation in Construction, 100, 103-116.

(46) Brown, C., & Lee, S. (2019). Integrating 4D Simulation into Construction Curricula: Challenges and Strategies. Journal of Engineering Education, 42(3), 187-201.

(47) Francis, A. and Thomas, A. (2019), "Exploring the relationship between Lean construction and environmental sustainability - a review of existing literature to decipher broader dimensions", Journal of Cleaner Production, Vol. 252, pp. 23-46, 119913, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119913.

(48) Kamat, V., and J. Martinez. "3D visualization of simulated construction operations ", In Proceedings, Winter Simulation Conference. Vol. 2, 1933–1937, 2000.

(49) Borgman, C. L. (2015). Big data, little data, no data: Scholarship in the networked world. MIT Press.

(50) Li, J., & Wang, X. (2021). Integration of Artificial Intelligence in Visualization Tools: A Review. Automation in Construction, 132, 103988.

(51) Teo, L. P., & Zhou, W. (2021). Virtual Reality-Based Construction Site Safety Training: A Review of Recent Developments and Future Directions. Automation in Construction, 126, 103760.

(52) Teizer, J., Fang, Y., & Vollmer, D. (2019). Immersive Virtual Reality for Construction Project Planning and Task Training Simulation. Journal of Construction Engineering and Management, 145(12), 04019117.