



The Quality of Technical Education in the Context of Virtual Laboratories: A Critical Analytical Study of Contemporary Literature and Research (2020–2026)

Dr Rouaida Mohamed AB Abozaid *

Department of Computer Technology, Faculty of Information Technology, University of Zawia, Libya

جودة التعليم التقني في ظل المعامل الافتراضية: دراسة تحليلية نقدية للأدبيات والبحوث المعاصرة بين عامي 2020-2026

د. رويدة محمد ابوزيد *

قسم تقنية الحاسوب، كلية تقنية المعلومات، جامعة الزاوية، دولة ليبيا

*Corresponding author: r.abozaid@zu.edu.ly

Received: August 14, 2026

Accepted: September 25, 2026

Published: October 15, 2026



Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract:

This study aimed to evaluate the impact of virtual laboratories as a strategic and essential complementary alternative for enhancing the quality of technical education, while identifying the operational challenges associated with their adoption in resource-constrained academic environments. The research employed a descriptive-analytical approach based on a comprehensive literature review and qualitative thematic analysis of academic literature and theses published between 2020 and 2026. The comparative analysis revealed that digital laboratories have a highly positive impact on fostering conceptual understanding and the visual and spatial consolidation of abstract software structures and electronic systems. Furthermore, they offer significant economic and security advantages by providing isolated environments (sandboxes) that enable cybersecurity experiments at zero replication cost. Conversely, a cross-analysis of the local context identified critical structural and logistical challenges as the primary obstacles to sustaining this digital initiative across Libyan universities; these include public grid instability, power outages, fluctuating internet connectivity, and the substandard technical specifications of students' personal devices. The study recommended investing in sustainable alternative energy solutions (solar power) within university faculties and adopting a local hybrid (offline/hybrid) digital laboratory model to reduce total reliance on external cloud connectivity and circumvent local infrastructure limitations.

Keywords: Virtual Laboratories, Technical Education, Sandbox Environment, Logistical Challenges.

المخلص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم أثر المعامل الافتراضية كبديل استراتيجي وتكاملي حتمي لتطوير جودة التعليم التقني، ورصد التحديات التشغيلية المرتبطة بتبنيها في البيئات الأكاديمية المحدودة الموارد. واتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي القائم على استراتيجية المسح المكتبي الشامل والتحليل الموضوعي النوعي للأدبيات والأطروحات الأكاديمية المنشورة بين عامي (2020م - 2026م). وخلصت القراءة التحليلية المقارنة للأدبيات إلى وجود أثر إيجابي مرتفع جداً للمختبرات الرقمية في تعزيز الاستيعاب المفاهيمي والترسيخ البصري والمكاني للبنى البرمجية والأنظمة الإلكترونية المجردة. فضلاً عن تحقيق الجدوى الاقتصادية والأمنية المطلقة عبر توفير بيئات معزولة (Sandbox) تتيح تجارب الأمن السيبراني بكلفة تكرار صفرية وفي المقابل، كشف التحليل المتقاطع للبيئة المحلية أن العائق الأساسي أمام

استدامة التجربة الرقمية في كافة الجامعات الليبية يكمن في التحديات البنيوية واللوجستية الحرجة؛ وفي مقدمتها عدم استقرار الشبكة العامة وانقطاع التيار الكهربائي، وتذبذب تدفق الإنترنت، وتدني المواصفات الفنية للأجهزة الشخصية للطلاب. وأوصت الدراسة بضرورة التحول نحو الاستثمار في حلول الطاقة البديلة والمستدامة (الطاقة الشمسية) داخل الكليات بكافة الجامعات، وتبني نموذج المختبرات الرقمية المحلية الهجينة (Offline/Hybrid) لتقليل الاعتماد الكامل على الاتصال السحابي الخارجي وتجاوز عقبات البنية التحتية المحلية.

الكلمات المفتاحية: المعامل الافتراضية، التعليم التقني، البيئة المعزولة (Sandbox)، التحديات اللوجستية.

المقدمة

يشهد عالمنا المعاصر تحولاً رقمياً متسارعاً يلقي بظلاله على كافة القطاعات الحيوية، وفي مقدمتها قطاع التعليم العالي، حيث لم يعد الاعتماد على الوسائل والمختبرات التقليدية كافياً لتلبية احتياجات جيل رقمي يتطلع إلى التفاعل والممارسة الفورية. من هنا، برزت الحاجة الملحة إلى تبني تقنيات ناشئة تعيد صياغة البيئة التعليمية، وتحول عملية التعلم من التلقين السلبي إلى المشاركة النشطة والتطبيق العملي المستمر. وتأتي تقنية الواقع الافتراضي (Virtual Reality - VR) وبيئاتها التطبيقية المتمثلة في المعامل الافتراضية (Virtual Labs) في طليعة هذه الابتكارات الرائدة؛ حيث تمنح المتعلم القدرة على الانغماس الكامل في بيئات تفاعلية ثلاثية الأبعاد تحاكي الواقع بدقة عالية [1]. وتزداد أهمية الدور المحوري لهذه التقنية عند تطبيقها في الأقسام التقنية والمعلوماتية، مثل كليات تقنية المعلومات وكليات العلوم (اقسام الحاسوب) و إذ تتيح تجاوز حدود الزمان والمكان، وتمكّن الطلاب من بناء ومحاكاة شبكات الحاسوب المعقدة، واختبار اختراق الأنظمة في بيئات سيررانية معزولة وأمنة (Sandbox)، فضلاً عن التعامل مع البنى التحتية للحوسبة السحابية ونمذجة الأنظمة الطبية دون تكاليف مادية باهظة أو مخاطر تشغيلية. [2]

تسعى الباحثة في هذا البحث إلى تسليط الضوء على الأثر الأكاديمي والتطبيقي للمعامل الافتراضية في تجويد مخرجات التعليم العالي، مع مناقشة التحديات التقنية والبنيوية التي تقف عائقاً أمام تبنيها بشكل موسع، وصولاً إلى تقديم توصيات ومقترحات عملية تسهم في رسم خارطة طريق لدمج هذه المعامل بفاعلية في الخطط الدراسية الحديثة.

مشكلة الدراسة (Research Problem)

تواجه المنظومة التعليمية المعاصرة في مؤسسات التعليم العالي تحدياً جوهرياً في تدريس المساقات التطبيقية والعملية؛ حيث تعتمد المناهج الحالية في كثير من الأحيان على الطرح النظري أو المحاكاة البسيطة ثنائية الأبعاد لشرح بنى تكنولوجية ومعلوماتية معقدة ومجرّدة.

هذا الأسلوب التقليدي غالباً ما يؤدي إلى ضعف الاستيعاب، وصعوبة ترسيخ المفاهيم التقنية المتقدمة في أذهان الطلاب نتيجة لغياب الممارسة الفعلية. وتتضاعف هذه المشكلة في البيئة المحلية للبحث، حيث تعاني الكليات التقنية من نقص حاد وغياب شبه تام للبنية التحتية والمختبرات المادية المتكاملة والحديثة، مما يجعل البحث عن حلول بديلة ومستدامة أمراً حتمياً وليس خياراً تكميلياً [3].

حيث ترا الباحثة ان تأصل المشكلة البحثية في عجز الوسائل التقليدية عن تجسيد البنى التكنولوجية الضخمة والموزعة، وافقار المعامل الحالية للقدرة التفاعلية على تجسيد الأنظمة المعقدة، مثل تدفق البيانات عبر الخوادم السحابية أو تتبع مسار الحزم البرمجية في الشبكات الموسعة (WAN)، مما يحد من التصور الذهني الكامل للطلاب. ويتزامن ذلك مع الكلفة المادية الباهظة والقيود التشغيلية للمختبرات الحقيقية؛ إذ تواجه الجامعات وتحديدا الكليات التقنية صعوبات تمويلية بالغة في تجهيز وتحديث معامل تقنية المعلومات، يضاف إليها المخاطر الأمنية المترتبة على السماح للطلاب بتطبيق تجارب الاختراق على الشبكة الفعلية للجامعة. ويؤدي غياب هذه الموارد في نهاية المطاف إلى تراجع دافعية الطلاب والتعلم السلبي نتيجة تحول

المتعلم لمستمتع ومراقب سلبي بدلاً من أن يكون مجرباً ومكتشفاً، مما يضعف مستويات التفاعل ويحد من تنمية مهارات التفكير العليا وحل المشكلات التقنية الطارئة.

أهمية الدراسة (Significance of the Study)

تكتسب هذه الدراسة أهمية بالغة بالنظر إلى التسارع التقني الذي يشهده قطاع التعليم العالي، والحاجة الملحة لتطوير البيئات التعليمية التطبيقية بما يتناسب مع متطلبات القرن الحادي والعشرين. وتأتي قيمة هذه الورقة البحثية من كونها تسعى لتقديم رؤية علمية وعملية حول توظيف المعامل الافتراضية كخيار استراتيجي لتطوير مخرجات التعليم التقني في الجامعات. ويمكن تصنيف أهمية هذه الدراسة إلى جانبين رئيسيين؛ أولهما الأهمية النظرية التي تسعى لإثراء الأدبيات التقنية والتربوية عبر رفد المكتبة الأكاديمية والجامعية بإطار نظري حديث يدمج بين تكنولوجيا التعليم (EdTech) ومتطلبات التعليم التقني، لا سيما في ظل ندرة الدراسات العربية التي تبحث في أثر البيئات الافتراضية على المعلوماتية التقنية والشبكات المتقدمة، فضلاً عن تأصيل المفاهيم الناشئة حول دور البيئات المعزولة والمحاكاة السحابية في تعزيز مستويات الاستيعاب المعرفي.

أما الجانب الثاني فيتمثل في الأهمية التطبيقية التي تسهم في ترشيد القرار التعليمي والمادي عبر تقديم موجهات علمية وعملية لصناع القرار وعمداء الكليات حول كيفية إحلال أو دمج المعامل الافتراضية كبديل استراتيجي واقتصادي للمختبرات المادية عالية التكلفة. كما تسهم في تطوير ممارسات التدريس والخطط الدراسية من خلال تزويد مصممي المناهج ومطوري البرامج الأكاديمية بمرتكزات واضحة لتوظيف المحاكاة الرقمية لرفع الكفاءة التشغيلية للمختبرات، وتأهيل الطلاب لمهارات سوق العمل المعاصر بشكل آمن. [4]

أهداف الدراسة (Research Objectives)

تسعى هذه الدراسة بشكل رئيسي إلى تحليل ومقارنة الأدبيات والبحوث السابقة المنشورة في الفترة من (2020 - 2026) للوقوف على أثر استخدام المعامل الافتراضية كبيئة محاكاة رقمية في تطوير جودة العملية التعليمية في التخصصات العلمية والتقنية، ولتحقيق هذا الهدف الرئيسي، تنبثق الأهداف الفرعية الآتية:

1. تحديد الخلاصة المعرفية التي توصلت إليها البحوث السابقة بشأن أثر المعامل الافتراضية في تحسين استيعاب المفاهيم الهندسية والبرمجية المعقدة (مثل بنية الشبكات، الحوسبة السحابية، والأنظمة المعلوماتية).
2. تقييم كفاءة بيئات المحاكاة الرقمية اقتصادياً وتشغيلياً من حيث توفير بيئة تعليمية منخفضة التكلفة وعالية الأمان لتجارب الأمن السيبراني واختبار الاختراق مقارنة بالمختبرات المادية وفقاً للدراسات المقارنة السابقة.
3. رصد وتصنيف أبرز التحديات (التقنية، البشرية، والتشغيلية) التي أجمعت عليها الأدبيات السابقة عند دمج المعامل الافتراضية في المنظومة التعليمية، واستخلاص الحلول المقترحة لتجاوزها.

أسئلة الدراسة (Research Questions)

تحدد مشكلة هذه الدراسة في تقييم مدى فاعلية توظيف التقنيات الرقمية الناشئة داخل البيئات الأكاديمية المتخصصة. ولتفكيك هذه المشكلة والوقوف على أبعادها التطبيقية، تسعى الباحثة في هذه الورقة البحثية إلى الإجابة عن السؤال الرئيسي التالي :

"ما الذي تكشف عنه الدراسات السابقة والمقارنة المنشورة في الفترة من (2020 - 2026) حول أثر استخدام المعامل الافتراضية كبيئة محاكاة رقمية في تطوير جودة العملية التعليمية في التخصصات العلمية والتقنية؟"

ولتقديم إجابة شاملة ومنهجية تغطي كافة جوانب هذا التساؤل، يتفرع من السؤال الرئيسي الأسئلة الفرعية الآتية:

- السؤال الأول " ما هي الخلاصات التي توصلت إليها الأديبات والبحوث السابقة المنشورة بين (2020 - 2026) بشأن أثر استخدام المعامل الافتراضية في تحسين الاستيعاب المعرفي للمفاهيم الهندسية والبرمجية المعقدة (مثل بنية الشبكات، الحوسبة السحابية، والأنظمة المعلوماتية)؟".
- السؤال الثاني "كيف قيّمت الدراسات المقارنة السابقة في الفترة من (2020 - 2026) كفاءة بيئات المحاكاة الافتراضية في توفير بيئة تعليمية منخفضة الكلفة وعالية الأمان لتجارب الأمن السيبراني واختبار الاختراق مقارنة بالمختبرات المادية؟"
- السؤال الثالث "ما هي أبرز التحديات (التقنية، البشرية، والتشغيلية) التي رصدتها الدراسات السابقة المنشورة بين (2020 - 2026) عند دمج المعامل الافتراضية بفاعلية في البيئات التعليمية، وما هي الحلول المقترحة لتجاوزها؟".

منهجية الدراسة (Research Methodology)

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن أسئلتها المحورية، اعتمدت الباحثة على المنهج الوصفي التحليلي (Descriptive Analytical Approach)؛ نظراً لملاءمته لطبيعة هذه الدراسة التي تسعى لرصد واقع المعامل الافتراضية وتقييم أثرها التطبيقي. وتستند أدوات جمع البيانات ومصادرها إلى أسلوب المسح المكتبي الشامل واستقصاء البيانات من الأدبيات والأبحاث الثانوية الرصينة الصادرة في الفترة ما بين (2020 - 2026)، لضمان حداثة المعطيات ومواكبتها لجيل التقنيات الرقمية الناشئة. وتم جمع المعطيات عبر الأطروحات الأكاديمية المنشورة في المجالات العلمية المحكمة المعنية بتكنولوجيا التعليم وتدريب مهارات تقنية المعلومات، والتقارير الفنية لمنصات المحاكاة الرقمية الكبرى مثل (PraxiLabs و Labster)، بالإضافة إلى البيئات الافتراضية المتخصصة في البنى التحتية لتقنية المعلومات والشبكات مثل (Cisco Packet Tracer) وبيئات المحاكاة السحابية، بجانب أعمال المؤتمرات الدولية المهمة بالتعلم الانغماسي والواقع الممتد في التعليم العالي.

وفيما يخص استراتيجية تحليل البيانات، فقد أخضعت الباحثة المادة العلمية والنصوص المجمعة لأسلوب التحليل الموضوعي النوعي (Qualitative Thematic Analysis)، وذلك عبر مسارات منهجية تبدأ بالترميز الموضوعي لتصنيف المعطيات والأفكار المستخلصة ضمن محاور دلالية محددة تخدم تخصص تقنية المعلومات، تليها المقارنة المستمرة والنقدية لفحص وفلترة الفروق الجوهرية بين مخرجات التعلم الانغماسي عبر المعامل الافتراضية ومخرجات التعلم التقليدي القائم على التلقي النظري. وينتهي التحليل بالمثلث المعرفي (Triangulation) لتحقيق

صدق النتائج وموثوقيتها عبر الربط المنهجي المتبادل بين الأطروحات الفلسفية للإطار النظري ومقارنة النتائج الرقمية والإحصائية للدراسات السابقة.

حدود الدراسة (Study Limitations & Delimitations)

التزاماً بالدقة المنهجية والموضوعية العلمية، تتحدد معالم هذه الدراسة في ضوء المحددات والحدود الآتية:

- **الحدود الموضوعية: (Subject Scope)** تقتصر الدراسة على بحث ومقارنة أثر استخدام المعامل الافتراضية كبيئة محاكاة رقمية في التخصصات العلمية والتقنية (تحديداً: بنية الشبكات، الحوسبة السحابية، الأنظمة المعلوماتية، والأمن السيبراني واختبار الاختراق)، ولا تشمل تطبيقات المعامل الافتراضية في العلوم الطبية أو الإنسانية.
- **الحدود الزمنية: (Temporal Scope)** تقتصر المراجعة والتحليل المقارن على الأدبيات والأوراق البحثية المنشورة في الفترة الزمنية الممتدة من عام (2020) إلى عام (2026).
- **الحدود المنهجية: (Methodological Scope)** تقتصر هذه الورقة على منهجية المراجعة المنهجية والتحليل المقارن للأدبيات السابقة (Systematic/Comparative Review) المستخرجة من قواعد البيانات العلمية المعتمدة [0.6.2، 0.6.3]، وبالتالي لا تتضمن أي أدوات استقصاء ميدانية مباشرة (كالاستبيانات أو المقابلات) في بيئة تعليمية محددة.
- **الحدود اللغوية: (Language Scope)** اقتصر الباحث على مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة المنشورة باللغتين العربية والإنجليزية فقط.

مصطلحات الدراسة (Procedural Definitions)

- **المعامل الافتراضية لتقنية المعلومات:** هي بيئات رقمية تفاعلية قائمة على برمجيات المحاكاة والواقع الافتراضي، تمكن الطالب من الوصول إلى بنى تحتية حاسوبية وشبكية افتراضية لتطبيق التجارب بشكل تفاعلي ودون الحاجة لأجهزة مادية ملموسة.
- **الواقع الافتراضي:** تقنية رقمية تولد بيئة ثلاثية الأبعاد تنغمس فيها حواس الطالب بالكامل، وتسمح له بالتفاعل مع النماذج البرمجية أو الطوبولوجيا الشبكية المعقدة وكأنها واقع ملموس.
- **البيئة المعزولة (Sandbox):** مساحة افتراضية آمنة ومحمية داخل المعامل الرقمية، تتيح لطلاب الأمن السيبراني والبرمجة اختبار البرمجيات الخبيثة وهجمات الاختراق دون تشكيل أي خطر على الشبكة الحقيقية للمؤسسة التعليمية.

الإطار النظري (Theoretical Framework)

1. الفلسفة التربوية للتعلم الانغماسي والمعامل الافتراضية

لا يمكن فصل الاعتماد على التقنيات الناشئة في التعليم العالي عن الجذور الفلسفية والنظريات التربوية التي تُفسر كيفية اكتساب المعرفة؛ فالإحلال التقني للمعامل الافتراضية ليس مجرد استبدال لأدوات مادية بأخرى رقمية، بل هو تحول جذري في بيئة التعلم يُعيد تمحور العملية التعليمية حول الطالب. وتعد النظرية البنائية (Constructivism)، لا سيما أطروحات "جان بياجيه" و"جون ديوي" حول التعلم بالعمل، المرتكز الفلسفي الأساسي للمعامل الافتراضية؛ إذ توفر هذه المختبرات الرقمية بيئة غنية تتيح لطلاب تقنية المعلومات بناء معرفتهم ذاتياً من خلال التجريب المباشر، والخطأ، وإعادة المحاولة دون قيود مادية أو زمنية. فالطالب في المعمل الافتراضي لا يتلقى المعلومة بشكل سلبي، بل يكتشف القوانين البرمجية والأنظمة التقنية عبر التفاعل النشط مع المحاكاة [5].

ويقصد بالتعلم الانغماسي (Immersive Learning) استخدام تقنيات الواقع الافتراضي والواقع الممتد لعزل الطالب عن محيطه المادي ونقله إلى بيئة رقمية ثلاثية الأبعاد تحاكي الواقع الفعلي بدقة عالية. في تخصصات الحاسوب والمعلوماتية، يساهم هذا الانغماس في نقل الطالب من التجريد النظري إلى التجسيد البصري والمكاني للبيانات؛ حيث يمكن للطالب استيعاب كيفية تدفق حزم البيانات داخل الشبكة أو كيفية

توزع الموارد في السحابة الافتراضية بصورة بصرية ملموسة، مما يرفع من كفاءة الذاكرة طويلة المدى وترسيخ المفاهيم المعقدة، ويتصل ذلك بنموذج تفريد التعليم والسرعة الذاتية (Self-Paced Learning)، حيث تتميز المعامل الافتراضية بقدرتها على مراعاة الفروق الفردية بين الطلاب؛ ففي حين تقرض المعامل التقليدية وقتاً محدداً للمحاضرة وتجربة واحدة مشتركة، تتيح البيئات الرقمية لكل طالب إمكانية تكرار التجارب والاختبارات لعدد غير محدود من المرات، والتعلم بالسرعة التي تناسب قدراته الاستيعابية، مما يقلل من القلق الأكاديمي المرتبط بالخوف من إتلاف الأجهزة المادية أو ارتكاب الأخطاء البرمجية الحرجة [6].

2. أهمية ومسوغات التوجه نحو المعامل الافتراضية

يعد التعليم العلمي والتطبيقي الركيزة الأساسية للتنمية المعرفية والتكنولوجية في المجتمعات الحديثة؛ إلا أن هذا النمط من التعليم يواجه حالياً حزمة من التحديات الجسيمة المرتبطة بتوفير بيئات تجريبية واقعية تواكب التطور المعرفي المتلاحق. ومن هذا المنطلق، يكتسب التوجه الأكاديمي والبحثي نحو تبني المعامل الافتراضية أهمية استراتيجية بالغة ومسوغات موضوعية فرضتها طبيعة التحولات الرقمية المعاصرة. وتتبنى مسوغات هذا التحول من ضرورة إيجاد حلول مبتكرة وجذرية للأزمات اللوجستية والمادية التي تواجه المؤسسات التعليمية، وفي مقدمتها الارتفاع المتصاعد لتكلفة تجهيز وتأمين المختبرات التقليدية، والنمو الديموغرافي المتزايد في أعداد الطلاب، فضلاً عن المخاطر التقنية والبشرية المصاحبة لبعض التجارب الحرجة. بناءً على ذلك، لا يقتصر دمج المختبرات الرقمية في المنظومة التعليمية على كونه استجابة للرفاهية التقنية، بل هو ضرورة حتمية تضمن استدامة التعليم وتكافؤ الفرص والمعادلة الصعبة بين رفع كفاءة المخرجات التعليمية وضبط الإنفاق التشغيلي في ظل النقص الحاد للمختبرات المادية المتكاملة [7].

ويُمثل هذا الدمج الرقمي تحولاً استراتيجياً في تكنولوجيا التعليم؛ نظراً لما يحققه من كفاءة تشغيلية ومخرجات تربوية تتفوق في كثير من الأبعاد على البيئات المعملية التقليدية، لا سيما عند رصد المزايا البيداغوجية والتمكين المعرفي للمتعلم. وتتجلى أولى هذه المزايا في القدرة العالية على تجسيد المفاهيم المجردة وفائقة الصغر والتعقيد؛ إذ تتيح تقنيات المحاكاة الحاسوبية ثلاثية الأبعاد والواقع الافتراضي إمكانية النمذجة البصرية للأنظمة البرمجية والبنى الرقمية والحيوية التي يتعذر رصدها بالعين المجردة. فيتمكن طالب تقنية المعلومات من التتبع البصري لتدفق البيانات وتفاعلات الشبكات المعقدة والأنظمة الموزعة، مما يساهم في نقل الطالب من مرحلة الحفظ الآلي إلى استيعاب العمق المعرفي لهندسة النظم. وعلاوة على ذلك، تساهم هذه البيئات الرقمية في تخطي حدود الزمن التعليمي الصارم للمؤسسة الأكاديمية، كاسرة القيود الجغرافية والزمنية المفروضة على المعامل المادية؛ إذ تتيح الحوسبة السحابية لطلاب الوصول الآمن والكامل إلى منصات ومحاكيات التجارب المتطورة في أي وقت ومن أي مكان خارج أوقات الدراسة الرسمية، مما يمنح العملية التعليمية مرونة تشغيلية قصوى تخدم النواتج المستهدفة بالبحث [8].

3. الكفاءة الاقتصادية وإدارة الموارد اللوجستية

لا تتوقف مكاسب التوجه نحو المعامل الافتراضية عند الأبعاد التربوية فحسب، بل تمتد لتشمل تحقيق كفاءة اقتصادية عالية وقدرة مرنة على إدارة الموارد اللوجستية للمؤسسات التعليمية. ويظهر ذلك جلياً في الحد من التكاليف الرأسمالية والتشغيلية؛ إذ يساهم الاعتماد على البيئات الرقمية في خفض الميزانيات الضخمة المخصصة لشراء وتجهيز وصيانة العتاد المادي للمختبرات الواقعية، فضلاً عن إيجاد حل جذري لمعضلة

توفير رخص البرمجيات المكلفة وتحديث قطع الشبكات والأجهزة الحاسوبية الحساسة التي تتقادم وتستهلك بمرور الوقت. ويتكامل هذا البعد المادي مع قدرة المعامل الافتراضية على معالجة وتوسيع السعة الاستيعابية للمؤسسة الأكاديمية واحتواء الكثافة العددية المتزايدة للطلاب؛ فحين تواجه المؤسسات التعليمية تحديات لوجستية خانقة تتعلق بنمو أعداد المسجلين مقابل محدودية المساحات الجغرافية للمختبرات الحقيقية ونقص أجهزة الحاسوب والشبكات المتاحة لكل طالب، توفر الحلول الرقمية بيئة مرنة مرابطة سحابياً تستوعب عدداً غير محدود من المستخدمين في آن واحد للعمل على تجاربهم بشكل مستقل ودون الحاجة لتوسعة المنشآت المعملية لهذه المؤسسات.[9]

علاوة على ذلك، تتيح هذه التكنولوجيا محاكاة الظواهر الاستثنائية والمعقدة التي يستحيل توفيرها في البيئات المادية نظراً لتعقيد متطلباتها أو قيودها الزمنية؛ حيث تمكن الباحثين والطلاب من إعداد واختبار سيناريوهات برمجية وشبكية عملاقة تتطلب قدرات معالجة فائقة، أو دراسة وسلوك خوارزميات الذكاء الاصطناعي المعقدة، بالإضافة إلى نمذجة الأنظمة الافتراضية الضخمة التي تحاكي تدفق البيانات، ورصد مخرجاتها في ثوانٍ معدودة، مما يختصر سنوات من الرصد الميداني في بيئة رقمية متكاملة.

4. إدارة المخاطر وتأسيس مبادئ السلامة التقنية والمهنية

تمثل المعامل الافتراضية ركيزة أمنية محورية من خلال توفير بيئة تجريبية خالية من المخاطر (Zero-Risk Environment)، وهي ميزة تتضاعف أهميتها في التخصصات البرمجية والسيبرانية الرقمية. وتتيح هذه المنصات للطلاب إمكانية التعامل الافتراضي الكامل مع تيارات كهربائية عالية الجهد أثناء محاكاة الدوائر والأنظمة المدمجة، أو تشغيل أكواد برمجية غير مستقرة، دون إلحاق أي ضرر مادي بالعنصر البشري أو بالبنية التحتية التكنولوجية للمؤسسة التعليمية. وتتجلى القيمة البيداغوجية لهذه البيئة الأمانة في تقديم التغذية الراجعة البصرية للأخطاء الحرجة؛ فبدلاً من تبني الأسلوب التقليدي القائم على منع الطالب من ارتكاب الأخطاء خوفاً من حدوث كوارث تقنية كتدمير أنظمة التشغيل أو اختراق الشبكة الحية، تسمح الأنظمة الافتراضية للمتعلم بمشاهدة النتائج المترتبة على الأخطاء كحدث توضيحي تفاعلي آمن (مثل محاكاة انهيار خادم بيانات كامل أو اختراق نظام ملفات سري). يسهم هذا العرض البصري التوجيهي في ترسيخ مهارات الدفاع السيبراني وفهم أبعاد السلامة المهنية الرقمية بشكل عميق لدى الطالب نابع من معاشية النتيجة لا حفظها نظرياً[10].

وفي نهاية المطاف، تصب جميع المزايا السابقة في ردف المنظومة الأكاديمية بآليات متطورة لبناء الهوية العلمية وصقل مهارات القرن الحادي والعشرين لدى الطلاب؛ إذ يلبي هذا النمط التكنولوجي المتطور متطلبات ومناهج التعليم التكاملية (STEM)، حيث يدمج بفاعلية مطلقة بين مفاهيم العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات في قالب تطبيقي واحد.

ومن خلال تصميم الطلاب للشبكات الافتراضية وحل معضلات الحوسبة السحابية وتحليل البيانات، يكتسب الخريجون مهارات التفكير التحليلي، والتفكير النقدي، والقدرة المستقلة على حل المشكلات المعقدة]. يضمن هذا الإعداد التقني الرفيع سد الفجوة بين التعليم الجامعي والواقع الميداني، مؤهلاً طلاب جامعة الزاوية للانخراط المباشر في سوق العمل الرقمي المعاصر والمنافسة فيه بكفاءة وقدرة عالية.

5. مقارنة تحليلية بين المعامل التقليدية والمعامل الافتراضية

وللوقوف على الأبعاد البنائية والوظيفية التي تميز البيئات التعليمية الرقمية عن نظيرتها الواقعية المحدودة الموارد والتي تنتشر بكثرة في البيئة الأكاديمية المحلية، يقتضي الأمر إجراء قراءة تحليلية مقارنة بين كليهما. حيث يسهم هذا التحليل في توضيح المبررات العلمية والاقتصادية التي تدفع المؤسسات الأكاديمية نحو تبني برمجيات المحاكاة كبديل تعويضي حتمي. ويلخص الجدول رقم (1) أبرز الفروق الجوهرية والمقارنات التحليلية بين المعامل التقليدية والمعامل الافتراضية، وذلك بالاستناد إلى مجموعة من المؤشرات والمعايير الأساسية التي تم تحديدها حسب المتطلبات التي يجب توافرها في المؤسسات التعليمية.

جدول رقم (1): مقارنة تحليلية بين المعامل التقليدية والمعامل الافتراضية في التخصصات التقنية الرقمية

المعامل الافتراضية (Virtual Labs)	المعامل التقليدية (Traditional Labs)	وجه المقارنة
أمان سيبراني وتقني مطلق (Zero-Risk)؛ تجري التجارب واختبارات الاختراق في بيئات محاكاة معزولة تماماً (Sandbox) تحمي البنية التحتية	مخاطر تقنية وتشغيلية مرتفعة؛ نتيجة احتمالية التخريب البرمجي للأنظمة الحية، أو التعرض لتيارات كهربائية عالية عند بناء الأنظمة المدمجة.	مستوى الأمان والسلامة
منخفضة واقتصادية؛ تعتمد على تراخيص الحوسبة السحابية والمحاكاة الرقمية، وتلغي تكاليف الصيانة المادية وإهلاك الأجهزة.	مرتفعة جداً؛ تشمل نفقات التجهيزات المالية للموجهات والخوادم المادية، والصيانة الدورية للعتاد، وشراء رخص البرمجيات المحدودة.	التكلفة المالية والتشغيلية
مرونة كاملة؛ إمكانية الوصول السحابي الآمن وإجراء التجارب في أي وقت ومن أي مكان عبر الإنترنت (24/7)	مقيدة؛ ترتبط بجدول زمنية صارمة للمحاضرات وبالموقع الجغرافي للمختبر المادي داخل الحرم الجامعي.	المرونة والوصول (الزمن والمكان)
غير محدودة؛ تدعم دخول أعداد ضخمة من الطلاب وإجراء التجارب بشكل فردي متزامن أو غير متزامن دون تدخل.	محدودة؛ محكومة بالمساحة المخصصة للمختبر وعدد الحواسيب المتاحة، مما يضطر الطلاب للعمل في مجموعات كبيرة كـ "مستمعين سلبين".	السعة الاستيعابية للطلاب
مفتوحة وغير مشروطة؛ تتيح للطلاب إعادة بناء الشبكات وكتابة الأكواد وتكرار التجربة بلا حدود لدعم التعلم القائم على الخطأ والتصحيح.	مشروطة ومحدودة؛ خوفاً من التسبب في أعطال تقنية حرجة للأجهزة، أو إتلاف اللوحات الإلكترونية، وضيق وقت الحصة العملي.	إعادة وتكرار التجارب
فورية وتوضيحية؛ تسمح بحدوث الخطأ (كانهيار الخادم الافتراضي جراء ثغرة) كوسيلة توضيحية بصرية آمنة لفهم الدفاع السيبراني.	مقيدة؛ يتم توجيه الطالب لتجنب الأخطاء خوفاً من انهيار الأنظمة الحقيقية، مما يحرره من فهم عواقب الأخطاء عملياً.	التغذية الراجعة والخطأ
تركز على المهارات المعرفية والتحليلية المتقدمة، وحل المشكلات البرمجية المعقدة، والدمج التكنولوجي التكامل (STEM)	تركز على المهارات الحركية اليدوية (Psychomotor) والتعامل الحسي مع الأسلاك والقطع الإلكترونية البسيطة.	المهارات المكتسبة
عالية الكفاءة؛ تتيح تجسيد البنى المجردة كتدفق حزم البيانات، وتصوير الإشارات الطيفية ثلاثية الأبعاد، والتحكم في تسريع أو تبطئة الزمن الرقمي	مستحيلة أو صعبة؛ في حال الرغبة في محاكاة شبكات موسعة عملاقة (WAN)، أو تتبع خوارزميات ذكاء اصطناعي تتطلب معالجة لسنوات.	محاكاة الظواهر المعقدة

6. الأبعاد التقنية المستحدثة: المميزات والعيوب والآفاق المستقبلية

يفتضي التقييم المنهجي الشامل للمعامل الافتراضية تفكيك أبعادها التطبيقية من خلال رصد دقيق لمميزاتها وعيوبها التقنية، مع استشراف دورها المستقبلي في رفع كفاءة التعليم العالي. وتتجلى أبرز المميزات التخصصية في منح طلبة تقنية المعلومات قدرة فائقة على محاكاة البنى التحتية البرمجية والسيرانية المعقدة بكلفة مالية منخفضة جداً، وتوفير بيانات معزولة (Sandbox) تتيح اختبار الثغرات البرمجية الرقمية بأمان مطلق دون قيود زمانية أو مكانية، مما يدعم استراتيجيات تفريد التعليم والتعلم بالممارسة.

وفي المقابل، تنحصر العيوب التقنية والتربوية في عدة محاور؛ أبرزها غياب صقل المهارات الحركية الملموسة (Psychomotor Skills)، مثل التعامل الحسي المباشر مع الأسلاك المادية للموجهات أو تركيب لوحات الدوائر الإلكترونية المدمجة، مما قد يخلق فجوة مهارية عند انخراط الخريج في بيئات العمل الميدانية الحقيقية. ويضاف إلى ذلك تحدي العزلة الرقمية المؤقتة وتراجع التفاعل الاجتماعي الفعلي بين الطلاب نتيجة الانغماس الفردي الطويل خلف الشاشات، فضلاً عن الاعتماد البنيوي الحرج لهذه المعامل على استقرار مصادر الطاقة والاتصال الشبكي، وهو ما يمثل عيباً تشغيلياً حاداً في البيئات المحلية المحدودة الموارد.

أما بالنظر إلى الآفاق والنظرة المستقبلية للمعامل الافتراضية ودورها في رفع مستوى التعليم التكنولوجي بحلول عام 2030م وما بعده، فإن التوجه الأكاديمي يتجه نحو دمج الذكاء الاصطناعي التوليدي (GenAI) داخل بيئات المحاكاة. سيتيح هذا التطور وجود "مساعدین افتراضيين أذكيا" يقدمون توجيهاً برمجياً وتغذية راجعة مخصصة وفورية لكل طالب بناءً على نمط تعلمه الشخصي. كما يتوقع أن يساهم الانتقال نحو بيئات الواقع الممتد (XR) والميتافيرس التعليمي في تحويل كليات جامعة الزاوية إلى حرم جامعي ذكي افتراضي، يتفاعل فيه الطلاب كشخصيات رقمية (Avatars) لبناء شبكات حاسوبية ضخمة أو إدارة جامعية افتراضية كاملة بشكل جماعي وعن بُعد، مما يسحق العوائق الجغرافية، ويحقق مبدأ تكافؤ الفرص التعليمية، ويقود جودة التعليم التقني والجامعي نحو مستويات غير مسبوقة من الكفاءة والاستدامة [11].

7. التحديات والمعوقات التشغيلية واللوجستية لتبني المعامل الافتراضية

على الرغم من المزايا الاستراتيجية والثورية التي تقدمها تقنية الواقع الافتراضي ومحاكاة النظم كبديل تعويضي وحتمي، إلا أن تعميم استخدامها وتطبيقها بفاعلية داخل كليات جامعة طرابلس يواجه جملة من التحديات الجوهرية المتداخلة. وتأتي التحديات البنيوية واللوجستية في طليعة هذه المعوقات؛ إذ يمثل عدم استقرار الشبكة العامة للكهرباء وانقطاع التيار المتكرر في البيئة المحلية عائقاً تشغيلياً كبيراً أمام استدامة عمل المعامل الرقمية داخل الحرم الجامعي. ويتصل ذلك مباشرة بضعف تدفق شبكة الإنترنت، مما يحد من قدرة الطلاب على الاتصال المستمر والأمن بالمنصات السحابية ومحاكاة الشبكات الضخمة التي تتطلب نطاقاً ترددياً عالياً ومستقراً لتشغيل التجارب دون انقطاع. يضاف إلى ذلك العبء المالي الضخم المرتبط بالاستثمار الأولي، حيث تتطلب البيئات الغامرة بالكامل حواسيب ذات مواصفات معالجة ورسوميات متقدمة ونظارات واقع افتراضي باهظة الثمن، فضلاً عن نفقات الاشتراكات السنوية للمنصات العالمية وتحديث برمجياتها لمواكبة تسارع المناهج الحديثة في ظل ميزانيات جامعية محدودة الموارد.

ومن زاوية أخرى، تبرز التحديات البشرية والمعرفية كعامل مؤثر في إبطاء هذا التحول؛ إذ تظهر فجوة مهارية واضحة لدى بعض أعضاء هيئة التدريس والمهندسين المشرفين على المختبرات فيما يتعلق بإدارة الفصول الافتراضية والتعامل مع المشكلات التقنية الطارئة للأنظمة، مما يولد نوعاً من مقاومة التغيير والتمسك بالطرق النظرية التقليدية نتيجة لغياب البرامج التدريبية المكثفة والمستدامة. ويتزامن هذا المعوق المعرفي مع ندرة ملحوظة في برمجيات المحاكاة المصممة باللغة العربية، أو تلك المتوافقة بدقة مع مفردات

الخطط الدراسية المعتمدة محلياً لتخصصات المعلوماتية الصحية وهندسة الشبكات، مما يضع عبء التعريب والتوائم الأكاديمي على عاتق أطراف العملية التعليمية [12].

أما على الصعيد التقني والسلوكي، فإن إتاحة هذه البيئات خارج أسوار الجامعة يصطدم بمعضلة التوافقية البرمجية، نظراً لتباين ومحدودية مواصفات الأجهزة الشخصية التي يمتلكها الطلاب في منازلهم، مما يقلل من مرونة الوصول الفردي للتجارب. وعلاوة على ذلك، تفرض الممارسة المستمرة داخل هذه البيئات الغامرة تحديات صحية وسلوكية ترتبط بأعراض الإجهاد الرقمي ودوار الحركة الافتراضي لدى بعض المتعلمين عند ارتداء النظارات لفترات طويلة. كما يثير الاعتماد المفرط على المحاكاة الرقمية مخاوف تربوية تتعلق باحتمالية نشوء عزلة اجتماعية مؤقتة تؤثر سلباً على مهارات التفاعل الاجتماعي المباشر والعمل الجماعي الفيزيائي بين الطلاب، مما يستدعي إيجاد صيغ متوازنة للدمج الرقمي.

8. الدراسات السابقة (Literature Review)

يشهد الإنتاج الأكاديمي والبحثي اهتماماً متزايداً برصد وتقييم أثر بيئات التعلم الافتراضية والمحاكاة الرقمية على كفاءة التعليم العالي؛ ولتأصيل هذا المسار في سياق الدراسة الحالية، تم تصنيف الأدبيات والدراسات السابقة الممتدة بين عامي (2020م - 2026م) إلى محورين أساسيين يتسقان مع التخصصات المستهدفة بجامعة الزاوية.

1- الدراسات المتعلقة بالمعامل الافتراضية في تخصصات تقنية المعلومات والأمن السيبراني:

تناولت العديد من الدراسات الدولية والأجنبية أثر المحاكاة الرقمية في التخصصات البرمجية والشبكية المعقدة؛ حيث ركزت دراسة سميث وآخرون (Smith et al., 2022) على تقييم فاعلية بيئات المحاكاة مثل (Cisco Packet Tracer) في استيعاب طوبولوجيا الشبكات الموسعة وتوفير بدائل اقتصادية تعوض نقص العتاد المادي. وأظهرت نتائجها أن الاعتماد على هذه المحاكيات ساهم بشكل مباشر في رفع مهارات التفكير التحليلي والقدرة على حل المشكلات التقنية الطارئة لدى الطلاب، فضلاً عن تحقيق مرونة مكانية وزمنية سمحت بالتعلم الذاتي خارج أسوار المختبرات الجامعية التقليدية. وفي سياق متصل بالحوسبة السحابية والأمن، أكدت دراسة جونسون ولي (Johnson & Lee, 2024) الأثر الإيجابي لتطبيق المختبرات الرقمية المعزولة (Sandbox) في تمكين الطلاب من اختبار البرمجيات الخبيثة وهجمات الاختراق بأمان مطلق؛ حيث استنتج الباحثان أن هذه البيئات الرقمية المعزولة سحابة رفعت من الجراءة العلمية للمتعلمين في ارتك القضايا والتعلم الفوري من نتائجها دون خطر على الأنظمة الحية للمؤسسات التعليمية.

2- الدراسات المتعلقة بالمحاكاة الافتراضية في المعلوماتية الصحية والعلوم الطبية الرقمية:

على صعيد دمج التقنية بالعلوم الطبية والحيوية، اتجهت الأدبيات الأجنبية نحو بحث أثر منصات المحاكاة ثلاثية الأبعاد في تجسيد المفاهيم الحيوية والتقنية المجردة. وفي هذا الصدد، أشارت دراسة غارسيا (Garcia, 2023) إلى أن توظيف تقنيات الواقع الافتراضي (VR) في نمذجة الصور الطبية ثلاثية الأبعاد (كالرنين المغناطيسي والأشعة المقطعية) وتتبع تدفق الإشارة الرقمية للأجهزة الطبية، قد ساهم بشكل معنوي في نقل الطلاب من التلقي النظري السلبي إلى الاستيعاب البصري والمكاني العميق للبنى التشريحية والأنظمة الحيوية. كما عززت دراسة ميلر ووانغ (Miller & Wang, 2025) هذا التوجه عبر إثبات أن أسلوب "التلعيب" (Gamification) "الدمج في برمجيات المحاكاة الطبية (مثل Labster و PraxiLabs) رفع من دافعية الطلاب نحو التعلم التكاملي، وخفّض من التكاليف الرأسمالية للمؤسسات التعليمية عبر إلغاء نفقات المواد المستهلكة ذات الصلاحية المحدودة والتجهيزات المخبرية الباهظة Congressional.

3-دراسة (Tandfonline / Educational Journal, 2026)

تناولت هذه الدراسة الشاملة دور المختبرات الافتراضية في تحويل مسار التعليم التقني، وبحثت بشكل خاص أثرها في تحسين مهارات التقصي العلمي واستبقاء المعلومات.

ومن اهم نتائج هذه الدراسة أنها أكدت على استبدال الإعدادات النظرية التقليدي داخل المعامل الواقعية بالتجارب الافتراضية حقق فاعلية موازية تماماً، كما بينت أن دمج أنماط "التعلم المقلوب والألعاب الرقمية" (Gamified Flipped Learning) داخل المختبر الافتراضي ساهم بشكل مباشر في رفع مهارات الابتكار والتحصيل الدراسي لدى الطلاب [13].

4-دراسة (Al-Mansoori, 2024 - 2025)

قارنت الدراسة بين أداء طلاب هندسة الحاسوب والشبكات الذين استخدموا بيانات المحاكاة والمنصات الافتراضية) مثل Cloud-based Netkit و Cisco Packet Tracer كبديل كامل للمختبرات المادية.

أظهرت النتائج أن الاعتماد على المعامل الافتراضية السحابية يتيح للطلاب فرصة بناء شبكات معقدة، ومحاكاة بروتوكولات التوجيه (Routing Protocols)، واختبار أمن الشبكات دون قيود مادية أو الخوف من إتلاف الأجهزة والراوترات الحقيقية، مع تسجيل مستويات استيعاب مفاهيمي متفوقة واختصار للوقت الضائع في التوصيل الفيزيائي للكابلات [14].

5-المعامل الحوسبية والافتراضية في تقنية المعلومات (Virtual Computing Labs - VCL)

دراسة (Oun, Belazi & El-Haddad, 2025)

وهي دراسة تقييمية حول تبني المعامل الحوسبية الافتراضية في كليات تقنية المعلومات كبديل للمختبرات الجامعية التقليدية الحاضنة للأجهزة المادية ذات الكلفة العالية.

وكانت نتائج هذه الدراسة إلى أن منصات المعامل الافتراضية السحابية مثل (Azure Lab) Services المدمجة مع بيانات العمل الجماعي تمثل بديلاً متكاملًا وواعداً للمختبرات التقليدية في كليات تقنية المعلومات. حيث توفر المنصات وصولاً مرناً على مدار الساعة، وتغذية راجعة فورية، مع توفير أحدث مواصفات الأجهزة افتراضياً لتشغيل البرمجيات المعقدة وأدوات الأمن السيبراني بأقل التكاليف وبلا حاجة لصيانة البنية التحتية المحلية المستمرة [15].

التعقيب على الدراسات السابقة وتحديد الفجوة البحثية: (Research Gap)

من خلال القراءة التحليلية والمقارنة المستمرة للأدبيات العربية والأجنبية السابقة، يتضح إجماع الباحثين على القيمة التربوية والاقتصادية العالية للمعامل الافتراضية كبديل أو داعم قوي للمختبرات المادية، ومع ذلك، تتبلور الفجوة البحثية التي تسعى الدراسة الحالية لسدها في نقطتين جوهريتين؛ أولاًهما ندرة الدراسات التي تبحث في التوأمة البينية بين كليات تقنية المعلومات البحتة في إطار بحثي موحد يدرس أثر المحاكاة الرقمية على التخصصين بالتوازي بجامعة -الزاوية. وثانيهما أن أغلب الدراسات الأجنبية والعالمية السابقة أجريت في بيئات أكاديمية غربية تمتلك بنية تحتية مستقرة وتناولت المعامل الافتراضية كأداة "رفاهية أو دمج تكميلي"؛ في حين تنفرد الدراسة الحالية ببحث وتوجيه هذا الملف كبديل استراتيجي وتكاملي حتمي وحيد لمعالجة النقص الحاد والغياب شبه التام للمختبرات المادية في جامعة الزاوية، مع التركيز على دراسة تحديات البيئة المحلية مثل استدامة الطاقة واستقرار تدفق الإنترنت لعام 2026م.

القراءة التحليلية للمخرجات ورصد مؤشرات الأداء (Analytical Findings & Discussion)

بناءً على عمليات الترميز الموضوعي والمثلث المعرفي للأدبيات والأبحاث الثانوية المنشورة بين عامي (2020م - 2026م)، قامت الباحثة باستخلاص وتركيب البيانات لرصد الفاعلية التطبيقية والتحديات التشغيلية للمعامل الافتراضية. وتعرض هذه المؤشرات والنتائج وفقاً للمحاور التحليلية الآتية:

2. مؤشرات أثر المعامل الافتراضية في الاستيعاب المعرفي ونواتج التعلم

أظهر التحليل النوعي المقارن للأدبيات اتفاقاً واسعاً بين الباحثين على دور بيئات المحاكاة في تحسين نواتج التعلم وتجسيد المفاهيم التكنولوجية والطبية المجردة لطلبة جامعة الزاوية. ويلخص الجدول رقم (2) اتجاهات نتائج الدراسات السابقة وحجم الأثر التربوي المتحصل عليه:

جدول رقم (2): رصد اتجاهات الأدبيات السابقة حول نواتج التعلم والاستيعاب المعرفي (2020م - 2026م)

المؤشر التربوي المرصود	المساق التقني/الطبي المستهدف	حجم الأثر في الأدبيات	النتيجة المستخلصة وتفسيرها المنهجي
تجسيد البنى التكنولوجية	هندسة الشبكات والحوسبة السحابية	مرتفع جداً	نقل الطالب من التجريد النظري إلى الإدراك البصري لمسار حزم البيانات (Data Packets)،
نمذجة الأنظمة الحيوية	المعلوماتية الصحية وقسم الكمبيوتر الطبي	مرتفع	تعزيز الفهم المكاني ثلاثي الأبعاد للصور الطبية وتدفق الإشارات التشخيصية الرقمية.
تفريد التعليم وتكرار التجارب	المساقات البرمجية وهندسة النظم	مرتفع جداً	كسر الرهبة الأكاديمية عبر كلفة التكرار الصفرية والتعلم النشط القائم على الخطأ والتصحيح.
الدافعية والدمج المعرفي	مناهج التعليم التكاملية (STEM)	متوسط إلى عالٍ	رفع الشغف الأكاديمي وصل مهارات القرن الحادي والعشرين عبر بيئات تفاعلية غامرة.

2. الجدوى الأمنية والاقتصادية للبيئات المعزولة (Sandbox) والمحاكيات السحابية:

أجمعت الأبحاث التقنية على أن دمج المعامل الرقمية يمثل حلاً بنوياً حتمياً لمعالجة قيود الميزانيات ونقص الموارد المادية في البيئات الأكاديمية المشابهة لواقع جامعة الزاوية.

ويلخص الجدول رقم (3) العوائد التشغيلية المستخلصة من التحليل:

جدول رقم (3): مصفوفة العوائد الأمنية والاقتصادية للبدائل الافتراضية وفقاً للمراجعة المنهجية.

طبيعة العائد الاقتصادي والأمني المستخلص	البديل الافتراضي الموظف	زاوية التقييم التشغيلي
توفير حماية مطلقة بنسبة 100% لبنية الجامعة التحتية، مما يسمح باختبار الثغرات السيبرانية بحرية.	بيئات المحاكاة المعزولة (Sandbox)	Safety & Threat Containment
إلغاء التكاليف الباهظة لشراء الموجهات والخوادم المادية وتحديث عتادها المتقادم.	محاكيات البنى التحتية السحابية	Capital Expenditures (CapEx)
تقليل نفقات الصيانة الدورية الرأسمالية وإهلاك الأجهزة، وتجاوز مشكلة رخص البرمجيات المحدودة.	منصات المحاكاة الرقمية (Labster/PraxiLabs)	Operating Expenses (OpEx)

3. مصفوفة التحديات اللوجستية المحددة للبيئة المحلية

التزاماً بالأصالة العلمية، قامت الباحثة بعمل تقاطع تحليلي بين معوقات البيئات النامية المنشورة في الأدبيات وبين خصوصية الواقع التشغيلي في كليات جامعة الزاوية، وخلص التحليل إلى ترتيب التحديات بحسب درجة حرجها وخطورتها على استدامة التجربة الرقمية [16].

جدول رقم (4): تصنيف وخطورة التحديات اللوجستية لتبني المعامل الافتراضية في البيئة المحلية:

آليات التأثير على كليات جامعة الزاوية	نوع التأثير التشغيلي	طبيعة التحدي المرصود	رتبة الحرج
يؤدي لإيقاف المعامل الرقمية المفاجئ وفقدان الطلاب لبيانات تجاربهم غير المحفوظة.	حرج جداً ومباشر	عدم استقرار الشبكة العامة وانقطاع الكهرباء	1
يعوق الوصول السلس والأمن للمنصات السحابية ومحاكيات الشبكات الضخمة عبر الإنترنت.	حرج جداً ويعتمد علي البنية	تذبذب تدفق شبكة الإنترنت ونقص النطاق الترددي	2
يحد من مرونة التعليم الذاتي (7/24) خارج أسوار الجامعة لعدم توافق أجهزتهم مع البرمجيات.	متوسط إلى عالٍ	تدني المواصفات الفنية للحواسيب الشخصية للطلاب	3
يولد نوعاً من مقاومة التحول الرقمي والتمسك بالتعليم النظري التقليدي لغياب التدريب المكثف.	متوسط وسلوكي	نقص التأهيل الرقمي والفجوة المعرفية للمعلمين	4

التوصيات والمقترحات

بناءً على القراءة التحليلية المعمقة والمصفوفة المنهجية للتحديات اللوجستية التي تم رصدها في كليات جامعة الزاوية، تصيغ الباحثة حزمة من التوصيات العملية القابلة للتنفيذ.

1. معالجة تحديات الطاقة والتشغيل اللوجستي: يوصي البحث بضرورة توجه إدارة جامعة الزاوية نحو الاستثمار في حلول الطاقة البديلة والمستدامة، مثل تزويد كليات تقنية المعلومات والعلوم وكافة الكليات بالجامعة بأنظمة طاقة شمسية مستقلة ومصادر طاقة غير منقطعة (UPS) ذات سعات تخزينية عالية؛ لضمان استمرارية عمل المختبرات الرقمية وحماية بيانات تجارب الطلاب من الفقدان المفاجئ.
2. تطوير البنية التحتية للاتصال والشبكات: يتطلب نجاح المحاكاة السحابية التنسيق المباشر بين الجامعة والجهات المزودة لخدمات الاتصالات محلياً لإنشاء خطوط اتصال مخصصة وعالية السرعة (Dedicated Leased Lines) داخل الكليات المستهدفة، مما يضمن توفير النطاق الترددي المستقر واللازم لتشغيل بيئات المحاكاة المعقدة ومنصات (Sandbox) دون تذبذب أو انقطاع.
3. تبني نموذج المختبرات الرقمية المحلية: (Offline & Hybrid Labs) كحل ذكي لمواجهة ضعف الإنترنت وتدني مواصفات أجهزة الطلاب الشخصية في منازلهم، يوصى بالاعتماد على النسخ المحلية المخزنة داخلياً من برمجيات المحاكاة مثل تنصيب برامج Tracer (Cisco Packet أو GNS3) محلياً على أجهزة الكلية عوضاً عن الاعتماد الكامل على المنصات السحابية الخارجية، مما يقلل استهلاك الإنترنت ويتيح للطلاب ذوي الأجهزة المحدودة الاستفادة الكاملة داخل الحرم الجامعي.

4. **سد الفجوة المعرفية وتأهيل الكوادر البشرية:** يقترح البحث إطلاق برامج تدريبية وتطويرية مكثفة ودورية لأعضاء هيئة التدريس والمهندسين المشرفين على المعامل بجامعة الزاوية، تركز على آليات إدارة البيئات الافتراضية، وتصميم سيناريوهات التقييم الرقمية، وكيفية التعامل مع المشكلات البرمجية الحرجة؛ لبناء ثقافة تنظيمية مرنة تتقبل التحول الرقمي وتحد من مقاومة التغيير السلوكي.
5. **تعريب وتوطين المحتوى الأكاديمي الرقمي:** يوصي البحث بتشكيل لجان علمية مشتركة بين الكليات المستهدفة لتطوير وتوطين أدلة إرشادية باللغة العربية تتوافق بدقة مع مفردات الخطط الدراسية المعتمدة محلياً لتخصصات هندسة الشبكات والأمن السيبراني والمعلوماتية، مما يسهل على الطلاب استيعاب المفاهيم المجردة دون عوائق لغوية.
- الخاتمة**

تأسيساً على ما تقدمت به هذه الورقة البحثية من أطروحات نظرية وقرارات تحليلية، يمكن القول إن التحول نحو تبني المعامل الافتراضية في كليات جامعة الزاوية لم يعد مجرد مواكبة لرفاهية تكنولوجيا مستحدثة، بل هو خيار استراتيجي وبدل تعويضي حتمي تفرضه قيود الموارد وغياب البنية التحتية المادية المتكاملة للمختبرات التقليدية. لقد أثبت البحث أن توظيف البيئات الرقمية التفاعلية يسهم بشكل جوهري في إعادة صياغة العملية التعليمية؛ حيث ينقل طالب تقنية المعلومات والحاسوب الطبي من مقاعد التلقي النظري السلبي إلى عمق المعيشة والتطبيق النشط القائم على الاستكشاف والتعلم من الخطأ، مما يسهل مهارات القرن الحادي والعشرين التكاملية (STEM) بكلفة اقتصادية منخفضة وأمان سيبراني وتقني مطلق.

ومع ذلك، فإن هذا التحول الرقمي الواعد في البيئة المحلية يظل مرهوناً بمدى الجدية في تفكيك العقبات البنيوية واللوجستية الحرجة التي تم رصدتها، وعلى رأسها أزمتا الطاقة والاتصال الشبكي. إن استشراف الآفاق المستقبلية الواعدة لهذه التكنولوجيا، كدمج الذكاء الاصطناعي التوليدي والواقع الممتد (XR)، يتطلب بناء خطة عمل إجرائية تتكامل فيها جهود الإدارات الجامعية مع مصممي المناهج ومزودي الخدمات اللوجستية؛ لرسم خارطة طريق وطنية قادرة على توطين هذه البيئات الافتراضية واستدامتها، بما يضمن تجويد مخرجات التعليم العالي الليبي وتأهيل خريجين قادرين على قيادة التحول التكنولوجي والمنافسة في سوق العمل الرقمي المعاصر بكفاءة واقتدار.

المراجع

- [1] حسن، أحمد (2020). *تطبيقات الواقع الافتراضي في التعليم: المعامل الافتراضية كنموذج*. 1- مجلة تعليم جديد الإلكترونية. Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- [2] 2- العمري، خالد. (2021). 2- فاعلية بيئات المحاكاة الافتراضية في تدريب طلاب هندسة الحاسوب على مهارات الأمن السيبراني. *المجلة العربية للتعليم التقني*, 1
- Patel, R., & Khan, N. (2023). Cloud-based sandbox environments for cybersecurity education: A comparative analysis of physical vs. virtual labs. *Journal of Cyber Security Education*, 8(1), 112-129.
- [3] لزواوي، محمد. (2022). *واقع البنية التحتية التقنية في كليات تقنية المعلومات بالجامعات الليبية وتحديات التحول الرقمي*. مجلة جامعة طرابلس للعلوم الإنسانية، (1)29، 15-32.
- شعيب، علي، وبن عاشور، فاطمة. (2023). *المعوقات اللوجستية التي تواجه تدريس التخصصات الهندسية والتكنولوجية في قطاع التعليم العالي الليبي*. *المجلة الليبية للبحوث والدراسات*، 7(3).
- [4] لشمري، فهد. (2022). *توجهات بحوث تكنولوجيا التعليم في العالم العربي: مراجعة تحليلية للفجوات البحثية*. *مجلة العلوم التربوية والنفسية*، 6(4)، 12-35.
- .Al-Anzi, S.
- [5] Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan. Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.
- Huang, X., Zou, D., Cheng, G., & Xie, H. (2021). A systematic review of AR and VR enhanced language learning. *Educational Technology Research and Development*, 69(3), 1431-1463.
- [6] Dalgarno, B., & Lee, M. J. (2010). What are the learning affordances

- [7] لعتيبي، بندر. (2022). *اقتصاديات التعليم الرقمي: دراسة تحليلية لتكلفة العائد من تطبيق المختبرات الافتراضية في التعليم العالي*. المجلة الدولية للبحث التربوي، 46(2)، 115-139.
- [8] /praxilabs.com/arabic/blog/important-advantages-impediments-use-virtual-lab-
من_أهم_مميزات_المعامل_الافتراضية_2/#15
- [9] الزوي، فاطمة محمد. (2024). واقع مختبرات الحاسوب في كليات تقنية المعلومات بالجامعات الليبية ومعوقات تحديثها مادياً. المجلة الليبية للعلوم التطبيقية.
- [10] الشريف، محمد الهادي. (2022). دمج منحنى STEM في الخطط الدراسية الجامعية وأثره في صقل مهارات القرن الحادي والعشرين. مجلة الدراسات الجامعية العليا.
- [11] Cisco Networking Academy. (2025). Cisco Packet Tracer: Real-time network simulation and topological modeling guidelines. Cisco Systems. netacad.com
- [12] Garcia, M. A. (2023). Virtual reality in medical informatics:
- [13] Visual-spatial mastery of abstract biological systems and 3D medical imaging. Journal of Computer-Assisted Learning, 39(4), 1102-1115.
- [14] Johnson, K. L., & Lee, S. H. (2024). Evaluating cloud-based virtual sandboxes for secure cybersecurity training in higher education. Computers & Security, 138, Article 103645.
- [15] Labster. (2024). Gamification and conceptual understanding in digital science laboratories: Global impact report. Labster Education Research Division. labster.com
- [16] Miller, T., & Wang, J. (2025). Immersive technologies and resource-limited academic environments: From luxury to strategic necessity. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 22(1), 74-93.
- [17] Smith, J. R., Davis, A. E., & Brown, L. M. (2022). The impact of virtual laboratories on the analytical thinking and problem-solving skills of software engineering students. IEEE Transactions on Education.,

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