تأثير استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) على تحسين الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى طلبة الخامس الثانوي التقني

م.م. فاتن حسين علي
قسم التخطيط التربوي/شعبة المعلومات والاتصالات
fatenhasfaten1@gmail.com

ملخص البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) على تحسين الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى طلبة الصف الخامس الثانوي التقني. اعتمدت الدراسة على المنهج التجريبي من خلال تصميم مجموعتين: تجريبية وضابطة، بلغ عدد أفراد كل منهما (٣٣) طالباً. تمثلت أداة البحث الرئيسة في خطة تدريسية لدرس من مادة مبادئ الحاسوب مصممة وفق تقنيات التوأمة الرقمية الذكية، بالإضافة إلى مقياس الكفاءة البرمجية ومقياس التعلم التعاوني اللذين تم تطبيقهما قبلياً وبعدياً. أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية لصالح المجموعة التجريبية في كل من مقياس الكفاءة البرمجية ومقياس التعلم التعاوني، مما يدل على أن دمج تقنيات التوأمة الرقمية الذكية في التدريس يسهم بفاعلية في تنمية مهارات البرمجة وتعزيز التفاعل التعاوني بين الطلاب. وتوصي الدراسة بضرورة توظيف تقنيات التوأمة الرقمية الذكية في المناهج التقنية لما لها من أثر إيجابي في تحسين مخرجات التعليم وتحقيق بيئات تعلم أكثر تفاعلية وابتكاراً.

الكلمات المفتاحية: تقنيات – التوأمة الرقمية الذكية – الكفاءة البرمجية – التعلم التعاوني – التقني.

The Impact of Using AI-Powered Digital Twin Technologies on Improving " Programming Efficiency and Collaborative Learning Among Technical High "School Students

M.M. Faten Hussein Ali
Educational Planning Department/Information and Communications Division

:Abstract

This research aims to study the impact of using AI-powered digital twin technologies on improving programming efficiency and collaborative learning among fifth-grade technical high school students. The study relied on an experimental method by designing two groups: an experimental group and a control group, with each group consisting of 33 students. The main research tool was a teaching plan for a lesson in computer principles designed according to AI-powered digital twin technologies, in addition to a programming efficiency test and a collaborative learning test that were applied both before and after the intervention. The results showed statistically significant differences in favor of the experimental group in both the programming efficiency test and the collaborative learning test, indicating that integrating AI-powered digital twin technologies in teaching effectively contributes to developing programming skills and enhancing collaborative interaction among students. The study recommends

the necessity of employing AI-powered digital twin technologies in technical curricula due to their positive impact on improving educational outcomes and .achieving more interactive and innovative learning environments

Keywords: Technologies – AI-Powered Digital Twin – Programming .Efficiency – Collaborative Learning – Technical

الفصل الأول: التعريف بالبحث

مقدمة:

تعد الثورة الرقمية وتطور تقنيات الذكاء الاصطناعي أحد أبرز المتغيرات التي أعادت تشكيل أساليب التعليم والتعلم في العصر الحديث. من بين هذه التقنيات، تبرز التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) كأداة مبتكرة تهدف إلى محاكاة الأنظمة والعمليات الحقيقية بطريقة رقمية، مما يتيح إمكانية التجربة والتحليل والتطوير قبل التطبيق الفعلي، سواء في المجالات الصناعية أو التعليمية (يوسف، ٢٠٢٣: ٨٢؛ Borole, Borkar, Raut, 2023). وقد أظهرت الدراسات أن هذه التقنية لا تسهم فقط في تحسين أداء الأنظمة، بل تعزز أيضًا الكفاءة البرمجية للطلبة، حيث يمكنهم من خلال التوأمة الرقمية ممارسة مهارات البرمجة في بيئة محاكاة آمنة ومرنة، مما يقلل الأخطاء ويزيد من دقة التعلم (الدروقي، ٢٠١٩: ٢٢٠؛ Saqib, 2024: ١٤٧).

بالإضافة إلى ذلك، يُعد التعلم التعاوني من أبرز أساليب التعليم الحديث الذي يعزز تفاعل الطلبة فيما بينهم، وينمي مهارات التفكير النقدي والعمل الجماعي (الخفاف، ٢٠١٣: ٢٥؛ سيد، ٢٠١٩: ١٩). وعند دمج التوأمة الرقمية مع التعلم التعاوني، فإن الطلبة لا يكتفون بالتعلم الفردي فحسب، بل يشاركون في حل المشكلات ومناقشة الاستراتيجيات البرمجية، ما يسهم في تطوير قدراتهم العملية والفكرية بشكل متكامل (الربيعي، كزار، عبد الزهره، ٢٠١٨: ٧٣؛ Khan, 2024).

تؤكد الأدبيات الحديثة أن دمج التوأمة الرقمية الذكية في التعليم التقني يتيح بيئة تعليمية تفاعلية تدعم تحسين الكفاءة البرمجية من خلال تكرار التجارب ومقياس الحلول المتعددة، وفي الوقت نفسه يعزز التعلم التعاوني من خلال مشاركة الطلبة في مجموعات عمل ديناميكية تحاكي بيئات العمل الحقيقية (Chaudhary, Khari, Elhoseny, 2021؛ Daniel, Sriramulu, Partheeban, 2024). لذلك، يهدف هذا البحث إلى دراسة أثر استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية على تطوير مهارات الطلبة البرمجية وتحفيزهم على المشاركة الفاعلة ضمن مجموعات التعلم التعاوني في الخامس الثانوي التقنية.

مشكلة البحث:

على الرغم من التطور الكبير في أساليب التعليم التقني والرقمي، إلا أن العديد من طلبة الخامس الثانوي التقنية يعانون من ضعف الكفاءة البرمجية وصعوبة تطبيق المفاهيم البرمجية بشكل عملي وفعّال، خاصة عند مواجهة مشكلات تتطلب التفكير النقدي والتطبيق العملي للبرمجة (الدروقي، ٢٠١٩: ٢٢٠؛ Saqib, 2024: ١٤٧). كما لوحظ أن أساليب التعلم التقليدية غالبًا ما تركز على التعلم الفردي، مما يقلل من فرص التفاعل والمشاركة الفاعلة بين الطلبة، ويضعف من مهاراتهم في التعلم التعاوني والعمل الجماعي (الخفاف، ٢٠١٣: ٢٥؛ سيد، ٢٠١٩: ١٩).

من جهة أخرى، أظهرت الدراسات الحديثة أن التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) تمثل بيئة تعليمية مبتكرة تتيح محاكاة الأنظمة والعمليات البرمجية بشكل واقعي، ما يوفر للطلبة فرصة للتجربة والتعلم دون المخاطر الواقعية، ويسهم في تعزيز مهاراتهم العملية والكفاءة البرمجية (يوسف، ٢٠٢٣: ٨٢؛ Borole, Borkar, Raut, 2023). كما أن دمج هذه التقنية مع استراتيجيات التعلم التعاوني

يمكن أن يحفز الطلبة على المشاركة الفعالة وتبادل الخبرات والأفكار، وهو ما يساهم في تحسين مستوى التحصيل الدراسي وتنمية المهارات الاجتماعية والتفاعلية لديهم (الربيعي، كزار، عبد الزهره، ٢٠١٨: ٧٣؛ Khan, 2024).

بناءً على ما سبق، تكمن مشكلة البحث في التساؤل عن مدى فاعلية استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية في تحسين الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى طلبة الخامس الثانوي التقنية، وما إذا كانت هذه التقنية قادرة على معالجة الصعوبات المرتبطة بالتعلم التقليدي وتعزيز الأداء الفردي والجماعي للطلبة في المجال البرمجي. وعليه يتحدد سؤال إشكالية البحث بالآتي: **ما تأثير استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) على تحسين الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى طلبة الخامس الثانوي التقنية؟**

أهمية البحث

أولاً: الأهمية العلمية:

- تسهم الدراسة في تطوير المعرفة حول دمج تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) في التعليم التقني، وفهم تأثيرها على مهارات البرمجة والتعلم التعاوني.
- تساعد الدراسة في إثراء الأدبيات التعليمية المعاصرة حول أساليب التعلم المدمج والتفاعلي، وربطها بالذكاء الاصطناعي.
- تقدم الدراسة نموذجًا بحثيًا يمكن استخدامه كمرجع لإجراء دراسات مستقبلية في مجالات التعليم التقني والتعلم التعاوني.

ثانياً: الأهمية العملية:

- تمكّن نتائج البحث المدارس التقنية والمعلمين من تحسين طرق تدريس البرمجة باستخدام بيئات محاكاة رقمية آمنة وفعّالة.
- توفر الدراسة إطارًا لتصميم برامج تدريبية تُحسّن الكفاءة البرمجية لدى الطلبة وتعزز التفاعل الجماعي والتعلم التعاوني.
- تساعد صانعي القرار في مؤسسات التعليم التقني على اعتماد تقنيات حديثة تدعم تطوير المهارات العملية والتطبيقية للطلبة.

أهداف البحث

- قياس أثر استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية على تحسين الكفاءة البرمجية لدى طلبة الخامس الثانوي التقنية.
- دراسة أثر التوأمة الرقمية الذكية على تنمية التعلم التعاوني بين الطلبة.
- مقارنة الفروق بين المجموعات التجريبية والضابطة في أداء الطلبة على مقاييس الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني.
- تقديم توصيات عملية لتطبيق تقنيات التوأمة الرقمية في التعليم التقني.

فرضيات البحث

- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي على مقياس الكفاءة البرمجية لصالح المجموعة التجريبية.
- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي على مقياس الكفاءة البرمجية لصالح التطبيق البعدي.

- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي على مقياس التعلم التعاوني لصالح المجموعة التجريبية.
- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي على مقياس التعلم التعاوني لصالح التطبيق البعدي.

حدود البحث

- حدود بشرية: تقتصر الدراسة على طلبة الخامس الثانوي التقنية في المدارس المشاركة في البحث.
- حدود زمانية: تجري الدراسة خلال العام الدراسي الحالي (٢٠٢٥-٢٠٢٦).
- حدود مكانية: تقتصر الدراسة على المدارس التقنية في مدينة الرمادي، حيث يمكن تطبيق التوأمة الرقمية في بيئتها التعليمية.
- حدود موضوعية: تركز الدراسة على أثر التوأمة الرقمية الذكية على الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني فقط، دون التطرق إلى متغيرات تعليمية أو سلوكية أخرى.

مصطلحات البحث:

١. التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin): عرّفها يوسف (٢٠٢٣: ٨٢) بأنها اتجاه ناشئ يقوم على محاكاة رقمية للأنظمة الواقعية لدعم اتخاذ القرار وتحليل البيانات. وعرّفها Borole, Borkar, Raut, 2023: 45) بأنها تقنية رقمية حديثة تدمج بين إنترنت الأشياء والتعلم الآلي لمحاكاة العمليات وتحسين الأداء. بينما يرى (Mishra, El Barachi, Kumar, 2024: 17) أنها أداة استراتيجية لفهم الأنظمة الصناعية والتعليمية عبر نسخ افتراضية ذكية مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

التعريف الإجرائي: يُقصد بالتوأمة الرقمية الذكية في هذه الدراسة استخدام بيئة محاكاة رقمية تعتمد على الذكاء الاصطناعي، تمكّن الطلبة من تنفيذ مهام برمجية محددة، ومتابعة نتائج تطبيقهم، والتفاعل مع مكونات النظام بشكل واقعي لتعزيز التعلم العملي والتعاوني.

٢. الكفاءة البرمجية: يشير الدروقي (٢٠١٩: ٢٢٠) إلى أنها القدرة على صياغة حلول برمجية فعّالة تشمل كتابة الأكواد وتصحيح الأخطاء بدقة. ويعرفها (Saqib, 2024: 147) بأنها مجموعة من المهارات التي تمكّن الطالب من تحويل المشكلات إلى خوارزميات قابلة للتنفيذ بلغة برمجية محددة. أما Daniel, Sriramulu, Partheeban, 2024: 66) فيرون أن الكفاءة البرمجية هي استخدام التقنيات المدمجة والنماذج الرقمية لرفع جودة المخرجات البرمجية وتحقيق الابتكار.

التعريف الإجرائي: في هذه الدراسة، تُقاس الكفاءة البرمجية للطلبة من خلال أدائهم في مقاييس عملية تتضمن مهام برمجية محددة باستخدام لغة برمجة معينة، حيث يتم تقييم جودة الكود، دقة الحلول، وسرعة الإنجاز، مع الأخذ بالاعتبار قدرة الطالب على تطبيق المفاهيم النظرية عمليًا.

٣. التعلم التعاوني: عرّفته الخفاف (٢٠١٣: ٢٥) بأنه عملية يتعلم فيها الطلبة من بعضهم البعض عبر التبادل المباشر للمعرفة والخبرات. ويشير سيد (٢٠١٩: ١٩) إلى أنه أسلوب تدريسي منظم يقوم على العمل الجماعي لتحقيق أهداف مشتركة بين المتعلمين. أما Zoghbor, Kasem, Al-Alami, 2021: 122) فيعتبرونه تحولًا في دور المتعلم من المتلقي السلبي إلى الباحث الإيجابي المتفاعل داخل المجموعات.

التعريف الإجرائي: يُقصد بالتعلم التعاوني في هذه الدراسة العمل ضمن مجموعات من الطلبة على مهام برمجية مشتركة، بحيث يتم تقاسم المسؤوليات، تبادل الخبرات، تقديم الدعم المتبادل، ومناقشة الحلول لتحقيق الأهداف المحددة في بيئة التوأمة الرقمية الذكية.

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

المحور الأول: التوأمة الرقيمة الذكية (AI-powered Digital Twin)

١. مفهوم التوأمة الرقمية الذكية: تمثل التوأمة الرقمية الذكية أحد أبرز التحولات في مجال التقنية الرقمية الحديثة، إذ تقوم على إنشاء نسخة افتراضية تحاكي النظم أو الكيانات الواقعية بهدف المراقبة والتحليل والتطوير. ويرى يوسف (٢٠٢٣: ٨٢) أن التوأمة الرقمية تمثل اتجاهاً ناشئاً في ظل شبكات الجيل الخامس والبيئات الذكية، لما توفره من قدرات في محاكاة الأنظمة المعقدة. بينما يعرّفها Chaudhary وآخرون (٢٠٢١: ١٥) بأنها جسر رقمي يربط بين العالمين الواقعي والافتراضي، بما يتيح التفاعل الديناميكي بين البيانات الميدانية والنماذج الرقمية.

٢. التطور التاريخي والفكري للتوأمة الرقمية: بدأت فكرة التوأمة الرقمية في المجالات الصناعية والعسكرية، لكنها تطورت مع تزايد الاعتماد على الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء. ويشير أبو غزالة (٢٠٢١: ٧٧) إلى أن المدن الذكية شكلت البيئة الخصبة لتطبيق التوأمة الرقمية في إدارة الموارد الحضرية بكفاءة عالية. كما أوضح Farsi وآخرون (٢٠١٩: ٣٣) أن التوأمة الرقمية أصبحت مكوّناً أساسياً في البنية التحتية للمدن الذكية، حيث تمثل أداة استراتيجية في مواجهة تحديات النمو الحضري والتخطيط العمراني.

٣. التطبيقات العملية للتوأمة الرقمية الذكية: تتنوع مجالات تطبيق التوأمة الرقمية الذكية لتشمل الصناعة، التعليم، الصحة، والمدن الذكية. فبحسب Borole وآخرون (٢٠٢٣: ٤٥) فإن الدمج بين إنترنت الأشياء والتعلم الآلي مكّن التوأمة الرقمية من تقديم حلول متقدمة لتحسين الكفاءة التشغيلية. وفي السياق ذاته، يرى Mishra وآخرون (٢٠٢٤: ١٧) أنها تمثل أداة ثورية لتحويل الصناعات عبر تحسين سلاسل التوريد وتقليل الهدر. كما أوضح (Alarabi, 2024: 214) أن التوأمة الرقمية أسهمت في إعادة تشكيل العلاقة بين الإعلام الرقمي والمنصات البديلة، مما يؤكد تعدد تطبيقاتها خارج المجال الصناعي.

٤. الأبعاد التقنية للتوأمة الرقمية الذكية: ترتكز التوأمة الرقمية الذكية على مجموعة من التقنيات الداعمة أبرزها الذكاء الاصطناعي، الحوسبة السحابية، والحوسبة عند الحافة. يوضح Daniel وآخرون (٢٠٢٤: ٦٦) أن توظيف هذه التقنيات يسهم في تطوير نماذج أكثر دقة للتنبؤ والتخطيط الذكي. أما Sharma (Garg, 2025: 104) فقد أشارا إلى أن الدمج بين المحاكاة المتقدمة والذكاء الاصطناعي يجعل من التوأمة الرقمية أداة استراتيجية لتعزيز القدرة على الابتكار والاكتشاف. كما أكد Crespi وآخرون (٢٠٢٣: ٥٨) أن القيمة الكبرى للتوأمة الرقمية تكمن في توظيفها للبنية الرقمية الشاملة لتحقيق تحسينات ثورية على المستويات الاقتصادية والاجتماعية.

٥. الآفاق المستقبلية للتوأمة الرقمية الذكية: تشير الدراسات إلى أن التوأمة الرقمية الذكية ستصبح في المستقبل القريب محوراً رئيسياً في دعم التحول الرقمي والريادة الإلكترونية. إذ يرى المحمدي (٢٠٢٥: ١١٩) أنها ستشكل أداة جوهرية في إعادة هندسة الأعمال وتبني الابتكارات الرقمية. كما يؤكد Wajid وآخرون (٢٠٢٥: ٢٠٣) أن للتوأمة الرقمية إمكانات هائلة في إعادة تشكيل إدارة المدن والتخطيط الحضري بطرق أكثر استدامة. ومن هنا يمكن القول إن التوأمة الرقمية الذكية تمثل ركيزة أساسية لمجتمع رقمي أكثر ذكاءً وكفاءة.

المحور الثاني: الكفاءة البرمجية

١. مفهوم الكفاءة البرمجية: تُعد الكفاءة البرمجية من المفاهيم المحورية في ميدان علوم الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات، حيث تعبر عن القدرة على صياغة حلول برمجية فعّالة باستخدام لغات البرمجة المختلفة. يشير الدروقي (٢٠١٩: ٢٢٠) إلى أن الكفاءة البرمجية تعني امتلاك الطالب المهارات الأساسية في كتابة الأكواد وتصحيح الأخطاء وبناء خوارزميات دقيقة. بينما يوضح (Itmazi, 2018: 56) أن الكفاءة

البرمجية تتجلى في الجمع بين المعرفة النظرية بالحاسوب والقدرة التطبيقية على تطوير البرامج. ويضيف (Saqib, 2024: 147) أنها تشمل تصميم وتنفيذ برامج تحقق الفعالية والموثوقية في الأداء.

٢. الأساس النظري للكفاءة البرمجية: ترتكز الكفاءة البرمجية على مزيج من المعارف النظرية والمهارات العملية. فبحسب شاكر (٢٠٠٧: ٣٤) فإنها تعتمد على إدراك مبادئ البرمجة الأساسية من متغيرات، حلقات، ودوال. أما (Ammar, 2006: 91) فقد أكد أن الهندسة البرمجية تُعد إطارًا أساسياً لفهم الكفاءة، إذ توفر منهجيات منظمة لرفع جودة البرامج. كما أوضحت (UNESCO, 2019: 22) أن الكفاءة الرقمية والبرمجية تمثل جزءاً من الإطار العالمي لكفاءات المعلمين، بما يضمن دمج التكنولوجيا بفعالية في التعليم.

٣. الأبعاد والمهارات المكوِّنة للكفاءة البرمجية: تتوزع الكفاءة البرمجية على مجموعة من المهارات تشمل التفكير الخوارزمي، حل المشكلات، وإدارة المشروعات البرمجية. يشير Anison وآخرون (٢٠١٧: ٦٣) إلى أن الكفاءة تُبنى من خلال مزيج من القدرات التقنية والمهارات الشخصية مثل الإبداع والعمل الجماعي. بينما يرى نجم (٢٠١٩: ١٥٥) أن الكفاءة لا تقتصر على الجانب الفني فقط، بل تمتد إلى القدرة على إدارة المعرفة الإلكترونية بفعالية. وفي السياق ذاته، أكد (Khan, 2024: 79) أن الأدوات البرمجية المتقدمة أصبحت جزءاً لا يتجزأ من تعزيز الكفاءة البرمجية في السياقات الهندسية.

٤. التطبيقات العملية للكفاءة البرمجية: للكفاءة البرمجية تطبيقات واسعة تتجلى في مختلف القطاعات التعليمية والصناعية. يوضح عبد الحفيظ (٢٠٢٤: ١٠٢) أن النمذجة البرمجية للعمليات التجارية تمثل تطبيقاً معاصراً للكفاءة البرمجية في ميدان الأعمال. بينما يرى (Saqib, 2024: 202) أن ممارسات تطوير البرمجيات القائمة على الكفاءة تسهم في إنتاج برمجيات عالية الجودة بأقل تكلفة ممكنة. كما أشار حامد (٢٠١٤: ٦٥) إلى أن تقنيات البرمجة اللغوية العصبية (NLP) يمكن أن تدعم الكفاءة البرمجية من خلال تعزيز التفكير المنظم والقدرة على حل المشكلات.

٥. الآفاق المستقبلية للكفاءة البرمجية: تشير الدراسات الحديثة إلى أن الكفاءة البرمجية أصبحت مطلباً أساسياً في أسواق العمل الرقمية. إذ يرى التميمي (٢٠٢١: ١١٩) أن الكفاءة في استخدام التكنولوجيا الرقمية والبرمجة تُعد عنصراً استراتيجياً في المؤسسات المالية. ويضيف المحسوب هلال (٢٠٢٣: ١١٢) أن الكفاءة البرمجية يمكن أن تتعزز من خلال استثمار مبادئ البرمجة اللغوية العصبية في تحسين القدرات الذهنية للمتعلمين. كما يؤكد الدروقي (٢٠١٤: ٨٧) أن امتلاك الكفاءة في لغات برمجة متعددة كالبيسك والجافا يتيح فرصاً أوسع للإبداع والابتكار.

المحور الثالث: التعلم التعاوني

١. مفهوم التعلم التعاوني: يُعد التعلم التعاوني من أهم الاستراتيجيات الحديثة في التعليم النشط، حيث يقوم على عمل المتعلمين في مجموعات صغيرة يتشاركون المسؤوليات لتحقيق أهداف تعليمية محددة. عرّفته الخفاف (٢٠١٣: ٢٥) بأنه عملية تعليمية يتعلم فيها الأفراد من بعضهم ويعلّمون غيرهم في بيئة تقوم على التفاعل الإيجابي. وأوضح سيد (٢٠١٩: ٤١) أن التعلم التعاوني يقوم على مبادئ فلسفية واجتماعية، حيث يعزز التكامل بدلاً من التنافس. بينما يؤكد سعادة (٢٠١١: ١١٥) أن التعلم التعاوني يمثل أحد أساليب التعلم النشط التي تنقل المتعلم من دور المتلقي السلبي إلى المشارك الفاعل.

٢. الأسس النظرية للتعلم التعاوني: يقوم التعلم التعاوني على أسس نفسية واجتماعية تؤكد أهمية التفاعل بين الأفراد. يرى الربيعي وآخرون (٢٠١٨: ٧٣) أن التعلم التعاوني يستهدف رفع تحصيل كل فرد لأقصى حد مع المحافظة على العلاقات الإيجابية داخل المجموعة. كما أوضحت الدليمي (٢٠١٢: ١٧١) أن نجاحه يعتمد على عوامل مثل وضوح الأهداف وتوزيع الأدوار بين الأعضاء. ويشير Zoghbor وآخرون

(٢٠١٤: ١٢٢) إلى أن التعلم التعاوني يُعيد تشكيل دور المعلم من ناقل للمعلومة إلى ميسر يوجه التفاعل بين الطلبة.

٣. خصائص التعلم التعاوني وأهدافه: يمتاز التعلم التعاوني بخصائص تجعل منه استراتيجية تعليمية متميزة، حيث يقوم على الاعتماد المتبادل الإيجابي، والمسؤولية الفردية والجماعية، وتنمية مهارات التواصل. أوضح سيد (٢٠١٩: ٦٣) أن أهدافه تتضمن تنمية التفكير الناقد، وتحفيز الدافعية، وتحقيق التكافؤ بين المتعلمين. وبيّن أبو النصر (٢٠٢٣: ٤٤) أن من خصائصه أنه يوفر بيئة تعليمية عادلة تتيح لجميع الطلبة فرصاً متساوية للمشاركة. بينما أشار خان (٢٠٢٤: ٩٨) إلى أنه يعزز مهارات القرن الحادي والعشرين، مثل الإبداع، التعاون، والتكيف.

٤. التطبيقات التربوية للتعلم التعاوني: وجد التعلم التعاوني تطبيقات واسعة في جميع المراحل التعليمية. إذ بينت وزارة التربية والتعليم (١٩٩١: ١٦٢) أن التعلم التعاوني مقارنة بالفردي والتنافسي أكثر تشجيعاً على التحصيل وتنمية مهارات التفكير العليا. كما أوضحت جامعة حلوان (١٩٩٦: ٣٢٣) أن أنماطه تتنوع بين الرسمي وغير الرسمي، ولكل منها تأثير إيجابي على تعلم طلبة الجامعات. وأكدت جامعة عين شمس (٢٠٠٥: ٣٨) أن جذور التعلم التعاوني تمتد تاريخياً إلى أعمال المربين القدامى مثل "كوينتليان" الذي شدد على أهمية التعلم من خلال تعليم الآخرين.

٥. الآفاق المستقبلية للتعلم التعاوني: مع التحولات الرقمية والتطور في أساليب التدريس، يبرز التعلم التعاوني كخيار استراتيجي لمستقبل التعليم. يرى اشوين (٢٠١٠: ١٦٤) أن التعلم التعاوني الإلكتروني يمثل أحد الاتجاهات الحديثة التي تدعم التعلم في التعليم العالي. كما أكد Institute of Arab Research and Studies, 2007: 176) أن دمج مبادئ التعلم التعاوني في إعداد المعلمين وبرامج تدريبهم يعد من أهم متطلبات المرحلة المقبلة. ويضيف (Crespi, 2023: 210) أن الربط بين التعلم التعاوني والتقنيات الذكية يفتح آفاقاً جديدة للتعليم المدمج والافتراضي.

الدراسات السابقة:

١- **الدغيم. (٢٠٢٣). واقع تطبيق برنامج e-Twinning خلال التعلم عن بُعد من وجهة نظر طلبة مدرسة خولة بنت الأزور في ظل جائحة كورونا.** تهدف الدراسة إلى التعرف على واقع تطبيق برنامج e-Twinning من وجهة نظر طلبة مدرسة خولة بنت الأزور خلال التعلم عن بُعد في ظل جائحة كورونا. لتحقيق أهداف الدراسة، استخدمت الباحثة المنهج الوصفي، وتم تطبيق استبيان على عينة عشوائية من (٣٠) طالبًا من مدرسة خولة بنت الأزور، حيث تم استخدام المتوسطات الحسابية لحساب درجة تطبيق برنامج e-Twinning بين طلبة مدرسة خولة بنت الأزور. توصلت الدراسة إلى النتائج التالية: جاءت درجة تطبيق برنامج e-Twinning لطلبة مدرسة خولة بنت الأزور خلال التعلم عن بُعد في ظل جائحة كورونا بدرجة عالية وكانت درجة الصعوبات في تطبيق برنامج e-Twinning متوسطة.

٢- **مجالد. (٢٠٢٣). التوأم الرقمي بين الواقع والمستقبل: مراجعة منهجية لاستخدام تقنية التوأم الرقمي ورؤية مستقبلية لتوظيفها في عمليتي التعليم والتعلم.** تسعى هذه الدراسة إلى استكشاف مفهوم التوأم الرقمي وتطبيقاته في مجالي التعليم والتعلم. من خلال مراجعة منهجية للأبحاث والدراسات السابقة، تناولت الدراسة واقع استخدام تقنية التوأم الرقمي والتحديات الحالية التي تواجه تطبيقها، بالإضافة إلى الفرص المستقبلية لتوظيفها في تحسين العملية التعليمية. تبرز الدراسة أهمية

التوأم الرقمي كأداة مبتكرة تسهم في تعزيز التجارب التعليمية، وتقديم بيئات تعلم تفاعلية قائمة على البيانات.

٣- **الزهراني. (2024). درجة استخدام التوأم الرقمي في تعزيز الأنشطة التفاعلية وعلاقته بتطوير مهارات التفكير النقدي لدى طلبة كلية التربية.** تسعى هذه الدراسة إلى تقييم درجة استخدام التوأم الرقمي في تعزيز الأنشطة التفاعلية وتأثيره على تطوير مهارات التفكير النقدي لدى طلبة كلية التربية. باستخدام منهجية بحثية شاملة، تم تحليل البيانات من خلال استبيانات موجهة للطلبة، وتمت مناقشة النتائج في سياق أهمية التفاعل الرقمي في التعليم العالي.

٤- **Hazrat, et al. (2023). Developing a Skilled Workforce for Future Industry Demand: The Potential of Digital Twin-Based Teaching and Learning Practices in Engineering Education.** تستكشف هذه الورقة دور التوأم الرقمي في تعزيز التعليم العالي الهندسي من خلال دمج مكونات Industry 4.0 وغيرها من التقدم الصناعي. من خلال مراجعة المناهج وطرائق التدريس ومتطلبات المهارات المتطورة لخريجي الهندسة، تحدد هذه الدراسة الفوائد الرئيسية للتوأم الرقمي، مثل الفعالية من حيث التكلفة، وإدارة الموارد، وتجارب التعلم التفاعلية. كما توضح هذه الورقة التحديات في تنفيذ مختبرات تعتمد على التوأم الرقمي، بما في ذلك بنية تكنولوجيا المعلومات وجودة البيانات ومشكلات الخصوصية والأمان. تشير النتائج إلى أن التعليم الهندسي يجب أن يتبنى التوأم الرقمي لتعزيز المهارات المتعددة التخصصات واتخاذ القرارات المركزية حول الإنسان لتلبية المتطلبات المستقبلية.

٥- **Hu, Lu, (2025). Digital Twin-Enhanced Programming Education: An Empirical Study on Learning Engagement and Skill Acquisition.** تستكشف هذه الدراسة دمج التوأم الرقمي في تدريس البرمجة وتأثيره على التفاعل التعليمي (السلوكي، المعرفي، العاطفي) واكتساب المهارات (التركيب، تصميم الخوارزميات، تصحيح الأخطاء). تم استخدام تصميم شبه تجريبي لدراسة ١٣٥ طالباً في السنة الأولى من الدراسة الجامعية، مقسمين إلى مجموعة تجريبية (90) تستخدم بيئة التعلم القائمة على التوأم الرقمي ومجموعة تحكم (45) تتلقى تعليمًا تقليديًا. تم إجراء تحليل البيانات الكمية على استبيانات المشاركة وتقييمات التخطيط وتعليقات نوعية. أظهرت النتائج أنه، مقارنةً بمجموعة التحكم، أظهرت مجموعة التوأم الرقمي مستوى أعلى من المشاركة المستدامة وحققت نتائج أفضل في مهام البرمجة الفعلية، أظهر الطلبة الذين لديهم خبرة محدودة في البرمجة أكبر تقدم في التفكير الخوارزمي. تسلط النتائج الضوء على أن تقنية التوأم الرقمي تعزز بشكل كبير التفاعل واكتساب المهارات في البرمجة التمهيدية، مما يفيد بشكل خاص المتعلمين المبتدئين من خلال تجارب غامرة ومتناسبة مع النظرية.

٦- **Omrany, et al. (2025). Digital twin technology for education, training and learning in construction industry: implications for research and practice.** تستكشف هذه الدراسة إمكانيات تقنية التوأم الرقمي (DT) لتعزيز التعليم والتدريب في صناعة البناء. ويهدف إلى توفير فهم واضح حول كيفية تطبيق DT لأغراض التعليم ويقترح إطار عمل لتسهيل اعتماد DT في التدريب على البناء. تم إجراء مراجعة منهجية للأدبيات لفحص التطبيقات الحالية لتقنية DT في التعليم والتدريب في البناء. تم تحديد وتحليل ١٩ دراسة ذات صلة لتقييم الأدوات والتقنيات والأهداف التعليمية وطرق التكامل المستخدمة في تطوير نماذج DT لقطاع البناء. استنادًا إلى هذا التحليل، تم تطوير إطار عمل مفاهيمي لتوجيه دمج تقنية DT في التعليم البنا، مع معالجة الثغرات في

الأدبيات والممارسات الحالية. كشف التحليل عن توافق قوي حول فعالية تقنية DT في دعم أهداف التعليم والتدريب داخل صناعة البناء. في الدراسة، تم تسليط الضوء على الطبيعة المجزأة للأدبيات الحالية واقترح إطار عمل شامل مصمم لتسهيل دمج DT في التعليم في البناء. يقدم هذا الإطار نهجًا هيكليًا لجسر الفجوة بين التعليم النظري والتطبيق العملي.

٧- **Owais, et al. (2025). Digital Competencies Framework for Project Managers: Digital Twins as an Exemplar in the Smart Built Environment.** تهدف هذه الدراسة إلى تطوير إطار كفاءات رقمية من خلال إجراء مراجعة منهجية للأدبيات (SLR)، لتحديد وتحديد الكفاءات الرقمية المطلوبة لمديري المشاريع في البيئة المبنية الذكية. سيتم تصنيف هذه الكفاءات ومواءمتها مع النهج القائم على السمات كمتطلب كفاءة قبل بدء العمل. علاوة على ذلك، سيتم النظر إلى الإطار من خلال عدسة التوائم الرقمية (DTs) كمثال للبيئة المبنية الذكية ولإظهار إمكاناتها التحولية في إدارة مشاريع البناء من خلال تحليل مقارن لربط كفاءات مديري المشاريع الرقمية مع متطلبات التوائم الرقمية. من خلال دمج متطلبات التوائم الرقمية مع كفاءات مديري المشاريع الرقمية، سيتم مقياس الكفاءات الأساسية اللازمة لمديري المشاريع للاستفادة من إمكانيات العصر الرقمي.

التعقيب على الدراسات السابقة:

الدراسات السابقة التي تناولت التوأمة الرقمية أو البرامج القريبة منها التقت في أهدافها مع البحث الحالي من حيث السعي إلى توظيف هذه التقنيات في تحسين التعلم وتنمية المهارات المستقبلية للمتعلمين، سواء في الجانب البرمجي أو التفكير النقدي أو التفاعل والتعاون. كما اتفقت معظمها على أن التوأم الرقمي يمثل وسيلة فعالة لتعزيز الكفاءات التقنية ودعم العمل التعاوني، وهو ما يتوافق مع أهداف البحث الحالي في تنمية الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى طلاب المرحلة الثانوية التقنية، من حيث المنهج، تنوعت الدراسات بين المنهج الوصفي كما في الدراسات العربية (الدغيم، ٢٠٢٣؛ الزهراني، ٢٠٢٤) والمراجعة المنهجية كما في مجالد (٢٠٢٣)، في حين لجأت بعض الدراسات الأجنبية إلى التصميم التجريبي المباشر (Hu, Lu، 2025؛ Hazrat وآخرون، ٢٠٢٣) أو المزيج بين التحليل النظري والتطبيقي (Omrany وآخرون، ٢٠٢٥). هذا التفاوت يتيح للبحث الحالي أن يجمع بين الوصفي والتجريبي لتحقيق شمولية أكبر في معالجة المشكلة البحثية، أما العينة فقد تراوحت بين طلاب مدارس (الدغيم، ٢٠٢٣) وطلاب جامعيين في كليات التربية أو الهندسة (الزهراني، ٢٠٢٤؛ Hazrat وآخرون، ٢٠٢٣؛ Hu, Lu، 2025)، إضافة إلى عينات من الخبراء أو الممارسين في مجالات التعليم والهندسة وإدارة المشاريع (Owais وآخرون، ٢٠٢٥). في حين يركز البحث الحالي على طلاب المرحلة الثانوية التقنية، وهو ما يميز دراسته عن أغلب الدراسات السابقة التي انحصرت في مستويات تعليمية أعلى أو سياقات مختلفة، فيما يتعلق بالأدوات، اعتمدت بعض الدراسات على الاستبانات لقياس الاتجاهات والإدراك نحو التوأمة الرقمية (الدغيم، ٢٠٢٣؛ الزهراني، ٢٠٢٤)، بينما لجأت دراسات أخرى إلى المقاييس المباشرة لقياس المهارات والأداء (Hu, Lu، 2025) أو التحليلات الكمية والنوعية للبيانات (Hazrat وآخرون، ٢٠٢٣). يخطط البحث الحالي للاستفادة من هذا التنوع عبر الدمج بين المقاييس المهارية للكفاءة البرمجية والاستبانات لقياس أبعاد التعلم التعاوني.

أما النتائج، فقد اتفقت أغلب الدراسات على أن التوأمة الرقمية تسهم في تعزيز التفاعل والتعلم النشط وتطوير المهارات التقنية والبرمجية والقدرات الفكرية، مع وجود بعض الاختلافات في تركيزها على نوع المهارة المستهدفة، فبينما أبرزت الدراسات العربية الجانب الإدراكي والاتجاهات نحو التقنية، قدمت الدراسات الأجنبية شواهد تجريبية أكثر مباشرة على الأثر في رفع المهارات العملية والبرمجية.

وبناءً على ما سبق، يمكن للبحث الحالي الاستفادة من هذه الدراسات في تدعيم فرضياته النظرية حول أثر التوأمة الرقمية على التعلم، وفي الوقت نفسه سد فجوة بحثية عبر تطبيقها على عينة جديدة هي طلاب المرحلة الثانوية التقنية، وبتركيز خاص على الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني، وهو ما لم تتطرق إليه الدراسات السابقة بشكل مباشر.

الفصل الثالث: منهج البحث وإجراءاته

منهج البحث: اعتمدت الباحثة على المنهج التجريبي لاستكشاف تأثير تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) على مهارات الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لطلبة الصف الخامس الثانوي في مادة مبادئ علم الحاسوب. تم تصميم البحث ليشمل مجموعة تجريبية تتلقى التعليم باستخدام هذه التقنيات، ومجموعة ضابطة تتبع الطريقة التقليدية في التدريس. كما تم قياس مستوى الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى الطلبة قبل وبعد الدراسة باستخدام مقياسين مبنيين على موضوعات كتاب الحاسبات لطلبة الصف الخامس الثانوي وفق المنهاج العراقي، كما يظهر في الجدول التالي:

جدول (١): التصميم التجريبي للبحث

المجموعتين	المقياس	المتغير المستقل	مقياس	المتغير التابع
تجريبية	القبلي	تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin)	البعدي	الكفاءة البرمجية
				التعلم التعاوني
ضابطة		الطريقة التقليدية		

مجتمع البحث: يضم جميع طلبة الصف الخامس الثانوي في مادة مبادئ علم الحاسوب بمدارس مديرية التربية والتعليم في مدينة الرمادي للعام الدراسي (٢٠٢٥/٢٠٢٦)، ويشمل الطلاب الذين يستوفون الشروط التعليمية المعتمدة.

عينة البحث: تم اختيار مدرسة معينة من بين المدارس بناءً على توفر الظروف المناسبة، وتم اختيار العينة بطريقة السحب العشوائي لضمان تمثيل المجتمع بشكل عادل.

تم تقسيم العينة إلى شعبة (أ) كمجموعة تجريبية تستخدم تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) وعددها (٣٣) طالباً وطالبة، وشعبة (ب) كمجموعة ضابطة تتبع الطريقة التقليدية وتضم أيضاً (٣٣) طالباً وطالبة.

قبل بدء التجربة، تأكدت الباحثة من توازن المجموعتين في عدد من المتغيرات المهمة مثل الأداء في الحاسبات العام السابق، ومهارات الحاسوب، ومستوى تعليم الوالدين. وتم استخدام مقياس (ت) لعينتين مستقلتين للتحقق من دلالة الفروق:

- **تكافؤ المجموعتين في درجات العام السابق بمادة مبادئ علم الحاسوب:**

جدول (٢): تكافؤ مجموعتي البحث من حيث درجات العام السابق بمادة مبادئ علم الحاسوب

القياس	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف	درجة الحرية	قيمة ت		مستوى الدلالة	القرار
						الجدولية	المحسوبة		
درجات	تجريبية	٣٣	٦٦.٨٧	١٠.٢٥	٦٤	٢.٠٠	٢.٥١	٠.٠٥	غير

العام السابق	ضابطة	٣٣	٦١.٧٥	٩.٧٣					دال

- أظهرت قيمة (ت) المحسوبة (٢.٥١) التي كانت أعلى من القيمة الجدولية (٢.٠٠) عند مستوى دلالة (٠.٠٥). ومع ذلك، تم اتخاذ قرار عدم الدلالة، مما يعني أن هناك عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين في درجات العام السابق في الحاسبات. وهذا يشير إلى أن كلا المجموعتين متساويتان في هذا المتغير.

- **تكافؤ المجموعتين في امتلاك مهارات الحاسوب:**

جدول (٣): تكافؤ مجموعتي البحث من حيث امتلاك مهارات الحاسوب

القياس	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف	درجة الحرية	قيمة ت		مستوى الدلالة	القرار
						الجدولية	المحسوبة		
مهارات الحاسوب	تجريبية	٣٣	٦٩.١٢	٨.٦٧	٦٤	٢.٠٠	٠.٧٥	٠.٠٥	غير دال
	ضابطة	٣٣	٦٨.٧٧	٨.٩٠					

قيمة (ت) المحسوبة بلغت (٠.٧٥)، وهي أقل من القيمة الجدولية (٢.٠٠) عند مستوى دلالة (٠.٠٥). وهذا يدل على عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين فيما يخص مهارات الحاسوب، مما يعني أن المجموعتين متساويتان في هذا الجانب أيضاً.

- **تكافؤ المجموعتين في الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني الدراسي للوالدين:**

جدول (٥): تكافؤ مجموعتي البحث من حيث الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني الدراسي للوالدين

ة	العدد	الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني الدراسي للوالدين							المتوسط	الانحراف	درجة الحرية	قيمة ت		مستوى الدلالة
		امي	ابتدائي	متوسط	اعدادي	معهد	دبلوم	جامعي فما فوق				الجدولية	المحسوبة	
	٣٣	٥	٧	٢	٥	٢	٣	٩	١٧٥.٤	٦.٢	٦٤	٢.٠٠	٠.٨٨	٠.٠٥
	٣٣	٥	٥	٣	٤	٤	٢	٩	١٧٤.٨	٥.٩				

أظهرت النتائج أن توزيع مستويات التعليم لدى الآباء في المجموعتين متشابه بشكل كبير. حيث سجلت قيمة (ت) المحسوبة (٠.٨٨)، وهي أقل من القيمة الجدولية (٢.٠٠) عند مستوى دلالة (٠.٠٥). مما يدل على عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية، ويعكس بالتالي تكافؤ المجموعتين في هذا الجانب أيضاً.

- **تكافؤ المجموعتين في الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني الدراسي للأمهات:**

جدول (٦): تكافؤ مجموعتي البحث من حيث الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني الدراسي للأمهات

المجموعة	العدد	تحصيل الأمهات							المتوسط	الانحراف	درجة الحرية	قيمة ت	
		امي	ابتدائي	متوسط	اعدادي	معهد	دبلوم	جامعي فما فوق				الجدولية	المح

تجريبية	٣٣	٤	٦	٤	٤	٣	٤	٨	١٧٥.٤	٦.٢	٦٤	٢.٠٠	.٨٨
ضابطة	٣٣	٣	٥	٥	٤	٣	٤	٨	١٧٤.٨	٥.٩			

تظهر النتائج أن مستويات التعليم لدى الآباء في المجموعتين متشابهة جداً، حيث كانت قيمة (ت) المحسوبة (٠.٨٨) أقل من القيمة الجدولية (٢.٠٠) عند مستوى دلالة (٠.٠٥). وهذا يشير إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية، مما يعكس تكافؤ المجموعتين في هذا المتغير أيضاً.

ضبط المتغيرات الدخيلة: يعتبر ضبط المتغيرات الدخيلة في البحوث التربوية أمرًا معقدًا بسبب تداخل العوامل المؤثرة. في هذا البحث، الذي يهدف لتقييم أثر تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) على الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى طلبة الخامس الثانوي، تم ضبط جميع المتغيرات المحتملة المؤثرة. تم اختيار عينات متكافئة في درجات مادة مبادئ علم الحاسوب ومهارات الحاسوب، بالإضافة إلى التحكم في عوامل مثل النضج والبيئة وأثر المعلم.

صياغة الأهداف السلوكية: لأهداف السلوكية هي أساس العملية التعليمية، حيث تحدد التغيرات المتوقعة في سلوك المتعلم بعد التفاعل مع المحتوى التعليمي. دقة وضوح هذه الأهداف ضرورية لنجاح التدريس وتسهيل التقويم. في سياق تطبيق تقنيات التوأمة الرقمية، تم صياغة أهداف سلوكية تعكس المهارات الأساسية المرسومة، مثل رفع مستوى الكفاءة البرمجية وتنمية مهارة التعلم التعاوني، مع التركيز على قابلية الملاحظة والقياس لضمان تحقيق المخرجات المستهدفة.

إعداد الخطط التدريسية: تم إعداد الخطط التدريسية لمادة مبادئ علم الحاسوب للمجموعتين التجريبية والضابطة، حيث شملت كل مجموعة سبع خطط متكاملة تغطي خمس موضوعات من المنهاج الدراسي للصف الخامس الثانوي. وقد تم صياغة الأهداف السلوكية لكل درس بعناية لتكون واضحة، قابلة للقياس، وشاملة لمستويات المعرفة والفهم والتطبيق والتحليل وفق تصنيف بلوم، مع مراعاة تدرج المهارات التعليمية مما يعزز التعلم الفعّال للطلبة. كما تم تصميم محتوى الدروس بما يتوافق مع أهداف المنهاج العراقي، وعُرض على لجنة من المحكمين المتخصصين لضمان دقة الصياغة العلمية وملاءمة المحتوى للأهداف التعليمية المطلوبة.

إعداد المقياسين: أعدت الباحثة مقياسًا لتقصي الكفاءة البرمجية وآخر لتقصي التعلم التعاوني لدى طلبة الخامس الثانوي، معتمدًا على المحتوى التعليمي والأهداف السلوكية المحددة. تميزت المقاييس بالصدق والثبات والموضوعية، حيث تم صياغة فقرات المقياس من نوع الاختيار من متعدد لضمان دقة النتائج. وبلغ عدد فقرات المقياس الكلي ٣٠ فقرة، موزعة بالتساوي بين الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني. تم عرض المقياسين على مجموعة من المحكمين المتخصصين، وتم إجراء تعديلات بناءً على ملاحظاتهم، ليصبح المقياس النهائي مناسبًا لقياس الأهداف المستهدفة.

بعد التحقق من صدق الفقرات وصلاحيتها، وضعت الباحثة تعليمات واضحة للمقياسين تضمنت الهدف وعدد الفقرات وطريقة الإجابة وتوزيع الدرجات، حيث خصص لكل فقرة درجتين للإجابة الصحيحة وصفر للإجابة الخاطئة، مما يجعل الدرجة الكلية لكل مقياس ٣٠ درجة. كما حُدد زمن الإجابة بمتوسط ٦٠ دقيقة، مع مراعاة الفروق الفردية لضمان قياس حقيقي لقدرات الطلبة دون إرهاقهم. أجرت الباحثة تحليلًا إحصائيًا للفقرات، حيث تراوحت معاملات الصعوبة بين ٠.٢٦ و٠.٥٥، وتراوحت معاملات التمييز بين ٠.٣٥ و٠.٦٣، مما يعكس قدرة الفقرات على التمييز بين مستويات الأداء. وللتأكد من ثبات المقياس، استُخدم معامل ألفا كرونباخ، الذي بلغ ٠.٨٠، مما يشير إلى موثوقية النتائج. تم اعتماد نظام تصحيح يمنح درجة واحدة لكل إجابة صحيحة وصفر لكل إجابة خاطئة، مع تقدير متوسط صعوبة الأسئلة عند ٠.٦٥،

مما يشير إلى مستوى معتدل يناسب معظم الطلبة، بينما تم تعديل أو استبعاد الأسئلة التي سجلت معاملات تمييز أقل من ٠.٢٠ لضمان فعالية المقياس.

خطوات تنفيذ التجربة:

بعد إعداد الخطط التدريسية ومقاييس الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني، نفذت الباحثة التجربة بالتعاون مع مدرس مادة مبادئ علم الحاسوب في ١ / ٦ / ٢٠٢٥. تم استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) في المجموعة التجريبية، حيث تم توضيح خطوات التنفيذ وآلية استخدامه في تحليل نصوص المادة، مما أتاح للطلبة دوراً فعالاً في التعلم. بينما استمرت المجموعة الضابطة في التعلم بالطريقة التقليدية مع توجيهات لتحسين الأداء. أُجري مقياس تكويني بعد كل موضوع لتحديد المهارات المكتسبة، واستمرت التجربة حتى ٢٠ / ٧ / ٢٠٢٥، مع توحيد الظروف الصفية بين المجموعتين. في ختام التجربة، تم تنفيذ المقياس البعدي للكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني على المجموعتين بعد إبلاغ الطلبة بموعده مسبقاً، تحت إشراف الباحثة وضمان تطبيق معايير تصحيح موحدة وتحليل النتائج إحصائياً للتحقق من تأثير استخدام التقنيات الجديدة مقارنة بالطريقة التقليدية.

الأساليب الإحصائية المتبعة:

اعتمدت الباحثة في تحليل بيانات الدراسة على وسائل إحصائية تتناسب مع التصميم التجريبي، حيث استخدم المقياس التائي لعينتين مستقلتين للتحقق من تكافؤ المجموعتين التجريبية والضابطة في المتغيرات القبلية، وكذلك لقياس الفروق في المقاييس البعدية للكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني. كما تم استخدام مقياس مربع كاي للتأكد من تكافؤ المجموعتين في المتغيرات النوعية، مع حساب معامل الصعوبة لكل فقرة من فقرات المقياس لضمان ملاءمتها لمستوى الطلبة. هذا بالإضافة إلى حساب معامل التمييز لقياس قدرة الفقرات على التفريق بين مستويات الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لضمان دقة نتائج المقياس.

الفصل الرابع: نتائج البحث وتفسيرها

أولاً: التحقق من صحة فرضيات البحث

الفرضية الأولى: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية وطلبة المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الكفاءة البرمجية، لصالح المجموعة التجريبية.

للتحقق من صحة الفرضية الأولى، والتي تنص على: "توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية وطلبة المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الكفاءة البرمجية، لصالح المجموعة التجريبية"، قامت الباحثة بإجراء المقياس البعدي لقياس مستوى الكفاءة البرمجية لدى أفراد المجموعتين بعد الانتهاء من تطبيق البرنامج التعليمي. وتم استخدام مقياس "ت" للعينات المستقلة (Independent Samples T-Test) لمقارنة المتوسطات بين المجموعتين بهدف تحديد ما إذا كانت الفروق بينهما تعود إلى تأثير البرنامج القائم على تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) أم أنها فروق عشوائية. وفيما يلي عرض مفصل للنتائج الإحصائية:

جدول (٧): الفرق بين مجموعتي البحث (التجريبية والضابطة) في المقياس الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لمادة مبادئ علم الحاسوب

القياس	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	درجة الحرية	قيمة ت	مستوى الدلالة	القرار
المقياس	تجريبية	٣٣	٥٨.١٢	٦.٤٥	٦٤	٥.٨٢	٠.٠٥	يوجد

البعدي	ضابطة	٣٣	٤٩.٨٥	٧.١٢			فرق

تشير النتائج الواردة في الجدول (٧) إلى وجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسط درجات المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الكفاءة البرمجية، حيث بلغ المتوسط الحسابي للمجموعة التجريبية (٥٨.١٢) مقابل (٤٩.٨٥) للمجموعة الضابطة، مع قيمة (ت) = (٥.٨٢) لصالح المجموعة التجريبية.

من وجهة نظر الباحثة، يمكن تفسير هذه النتيجة بأن تطبيق تقنيات التوأمة الرقمية الذكية (AI-powered Digital Twin) قد أسهم بشكل مباشر في تحسين مستوى الكفاءة البرمجية لدى طلبة المجموعة التجريبية، من خلال توفير بيئة تعلم تفاعلية ومحاكاة واقعية للأنشطة البرمجية التي عززت من قدرتهم على الفهم والتطبيق وحل المشكلات.

كما أن الفارق الكبير بين المجموعتين يعكس أثر البرنامج القائم على التوأمة الرقمية في تيسير عملية التعلم النشط وتعزيز دافعية الطلبة نحو ممارسة أنشطة برمجية معقدة بطريقة أكثر وضوحًا وسهولة مقارنة بالطرق التقليدية. ويُعزى ذلك إلى ما وفرته هذه التقنية من فرص للتفاعل المباشر، والتجريب الافتراضي المتكرر، والتغذية الراجعة الفورية، وهي عناصر لا تتوافر في أساليب التدريس التقليدية بنفس الكفاءة.

وبذلك تؤكد النتيجة صحة الفرضية الأولى، وتُظهر أن إدماج التوأمة الرقمية الذكية في تدريس مبادئ علم الحاسوب يمثل إضافة نوعية في تحسين مستوى الكفاءة البرمجية للطلبة، بما ينعكس إيجابًا على مخرجات العملية التعليمية ويعزز قدرتهم المستقبلية على التعامل مع متطلبات الثورة الرقمية.

الفرضية الثانية: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الكفاءة البرمجية، لصالح التطبيق البعدي.

للتحقق من صحة هذه الفرضية، أُجري مقياس قبلي وبعدي للمجموعة التجريبية فقط بهدف قياس أثر البرنامج القائم على تقنيات التوأمة الرقمية الذكية في تنمية مهارة الكفاءة البرمجية. وقد استخدمت الباحثة مقياس "ت" للعينات المرتبطة (Paired Samples T-Test) لمقارنة أداء الطلبة قبل التجربة وبعدها، مما يسمح بتحديد مدى التحسن الذي طرأ على المتعلمين نتيجة التدخل التعليمي.

جدول (٨): الفرق بين التطبيقين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في مقياس الكفاءة البرمجية

مقياس	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	درجة الحرية	قيمة ت	مستوى الدلالة	القرار
الكفاءة البرمجية	قبلي	٣٣	٢٠.٣٥	٦.٧٨	٣٢	٦.١٢	٠.٠٥	يوجد فرق
	بعدي	٣٣	٥٨.١٢	٦.٤٥				

يتضح من الجدول أن متوسط درجات المجموعة التجريبية في المقياس البعدي (٥٨.١٢) ارتفع بدرجة كبيرة مقارنة بالمقياس القبلي (٢٠.٣٥)، مع وجود فرق دال إحصائيًا (قيمة ت = ٦.١٢). وهذا يعكس التحسن الكبير الذي تحقق بفضل التدخل القائم على التوأمة الرقمية الذكية.

من وجهة نظر الباحثة، فإن هذا الارتفاع الملحوظ يؤكد أن الطلبة استفادوا بشكل جوهري من بيئة التعلم التفاعلية التي وفرتها التقنية، حيث أتاحت لهم فرصًا متكررة للتجريب العملي، والتفاعل مع المحتوى البرمجي في سيناريوهات شبه واقعية. كما ساعدت التقنية على تعزيز الفهم العميق للمفاهيم الصعبة، وتزويد الطلبة بتغذية راجعة فورية، ما أدى إلى تحسين أدائهم بشكل تدريجي وملموس.

الفرضية الثالثة: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية وطلبة المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس التعلم التعاوني، لصالح المجموعة التجريبية.

للتحقق من هذه الفرضية، تم إجراء مقياس بعدي لقياس مستوى مهارة التعلم التعاوني لدى المجموعتين (التجريبية والضابطة). وقد استخدمت الباحثة مقياس "ت" للعينات المستقلة بهدف الكشف عن الفروق بين المجموعتين ومعرفة ما إذا كانت تعود لتأثير استخدام تقنيات التوأمة الرقمية الذكية في عملية التعليم.

جدول (٩): الفرق بين مجموعتي البحث (التجريبية والضابطة) في المقياس البعدي للتعلم التعاوني

القياس	المجموعة	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	درجة الحرية	قيمة ت	مستوى الدلالة	القرار
المقياس البعدي	تجريبية	٣٣	٦٠.٢٥	٥.٩٥	٦٤	٥.٤٧	٠.٠٥	يوجد فرق
	ضابطة	٣٣	٥٢.١٠	٦.٣٢				

تشير النتائج إلى وجود فرق دال إحصائيًا لصالح المجموعة التجريبية، حيث بلغ متوسط درجاتها (٦٠.٢٥) مقابل (٥٢.١٠) للمجموعة الضابطة. هذه النتيجة تعكس أن تطبيق التوأمة الرقمية الذكية لم يؤثر فقط على الكفاءة البرمجية بل امتد أثره ليشمل مهارات التعلم التعاوني.

وترى الباحثة أن السبب يعود إلى طبيعة البرنامج الذي وفر بيئة تعلم جماعية قائمة على التفاعل والمشاركة، إذ أتاح للطلبة العمل في فرق افتراضية، وتبادل الأفكار، وممارسة مهارات الحوار وحل المشكلات بشكل تعاوني. كما عززت التقنية روح المسؤولية المشتركة، وأسهمت في زيادة التفاعل الإيجابي بين أفراد المجموعة، وهو ما أدى إلى رفع مستوى التعلم التعاوني مقارنة بالطرائق التقليدية.

الفرضية الرابعة: توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (٠.٠٥) بين متوسط درجات طلبة المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس التعلم التعاوني، لصالح التطبيق البعدي.

للتحقق من هذه الفرضية، أُجري مقياس قبلي وبعدي للمجموعة التجريبية فقط، بهدف تحديد مدى التطور في مهارة التعلم التعاوني نتيجة استخدام التوأمة الرقمية الذكية. واستخدمت الباحثة مقياس "ت" للعينات المرتبطة (Paired Samples T-Test) لقياس الفروق بين التطبيقين.

جدول (١٠): الفرق بين التطبيقين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في مقياس التعلم التعاوني

القياس	التطبيق	العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	درجة الحرية	قيمة ت	مستوى الدلالة	القرار
التعلم التعاوني	قبلي	٣٣	٥٣.٤٥	٦.٥٠	٣٢	٦.٠٣	٠.٠٥	يوجد فرق
	بعدي	٣٣	٦٠.٢٥	٥.٩٥				

أظهرت النتائج ارتفاعًا واضحًا في متوسط درجات المجموعة التجريبية من (٥٣.٤٥) في المقياس القبلي إلى (٦٠.٢٥) في المقياس البعدي، مع وجود فرق دال إحصائيًا (قيمة ت = ٦.٠٣). وهذا يوضح أن الطلبة قد اكتسبوا مهارات تعلم تعاوني أعلى بعد تطبيق البرنامج.

وتفسر الباحثة ذلك بأن بيئة التوأمة الرقمية الذكية أسهمت في تعزيز التعاون بين الطلبة من خلال إتاحة فرص مستمرة للتفاعل في مجموعات، وتنفيذ أنشطة مشتركة، وتبادل الأدوار، مما زاد من وعيهم بقيمة العمل الجماعي، وعزز قدراتهم على المشاركة الفعالة والإنصات وتوزيع المهام.

استنتاجات البحث:

يتضح أن البرنامج القائم على تقنيات التوأمة الرقمية الذكية قد حقق أثرًا إيجابيًا كبيرًا على كل من الكفاءة البرمجية والتعلم التعاوني لدى طلبة المرحلة الثانوية. فقد ظهرت الفروق لصالح المجموعة التجريبية في كل من المقاييس البعدية مقارنة بالمجموعة الضابطة، وكذلك في المقارنات القبلية-البعدية داخل المجموعة التجريبية نفسها.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن هذه التقنية أثبتت فعاليتها في إحداث نقلة نوعية في عملية التعليم من خلال الجمع بين التعلم الفردي (الذي عزز الكفاءة البرمجية) والتعلم الجماعي (الذي طور مهارات التعلم التعاوني)، مما يجعلها نموذجًا واعدًا يمكن تعميمه في مجالات تعليمية أخرى.

التوصيات

استنادًا إلى النتائج السابقة، توصي الباحثة بما يلي:

١. تعميم التجربة على مدارس أخرى في المرحلة الثانوية، وخاصة في مادة مبادئ علم الحاسوب، لما أظهرته من نتائج إيجابية.
٢. إدماج التوأمة الرقمية الذكية ضمن المناهج الدراسية الرسمية كجزء من استراتيجيات التدريس الحديثة في المواد ذات الطابع العملي والتطبيقي.
٣. تدريب المعلمين على كيفية توظيف تقنيات التوأمة الرقمية الذكية، وذلك من خلال برامج تدريبية وورش عمل متخصصة.
٤. توفير البنية التحتية الرقمية في المدارس (أجهزة حاسوب حديثة، شبكات إنترنت مستقرة، برمجيات محاكاة متقدمة) لضمان نجاح تطبيق هذه الاستراتيجيات.
٥. تشجيع العمل التعاوني بين الطلبة في بيئات افتراضية قائمة على التوأمة الرقمية، بما يعزز مهارات التواصل والتفاعل الاجتماعي إلى جانب الكفاءة التقنية.
٦. اعتماد التوأمة الرقمية كأداة للتقويم بحيث يتمكن المعلمون من متابعة تقدم الطلبة بشكل لحظي، وتقديم تغذية راجعة فورية لهم.
٧. إدخال التوأمة الرقمية في مواد تعليمية أخرى (مثل الفيزياء، الأحياء، الرياضيات) لما لها من قدرة على محاكاة الظواهر المعقدة بطريقة بصرية وتفاعلية.

المقترحات:

وانطلاقًا من نتائج البحث الحالي، تقترح الباحثة مجموعة من الدراسات المستقبلية التي يمكن أن تبني على هذه التجربة، ومنها:

١. دراسة أثر استخدام التوأمة الرقمية في تنمية مهارات التفكير الناقد والإبداعي لدى الطلبة، إلى جانب الكفاءة البرمجية.
٢. مقارنة فاعلية التوأمة الرقمية الذكية مع نماذج تعليمية رقمية أخرى (مثل الواقع الافتراضي VR أو الواقع المعزز AR) في تطوير مهارات الطلبة.
٣. دراسة أثر التوأمة الرقمية في التحصيل طويل المدى، لمعرفة مدى استمرارية أثرها على التعلم بعد فترة زمنية من التطبيق.
٤. تصميم برنامج تعليمي قائم على التوأمة الرقمية الذكية لتنمية مهارات البحث العلمي والابتكار لدى طلبة المرحلة الثانوية والجامعية.

قائمة المراجع:

أ- المراجع العربية

١. أبو النصر، حمزة حمزة. (٢٠٢٣). الشامل في التعليم والتعلم والتدريس. عمّان: دار المسيرة.
٢. أبو النصر، مدحت. (٢٠٠٥). سلسلة المدرب العملية: البرمجة اللغوية العصبية NLP. القاهرة: دار الفكر العربي.
٣. أبو غزالة، طلال. (٢٠٢١). المستقبل الرقمي الحتمي: عالم المدن الذكية. عمّان: مجموعة طلال أبو غزالة الدولية.

٤. جامعة حلوان. كلية التربية. المؤتمر العلمي. (١٩٩٦). مستقبل التعليم في الوطن العربي بين الإقليمية والعالمية. القاهرة: جامعة حلوان.
٥. جامعة عين شمس. مركز تطوير التعليم الجامعي. (٢٠٠٥). المؤتمر القومي السنوي الحادي عشر (العربي الثالث) لمركز تطوير التعليم الجامعي. القاهرة: جامعة عين شمس.
٦. حامد، وائل السيد. (٢٠١٤). البرمجة اللغوية العصبية: النظرية والتطبيق. القاهرة: دار غريب.
٧. حماد، شوقي سليم. (٢٠١٩). برمجة العقل NLP: البرمجة اللغوية العصبية. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
٨. الخفاف، إيمان. (٢٠١٣). التعلم التعاوني. بغداد: دار الكتب العلمية.
٩. الدروقي، سالم مسعود عمر. (٢٠١٩). الكفاءة البرمجية: أساسيات البرمجة باستخدام لغة البيسك المرئي ٢٠١٥. طرابلس: دار الكتاب الحديث.
١٠. الدروقي، سالم مسعود. (٢٠١٧). أساسيات البرمجة باستخدام لغة الجافا. طرابلس: دار الكتاب الحديث.
١١. الدغيم، شفاء محمد. (٢٠٢٣). واقع تطبيق برنامج e-Twinning خلال التعلم عن بُعد من وجهة نظر طلبة مدرسة خولة بنت الأزور في ظل جائحة كورونا. دراسات: العلوم التربوية، ٥٠(١)، ١٣٣–١٤٣. عمّان: الجامعة الأردنية. https://doi.org/10.35516/edu.v50i1.45
١٢. الدليمي، ناهدة عبد زيد. (٢٠١٢). أساليب في التعلم الحركي. بغداد: دار الكتب العلمية.
١٣. الربيعي، محمود، كزار، مازن،، عبد الزهره، شيماء. (٢٠١٨). المرتكزات الأساس للتعلم التعاوني. بغداد: دار الكتب العلمية.
١٤. الزهراني، إبراهيم عبدالله. (٢٠٢٤). درجة استخدام التوأم الرقمي في تعزيز الأنشطة التفاعلية وعلاقته بتطوير مهارات التفكير النقدي لدى طلبة كلية التربية. مجلة دراسات وبحوث التربية النوعية، ١٠(١.١)، ١١٦٤–١٢١٢. الزقازيق: جامعة الزقازيق. https://doi.org/10.21608/jsezu.2024.413858
١٥. سعادة، جودت. (٢٠١١). التعلم النشط بين النظرية والتطبيق. عمّان: دار الفكر.
١٦. سيد، عصام محمد عبد القادر. (٢٠١٩). سلسلة التنمية المهنية للمعلم – التعلم التعاوني: الحقيبة. القاهرة: دار الفكر العربي.
١٧. سيد، عصام محمد عبد القادر. (٢٠١٩). سلسلة التنمية المهنية للمعلم – إجرائية استراتيجيات التعلم. القاهرة: دار الفكر العربي.
١٨. شاكر، علي كمال. (٢٠٠٧). مبادئ البرمجة لاختصاصيي المكتبات والمعلومات. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
١٩. عبد الحفيظ، أحمد بن صالح بن أحمد. (٢٠٢٤). المرجع العملي لرسم العمليات: Business Processes Modeling. جدة: دار المنهاج.
٢٠. عصوين، بول. (٢٠١٠). تغيير التعليم العالي: تطور التعلم والتدريس (Changing Higher Education). القاهرة: دار الفكر العربي.
٢١. على، محسوب هناء أحمد عطية. (٢٠٢٣). البرمجة اللغوية العصبية: ماهيتها – استخداماتها – فنياتها. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
٢٢. عمّار، هاني. (٢٠٠٦). هندسة البرمجيات: الجوانب التقنية والتنظيمية والاقتصادية. القاهرة: دار المريخ.

٢٣. مجالد، أمجد. (٢٠٢٣). التوأم الرقمي بين الواقع والمستقبل: مراجعة منهجية لاستخدام تقنية التوأم الرقمي ورؤية مستقبلية لتوظيفها في التعليم. مجلة البحث العلمي في التربية، ٢٤(١٠). القاهرة: جامعة عين شمس. https://doi.org/10.21608/jsre.2023.239203.1606

٢٤. المحمدي، سعد. (٢٠٢٥). الريادة الإلكترونية وتقنيات التحول الرقمي للأعمال. الرياض: مكتبة العبيكان.

٢٥. معهد البحوث والدراسات العربية. (٢٠٠٧). الإنتاج العلمي للمعهد: ببليوجرافيا شارحة. القاهرة: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم.

٢٦. نادر، إمتياز. (٢٠١٧). البرمجة اللغوية والعصبية: نشأة علم البرمجة اللغوية العصبية. القاهرة: دار الفكر العربي.

٢٧. نجم، نجم عبود. (٢٠١٩). الإدارة والمعرفة الإلكترونية: الاستراتيجية–الوظائف–المجالات. بغداد: دار الكتب العلمية.

٢٨. وزارة التربية والتعليم. (١٩٩١). التعليم الثانوي: الحاضر والمستقبل (المجلد الأول). القاهرة: وزارة التربية والتعليم.

٢٩. يوسف، طه محمد أحمد. (٢٠٢٣). حوسبة الحافة والتوائم الرقمية في ظل شبكات الجيل الخامس والبيئات الذكية. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

ب- المراجع الأجنبية

30. Alarabi, Salam. (2024). Desert Media War. London, UK: Routledge.
31. Anison, Justin., Rothwell, Robert H.,, Noton, Jennifer. (2017). Redefining Competence: Reinventing the Training and Development Profession. London, UK: Routledge.
32. Borole, Yogini., Borkar, Pradnya.,, Raut, Rosha3ni. (2023). Digital Twins: Internet of Things, Machine Learning, and Applications. New York, USA: Springer.
33. Chaudhary, Gopal., Khari, Manju.,, Elhoseny, Mohamed. (2021). Digital Twin Technology. Boca Raton, USA: CRC Press.
34. Crespi, Noel., Drobot, Adam T.,, Minerva, Roberto. (2023). The Digital Twin. Cham, Switzerland: Springer.
35. Daniel, A., Srinivasan, Sriramulu.,, Partheeban, N. (2024). Digital Twin Technology and Applications. Singapore: Springer.
36. Farsi, Maryam., Daneshkhah, Alireza.,, Hosseinian-Far, Amin. (2019). Digital Twin Technologies and Smart Cities. Cham, Switzerland: Springer.
37. Hazrat, M. A., Hassan, N. M. S., Chowdhury, A. A., Rasul, M. G.,, Taylor, B. A. (2023). Developing a Skilled Workforce for Future Industry Demand: The Potential of Digital Twin-Based Teaching and Learning Practices in Engineering Education. Sustainability, 15(23), 16433. Basel, Switzerland: MDPI. https://doi.org/10.3390/su152316433

38. Hu, Z.,, Lu, M. (2025). Digital Twin-Enhanced Programming Education: An Empirical Study on Learning Engagement and Skill Acquisition. Computers, 14(8), 322. Basel, Switzerland: MDPI. https://doi.org/10.3390/computers14080322
39. Itmazi, Jamil Ahmed. (2018). Fundamentals of Computers and Programming: An Arabic Textbook. New York, USA: Springer.
40. Khan, Mohd Arshad. (2024). Innovative Strategies for Effective Teaching. London, UK: Routledge.
41. Khan, Mohd Arshad. (2024). Software Tools for Engineering Applications. London, UK: Routledge.
42. Mishra, Ashutosh., El Barachi, May.,, Kumar, Manoj. (2024). Transforming Industry Using Digital Twin Technology. Singapore: Springer.
43. Omrany, H., Al-Obaidi, K. M., Ghaffarianhoseini, A., Chang, R.-D., Park, C.,, Rahimian, F. (2025). Digital twin technology for education, training and learning in construction industry: implications for research and practice. Engineering, Construction and Architectural Management. Bingley, UK: Emerald Publishing. https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2024-1376
44. Owais, O. A., Poshdar, M., GhaffarianHoseini, A., Ying, F., Jaafar, K., Sarhan, S.,, Sheikhkhoshkar, M. (2025). Digital Competencies Framework for Project Managers: Digital Twins as an Exemplar in the Smart Built Environment. In Conference Proceedings (pp. 639–648). Cham, Switzerland: Springer.
45. Saqib, Mohd. (2024). Introduction to Programming. New York, USA: Springer.
46. Saqib, Mohd. (2024). Principles and Practices of Software Development. New York, USA: Springer.
47. Sharma, Lavanya.,, Garg, Pradeep Kumar. (2025). Digital Twins and Simulation Technology: Concepts and Applications. Singapore: Springer.
48. UNESCO. (2019). إطار اليونسكو لكفاءات المعلمين في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. Paris, France: UNESCO.
49. Wajid, Mohammad Saif., Terashima-Marín, Hugo.,, Zafar, Aasim. (2025). Digital Twins for Smart Cities and Urban Planning. Cham, Switzerland: Springer.