Al-imad Journal of Humanities and Applied Sciences (AJHAS)
مجلة العماد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
ISSN: 3106-0323
Volume 2 – Issue 1 – 2026
Pages 1107-1119

The Feasibility of Utilizing Digital Twin Technology to Improve Infrastructure Management in Libyan Cities:(A Case Study of Al-Bayda City)

Munira ldris Mohammed *
Higher Institute of Science and Technology -Al Bayda, Libya
*Corresponding: miroomoon62@gmail.com

جدوى استخدام تقنية التوأم الرقمي لتحسين إدارة البنية التحتية في المدن الليبية:(دراسة حالة مدينة البيضاء)

منيرة إدريس محمد *
المعهد العالي للعلوم التقنية – البيضاء، ليبيا

Received: 25-04-2026; Accepted: 29-05-2026; Published: 13-06-2026

Abstract:
This study aims to analyze and evaluate the potential of Digital Twin (DT) technology in enhancing infrastructure management within Libyan cities, focusing on Al-Bayda as a case study. The research investigates the pivotal role of DT in optimizing planning, operation, maintenance, and decision-making for critical infrastructure, including water, transportation, energy, and urban systems. Employing a mixed-methods approach, the study utilizes a descriptive-analytical review of existing literature alongside a field survey targeting specialists and experts in Al-Bayda. The survey measured the current level of knowledge, assessed practical applicability, and identified key obstacles hindering implementation. The results demonstrate that DT technology provides a dynamic, high-fidelity simulation model capable of facilitating proactive management. The findings conclude that adopting DT technology represents a promising strategic opportunity for Libyan cities to transition towards sustainability and smart infrastructure. However, this potential is contingent upon the establishment of a supportive digital environment, primarily through the availability of open data, the development of robust digital infrastructure, and the enactment of national legislation and regulatory standards to govern adoption and operational processes. Consequently, the study emphasizes the necessity of an integrated approach to overcome existing challenges, including the digital divide, lack of technical expertise, and financial limitations, to effectively leverage this technology for urban development.

Keywords: Digital twin, infrastructure management, smart cities, challenges, solutions, and proposals.

الملخص
تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتقييم إمكانات تقنية التوأم الرقمي *(DT)* في تحسين إدارة البنية التحتية في المدن الليبية، مع التركيز على مدينة البيضاء كحالة دراسية .يبحث البحث في الدور المحوري للتوأم الرقمي في تحسين عمليات التخطيط، والتشغيل، والصيانة، واتخاذ القرار للبنية التحتية الحيوية، بما في ذلك شبكات المياه، والنقل، والطاقة، والأنظمة الحضرية .باستخدام منهجية مركبة، توظف الدراسة مراجعة وصفية تحليلية للأدبيات القائمة إلى جانب استبيان ميداني استهدف المختصين والخبراء في مدينة البيضاء .قاس

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الاستبيان مستوى المعرفة الحالي، وقيم القابلية للتطبيق العملي، وحدد العقبات الرئيسية التي تعيق التنفيذ . توضح النتائج أن تقنية التوأم الرقمي توفر نموذج محاكاة ديناميكي عالي الدقة قادر على تسهيل الإدارة الاستباقية .وتخلص النتائج إلى أن تبني تقنية التوأم الرقمي يمثل فرصة استراتيجية واعدة للمدن الليبية للانتقال نحو الاستدامة والبنية التحتية الذكية .ومع ذلك، فإن هذه الإمكانية مرهونة بإنشاء بيئة رقمية داعمة، في المقام الأول من خلال توفير البيانات المفتوحة، وتطوير بنية تحتية رقمية قوية، وسن تشريعات وطنية ومعايير تنظيمية لحوكمة عمليات التبني والتشغيل .وبناءً على ذلك، تؤكد الدراسة على ضرورة وجود نهج متكامل للتغلب على التحديات القائمة، بما في ذلك الفجوة الرقمية، ونقص الخبرة الفنية، والقيود المالية، للاستفادة بفعالية من هذه التقنية في التطوير الحضري.

الكلمات المفتاحية: التوأم الرقمي، إدارة البنية التحتية، المدن الذكية، التحديات، الحلول، والمقترحات.

المقدمة

في ظل ما يشهده العالم من تطور متسارع في كافة المجالات، ولا سيما في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ودورها المحوري في تعزيز الاستدامة بمفهوميها العام والخاص؛ حيث تشير الاستدامة بمفهومها العام إلى الحفاظ على حقوق الأجيال الحالية دون المساس بحقوق الأجيال المستقبلية في الموارد، بينما يعنى مفهومها الخاص بتعزيز كفاءة الأنظمة وتطويرها. تساهم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تطوير منصات المدن من خلال رؤى واستراتيجيات تعتمد على تقنيات حديثة، ومن أبرزها تقنية التوأم الرقمي(Digital Twin Technology) ؛ وهي تقنية للمراقبة والاستشعار والتنبؤ والمحاكاة، وتعد أحد أهم الابتكارات التي تسهم في تطوير إدارة البنية الحضرية، وتعزيز الكفاءة والتخطيط والاستدامة، كما تمثل نقلة نوعية في كيفية التفاعل مع الأنظمة والأصول المادية وفهمها.

ومع التركيز على الاستدامة، تقوم هذه التقنية على إنشاء نموذج رقمي متكامل يحاكي واقع المدن بمكوناتها، من شبكات مياه وطاقة ونقل ومبانٍ؛ ومن خلال هذا النموذج يمكن جمع البيانات في الزمن الحقيقي، مما يتيح للجهات المعنية مراقبة المشكلات والتنبؤ بها، واتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة. إن توظيف تقنية التوأم الرقمي يساعد على الانتقال من الإدارة التقليدية للبنية التحتية إلى إدارة استباقية ذكية، وتسهم هذه التقنية في دعم مبادرات المدن الذكية من خلال تحسين الموارد، وتقليل التكاليف التشغيلية، وتعزيز جودة الخدمات للمواطنين. ويُعد دمج هذه التقنية في إدارة البنية التحتية خطوة استراتيجية نحو بناء مدن أكثر مرونة واستدامة، وقادرة على التكيف مع التحديات المستقبلية ومواكبة متطلبات التنمية الحديثة (علي وسالمة، 2025).

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتقييم تأثير استخدام تقنية التوأم الرقمي في تطوير إدارة البنية التحتية في المدن الليبية، مع اتخاذ مدينة البيضاء حالة دراسية. كما تسعى الدراسة إلى تحليل الدور المحوري لهذه التقنية في تحسين عمليات التخطيط، والتشغيل، والصيانة، واتخاذ القرار داخل أنظمة البنية التحتية الذكية؛ مثل شبكات المياه، والنقل، والطاقة، والمباني الحضرية. وتكتسب الدراسة أهميتها من كونها دراسة شاملة لم تعتمد على الجانب الوصفي فحسب، بل اعتمدت على منهجية مركبة تشمل الجانب الوصفي والجانب الإجرائي مما يدعم موثوقية النتائج، كما تتسم الدراسة بموضوعيتها في التعامل مع البيانات والنتائج، وتقديمها حلولاً ومقترحات للعقبات والتحديات التي تواجه استخدام تقنية التوأم الرقمي في مثل هذا النوع من الدراسات.

المشكلة البحثية

تتعلق المشكلة البحثية الرئيسية بالتحديات الناجمة عن النمو العمراني العشوائي، وتقادم شبكات المرافق الحيوية (طرق، مياه، صرف صحي، كهرباء)، بالتزامن مع التحديات التي تواجه إدارة البنية التحتية في ليبيا بصفة عامة، ومدينة البيضاء بصفة خاصة. بالإضافة إلى ضعف نظم المعلومات المكانية، ومحدودية التكامل الرقمي بين الجهات الخدمية؛ مما أدى إلى قصور الأساليب التقليدية المتبعة حالياً في التنبؤ بالأعطال، أو إدارة عمليات التشغيل والصيانة بكفاءة، أو اتخاذ قرارات استراتيجية مبنية على بيانات دقيقة (سدرة وآخرون، 2022).

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

وعلى الرغم مما تتيحه تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) عالمياً من حلول ثورية عبر إنشاء نماذج ديناميكية تحاكي الواقع وتدعم الإدارة الاستباقية، إلا أن تطبيقها في البيئة الليبية لا يزال يكتنفه الغموض. وعليه، تتبلور مشكلة البحث في عدم وضوح الرؤية حول مدى إمكانية توظيف هذه التقنية المتقدمة في ظل الواقع الحالي للبنية التحتية لمدينة البيضاء، والحاجة الماسة إلى دراسة تشخيصية تحدد المتطلبات، والمعوقات، والفرص المتاحة لتحويل هذه "الإمكانية" إلى واقع تطبيقي يساهم في تطوير إدارة المدينة.

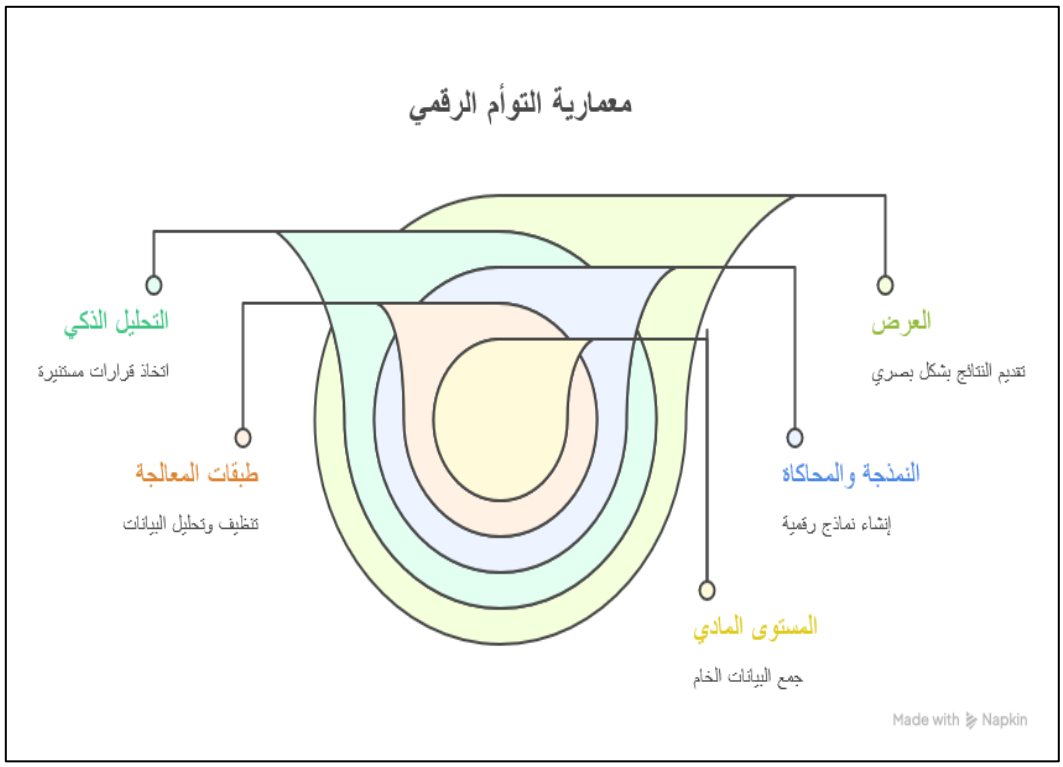
الإطار النظري

يتمحور الإطار النظري للدراسة حول محورين أساسيين؛ النظريات التحليلية وما تشمله من مفاهيم أساسية تعتمد عليها الدراسة في تحقيق التكامل بين الإطارين النظري والتطبيقي، مما يساعد في تكوين وجهة نظر ثاقبة حول إجراءات الدراسة وأهميتها وأهدافها. أما المحور الثاني فهو الدراسات السابقة، التي سيتم تحليلها نقديًا لمعرفة نقاط الضعف والقوة، وأوجه الاتفاق والاختلاف فيما بينها وبين الدراسة الحالية.

النظريات التحليلية والمفاهيم الأساسية

تعد النظريات والمفاهيم الأساسية ركيزة لفهم الدراسة فهماً واعياً، ومن أهمها:

- **التوأم الرقمي (Digital Twin):** يُعرَّف بأنه نسخة طبق الأصل من كائن مادي أو نظام ما، تعمل كنموذج افتراضي ديناميكي لمحاكاة نظيره المادي. يتميز هذا النموذج بقدرته على التحديث المستمر من خلال تدفق البيانات في الزمن الحقيقي بين الكيان المادي والنموذج الرقمي، مما يسمح بتحليل الأداء، واختبار السيناريوهات المستقبلية، وتحسين العمليات التشغيلية بشكل استباقي (الزعبي، 2022). لا يعمل التوأم الرقمي كتقنية منعزلة، بل هو نظام بيئي متكامل (Ecosystem)يعتمد على معمارية هرمية تتكون من عدة طبقات تقنية مترابطة، تبدأ من المستوى المادي حيث يتم جمع البيانات الخام عبر أجهزة الاستشعار، مروراً بطبقات المعالجة والنمذجة والمحاكاة، وصولاً إلى الطبقات العليا المعنية بالتحليل الذكي ودعم اتخاذ القرار، وتعمل هذه المكونات (البيانات، النمذجة، الاتصال، التحليل، والعرض) في تزامنية عالية لضمان دقة الانعكاس الرقمي للواق(Li et al., 2021)



شكل رقم 1: يوضح معمارية تقنية التوأم الرقمي.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- **البنية التحتية للمدن :**هي مجموعة الأنظمة الأساسية والمرافق والخدمات الضرورية التي تقوم عليها حياة السكان وتمكن المدينة من العمل بفعالية؛ وتشمل شبكات الطرق والمياه والصرف الصحي، والكهرباء، والاتصالات، والمرافق العامة التي تدعم النشاط الاقتصادي والاجتماعي. تتطلب إدارة هذه الشبكات تخطيطاً دقيقاً وصيانة استباقية ومراقبة مستمرة لضمان استدامتها (محمود، 2024).
- **المدن الذكية :**هي المدن التي توظف تقنية المعلومات والاتصال (ICT) لتحسين نوعية الحياة وتعزيز الكفاءة التشغيلية للخدمات الحضرية، وتعتمد على البيانات الضخمة، وإنترنت الأشياء (IoT)، والذكاء الاصطناعي، والتحليلات التنبؤية، ونظم المعلومات الجغرافية .(GIS) ويمكن الربط بين المدن الذكية والبنية التحتية باستخدام التوأم الرقمي لبناء نموذج رقمي شامل للمدينة ومرافقها، مما يسمح بمراقبتها وتحليلها والتخطيط العمراني الذكي ,.Al-Sehrawy et al) 2021).
- **نظرية النظم :**تُعدّ من أنسب النظريات لهذا التحليل، إذ تنظر إلى المدينة والبنية التحتية كنظام مترابط تتفاعل أجزاؤه باستمرار. وبناءً على ذلك، يُمكن للتوأم الرقمي تمثيل المدينة في الوقت الفعلي، مما يسمح بمراقبة تفاعلات عناصر البنية التحتية، وبالتالي تحسين الأداء التشغيلي وتقليل الأعطال.
- **نظرية التحول الرقمي :**تُستخدم لفهم كيفية تأثير التقنيات الحديثة على أساليب الإدارة وتحويلها إلى أنظمة ذكية تعتمد على التحليل اللحظي للبيانات. يمثل التوأم الرقمي نموذجاً تطبيقياً لهذه النظرية التي تتناول الانتقال من الإدارة التقليدية إلى الإدارة الذكية.
- **نظرية اتخاذ القرار :**تُعدّ مهمة لتقديم رؤى حول كيفية اتخاذ القرارات في العمليات الحضرية، وتعزيزها باستخدام تقنيات التوأم الرقمي، من خلال توفير سبل لتقييم البدائل الفعالة وتحديدها ضمن إطار زمني محدد، بالاعتماد على كميات هائلة من البيانات، وتحليل سيناريوهات الأزمات ومحاكاة النتائج واختبار خطط الاستجابة (مجلد وأمجاد، 2023).

تعتمد كفاءة تقنيات المحاكاة الرقمية على قدرتها على نقل الواقع إلى بيئة افتراضية تفاعلية دقيقة. وقد أثبتت هذه التقنيات فاعليتها في مجالات حيوية متعددة؛ فعلى سبيل المثال، أظهرت الدراسات التي تناولت المختبرات الافتراضية كأداة تعليمية حديثة قدرة النماذج الرقمية على تحسين فهم الأنظمة البيولوجية المعقدة واختبار المتغيرات في بيئة محاكاة آمنة .(Salem & Lakwani, 2024) إن هذا التوجه نحو الرقمنة المحاكية يمهد الطريق لفهم أوسع لتقنية التوأم الرقمي، التي لا تكتفي بمحاكاة الأنظمة التعليمية فحسب، بل تمتد لتشمل مراقبة وإدارة الأصول المادية للبنية التحتية الحضرية في الوقت الفعلي.

لا يقتصر دور النمذجة الرقمية على محاكاة الأصول المادية الجامدة فحسب، بل يتطور ليشمل استلهام الحلول من الأنظمة الحيوية لتعزيز التفكير الهندسي؛ إذ تؤكد الدراسات الحديثة أن المحاكاة الحيوية تُعد حافزاً جوهرياً لتطوير حلول هندسية مبتكرة ضمن أطر تعليمية وتقنية متقدمة (Alshawish et al., 2026). هذا الترابط بين التفكير الحيوي والأنظمة التقنية يعزز من جدوى التوائم الرقمية، حيث تتيح هذه التوائم محاكاة الأنظمة الحضرية المعقدة بنفس الدقة والمنطق الذي تُدار به النظم البيولوجية، مما يرفع من كفاءة التخطيط الاستراتيجي المستدام للمدن الذكية.

الدراسات السابقة

في أي دراسة علمية، تلعب مراجعة الأدبيات دوراً محورياً؛ فهي الأداة الرئيسية لتحديد مشكلة البحث واستكشاف الثغرات. ومنذ تطور تقنية التوأم الرقمي، ومع تزايد أهمية المدن الذكية وإدارة المرافق، استعرضت هذه الدراسة عدداً من الدراسات الحديثة المتعلقة بتطبيق هذه التقنية للاستفادة من التجارب العالمية.

في مجال إدارة البنية التحتية، بحث محمود (2024) التحول الرقمي في دولة الإمارات وأثره على تحسين إدارة البنية التحتية، مع مراعاة العناصر اللازمة لنجاح الحكومة الإلكترونية والترابط بين الإدارات. وأظهرت النتائج أن تطبيقات التوأم الرقمي ساهمت في تحسين إدارة الموارد والأزمات، ورفع كفاءة قطاعي

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

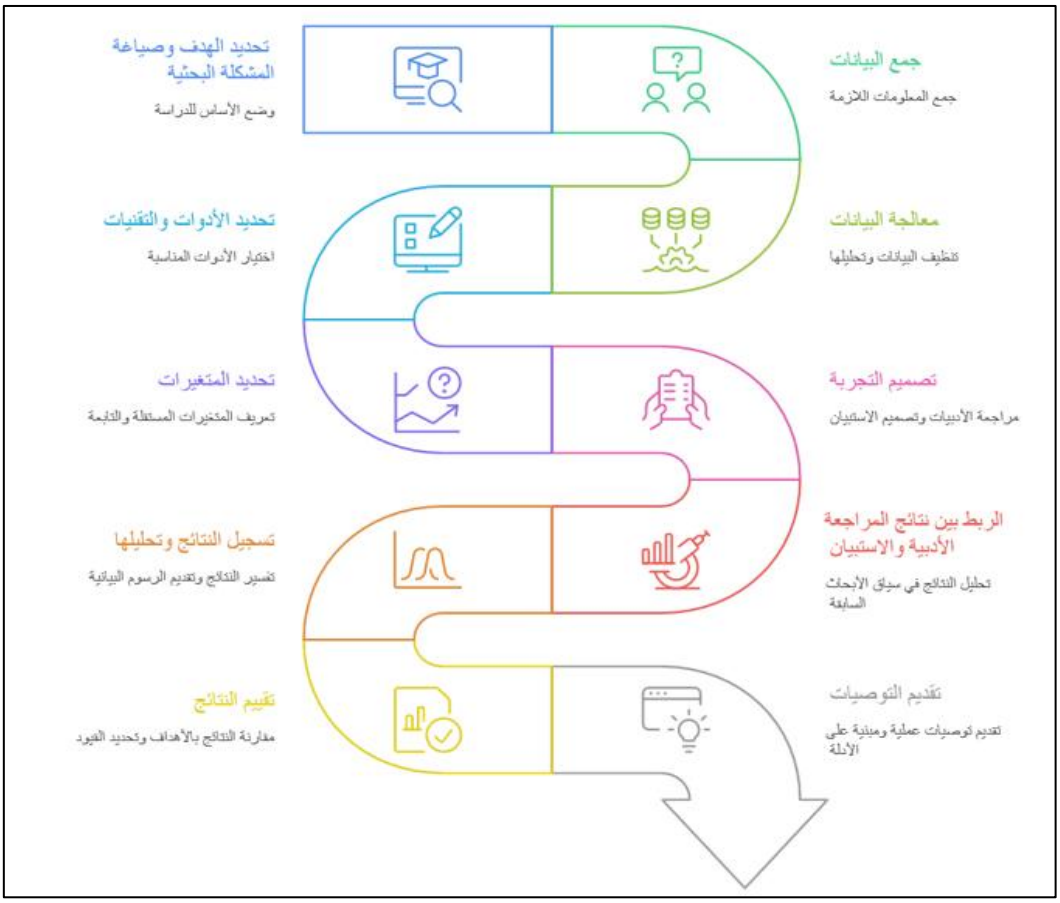
النقل والاتصالات، وعليه أُوصي بمواصلة تعزيز البنية التحتية الرقمية ودمجها في الخطط الاستراتيجية. وبالمثل، هدفت دراسة كيو وآخرون (Qiu et al., 2025) إلى تحديد دور التوأم الرقمي في إدارة البنية التحتية مع التركيز على الاستدامة، ورصدت الدراسة تزايداً ملحوظاً في المنشورات العلمية حول هذا الموضوع بنسبة 80% بين عامي 2019 و2024، مؤكدة أن التوأم الرقمي يُعد أداة استراتيجية فعّالة لرفع كفاءة المدن.

وفي السياق ذاته، قيّم شاهات وآخرون (Shahat et al., 2021) دور التوأم الرقمي في استدامة المدن الذكية، وخلصوا إلى أن التقنية توفر محاكاة موثوقة تسهم في تحسين الصيانة وإدارة الأزمات، مع ضرورة مراعاة الجوانب الاجتماعية والاقتصادية عند التطبيق. من جهة أخرى، أجرى الشعراوي وآخرون (Al-Sehrawy et al., 2021) دراسة تصنيفية حول استخدامات التوأم الرقمي في التخطيط الحضري وإدارة المرافق، موصين بتوسيع نطاق استخدامها. كما قدم داني وآخرون (Dani et al., 2023) حلاً لتطوير إطار عمل للمدن الذكية يعتمد على دمج طبقات متعددة من البيانات (المدنية، ثلاثية الأبعاد، والآنية)، مما يدعم صناع القرار في الجهات الحكومية بكفاءة عالية.(OECD, 2021)

المنهجية والطريقة

تعتمد الدراسة منهجية نوعية مركبة؛ إذ تم توظيف المنهج الوصفي التحليلي عبر مراجعة الأدبيات، والمنهج الإجرائي التحليلي من خلال استبيان ميداني استهدف الخبراء في مدينة البيضاء؛ لقياس مدى المعرفة بالتقنية وتقييم إمكانية تطبيقها، ورصد التحديات. كما دُمج المنهج الكمي في معالجة البيانات، ومنهج المقارنة لمطابقة النتائج الحالية مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة.

الإطار التطبيقي



شكل رقم 2: يوضح الإطار التطبيقي للدراسة.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

يوضح شكل رقم (2) مراحل الدراسة التطبيقية؛ بدءاً من تحديد الهدف وصياغة المشكلة، مروراً بجمع البيانات ومعالجتها إحصائياً، واستبعاد البيانات غير الموثوقة، ثم تصميم التجربة بشقيها (المراجعة الأدبية والاستبيان)، وصولاً إلى الربط بين النتائج واستخلاص التوصيات.

الإجراءات

تضمنت إجراءات الدراسة ما يلي:

1. **تحديد الهدف وصياغة المشكلة:**
تهدف الدراسة إلى تحليل وتقييم تأثير استخدام تقنية التوأم الرقمي في تطوير إدارة البنية التحتية بمدينة البيضاء، ومعالجة فجوة الغموض حول إمكانية توظيف هذه التقنية في ظل الواقع الحالي للمدينة.
2. **جمع البيانات ومعالجتها:**
تم الاعتماد على قواعد البيانات الدولية والدراسات السابقة، وتمت المعالجة الإحصائية باستخدام اختبار (ANOVA) أحادي الاتجاه، حيث اعتمدت قيمة (P-value) عند مستوى دلالة 5.%
3. **أدوات الدراسة:**
شملت برمجيات(Excel, SPSS, MATLAB) ، ومراجعة الدراسات الحديثة، والاستبيان الميداني.
4. **المراجعة الأدبية:**
خضعت 137 دراسة لعمليات فحص، حيث تم استبعاد الدراسات المتحيزة، غير الشاملة، أو المتكررة، لتتم تصفيتها إلى 25 دراسة حديثة (بعد عام 2020) ذات موثوقية عالية.
5. **تصميم الاستبيان:**
صُمم الاستبيان الأولي وراجعه مختصون إحصائيون، مع مراعاة الحدود المكانية (مدينة البيضاء)، والزمنية (خريف 2025/ربيع 2026)، والموضوعية، والأخلاقية. ونظراً لطبيعة الموضوع، استُخدمت العينة القصدية (Purposive Sampling) بحجم (50) مفردة من ذوي الاختصاص، وهو ما يحقق الكفاية العلمية في ظل محدودية الخبراء في هذا المجال (الشعيبي وأماني، 2024). وتضمن الاستبيان سبعة محاور (الديموغرافية، المعرفة، الجاهزية، الموارد، الفوائد، التحديات، والحلول) مع التحقق من الاتساق الداخلي والخارجي بين العناصر (Tommy & Jaya, 2025).

الاختبارات والتحليل الإحصائي

تضمنت المعالجة الإحصائية الاختبارات التالية:

1. **اختبار (ANOVA):** لتحديد الدلالة الإحصائية للبيانات.(Shahat et al., 2021)
2. **الإحصاءات الوصفية :**مثل اختبار (T-test) واختبار "كاي سكوير" للبيانات الرقمية.
3. **اختبار الثبات :**تم حساب معامل "ألفا كرونباخ(Cronbach's Alpha) "، واعتُمدت قيمة (75%) حداً أدنى لقياس الاتساق.
4. **اختبار الارتباط :**لتحديد قوة العلاقة بين متغيرات الدراسة.
5. **اختبار الانحدار الخطي المتعدد :**لتحديد طبيعة العلاقة بين متغيرات الدراسة والمتغير التابع المتمثل في تطبيق تقنية التوأم الرقمي (ذكريا وسماح، 2025).

النتائج والمناقشة

نتائج المراجعة الادبية

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

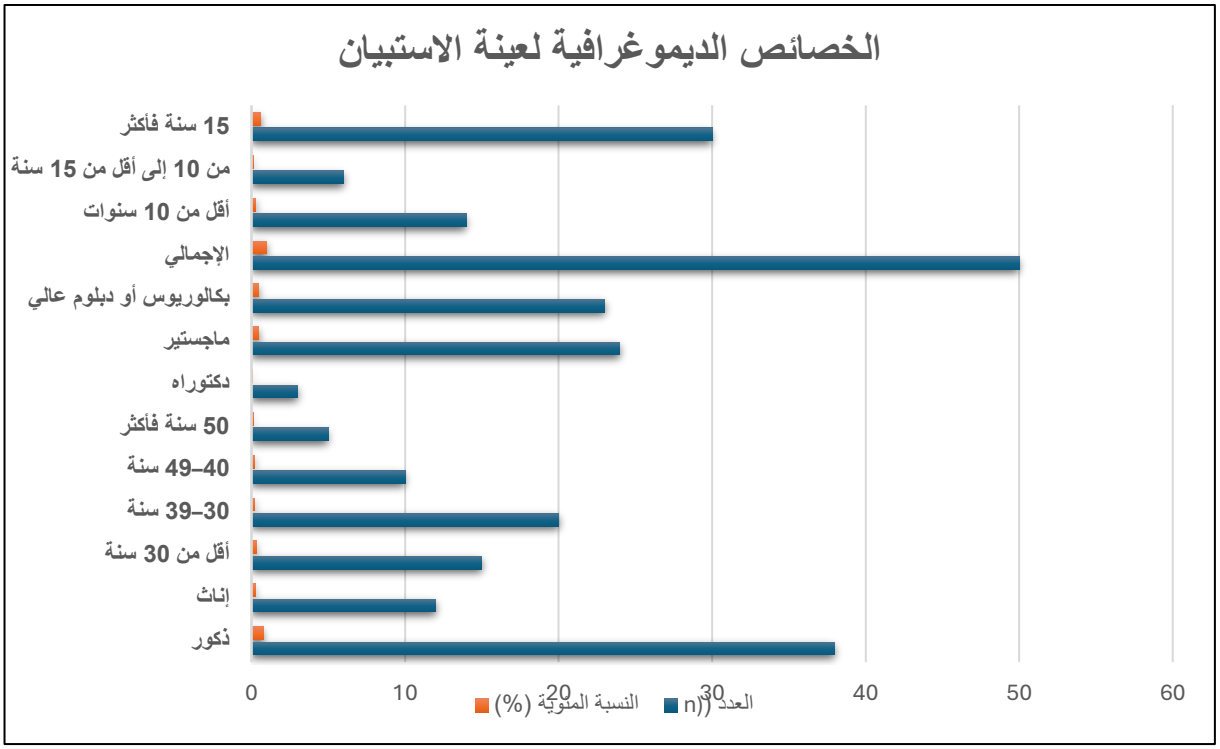
جدول 1: اهم النتائج المتعلقة بتقنية التوأم الرقمي طبقا للمراجعة الادبية

المحور	أهم النتائج العامة للدراسات السابقة	أهم التوصيات العامة
إدارة البنية التحتية	أثبتت الدراسات أن تقنية التوأم الرقمي تسهم في تحسين إدارة البنية التحتية ورفع كفاءة التشغيل والصيانة وتقليل الأعطال	ضرورة تبني التوأم الرقمي كأداة استراتيجية لتطوير إدارة البنية التحتية
التخطيط الحضري والمدن الذكية	أظهرت الدراسات قدرة التوأم الرقمي على دعم التخطيط الحضري وتحسين إدارة المدن الذكية والخدمات الحضرية	التوسع في تطبيق تقنيات التوأم الرقمي ضمن خطط المدن الذكية
إدارة الموارد والطاقة	ساهمت التقنية في تحسين إدارة الموارد والطاقة وتقليل الهدر ورفع الكفاءة التشغيلية	تعزيز استخدام الأنظمة الذكية لتحقيق الاستدامة وكفاءة استهلاك الموارد
الصيانة التنبؤية	أكدت الدراسات فعالية التوأم الرقمي في التنبؤ بالأعطال وتحسين الصيانة الوقائية	تطوير نظم الصيانة التنبؤية القائمة على البيانات الحية والذكاء الاصطناعي
اتخاذ القرار	وفرت التقنية دعماً فعالاً لاتخاذ القرار من خلال تحليل البيانات والمحاكاة الرقمية	دعم متخذي القرار بمنصات رقمية متكاملة تعتمد على البيانات اللحظية
التكامل الرقمي	بينت الدراسات أهمية التكامل بين إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي وقواعد البيانات في نجاح التوأم الرقمي	تطوير البنية الرقمية وتعزيز تكامل الأنظمة وقواعد البيانات
إدارة الأزمات والكوارث	أظهرت الدراسات قدرة التوأم الرقمي على محاكاة الكوارث وتحسين الاستجابة للطوارئ	استخدام النماذج الرقمية في التخطيط للطوارئ وإدارة الأزمات
التحديات التقنية والتنظيمية	كشفت الدراسات وجود تحديات تتعلق بالبنية التحتية الرقمية وضعف البيانات ونقص الكفاءات	الاستثمار في البنية التحتية الرقمية وتأهيل الكوادر البشرية ووضع تشريعات داعمة
التحول الرقمي	أكدت الدراسات أن التوأم الرقمي يمثل أحد أهم أدوات التحول الرقمي الحديثة	دعم سياسات التحول الرقمي وتوسيع استخدام التقنيات الذكية في المؤسسات والمدن

يُظهر الجدول رقم (1) اتفاقًا واسع النطاق في الدراسات المنشورة حول الأهمية المتزايدة لتقنية التوأم الرقمي في تطوير البنية التحتية وإدارة المدن الذكية، حيث تُركز معظم الدراسات على كيفية تحسين هذه التقنية لكفاءة التشغيل والصيانة، ودعم عمليات صنع القرار، وتعزيز الاستدامة. كما أشارت الدراسات إلى أن نجاح تطبيق التوأم الرقمي يعتمد بشكل أساسي على توفر بنية تحتية رقمية متطورة، وبيانات دقيقة، وكوادر مؤهلة، وسياسات تُشجع التحول الرقمي (سلامة&فنون ،2023).

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نتائج الاستبيان



شكل رقم 3: يوضح الخصائص الديموغرافية لعينة الاستبيان

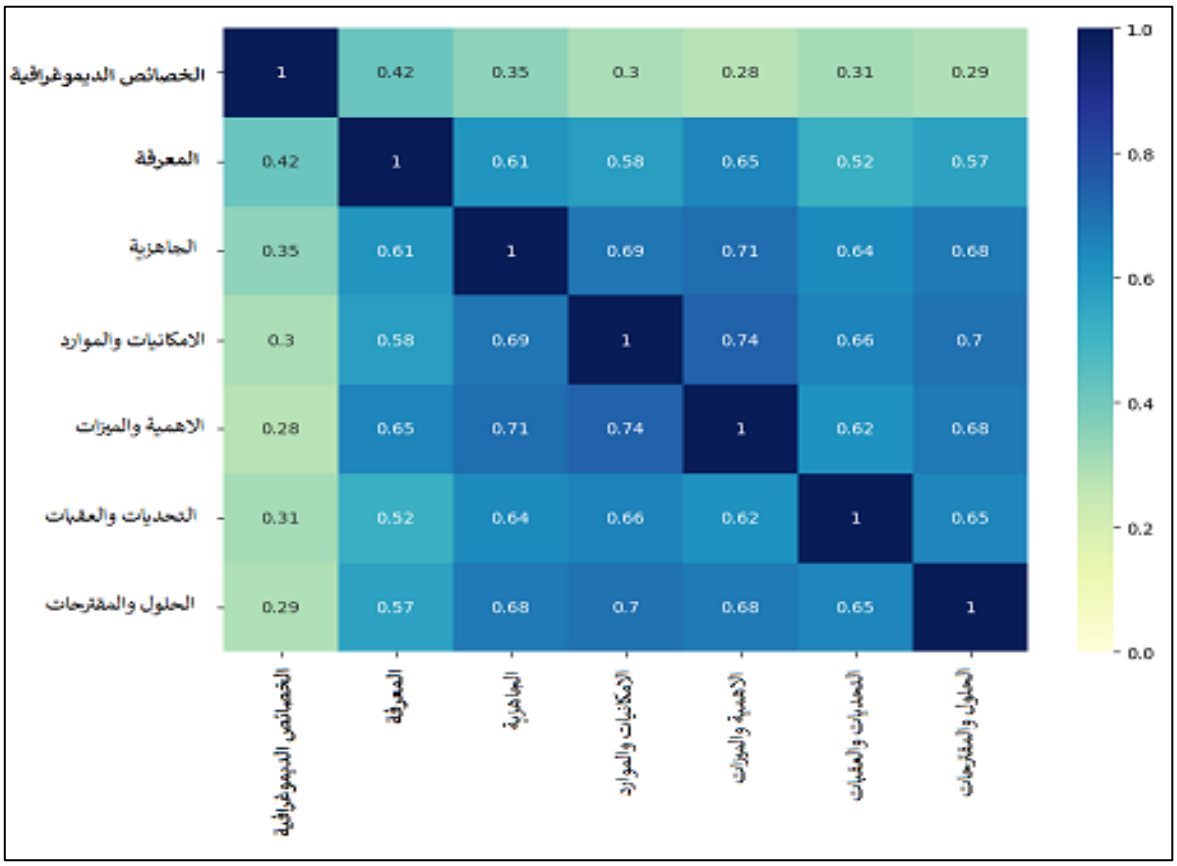
يوضح الشكل رقم (3) الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة؛ حيث يشكل الذكور غالبية المشاركين، وغالبيتهم العظمى من ذوي الخبرة المهنية التي تمتد لخمسة عشر عامًا أو أكثر. علاوة على ذلك، فإن المستوى التعليمي لمعظم أفراد العينة يقتصر في الغالب على درجة البكالوريوس أو الماجستير، بينما لا تشكل درجة الدكتوراه سوى نسبة ضئيلة من إجمالي أفراد العينة. أما بالنسبة لأعمار المشاركين، فإن المشاركين الذين تتراوح أعمارهم بين 0 و29 عامًا يمثلون نسبة متساوية تقريبًا مع المشاركين الذين تبلغ أعمارهم 50 عامًا فأكثر. وبناءً على التوزيع المتساوي نسبيًا للأعمار ومستويات الخبرة والتحصيل العلمي ضمن عينة الدراسة، يمكن اعتبار نتائج هذا البحث تمثيلاً موثوقًا به إلى حد كبير للمشكلة التي يتناولها.

جدول 3: يوضح الثبات والاتساق للمحاور السبعة

المحور	عدد العناصر	Cronbach's α	AVE	P-VALUE
الخصائص الديموغرافية (العمر، الجنس، المؤهل، الوظيفة، سنوات الخبرة)	5	-	-	0.8
المعرفة بتقنية التوأم الرقمي	5	0.88	0.75	0.001
الجاهزية والاستخدام	5	0.79	0.68	0.003
الموارد والإمكانات	5	0.8	0.7	0.002
الفوائد والميزات	5	0.91	0.8	0.0001
التحديات والعقبات	5	0.82	0.72	0.001
الحلول والمقترحات	5	0.83	0.73	0.002
الإجمالي	35	0.84	0.74	0.0005

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

يُظهر جدول الموثوقية والاتساق أن الموثوقية الداخلية لمعظم محاور الاستبيان جيدة، حيث تتراوح جميع قيم كرونباخ بين 0.79 و0.91، وهي قيم جيدة إلى ممتازة. وتشير قيم متوسط التباين المستخرج (AVE) إلى أن محاور الاستبيان تتمتع بصلاحية تراكمية جيدة، مما يدل على مدى جودة قياس كل محور للبنى المقصودة. وتضمن قيمة P (< 0.05) وجود اتفاق ذي دلالة إحصائية بين بنود الاستبيان، وبالتالي فإن موثوقية البيانات صحيحة (Qiu,et al,2025).

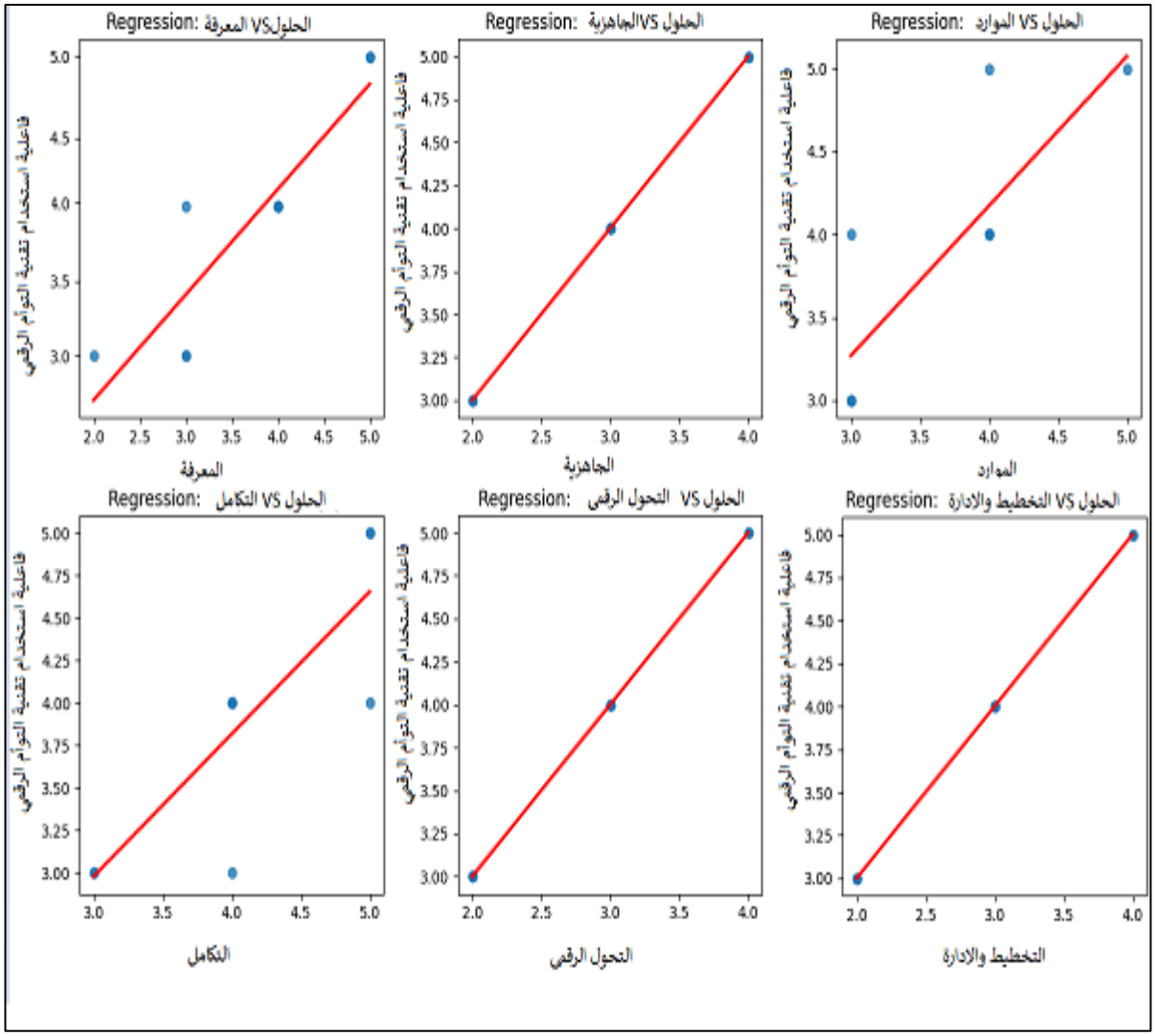


شكل رقم 4: الخريطة الحرارية لمصفوفة الارتباط بين محاور الاستبيان

شكل رقم (4) يوضح الخريطة الحرارية التي تُظهر المتغيرات في الغالب ارتباطات إيجابية متوسطة إلى قوية فيما بينها، كما هو موضح أعلاه، لا سيما الارتباط بين المعرفة والاستعداد، والموارد والفوائد، مما يعني أن إدراك الفوائد مرتبط بالمعرفة والاستعداد، والموارد، وتوافر الحلول. وتشير قيم الارتباط المنخفضة بين المتغيرات الديموغرافية إلى أهمية أقل مقارنةً بالتأثير المباشر للمحاور التشغيلية للبحث (موسي &تامر،2024).

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الربط بين نتائج المراجعة والاستبيان



شكل رقم 5: يوضح مجموعة مخططات الانحدار بين محور الحلول والمقترحات (فاعلية استخدام تقنية التوأم الرقمي)

طبقا للشكل رقم (5) والذي يربط نتائج المراجعة الأدبية ونتائج الاستبيان يتضح من خلال الشكل أن الجاهزية والمعرفة والموارد ذات علاقة تصاعدية مع فاعلية استخدام تقنية التوأم الرقمي، مما يعني أن زيادة هذه العوامل تحسن من قدرة المدينة على مواصلة تطبيق التقنية. كذلك كل من التكامل والتحول الرقمي والتخطيط والإدارة (الغامدي ،2025).

الاستنتاجات

من خلال ما تم تحليله وتقييمه من نتائج يمكن تقديم مجموعة من الاستنتاجات المهمة وهي كما يلي:

- اشارت نتائج الدراسة الي وجود فجوة معرفية في تقنية التوأم الرقمي، حيث أفاد 35% من المشاركين في المقابلات بعدم إلمامهم الكافي بمفاهيمها وآلياتها التشغيلية، بينما اكتسب الباقون معرفتهم عبر قنوات غير رسمية كالإنترنت، دون أي خبرة أكاديمية أو عملية. وهذا يدل على أن تقنية التوأم الرقمي لا تزال في مراحلها الأولى في السياق الليبي، ولم تصل بعد إلى مستوى النضج المؤسسي المطلوب. لذا، يجب دمجها في مناهج دراسة الهندسة وبرامج التطوير والتدريب المهني لتعزيز المعرفة والكفاءة التقنية (امين ،2025).

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- اشارت النتائج إلى قصور البنية التحتية الحالية وعدم جاهزيتها الرقمية، مما يُظهر الحاجة الماسة إلى تطويرها وإنشاء قواعد بيانات مرجعية متكاملة، وهو ما يتضح من آراء المشاركين. يُعد هذا مؤشراً على وجود خلل هيكلي في بيئة العمل الحالية، ويُعتبر عائقاً رئيسياً أمام استخدام تقنية التوأم الرقمي، إذ تعتمد هذه التقنية أساساً على تدفق البيانات بدقة وتكامل. فإذا تم اعتماد هذه التقنية دون معالجة القيود الهيكلية، فقد لا تُحاكي النماذج الرقمية الواقع، مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات غير مناسبة. (ذكريا&سماح ،2025).
- اشارت النتائج الي محدودية توفر الأنظمة الرقمية وقواعد البيانات المستخدمة لإدارة البنية التحتية، حيث تتراوح بين انعدامها التام وتوفر أنظمة مجزأة جزئيًا. وهذا يدل على أن بيئة التشغيل الحالية غير مهيأة تمامًا لدمج التوائم الرقمية بكفاءة، ولذا فإن الخطوة التمهيدية نحو تبنيها تتضمن بناء قواعد بيانات مكانية ووصفية متكاملة مناسبة قبل إجراء عمليات المحاكاة والتحليل. وأن أحد أهم عوائق تبني تقنية التوأم الرقمي في البنية التحتية يكمن في نقص الكوادر المؤهلة ذات المهارات المتدنية، والميزانية المحدودة، بالإضافة إلى رداءة جودة البيانات. وبالتالي، لا تقتصر المشكلة على الجوانب التقنية فحسب، بل تشمل الجوانب التنظيمية التي تؤثر على التطبيقات التكنولوجية الحديثة. وتُعد جودة البيانات القضية الأبرز، إذ يعتمد التطبيق الأمثل للتوائم الرقمية بشكل كبير على بيانات دقيقة وفورية، ما يسمح بإنشاء عمليات محاكاة تُحسّن من عمليات صنع القرار (خطاب, & شيماء،2023).
- اشارت النتائج الي انخفاض مستوى جاهزية المدينة عمومًا لتطبيق تقنية التوأم الرقمي في بنيتها التحتية وفي مجالات الموارد البشرية والبيانات. وقد أجمع معظم المشاركين على عدم استعداد المدينة لتطبيق هذه التقنية، مما يُثبت وجود فجوة رقمية كبيرة بين الواقع الحالي ومتطلبات التطبيق. ولذا، اعتُبر التدخل الشامل الذي يتضمن تجديد البنية التحتية، وتعزيز الكفاءة المؤسسية، وتطوير الموارد البشرية وتدريبها، أمرًا ضروريًا. ورغم محدودية معرفة المشاركين بالتفاصيل التقنية للتوأم الرقمي، إلا أن هناك إجماعًا كبيرًا على مزايا استخدام هذه التقنية لإدارة البنية التحتية والخدمات بكفاءة. يُعزى هذا على الأرجح إلى الحماس والتفاؤل المتزايدين لاستخدام الابتكارات التكنولوجية الحديثة في معالجة مشاكل البنية التحتية، وهي سمة إيجابية يُمكن استغلالها مستقبلًا من خلال برامج التوعية والمعرفة الداعمة. أما فيما يخص تحديات التنفيذ، فقد أشار الاستطلاع إلى تعدد المشكلات، بدءًا من ضعف جاهزية البنية التحتية الرقمية، مرورًا بنقص التمويل، وعدم كفاية الإطار التنظيمي، وصولًا إلى نقص الموارد البشرية الكافية لاستخدام تقنية التوأم الرقمي. لذا، يجب اتباع نهج متكامل لمعالجة هذه المشكلات على المستويين التنظيمي والإداري، بدلًا من الحلول الجزئية المنعزلة (ابو الفضل, & د/عبدالعال 2023).

العمل المستقبلي

تتوسع تطبيقات التوأم الرقمي المستقبلية المتوقعة بسرعة، حيث تتكامل الأنظمة المعاصرة بشكل متزايد مع التقنيات الحديثة لإدارة المدن والبنى التحتية بكفاءة. ستعتمد الأنظمة المستقبلية على بيانات آنية من العالم الحقيقي من خلال تفاعل التوأم الرقمي مع تقنيات إنترنت الأشياء. سيتم الحصول على البيانات الآنية بشكل فوري من الجسور والطرق وشبكات المياه والطاقة بواسطة أجهزة الاستشعار، مما يسمح للأنظمة باتخاذ قرارات فورية لتحسين أداء البنية التحتية ومنع الأعطال قبل وقوعها. من المتوقع أيضًا أن تشهد تقنيات الصيانة التنبؤية تطورًا كبيرًا باستخدام الذكاء الاصطناعي لمحاكاة أعطال البنية التحتية والتنبؤ بها بدقة، بالإضافة إلى تكاليفها، وذلك لخفض تكاليف الصيانة وتعزيز الأمن. سيتعمق تكامل التوأم الرقمي مع الذكاء الاصطناعي لمحاكاة حالات الكوارث الافتراضية (مثل الزلازل والفيضانات) واختبار الاستجابة للطوارئ قبل تطبيقها فعليًا، مما يعزز استراتيجيات التخطيط طويلة الأجل. ستساهم التوائم الرقمية أيضًا في بناء أنظمة تشغيل ومراقبة ذكية للبنى التحتية والمدينة ككل، حيث يمكن تقييم الطرق الجديدة وبناء الجسور من حيث تأثيرها على حركة المرور وعلى البيئة، ويمكن تحسين استهلاك الطاقة مع تقليل الخطأ التشغيلي إلى الحد الأدنى.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المراجع:

[1] أبو الفضل، &د/عبدالعال، م. (2023). دراسة مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية: دراسة ميدانية في بيئة الأعمال السعودية. *المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية*، *15*(4)، 122-155.

[2] أمين، ل. (2025). إطار للمراجعة الذكية باستخدام تقنية التوأم الرقمي لتعزيز حكم المراجع وتقليل التحيزات: دليل من القطاع المصرفي المصري. *Financial & Business Studies Journal*، *35*(3).

[3] التيجاني، ع.، &سالمة، م. (2025). دور حوكمة تكنولوجيا المعلومات في تحسين جودة المعلومات المحاسبية وتحقيق الاستدامة الرقمية [رسالة دكتوراه، جامعة سرت].

[4] الزعبي، م. (2022). التوأم الرقمي كأحد ممكنات التحول الرقمي في قطاع التعليم العالي. *المجلة العربية لضمان جودة التعليم الجامعي*، *15*(51)، 183.

[5] الغامدي، خ. (2025). أثر تكنولوجيا المعلومات في كفاءة الأداء المؤسسي: بالتطبيق على وزارة الموارد البشرية-فرع الباحة خلال العام 2024م. *مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية*، *6*(11)، 687-704.

[6] الشمري، أ.، &أماني. (2024). فاعلية برنامج قائم على تطبيقات الحوسبة السحابية في تنمية الوعي التكنولوجي لدى طالبات الدبلوم في الكلية التطبيقية بجامعة أم القرى. *مجلة كلية التربية (أسيوط)*، *40*(8.2)، 254-279.

[7] خطّاب، ش. (2024). تطبيق التوائم الرقمية في دعم إدارة مخاطر التعلم الإلكتروني: تحليل لاحق. *مجلة بحوث كلية الآداب، جامعة المنوفية*.

[8] سدرة، ر.، &عوادي، م. (2022). التحديات المعاصرة للمراجعة في ظل تكنولوجيا المعلومات ودورها في تحسين جودة المعلومات المحاسبية: دراسة ميدانية لآراء عينة من الأكاديميين والمهنيين. *مجلة الاقتصاد والتنمية المستدامة*، *5*(2)، 499-519.

[9] زكريا، م.، &سماح. (2025). استراتيجية مقترحة لتوظيف تقنية التوأم الرقمي بالجامعات المصرية على ضوء أبعاد الاقتصاد البنفسجي: جامعة بنها نموذجًا. *مجلة كلية التربية-جامعة المنوفية*، (1)*2025*، 165-238.

[10] سلمه، س.، &فتون، أ. (2023). الدور الفعال للبيانات الضخمة في دعم قطاع الاتصالات: دراسة تحليلية. *Journal of Information Studies and Technology*، *2023*(1).

[11] مجلد، أ. (2023). التوأم الرقمي بين الواقع والمستقبل: مراجعة منهجية لاستخدام تقنية التوأم الرقمي ورؤية مستقبلية لتوظيفها في عمليتي التعليم والتعلم. *مجلة البحث العلمي في التربية*، *24*(10)، 204-225.

[12] موسى، أ.، &تامر، م. (2024). الدور الوسيط للتحول الرقمي في العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وفعالية إدارة الموارد البشرية: دراسة تطبيقية على قطاع الاتصالات في مصر. *مجلة راية الدولية للعلوم التجارية*، *3*(11)، 2243-2342.

[13] Al-Sehrawy, R., Kumar, B., & Watson, R. (2021). A digital twin uses classification system for urban planning & city infrastructure management. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, *26*, 832–862.

[14] Dani, A. A. H., Supangkat, S. H., Lubis, F. F., Nugraha, I. G. B. B., Kinanda, R., & Rizkia, I. (2023). Development of a smart city platform based on digital twin technology for monitoring and supporting decision-making. *Sustainability*, *15*(14002).

[15] Fatmah Mustafa Bin Mahmoud Alshawish, Marwan Abdussalam M. Elhemsheri, & Mohamed Omar Abdalla Salem. (2026). Biomimicry as a Catalyst for Enhancing Engineering Thinking within the Framework of Bio-inspired STEM Education. Al-Imad Journal of Humanities and Applied Sciences (AJHAS), 2(1), 437-448. https://doi.org/10.64943/ajhas.2026.020132

[16] Li, D., Yu, W., & Shao, Z. (2021). Smart city based on digital twins. *Computers in Urban Science*, *1*(4).

[17] Mohamed Omar Abdalla Salem (2025). The Future of eLearning: An Analytical Study of Emerging Innovations Transforming Teaching and Learning. Journal of Scientific and Human Dimensions, 1(1), 39-49. https://doi.org/10.65421/jshd.v1i1.8

[18] OECD Observatory of Public Sector Innovation. (2021). *Virtual Singapore: A dynamic 3D city model and collaborative data platform*. https://oecd-opsi.org/innovations/virtual-twin-singapore/

[19] Qiu, S., Zaheer, Q., Ali, F., Wajid, S., Chen, H., Ai, C., et al. (2025). Exploring the impact of digital twin technology in infrastructure management: A comprehensive review. *Journal of Civil Engineering and Management*, *31*(4), 395–417.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[20] Salem, M. O. A. (2022) The used of E-Learning Tools to Teach Some Biology Courses. The first international virtual scientific conference. 22-23 - April 2020. Al Diwaniyah, Qadisiyyah Province, Iraq.
[21] Salem, M. O. A., & Lakwani, M. A. (2024). Virtual laboratory in biology education: New e-learning tool. In 5th International Congress on Engineering and Life Science (pp. 215-217).
[22] Shahat, E., Hyun, C. T., & Yeom, C. (2021). City digital twin potentials: A review and research agenda. *Sustainability*, *13*(3386).
[23] Tommy, A. S., & Jaya, R. P. (2025). Integration of AI and digital twin technology for smart infrastructure management in urban cities. *Civil Engineering Science and Technology (CEST)*, *1*(1), 45–62. https://doi.org/10.51903/t881qw28

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 **AJHAS** and/or the editor(s). **AJHAS** 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.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).