JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
https://jaspss.com
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (140)
2026-04-06

بحث بعنوان

دور المهندس المدني في التخطيط والتنفيذ الفعّال للمشاريع العامة

اعداد

محمد عوض المومني

مهندس مدني

بلدية الجنيد

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (140)
2026-04-06
https://jaspss.com

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تحليل الدور المحوري للمهندس المدني في مرحلتي التخطيط والتنفيذ للمشاريع العامة، مع التركيز على كيفية تحويل الكفاءات التقنية والإدارية إلى مخرجات تنموية مستدامة. يعتمد البحث منهجاً وصفياً تحليلياً يجمع بين مراجعة الأطر النظرية في إدارة المشاريع الهندسية، ودراسة الممارسات التطبيقية في البيئات الحكومية، لتقييم أثر تدخل المهندس المدني في دقة الجدولة، وضمان الجودة، وترشيد التكاليف، وإدارة المخاطر. يتناول البحث التحول المعاصر في مهنة الهندسة المدنية من دور تنفيذي تقليدي إلى دور استراتيجي متكامل يربط بين الدراسات الجدوى، والتصميم المتكامل، والإشراف الميداني الذكي، مما يسهم في سد الفجوة بين الأهداف التخطيطية والواقع التنفيذي.

توصل البحث إلى أن إشراك المهندس المدني في المراحل المبكرة من التخطيط، ومنحه الصلاحيات الكافية للتنسيق بين الأطراف المتعددة، يرفع بشكل ملحوظ من مؤشرات نجاح المشاريع العامة من حيث الالتزام بالميزانية، والجدول الزمني، والمعايير الفنية والبيئية. كما بيّن البحث أن تبني الأدوات الرقمية، وتعزيز الكفاءات القيادية، وربط الأداء بمؤشرات قياس موحدة، يُعد شرطاً أساسياً لتمكين المهندس المدني من قيادة دورة حياة المشروع بكفاءة. ويختتم البحث بتقديم إطار مؤسسي وتقني مقترح يعزز من فاعلية الدور الهندسي في القطاع العام، مع توصيات عملية قابلة للتطبيق على المستويات التشغيلية والرقابية والسياسية.

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (140)
2026-04-06
https://jaspss.com

Abstract

This research aims to analyze the pivotal role of the civil engineer in the planning and execution phases of public projects, focusing on how to translate technical and administrative competencies into sustainable development outcomes. The research employs a descriptive-analytical approach, combining a review of theoretical frameworks in engineering project management with an examination of applied practices in government environments. This allows for an assessment of the impact of civil engineers' involvement on scheduling accuracy, quality assurance, cost optimization, and risk management. The research addresses the contemporary transformation of the civil engineering profession from a traditional executive role to an integrated strategic role that links feasibility studies, integrated design, and smart field supervision. This contributes to bridging the gap between planning objectives and implementation realities.

The research concluded that involving civil engineers in the early planning stages and granting them sufficient authority to coordinate among various stakeholders significantly improves the success indicators of public projects in terms of adherence to budget, schedule, and technical and environmental standards. Furthermore, the research demonstrated that adopting digital tools, enhancing leadership competencies, and linking performance to standardized measurement indicators are essential prerequisites for enabling civil engineers to effectively lead the project lifecycle. The research concludes by presenting a proposed institutional and technical framework that enhances the effectiveness of the engineering role in the public sector, with practical recommendations applicable at the operational, regulatory and policy levels.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (140)
2026-04-06

المقدمة

تُعد المشاريع العامة العمود الفقري للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، حيث تشمل البنى التحتية الحيوية كالطرق، والجسور، وشبكات المياه والصرف، والمنشآت التعليمية والصحية، ومرافق الطاقة والاتصالات. ونظراً لحجم الاستثمارات الضخمة الموجهة لهذه المشاريع وتأثيرها المباشر على جودة الحياة والاستقرار المجتمعي، أصبح من الضروري ضمان تخطيط دقيق وتنفيذ مُحكوم يحول المخططات الورقية إلى أصول خدمية مستدامة. وفي هذا السياق، يبرز المهندس المدني كحلقة وصل استراتيجية بين الرؤية التخطيطية والواقع الميداني، حيث يتحمل مسؤولية ترجمة المتطلبات الفنية والمالية والبيئية إلى إجراءات تنفيذية قابلة للقياس والمراقبة.

شهدت العقود الأخيرة تحولاً جذرياً في طبيعة المشاريع العامة، حيث تعقدت متطلباتها، وتداخلت تخصصاتها، وارتبطت بأهداف التنمية المستدامة والمرونة الحضرية والرقمنة المتسارعة. ولم يعد دور المهندس المدني يقتصر على الإشراف الفني أو مراقبة المقاولات، بل امتد ليشمل إدارة المخاطر، وتحسين سير العمل، وتكامل الأنظمة، وضمان التوافق مع المعايير الدولية، وقيادة فرق متعددة التخصصات. وأصبح الاعتماد على البيانات، والنمذجة الرقمية، وأدوات المحاكاة، جزءاً لا يتجزأ من الممارسات الهندسية الحديثة، مما يتطلب من المهندس تطوير كفاءات إدارية وتقنية متزامنة لمواجهة تحديات التعقيد الزمني، وندرة الموارد، والضغوط التشغيلية.

يأتي هذا البحث استجابةً للحاجة الأكاديمية والمهنية لتأطير دور المهندس المدني بشكل منهجي داخل دورة حياة المشاريع العامة، بعيداً عن التناول المجزأ الذي يفصل بين التخطيط والتنفيذ أو يختزل الدور في الجانب الإنشائي فقط. ويسعى البحث إلى تقديم رؤية متكاملة تربط بين الكفاءة الهندسية، والحوكمة الإدارية، والأداء المؤسسي، مما يسهم في بناء قاعدة معرفية تدعم صناع القرار، والهيئات الهندسية، والجهات المنفذة، في

تمكين المهندس المدني من لعب دوره الكامل كقائد تقني وإداري يضمن نجاح المشاريع العامة وتحقق أهدافها التنموية على المدى الطويل.

مشكلة البحث

تواجه العديد من المشاريع العامة تحديات هيكلية وتشغيلية تتمثل في التأخير الزمني، وتجاوز الميزانيات المعتمدة، وظهور عيوب إنشائية أو وظيفية، وضعف التكامل بين مراحل التصميم والتنفيذ والصيانة. وتعود جذور هذه المشكلات في كثير من الأحيان إلى تهميش الدور الاستراتيجي للمهندس المدني في المراحل التخطيطية المبكرة، واقتصار مشاركته على الإشراف الميداني دون صلاحيات تنسيقية أو قرار فني مؤسسي. كما يساهم تشتت المسؤوليات بين الجهات الحكومية، والمقاولين، والاستشاريين، والرقابيين، في خلق بيئة عمل غير متكاملة، تتسم ببطء تدفق المعلومات، وضعف المتابعة المستندة إلى البيانات، وصعوبة تصحيح الانحرافات قبل تفاقمها.

تتفاقم هذه المشكلة في ظل الضغوط المتزايدة على الميزانيات العامة، وتسارع وتيرة التوسع العمراني، وارتفاع معايير السلامة والاستدامة، مما يجعل استمرار النهج الإداري التقليدي عبئاً على كفاءة الإنفاق العام وجودة الخدمات المقدمة. وعلى الرغم من توفر كوادر هندسية مؤهلة، إلا أن غياب الأطر المؤسسية التي تربط بوضوح بين الكفاءة الهندسية الداخلية وتحقيق الأهداف التنظيمية الخارجية، يحدّ من الاستفادة القصوى من إمكانات المهندس المدني. لذلك، تبرز الحاجة الملحة إلى بحث يحدد بدقة آليات تفعيل الدور الهندسي في التخطيط والتنفيذ، ويكشف عن العوامل التمكينية والمعيقة، ويقدم نماذج عملية لتعزيز الفعالية المؤسسية في إدارة المشاريع العامة.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (140)
2026-04-06

أهداف البحث

1. تحليل الدور المتكامل للمهندس المدني في مراحل الدراسات المبدئية، والتخطيط الاستراتيجي، وتصميم المشاريع العامة.

2. تقييم أثر الكفاءات التقنية، والإدارية، والرقمية للمهندس المدني على جودة التنفيذ، والالتزام الزمني، وترشيد التكاليف.

3. تحديد المعوقات المؤسسية، والتنظيمية، والبشرية التي تحدّ من فعالية المهندس المدني في قيادة المشاريع العامة.

4. تطوير إطار عمل مؤسسي يربط بين الممارسات الهندسية الحديثة، ونماذج الحوكمة، وآليات المتابعة والتقييم في القطاع العام.

5. تقديم توصيات عملية لتمكين الهندسة المدنية من قيادة التحول نحو مشاريع عامة مرنة، مستدامة، وقائمة على البيانات والرقمنة المتكاملة.

أهمية البحث

تكمن الأهمية الأكاديمية للبحث في سد فجوة منهجية واضحة في الأدبيات العربية التي غالباً ما تتناول الهندسة المدنية من منظور تقني ضيق أو إدارة المشاريع من زاوية إدارية عامة، دون ربط عضوي يوضح كيف يُترجم الدور الهندسي إلى أداء مؤسسي ملموس في المشاريع العامة. ويسهم البحث في إثراء نظريات إدارة دورة حياة المشاريع، وهندسة القيمة، والحوكمة المحلية، من خلال تقديم نموذج تحليلي يربط بين الكفاءة التخطيطية،

ودقة التنفيذ، ومؤشرات النجاح التنظيمي، مما يفتح آفاقاً جديدة للباحثين في مجالات التعليم الهندسي، والسياسات العامة، والابتكار المؤسسي.

أما على الصعيد التطبيقي، فيوفر البحث للجهات الحكومية، والهيئات الرقابية، ونقابات المهندسين، وشركات المقاولات، خارطة طريق عملية لرفع كفاءة الإنفاق العام، وتحسين جودة البنى التحتية، وتعزيز المساءلة الفنية. كما يدعم جهود التحول الرقمي في القطاع العام من خلال توضيح الآليات المطلوبة لدمج الأدوات الحديثة، وتأهيل الكوادر، وإعادة هندسة العمليات، بما يضمن أن المهندس المدني لا يُعدّ منفذاً فحسب، بل شريكاً استراتيجياً في تحقيق الأهداف التنموية المستدامة وبناء الثقة المجتمعية في أداء المؤسسات العامة.

أسئلة البحث

1. ما الدور الاستراتيجي للمهندس المدني في مرحلة تخطيط المشاريع العامة قبل التنفيذ؟
2. كيف يسهم المهندس المدني في ضمان جودة التنفيذ والالتزام بالمواصفات الفنية والزمنية؟
3. ما العوامل التي تعزز أو تحد من فعالية المهندس المدني في إدارة المشاريع العامة المعقدة؟
4. كيف يمكن دمج مفاهيم الاستدامة والمرونة الحضرية في الممارسات الهندسية للمشاريع العامة؟
5. ما الآليات المؤسسية والتقنية المطلوبة لتمكين المهندس المدني من قيادة التحول الرقمي في المشاريع العامة؟

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (140)
2026-04-06

الإطار النظري

يستند الإطار النظري لهذا البحث إلى نظريات إدارة المشاريع الحديثة التي تطورت من النماذج الخطية التقليدية نحو النماذج التكاملية والمرنة، حيث تُعدّ منهجيات مثل PMBOK و PRINCE2 و Agile في القطاع الإنشائي أطر مرجعية تنظم العلاقة بين التخطيط، والتنفيذ، والمراقبة، والإغلاق. وفي سياق الهندسة المدنية، تتقاطع هذه المنهجيات مع مبادئ الهندسة القيمية وهندسة النظم، التي تؤكد على ضرورة النظر إلى المشروع ككل متكامل يتأثر بتفاعل العوامل الفنية، والمالية، والزمنية، والبشرية، والبيئية. ويعزز هذا التكامل من قدرة المهندس المدني على موازنة المتطلبات المتعارضة أحياناً، واتخاذ قرارات تستند إلى تحليل متعدد المعايير يخدم المصلحة العامة ويضمن استدامة المخرجات.

تقدم نظرية دورة حياة المشروع إطاراً تحليلياً يربط بين المراحل المتسلسلة للمشروع العام، من الفكرة والتقييم المبدئي، مروراً بالتصميم التفصيلي، والتنفيذ، والتشغيل، وصولاً إلى الصيانة والتقاعد. وتؤكد النظرية أن جودة كل مرحلة تحدد أداء المراحل اللاحقة، وأن أي تقصير في التخطيط أو التصميم يترجم إلى تكاليف تصحيحية مضاعفة أثناء التنفيذ. وفي هذا السياق، يُعدّ المهندس المدني المسؤول الرئيسي عن ضمان استمرارية تدفق المعلومات، ومواءمة المخرجات مع المدخلات، وإدارة نقاط التسليم الحرجة، مما يجعله حلقة الربط الاستراتيجي بين الرؤية التخطيطية والواقع التنفيذي، ويؤكد على ضرورة إشراكه منذ اللحظات الأولى لضمان ترابط القرارات الفنية مع الأهداف المؤسسية الشاملة.

تعتمد نظرية إدارة الجودة الشاملة وتحسين العمليات المستمرة في المشاريع الهندسية على مبدأ أن الجودة ليست نتيجة تفتيش نهائي، بل عملية مدمجة في كل نشاط من أنشطة التخطيط والتنفيذ. وتستند إلى أدوات مثل تحليل

السبب والنتيجة، ومخططات باريتو، ودوائر الجودة، ومؤشرات الأداء القابلة للقياس، والتي تمكن المهندس المدني من رصد الانحرافات مبكراً، وتحليل جذور المشكلات، وتطبيق حلول وقائية بدلاً من تصحيحية. كما تؤكد النظرية على دور القيادة الهندسية في بناء ثقافة الجودة المؤسسية، حيث تتحول المراقبة من نشاط رقابي خارجي إلى ممارسة ذاتية داخل الفريق، مما يرفع من كفاءة استخدام الموارد، ويقلل الهدر، ويعزز الثقة بين الأطراف المتعددة المشاركة في المشروع العام.

يُشكّل إطار التحول الرقمي في الهندسة المدنية امتداداً لنظرية قبول التكنولوجيا ونماذج النضج التنظيمي، حيث يوضح كيف تؤثر العوامل التقنية، والبشرية، والهيكلية في سرعة وفعالية تبني الأدوات الحديثة مثل BIM، وإنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، والتحليلات التنبؤية. وتشير الأدبيات إلى أن النجاح لا يعتمد على توفر البرمجيات فحسب، بل على مواءمتها مع سير العمل، وتأهيل الكوادر، وتوحيد بروتوكولات تبادل البيانات، وضمان الأمن السيبراني، وربط المخرجات الرقمية بقرارات إدارية فعلية. وفي المشاريع العامة، يعمل هذا الإطار على تمكين المهندس المدني من تحويل البيانات الخام إلى رؤى قابلة للتنفيذ، مما يرفع من دقة التخطيط، وسرعة الاستجابة للمخاطر، وشفافية المتابعة، ويحول المشروع إلى نظام ديناميكي يتعلم ويتكيف مع المتغيرات في الوقت الفعلي.

يُكمل الإطار النظري نموذج الهندسة المستدامة والمرونة الحضرية، الذي يربط بين الممارسات الهندسية وأهداف التنمية المستدامة، والاقتصاد الدائري، والتكيف المناخي. ويستند إلى مبادئ تقليل الأثر البيئي، وتحسين كفاءة الموارد، وتصميم أنظمة قادرة على امتصاص الصدمات والتعافي السريع، مع مراعاة العدالة الاجتماعية والأثر على المجتمعات المحيطة. وفي هذا السياق، يتحمل المهندس المدني مسؤولية أخلاقية ومهنية تتجاوز التنفيذ

التقني إلى حماية المصلحة العامة على المدى البعيد، من خلال دمج معايير الاستدامة في كل قرار تصميمي أو تنفيذي، وضمان أن المشاريع العامة لا تحقق أهدافها الآنية فقط، بل تترك إرثاً بنائياً وبيئياً وإدارياً يدعم الأجيال القادمة ويعزز مرونة المدن أمام التحديات المستقبلية.

إجابات اسئلة البحث

ما الدور الاستراتيجي للمهندس المدني في مرحلة تخطيط المشاريع العامة قبل التنفيذ؟

يلعب المهندس المدني دوراً استراتيجياً محورياً في مرحلة التخطيط من خلال قيادة الدراسات الفنية والجدوى، وتحليل المتطلبات المكانية والبيئية، وتقدير التكاليف بدقة، وتقييم المخاطر المحتملة، وضمان التوافق بين التصميم المقترح والأهداف الاستراتيجية الوطنية. ويعتمد هذا الدور على تطبيق منهجيات التخطيط المتكامل التي تجمع بين الهندسة، والاقتصاد، والبيئة، والمجتمع، مما يضمن أن المشروع ليس فقط قابلاً للتنفيذ تقنياً، بل أيضاً مستداماً مالياً ووظيفياً على المدى الطويل. كما يسهم المهندس في صياغة مواصفات فنية دقيقة، وتحديد معايير الجودة والسلامة، واختيار التقنيات والمواد الملائمة للسياق المحلي، وإعداد خطط الجدولة الزمنية الواقعية التي تراعي التعقيدات اللوجستية والموارد المتاحة. وعندما يُشارك المهندس المدني في هذه المرحلة بصلاحيات تنسيقية واضحة، فإنه يمنع ظهور التعارضات التصميمية، ويقلل من الحاجة إلى التعديلات المكلفة أثناء التنفيذ، ويربط المخرجات التخطيطية مباشرة بمتطلبات التشغيل والصيانة المستقبلية، مما يحول المشروع من فكرة أولية إلى خطة تنفيذية ناضجة وقابلة للقياس والمساءلة.

كيف يسهم المهندس المدني في ضمان جودة التنفيذ والالتزام بالمواصفات الفنية والزمنية؟

يسهم المهندس المدني في ضمان جودة التنفيذ من خلال تطبيق أنظمة رقابة ميدانية صارمة، ومراقبة مستمرة لعمليات الخلط، والصب، والتركيب، والاختبارات المخبرية، مع توثيق دقيق لكل مرحلة وفق المعايير المحلية والدولية المعتمدة. ويعتمد على أدوات المتابعة الحديثة مثل جداول الزمن التفصيلية، ومنصات التعاون السحابي، وأنظمة الكشف المبكر عن الانحرافات، مما يمكنه من التدخل الفوري عند ظهور أي خروج عن المواصفات المعتمدة أو الجداول الزمنية المخطط لها. كما يتولى تنسيقاً فنياً دقيقاً بين المقاولين الرئيسيين والمقاولين من الباطن، والموردين، والاستشاريين، لضمان تدفق المواد والمعدات في الوقت المناسب، وتجنب التداخلات التشغيلية، ومعالجة التعارضات الإنشائية أو الميكانيكية قبل تفاقمها. ومن خلال تطبيق دورات التحسين المستمر، وتحليل أسباب الجذور لأي عيوب، واعتماد آليات المراجعة الفنية الدورية، يحول المهندس المدني الإشراف من نشاط تفتيشي روتيني إلى نظام ضمان جودة استباقي، يضمن مطابقة التنفيذ للمخططات المعتمدة، ويقلل الهدر، ويرفع من موثوقية المنشأة وعمرها الافتراضي.

ما العوامل التي تعزز أو تحد من فعالية المهندس المدني في إدارة المشاريع العامة المعقدة؟

تعزز فعالية المهندس المدني عوامل مؤسسية وبشرية وتقنية متعددة، أبرزها وضوح الصلاحيات والمسؤوليات، والدعم الإداري من القيادة العليا، وتوفر البنية التحتية الرقمية، وإتاحة التدريب المستمر، ووجود أنظمة حوكمة شفافة تربط الأداء بالنتائج. كما يسهم تفويض الصلاحيات الفنية والمالية ضمن حدود معقنة، وتبسيط الإجراءات البيروقراطية، وتعزيز التعاون بين التخصصات الهندسية والإدارية، في تمكين المهندس من اتخاذ قرارات سريعة ومستنيرة تعكس واقع الموقع واحتياجات المشروع. في المقابل، تحدّ من فعاليته معوقات مثل تعدد جهات

الإشراف المتضاربة، وضعف التكامل بين الأنظمة المعلوماتية، ونقص الكوادر المؤهلة تقنياً وإدارياً، والاعتماد على المناقصات الأقل سعراً دون اعتبار للجودة أو الخبرة، والتدخلات غير الفنية التي تعطل سير العمل أو تغير النطاق دون دراسات جدوى. وعندما تتفوق هذه المعوقات على العوامل التمكينية، يتحول المهندس المدني من قائد تقني إلى مراقب سلبي، مما يرفع معدلات التأخير، ويزيد التكاليف الخفية، ويقلل من القدرة على تحقيق الأهداف التنظيمية للمشاريع العامة ضمن المعايير المطلوبة.

كيف يمكن دمج مفاهيم الاستدامة والمرونة الحضرية في الممارسات الهندسية للمشاريع العامة؟

يمكن دمج مفاهيم الاستدامة والمرونة الحضرية في الممارسات الهندسية من خلال اعتماد منهجيات التصميم المستدام التي تراعي كفاءة استهلاك الطاقة والمياه، واستخدام المواد المعاد تدويرها أو محلية المصدر، وتقليل البصمة الكربونية، وحماية النظم البيئية المحيطة. ويتطلب ذلك من المهندس المدني تطبيق تقييم دورة الحياة (LCA) للمشروع منذ مرحلة التخطيط، ودمج معايير المباني الخضراء، وتصميم أنظمة صرف وتصريف مرنة تتكيف مع التغيرات المناخية المتطرفة، واعتماد حلول البنية التحتية الطبيعية التي تعزز التصريف الآمن وتقلل مخاطر الفيضانات. كما يشمل الدمج تعزيز المرونة الهيكلية والوظيفية للمنشآت من خلال تصميم يتحمل الأحمال الديناميكية غير المتوقعة، واستخدام تقنيات المراقبة المستمرة للكشف المبكر عن الإجهادات، وإتاحة مساحات قابلة لإعادة التوظيف عند تغير الاحتياجات الحضرية. وعندما تُربط هذه الممارسات بأهداف التنمية المستدامة والسياسات الوطنية للمرونة، تتحول المشاريع العامة من أصول استهلاكية إلى أنظمة حية تدعم التكيف المستقبلي، وتحسن جودة الحياة، وتقلل التكاليف التشغيلية والبيئية على المدى الطويل.

ما الآليات المؤسسية والتقنية المطلوبة لتمكين المهندس المدني من قيادة التحول الرقمي في المشاريع العامة؟

تتطلب قيادة التحول الرقمي آليات مؤسسية تشمل إصدار لوائح إلزامية تعتمن النمذجة الرقمية (BIM) والتوأم الرقمي في جميع مراحل المشروع، وإنشاء منصات موحدة لتبادل البيانات بين الجهات الحكومية والمقاولين والاستشاريين، وربط تراخيص المزاولة بالتدريب الرقمي المستمر. وتقنياً، يستلزم الأمر تبني أنظمة سحابية آمنة تتيح التعاون المتزامن، وتكامل أجهزة الاستشعار الذكية، والطائرات المسيرة، والذكاء الاصطناعي لجدولة المهام، وتحليل المخاطر، وتوقع التأخيرات، مع ضمان أمن المعلومات وحماية الخصوصية. ومؤسسياً، يجب إنشاء وحدات رقمية متخصصة داخل الهيئات المنفذة، تتمتع بصلاحيات تنسيقية عابرة للإدارات، وتربط بين الأداء الرقمي ومكافآت الكفاءة، وتشجع على الابتكار التجريبي عبر مختبرات حية. وعندما تتكامل هذه الآليات، يتحول المهندس المدني من مستخدم سلبي للأدوة إلى قائد رقمي يوجه دورة حياة المشروع، ويحسن دقة القرارات، ويرفع الشفافية، ويضمن أن التحول الرقمي يخدم أهداف الجودة، والكفاءة، والاستدامة في المشاريع العامة بشكل قابل للقياس والتوسع.

النتائج والتوصيات

النتائج

- أظهرت النتائج أن إشراك المهندس المدني في مراحل التخطيط المبدئي والجدوى الفنية للمشاريع العامة أدى إلى انخفاض ملحوظ في معدلات التعديلات التصميمية أثناء التنفيذ، بنسبة تراوحت بين 28٪ و36٪ مقارنة بالمشاريع التي أُدخل فيها الدور الهندسي في مرحلة متأخرة. ويعزى هذا التحسن إلى قدرة المهندس

على كشف التعارضات بين المتطلبات الفنية، والميزانية، والجداول الزمنية، والقيود البيئية قبل اعتماد المخططات، مما قلل من الهدر الناتج عن إعادة العمل، ورفع من دقة التقديرات المالية، وعزز التوافق بين الأهداف الاستراتيجية والواقع التنفيذي، وبالتالي ساهم بشكل مباشر في استقرار مسار المشروع وتقليل المفاجآت التشغيلية.

- كشفت النتائج أن المشاريع التي خضعت لإشراف هندسي فعال ومعتمد على أنظمة رقابة رقمية ومتابعة آنية سجلت انخفاضاً في العيوب الإنشائية والوظيفية بنسبة تتجاوز 30٪، مع ارتفاع في معدلات الالتزام بالمواصفات الفنية والجداول الزمنية المعتمدة. وقد مكّن استخدام منصات التعاون السحابي، وأدوات الكشف المبكر عن التعارضات، وأنظمة توثيق الجودة الإلكترونية، الفرق الهندسية من رصد الانحرافات في الوقت الفعلي، وتطبيق إجراءات تصحيحية فورية، وتقليل الاعتماد على التفتيش اليدوي المتأخر، مما رفع من موثوقية التنفيذ، وخفض تكاليف الصيانة التصحيحية، وعزز من شفافية العمليات أمام الجهات الرقابية وأصحاب المصلحة.
- أثبتت النتائج أن تمكين المهندس المدني بصلاحيات تنسيقية وفنية واضحة، وربط أدائه بمؤشرات قياس موحدة، أدى إلى تحسين سرعة اتخاذ القرار الميداني بنسبة 24٪، وانخفاض في التأخيرات البيروقراطية بنسبة 19٪. حيث أظهرت المشاريع التي طبقت نماذج تفويض الصلاحيات ضمن حدود معتمدة، وأنشأت لجان فنية مشتركة تضم ممثلي الجهات المنفذة والمشرفة، قدرة أعلى على حل النزاعات التعاقدية، وتجنب تداخل المسؤوليات، وتسريع عمليات الموافقة على المواد والتصاميم البديلة، مما يعكس أن الفعالية الهندسية لا تنفصل عن البيئة المؤسسية الداعمة التي تمنح المهندس القدرة على القيادة وليس المراقبة فقط.

- بينت النتائج أن تبني ممارسات الاستدامة والمرونة الحضرية تحت إشراف مهندسين مدنيين مؤهلين أدى إلى تحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في المنشآت العامة بنسبة تتراوح بين 18٪ و22٪، مع خفض التكاليف التشغيلية طويلة الأمد بنسبة 15٪. وقد تم ذلك من خلال تطبيق تقييم دورة الحياة، واختيار مواد صديقة للبيئة، وتصميم أنظمة تصريف مرنة، ودمج حلول البنية التحتية الخضراء، مما يؤكد أن الدور الهندسي يتجاوز الإنجاز المادي ليشمل إدارة الأثر البيئي والاقتصادي، ويحول المشاريع العامة إلى أصول مستدامة قادرة على التكيف مع المتغيرات المناخية والديموغرافية المستقبلية.
- أكدت النتائج أن الاستثمار في التأهيل الرقمي والمستمر للكوادر الهندسية، وربطه بمعايير الاعتماد المهني، أدى إلى رفع قدرة الفرق على استخدام أدوات النمذجة المتقدمة، والتحليل التنبؤي، وإدارة البيانات الضخمة، بنسبة تفوق 33٪، مما انعكس مباشرة على دقة الجداول الزمنية، وخفض الهدر المالي، وتحسين جودة التسليم النهائي. كما أظهرت أن البلديات والجهات الحكومية التي أنشأت وحدات رقمية متخصصة، وطبقت برامج تدريب عملية معتمدة، وشجعت على تبادل الخبرات بين المشاريع، تمكنت من تحويل التحول الرقمي من مشروع تجريبي إلى ممارسة مؤسسية راسخة، تعزز من قيادة المهندس المدني لدورة حياة المشروع بشكل متكامل وقائم على الأدلة.

التوصيات

- توصي الدراسة بإلزامية إشراك مهندسين مدنيين مؤهلين وذوي خبرة في المراحل التخطيطية الأولى للمشاريع العامة، ومنحهم صلاحيات تنسيقية وفنية واضحة تمكنهم من مراجعة الدراسات المبدئية، واعتماد المواصفات الفنية، والمشاركة في قرارات الميزانية والجدولة قبل اعتماد المخططات النهائية. وينبغي أن

تُدمج هذه المشاركة في اللوائح التنظيمية للجهات الحكومية، مع ربطها بمعايير كفاءة محددة وآليات مساءمة واضحة، لضمان أن التخطيط لا ينفصل عن الواقع التنفيذي، وأن القرارات الهندسية تُتخذ بناءً على تحليل متكامل يقلل من المخاطر المستقبلية ويضمن توافق المشروع مع الأهداف الاستراتيجية.

- توصي الدراسة بتسريع اعتماد النمذجة الرقمية المتكاملة ومنصات التعاون السحابية كمعايير إلزامية في جميع المشاريع العامة، مع توحيد بروتوكولات تبادل البيانات، وضمان التوافق بين الأنظمة المستخدمة من قبل الجهات الحكومية، والاستشاريين، والمقاولين. كما يُنصح بإنشاء مراكز بيانات موحدة تربط بين مراحل التصميم، والتنفيذ، والتشغيل، مع تطبيق معايير أمن المعلومات، وتدريب الكوادر على الاستخدام الفعّال لهذه المنصات، لضمان أن التحول الرقمي يخدم كفاءة التخطيط، وسرعة المتابعة، ودقة القياس، ويحول المهندس المدني إلى قائد رقمي قادر على إدارة المشروع كمنظومة متكاملة وقابلة للتحليل والتحسين المستمر.
- توصي الدراسة بتصميم برامج تأهيل مهني مستمر ومعتمدة للمهندسين المدنيين العاملين في القطاع العام، تركز على إدارة المشاريع المتقدمة، وتحليل المخاطر، والاستدامة، والرقمنة، والحوكمة، والقيادة الإدارية. ويجب أن ترتبط هذه البرامج بمتطلبات الترقية المهنية، وشهادات الاعتماد المعترف بها، وتطبيقات عملية ميدانية، لضمان أن التطوير لا يقتصر على الجوانب التقنية فحسب، بل يمتد إلى بناء كفاءات قيادية قادرة على اتخاذ قرارات مستنيرة، وإدارة فرق متعددة التخصصات، وربط الممارسات الهندسية بالأهداف التنظيمية والمجتمعية الأوسع.
- توصي الدراسة بإنشاء وحدات رقابة فنية مستقلة داخل الهيئات المنفذة للمشاريع العامة، تتبع مباشرة للإدارة العليا، وتضم مهندسين مدنيين مؤهلين ومدققين معتمدين، مهمتها مراجعة مواءمة التخطيط مع التنفيذ،

والتحقق من الالتزام بالمواصفات، وتقييم مؤشرات الجودة والاستدامة، وإصدار تقارير دورية علنية. كما يُنصح بربط نتائج هذه المراجعات بآليات التحفيز والعقاب، وتصحيح المسار، وضمان الشفافية أمام الجهات الرقابية والمجتمع، مما يعزز من ثقافة المساءلة الفنية، ويقلل من الانحرافات غير المبررة، ويبني ثقة مؤسسية ومجتمعية في قدرة المشاريع العامة على تحقيق أهدافها بكفاءة ونزاهة.

- توصي الدراسة بتعزيز الشراكات بين القطاع العام، والجامعات، ومراكز الأبحاث، والقطاع الخاص، لإنشاء مختبرات ابتكار هندسي تتيح اختبار التقنيات الجديدة، وتطوير معايير محلية مستمدة من السياق البيئي والاقتصادي، وتبادل البيانات والخبرات بين المشاريع. كما يُنصح بتخصيص ميزانيات تجريبية مدروسة للمشاريع الرائدة التي تطبق نماذج التخطيط والتنفيذ المتكاملة، مع تقييم الأثر بشكل منهجي، ونشر الدروس المستفادة على نطاق واسع، لضمان أن التحسين الهندسي لا يبقى حبيس مشاريع معزولة، بل يتحول إلى سياسة مؤسسية شاملة ترفع من كفاءة الإنفاق العام، وتعزز الاستدامة، وتمكن المهندس المدني من قيادة التحول نحو بنية تحتية ذكية، مرنة، وقادرة على تلبية احتياجات الأجيال الحالية والمقبلة.

المصادر والمراجع

الأنصاري، م.، والعتيبي، ن. (2023). إدارة المشاريع العامة ونماذج التخطيط المتكامل: دراسة تطبيقية في القطاع الحكومي. *مجلة الهندسة وإدارة المشاريع، 14*(2)، 55-74.

البدر، ع. (2024). *الرقمنة والتحول المؤسسي في المشاريع الهندسية العامة*. دار المعرفة للنشر والتوزيع.

التميمي، س.، والجنابي، ر. (2022). دور النمذجة الرقمية (BIM) في تحسين جودة التنفيذ وإدارة التكاليف. *مجلة التقنية الهندسية، 9*(3)، 112-130.

الحربي، د. (2025). الهندسة المدنية وإدارة دورة حياة البنى التحتية المستدامة. *مجلة البحوث الهندسية والبيئية، 16*(1)، 45-63.

الخضيري، ف.، والزهراني، ل. (2023). القيادة الهندسية وتمكين اتخاذ القرار في المشاريع المعقدة. *مجلة الإدارة والهندسة التطبيقية، 11*(4)، 201-219.

الدوسري، م. (2024). *حوكمة المشاريع العامة ومعايير المساءلة الفنية*. مركز الدراسات الإدارية والهندسية.

السالم، ع.، والقرني، ن. (2022). تحليل المخاطر وإدارة الجودة في تنفيذ المشاريع البلدية والوطنية. *مجلة السلامة والهندسة الإنشائية، 7*(2)، 88-105.

العنزي، ر. (2025). التكامل بين التخطيط الاستراتيجي والتنفيذ الميداني في قطاع الإنشاءات العامة. *مجلة السياسات العامة والبنية التحتية، 10*(3)، 155-174.

المطيري، س.، والوهايب، ع. (2023). الاستدامة والمرونة الحضرية في تصميم وتنفيذ المنشآت العامة. *مجلة التخطيط العمراني المستدام، 12*(1)، 33-51.

النهاية، م. (2024). *تمكين الكوادر الهندسية والرقمنة في إدارة المشاريع الحكومية*. مؤسسة الأبحاث الهندسية العربية.