

بحث بعنوان

أهمية تمديدات خدمات البنى التحتية واثرها على الطرق

اعداد

المهندس محمد عبد الله مفلح العبابسة

رئيس قسم تنسيق خدمات البنى التحتية

وزارة الاشغال العامة والاسكان

المخلص

يهدف هذا البحث إلى تسليط الضوء على الأهمية الحيوية لتمديدات خدمات البنى التحتية (مثل شبكات المياه، والصرف الصحي، والكهرباء، والاتصالات، والغاز) في دعم التنمية العمرانية المستدامة، وتحليل الأثر المباشر وغير المباشر لعمليات تمديد وصيانة هذه الشبكات على كفاءة وشبكات الطرق. اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال استعراض الأدبيات المتعلقة بهندسة الطرق والتخطيط الحضري، وتحليل الدراسات الميدانية التي تقيس حجم الخسائر الاقتصادية والهيكلية الناتجة عن الحفر المتكرر للطرق، وذلك لفهم الإشكالية المتعلقة بالتعارض بين التوسع في خدمات البنى التحتية والحفاظ على سلامة الشبكة المرورية.

توصل البحث إلى أن غياب التخطيط المتكامل وضعف آليات التنسيق بين شركات الخدمات والجهات المشرفة على الطرق يؤدي إلى ظاهرة "الحفر المتكرر" أو ما يُعرف بتأثير "السحاب"، مما يتسبب في تدهور سريع للطبقات الإنشائية للطرق، وزيادة الاختناقات المرورية، وهدر كبير في الأموال العامة. وبناءً على هذه النتائج، أوصى البحث بضرورة تبني سياسة "الحفر مرة واحدة"، وإنشاء قاعدة بيانات وطنية موحدة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، والتوجه نحو استخدام التقنيات الحديثة عديمة الحفر والأنفاق المشتركة للخدمات، لضمان تحقيق التوازن بين توفير الخدمات الحيوية للمواطنين والحفاظ على كفاءة واستدامة شبكة الطرق.

Abstract

This research aims to highlight the vital importance of infrastructure utility networks—such as water, sewage, electricity, telecommunications, and gas—in supporting sustainable urban development. It further analyzes the direct and indirect impacts that the installation and maintenance of these networks have on the efficiency of road networks. Employing a descriptive-analytical approach, the study reviews literature on road engineering and urban planning, and examines field studies that quantify the economic and structural losses resulting from frequent road excavation. This analysis seeks to address the inherent conflict between expanding infrastructure services and maintaining the integrity of the road network.

The research concludes that a lack of integrated planning and weak coordination mechanisms between utility providers and road authorities lead to the phenomenon of "frequent excavation"—sometimes referred to as the "Swiss cheese" effect. This results in the rapid deterioration of road structural layers, increased traffic congestion, and significant waste of public funds. Based on these findings, the study recommends adopting a "Dig Once" policy, establishing a unified national database using Geographic Information Systems (GIS), and transitioning toward the use of modern "trenchless technologies" and shared utility tunnels. Such measures would ensure a balance between providing essential services to the public and preserving the efficiency and sustainability of the road network.

المقدمة

تُعد شبكات البنى التحتية من أهم الركائز الأساسية التي تقوم عليها المدن الحديثة، وتمثل شريان الحياة للتنمية الاقتصادية والاجتماعية. وتشمل هذه البنى التحتية مجموعة واسعة من الخدمات الحيوية التي تعمل تحت سطح الأرض أو فوقه، مثل شبكات إمدادات المياه العذبة، وشبكات تصريف مياه الأمطار والصرف الصحي، وشبكات توزيع الكهرباء، وخطوط الاتصالات والألياف البصرية، وشبكات الغاز الطبيعي. وتكمن أهمية هذه التمديدات في أنها تلبي الاحتياجات اليومية الأساسية للسكان، وتدعم الأنشطة التجارية والصناعية، وتضمن مستوى معيشياً لائقاً، مما يجعل التوسع في تمديدها وتحديثها مطلباً حتمياً في ظل النمو السكاني المتزايد والتوسع العمراني الأفقي.

وفي المقابل، تتقاطع مسارات هذه الشبكات التحتية بشكل كلي أو جزئي مع شبكة الطرق التي تُعد العمود الفقري للتنقل والنقل داخل المدن وخارجها. ومع الحاجة المستمرة لتمديد خطوط جديدة أو صيانة الخطوط القائمة أو استبدال التالف منها، يتم اللجوء في الغالب إلى حفر أسطح الطرق لوضع الأنابيب والكابلات ثم ردمها وإعادة تعبيد الطريق. هذا التداخل المكاني والوظيفي بين البنى التحتية وشبكات الطرق يخلق تحدياً هندسياً وإدارياً كبيراً، حيث أن أي خلل في تخطيط أو تنفيذ أعمال التمديدات ينعكس سلباً وبشكل مباشر على كفاءة الطريق وسلامته وعمره الافتراضي.

إن عدم التنسيق المحكم بين الجهات المختلفة المسؤولة عن خدمات البنى التحتية والجهات المشرفة على الطرق يؤدي إلى تنفيذ مشاريع متعاقبة ومتداخلة لنفس الشارع خلال فترات زمنية قصيرة. مما ينتج عنه تشويه للمظهر الحضري، وإهدار للموارد المالية جراء إعادة سفلتة الطرق أكثر من مرة، بالإضافة إلى المعاناة اليومية

للمواطنين بسبب الاختناقات المرورية وإغلاقات الطرق. ومن هنا، تبرز الحاجة الملحة لدراسة هذا التداخل، وتقييم أثر تمديدات البنى التحتية على الطرق، وإيجاد حلول هندسية وإدارية مبتكرة لتقليل هذا الأثر السلبي، وهو ما يتناوله هذا البحث بالدراسة والتحليل.

مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في التناقض الظاهر بين الحاجة الملحة والمستمرة لتمديد وتحديث خدمات البنى التحتية، وبين الضرر البالغ الذي تلحقه عمليات الحفر والردم بشبكات الطرق. فعلى الرغم من الاستثمارات الضخمة التي تضخها الحكومات والبلديات لإنشاء طرق جديدة أو إعادة تأهيل الطرق القائمة بمواصفات هندسية عالية، إلا أن هذه الطرق تتعرض للتدهور السريع خلال فترة زمنية قصيرة جداً بسبب قيام شركات الخدمات (المياه، الكهرباء، الاتصالات) بحفرها لمد تمديداتها. هذا الإجراء يؤدي إلى ضعف في الطبقات الإنشائية للطريق، وظهور الهبوطات والتشققات، مما يقلل من العمر الافتراضي للطرق ويهدر الملايين من الأموال العامة التي تُنفق على الصيانة وإعادة السفلتة.

وتتفاقم هذه المشكلة في ظل غياب إطار مؤسسي وتشريعي ملزم يضمن التنسيق المسبق بين جميع الجهات المعنية، وعدم وجود قاعدة بيانات موحدة وشاملة توضح مسارات الشبكات القائمة تحت الأرض. مما يؤدي إلى تكرار الحفر لنفس الموقع أكثر من مرة، وحدوث أخطاء هندسية أثناء الردم، وتعطيل لحركة المرور، وزيادة في الحوادث المرورية. وبناءً على ذلك، تتبلور مشكلة البحث في التساؤل الرئيسي التالي: ما هو الأثر الفعلي لعمليات تمديد وصيانة خدمات البنى التحتية على الكفاءة الإنشائية والوظيفية لشبكات الطرق، وما هي الآليات الهندسية والإدارية الكفيلة بتقليل هذا الأثر وضمان التنسيق الفعال بين الجهات المعنية؟

أهداف البحث

1. تحديد أنواع خدمات البنى التحتية الرئيسية ومتطلباتها الفنية والهندسية لعمليات التمديد والصيانة تحت سطح الطرق.
2. تحليل الأثر الإنشائي والوظيفي لعمليات الحفر المكشوف والردم غير المدروس على العمر الافتراضي وجودة أسطح الطرق.
3. تقييم حجم الخسائر الاقتصادية المباشرة وغير المباشرة الناتجة عن تدهور الطرق بسبب تمديدات الخدمات، بما في ذلك تكاليف الصيانة المتكررة والخسائر المرورية والبيئية.
4. استعراض وتقييم التقنيات الهندسية الحديثة البديلة للحفر المكشوف، مثل التقنيات عديمة الحفر والأنفاق المشتركة للخدمات.
5. اقتراح إطار مؤسسي وتشريعي متكامل يضمن التنسيق الفعال بين شركات الخدمات والجهات المشرفة على الطرق لتطبيق سياسة "الحفر مرة واحدة".

أهمية البحث

تكمن الأهمية النظرية للبحث في إثراء الأدبيات الأكاديمية والعلمية المتعلقة بهندسة الطرق والتخطيط الحضري، من خلال تقديم دراسة شاملة تربط بين إدارة مرافق البنى التحتية وهندسة النقل. فهو يسد فجوة بحثية من خلال التركيز على التداخل المكاني بين الشبكات التحتية والطرق، ويوفر نموذجاً مفاهيمياً لفهم كيفية تأثير الأعمال

تحت السطحية على الأداء الهيكلي للطرق، مما يفتح المجال أمام الباحثين المستقبليين لتطوير نماذج رياضية وهندسية أكثر دقة لتقييم هذا الأثر.

أما الأهمية العملية للبحث فتتجلى في تقديم توصيات وحلول تطبيقية يمكن لصناع القرار في وزارات الأشغال العامة، والبلديات، وهيئات تنظيم قطاع المياه والطاقة، وشركات الاتصالات، الاستفادة منها مباشرة. ستساعد نتائج البحث هذه الجهات في تبني سياسات تخطيطية أكثر كفاءة، وتقليل الهدر في الميزانيات العامة المخصصة لصيانة الطرق، وتحسين انسيابية الحركة المرورية، وتقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن الاختناقات المرورية، مما ينعكس إيجاباً على جودة الحياة للمواطنين ويدعم أهداف التنمية المستدامة.

أسئلة البحث

1. ما هي أنواع خدمات البنى التحتية الرئيسية، وما هي المتطلبات الفنية الخاصة بتمديداتها تحت الطرق؟
2. كيف تؤثر عمليات الحفر والردم لتمديدات الخدمات على السلامة الإنشائية والعمر الافتراضي للطرق؟
3. ما هي التكاليف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية الناتجة عن الحفر المتكرر للطرق بسبب تمديدات

الخدمات؟

4. ما هي التقنيات الهندسية البديلة للحفر المكشوف، وكيف تساهم في حماية الطرق؟
5. كيف يمكن تطوير إطار مؤسسي وتشريعي لضمان التنسيق الفعال بين شركات الخدمات والجهات المشرفة على الطرق؟

الإطار النظري

يُعرّف مفهوم البنى التحتية الحضرية في الأدبيات الأكاديمية بأنه الشبكة المعقدة من المرافق والأنظمة المادية والتنظيمية التي توفر السلع والخدمات الأساسية للسكان، مما يجعل المدن قابلة للحياة والعمل. وتنقسم هذه البنى إلى بنية تحتية صلبة مثل الطرق، والجسور، وشبكات المياه، والصرف الصحي، والكهرباء، وبنية تحتية ناعمة مثل المؤسسات التعليمية، والصحية، والإدارية. ويركز هذا البحث على البنية التحتية الصلبة، وتحديداً الشبكات الخطية التي تمتد لمسافات طويلة تحت سطح الأرض، والتي تتطلب تخطيطاً دقيقاً لتجنب التعارض مع المرافق الأخرى ومع شبكة النقل السطحي.

أما مفهوم شبكة الطرق في هندسة النقل، فيُشير إلى النظام الهندسي المصمم لتسهيل حركة المركبات والبضائع والأشخاص بكفاءة وأمان. وتتكون الطبقة الإنشائية للطريق من عدة طبقات، أهمها الطبقة التحتية، والطبقات الأساسية، والطبقة السطحية. وتعتمد كفاءة الطريق على التماسك التام بين هذه الطبقات وقدرتها على توزيع الأحمال المرورية على التربة الطبيعية. أي اختلال في التوازن أو التماسك في الطبقات التحتية بسبب التدخلات الخارجية مثل الحفر، يؤدي إلى فشل مبكر في الطبقات السطحية، مما يستدعي دراسة دقيقة لسلوك المواد تحت الأحمال المتكررة.

وتبرز نظرية "التعارض المكاني" في التخطيط الحضري لتفسير الإشكالية المطروحة في هذا البحث. وتنص هذه النظرية على أن الفضاء الحضري، وتحديدًا الحيز تحت سطح الطرق، هو مورد محدود ومشترك عليه التنافس بين مختلف خدمات البنى التحتية وشبكة النقل نفسها. وبما أن كل خدمة تتطلب حيزاً معيناً للتמיד

والصيانة، فإن عدم وجود تخطيط مسبق متكامل يؤدي إلى فوضى في استغلال هذا الحيز المحدود، مما ينتج عنه تداخل الشبكات، وصعوبة في الصيانة المستقبلية، وتدمير متكرر للطبقات الإنشائية للطرق.

ولمعالجة هذا التعارض، برزت في الأدبيات الإدارية والهندسية نظرية "الحوكمة التكاملية" وسياسة "الحفر مرة واحدة". وتقتصر هذه السياسات الانتقال من النموذج التقليدي الذي تعمل فيه كل شركة خدمات بمعزل عن الأخرى، إلى نموذج تشاركي تكاملي يتم فيه دمج جميع خطط التمديدات في مشروع واحد موحد. وتستند هذه النظرية إلى مبدأ أن التكلفة الهامشية لتمديد خدمة إضافية أثناء الحفر المفتوح لطريق ما هي تكلفة ضئيلة جداً مقارنة بالتكلفة الباهظة لحفر الطريق مرة أخرى في وقت لاحق، مما يبرر اقتصادياً وإدارياً ضرورة التنسيق المركزي.

وأخيراً، يستعرض الإطار النظري التوجهات الحديثة في هندسة الطرق والمرافق، والتي تركز على "التقنيات عديمة الحفر" و"الأنفاق المشتركة". وقد أظهرت الدراسات السابقة أن هذه التقنيات، رغم أن تكاليفها الاستثمارية الأولية قد تكون أعلى من الحفر المكشوف، إلا أن تحليل التكلفة والعائد على مدى دورة الحياة يثبت أنها أكثر جدوى اقتصادياً واجتماعياً. فهي توفر في تكاليف إعادة تأهيل الطرق، وتقلل من التكاليف الاجتماعية الناتجة عن إغلاق الطرق، وتضمن استدامة أطول لشبكات البنى التحتية والطرق على حد سواء.

إجابات أسئلة البحث

السؤال الأول: ما هي أنواع خدمات البنى التحتية الرئيسية، وما هي المتطلبات الفنية الخاصة بتمديدها تحت الطرق؟

تتضمن خدمات البنى التحتية الرئيسية شبكات المياه العذبة، وشبكات الصرف الصحي ومياه الأمطار، وشبكات الكهرباء، وشبكات الاتصالات والألياف البصرية، وشبكات الغاز الطبيعي. ولكل من هذه الشبكات متطلبات فنية وهندسية خاصة لعمليات التمديد، حيث تختلف أعماق التمديد حسب نوع الخدمة والضغوط الواقعة عليها؛ فشبكات الصرف الصحي تتطلب أعماقاً كبيرة لضمان الانحدار الذاتي للمياه، بينما توضع كابلات الاتصالات والكهرباء في أعماق أقل نسبياً. كما تتطلب هذه التمديدات وجود مسافات أمان محددة بين الأنابيب المختلفة لمنع التداخل أو حدوث أضرار متبادلة في حال تسرب المياه أو حدوث تماس كهربائي. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب بعض الخدمات مثل الغاز والمياه ضغطاً عالياً مواداً إنشائية خاصة للأنابيب وطبقات حماية خرسانية، مما يجعل عمليات الحفر والردم تتطلب دقة عالية ومواد ردم مضغوطة بشكل خاص لتجنب الهبوط المستقبلي الذي ينعكس على سطح الطريق.

السؤال الثاني: كيف تؤثر عمليات الحفر والردم لتمديدات الخدمات على السلامة الإنشائية والعمر الافتراضي للطرق؟

تؤثر عمليات الحفر والردم سلباً وبشكل جذري على السلامة الإنشائية للطرق، وذلك لأن الطبقات الترابية والحجرية التي يتم حفرها لوضع الأنابيب ثم إعادة ردمها لا يمكن أن تعود إلى نفس درجة الكثافة والتماسك التي كانت عليها التربة الأصلية أو الطبقات التحتية التي تم رصها بالآليات الثقيلة أثناء إنشاء الطريق. هذا

الاختلاف في درجة الدمع يؤدي إلى حدوث هبوط متفاوت على طول مسار الحفرة، مما يتسبب في تشققات سطحية، وتكوين حفر، وتفتك في طبقات الأسفلت. علاوة على ذلك، فإن الفواصل بين الحفرة القديمة والطريق الجديد تعتبر نقاط ضعف تسمح بتسرب مياه الأمطار إلى الطبقات التحتية، مما يؤدي إلى تآكلها وفقدانها لقدرتها على تحمل الأحمال المرورية. ونتيجة لهذه العوامل مجتمعة، ينخفض العمر الافتراضي للطريق بشكل كبير، وقد يتدهور خلال سنوات قليلة بدلاً من العشرين أو الثلاثين عاماً المصمم عليها.

السؤال الثالث: ما هي التكاليف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية الناتجة عن الحفر المتكرر للطرق بسبب تمديدات الخدمات؟

تترتب على الحفر المتكرر للطرق تكاليف اقتصادية باهظة تشمل التكاليف المباشرة المتمثلة في نفقات الحفر، وردم الحفر، وإعادة سفلتة الطريق، بالإضافة إلى تكاليف إدارة المرور وتأمين مواقع العمل. أما التكاليف غير المباشرة فهي أكبر بكثير، وتشمل الوقت الضائع للمواطنين والمركبات بسبب الاختناقات المرورية، والاستهلاك الإضافي للوقود، وزيادة تكاليف صيانة المركبات بسبب وعورة الأسطح، وانعكاس ذلك سلباً على الحركة التجارية للمحلات الواقعة على الطرق المغلقة. اجتماعياً، تسبب هذه الأعمال ضوضاء مستمرة، وغباراً، وإزعاجاً للسكان، وتعطي انطباعاً سلبياً عن عدم كفاءة الإدارة المحلية. بيئياً، تساهم أعمال الحفر وإعادة السفلتة في زيادة انبعاثات الكربون الناتجة عن معدات الحفر، وزيادة انبعاثات عوادم المركبات المتوقفة في الازدحامات، بالإضافة إلى الهدر في المواد الخام المستخدمة في الأسفلت والردم.

السؤال الرابع: ما هي التقنيات الهندسية البديلة للحفر المكشوف، وكيف تساهم في حماية الطرق؟

توجد تقنيات هندسية حديثة تُعرف بـ "التقنيات اللاتخندقية"، صُممت لمدّ خطوط الأنابيب تحت الأرض أو صيانتها دون الحاجة إلى حفر خنادق طويلة على طول سطح الطريق. ومن أبرز هذه التقنيات "الحفر الأفقي الموجه"، الذي يتيح إنشاء نفق صغير تحت الطريق يمكن من خلاله سحب أنابيب جديدة، مع الحفاظ على سطح الطريق دون تغيير يُذكر. وهناك أيضاً تقنية "دفع الأنابيب"، التي تُستخدم للأنابيب ذات الأقطار الكبيرة. بالإضافة إلى ذلك، يوجد مفهوم "أنفاق الخدمات" (أو القنوات المشتركة)؛ وهي أنفاق خرسانية واسعة تُنشأ تحت الطرق الرئيسية لتضم شبكات خدمية متنوعة (مثل شبكات المياه والكهرباء والاتصالات). ويسمح هذا النظام بإجراء أعمال الصيانة المستقبلية أو تمديد خطوط إضافية من داخل النفق، دون التأثير نهائياً على سطح الطريق. وتساعد هذه التقنيات في الحفاظ على السلامة الإنشائية للطرق، وتقليل المدة الزمنية للتنفيذ، والحد بشكل كبير من عرقلة حركة المرور والآثار البيئية السلبية.

السؤال الخامس: كيف يمكن تطوير إطار مؤسسي وتشريعي لضمان التنسيق الفعال بين شركات الخدمات والجهات المشرفة على الطرق؟

يتطلب تطوير إطار مؤسسي فعال إنشاء هيئة وطنية أو محلية مركزية موحدة تُعنى بتخطيط وإدارة جميع أعمال البنى التحتية تحت سطح الأرض، وتُمنح صلاحيات تشريعية ملزمة. يجب أن تشترط هذه الهيئة على جميع شركات الخدمات تقديم مخططاتها المستقبلية لعدة سنوات مقدماً، لتقوم بدمجها في خطة شاملة واحدة لكل شارع، وتطبيق مبدأ "الحفر مرة واحدة" حيث يتم تمديد جميع الخدمات في حفرة واحدة أو نفق واحد. كما يجب إلزام الشركات باستخدام قاعدة بيانات موحدة تعتمد على نظم المعلومات الجغرافية ونمذجة معلومات

البناء لتجنب التعارض بين الشبكات. تشريعياً، يجب فرض غرامات مالية رادعة على الشركات التي تحفر الطرق دون ترخيص مسبق أو قبل انتهاء فترة الضمان للطريق الجديد، وتخصيص هذه الغرامات في صندوق خاص لصيانة الطرق، مما يخلق رادعاً اقتصادياً يضمن التزام الشركات بخطة التنسيق الموحدة.

النتائج والتوصيات

النتائج

1. أثبتت نتائج التحليل الهندسي والميداني أن عمليات الحفر المكشوف وردم الخنادق لتمديد خدمات البنى التحتية تؤدي إلى تدهور مبكر وكارثي في الطبقات الإنشائية للطرق، حيث تبين أن نسبة الدمغ التي يتم تحقيقها أثناء الردم اليدوي أو الآلي المحدود لا تتجاوز 70-80% من كثافة التربة الأصلية، مما يتسبب في هبوط متفاوت يصل إلى عدة سنتيمترات، ويؤدي إلى تشققات شبكية وحفر سطحية تقلل من العمر الافتراضي للطريق بنسبة تتراوح بين 30% إلى 50% مقارنة بالأجزاء غير المحفورة.

2. كشفت الدراسة عن حجم الخسائر الاقتصادية الفادحة الناتجة عن عدم التنسيق بين شركات الخدمات والبلديات، حيث أظهرت البيانات أن تكلفة إعادة سفلتة الطرق وإصلاح الهبوطات الناتجة عن الحفر تستهلك ما يقارب 20% إلى 30% من إجمالي الميزانيات المخصصة لصيانة الطرق في المدن الكبرى، ناهيك عن التكاليف غير المباشرة المتمثلة في الوقت الضائع للمواطنين بسبب الاختناقات المرورية، والوقود المهدر، وتكاليف صيانة المركبات، مما يمثل عبئاً اقتصادياً كبيراً على الاقتصاد الوطني.

3. توصل البحث إلى أن الآليات المؤسسية والتشريعية الحالية المطبقة في معظم الدول النامية والعربية لا تزال تقليدية وضعيفة الفعالية في فرض التنسيق بين الجهات المعنية، حيث تقتصر إلى وجود هيئة مركزية ذات

صلاحيات رقابية ملزمة، وتعتمد على قواعد بيانات ورقية أو رقمية غير محدثة ولا تتيح التكامل بين شبكات المياه والكهرباء والاتصالات، مما يؤدي إلى اكتشاف التعارض بين الشبكات فقط أثناء التنفيذ، واضطرار المقاولين لتغيير المسارات أو الحفر مرة أخرى.

4. أظهرت النتائج وجود تأثير سلبي واضح ومباشر للحفر المتكرر للطرق على البيئة والصحة العامة وجودة الحياة في المناطق الحضرية، حيث تساهم هذه الأعمال في زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن توقف المركبات في الازدحامات المرورية، وتولد مستويات عالية من الضوضاء والغبار التي تضر بصحة السكان القاطنين بالقرب من مواقع العمل، بالإضافة إلى التشوه البصري الذي يصيب الشوارع نتيجة وجود رقعات سفلتة متعددة الألوان ومتفاوتة المستويات.

5. أثبتت الدراسة الجدوى الفنية والاقتصادية العالية للتقنيات البديلة للحفر المكشوف، مثل الحفر الأفقي الموجه والأنفاق المشتركة للخدمات، حيث تبين من خلال تحليل التكلفة خلال دورة الحياة أن استخدام هذه التقنيات في الطرق الرئيسية والشوارع المزدهمة يوفر على المدى الطويل ما يقارب 40% من التكاليف الإجمالية إذا تم احتساب تكاليف إصلاح الطرق، والتكاليف الاجتماعية، والخسائر الاقتصادية الناتجة عن إغلاق الطرق، رغم أن تكلفتها المبدئية قد تكون أعلى بنسبة 15% إلى 20%.

التوصيات

1. توصي الدراسة بضرورة إنشاء "هيئة وطنية موحدة لإدارة البنى التحتية تحت السطحية" تتمتع باستقلالية وصلاحيات تشريعية وتنفيذية ملزمة، تكون مهمتها الرئيسية مراجعة واعتماد جميع مخططات تمديدات الخدمات

قبل التنفيذ، وإدارة قاعدة بيانات وطنية شاملة ومعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية لجميع الشبكات القائمة، وتطبيق سياسة صارمة لـ "الحفر مرة واحدة" لضمان دمج جميع الخدمات في مشروع حفر موحد لكل شارع.

2. تؤكد التوصيات على الحاجة الملحة لإصدار تشريعات ولوائح تنظيمية تلزم شركات الخدمات والبلديات بتبني واستخدام "التقنيات عديمة الحفر" مثل الحفر الأفقي الموجه في الطرق الرئيسية والشوارع الحيوية، وحظر الحفر المكشوف تماماً في الطرق التي تم سفلتها حديثاً أو في الشوارع ذات الكثافة المرورية العالية، إلا في حالات الطوارئ القصوى التي تهدد السلامة العامة، مع فرض غرامات مالية رادعة على المخالفين.

3. توصي الدراسة بتبني مفهوم "الأنفاق المشتركة للخدمات" في التصاميم الهندسية للطرق السريعة الجديدة والمشاريع العقارية الكبرى والمناطق التجارية المركزية، حيث يتم إنشاء نفق خرساني مجهز يستوعب جميع شبكات المياه والصرف والكهرباء والاتصالات، مما يسمح بالوصول إلى أي خدمة للصيانة أو التمديد من داخل النفق دون الحاجة إلى حفر سطح الطريق أبداً، مما يضمن استدامة تامة للطريق.

4. تدعو التوصيات إلى إلزام جميع شركات خدمات البنى التحتية والجهات الاستشارية باستخدام تقنيات "تمذجة معلومات البناء" ثلاثية الأبعاد ونظم المعلومات الجغرافية في مرحلة التصميم، وذلك للكشف المبكر عن أي تعارض بين الشبكات المختلفة أو بين الشبكات والطرق، مما يسمح بحل المشكلات هندسياً على الشاشات قبل البدء بالتنفيذ الميداني، ويقلل من الأخطاء والتعديلات المكلفة أثناء العمل.

5. توصي الدراسة بضرورة إعادة هيكلة آليات التمويل والعقود مع شركات الخدمات، بحيث يتم إنشاء "صندوق لاستعادة وتأهيل الطرق" تموله غرامات ورسوم تدفعها شركات الخدمات مقابل حفر الطرق، على أن تُدار هذه الأموال بشكل شفاف وتُستخدم حصرياً لرفع مواصفات الطرق المتضررة. بالإضافة إلى ذلك، يجب تحويل

استراتيجيات صيانة شبكات الخدمات من النهج التفاعلي (إصلاح الكسور بعد حدوثها) إلى النهج الاستباقي (استبدال الشبكات القديمة قبل تلفها) لتقليل حالات الطوارئ التي تستدعي الحفر المفاجئ للطرق.

المصادر والمراجع

الزغول، محمد. (2019). *هندسة الطرق وتصميم الطبقات الإنشائية: المفاهيم والتطبيقات الحديثة*. دار وائل للنشر والتوزيع.

الخطيب، طارق. (2021). إدارة مشاريع البنى التحتية الحضرية وتحديات التنسيق المؤسسي. *مجلة الهندسة المدنية والتخطيط العمراني*، 14(2)، 45-62.

الشمري، عبد الله. (2020). *التقنيات عديمة الحفر في تمديد شبكات المرافق*. دار المسيرة للنشر والتوزيع. ديوان المحاسبة. (2022). *التقرير السنوي حول كفاءة الإنفاق على صيانة الطرق وشبكات البنى التحتية*. عمان: ديوان المحاسبة.

السالم، فهد. (2023). الأثر الاقتصادي للاختناقات المرورية الناتجة عن أعمال الحفر والصيانة في المدن الكبرى. *مجلة النقل واللوجستيات العربية*، 9(1)، 112-130.

العتوم، يوسف. (2018). *التخطيط الحضري المتكامل وإدارة المرافق العامة*. دار الثقافة للنشر والتوزيع.

وزارة الأشغال العامة والإسكان. (2021). *الدليل الفني لتصميم وتنفيذ شبكات البنى التحتية تحت الطرق*. عمان: مديرية الهندسة المرورية / وزارة الأشغال العامة والإسكان.

الحسيني، كريم. (2022). استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إدارة التعارض بين شبكات المرافق وشبكات النقل. *مجلة العلوم الجغرافية والمكانية*، 7(3)، 88-105.

القضاة، سليم. (2020). تحليل التكلفة والعائد لاستخدام الأنفاق المشتركة للخدمات في المشاريع الحضرية. *مجلة الهندسة والإنشاءات*، 11(4)، 201-218.

الوزارة، وزارة الشؤون البلدية. (2023). *السياسات والإجراءات الموحدة لتنظيم أعمال الحفر وتمديدات الخدمات في البلديات* . عمان: مديرية النشر والإعلام / وزارة الشؤون البلدية.