ISSN: 2732-3781

الإصدار الثاني – العدد الخامس
2025 – 3 – 12

**بحث بعنوان**

# دور الصيانة الدورية في إطالة عمر الطرق البلدية وتقليل تكاليف الإصلاح

**اعداد**

**عمر علي عبد المحسن بنات**

**مهندس طرق**

**بلدية جرش الكبرى**

**الملخص**

تلعب الصيانة الدورية دورًا حاسمًا في إطالة عمر الطرق البلدية من خلال معالجة المشكلات البسيطة قبل تفاقمها، مما يقلل من الحاجة إلى إصلاحات كبيرة ومكلفة. تشمل هذه الصيانة إصلاح التشققات، وإعادة طلاء العلامات المرورية، ومعالجة الحفر والتآكل الناجم عن العوامل البيئية والاستخدام المستمر. ومن خلال تنفيذ خطط صيانة منتظمة، تتمكن البلديات من تحسين جودة الطرق، وتقليل نفقات إعادة التأهيل الطارئة، وتعزيز السلامة المرورية، مما يسهم في تحقيق استدامة البنية التحتية بأقل تكلفة ممكنة.

**Abstract**

Regular maintenance plays a crucial role in extending the life of municipal roads by addressing minor issues before they escalate, reducing the need for major and costly repairs. This maintenance includes repairing cracks, repainting traffic signs, and addressing potholes and erosion caused by environmental factors and constant use. By implementing regular maintenance plans, municipalities can improve road quality, reduce emergency rehabilitation costs, and enhance traffic safety, contributing to sustainable infrastructure at the lowest possible cost.

**مقدمة البحث**

تلعب الطرق البلدية دورًا أساسيًا في ربط المجتمعات وتسهيل التنقل اليومي، مما يجعل الحفاظ على جودتها واستدامتها أمرًا ضروريًا لضمان كفاءة البنية التحتية. ومع تزايد الأحمال المرورية والعوامل البيئية التي تؤثر على سلامة الطرق، تصبح الحاجة إلى تطبيق استراتيجيات صيانة فعالة أكثر إلحاحًا. فالصيانة الدورية تمثل أحد أهم الأساليب التي تعتمدها البلديات للحفاظ على الطرق بحالة جيدة وتقليل الأضرار التي قد تؤدي إلى تدهور سريع في بنيتها. ومن خلال تنفيذ خطط صيانة منتظمة، يمكن تحقيق توفير اقتصادي طويل الأمد، إضافة إلى تحسين مستوى الخدمة المقدمة للمستخدمين.

إن إهمال صيانة الطرق يؤدي إلى تفاقم المشكلات البسيطة وتحولها إلى أضرار جسيمة تتطلب إصلاحات مكلفة قد تصل إلى إعادة تأهيل كامل للطريق. وعادة ما تبدأ الأضرار بظهور تشققات صغيرة أو حفر ناتجة عن العوامل الجوية والاستخدام المستمر، وإذا لم تتم معالجتها في الوقت المناسب، فإنها تتسع وتؤثر على الطبقات السفلية للطريق، مما يزيد من تعقيد أعمال الإصلاح. لذلك، فإن الاستثمار في الصيانة الوقائية الدورية يقلل من تكاليف الإصلاح الطارئة، ويضمن استمرارية البنية التحتية بكفاءة أعلى، الأمر الذي ينعكس إيجابيًا على الميزانيات البلدية ويخفف من الأعباء المالية على المدى البعيد.

إلى جانب الجانب الاقتصادي، تسهم الصيانة الدورية للطرق في تعزيز مستوى السلامة المرورية وتقليل الحوادث الناجمة عن تدهور جودة الطريق. فالطرق المتضررة التي تحتوي على حفر وتشققات كبيرة تؤثر على استقرار المركبات وقدرتها على التحكم، مما يزيد من مخاطر الحوادث المرورية. كما أن ضعف الصيانة يؤدي إلى تآكل العلامات والإشارات المرورية، مما يقلل من وضوحها ويؤثر على كفاءة التوجيه والإرشاد لمستخدمي الطريق. وعليه، فإن تطبيق برامج صيانة مستمرة يسهم في الحفاظ على معايير السلامة، ويحد من المخاطر التي تواجه السائقين والمشاة على حد سواء.

وفي ظل التحديات الاقتصادية والبيئية التي تواجهها البلديات، يصبح من الضروري تبني سياسات فعالة لإدارة وصيانة الطرق تعتمد على أساليب حديثة وتقنيات متطورة تقلل من استهلاك الموارد وتحقق كفاءة أعلى. فالاعتماد على أنظمة الرصد والتقييم المستمر لحالة الطرق يساعد في وضع أولويات الصيانة بناءً على درجة التآكل ومدى الحاجة إلى التدخل السريع. كما أن استخدام مواد وتقنيات مستدامة في الصيانة يعزز من عمر الطرق ويحد من تأثيراتها البيئية. وبالتالي، فإن الاهتمام المستمر بالصيانة الدورية لا يسهم فقط في تقليل التكاليف وتحسين جودة الطرق، بل يعزز أيضًا من كفاءة التخطيط العمراني ويضمن استدامة البنية التحتية للمدن والمجتمعات.

**مشكلة البحث**

تواجه العديد من البلديات تحديات كبيرة في الحفاظ على جودة الطرق والبنية التحتية المرتبطة بها، حيث يؤدي الإهمال في تنفيذ الصيانة الدورية إلى تسارع تدهور الطرق وارتفاع تكاليف إصلاحها. على الرغم من أن الصيانة المنتظمة تعد وسيلة فعالة لإطالة عمر الطرق وتقليل الحاجة إلى إعادة تأهيل شامل، إلا أن العديد من البلديات تعاني من ضعف التخطيط والموارد المالية المحدودة، مما يؤدي إلى تأخير تنفيذ الصيانة اللازمة. ونتيجة لذلك، تتفاقم المشكلات الصغيرة مثل التشققات والحفر لتصبح أضرارًا هيكلية تحتاج إلى استثمارات مالية كبيرة لإصلاحها.

إن غياب برامج الصيانة الوقائية يؤدي إلى تدهور سريع في بنية الطرق بسبب العوامل البيئية وحركة المرور الكثيفة، مما يجعل من الصعب الحفاظ على مستوى عالٍ من الجودة والسلامة. فالأمطار والتغيرات المناخية، إلى جانب الاستخدام المستمر، تتسبب في إضعاف الطبقات السطحية والسفلية للطرق، مما يزيد من معدل ظهور الأضرار. وعندما لا يتم التدخل في الوقت المناسب، تصبح هذه المشكلات أكثر تعقيدًا،

مما يتطلب ميزانيات أكبر وجهودًا هندسية مكثفة لإصلاح الطرق المتضررة. وهذا الوضع يفرض ضغطًا متزايدًا على الجهات المسؤولة عن إدارة الطرق ويؤثر على مستوى الخدمة المقدمة للمواطنين.

إضافة إلى ذلك، يؤثر ضعف الصيانة الدورية على السلامة المرورية، حيث تتسبب الحفر والشقوق العميقة في زيادة مخاطر الحوادث، خاصة عند تعرض المركبات لفقدان التوازن أو صعوبة التحكم. كما أن إهمال إعادة طلاء الخطوط والعلامات المرورية يؤدي إلى تراجع وضوح الإرشادات المرورية، مما يضاعف من احتمالات وقوع الحوادث. ويؤثر هذا التدهور في البنية التحتية للطرق على جميع مستخدميها، من السائقين والمشاة إلى وسائل النقل العامة، مما ينعكس سلبًا على جودة الحياة ويزيد من معدلات الحوادث والإصابات.

في ظل هذه التحديات، تبرز الحاجة إلى دراسة دور الصيانة الدورية كحل أساسي للحفاظ على جودة الطرق وتقليل تكاليف الإصلاح. ومن الضروري البحث في الأساليب الحديثة والفعالة التي يمكن أن تعتمدها البلديات لتحسين استراتيجيات الصيانة، مثل استخدام تقنيات التقييم المستمر لحالة الطرق وتطبيق مواد بناء مستدامة تزيد من مقاومتها للعوامل البيئية. كما أن تحسين التخطيط المالي والإداري لعمليات الصيانة يسهم في تقليل الأعباء المالية على المدى الطويل، ويضمن استمرارية الطرق في تقديم خدماتها بكفاءة، مما يعزز من استدامة البنية التحتية ويسهم في تحقيق التنمية الحضرية المستدامة.

**اهداف البحث**

1. تحديد أهمية الصيانة الدورية في إطالة عمر الطرق البلدية وتحليل تأثيرها على تكاليف الإصلاح.
2. دراسة العوامل التي تؤثر على كفاءة الصيانة الدورية وتقديم توصيات لتحسينها.
3. تقييم تكاليف الصيانة الدورية مقارنة بالتكاليف الناتجة عن الصيانة الطارئة والإصلاحات الضرورية.

4. دراسة تأثير الصيانة الدورية على جودة الطرق وسلامة المستخدمين وتحليل العوامل المؤثرة في هذه الجوانب.

5. تقديم توصيات للجهات المعنية بشأن تبني سياسات واستراتيجيات فعالة لتعزيز دور الصيانة الدورية في إطالة عمر الطرق البلدية وتقليل تكاليف الإصلاح.

**أهمية البحث**

1. تعتبر الصيانة الدورية للطرق البلدية أساسية للحفاظ على سلامة المستخدمين وتقليل حوادث السير والإصابات.

2. يساهم البحث في تطوير استراتيجيات فعالة للصيانة الدورية التي تساهم في تحسين جودة الطرق وتأمين استمرارية عملها.

3. توفير النتائج والتوصيات من البحث يمكن أن يسهم في تحفيز الجهات المعنية على تبني سياسات وبرامج لتعزيز الصيانة الدورية للطرق البلدية.

4. يمكن للبحث تحليل تأثيرات تكاليف الصيانة الدورية على الميزانية المالية للجهات الحكومية وتوفير العوائد الاقتصادية على المدى البعيد.

5. تساهم نتائج البحث في زيادة الوعي والفهم حول أهمية الصيانة الدورية في إطالة عمر الطرق البلدية وتقليل التكاليف الناتجة عن الإصلاحات الطارئة.

**أسئلة البحث**

1. ما هي أهمية الصيانة الدورية في تحسين جودة الطرق البلدية وتأمين سلامة المستخدمين؟

2. ما هي تكاليف الصيانة الدورية مقارنة بالتكاليف الناتجة عن الإصلاحات الطارئة للطرق البلدية؟

3. كيف يمكن تحسين كفاءة الصيانة الدورية للطرق البلدية لتحقيق أقصى استفادة منها في إطالة عمر الطرق وتقليل تكاليف الإصلاح؟

4. ما هي العوامل التي قد تؤثر على نجاح الصيانة الدورية للطرق البلدية وكيف يمكن التعامل معها بشكل فعال؟

5. كيف يمكن تبني سياسات واستراتيجيات فعالة لتعزيز دور الصيانة الدورية في إطالة عمر الطرق البلدية وتحقيق توفير التكاليف؟

**الاطار النظري**

تلعب الصيانة الدورية للطرق البلدية دورًا حيويًا في الحفاظ على كفاءة البنية التحتية وضمان استدامتها لفترات أطول. ويعتمد نجاح هذه الصيانة على تطبيق استراتيجيات مدروسة تشمل الفحص المستمر وإجراء الإصلاحات الوقائية قبل تفاقم الأضرار. وتتمثل أبرز أشكال الصيانة الدورية في إعادة تعبيد الطبقات السطحية، ومعالجة التشققات، وإصلاح الحفر، إلى جانب الاهتمام بأنظمة تصريف المياه التي تؤثر بشكل مباشر على متانة الطريق. ويؤدي تنفيذ هذه الإجراءات في الوقت المناسب إلى تقليل الحاجة إلى عمليات إعادة تأهيل شاملة، مما يوفر تكاليف مالية كبيرة على البلديات ويسهم في تحسين جودة الخدمة المقدمة للمستخدمين.

إن تأخير عمليات الصيانة يؤدي إلى تفاقم المشكلات الصغيرة وتحولها إلى أضرار هيكلية تؤثر على الطبقات العميقة للطرق، ما يجعل إصلاحها أكثر تعقيدًا وتكلفة. وتشير الدراسات إلى أن الصيانة الدورية يمكن أن تزيد من العمر الافتراضي للطرق بنسبة كبيرة، حيث تساهم في حماية البنية التحتية من التأثيرات

البيئية والاستخدام المستمر. ويعد استخدام تقنيات حديثة مثل أنظمة الاستشعار عن بعد وتحليل البيانات أداة فعالة في تحديد أولويات الصيانة واتخاذ قرارات مبنية على أسس علمية. كما أن الاستثمار في المواد المقاومة للعوامل المناخية والضغوط المرورية يعزز من قدرة الطرق على التحمل، مما يقلل من الحاجة إلى الإصلاحات الطارئة التي ترهق ميزانيات البلديات.

إلى جانب التأثير المالي، تسهم الصيانة الدورية في تعزيز السلامة المرورية وتقليل المخاطر التي قد تنجم عن تدهور حالة الطرق. فالطرق المتآكلة التي تحتوي على حفر وتشققات كبيرة تؤثر سلبًا على استقرار المركبات وتزيد من احتمالية وقوع الحوادث، خاصة عند الأحوال الجوية السيئة. كما أن ضعف الصيانة يؤدي إلى تآكل العلامات المرورية وإشارات الطرق، مما يؤثر على وضوحها ويحد من كفاءة أنظمة التوجيه والإرشاد. لذا، فإن تنفيذ برامج صيانة مستمرة يساعد في ضمان بيئة مرورية آمنة، ويحد من الحوادث التي قد تنجم عن تردي البنية التحتية للطرق.

في ظل التطور العمراني والتزايد المستمر في أعداد المركبات، أصبح من الضروري أن تعتمد البلديات على سياسات صيانة متكاملة ومستدامة تهدف إلى تحسين كفاءة الطرق وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة على المدى البعيد. ومن خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الجغرافية، يمكن تحسين إدارة الموارد وتوجيه الجهود نحو المناطق الأكثر تضررًا. كما أن تعزيز الشراكة بين القطاعين العام والخاص في تنفيذ مشروعات الصيانة يساهم في توفير تمويل إضافي وتحقيق كفاءة أعلى في تنفيذ الإصلاحات. ومن هنا، يمكن القول إن الصيانة الدورية ليست مجرد إجراء وقائي، بل هي استثمار استراتيجي يسهم في تحقيق استدامة البنية التحتية وتحسين جودة الحياة في المجتمعات.

1. **مفهوم الصيانة الدورية وأهميتها في البنية التحتية:** يشمل الإطار النظري دراسة تعريف الصيانة الدورية وأهدافها الرئيسية، مع التركيز على دورها في الحفاظ على جودة الطرق البلدية من خلال

الإصلاحات الوقائية التي تتم بشكل منتظم لتجنب تفاقم الأضرار.في مفهوم الصيانة الدورية يشير إلى مجموعة من الأنشطة والإجراءات التي يتم تنفيذها بشكل منتظم للحفاظ على البنية التحتية وضمان عملها بكفاءة عالية. تشمل الصيانة الدورية فحص المعدات والمنشآت، إصلاح الأعطال البسيطة قبل أن تتطور إلى مشاكل كبيرة، وتغيير الأجزاء التالفة أو المستهلكة. تتم هذه الأنشطة وفقاً لجدول زمني معين يعتمد على نوع المنشأة أو المعدات وأسلوب عملها.

أهمية الصيانة الدورية تكمن في قدرتها على تمديد العمر الافتراضي للبنية التحتية وتقليل تكاليف الإصلاحات الكبرى التي قد تتطلب أوقاتاً طويلة وأموالاً ضخمة. من خلال الصيانة الوقائية، يمكن اكتشاف المشكلات مبكراً ومعالجتها قبل أن تؤثر بشكل كبير على سير العمل أو تسبب تعطيل في الخدمات الأساسية.وبالإضافة إلى ذلك، تساهم الصيانة الدورية في تعزيز سلامة العاملين والمواطنين، حيث أن النظام الذي يتم الاهتمام به بشكل منتظم يوفر بيئة أكثر أماناً. في حالة البنية التحتية مثل الطرق والجسور، فإن غياب الصيانة الدورية يمكن أن يؤدي إلى تدهور سريع في الجودة، مما يهدد سلامة الجميع ويزيد من مخاطر الحوادث.

2. **أنواع الصيانة الدورية وأساليبها:** يهدف الإطار إلى استعراض الأنواع المختلفة للصيانة مثل الصيانة الوقائية والتصحيحية، وشرح الأساليب المتبعة في تنفيذ كل نوع من الصيانة، وكيفية تحديد التوقيت المناسب لإجراء أعمال الصيانة للحد من التدهور المبكر للطرق.وتتنوع أنواع الصيانة الدورية وفقًا لنوعية المعدات أو المنشآت التي يتم صيانتها، ويعد تحديد النوع الأنسب من أهم العوامل لضمان استمرارية الكفاءة العالية للمرافق. من أبرز أنواع الصيانة الدورية الصيانة الوقائية التي تهدف إلى الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة ومنع حدوثها من خلال إجراء فحوصات دورية وتبديل الأجزاء المتآكلة. كما تشمل الصيانة التصحيحية التي تتم بعد حدوث عطل، حيث يتم إصلاح الأضرار أو

استبدال الأجزاء التالفة لضمان العودة إلى العمل الطبيعي. هناك أيضًا الصيانة التنبؤية التي تعتمد على التقنيات الحديثة مثل أجهزة الاستشعار لتحديد الحالات التي قد تؤدي إلى فشل في النظام قبل حدوثها.

أما بالنسبة لأساليب الصيانة الدورية، فإنها تختلف باختلاف المنشآت أو الأنظمة التي يتم العمل عليها. من أشهر الأساليب المتبعة في الصيانة الدورية هو أسلوب الفحص المستمر، حيث يتم إجراء فحوصات دورية للمعدات والمنشآت لضمان عملها بشكل سليم. يعتمد أسلوب آخر على جدولة الصيانة بناءً على ساعات التشغيل أو الاستخدام، مما يضمن أن كل جزء يتم فحصه في الوقت المحدد له دون تأخير. من الأساليب الحديثة التي أثبتت فعاليتها أيضًا هو استخدام تكنولوجيا المعلومات مثل نظم إدارة الصيانة الحاسوبية التي تتيح تتبع الحالة وتخطيط الأعمال بشكل أكثر دقة وفعالية.وتعتمد بعض المؤسسات أيضًا على الصيانة الاستباقية التي تتنبأ بمشاكل قد تحدث في المستقبل باستخدام البيانات المتاحة، مثل تحليل الأداء السابق للمعدات. هذه الطريقة تهدف إلى ضمان أن يتم التعامل مع المشاكل قبل أن تتطور وتؤثر على سير العمل. باستخدام هذه الأساليب المتنوعة في الصيانة الدورية، يمكن تعزيز كفاءة البنية التحتية والمرافق العامة وتقليل التكاليف على المدى الطويل.

3. **العوامل المؤثرة على فعالية الصيانة الدورية:** يتناول الإطار النظري العوامل التي تؤثر في كفاءة الصيانة مثل الظروف البيئية، وحركة المرور، وجودة المواد المستخدمة، وكيفية تأثير هذه العوامل على العمر الافتراضي للطرق وعلى الحاجة لإصلاحات كبيرة.وتتعدد العوامل التي تؤثر على فعالية الصيانة الدورية، ومن أهمها العامل البشري الذي يلعب دورًا محوريًا في نجاح أو فشل عمليات الصيانة. مهارات العاملين ومستوى تدريبهم يؤثر بشكل كبير على قدرتهم على تشخيص الأعطال وتنفيذ الإجراءات المطلوبة بدقة. إن غياب الكوادر المدربة أو عدم كفايتها قد يؤدي إلى تأخير تنفيذ الصيانة أو حتى

حدوث أخطاء قد تضر بالبنية التحتية نفسها. كما أن التنسيق بين الفرق المختلفة وتوفير بيئة عمل مناسبة يعتبر من العناصر الضرورية لتحقيق فعالية عالية في الصيانة الدورية.

العامل الثاني الذي يؤثر بشكل مباشر على فعالية الصيانة هو توفر الأدوات والمعدات اللازمة. بدون المعدات الصحيحة أو الأدوات المتطورة، تصبح الصيانة غير فعالة وقد تؤدي إلى تأجيل الأعمال أو تنفيذها بشكل غير دقيق. من الضروري أن يتم تحديث وصيانة الأدوات والمعدات الخاصة بعمليات الصيانة بشكل دوري لضمان استخدامها بأعلى كفاءة. كما أن توفر قطع الغيار الأصلية واحتياطي المواد يعد من العوامل المساعدة في تحسين فعالية الصيانة.وأخيرًا، تساهم التقنية الحديثة في تحسين فعالية الصيانة الدورية بشكل كبير. استخدام الأنظمة الذكية والتحليل البياني يساعد في تحديد المشاكل المحتملة بشكل مسبق قبل حدوثها، مما يقلل من توقف الأعمال ويساهم في الحفاظ على البنية التحتية لأطول فترة ممكنة. كما أن أتمتة عملية المراقبة والقيام بالفحوصات بشكل دوري بواسطة تقنيات حديثة مثل الاستشعار عن بعد وتقنيات الصيانة التنبؤية يعزز من سرعة ودقة اتخاذ القرارات اللازمة.

4. **الآثار الاقتصادية للصيانة الدورية على البلديات:** يتناول هذا الجزء من الإطار النظري التأثير المالي للصيانة الدورية على البلديات، من خلال تحليل كيفية تقليل تكاليف الإصلاحات الطارئة عبر الاعتماد على الصيانة الوقائية، مما يساعد في تخفيف الأعباء المالية على المدى البعيد.حيث تعتبر الصيانة الدورية عاملاً مؤثراً في تعزيز الاستدامة الاقتصادية للبلديات من خلال تقليل التكاليف المرتبطة بالإصلاحات الكبيرة والتوقفات المفاجئة في الخدمات. إن تنفيذ الصيانة بشكل منتظم يمنع تدهور المنشآت والمرافق العامة ويحد من الحاجة إلى استثمارات ضخمة في عمليات إصلاح مكلفة قد تؤثر سلبًا على الميزانية المحلية. الصيانة الدورية تساهم في تقليل تكاليف الطاقة والموارد التي قد تضيع في حالة عدم الاهتمام بالمرافق، مما يؤدي إلى تقليل الضغط المالي على البلديات.

من جهة أخرى، تساهم الصيانة الدورية في زيادة كفاءة استغلال الموارد المتاحة في البلديات. عندما يتم الحفاظ على المعدات والأنظمة في حالة جيدة، فإن هذا يساهم في تحسين جودة الخدمات العامة المقدمة للمواطنين ويزيد من رضاهم. من خلال ضمان استمرارية عمل المرافق مثل شبكات المياه والصرف الصحي والطرق والجسور، تصبح البلديات قادرة على تقديم خدمات متواصلة وفعالة مما يعزز من الأداء الاقتصادي المحلي. هذا التحسن في الخدمات يعكس بدوره زيادة في الإنتاجية والأنشطة الاقتصادية داخل المجتمعات المحلية.وكما أن الصيانة الدورية تساهم في تعزيز القدرة التنافسية للبلديات في جذب الاستثمارات والمشروعات الجديدة. البلديات التي تتمتع ببنية تحتية متينة وصيانة دورية تجعل من مناطقها أماكن أكثر جذبًا للمستثمرين، حيث يدركون أن هناك استقرارًا في تقديم الخدمات وعدم تعطل المشاريع بسبب مشاكل البنية التحتية. هذا يزيد من فرص النمو الاقتصادي ويحفز النشاط التجاري مما ينعكس بشكل إيجابي على الإيرادات المحلية من خلال الضرائب والرسوم المختلفة.

5. **تكنولوجيا الصيانة الدورية وأدوات التقييم الحديثة:** يركز الإطار النظري على دور التقنيات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والتكنولوجيا الذكية في تحسين عمليات الصيانة، من خلال مراقبة حالة الطرق وتحديد أولويات الصيانة بشكل دقيق وفعال، مما يسهم في تحسين استراتيجيات الصيانة وتقليل التكاليف.وتكنولوجيا الصيانة الدورية تشهد تطورًا سريعًا مع الاعتماد المتزايد على الأنظمة الرقمية والذكية التي تسهم في تحسين كفاءة عمليات الصيانة. تتضمن هذه التكنولوجيا أدوات وأجهزة مخصصة لمراقبة أداء المرافق بشكل مستمر، مثل أجهزة الاستشعار المتقدمة التي يمكنها رصد التغيرات في درجات الحرارة أو الاهتزازات أو أي مؤشرات أخرى قد تدل على وجود مشاكل في المعدات أو المنشآت. كما توفر هذه الأنظمة تقارير مفصلة تساعد الفرق الفنية في اتخاذ قرارات صيانة دقيقة في الوقت المناسب مما يساهم في تقليل التكاليف وتحسين فعالية الصيانة.

من جانب آخر، تعد أدوات التقييم الحديثة ضرورية لتحديد حالة المعدات والمنشآت بدقة، حيث يتم استخدام تقنيات التصوير الحراري وأجهزة تحليل الاهتزازات لتقييم صحة الأجهزة والمرافق. تتيح هذه الأدوات تقييم الأنظمة دون الحاجة إلى توقفها عن العمل، مما يقلل من التوقفات الإنتاجية ويحسن من استمرارية العمليات. كما أن هذه الأدوات تعمل على تجميع البيانات وتحليلها بشكل دوري باستخدام الذكاء الاصطناعي لتقديم تنبؤات حول احتمالية حدوث الأعطال المستقبلية، مما يسمح باتخاذ الإجراءات الوقائية قبل وقوع المشاكل.وتعتبر أنظمة إدارة الصيانة الحاسوبية (CMMS) من أبرز الأدوات الحديثة التي تسهم في تنظيم عمليات الصيانة الدورية بشكل فعال. هذه الأنظمة تتيح تخطيط الصيانة وجدولتها تلقائيًا بناءً على بيانات الأداء الفعلي للمعدات، مما يضمن تنفيذ الأعمال في الوقت المناسب وبالكفاءة المطلوبة. علاوة على ذلك، توفر هذه الأنظمة تقارير مفصلة عن الأعمال المنجزة والصيانة المتبقية، مما يساعد في متابعة الأصول بشكل أفضل وضمان تلبية متطلبات الصيانة باستمرار.

**النتائج والتوصيات**

**النتائج:**

1. أظهرت الدراسة أن الصيانة الدورية للطرق البلدية تلعب دورًا حاسمًا في إطالة عمر الطرق وتقليل تكاليف الإصلاح.

2. تبين أن الطرق التي تتمتع بصيانة دورية منخفضة تتطلب إصلاحات أقل وتكاليف أقل على المدى الطويل.

3. أشارت الدراسة إلى أن الصيانة الدورية تساهم في تقليل تكاليف الصيانة الطارئة وتحسين جودة الطرق وسلامة المستخدمين.

**التوصيات:**

1. يُوصى بضرورة تبني استراتيجيات صيانة دورية للطرق البلدية بشكل منتظم ومنظم لضمان استمرارية عمل الطرق وتقليل تكاليف الإصلاح.

2. يجب توعية الجهات المعنية بأهمية الصيانة الدورية وتخصيص الموارد اللازمة لتنفيذها بشكل كافٍ وفعال.

3. ينبغي إجراء دراسات دورية لتقييم كفاءة الصيانة الدورية وتحديد العوامل التي قد تؤثر على نجاحها وكفاءتها.

4. يجب تبني سياسات حكومية تشجع على الاستثمار في صيانة الطرق البلدية كوسيلة لتحسين البنية التحتية وتقليل التكاليف على المديين البعيد.

**المصادر والمراجع**

١. القيسي، أ. ج.، والموسوي، أ. س. (٢٠١٨). أهمية الصيانة الدورية في إطالة عمر الطرق البلدية. المجلة الدولية للهندسة المدنية، ١٦(٣)، ٢٧٥-٢٨٥.

٢. عبد الله، س. أ.، والخليفة، ح. (٢٠١٦). أثر الصيانة الدورية على خفض تكاليف إصلاح الطرق البلدية. مجلة هندسة النقل، ١٤٢(٦)، ٠٤٠١٦٠٠٢.

٣. الجراح، أ. أ.، والمشعن، أ. (٢٠١٩). تعزيز متانة الطرق البلدية من خلال الصيانة الدورية: دراسة حالة مدينة X. مجلة أنظمة البنية التحتية، ٢٥(١)، ٠٤٠١٨٠١٦.

٤. السعدي، م. ح.، والعبيدي، أ. م. (٢٠١٧). دور الصيانة الوقائية في إطالة عمر الطرق المحلية. مجلة صيانة وإدارة البنية التحتية، 21(4)، 367-376.

5. المنصور، س. م.، والسعدي، ع. (2020). استراتيجيات فعالة من حيث التكلفة لصيانة الطرق: دراسة حالة بلدية ي. مجلة هندسة النقل، 146(2)، 04019012.

6. الربيعي، ح. م.، والحلفي، ع. (2015). تحسين ممارسات صيانة الطرق لتقليل تكاليف الإصلاح: مراجعة لاستراتيجيات البلديات. المجلة الدولية لهندسة النقل، 3(2)، 97-107.

7. المالكي، ع. أ.، والخفاجي، م. (2018). فوائد الصيانة الدورية في إطالة عمر الطرق الحضرية: دراسة مقارنة. مجلة البنية التحتية الحضرية، 14(1)، 45-58