

التقنيات الحديثة في هندسة الطرق والنقل: التحديات والحلول في الدول النامية (ورقة مرجعية)

د. بشير معمر أبوأروي

قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة - جامعة المرقب - الخمس - ليبيا

أستاذ مساعد - Aburawi2018@gmail.com

ملخص

تعتبر التقنيات الحديثة رافداً أساسياً في تطوير هندسة الطرق والنقل حيث تسهم في تحسين الكفاءة الأمان والاستدامة. وهناك عدة جوانب رئيسية لهذه التقنيات كتسريع التصميم والتخطيط واستخدام نظم المعلومات الجغرافية حيث تستخدم لتحليل البيانات الجغرافية وتخطيط الشبكات الطرقية بشكل أكثر فعالية. واستخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد حيث تساعد هذه التقنيات في تصور التصميمات وكشف العيوب المحتملة قبل التنفيذ. واستخدام أنظمة النقل الذكية التي تشمل الإشارات المرورية الذكية التي تعدل بناءً على حركة المرور مما يقلل من الازدحام. وتوفر التطبيقات الذكية معلومات حية عن حالة المرور وتوجيه السائقين إلى أفضل الطرق. ويمكن استخدام الأجهزة الاستشعارية لمراقبة حالة الطرق وحركة المرور مما يساعد في الصيانة الفورية. ومن خلال تحليل البيانات الضخمة يمكن من دراسة أنماط الحركة والتنبؤ بالازدحام. وأيضاً من التقنيات الحديثة استخدام المواد المستدامة في بناء الطرق لتقليل الأثر البيئي. واستخدام الألواح الشمسية في إشارات المرور. و تعزيز النقل العام باستخدام أنظمة الحافلات الذكية التي يمكن ان تحسن من إدارة جداول الرحلات وتوفير معلومات حية للركاب. تعزز القطارات عالية السرعة من كفاءة النقل بين المدن وتقلل من الاعتماد على السيارات. وهناك أيضاً تقنيات للأمان والسلامة التي تساعد في تحسين استجابة الطوارئ وتقليل الأضرار. ويركز التصميم الآمن على تقليل الحوادث من خلال تصميم الطرق بشكل يتجنب النقاط الخطرة. وسوف تتطرق الورقة لأبرز التحديات التي تواجه تطبيق هذه التقنيات والحلول الممكنة لتجاوز هذه التحديات. حيث تتطلب معالجة التحديات جهوداً متكاملة تشمل تحسين البنية التحتية تأمين التمويل وتطوير الكفاءات. من خلال هذه الحلول يمكن للدول النامية تحقيق فوائد كبيرة من التقنيات الحديثة في هندسة الطرق والنقل.

الكلمات المفتاحية : التخطيط العمراني - الوعي الثقافي - البنية التحتية الرقمية - الاستدامة - كفاءة النقل.

1. مقدمة

تعتبر هندسة الطرق والنقل عنصراً أساسياً في تعزيز التنمية الاقتصادية والاجتماعية ولا سيما في الدول النامية. تواجه هذه الدول العديد من التحديات مثل زيادة حركة المرور تدهور البنية التحتية ونقص التمويل اللازم لتطوير مشاريع النقل. وفقاً لتقرير

البنك الدولي (2020) فإن تحسين نظم النقل في هذه الدول يمكن أن يعزز من كفاءة الاقتصاد ويقلل من التكاليف الاجتماعية المرتبطة بحوادث المرور والازدحام [1].

تقدم التقنيات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية حلولاً مبتكرة لتخطيط وإدارة الشبكات الطرقية. تساعد هذه النظم على تحسين دقة البيانات وتحليلها مما يمكن صانعي القرار من اتخاذ خطوات فعالة لتحسين البنية التحتية. كما أن تكنولوجيا النقل الذكي تلعب دوراً كبيراً في تحسين السلامة والكفاءة حيث توفر أدوات متقدمة لمراقبة حركة المرور وإدارة الأزمات [2].

ومع ذلك فإن تطبيق هذه التقنيات يواجه عقبات متعددة منها نقص الكفاءات المحلية وضعف الاستثمارات. تشير دراسة أجراها كمار وسينغ (2020) إلى أن عدم الوعي بالفوائد المحتملة لهذه التقنيات يشكل عائقاً إضافياً أمام اعتمادها في الدول النامية. لذلك من الضروري تعزيز التعاون بين الحكومات والقطاع الخاص بالإضافة إلى التدريب وتعليم الكفاءات المحلية لضمان نجاح هذه المبادرات [3].

من خلال استعراض هذه التحديات والحلول يمكن تحقيق تقدم ملموس في مجال هندسة الطرق والنقل مما يساهم في تحسين جودة الحياة وتعزيز التنمية المستدامة في الدول النامية. تتضمن التقنيات الحديثة المستخدمة في هندسة الطرق والنقل مجموعة واسعة من الأدوات والأساليب التي تعزز الكفاءة والأمان.

التقنيات الحديثة المستخدمة في هندسة الطرق والنقل

1.2 نظم المعلومات الجغرافية

نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems (GIS هي تقنية متقدمة تستخدم لجمع تخزين تحليل وإدارة البيانات الجغرافية. تلعب GIS دوراً حيوياً في العديد من المجالات بما في ذلك التخطيط الحضري وإدارة الموارد والهندسة وخاصة في مجالات الطرق والنقل. وتشمل نظم المعلومات الجغرافية عدة وظائف منها جمع البيانات من مصادر متعددة مثل الأقمار الصناعية المسح الأرضي والاستشعار عن بعد. وتحليل البيانات حيث يتيح تحليل الأنماط والعلاقات المكانية مما يساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة. وتخزن البيانات في قواعد بيانات جغرافية يمكن الوصول إليها بسهولة.

تتضمن نظم المعلومات الجغرافية (GIS) العديد من الأدوات الشائعة التي تساعد في جمع تحليل وعرض البيانات الجغرافية. ويتم تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في هندسة الطرق والنقل في مجال تخطيط الشبكات الطرقية وتستخدم لتحديد المسارات

المثلّى وتخطيط الطرق الجديدة. وتستخدم أيضا في تحليل حركة المرور وتساعد في تقييم تدفق المرور وتحديد مناطق الازدحام. ويمكن تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الأزمات حيث تستخدم في تخطيط الاستجابة للطوارئ وتحديد أفضل الطرق للوصول إلى المواقع المتضررة [4].

ويتمتع نظم المعلومات الجغرافية بعدد من المزايا كتحسين دقة التخطيط حيث توفر أدوات بصرية تساعد في فهم البيانات بشكل أفضل. وتوفير الوقت والتكاليف وتسرع من عمليات جمع البيانات وتحليلها مما يقلل التكلفة. ويمكن تعزيز التعاون بين مختلف الجهات المعنية من خلال مشاركة البيانات والمعلومات. ويرتبط مع استخدام نظم المعلومات الجغرافية عدة تحديات منها نقص البيانات الدقيقة حيث تعتمد فعالية GIS على جودة البيانات المتاحة. ومن حيث التكلفة يمكن أن تكون نظم GIS مكلفة في تنفيذها وصيانتها. الحاجة إلى التدريب أيضا يتطلب استخدام GIS مهارات تقنية متخصصة مما يستلزم برامج تدريب فعالة. تستخدم نظم المعلومات الجغرافية بشكل واسع في قطاع النقل والمواصلات حيث تساعد في تخطيط وإدارة شبكات الطرق والمواصلات وتحليل حركة المرور وتحديد أفضل المسارات والمسالك وإدارة أساطيل المركبات وتحديد المناطق الأكثر ازدحامًا. كما تساعد في إدارة المطارات والموانئ وتحديد المواقع الأنسب لإنشاء مشاريع النقل والشكل 1 يوضح كيفية استخدام هذه التقنيات في مشاريع الطرق والنقل.



شكل 1 استخدامات نظم المعلومات الجغرافية في تخطيط النقل تعتبر نظم المعلومات الجغرافية أداة قوية لتحسين التخطيط والإدارة في مجالات الطرق والنقل. من خلال تحليل البيانات الجغرافية تساعد هذه التقنية في اتخاذ قرارات أفضل وتعزيز الكفاءة لكن نجاحها يعتمد على جودة البيانات والتدريب المناسب.

وتعتبر اجهزة نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) Global Position System من الأدوات الجغرافية حيث تستخدم لجمع البيانات المكانية بدقة مثل المواقع الجغرافية للنقاط. وتوفر الأقمار الصناعية بيانات الاستشعار عن بعد مثل صور الأرض وخرائط الغطاء الأرضي. وتشمل

أدوات التحليل المكاني نظم التحليل المكاني مثل أدوات تحليل الشبكات التي تستخدم لدراسة تدفق الحركة عبر الطرق. وأدوات النمذجة حيث تستخدم لنمذجة الظواهر الجغرافية مثل نمذجة الانحدار أو نمذجة الزمان والمكان. تشمل الأدوات البصرية خرائط تفاعلية تستخدم لعرض البيانات بطريقة بصرية مما يسهل فهم الأنماط والاتجاهات. ويمكن لتطبيقات الهواتف الذكية مثل تطبيق Google Maps و Waze ان تساعد في تحديد المواقع وتوجيه المستخدمين في الوقت الحقيقي كما بالشكل 2.

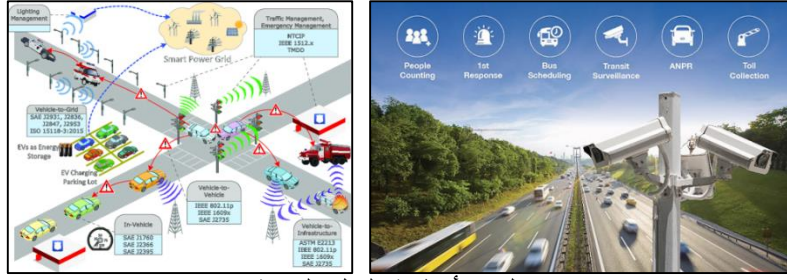


شكل 2 تطبيق Google Maps و Waze

تتضمن نظم المعلومات الجغرافية مجموعة متنوعة من الأدوات التي تساعد في جمع وتحليل البيانات الجغرافية. من البرامج المتقدمة إلى الأجهزة المحمولة تسهم هذه الأدوات في تحسين التخطيط والإدارة في مجالات متعددة.

2.2 أنظمة النقل الذكية

أنظمة النقل الذكية (ITS) Intelligent Transportation Systems هي تقنيات متقدمة تهدف إلى تحسين إدارة النقل وزيادة كفاءة وسلامة أنظمة النقل. تستخدم هذه الأنظمة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لجمع وتحليل البيانات المتعلقة بحركة المرور والمركبات والبنية التحتية. وتشمل وظائف أنظمة النقل الذكية مراقبة حركة المرور وجمع البيانات في الوقت الحقيقي حول تدفق حركة المرور والازدحام. والتحكم في إشارات المرور وتوجيه المركبات لتقليل الازدحام وكما هو موضح بالشكل 3. وايضا توفير معلومات حية للسائقين حول حالة المرور الحوادث والطرق البديلة. وتشمل تطبيقات أنظمة النقل الذكية أنظمة إشارات المرور الذكية حيث تعدل توقيت الإشارات بناءً على حركة المرور الحالية. وتقدم تطبيقات الهواتف الذكية معلومات عن حركة المرور وتوجيهات الملاحة. و تستخدم الكاميرات وأجهزة الاستشعار لمراقبة حركة المرور وتحليل سلوك السائقين.



شكل 3 أنظمة النقل الذكية

وتمتاز أنظمة النقل الذكية بزيادة السلامة على الطرقات حيث يتم تقليل الحوادث من خلال تحسين إدارة المرور وتوفير معلومات حية. وتحسين الكفاءة بتقليل الازدحام وزيادة سرعة التنقل. وتحسين تدفق حركة المرور مما يقلل من استهلاك الوقود. وترتبط استخدام أنظمة النقل الذكية ببعض التحديات مثل التكلفة حيث تتطلب أنظمة النقل الذكية استثمارات كبيرة في التكنولوجيا والبنية التحتية. وقد يكون من الصعب دمج أنظمة ITS مع البنية التحتية الحالية. ويمثل حماية البيانات والمعلومات من التهديدات الإلكترونية تحديًا كبيرًا.

تعتبر أنظمة النقل الذكية أداة قوية لتحسين كفاءة وسلامة أنظمة النقل. من خلال استخدام التكنولوجيا الحديثة يمكن تقليل الازدحام تحسين استجابة الحوادث وتعزيز تجربة السائقين. ومع ذلك يتطلب نجاحها التغلب على التحديات المرتبطة بالتكلفة والتكامل والأمان.

تعتبر الأجهزة الاستشعارية عنصرًا حيويًا في أنظمة النقل الذكية حيث تساهم في مراقبة حالة الطرق وحركة المرور. وهناك عدة أنواع من الأجهزة الاستشعارية في أنظمة النقل الذكية منها أجهزة استشعار الحركة وتستخدم لرصد حركة المرور مثل الكاميرات وأجهزة الاستشعار الضوئية. وأجهزة استشعار الوزن وتستخدم لقياس وزن المركبات وتحديد الحمولة على الطرق. وأجهزة استشعار الأحوال الجوية وبها يتم مراقبة الظروف الجوية مثل درجة الحرارة الرطوبة وسرعة الرياح. أما أجهزة استشعار الحالة السطحية فتقيس حالة سطح الطريق مثل وجود الثلج أو الماء. وتقوم جميع هذه الأجهزة حسب نوعيته بجمع البيانات حول حركة المرور وسرعة المركبات مما يساعد في تحليل الأنماط. وبها يتم الكشف عن المناطق المزدحمة وتحديد أوقات الذروة. وتساعد في تحديد حالة الطرق ومراقبة أي أضرار أو أعطال تحتاج إلى صيانة. وتنتج الأجهزة الاستشعارية مراقبة حالة الطرق بشكل مستمر مما يساعد في اتخاذ إجراءات الصيانة الفورية عند الحاجة. وتساعد في الكشف عن الحوادث وتوفير معلومات فورية للسائقين مما يقلل من المخاطر. وتعتبر الأجهزة الاستشعارية جزءًا أساسيًا من أنظمة النقل الذكية حيث تساهم في مراقبة حركة المرور وحالة الطرق مما يساعد في تحسين السلامة والكفاءة. من خلال استخدامها يمكن تحقيق صيانة فورية وتحسين تجربة التنقل بشكل عام.

2. التقنيات الحديثة في تنفيذ أعمال الأسفلت في الطرق:

تساهم التقنيات الحديثة في تحسين جودة وفعالية تنفيذ أعمال الأسفلت مما يؤدي إلى طرق أكثر متانة وأماناً. حيث يتميز الأسفلت الذكي بقدرته على تحسين الخصائص الفيزيائية استجابةً لتغيرات درجات الحرارة مما يقلل من التشققات. ويعتبر الأسفلت القابل للإصلاح الذاتي تقنية حديثة في مجال تنفيذ مشاريع الطرق حيث يتضمن إضافات خاصة تجعل الأسفلت قادراً على إصلاح نفسه عند تعرضه للتشققات مما يزيد من عمر الطريق. ويمكن استخدام تكنولوجيا المسح بالليزر لتقييم حالة الأسفلت الحالي مما يساعد في تحديد المناطق التي تحتاج إلى صيانة أو تجديد. تعد التقنيات الحديثة في تنفيذ أعمال الأسفلت أداة فعالة لتحقيق أداء أفضل للطرق وزيادة متانتها. من خلال اعتماد هذه الابتكارات يمكن تحسين كفاءة العمل وتقليل التكاليف مع ضمان جودة عالية للطرق.

3. التقنيات المستدامة في أنظمة النقل:

تعتبر التقنيات المستدامة جزءاً أساسياً من تطوير أنظمة النقل الحديثة حيث تساهم في تقليل الأثر البيئي وتعزيز الكفاءة. ومن هذه التقنيات استخدام مواد بناء صديقة للبيئة مثل الإسفلت المعاد تدويره والألواح الشمسية في إشارات المرور.

1.4 مواد بناء صديقة للبيئة :

يستخدم الإسفلت المعاد تدويره في بناء الطرق وهو يساعد في تقليل النفايات ويقلل من الحاجة إلى المواد الجديدة مما يخفف من الأثر البيئي. وتستخدم الألواح الشمسية لتزويد إشارات المرور بالطاقة مما يقلل من الاعتماد على الشبكة الكهربائية التقليدية. ويمكن تركيب الألواح الشمسية في محطات شحن السيارات الكهربائية مما يساعد في توفير الطاقة المتجددة. ولتقليل تجمع المياه السطحية وتقليل مخاطر الفيضانات تستخدم تقنيات مثل الأسطح القابلة للاختراق. وللاستفادة من النقل العام المستدام تستخدم الحافلات الكهربائية أو الهجينة لتقليل الانبعاثات الضارة وتحسين جودة الهواء في المدن. تشمل أنظمة السكك الحديدية المستدامة استخدام القطارات التي تعمل بالطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية أو الرياح.

تساعد تقنيات النقل الذكي وأنظمة تداول السيارات في تقليل عدد السيارات على الطريق من خلال تحسين خيارات مشاركة السيارات والرحلات المشتركة. وتوفر تطبيقات التنقل المستدام معلومات حول خيارات النقل المستدام مثل الحافلات الدراجات والمشى. ولتحسين المستدام للبنية التحتية يتم تصميم الطرق الذكية وتشمل استخدام تقنيات مثل الأضواء الذكية التي تقلل من استهلاك الطاقة وتحسن من تدفق حركة

المرور. والشكل 4 يوضح كميات الأسفلت المعاد تدويره والألواح الشمسية لتزويد إشارات المرور بالطاقة.



الألواح الشمسية لتزويد إشارات المرور بالطاقة
الأسفلت المعاد تدويره
شكل 4 الأسفلت المعاد تدويره والألواح الشمسية لتزويد إشارات المرور بالطاقة

تعتبر التقنيات المستدامة ضرورية لتقليل الأثر البيئي وتعزيز كفاءة أنظمة النقل. من خلال استخدام مواد بناء صديقة للبيئة وتطبيق حلول الطاقة المتجددة يمكن تحسين البنية التحتية للنقل وتقليل الانبعاثات الضارة.

4. فوائد استخدام الأسفلت المعاد تدويره في مشاريع الطرق

استخدام الأسفلت المعاد تدويره يقدم مجموعة من الفوائد البيئية والاقتصادية من أبرزها تقليل التكاليف حيث أن إعادة استخدام الأسفلت القديم يقلل من الحاجة إلى شراء مواد جديدة مما يقلل من تكاليف المشاريع. ويقلل من كمية النفايات الناتجة عن التخلص من الأسفلت القديم مما يساهم في الحفاظ على البيئة.

من حيث استهلاك الطاقة فإن إعادة تدوير الأسفلت يتطلب طاقة أقل مقارنة بإنتاج أسفلت جديد مما يساهم في تقليل انبعاثات الكربون. يمكن أن يمتلك الأسفلت المعاد تدويره خصائص ميكانيكية جيدة مما يعزز من متانة الطرق ويقلل من الحاجة للصيانة.

يعزز استخدام الأسفلت المعاد تدويره من استدامة المشاريع من خلال تقليل الاعتماد على الموارد الجديدة والمساعدة في إدارة الموارد بشكل أفضل. يمكن أن يكون للأسفلت المعاد تدويره قدرة أعلى على مقاومة التشققات والعيوب مما يزيد من عمر الطريق. استخدام الأسفلت المعاد تدويره في مشاريع الطرق يقدم فوائد متعددة تشمل توفير في التكاليف تحسين الجودة وتقليل الأثر البيئي مما يجعله خيارًا مستدامًا وفعالًا في مجال البناء [5].

5. التقنيات الحديثة في تحسين خواص الأسفلت والخلطات الإسفلتية

تتطور تقنيات تحسين خواص الأسفلت والخلطات الإسفلتية بشكل مستمر مما يساعد في زيادة متانة الطرق وتحسين أدائها. حيث تستخدم المضافات البوليمرية لتحسين المرونة والصلابة مما يقلل من التشققات الناجمة عن تغيرات درجات الحرارة. وتساعد في تحسين أداء الأسفلت في الظروف الباردة. ويمكن بتسخين الأسفلت أثناء الخلط أن يحسن خصائص الأسفلت الفيزيائية مما يساعد في التصاقه بشكل أفضل بالركام. ويستخدم أسفلت يحتوي على مواد تستطيع إصلاح نفسها عند ظهور التشققات مما يزيد من عمر الطرق. ويتم استخدام تقنيات حديثة في محطات الخلط لضمان توازن دقيق بين المكونات وتحسين جودة الخلطات. ويوضح الشكل 5 بعض من أنواع البوليمر المستخدمة في أعمال الطرق. وتساهم التقنيات الحديثة في تحسين خواص الأسفلت والخلطات الإسفلتية بشكل كبير مما يعزز من متانة الطرق وأدائها. من خلال الاعتماد على هذه الابتكارات يمكن تحقيق نتائج أفضل في مشاريع البناء وتوفير بيئة طرق أكثر استدامة.



شكل 5 أنواع البوليمر المستخدمة في أعمال الطرق

6. تقنية تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف

1.7 مدخل

أدى التوسع الكبير في إنشاء الطرق، استجابة إلى الطلب المتزايد على النقل، إلى استهلاك المواد الأولية وخاصة الركام الأمر الذي أدى تناقص متزايد في الكميات المتوفرة من الركام الجيد مما خلق مشكلة جديدة تعترض تنفيذ الطرق والجسور والمنشآت الاستراتيجية الأخرى تضاف إلى مشكلة التلوث المتزايد الذي تسببه الكميات الكبيرة المكشوفة من الرصف سنويا نتيجة إعادة تأهيل الرصف بالطريقة التقليدية وتلوث الهواء نتيجة الغازات الضارة المنبعثة من حركة الأعداد الكبيرة من المركبات النقل ومعدات بناء الطرق هذا فضلا عن تزايد كلفة بنود أعمال صيانة الطرق ونقص مخصصات صيانة الطرق في ميزانيات الجولة في السنوات الأخيرة كل هذه العوامل مجتمعة أدت إلى إيجاد تحدي لإنجاز عمل أكثر بموارد أقل مما دفع إلى تطوير تقنيات جديدة تعمل على خفض التكاليف من جهة وتحقيق المواصفات المطلوبة من جهة أخرى فتم التركيز على إيجاد تكنولوجيا تحقق الغرض من إعادة تأهيل الرصف بكلفة أقل من الطرق التقليدية فكان من أهم التقنيات التي حققت نتائج جيدة تقنية إعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف الإسفلتي بسمك محدد من طبقة الأساس الحبيبي لتكوين خليط متجانس يضاف إليه مادة مثبته مثل الاسمنت أو الجير أو مستحلب اسفلتي أو اسفلت رغوي ويدمك المخلوط الناتج ليكون طبقة أساس جديدة أقوى وأكثر مقاومة للظروف البيئية من طبقة الأساس الحبيبي التقليدية يفرش فوقها طبقة سطحية من الخرسانة الإسفلتية.

2.7 مزايا تقنية إعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف

لتقنية إعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف عدة مميزات لكونها تقنية جديدة ومنها المحافظة على النظافة فتدوير عمق الرصف في الموقع يعني لا توجد حاجة الي نقل مخلفات الي المكبات ولا توجد حاجة الي توريد مواد ركامية جديدة الي الموقع (تقليل النقل وتقليل عمليات انتاج الركام في المحاجر). ومن ناحية تطبيق مبدأ الاستدامة فتدوير مواد الرصف القديمة يؤدي الي المحافظة على الموارد الطبيعية واستعمالها في مشاريع استراتيجية أخرى.

بقاء مواد الرصف القديمة في الموقع وعدم توريد مواد جديدة للموقع يعني استبعاد تكاليف النقل الغير ضروري من والي الموقع وتحسين اداء الرصف من خلال استخدام طبقة اعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف يقلل من اعمال الصيانة مستقبلا وينعكس استخدام طبقة اعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف على سمك الطبقات الاسفلتية حيث يمكن استخدام طبقات أسفله بأقل سمك مما ينتج عنه تقليل تكلفة الانشاء.

ويعتبر استخدام طبقة اعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف تقنية صديقة للبيئة فعند استخدام مواد الرصف القديمة وعدم رميها في المكبات يقلل التلوث البيئي وخط المواد على البارد وعدم تسخينها وقليل عدد رحلات مركبات النقل من والي الموقع يقلل من التلوث البيئي. وطبقة اعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف تحسن مقاومة اختراق مياه الامطار الي طبقة التأسيس.

فعندما تشير الاضرار على سطح الرصف بوجود ضعف ومشاكل في الطبقات التحتية للرصف يكون الوضع مناسب لاستخدام تقنية اعادة التدوير وتثبيت كامل عمق الرصف وايضا يكون من المناسب استخدام هذه التقنية عندما تتطلب صيانة الاضرار بالرصف القائم عمليات ترقيع تزيد عن 15% الي 20% من مساحة سطح الرصف وكما هو موضح بالشكل رقم 6. وعندما تكون القدرة الانشائية للرصف القائم غير مناسبة للأحمال الحالية والمستقبلية وعندما يوجد بالرصف القائم اضرار لا يمكن صيانتها او معالجتها عن طريق تجديد سطح الرصف أو عمل طبقة تغطية فمن المناسب استخدام طبقة اعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف.



شكل 6 اضرار على سطح الرصف

3.7 مراحل تنفيذ تقنية إعادة تدوير كامل عمق الرصف بمادة الإسمنت

1.3.7 مرحلة الكشف

تستخدم آلة الكشط لكشط جزء معين من عمق الرصف الاسفلتي للوصول الى المناسب التصميمية والشكل رقم 7 يوضح عملية الكشط. والشكل 8 يوضح شكل سطح الرصف بعد اتمام عملية الكشط وتجهيزه للمرحلة القادمة.



شكل رقم 7 عملية التفكيك والتفتيت



شكل 8 سطح الرصف بعد اتمام عملية الكشط

2.3.7 مرحلة توزيع الاسمنت على سطح الرصف

يتم توزيع مادة الإسمنت بطريقة مضبوطة من خلال شاحنة مصممة لهذا الغرض ويتم توزيع الإسمنت الجاف على سطح الرصف والشكل 9 يوضح طريقة ومعدات رش الإسمنت على سطح الرصف.





شكل 9 عملية رش الاسمنت على سطح الرصف

3.3.7 مرحلة التفكيك والخلط

تستخدم آلة التدوير لتفكيك وتفتيت طبقات الرصف الإسفلتي وجزء محدد من طبقة الأساس الحبيبي حتى عمق 750 مم كحد أقصى وفق النسب المحددة وهي في الغالب 50/50 (من الطبقات الإسفلتية و 50% من طبقة الاساس الحبيبي) والشكل رقم 10 يوضح عملية التفكيك والخلط.



شكل رقم 10 عملية التفكيك والخلط.

4.3.7 مرحلة تسوية وتشكيل السطح

تستخدم آلة التسوية للقيام بعملية التسوية وتشكيل السطح والشكل 11 يوضح إستخدام آلة التسوية لمثل هذه الأعمال.



شكل رقم 11 مرحلة التسوية وتشكيل السطح

5.3.7 مرحلة الدمك والتسوية النهائية

بعد الخلط الجيد والكامل للمواد تأتي مرحلة الدمك والتسوية النهائية وكما هو موضح بالشكل 12 حيث تبدأ معدات الدمك ذات النتوءات وذات العجلات الملساء الهزازة لتحقيق الدمك المطلوب ولمدة ساعتان كحد أقصى مسموح به لإنجاز كامل عملية الدمك.



شكل رقم 12 مرحلة الدمك والتسوية النهائية

6.3.7 مرحلة المعالجة

للحفاظ المناسب على هذه الطبقة وللوصول بها أي منتج عالي الجودة ولمنع ظهور تشققات الانكماش يتم الاستمرار برش المياه لمدة سبعة أيام أو رش طبقة من عازل اسفلتي (طبقة التشريب الأولى) والتي تعمل كغشاء حفظ. والشكل 13 يوضح طريقة رش المياه على السطح.



شكل رقم 13 مرحلة رش المياه على سطح الطبقة المعاد تدويرها

ويعتمد نجاح تنفيذ تقنية إعادة تدوير وتثبيت كامل عمق الرصف على التحكم الجيد في العمق والتفكيك والتفتيت والخلط المناسب مع التركيز على تحديد محتوى الإسمنت والمحتوى المائي المناسب ولا تنسى ان الدمك الجيد والكثافة لها اثراً كبيراً في إنجاح هذه التقنية.

7. الخلاصة

- يمكن تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الأزمات ويمكن استخدام الكاميرات وأجهزة الاستشعار لمراقبة حركة المرور وتحليل سلوك السائقين.

- تعتبر التقنيات المستدامة جزءاً أساسياً من تطوير أنظمة النقل الحديثة حيث تساهم في تقليل الأثر البيئي وتعزيز الكفاءة ويمكن اعتبار أنظمة النقل الذكية أداة قوية لتحسين كفاءة وسلامة أنظمة النقل
- إن استخدام الإسفلت المعاد تدويره في مشاريع الطرق يقدم فوائد متعددة تشمل توفير في التكاليف تحسين الجودة وتقليل الأثر البيئي مما يجعله خياراً مستداماً وفعالاً في مجال البناء
- تساهم التقنيات الحديثة في تحسين خواص الإسفلت والخلطات الإسفلتية بشكل كبير مما يعزز من متانة الطرق وأدائها
- تقنية إعادة صيانة العمق الكامل للأسفلت تمثل حلاً فعالاً ومستداماً لتجديد الطرق وتعزز من الاستخدام الأمثل للموارد.
- تتطلب تقنية إعادة صيانة العمق الكامل للأسفلت مجموعة متكاملة من المعدات لضمان عملية فعالة وآمنة.
- تنفيذ عملية إعادة صيانة العمق الكامل للأسفلت يتطلب اتباع مجموعة من الخطوات الأساسية لضمان الحصول على نتائج مرضية.
- يمكن تنفيذ عملية إعادة صيانة العمق الكامل للأسفلت بنجاح مما يساهم في تحسين جودة الطرق واستدامتها.
- على الرغم من الفوائد الكبيرة لتقنية إعادة صيانة العمق الكامل للأسفلت فإنها تتطلب تخطيطاً دقيقاً وإدارة فعالة للتعامل مع هذه التحديات.

المراجع

- [1] World Bank. (2020). Transport for Development: A New Approach to Infrastructure.
- [2] UN-Habitat. (2019). The State of African Cities 2018: The Geography of African Investment.
- [3] Kumar, A., & Singh, R. (2020). Challenges and Solutions in Transportation Engineering in Developing Countries. Journal of Transportation Technologies
- [4] استخدامات نظم المعلومات الجغرافية في تخطيط النقل – موضوع – <https://mawdoo3.com>
- [5] أبوراوي والكويت، استخدام تكنولوجيا إعادة تدوير الإسفلت واستخدامها في التنمية المستدامة، المؤتمر الهندسي الثاني لنقابة المهن الهندسية الزاوية، 2019