AL-MUKHTAR JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH ISSN online: 2519-6839 // ISSN Print 2519-6820
Vol.6, No. (1): 17-26 Available at www.oum.edu.ly
Received May 11, 2022, Accepted September 8, 2022, Published December, 2022 DOI: https://doi.org/10.54172/wsfr8x54

تقييم حالة رصف الطرق باستخدام نظام بيفر ومقارنة النتائج مع برنامج ميكرو بيفر

محمود أحمد خطاب[1] زكريا سعد نتفه[2] مهند عادل محفوظ[3] أيمن أكرم عبد الحميد[4]

[1] أستاذ مساعد، قسم الهندسة المدنية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
[2] محاضر، قسم الهندسة المدنية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا zakaria.abdalsalam@omu.edu.ly
[3] مهندس مدني، إدارة المشروعات، ديوان مجلس النواب الليبي، طبرق، ليبيا
[4] مهندس مدني، رئيس مجلس إدارة شركة البنيان، طبرق، ليبيا

ملخص

يعتمد تبني تقييم حالة الرصف و المعالجة الصحيحة والفعّالة لعيوب الرصف على التعريف الصحيح والموحد لهذه العيوب، وهو يشبه التشخيص الصحيح للمرض الذي يتبعه معالجة صحيحة وفعّالة. الهدف الأساسي لهذا البحث هو تقييم حالة رصف الطرق باستخدام نظام بيفر ومقارنة النتائج مع برنامج ميكروبيفر. حيث سيتم خلال هذ البحث التعرف على آلية نظام بيفر لتحديد مؤشر الخدمة (PCI) والذي من خلاله يتم تحديد عيوب التبليط الأسفلتي وحالته وكيفية معالجة العيوب عند ظهورها ومن ثم التخطيط لمنع ظهور مثل هذه العيوب. ويهدف البحث أيضا إلى تطبيق نظام بيفر بشكل عملي على الطريق الرابط بين مدينة البيضاء ومنطقة عمر المختار الواقعتين في الجبل الأخضر للتعرف على أهم العيوب الحاصلة فيها والعمل على إيجاد حلول لصيانتها. ومن أهداف البحث أيضا تطبيق برنامج ميكرو بيفر (Micro paver 5.2) على الطريق قيد الدراسة لحساب مؤشر الخدمة و مقارنة النتائج مع الطريقة التقليدية لتحديد مدى دقة هذا البرنامج. وقد تم في هذا البحث عمل دليل يحتوي على تعاريف محددة لأنواع عيوب الرصفات وتحديد مستويات الشدة والكثافة لكل عيب وذلك لتمكين الجهات ذات الاختصاص من اتباع نظام تعريف موحد لعيوب الرصف ومن ثم اختيار المعالجة الصحيحة والفعالة لعيوب الرصف بالاعتماد على المسح البصري للعيوب. ومن خلال تطبيق نظام بيفر على الطريق موضع الدراسة تبين أن مؤشر الخدمة PCI=32% وذلك نتيجة ظهور الكثير من العيوب في القطاع الأصلي للطريق بسبب سوء تنفيذ الأكتاف وعدم صيانة الطريق في وقت مبكر مما أدى إلى التقليل من كفاءته وبالتالي الحاجة إلى إعادة إنشائه. وعند مقارنة النتائج المتحصل عليها حسابيا مع تلك المستنتجة باستخدام برنامج ميكروبيفر، لوحظ أن الاختلاف لا يكاد يذكر مما يدل على الفاعلية الكبيرة للبرنامج في تحديد حالة الرصف وبالتالي يمكن الاعتماد عليه في الحصول على مؤشر حالة الرصف للطرق.

الكلمات المفتاحية : مؤشر حالة الرصف، نظام بيفر، ميكروبيفر, عيوب الرصف, قطاع الطريق.

©The Author(s). This open access article is distributed under a CC BY-NC 4.0 license

مقدمة

تعتبر خدمات الطرق أحد شرايين الحياة الأساسية والذي يدل على تطور البلد ونموه الاقتصادي والحضاري. ولكن بعد مرور زمن معين من الخدمة واقتراب العمر الافتراضي للطرق وزيادة المرور عليها فان بعض العيوب وعلامات الفشل تبدأ بالظهور. ولكي نتجنب زيادة تعقيد مشكلة هذه العيوب وحتى نتجنب الوصول إلى حالة الفشل النهائي للرصف يجب اللجوء إلى طرق تقييم حالة الرصف ومن ثم عمل الصيانة الدورية. فالصيانة الدورية تحافظ على ديمومة الطرق بعد إنشائها وتضمن استمرارها بالخدمة. ويمكن تعريف صيانة الطرق بأنها كل ما ينفذ من أعمال لتتمكن الطرق من أداء وظائفها بحالة ممتازة ومقاومة لحركة المرور والظروف الجوية وذلك بإجراء الصيانة الدورية أو التصليحات الخاصة. وفي الآونة الأخيرة تطورت أعمال الصيانة واصبح هناك تصنيف لهذه العيوب وتم تحديد أسباب كل عيب وطرق علاجه حسب درجة تضرره [1 ، 2].

ولكي يتم تحديد درجة ونوع الصيانة التي يحتاجها طريق معين يجب اتباع طرق محددة لتقييم حالة الرصف. ومن الطرق المتبعة لتقييم حالة الرصف جهاز قياس خشونة الطريق (Quality Roughness or Riding) وهو عبارة عن جهاز متطور يستخدم في تقييم شبكة الطرق وظيفياً لتحديد مستوى خدمة هذه الطرق وتقدير العمر المتبقي لها وكذلك يستخدم كوسيلة لمراقبة جودة تنفيذ الطرق أثناء عملية الإنشاء أو إعادة الإنشاء [1 ، 3]. ومن هذه الطرق أيضا جهاز الحمل الساقط (Falling Weight Deflectometer– FWD) ويستخدم هذا الجهاز لتقييم القدرة الإنشائية لرصفات الطرق تمهيداً لتحديد حاجاتها من عمليات الإصلاح والصيانة الرئيسية. ومن أهم وظائف هذا الجهاز تحديد مواقع الخلل الإنشائي وإعادة حساب معامل المرونة لطبقات الرصف المختلفة إضافة إلى سمك طبقة الأكساء اللازمة لتعزيز القدرة الإنشائية للرصف [1 ، 2]. ومن أهم هذه الطرق وافضلها طريقة أو نظام بيفر (PAVER) والذي يسمى معامل حالة الرصف [2]. وهو من الطرق المتقدمة المستخدمة لتقييم حالة رصفات الطرق والكشف عن العيوب الموجودة فيها (Distresses Pavement). نظام بيفر هو نظام دقيق وموضوعي [1]. طوره سلاح المهندسين الأميركي(U.S. Army) Corps of Engineers) ويأخذ هذا النظام بعين الاعتبار ليس فقط نوع العيب وإنما أيضاً شدته وكثافته تمهيداً لحساب دليل حالة الرصف (Pavement Condition Index-PCI) وهو مقياس رقمي يتراوح من صفر إلى 100 ، حيث يعبر الرقم 100 عن وضع ممتاز للرصف. ويستخدم هذا النظام للكشف عن حالة الشبكة بشكل دوري تمهيداً لتقدير حاجات الطرق من عمليات الصيانة والإصلاح المختلفة [1 ، 2]. ومن أهم ميزات هذه الطريقة أنها شاملة لكل الأسباب المحتملة لظهور عيوب الرصفات. بالإضافة إلى ذلك فهي أفضل طريقة تستند على دليل مكتوب وصور تفصيلية موضحة [4] وهي سهلة الفهم والتنفيذ وواسعة الانتشار ومستخدمة في أجزاء مختلفة من العالم ومن أهم استعمالاتها تقييم الرصفات الإسفلتية للطرق والمطارات [3]. ومن عيوب هذه الطريقة إنها تحتاج إلى بعض الوقت والجهد لتجميع البيانات من الطريق قيد الدراسة لأن مستخدم هذا الدليل عليه أن يثوم بدراسته بدقة وعناية قبل استعماله(XX).

الهدف الأساسي لهذا البحث هو تقييم حالة رصف الطرق باستخدام نظام بيفر ومقارنة النتائج مع برنامج ميكروبيفر لتحديد مؤشر الخدمة (PCI) والذي من خلاله يتم تحديد عيوب التبليط الأسفلتي وحالته ومقارنة هذا النظام مع برنامج ميكرو بيفر لتحديد حالة التبليط وكيفية معالجة العيوب عند ظهورها ومن ثم التخطيط لمنع ظهور مثل هذه العيوب. ويهدف البحث أيضا إلى تطبيق نظام بيفر على الطريق الرابط بين مدين البيضاء ومنطقة عمر المختار الواقعتين في الجبل الأخضر للتعرف على اهم العيوب الحاصلة فيها والعمل على إيجاد حلول لصيانتها. ومن أهداف هذا البحث أيضا تطبيق برنامج ميكرو بيفر (Paver 5.2 Micro) على الطريق قيد الدراسة لحساب مؤشر الخدمة ومن ثم مقارنة النتائج مع الحسابات اليدوية لطريقة بيفر لتحديد مدى دقة هذا البرنامج.

طريقة بيفر (Paver Method)

طريقة بيفر كانت في البداية عبارة عن برنامج بالحاسوب لصيانة الطرق يسمى (Micro Paver) وتم تطويره من قبل جمعية المهندسين الأمريكية (U.S Army Corps Engineers) واستخدم بنطاق واسع[1 ، 2]. ويأخذ هذا النظام بعين الاعتبار ليس فقط نوع العيب وإنما أيضاً شدته وكثافته

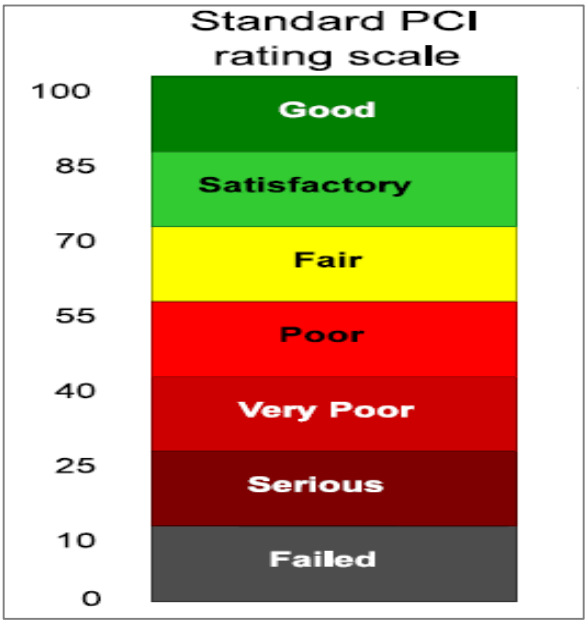
تمهيداً لحساب مؤشر حالة الرصف (PCI) وهو مقياس رقمي يتراوح من صفر إلى 100، حيث يعبر الرقم 100 عن وضع ممتاز للرصف. ويستخدم هذا النظام للكشف عن حالة الشبكة بشكل دوري تمهيداً لتقدير حاجات الطرق من عمليات الصيانة والإصلاح المختلفة [4]. حيث يتم تحديد أنواع العيوب الموجودة ومعرفة شدتها عن طريق تصنيف الفقرة D6433-07 من ASTM ويتم تصنيف هذه العيوب إلى 19 نوع من العيوب تحدث في الرصف المرن كما هي موضحة في الجدول (1). ويعتمد تحديد أنواع العيوب الموجودة في الرصف وشدتها بشكل أساسي على الفحص البصري للطريق. حيث أثبت بحث سابق [5]أن هناك تماثل أو تطابق في تحديد حالة تبليط الطريق رغم الاختلاف في أسلوب التعبير في الطريقتين بين المواصفات القياسية لتحديد مؤشر حالة الرصف والفحوصات المختبرية. من ناحية أخرى، أوضحت دراسة سابقة [6] أن إدارة الصيانة في بعض الدول العربية لا تتبع الأسلوب العلمي في أعمال الصيانة وإنما تستخدم النظام التقليدي (الفحوصات المختبرية). ولقد خلص البحث إلي أهمية إجراء عمليات تقييم عيوب الرصف باستخدام دليل تقويم حالة سطح الطريق وذلك حتى يصبح تقويم العيوب تقويماً علمياً بدلاً من التقويم البصري. وفي نفس السياق أثبت بحث آخر[7] ضرورة استخدام استراتيجية تتضمن طرق علمية لجمع وتحليل البيانات والمعلومات المتعلقة بحالة شبكة الطرق بشكل دائم ومستمر والتي سيتم استخدامها في وضع معايير وقرارات وأولويات الصيانة وإن أفضل طريقه لجمع وتحليل البيانات هو استخدام دليل حالة الرصف.

جدول (1): أنواع عيوب الرصف حسب تصنيف ASTM D6433-07

ر.ت	اسم عيب الرصف	Name of defect pavement
1	الشقوق التمساحية أو الكلل	Alligator / Fatigue Cracking
2	الشقوق الشبكية	Block Cracking
3	الشقوق الطولية والعرضية	Longitudinal and transverse
4	الرقع	Patching
5	الحفر	Pothole
6	الهبوطات	Depression
7	الزحف	Shoving
8	التخدد	Rutting
9	النزيف أو طفح الأسفلت	Bleeding or Flushing
10	التطاير والتآكل	Raveling and Weathering
11	بري أو صقل الحصى	Polished Aggregate
12	التقعرات والتحدبات	Bumps and Sags
13	التموجات	Corrugation
14	الشقوق الجانبية	Edge Cracking
15	شقوق الفواصل الانعكاسية	Joint Reflection Cracking
16	هبوط الأكتاف	Lane-Shoulder Drop-off
17	الشقوق الإنزلاقية	Slippage Cracks
18	الإنتفاخ	Swell
19	تقاطع سكة الحديد	Railroad Crossing

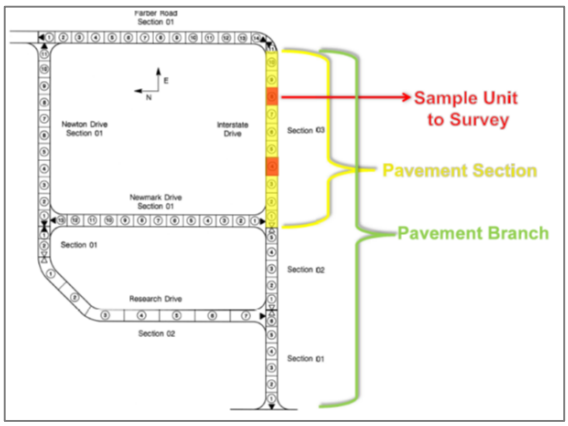
شرح طريقة بيفر بنظام ASTM D6433-07

كما ذكر سابقا فإن هذه الطريقة طورت من قبل السلاح الجوي الأمريكي قبل أن يتم الاعتماد عليها من بعض الجهات والمؤسسات [1 ، 2]. حيث تعتمد هذه الطريقة علي قياس مؤشر حالة الرصف (أحيانا يسمى مؤشر الخدمة) (PCI) وهو عباره عن رقم يشير إلي حالة الرصف يتراوح من 0 إلي 100 حيث يدل الرقم 100 علي أن الرصف ممتاز والرقم 0 علي أن الرصف متهالك وبناءً علي ذلك تم تقسيم المؤشر إلي سبع درجات كما موضح في الشكل (1). حيث تظهر عيوب الرصف علي شكل مؤشرات خارجية يمكن ملاحظتها باستخدام الفحص البصري وتكون هذه العيوب ناتجة من أحمال المرور أو من العوامل الجوية أو من أسباب ناتجة عن سوء التنفيذ أو من هذه العوامل مجتمعة.



شكل (1): حالة الرصف حسب قيمة مؤشر الخدمة

وصنفت الفقرة D6433-07 من ASTM هذه العيوب إلي 19 نوع من العيوب يحدث في الرصف المرن أو الأسفلتي، حيث يتم تقسيم الرصف المراد فحصه إلى مجموعة من الأفرع ويتم تقسيم كل فرع إلى مجموعة من القطاعات ومن ثم يتم تقسيم كل قطاع إلى مجموعة من العينات بحيث يتم معاملة كل عينة وفحصها بشكل منفصل كما هو موضح في الشكل (2) [8]. حيث يتم تحديد أنواع العيوب الموجودة في الرصف الأسفلتي وشدتها عن طريق الفحص البصري ومن ثم يتم تقسيم هذه العيوب حسب الدليل المقترح في هذه الدراسة. وتؤخذ مساحة العينة مساوية لـ 225 ± 90 m² ويجب أن يكون لكل عينات القطاع المراد فحصه نفس تاريخ الأنشاء والمساحة وكذلك نفس حجم المرور الخاص بالطريق قيد الدراسة. وحيث أن المجال المتاح في هذه الورقة لا يسمح بعرض الدليل المقترح كاملا (حيث أن الدليل تم إعداده من 19 صفحة) فإنه قد تم عرض نموذج من الدليل في الملحق رقم (1).



شكل (2): تقسيم قطاع الطريق إلى فروع وعينات[8]

التطبيق العملي لنظام بيفر

يتم تقسيم الطريق إلى مجموعة من الأقسام والأفرع حسب الاستخدام. فعلى سبيل المثال يتم تحديد الطرق في قسم وتحديد مواقف السيارات في قسم آخر، ثم يتم تقسيم كل فرع إلى مجموعة من القطاعات حسب حجم المرور وطبقات الرصف وتاريخ الأنشاء والصيانة وكذلك حاله الرصف، ثم تقسيم كل قطاع إلى مجموعة من العينات و تؤخذ مساحة العينة ($225 \mp 90 m^2$) ويتم وضع علامات عند حدود هذه العينات وكذلك ترقيمها بطريقة مفتشي وموظفي مراقبة الجودة لتحديد موقعها بسهولة. ويمكن فحص جميع العينات في القطاع الواحد وذلك لتحديد متوسط مؤشر الخدمة في القطاع ولكن لصعوبة ذلك ولتقليل التكلفة والأيدي العاملة وكذلك لتوفير الوقت فإن المواصفات تسمح بأخذ عدد معين من العينات في كل قطاع بحيث يتم مسحها ضمن القطاع ومن ثم أخذ أو حساب متوسط مؤشر الخدمة [4 ، 8].

ويمكن حساب عدد العينات الأدنى، N، باستخدام المعادلة (1) أدناه.

$$n = \frac{N * s^2}{\frac{e^2}{4} * (N-1) + s^2} \qquad (1)$$

حيث: N يمثل إجمالي عدد العينات في القطاع، e تمثل الخطأ المسموح به وغالبا لا يتجاوز ±5، s هو الانحراف المعياري لمؤشر الخدمة بين عتبة وأخرى في نفس القطاع ويؤخذ مساوياً ل 10، n يمثل اقل عدد من العينات يجب أن يتم فحصه في القطاع الواحد بحيث تعطي دقه لا تقل عن 95%.

ويتم حساب الانحراف المعياري باستخدام المعادلة (2) الموضحة أدناه.

$$s = \left[\sum_{i=0}^{n} \frac{PCI_i - PCI_s}{n-1}\right]^{1/2} \qquad (2)$$

حيث: PCIi مؤشر الخدمة للعينة i، PCIs مؤشر الخدمة للقطاع الموجود به العينة i ، n إجمالي عدد العينات التي تم فحصه.

بعد حساب عدد العينات الأقل من المعادلة (1) وحساب الانحراف المعياري من المعادلة (2)، فإذا كان الانحراف المعياري اكبر من المفروض يتم زيادة عدد العينات بشكل عشوائي ويتم تكرار هذه العملية حتى نحصل على الرقم الصحيح لعدد العينات. لفحص العينات يتم استخدام استمارة قياسية بحيث يحدد فيها كل من الفرع والقطاع والعينة وكذلك مساحة العينة واسم الفاحص والتاريخ وكذلك نوع العينة عشوائية أو إضافية ثم يتم فحص العينة عن طريق المشي علي الأكتاف وقياس مستوى شدة كل عيب بحيث يتم تسجيل هذا الرقم في الاستمارة حسب نوع العيب وشدته.

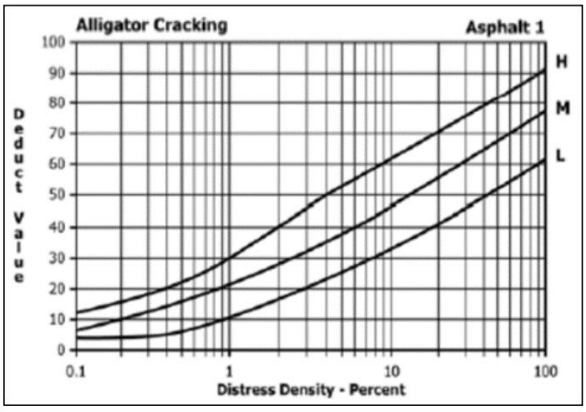
حساب مؤشر الخدمة (PCI)

بحسب توصيات ASTM D6433-07 يتم حساب مؤشر الخدمة بعد حساب القيمة الإجمالية لمستوى شدة كل عيب ومن ثم يتم حساب كثافة كل عيب عن طريق قسمة مساحة العيب علي مساحة العينة مضروب في 100. بعد ذلك يتم إيجاد قيمة الخصم (value Deduct) لكل عيب بواسطه منحنيات الخصم الموضحة في الشكل (3) وذلك بتقدير قيمة كثافة العيب علي المقياس الأفقي للمنحني وتقسيطها علي درجة شدة العيب بالمنحنى للحصول علي المحور العمودي. في الخطوة التالية يتم تحديد قيمه الحد الأقصى لقيمة الخصم المصححة (CDV) باستخدام منحني المواصفات الموضح في الشكل (4) والخاص بنوع الرصف حيث في حالة وجود قيمة واحدة فقط فإن القيمة الإجمالية للخصم تستخدم بدلا من القيمة القصوى أما إذا كانت قيمة الخصم تزيد عن 1 يتم ترتيب قيم الخصم تنازليا ثم يتم حساب العدد المسموح به من الخصم وتستخدم المعادلة (3) لتخفيض شدة أقل عيب. وبعد حساب (CDV) تستبدل اقل قيمة خصم بقيمة 2 ولا تحسب هذه القيمة من ضمن عدد العيوب (q) وتتم هذه العملية حتى يتم الوصول إلى عدد من العيوب (q) يساوي 1. وبعد ذلك يتم حساب قيمة مؤشر حالة الرصف (PCI) من المعادلة (4) أدناه.

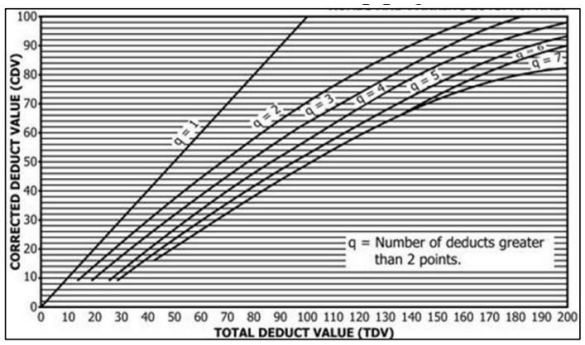
$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV) \qquad (3)$$

$$PCI = 100 - MAX\ CDV \qquad (4)$$

حيث: m معامل تخفيض شدة العيب، HDV الحد الأقصى لقيمة الخصم.



شكل (3) العلاقة بين كثافة العيب و قيمة الخصم



شكل (4): العلاقة بين قيمة الخصم وقيمة الخصم المصححة

استخدام طريقة بيفر لحساب مؤشر حالة الرصف لطريق البيضاء – عمر المختار

بعد التعرف على طريقة الفحص وإعداد الدليل الخاص بأنواع العيوب ومن ثم تجهيز الأدوات والمعدات المطلوبة لفحص المنطقة قيد الدراسة تم تقييم حالة الرصف لجزء من الطريق الزراعي الممتد من البيضاء إلى منطقة عمر المختار. حيث تم إنشاء هذه الطريق في بداية ثمانينات القرن الماضي وهو عبارة عن طريق مفرد من حارتين بطول 16.2 كيلومتر وعرض 6 متر والطريق يعاني من وجود الحفر, التشققات, والهبوطات الأمر الذي أدى إلى ارتفاع نسبة الحوادث به خلال السنوات الأخيرة. في هذا البحث تم دراسة جزء من هذا الطريق بطول 5 كيلومتر. وتم تقييم هذه العيوب اعتمادا على ما ورد من أنواع العيوب في الدليل حسب نوع العيب وشدته وطريقة قياسه. بعد ذلك تم تحديد أسباب ظهور هذه العيوب وأفضل الأساليب لمعالجتها.

تم تقسيم الطريق المذكور إلى قطاعات ومن ثم إلي عينات كل 40 م طول ثم تدوين المعلومات الموقعية لأنواع عيوب الرصف وأدراجها في نموذج الفحص لطول الطريق موضوع الدراسة والبالغ 5 كيلومتر وتم تدوين كل النتائج وأنواع وكميات ودرجة شدة عيوب الرصف في الملحق (2) المدرج في نهاية هذه الورقة. بعد ذلك تم حساب قيم مؤشر حالة الرصف لكل عينة حسب نموذج الفحص الموقعي وعليه تم تحديد حالة الرصف بمقارنة القيم المحسوبة من الموقع مع القيم المذكورة في المواصفات القياسية. ونتيجة لكثرة البيانات والمعلومات التي تم جمعها وتدوينها والتي لا يتسع السياق لذكرها في هذه الورقة فقد تم أخذ العينة رقم (1) كمثال تطبيقي لشرح طريقة العمل

ونموذج لباقي العينات. حيث تم فحص هذه العينة (كما باقي العينات) بالسير على الأقدام حسب التوصيات الموصي بها في المواصفات القياسية (ASTM) وتدوين أنواع العيوب الموجودة في العينة وتحديد شدتها كما مبين في الشكل (5). ومن العيوب التي تم ملاحظتها في هذه العينة شقوق تمساحيه ورقمها (1) وهبوط أكتاف المسارات ورقمها (16) مع الأخذ بالاعتبار شدة العيب ونوعه ومساحة تأثيره في نموذج الفحص. وفي أثناء الفحص تم ملاحظة أن الشقوق التمساحية مساحة تأثيرها كبيرة. ومن أسباب ظهور الشقوق التمساحية تقادم المواد الإسفلتية بفعل الزمن و تلف طبقة الخرسانة الإسفلتية بسبب الأحمال المرورية المتكررة، ولوحظ أيضا وجود شقوق أكتاف المسارات وكان طول تأثيرها حوالي 49 متر من أصل 80 متر (الطول الكلي للعينة) وبشدة مختلفة ومن أسباب ظهورها تعري وهبوط الأكتاف أو تنفيد المسارات الحاملة بدون ضبط مستوى الأكتاف. الجدول (2) والجدول (3) يبين الحسابات اليدوية للعينة رقم (1).

جدول (2): أنواع العيوب وشدتها ومساحة تأثيرها للعينة رقم (1)

نوع العيب	الكمية			المجموع	الكثافة %	قيمة الخصم
16L	22.5	11	3	36.5	15.2	7
16M	5.5	7		12.5	5.2	5
1 M	6*40			240	100	78
شدة عالية:) (H شدة متوسطة, (M):شدة منخفضه, (L): :حيث						

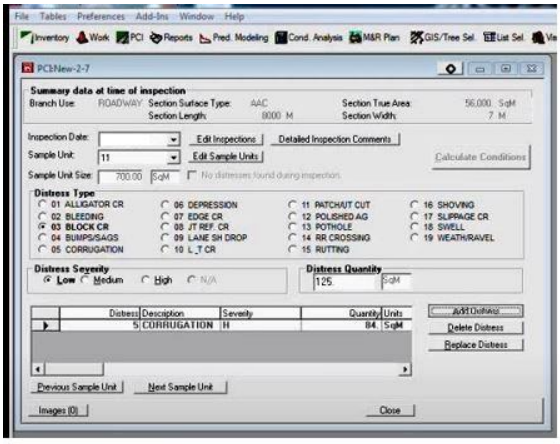
جدول (3): حساب مؤشر حالة الرصف للعينة رقم (1) يدويا

عدد المحاولات	قيمة الخصم			المجموع	q	CDV
1	78	7	5	90	3	57
2	78	7	2	87	2	62
3	78	2	2	82	1	80
$PCI = 100 - 80 = 20\%$ MAX CDV $= 80 \rightarrow$						

شكل (5): بعض أنواع العيوب التي تم ملاحظتها من خلال دراسة طريق البيضاء– عمر المختار

برنامج ميكروبيفر (Micro paver)

يعتمد هذا البرنامج على مساحة كل عيب و شدته على حسب وحدة قياسه و طول الطريق و نوعه و تاريخ انشائه و كذلك تاريخ الصيانة ان وجدت. و يتضمن هذا البرنامج كل المعاملات و المنحنيات و المعادلات المستخدمة بالطريقة اليدوية و يعتبر اكثر دقة و سرعة من الطرق التقليدية و اقل نسبة خطأ محتملة. الشكل (6) يوضح الواجهة الرئيسية للبرنامج.



شكل (6): الواجهة الرئيسة لبرنامج MICRO PAVER

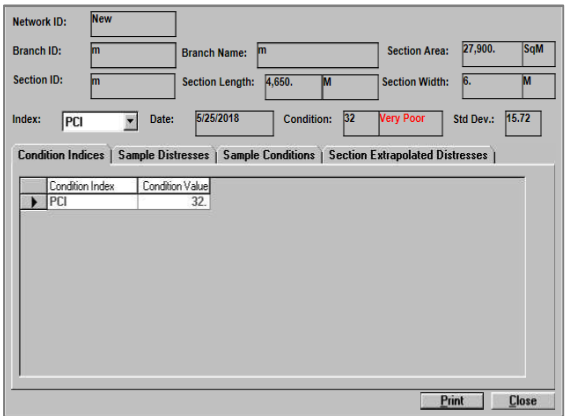
حساب العينات للقطاع الأصلي باستخدام برنامج MICRO PAVER

بعد إدخال بيانات الطريق والتي تتضمن تاريخ الإنشاء وطول الطريق ونوعه ومن ثم إدخال عدد العينات وتفاصيل كل عينة

وتشمل هذه التفاصيل أنواع العيوب ومساحة تأثيرها ومدى شدتها، قام برنامج ميكرو بيفر بحساب مؤشر حالة الرصف (PCI) لكل عينة على حدة ومن ثم حساب متوسط النتائج لقطاع الطريق بأكمله كما هو مبين في الجدول (4) والشكل (7).

جدول (4): حساب مؤشر الخدمة للعينات المختارة باستخدام برنامج MICRO PAVER

العينة	PCI %	حالة تبليط الطريق
1	19	خطير
2	29	ردئ جدا
3	3	فاشل
4	21	خطير
5	13	خطير
6	67	وسط
7	28	ردئ جدا
8	33	ردئ جدا
9	34	ردئ جدا
10	33	ردئ جدا
11	38	ردئ جدا
12	45	ردئ
13	46	ردئ
14	39	ردئ جدا
المتوسط	**32**	**ردئ جدا**



شكل (7): متوسط قيمة مؤشر الخدمة (PCI) وحالة الرصف المستنتجة باستخدام برنامج MICRO PAVER

ومن الجدير بالذكر أنه عند مقارنة قيمة مؤشر حالة الرصف المحسوبة باستخدام برنامج ميكرو بيفر للعينة رقم (1) (PCI=19%) مع القيمة المحسوبة يدويا من الجدول (5) المذكور سابقا (PCI=20%) فإن الفرق بين النتيجتين يكاد لا يذكر مما يدل على الدقة الكبيرة في النتائج المتحصل عليها من خلال البرنامج وبالتالي يمكن الاعتماد عليه بشكل أساسي لتحديد حالة الرصف لأي طريق.

الخاتمة

تعتبر الطرق من أهم شرايين الحياة الأساسية والتي تدل على تطور البلد ونموه الاقتصادي والحضاري. ولكن بعد مرور زمن معين من الخدمة واقتراب العمر الافتراضي للطرق وزيادة المرور عليها فان بعض العيوب وعلامات الفشل تبدأ بالظهور. ولكي نتجنب زيادة تعقيد مشكلة هذه العيوب وحتى نتجنب الوصول إلى حالة الفشل النهائي للرصف، تم في هذه الورقة عرض توضيح مفصل لإحدى أهم الطرق المستخدمة في تقييم حالة الرصف وهي طريقة بيفر وإعداد دليل العيوب والذي من خلاله يتم الاعتماد على تعريف موحد لعيوب الرصف ومعرفة مدى شدتها وبالتالي تحديد السبيل الأمثل لعلاجها. ومن خلال التطبيق العملي لطريقة بيفر وبرنامج ميكرو بيفر على الطريق الرابط بين مدينة البيضاء ومنطقة عمر المختار تبين أن مؤشر حالة الرصف لهذا الطريق يساوي 32% واعتمادا على هذه النتيجة تم تصنيف الطريق على أنه رديء جدا ويحتاج إلى إعادة إنشاء. ومن خلال مقارنة النتائج المتحصل عليها من خلال برنامج ميكرو بيفر وتلك المتحصل عليها حسابيا تبين أن الاختلاف لا يذكر مما يعني الدقة الكبيرة للبرنامج في تحديد حالة الرصف.

المراجع

[1] م.سمير عمار. 2012. *تكنولوجيا صيانة الطرق*. إدارة المكتب الفني للطرق والنقل بالجيزة- جمهورية مصر العربية.

[2] م. غريب خضر.2007. *تقنية صيانة الطرق*.

[3] مؤسسة تصميم وتطوير المناهج بالمملكة العربية.*كتاب تقنيات الطرق*. طبعة 1429 هـ. المملكة العربية السعودية.

[4] ASTM D6433-2007.

[5] جاسم عطية علوان. 2014. *عيوب التبليط الأسفلتي وإمكانية معالجتها*. المعهد التقني بابل- العراق.

[6] صفاء حسن جعفر، جلال عبدالله علي. 2013. *تقييم حاله رصف الطرق بولاية الخرطوم*. جامعة السودان كلية الهندسة والتكنولوجيا. الخرطوم- السودان.

[7] د.م.مهند العفاش. 2012. *صيانة الطرق*. جامعة دمشق. دمشق- سوريا.

[8] John Duval. 2015. *Pavement Management for Local Agencies.* Idaho Asphalt Conference.

ملحق (1) يبين نموذج من الدليل المقترح لأنواع العيوب وطرق قياسها وأسباب ظهورها وطرق علاجها

1- الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل Alligator / Fatigue Cracking

يتم قياس مستويات الشدة بحساب المساحة المتأثرة بالشقوق بالمتر المربع، فمثلا إذا كان شق واحد فمساحته هي طوله بعرض واحد متر، كما يتم تحديد كل مستوى شدة لوحده، أما إذا كان هناك منطقة تتداخل فيها مستويات الشدة الثلاثة فيتم اختيار مستوى الشدة الأكثر كثافة. وتقاس كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروباً بمائة.

الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل عبارة عن شقوق متداخلة متوالية حدثت نتيجة انهيار الكلل للخرسانة الإسفلتية تحت تأثير الأحمال المتكررة. تبدأ هذه الشقوق تحت سطح الإسفلت حيث إجهاد وانفعال الشد عالى تحت الإطار، ثم تنتشر إلى السطح في شكل شقوق طولية متوازية. ونتيجة تأثير أحمال الحركة المتكررة تبدأ هذه التشققات في التواصل في كل الاتجاهات وفي شكل زوايا حادة مكونة شكلاً يشبه جلد التمساح ومن هنا جاءت تسميتها بالشقوق التمساحية.

تحدث هذه الشقوق دائماً في المواقع التي تكون فيها أحمال الحركة متكررة وخاصة في مسارات الإطارات .

صورة توضح الشدة المنخفضة

مستوى الشدة المنخفض: هو المستوى الذي تكون فيه الشقوق طولية شعرية وموازية لبعضها البعض مع تداخلات صغيرة ،كما تكون قليلة العرض والعدد.

مستوى الشدة المتوسط: هو المستوى الذي تكون فيه الشقوق على شكل شبكة من الشقوق المتقاطعة بدأ عرضها في الزيادة ولكن مازال ضمن الجزء السطحي للطبقة.

مستوى الشدة العالي: هو المستوى الذي تكون فيه الشقوق كثيرة وعميقة وعريضة ومتداخلة مع بعضها حيث تصبح طبقة الرصف منقسمة إلى أجزاء منفصلة قابلة للحركة عندما تتعرض لحركة المرور.

صورة توضح الشدة المتوسطة

المحتملة: الأسباب

تتضمن الأسباب المتوقعة للشقوق التمساحية سبب أو أكثر من الأسباب التالية:

1. تلف طبقة الخرسانة الإسفلتية نتيجة لتلف الطبقة السفلية بسبب الأحمال المرورية المتكررة.
2. عدم ثبات حالة طبقة الأساس الأسفلتي أو طبقة تحت الأساس بسبب هبوط زائد للسطح
3. ضعف طبقة الأساس الحجري مما جعلها غير قادرة على الهبوط الزائد الناتج من الأحمال المرورية.
4. تقادم المواد الإسفلتية بفعل الزمن.
5. عدم كفاية سماكة طبقات الرصف.

صورة توضح الشدة المرتفعة

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة للشقوق التمساحية حسب الشدة والكثافة، وتوجد تعريفات لهذه الأساليب فيأساليب الصيانة المقترحةيمكن الرجوع إليها لمعرفة تفاصيل هذه الأساليب وكيفية تنفيذها.

الشدة	كثافة مخفضة أقل من 10%	كثافة متوسطة ما بين11-50%	كثافة عالية اكثر من 50%
منخفضة	Do Nothingلا تفعل شيئاً	Slurry sealملاط إسفلتي	Do Nothingلا تفعل شيئاً
متوسطة	Deep Patchingترقيع عميق	Deep Patchingترقيع عميق	Deep Patchingترقيع عميق
عالية	Deep Patchingترقيع عميق	Deep Patchingترقيع عميق	Reconstructionإعادة إنشاء

ملحق (2) النتائج المسجلة للعينات المختارة على طول الطريق قيد الدراسة

ر.ع	عينة 1	عينة 2	عينة 3	عينة 4	عينة 5	عينة 6	عينة 7	عينة 8	عينة 9	عينة 10	عينة 11	عينة 12	عينة 13	عينة 14
1 L								2.25				12.5		
1M	240	120	240	120	120		110	74.2	60.7	89.5	80	22.5	27	
1 H			33	7.5	30									
3 L		22			13	203		7.6	24	11.5				5
4 L		7.2	21.8				0.6		1.44			1.8		
4 M							1.95					1.8		123
4 H			1.95											
5 L			1											
5 H			1											
10 L				60										
11						80		60	80					
14 L						33.2	28							
14M					2.1								25	
14 H						5.8								
16 L	36.5		14.2						6.5	10		2	1	
16M	12.5			6.4	7		12.7	14	8				7	5.5
16 H					15		11.5		17					

كل رقم في خانة رقم العيب يشير إلى رقم العيب الموجود في الجدول رقم (1) كل رقم موجود في خانات العينات يشير إلى مساحة تاثير العيب بالعينة ، ((L) شدة منخفضه , (M شدة متوسطه , (H شدة عالية)

Evaluating the condition of road paving using the Paver method and comparing the results with the Micro-Paver program

Mahmoud A T Khatab[1], Zakaria Abdalsalam[2]*, Muhanad Mahfouth[3], Ayman Abdurabbah[4]

[(1)]Assistant Professor, Civil Engineering Department, Omar Al-Mukhtar University, AL-Bayda, Libya.

*[(2)]Lecturer, Civil Engineering Department, Omar Al-Mukhtar University, AL-Bayda, Libya **(zakaria.abdalsalam@omu.edu.ly)**

[(3)] Civil Engineer, Project Management, House of Representatives of Libya, Tobruk, Libya

[(4)]Civil Engineer, Chairman of the Board of Directors of Al-Bunyan Company, Tobruk, Libya

Abstract: The adoption of the correct and effective treatment of pavement defects depends on the correct and uniform definition of these defects and is similar to the correct diagnosis of the disease followed by correct and effective treatment. The main objective of this research is to identify the mechanism of the Paver System to determine the pavement condition index (PCI), through which the defects of asphalt paving are identified and their condition and how to address the defects when they appear and then plan to prevent the emergence of such defects. The research also aims to apply the Paver System in practice on the road that links Elbaida City to Omer Almukhtar Village in the east of Libya. One of the objectives of the research is the application of Micro Paver 5.2 on the road under study to calculate its PCI and compare the results with the traditional method to determine the accuracy of this program. In this research, a guide has been defined containing definitions of the types of defects of flexible paving and determining the levels of intensity and density of each defect in order to enable the competent authorities to follow a uniform definition of pavement defects and then choose the correct and effective treatment of pavement defects based on the optical survey of defects. Through the application of the Paver System on the road under study, it was found that the pavement condition index of PCI = 32% due to the appearance of many defects in the original sector of the road due to the long service life of the road (more than 30 years) and the lack of maintenance of the road, which led to reduce its efficiency. Hence the need to re-construct it. When comparing the results obtained mathematically with those derived using Micro Paver program, it was observed that the difference is negligible, which indicates the great effectiveness of the program in determining the paving status and therefore reliable in obtaining the PCI of roads.

Keywords Pavement Condition Indicator, Paver System, Micro−Paver, Pavement Defects.