Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (4), Issue (2) : 30 June 2020
P: 1 - 20

ISSN: 2522-3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (4)، العدد (2) : 30 يونيو 2020م
ص: 1 - 20

Field Study of Roads Quality In Saudi Arabia

Abdullah Jarbo M. Albnnaqi
Saudi Customs || KSA
Mohamed Ahmed Aichouni
Engineering College || University of Hail || KSA

Abstract: Roads networks are considered as one of the major components of the economical infrastructure in any country in the world. Roads play an important role in the sustainable economic development of countries such as Saudi Arabia. Roads` quality is considered to be one of the most important indicators of quality of life and economic competitiveness. Therefore, it is very important for government and economic agencies such as ministries and municipalities to strive to maintain the road network with appropriate levels of quality and maintain safety standards. The present paper aims to conduct a field study of road quality in one of the most important customs border Centers in the Kingdom. This study can be considered of major importance to the Kingdom since it is closely related to the Saudi Vision 2030, the National Transformation Program, and the Quality of Life Program. The research used the field survey method to collect data on types of road paving defects, determine the level of road quality, and identify the most important factors leading to the deterioration of the road`s quality. Quality tools such as Check Sheet, Pareto Analysis and statistical methods were used to collect real field data and analyze them. Micro PAVER 5.2 Software was used to perform data analysis in order to assess the level of road quality according to the approved international indicators, and to predict the level of deterioration that will reach the road in future years if maintenance operations are not carried out in time.

Keywords: Roads Quality, Quality Tools, Saudi Vision 2030, Quality of Life Program, Saudi Customs.

دراسة ميدانية لجودة الطرق في المملكة العربية السعودية

عبد الله جربوع البناقي
الهيئة العامة للجمارك || المملكة العربية السعودية
محمد أحمد عيشوني
كلية الهندسة || جامعة حائل || المملكة العربية السعودية

الملخص: تعتبر الطرق من العناصر المهمة في البنية التحتية لأي دولة، ولها دور هام في التنمية الاقتصادية المستدامة للدول، حيث تعتبر جودة الطرق من أهم المؤشرات لجودة الحياة والتنافسية الاقتصادية. لهذا فإنه من المهم جدا أن تسعى الجهات الحكومية والاقتصادية مثل الوزارات والبلديات للمحافظة على شبكة الطرق بمستويات ملائمة من الجودة والمحافظة على معايير السلامة. ويهدف البحث إلى إجراء دراسة ميدانية لجودة الطرق المؤدية إلى أحد أهم المنافذ الحدودية الجمركية في المملكة العربية السعودية. وتعتبر هذه الدراسة ذات أهمية بالغة للمملكة من حيث ارتباطها الوثيق بالرؤية السعودية 2030 و برنامج التحول الوطني و برنامج جودة الحياة. استخدم البحث أسلوب المسح الميداني لموقع الدراسة لرصد أنواع عيوب رصف الطريق وتحديد مستوى جودة الطريق والتعرف على أهم العوامل المؤدية إلى تدهور جودة الطريق. تم استخدام أدوات الجودة مثل قائمة الاختبار (Check Sheet) و مخطط باريتو (Pareto Analysis) والأساليب الإحصائية لجمع البيانات ميدانيا وتحليلها. كما تم استخدام برنامج (Micro PAVER 5.2) لإجراء تحليل البيانات بهدف تقييم

مستوى جودة الطريق حسب المؤشرات العالمية المعتمدة، والتنبؤ بمستوى التدهور الذي سيصل الطريق مستقبلا إذا لم تتم إجراء عمليات الصيانة في وقتها.

الكلمات المفتاحية: جودة الطرق، أدوات الجودة، الجمارك السعودية، الرؤية السعودية 2030، برنامج جودة الحياة.

1- مقدمة

تلعب شبكة الطرق دورا مهما في تطوير الاقتصاد الوطني وازدهاره، وبالنظر إلى أهمية الطرق الدولية في المملكة العربية السعودية وأثرها على حركة البضائع بين دول الخليج العربي ولان هذه الطرق تستخدمها الشاحنات في نقل البضائع داخل وخارج المملكة العربية السعودية عبر المنافذ الحدودية، ولما لتأثير الاوزان الزائدة للشاحنات على هذه الطرق الحيوية من إحداث اضرار وعيوب على الطرقات مما يترتب عليه قصر عمر الطرق وزيادة التكاليف في الصيانة وإعادة التأهيل. ومن واقع تجربة الباحث وطالب ماجستير هندسة وإدارة الجودة كونه مسؤول في أحد المنافذ الحدودية الهامة في المنطقة الشرقية وبالنظر إلى التدهور المستمر للطرقات المؤدية من وإلى المنفذ الجمركي الحدودي، فإنه تم إجراء دراسة ميدانية ضمن بحث التخرج في الماجستير، تهدف إلى تقييم جودة الطرق المستخدمة في المنافذ الجمركية في المنطقة الشرقية ودراسة أثر الحمولة الزائدة للشاحنات على جودة الطرق.

أشارت العديد من الدراسات الحديثة ومنها دراسة .Pais et al (2013) إلى أن الحمولة الزائدة للشاحنات تؤثر سلبا على جودة الطرق وتزيد في تكاليف صيانة الطرق بنسبة 100 بالمائة بالنسبة للشاحنات بالحمولة النظامية. وفي دراسة صادرة عن معهد الأبحاث في وزارة النقل الكندية أكد الباحث Ningyuan (2015) على أهمية دراسة عيوب الطرقات وتأثير الحمولة الزائدة للشاحنات على حدوثها وأثارها السلبية هندسيا واقتصاديا.

وحيث أن البنية التحتية للطرق السريعة ذات أهمية كبيرة للنمو الاقتصادي والانتاجية للدول فإن من المهم أن تحتفظ الوزارات والبلديات بشبكة الطرق بمستويات ملائمة من جودتها وسلامتها. وكما في مؤشر البنية التحتية للنقل لعام 2017م فقد حلت المملكة العربية السعودية في المركز السابع والثلاثين في حين تصدرت دولة الامارات العربية المتحدة دول العالم (Schwab, 2017). وحيث أن قطاع النقل في المملكة العربية السعودية يلعب دوراً هاماً وبارزاً في دعم الاقتصاد الوطني وليكون للمملكة دور تنافسي عالمي في المستقبل القريب (دليل متكامل للتخطيط الشامل لقطاع النقل في المملكة، 1430). وتعمل وزارة النقل على دراسة وتصميم وتنفيذ وصيانة الطرق داخل وخارج المدن. ويتمثل دور الوزارة بتنفيذ الطرق الدائرية والجسور في كافة المناطق وانجاز مشاريع العقبات في المناطق الجبلية وتطوير الطرق المفردة لتصبح مزدوجة، إضافةً إلى انفاذ وصيانة الطرق الداخلية التي تربط المدن والمحافظات ضمن المنطقة الواحدة وتصلها ببقية المناطق (وزارة النقل، 2018).

إضافة إلى ذلك فإن التصميم والإنشاء والتنفيذ له أهمية قصوى للمحافظة على الطرق لضمان جودتها. ويعزى التدهور للرصف لعده عوامل مثل حركة المرور المتكرر والاحمال الزائدة وخصائص المواد والتصميم والبيئة مما يؤدي إلى سرعة تعب وتلف الرصف ويؤدي حتماً إلى صرف أموالا ضخمة لإجراء عمليات الإصلاح والصيانة (Al-Rashidi, 2017).

كما أن غياب الرقابة ومتابعة الشركات القائمة على الصيانة وكذلك قلة وعي سائقي الشاحنات له دور كبير في التسبب في إتلاف أجزاء من الرصف، لذا يجب أن تتظافر الجهود من جميع النواحي لضمان المحافظة على هذا العنصر الهام لإحداث نقلة نوعية في تنمية الاقتصاد الوطني.

كما أن عزم المملكة العربية السعودية على التحول إلى محور لوجستي رائد في المنطقة يرتكز على ثقلها الاقتصادي وموقعها الجغرافي المتميز (وزارة النقل، المنصة اللوجستية، 2018) وذلك من خلال رؤيتها الطموحة

2030، التي أطلقتها في ابريل من عام 2016م والتي تعتمد على ثلاث محاور رئيسية هي مجتمع حيوي، واقتصاد مزدهر، ووطن طموح (النشرة التفصيلية لبرامج تحقيق الرؤية، 2016). ويتوافق موضوع الدراسة مع برنامج التحول الوطني 2020 ورؤية المملكة العربية السعودية 2030 بدعم الاقتصاد السعودي والمحافظة على مدخراته من خلال:

- التوافق مع الهدف الاستراتيجي السادس لوزارة المالية والذي ينص على المحافظة على أملاك الدولة المنقولة وغير المنقولة، وبارتباطها مع الرؤية السعودية 2030 بإيجاد بيئة جاذبة للمستثمرين المحليين والدوليين على حد سواء وتعزيز ثقتهم باقتصادنا (التحول الوطني 2020، 2018، صفحة 27).
- التوافق مع الهدف الاستراتيجي الأول لوزارة النقل بتقليل معدلات حوادث النقل وترتبط بجودة الحياة في المدن السعودية وكذلك تحسين دورة حياة الطرق وتحسين الأداء (التحول الوطني 2020، 2018، صفحة 66).
- داعم فاعل لما ورد في ملحق مبادرات التحول الوطني 2020 فيما يخص وزارة المالية باستعادة الدعم للسلع عند تصديرها من قبل الجمارك (التحول الوطني 2020، 2018، صفحة 92).

2- مشكلة البحث وأهدافه

نظراً إلى التدهور المستمر للطرقات المؤدية من وإلى المنفذ الجمركي الحدودي بسبب كثافة حركة مرور الشاحنات لاحظ الباحث الرئيس كونه أحد قيادات المنفذ الحدودي وجود عيوب متعددة على الطرقات من تعرجات وتشققات وتخدد وغيرها مما يعوق حركة المرور، ويسبب العديد من المشاكل لمستخدمي الطريق من سائقي الشاحنات والموظفين والمسافرين. وهذا ما يؤثر سلبا على معايير جودة الحياة التي تصبو إليها الرؤية السعودية 2030، وبقية برامج تحقيق الرؤية.

ومنه فإن البحث الذي يندرج ضمن مشروع التخرج من برنامج ماجستير هندسة وإدارة الجودة، صمم أساساً بهدف إعداد دراسة علمية لتقييم جودة رصف الطرق في أحد أهم المنافذ الحدودية الجمركية في المملكة العربية السعودية، وتحديد أهم العوامل المؤثرة عليها، وهذا من خلال الرصد الميداني لعيوب الطرق وجمع البيانات وتحليلها باستخدام منهجيات الجودة وتقنياتها. ستسمح نتائج البحث بوضع مقترحات وتوصيات تساهم في تحسين دورة حياة الطرق والمحافظة على أعلى معايير الأداء مما يساهم في تحقيق أهداف الرؤية السعودية 2030 وبرامجها المساندة لها كبرنامج جودة الحياة.

3- الدراسات السابقة

نظراً للدور الهام الذي تلعبه شبكة الطرق وجودته في التأثير على الاقتصاد الوطني، فقد حظي هذا الموضوع بالعديد من الدراسات في دول العالم.

ففي دراسة قام بها Kadhim & Mahdi, (2018) تم تسليط الضوء على العلاقة بين قابلية الخدمة الحالية (PSR) في اختبار الطريق والتي تعتمد على آراء المستخدمين وتم جمعها عن طريق استبيان لتقييم حالة رصف الطريق وكذلك عن طريق مسح حالة الطرق وفقا لمعيار (ASTM-D-6433-07) حيث رأي مستخدمي الطريق ومطلبهم المتمثل في الراحة والأمان والسلامة على الطرق. وتم مقارنة هذه الآراء مع نتائج حالة الرصف PCI واختار الباحث ثلاث طرق مختلفة في مدينة الديوانية بالعراق لأجراء المسح واخضع 50 عينه لكل اتجاه للمسح وذلك لاستخراج قيمة PCI، واظهرت نتائج قيمه PSR للطرق الثلاث من (2.2 و3.1 من 5) في حين أن قيمه PCI بلغت من (34.8% وحتى 39.2%) وهي متدنية للغاية. وكشف الباحث أن الطرق تتأثر بالأحمال المفرطة ودرجات الحرارة وأخطاء التصميم والتنفيذ

وتأخير الصيانة. وأوصت الدراسة بأن يتم عمل مسح دوري وإنشاء قاعدة بيانات وكذلك دراسة تأثير سوء الطرق على راحة وسلامة مستخدمي الطريق ونشر الوعي المروري.

وفي دراسة قام بها Ali et al. (2016)، هدفت إلى تطوير نظام إدارة الصيانة من خلال جمع المعلومات وتحليلها لتحديد حالة الرصف واستخدم الباحثين نظام PAVER لتقييم أداء طرق وسط السودان مستخدمين معلومات متوفرة عن 676 كم لدى هيئة الطرق والجسور وتم استخراج قيمة PCI لمعرفة مدى الرصف، ودلت النتائج إلى أن 52.3% من العيوب بسبب العوامل البيئية، و21.7% بسبب الاحمال في حين أن 26% كان لأسباب أخرى، وبينت الدراسة بالمقارنة بين طريقة MicroPAVER في تقييم حالة الرصف لا تختلف كثير عن PAVER.

وفي دراسة لتقييم أثر زيادة الوزن على حياة الرصف التي قام بها Wang et al., (2015) باستخدام المنهج التجريبي الآلي وبرنامج تصميم وتحليل الرصف (Pavement-ME) وذلك للتنبؤ بحياة الرصف سيناريوهات تحميل الحركة المختلفة. وتم تحليل بيانات الأداء الميداني والتي تم جمعها من محطات وزن الشاحنات لتقدير عمر الرصف لوحظ أنماط توزيع مختلفة بين الحركة بالوزن الزائد والحركة بالأوزان الطبيعية من حيث فئات الشاحنات والحمولة وكانت العلاقة خطية بين الوزن الزائد ونسبة تدهور عمر الرصف، وبشكل عام خلصت الدراسة إلى أن زيادة 1% من شاحنة ذات احمال زائدة يتسبب بانخفاض 1.8% من عمر الرصف.

وقد بحثت دراسة Latifi, (2014) آثار زيادة وزن الشاحنة على مرونة الرصف وتنوعت بالمنهج الميداني وتحليل قواعد بيانات من السجلات وتضمنت الدراسة اعداد حركة المرور للتأكد من مستويات حركة الشاحنات وكذلك التصاريح الصادرة وكذلك خضع الرصف للمسح البصري لبيان استغاثة الرصف. وكان الهدف من الدراسة وصف اضرار الرصف والتدهور الناجم من حركة مرور الشاحنات في ويسكونسن وذلك باستخدام برنامج AASHTOWARE MEPDG وبرنامج Micro PAVER وبالحصول على بيانات واحصائيات لمدة ستة سنوات من 2007، وبعدد 96 ألف تصريح للشاحنات. وأجريت التحليلات لتقييم جودة الرصف وللتعرف على نسبة تدهور الرصف وقد بلغت نسبة حالة الرصف إلى ارقام متدنية وخطيرة وان احمال الشاحنات أدت إلى ارتفاع نسبة الضرر في الطريق.

وفي دراسة قام بها Kraus and Fernando (2013) لبحث آثار تكرار حركة الشاحنات الزائدة على المرافق المدفونة وأجريت الدراسة في ولاية تكساس الأمريكية، أوضحت الدراسة أن زيادة حركة مرور الشاحنات المحملة يودي إلى تسريع تدهور البنية التحتية مما يؤثر على المرافق المدفونة أسفل الرصف خاصة إذا كانت هذه المرافق قديمة. وقام الباحثون في هذه الدراسة بتقييم مدى الضرر المحتمل للأنابيب المدفونة المعرضة للأحمال، وأشارت النتائج إلى تشوه الانابيب من حيث خفض القطر الرأسي كان أقل من 5% من قطر الانبوب وهي القيمة القصوى المسموح بها وكذلك لوحظ حدوث الضرر على الانابيب الاسمنتية المدفونة.

وقام Adlinge and Gupta (2013) في بحثه لمعرفة أسباب تدهور الأرصفة قبل الدخول في استراتيجيات الصيانة وكانت أسباب التدهور هي الزيادة المفاجئة في التحميل المروري وكذلك درجة الحرارة التي تتراوح بين 50 درجة مئوية إلى اقل من صفر على مدار العام والتفاوت في نوعية التربة وضعف تصريف مياه الامطار وكذلك درجة حرارة البيتومين بالارتفاع أو الانخفاض وطرحت هذه الأسباب وذلك لإيجاد طرق علاجية لتقليل تدهور الرصف وزيادة عمره.

وفي دراسة قام بها Mergi and Mohamed (2012) هدفت إلى تطبيق منهجية التقييم والمساهمة في اتخاذ قرار افضل فيما يتعلق بالإنفاق على الصيانة حيث استخدمت الدراسة منهجية مسح الحالة بتطبيق مؤشر حالة الرصف (PCI) لتقييم حالة الرصف وتحديد أولويات الصيانة لشبكة الطرق بدولة السودان محل الدراسة، وخضعت مسافة 2782 كم وتم تغطيتها بعدد 15 موظف للمسح وجمع البيانات وخلصت الدراسة إلى أن وجود

17.4% بحالة رديئة وان 20.6% بحالة مقبولة و 22.9% بحالة جيدة وان 39.1% بحالة جيدة جدا إلى ممتازة، وان متوسط حالة الرصف كان (57%) وهي نتيجة مقبولة إلى حد ما. وقد اوصت الدراسة بتنفيذ جرد شامل للطرق كل عامين وتطوير قواعد البيانات وكذلك توفير معدات للمسح الآلي.

ودراسة حديثة أخرى قام بها Mohamed (2011) لتطبيق برنامج MicroPAVER لاستخدام نظام إدارة صيانة الرصف PMMS وطبقت الدراسة في وسط السودان وقد تم مسح مسافة 617 كم لعشرين قطاع، وخلصت الدراسة بان 12 قطاع بحالة جيدة و7 قطاعات تحتاج إلى صيانة وإعادة تأهيل وقطاع واحد بحاجة إلى إعادة تشييد وكذلك بان 53% من عيوب الرصف بسبب عوامل المناخ و21% تتعلق بالاحمال و26% لعوامل أخرى.

وفي دراسة أجريت على شركة كنساس الامريكية الرائدة في انتاج اللحوم في جنوب غرب ولاية كنساس وتقوم الشركة باستخدام الشاحنات الثقيلة لنقل اللحوم والحبوب والمنتجات الأخرى وتتسبب هذه الشاحنات في إحداث ضرر كبير بالأرصفة مما يؤدي للمزيد من اعمال الصيانة. وكان الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تقدير تكاليف الاضرار الناجمة على الطرق السريعة المرتبطة بحركة الشاحنات الخاصة بهذه الشركة وتم اختيار الطريق الواصل بين مدينتي دودج وغاردن وتم تحقيق الهدف البحث من خلال أربع خطوات وهي مراجعة الدراسات السابقة وجمع البيانات وتحليلها وعرض الاستنتاجات والتوصيات، واستخلص الباحثون إلى أن زيادة حركة الشاحنات على الطرق سيزيد من الضرر والتوصية أن يتم الاستعانة بالنقل عبر السكك الحديدية ((Bai et al., (2010).

4- منهج الدراسة

تم اعتماد أسلوب البحث المدمج (المختلط) وكذلك أساليب المسح حيث استندت المنهجية المستخدمة لجمع البيانات على الأساليب الكمية والنوعية. وتم اجراء مسح على عدد من أجزاء الطريق الممثلة لجمع البيانات اللازمة من فحص الطريق وتدوين العيوب على نموذج تم تصميمه لجمع البيانات باستشارة بعض خبراء ومهندسي الطرق. كما تم الحصول على أنواع حالة الرصف من قاعدة بيانات وزارة الشئون البلدية والقروية والموضحة في المرفق (1).

وتتمثل حدود الدراسة فيما يلي:

- **الحدود المكانية:** الطريق باتجاه جمرك الخفجي (خروجاً) والطريق باتجاه طريق أبو حدريه (الدمام) دخولا بمسافة 5 كيلو متر لكل اتجاه كما في الشكل (1).

الشكل (1) صورة توضيحية لموقع الدراسة (جمرك الخفجي) المصدر (برنامج Google Map)

- **الحدود الزمانية:** المدة التي استغرقتها الدراسة الميدانية لتدوين عيوب رصف الطريق من بداية شهر فبراير 2018 وحتى نهاية شهر مارس لنفس العام.

5- جمع وتحليل البيانات

من خلال الدراسة السابقة تم تصميم قائمة اختبار (Check Sheet) لجمع البيانات عن عيوب الطريق كما هو موضح على الشكل (2).

5-1 جمع البيانات

وبهدف جمع البيانات تم تنفيذ عمليه المسح البصري للعيوب على مرحلتين، الأولى بقيادة سيارة والثانية سيراً على الأقدام:

1. في المرحلة الأولى من الفحص قاد فريق المسح السيارة بسرعة بطيئة على كامل منطقة الرصف وتم تسجيل المناطق المتأثرة من الرصف بشكل تقريبي، كما تم تقدير جودة القيادة على هذا الرصف وذلك بقيادة السيارة بسرعة مناسبة تماثل السيارات في الحركة المحلية المستخدمة للطريق المراد فحصه وذلك التعرف على المنطقة قيد الدراسة.
2. المرحلة الثانية وهي مرحلة السير على الأقدام لمنطقة الدراسة بهدف التعرف والملاحظة لرصد العيوب وقياس المساحة المتأثرة لكل عيب باستخدام نموذج لحصر ورصد عيوب رصفات الطرقات بحيث تشمل نوع وشدة العيب وكثافته وامتداد تأثيره على طبقة الرصف وتم اتباع وسائل السلامة اثناء عملية الفحص، الواردة في دليل عيوب رصفات الطرق الصادر من وزارة الشؤون البلدية والقروية (2019).

وبتحديد منطقة الدراسة كما ذُكر سابقا اشتملت منطقة الدراسة على (5) كيلو متر باتجاه مدينة الدمام (دخول المملكة) وكذلك (5) كيلو متر باتجاه منفذ الخفجي (خروج المملكة) بحيث تم تقسيمه إلى الطريق (A) و الطريق (B) ويوضح الشكلين (3 أ – ب) صور لموقع الدراسة باستخدام برنامج (google map).

إسم الطريق	.....		عدد المقاطع في الطريق		(.....) مقطع	
رقم المقطع	.....	الطول (م)	.....	العرض (م)	.....	

م	نوع العيب (Distress)	درجة الشدة Severity Weight			كثافة الانتشار Extent Weight			Deduct
		Low	Medium	High	Occasional	Frequent	Extensive	
		منخفضة	متوسطة	عالية	أحيانا	متكرر	كثير جدا	
1	الشقوق التمساحية أو الكلل Alligator/ Fatigue Cracking							
2	الشقوق الطولية والعرضية transverse &Longitudinal cracks							
3	الشقوق الجانبية Edge Cracking							
4	الرقع/Patching							
5	الحفر/Pothole							

إسم الطريق				عدد المقاطع في الطريق			(.....) مقطع	
6	Depression/الهبوطات							
7	Rutting/التخدد							
8	النزيف أو طفح الأسفلت Bleeding or Flushing							
9	التطاير والتآكل Raveling and Weathering							
10	بري أو صقل الحصى Polished Aggregate							
11	Swell/الانتفاخ							
12	.....							
13	.....							
14	.....							

الشكل (2) قائمة الاختبار لجمع البيانات

الشكل (3 -أ) -الطريق (A)

الشكل (3- ب) الطريق (B)

الشكل (3) موقع عينة الدراسة

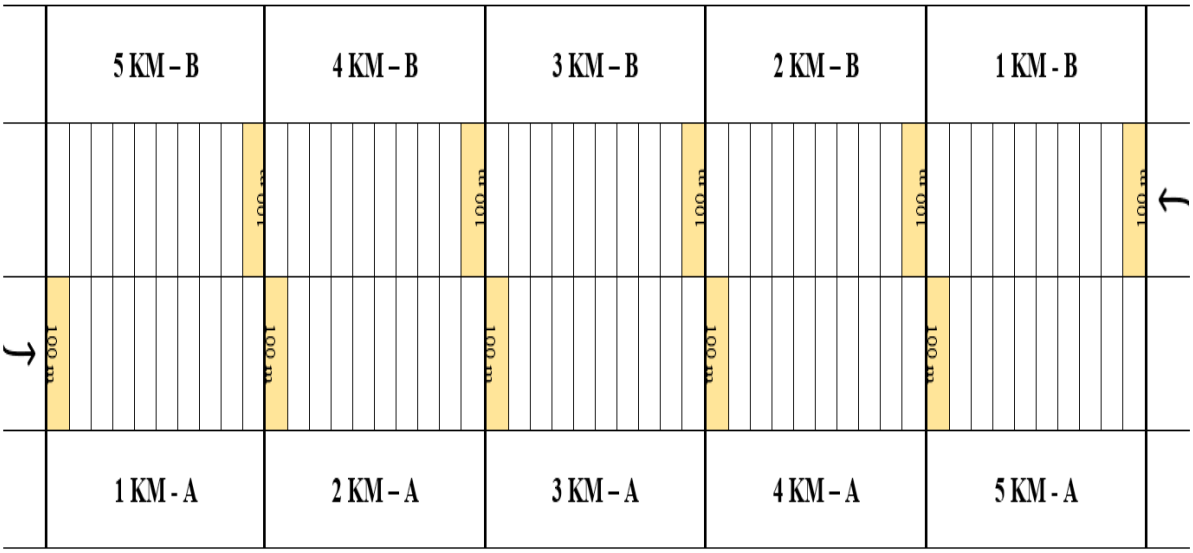
2-5 عينة الدراسة

تم تقسيم موقع الدراسة حسب دراسة Vargas (2016) إلى (5) عينات لكل طريق كما هو موضح على الجدول (1).

الجدول (1) توزيع العينات العشوائية المنتظمة

عدد وحدات العينة	الوحدات المطلوب فحصها
من 1 – 5	1
من 6 – 10	2
من 11 – 15	3
من 16 – 40	4
أكثر من 40	يتم احتساب 10%

وبذلك يكون موقع الدراسة عبارة عن (10) كيلومتر بحيث يتم توزيعها (1000) متر لكل عينه وتم اخضاع (100) متر الأولى من كل (1) كيلو متر للدراسة وبذلك يصبح عدد العينات (10) عينات كما هو موضح في الشكل (4) التالي:



الشكل (4) تقسيم الطريق واختيار العينات

وتم اجراء الفحص البصري على الطريق وجمع البيانات الخاصة بالعيوب (ملحق رقم 1) استنادا للنموذج الموضح في الشكل (4) ولجميع مقاطع الطريق (A1-A5) و (B1-B5) كما تم اخذ صور لبعض العيوب التي تم رصدها من الطريق والموضحة على الاشكال (5 – أ– ب-ج-د) وبتدوين الملاحظات والعيوب لكل (100) متر من (1) كيلو متر بنموذج مستقل حيث تم جمع عدد (10) نماذج وعدد عيوب بلغ عددها (39) عيب موزعة على الاتجاهين موقعي الدراسة للطريق (A) و (B) حيث تفاوتت وتنوعت العيوب من حيث النوع والشدة والكثافة وفق أداة جمع البيانات الموضحة على الشكل (2).

الشكل (5-أ) شقوق تمساحية عالية الشدة - المقطع (A1)

الشكل (5-ب) بري أو صفل الحصى متوسط الشدة - المقطع (A4)

الشكل (5-ج) الشقوق الطولية والعرضية منخفضة الشدة - المقطع (B5)

الشكل (5-د) الشقوق الجانبية متوسط الشدة - المقطع (B5)

الشكل (5) عينة من العيوب الموجودة على الطريق

3-5 تحليل النتائج ومناقشتها

لإجراء البحث تم استخدام مجموعة من أدوات الجودة والتحسين المستمر للعمليات، ومنها قوائم الاختبار (Check Sheets) كنموذج لتعبئة البيانات ولتحليل عيوب الطريق حيث "تعتبر قوائم الاختبار إحدى التقنيات التي تسمح بجمع وتسجيل البيانات عن العملية، ومن خلال تنظيم هذه البيانات يمكن لفريق التحسين القائم على العملية تحليل هذه البيانات بسهولة ويسر مما يساعد في حل مشاكل العملية وإجراء التحسينات المناسبة عليه" (عيشوني، 2010، صفحة 29). كما تم الاستعانة بمخطط باريتو (Pareto Diagram) لإبراز العيوب وشدتها وكثافتها حسب التكرار. "ويعتبر مخطط باريتو تمثيلا بيانيا للمشاكل الموجودة في العملية الانتاجية أو الخدمية، فمن خلال هذه التقنية يمكن ترتيب المشاكل ترتيبا تنازليا من الأكثر حدوثا إلى الأقل، أي حسب أهميتها وتكرار حدوثها" (عيشوني، 2010، صفحة 37).

وبعد جمع البيانات من موقع الدراسة الممثلة للطريق A و B وبهدف التحليل تم استخدام برنامج (Micro PAVER 5.2) الذي تم تطويره من قبل وزارة الدفاع الامريكية وتم استخدامه في المطارات والطرق ومواقف السيارات. ومن أهم المستخدمين للبرنامج القوات الجوية الامريكية والجيش الأمريكي والبحرية الامريكية وإدارة الطيران الفيدرالية والإدارة الفيدرالية للطرق السريعة. وتبين نتائج التحليل الموضحة على الجدول (2) وصف العيب وشدته والكمية والكثافة وكلها من المعاملات التي تبين مدى خطورة وشدة عيوب الطريق وموقع حدوثها في المقطع الذي تم دراسته.

الجدول (2) عيوب الرصف في الطريق (A)

SAMPLE رقم العينة	DESCRIPTION الوصف	SEVERITY الشدة	QUANTITY الكمية	UNITS الوحدة	DENSITY الكثافة	DEDUCT الخصم
1A	ALLIGATOR CR	H	25	SqM	4.55	51.01
1A	POLISHED AG	L	50	SqM	9.09	2.7
1A	SWELL	L	2	SqM	0.36	2
2A	ALLIGATOR CR	M	10	SqM	1.82	27.07
2A	BLEEDING	L	3	SqM	0.55	0.13
2A	L & T CR	M	8	M	0.44	3.74
2A	POTHOLE	L	3	Count	0.05	13.56
3A	L & T CR	M	8	M	0.44	3.74
3A	POLISHED AG	L	25	SqM	4.55	1.21
4A	ALLIGATOR CR	L	5	SqM	0.91	10.98
4A	L & T CR	H	10	M	.55	13.26
4A	POLISHED AG	L	50	SqM	9.09	2.7
4A	WEATH/RAVEL	M	25	SqM	4.55	13.33
5A	L & T CR	L	2	M	0.11	0.01
5A	POLISHED AG	L	20	SqM	3.64	0.87
5A	WEATH/RAVEL	M	25	SqM	4.55	13.33

(Sqm): Square Meter (M): Meter

وكما يوضح الجدول (3) نسبة حالة الرصف Pavement Condition Index (PCI)ونسبة الرصف لكل مقطع من المقاطع الخمسة الخاضعة للدراسة (A1-A5) من الطريق (A).

الجدول (3) نسبة حالة الرصف لكل مقطع (PCI) للطريق (A)

Sample Number	Sample Type	Sample Size	Units	PCI
1A	Random	550	SqM	45
2A	Random	550	SqM	68
3A	Random	550	SqM	95
4A	Random	550	SqM	75
5A	Random	550	SqM	86

تم تلخيص نتائج تحليل العيوب للمقاطع من (B1) إلى (B5) من الطريق (B) في الجدولين (4) و (5)

الجدول (4) عيوب الرصف في الطريق (B)

SAMPLE رقم العينة	DESCRIPTION الوصف	SEVERITY الشدة	QUANTITY الكمية	UNITS الوحدة	DENSITY الكثافة	DEDUCT الخصم
1B	ALLIGATOR CR	M	25	SqM	4.55	37.25
1B	DEPRESSION	L	2	SqM	0.36	4.42
1B	L & T CR	M	6	M	0.33	2.51
1B	PATCH/UT CUT	L	1	SqM	0.18	0.47
1B	POTHOLE	L	3	Count	0.05	13.56
2B	ALLIGATOR CR	M	10	SqM	1.82	27.07
2B	DEPRESSION	L	2	SqM	0.36	4.42
2B	L & T CR	M	8	M	0.44	3.74
2B	POTHOLE	L	2	Count	0.03	9.7
3B	ALLIGATOR CR	M	10	SqM	1.82	27.07
3B	DEPRESSION	M	3	SqM	0.55	8.82
3B	L & T CR	M	8	M	0.44	3.74
3B	PATCH/UT CUT	L	1	SqM	0.18	0.47
4B	ALLIGATOR CR	L	3	SqM	0.55	8.1
4B	L & T CR	M	6	M	0.33	2.51
4B	POLISHED AG	L	25	SqM	4.55	1.21
4B	POTHOLE	L	3	Count	0.05	13.56
4B	RUTTING	L	18	SqM	3.27	16.91
5B	ALLIGATOR CR	L	3	SqM	0.55	8.1
5B	EDGE CR	M	12	M	0.67	6.69
5B	L & T CR	L	2	M	0.11	0.01
5B	POLISHED AG	L	20	SqM	3.64	0.87
5B	RUTTING	L	26	SqM	4.73	20.38

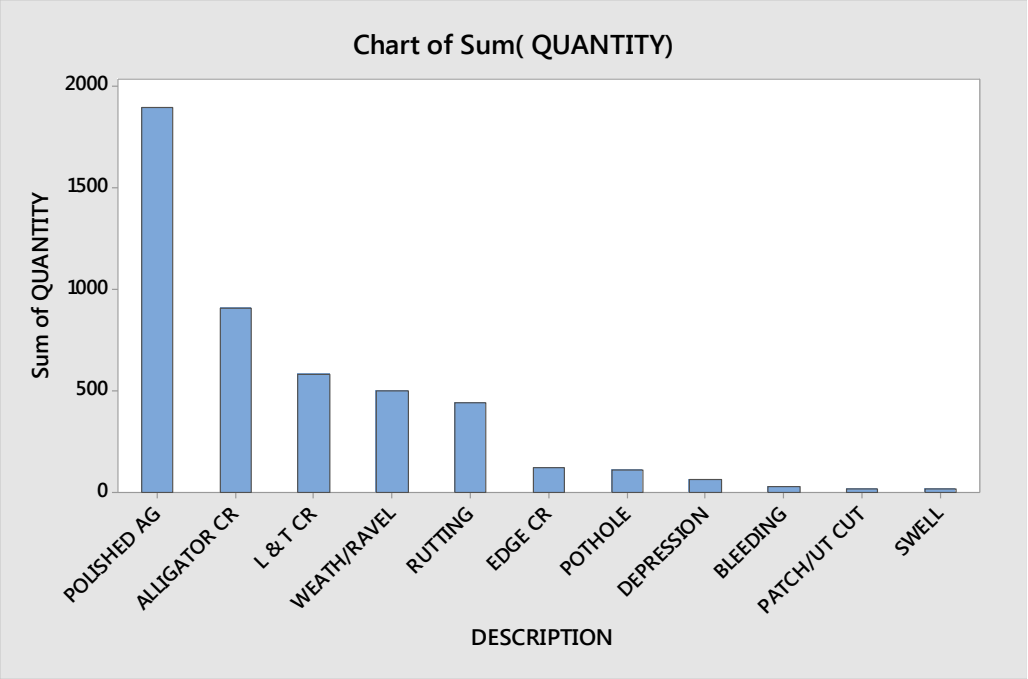
الجدول (5) نسبة حالة الرصف (PCI) للطريق (B)

Sample Number	Sample Type	Sample Size	Units	PCI
1B	Random	550	SqM	56
2B	Random	550	SqM	67
3B	Random	550	SqM	68
4B	Random	550	SqM	74
5B	Random	550	SqM	75

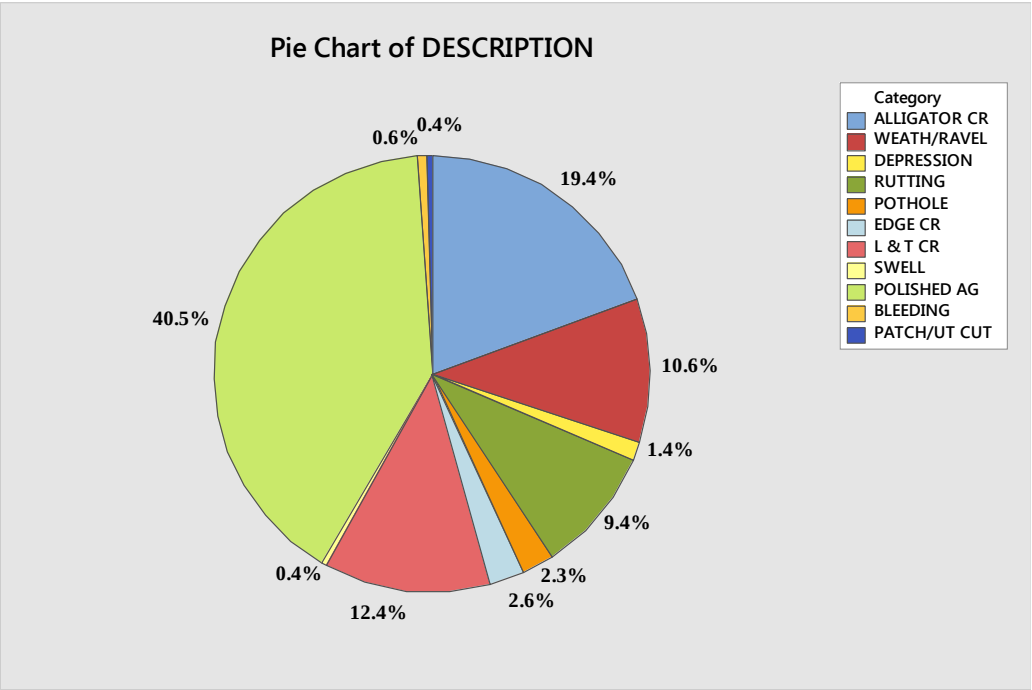
وبهدف تحديد مستوى الطريق بمقطعيه (A)و(B) فقد تم من خلال حصر جميع النتائج في الجدول (6) الذي يوضح نوع العيب في الرصف وشدته وكثافته. وبهدف تحليل توزيع العيوب حسب نوعها وكميتها تم استخدام مخطط باريتو ومخطط الدائرة كما هو موضح على الشكلين (6) و (7):

الجدول (6): أنواع العيوب وكميتها

DESCRIPTION الوصف	SEVERITY الشدة	QUANTITY الكمية	UNITS الوحدة
ALLIGATOR CR	L - M - H	910	SqM
WEATH/RAVEL	M	500	SqM
DEPRESSION	L – M	65	SqM
RUTTING	L	440	SqM
POTHOLE	L	110	Count
EDGE CR	M	120	M
L & T CR	L - M - H	580	M
SWELL	L	20	SqM
POLISHED AG	N	1,900	SqM
BLEEDING	L	30	SqM
PATCH/UT CUT	L	20	SqM

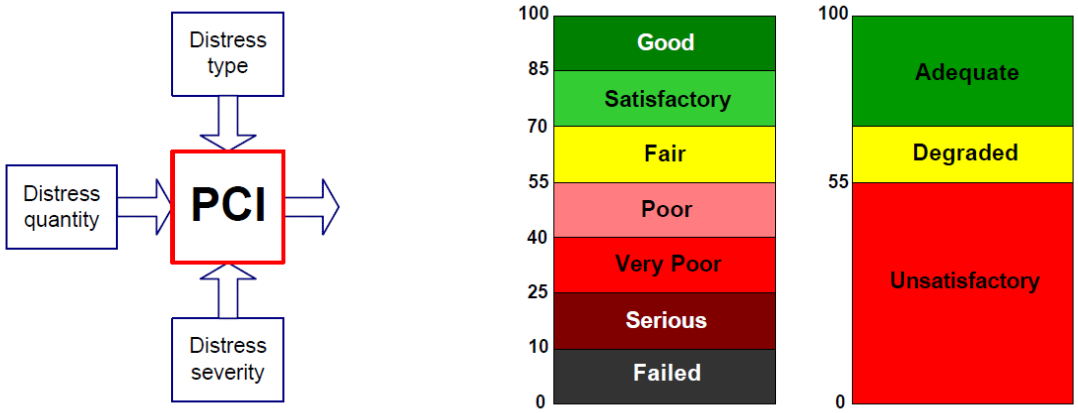


الشكل (6) مخطط باريتو لكمية العيوب ونوعها للطريقين (A, B)



الشكل (7) التوزيع النسبي لكميه العيوب ونوعها للطريقين (A, B)

وحسب الدراسات الحديثة Loprencipe and Pantuso (2017) فيمكن تقييم جودة مقاطع الطريق باستخدام معيار التصنيف المعتمد دولياً (PCI) كما هو موضحا على الشكل (8). من خلال هذا التصنيف تعتبر جودة الطريق جيدة إذا كان معامل جودة الرصف (PCI) أكثر من 85 ، في حين تكون الجودة مقبولة إذا كان معامل (PCI) أعلى من 70، وأن معامل (PCI) أقل من 55 يشير إلى تدهور في جودة الطريق.

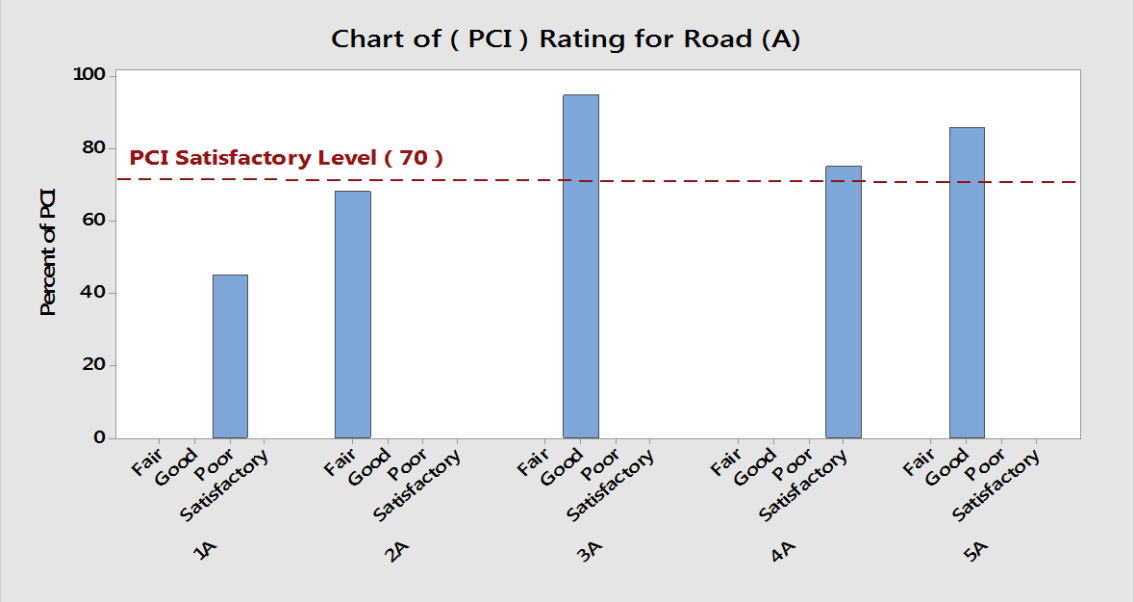


الشكل (8) معيار التصنيف لمقياس PCI لجودة الطرق (Loprencipe and Pantuso, 2017)

وحيث سبق الإشارة أن الطريق تم تقسيمه باتجاهين كالاتي: الاتجاه الأول (A) لدخول المملكة والاتجاه الثاني (B) للخروج من المملكة وتم احتساب قيمه (PCI) لكل مقطع تم فحصه، فيستم إجراء تحليل لكل إتجاه على حدة.

الجدول (7) قيمة PCI لكل مقطع من الطريق (A)

Sample Number	Sample Type	Sample Size	Units	PCI	(Road Quality) Loprencipe and Pantuso, (2017)
1A	Random	550	SqM	45	Poor/ Unsatisfactory ردئي/ غير مقبول
2A	Random	550	SqM	68	Fair/ Degraded مقبول إلى حد ما/ بداية التدهور
3A	Random	550	SqM	95	Good/ Adequate جيد/ ملائم
4A	Random	550	SqM	75	Satisfactory/ Adequate مقبول/ ملائم
5A	Random	550	SqM	86	Good/ Adequate جيد/ ملائم
			Road Average PCI	73.8	PCI $\geq$ 70 Adequate/ ملائم
			Road PCI Std Dev	19.1	

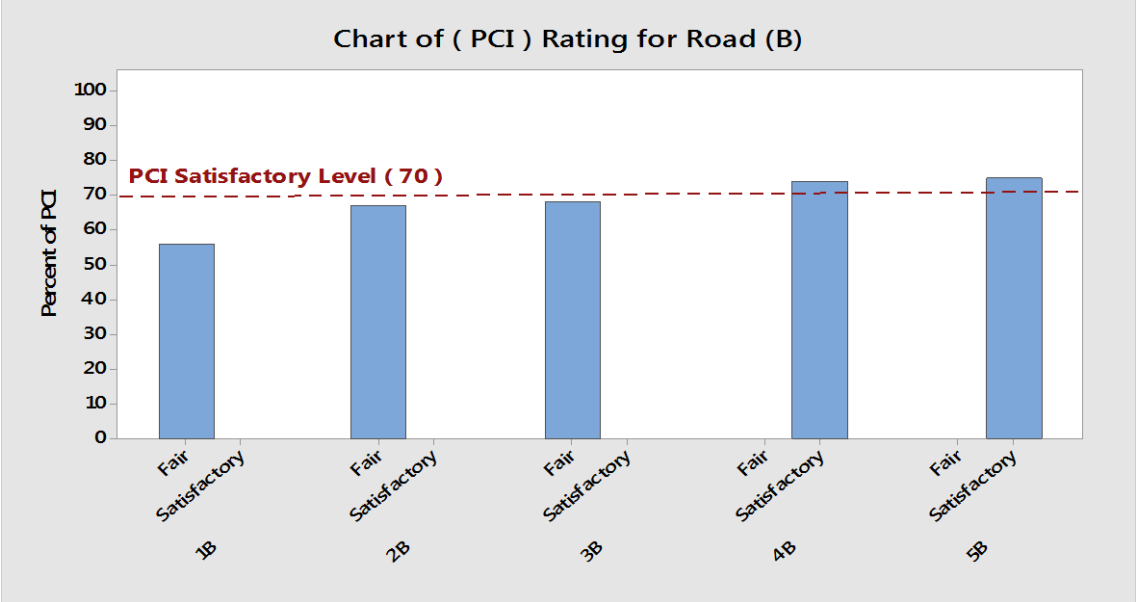


الشكل (9) توزيع نسبة رصف الطريق لكل مقطع للطريق (A)

وحسب معيار التصنيف لمقياس PCI يوضح الشكل (9) والجدول (7) أن المقاطع (1A) و (2A) رديئة وهو مؤشر على سوء جودة الطريق وهي اقل من 70، وفي المقاطع (3A) و (4A) و (5A) فالقيمة تعتبر فيها جيدة ومقبولة وجودة الطريق ملائمة. كما تبين تسجيل القيمة المتوسطة (PCI) للطريق (A) نسبة (73.8%) وهي قيمة أعلى من المستوى المقبول (70%) وهذا يؤشر إلى أن مستوى جودة الطريق قد تكون ملائمة إلا أن قيمة الانحراف المعياري (19.1) تشير إلى وجود اختلافات كبيرة في مستوى جودة مقاطع الطريق وهذه ملاحظة في الجدول (7) والشكل (9).

الجدول (8) قيمةPCI لكل مقطع والمتوسط لمجموع المقاطع بالنسبة للطريق (B):

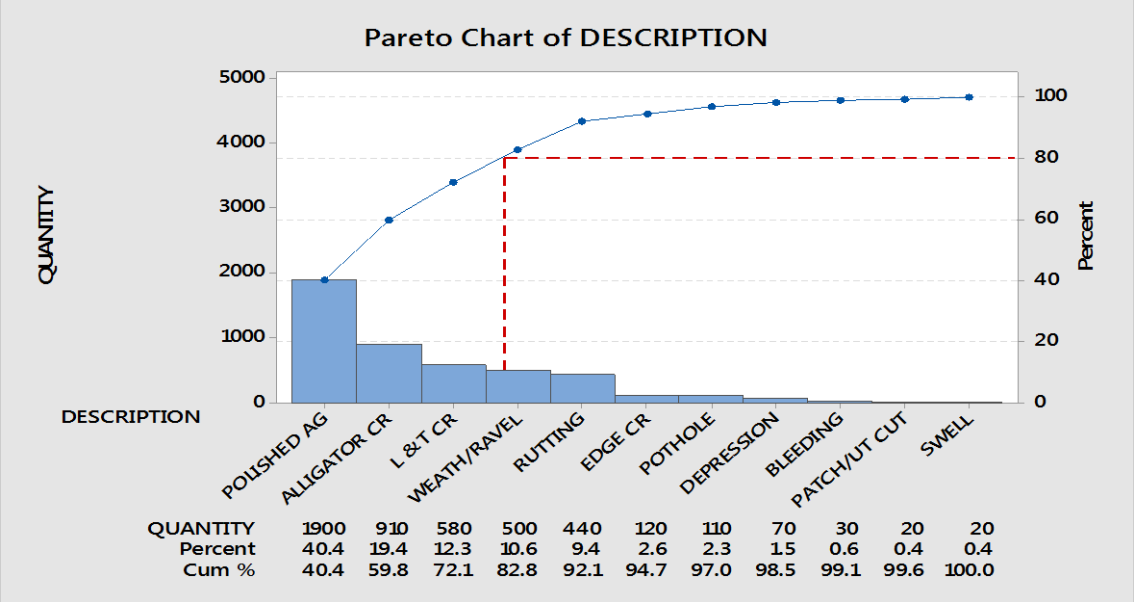
Sample Number	Sample Type	Sample Size	Units	PCI	(Road Quality) Loprencipe and Pantuso, (2017)
1B	Random	550	SqM	57	Fair/ Degraded مقبول إلى حد ما/ بداية التدهور
2B	Random	550	SqM	67	Fair/ Degraded مقبول إلى حد ما/ بداية التدهور
3B	Random	550	SqM	69	Fair/ Degraded مقبول إلى حد ما/ بداية التدهور
4B	Random	550	SqM	74	Satisfactory/ Adequate مقبول/ ملائم
5B	Random	550	SqM	75	Satisfactory/ Adequate مقبول/ ملائم
			Road Average PCI	68.4	PCI < 70 Degraded/ بداية التدهور
			Road PCI Std Dev	7.2	



الشكل (10) توزيع نسبة رصف الطريق لكل مقطع للطريق (B)

كما يظهر من خلال الجدول (8) والشكل (10) و حسب مقياس تصنيف حالة الطرق أن المقاطع (1B-2B-3B) في حالة مقبول إلى ردئ والمقطعين الاخيرين (4B-5B) بحالة مقبولة، وحيث أن متوسط (PCI = 68.4%) وهي قيمة اقل من مستوى القبول ملائم وبالتالي فإن الطريق في حالة تدهور وأن جودة الرصف غير ملائمة.

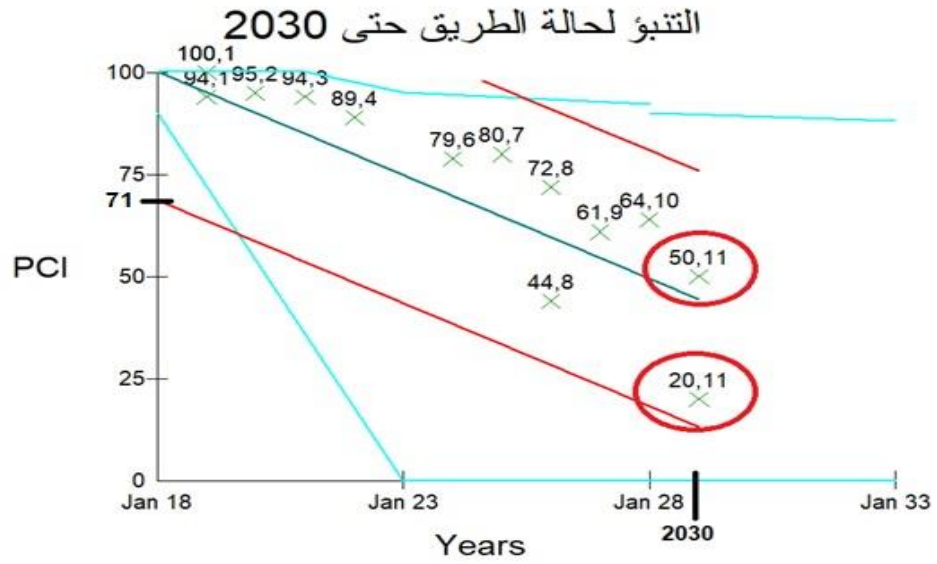
وبهدف اظهار عيوب الرصف وكميتها فقد تم اجراء تحليل لهذه العيوب وكميتها وكثافتها باستخدام تحليل باريتو (20/80) التي تظهر العيوب مرتبه ترتيبا تنازلياً كما هو موضح في الشكل (11):



الشكل (11) تحليل باريتو لعيوب الرصف

ويتضح من خلال مخطط باريتو الموضح أن أكثر العيوب تكرارا تتمثل في بري وصقل الحصى (Polished AG) بما نسبته 40.4 %، والشقوق التمساحية (Alligator CR) مثلت نسبة 19.4%، والشقوق الطولية والعرضية (Long. & Trans. CR) كانت نسبتها 12.3%، التطاير والتأكل (Weath/Ravel) ونسبته 10.6%. تمثل هذه العيوب الأربعة نسبة 82.8% من إجمالي نسبة عيوب الطريق وبمعالجة هذه العيوب يتم القضاء على ما نسبته 82.8% من عيوب الطريق وبذلك يتم رفع نسبة حالة الطريق لنسبه تؤدي إلى جودة الطريق حيث يمكن صيانته بأدنى التكاليف.

ومن خلال التحاليل التي يوفرها برنامج (Micro paver) فإنه بالامكان إجراء التنبؤ بحالة رصف الطريق خلال السنوات القادمة وصولا إلى عام 2030 الذي يرمز إلى الرؤية السعودية 2030. ويمثل الشكل (12) نتيجة التنبؤ لحالة الطريق محل الدراسة عبر السنوات المستقبلية إلى عام 2030. ومن خلال هذا الشكل يتبين أنه عند إجراء الفحص الحالي للطريق وصلت نسبة حالة الرصف (PCI) إلى نسبة 71%، وبعد مرور 12 عام وصولا للعام 2030 ستكون نسبة حالة الرصف إلى 20.11 % وهو تدهور سريع بحالة الطريق، في حين ستكون النسبة 50.11% هي نسبة حالة رصف الطريق إذا تم أنشائه في عام 2018. كما يتضح من خلال الرسم البياني في الشكل (12) أن عدم معالجة العيوب والصيانة الدورية للطرق سيؤدي إلى تدهور حالة الرصف، وبدلا من اجراء صيانة دورية للطريق سنصل إلى مرحلة إعادة تأهيل الطريق مما يؤدي إلى خسائر مادية كبيرة دون أن يساهم في تحقيق أهداف الرؤية 2030 المتعلقة بجودة الحياة. وكما ورد في الهدف الرابع من برنامج التحول الوطني 2020 بتقليل عدد الوفيات والحوادث على الطرق كما في مبادرة برنامج سلامة الطرق، والمبادرة الخامسة من خلال رفع أداء قطاع الخدمات اللوجستية في المملكة نحو تنقل وتجارة أسهل، وتيسير عمليات التخليص، وتطبيق تتبع وتعقب الشحنات إلى وجهتها، إضافة إلى تحقيق التكامل للخدمات بمختلف أنواع النقل لتكون أيسر وذات كفاءة أعلى للمستفيدين (أفراد، بضائع) من خلال مبادرة اعداد استراتيجية متكاملة لقطاع النقل (التحول الوطني 2020، 2018).



الشكل (12) التنبؤ بحالة الطريق حتى عام 2030

كما سمح التحليل أيضا بتحديد الأسباب المؤدية إلى تدهور حالة رصف الطريق محل الدراسة والموضحة على الجدول (9) حسب التنصيف النهائي لنسب العيوب وأسبابها، حيث يلاحظ أن تأثير الاحمال المرورية تمثل نسبة 69% وهي النسبة الأعلى لتضرر حالة الطريق ، في حين نسبة 14% تعود لأسباب الطقس والمناخ و 17% لأسباب أخرى كعدم انتظام عمليات الصيانة وغيرها مما قد يتسبب في آثار سلبية على المستوى الاقتصادي للبلد، وهذا ما وصل إليه Ningyuan(2015) من معهد الأبحاث في وزارة النقل الكندية، حيث أكد على ضرورة وأهمية دراسة عيوب الطرقات وتأثير الحمولة الزائدة للشاحنات على حدوثها وأثارها السلبية هندسيا واقتصاديا.

الجدول (9) أسباب عيوب الرصف

أسباب عيوب الرصف	النسبة المئوية
أحمال الطريق (Load)	69
الطقس والمناخ (Climate)	14
أخرى (Other)	17

الخلاصة والتوصيات

خلال الدراسة تم إجراء مسح ميداني لعيوب الطريق في المنفذ الحدودي بمنطقة الخفجي بالمملكة العربية السعودية، بهدف قياس جودة الطرق، وقد تم تحليل النتائج الميدانية باستخدام أدوات الجودة بالإضافة إلى برنامج (Micro PAVER 5.2)، وخلص التحليل إلى النتائج التالية:

1. تم رصد عيوب الطريق باستخدام نموذج تم تصميمه خلال الدراسة استنادا إلى الدراسات العالمية الحديثة وتصنيف عيوب رصفات الطرق المعتمد بوزارة النقل في المملكة العربية السعودية.
2. تم إجراء تحليل البيانات المجمعة عن طريق برنامج (Micro PAVER 5.2) المعتمد دولياً في مثل هذه الدراسات لجودة الرصف في الطرقات.
3. تم قياس جودة الطريق من خلال مؤشر الرصف (PCI) حيث بلغت حالة الرصف بالطريق (A) 73.8% في حين أن النسبة للطريق (B) 68.4%، وتشير القيمة الأولى أن جودة الطريق (A) ملائمة في حين أن جودة الطريق (B) تشير إلى بداية التدهور (Degraded) كما تشير قيم الانحراف المعياري العالية في نسبة (PCI) إلى تفاوت كبير في مستوى جودة الطريق.
4. ظهرت أكثر عيوب الرصف عند استخدام مخطط باريتو وتمثلت في بري وصقل الحصى والشقوق التمساحية والطولية والعرضية والتطاير والتآكل التي مثلت نسبة 82%من العيوب المسجلة في الطريقين (A) و(B) مما يتطلب من الجهات المسئولة عن صيانة الطريق التركيز على هذه العيوب.
5. تم استخدام حالة التنبؤ ببرنامج Micro PAVER حتى عام 2030 وقد وصلت إلى 20.11% في حال أن الطريق لم يخضع للصيانة الدورية والجيدة.
6. كما أظهرت الدراسة أن ما نسبته 69% من عيوب الرصف يعود بسبب الاحمال على الطريق في حين أن نسبة 14% يعود إلى الظروف المناخية مما يتطلب تركيز الدراسات المستقبلية على دراسة أثر الاحمال الزائدة على جودة الرصف في الطرق، و هذا ما سيمثل الجزء الثاني من الدراسة التي ستعرض مستقبلا.

الشكر والتقدير

يتقدم الباحثان بالشكر الجزيل لجامعة حائل، ممثلة ببرنامج دعم طلاب الدراسات العليا في عمادة الدراسات العليا، واللجنة الإشرافية لبرنامج ماجستير هندسة وإدارة الجودة بكلية الهندسة.

قائمة المراجع

أولا- المراجع بالعربية

- التحول الوطني 2020. (2018). تم الاسترداد من برنامج التحول الوطني 2020: http://vision2030.gov.sa/sites/default/files/NTP_ar.pdf

- دليل عيوب رصفات الطرق. (2019). تم الاسترداد من وزارة الشؤون البلدية والقروية: https://www.momra.gov.sa/generalserv/Specs/spec0101-1.asp
- دليل متكامل للتخطيط الشامل لقطاع النقل في المملكة. (1430). تم الاسترداد من وزارة النقل: https://mot.gov.sa/ar-sa/FutureTransport/Pages/Research.aspx
- عيشوني، محمد. (2010). الدليل العملي للتحسين المستمر للعمليات باستخدام الادوات الاساسية السبع للجودة. دار الأصحاب للنشر والتوزيع.
- النشرة التفصيلية لبرامج تحقيق الرؤية. (2016). تم الاسترداد من رؤية المملكة العربية السعودية 2030: http://vision2030.gov.sa/ar/node/125
- وزارة النقل. (2018). تم الاسترداد من دور الوزارة: https://mot.gov.sa/ar-sa/AboutUs/Pages/RoleMot.aspx
- وزارة النقل، المنصة اللوجستية. (2018). تم الاسترداد من وزارة النقل: https://mot.gov.sa/ar-sa/AboutUs/Pages/KSALogisticHub.aspx

ثانياً- المراجع بالإنجليزية

- Adlinge, S. S., & Gupta, A. K. (2013). Pavement deterioration and its causes. International Journal of Innovative Research and Development, 2(4), 437-450.
- Ali, G. A., Eisa, M., & Suleiman, E. (2016). Use of Micro Paver Program for Pavement Maintenance Management System (PMMS) of Roads in Central and Eastern Sudan. Journal of Building and Road Research, 12(1).
- Al-Rashidi, A. A. (2017, June 6). Maintenance of Defects Pavement and Satisfaction with Road Network in the Alhayit Region. Hail.
- Bai, Y., Schrock, S. D., Mulinazzi, T. E., Hou, W., Liu, C., & Firman, U. (2010). Estimating highway pavement damage costs attributed to truck traffic.
- Kadhim, Z. A., & Mahdi, Z. A. Z. (2018). Evaluation of Asphalt Pavement Distresses in Main Roadways in Al-Diwaniyah City. Journal of University of Babylon, 26(1), 72-80.
- Kraus, E., Oh, J., & Fernando, E. G. (2013). Impact of repeat overweight truck traffic on buried utility facilities. Journal of Performance of Constructed Facilities, 28(4), 04014004.
- Latifi, V. (2014). Evaluation of pavement performance due to overload single trip permit truck traffic in Wisconsin (Doctoral dissertation, The University of Wisconsin-Milwaukee).
- Loprencipe, G., & Pantuso, A. (2017). A specified procedure for distress identification and assessment for urban road surfaces based on PCI. Coatings, 7(5), 65.
- Mergi, K. M., & Mohamed, A. E. K. M. Application of Pavement Condition Index (PCI) Methodology in Pavement Distress Evaluation and Maintenance Prioritization.
- Mohamed, M. E. A. (2011). Application of Micro PAVER Program for PMMS of Central Sudan Roads (Doctoral dissertation, Sudan University of Science and Technology).

- Ningyuan, L. (2015). Pavement Distress Survey and Evaluation with Fully Automated System. North Carolina: Ministry of Transportation of Ontario.
- Pais, J. C., Amorim, S. I., & Minhoto, M. J. (2013). Impact of traffic overload on road pavement performance. Journal of transportation Engineering, 139(9), 873-879.
- PAVER - The Pavement Maintenance Management System. (n.d.). Retrieved from PAVER: http://paver.colostate.edu/
- Schwab, K. (2017). The Global Competitiveness Report 2016–2017. World Economic Forum. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf.
- Vargas, L. M. S. (2016). Implementation of a Pavement Management System for Local Counties. University of Nevada, Reno.
- Wang, H., Zhao, J., & Wang, Z. (2015, June). Impact of overweight traffic on pavement life using weigh-in-motion data and mechanistic-empirical pavement analysis. In 9th International Conference on Managing Pavement Assets.

الملحق رقم (1) دليل عيوب رصفات الطرق

الموقع الإلكتروني لوزارة الشؤون البلدية والقروية

https://www.momra.gov.sa/generalserv/Specs/spec0101-1.asp

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	شقوق أكتاف المسارات	Lane-Shoulder Drop-off
17	الشقوق الإنزلاقية	Slippage Cracks
18	الانتفاخ	Swell
19	تقاطع سكة الحديد	Railroad Crossing
20	رقع حفريات الخدمات	Patch Utility Cut