تقنية تقويم اداء طبقات رصف الطرق ودورها في المحافظة على شبكات الطرق في المملكة

عبدالله على الجعيب

مدير عام مركز الانظمة الهندسية والتطوير ، الدمام ، المملكة العربية السعودية

المستخلص: خلال العشرين سنة الماضية إستثمرت الدولة مليارات الريالات في مجال إنشاء شبكة طرق حديثة لربط جميع مناطق المملكة المترامية الاطراف ، تُعتبر شبكات الطرق من الاستثمارات طويلة المدى بالنسبة للدول نظراً لضخامة تكاليفها ، من أهم التحديات التي واجهة الجهات المختصة في إنشاء الطرق بالمملكه هي تنفيذ تلك الخطط ضمن وقت زمني قصير وكذلك تطبيق أحدث ماتوصلت اليه صناعة الطرق من تقنية ومواصفات حديثة .

بعد إنتهاء مراحل التنفيذ وعندما بدأت شبكات الطرق بالتقادم بدأ مهندس الطرق السعودي يواجه تحديات جديدة تختلف عن التي كان يواجهها خلال سنوات التنفيذ ، التحديات الجديدة هي المقدرة على تحديد مستوى اداء الطريق من الناحية الإنشائية وقدرته على تحمل أحمال المرور وكذلك معرفة المدة الزمنية التي سوف يستغرقها الطريق في وضعه الجيد قبل أن يتدهور مستواه الإنشائي وعندها يجب تحديد نوع ووقت الصيانة المطلوبة وكذلك تحديد سماكة طبقات الصيانة (Overlay Thickness) .

هذه الورقة تستعرض بإختصار مدى انتشار واستخدام التقنية الحديثة في مجال تقويم اداء الطرق الانشائي في المملكة مع بيان دقة هذه التقنية في تقويم طبقات الرصف وتُعتبر إسلوب واعد بالمحافظة على شبكات الطرق بالمملكة ويتفوق بمراحل على الاساليب التقليدية التي تعتمد فقط في تقويم اداء الطرق على اساس شكل سطح الطريق.

١ – المقدمة

خلال العشرين سنة الماضية إستثمرت الدولة مليارات الريالات في مجال إنشاء شبكة طرق حديثة لربط جميع مناطق المملكة المترامية الاطراف ، من أهم التحديات التي واجهة الجهات المختصة في إنشاء الطرق بالمملكة هي تنفيذ تلك الخطط ضمن وقت زمني قصير وكذلك تطبيق أحدث ماتوصلت اليه صناعة الطرق من تقنية ومواصفات حديثة ، يمكن إعتبار ان منتصف الثمانينات الميلادية هو الوقت الذي أنجزت فية تلك الجهات مُجمل مهامها فقد تم تشغيل شبكة طرق حديثة تربط مناطق المملكة وشبكات طرق متطورة داخل المدن مع ما تحتويه تلك الشبكات من جسور وأنفاق ، ولإعطاء تصور عام عن حجم تلك الإنجازات فقد بلغت إستثمارات الدولة في مجال انشاء الطرق مائة وعشرون (١٢٠) مليار ريال ، وبلغ أطوال شبكة الطرق الحديثة ١٢١ الف كيلومتر ، أما من ناحية حجم استثمارات شبكات الطرق في المدن فعلى سبيل المثال فإن تكاليف شبكة مدينة الرياض قد بلغت أكثر من ستة مليارات ريال .

تعتبر تلك الشبكات انجازات عظيمة لتلك الجهات وخصوصاً وقد تم تحقيقها رغم التحديات المذكورة اعلاه ، ولكن مع نهاية الثمانينات بدأ ظهور تحديات جديدة – لاتقل عن تحديات مراحل التنفيذ – وهي مهمة المحافظة على تلك الإستثمارات الضخمة . هناك ثلاثة أبعاد رئيسية تمثل تحديات مهمة المحافظة على تلك الإستثمارات العملاقة من شبكات الطرق داخل وخارج مدن المملكة ، الأبعاد الثلاثة هي:

١ – إستخدام الأنظمة والاجهزة الفعّالة في تقويم اداء طبقات رصف الطرق .

٢ – إستخدام المنهج العلمي التطبيقي في تخطيط وادارة صيانة الطرق .

٣ – نقل تقنية صيانة الطرق الحديثة وتوطينها بالمملكة .

لضيق المساحة فإن هذه الورقة العلمية سوف تختصر على مناقشة البعد الاول من ابعاد مهمة المحافظة على إستثمارات الدولة في مجال شبكات الطرق.

يشهد هذا العصر تطوراً كبيرا في مجال تكامل العلوم التطبيقية فنجد التقنيات الإلكترونية والميكانيكية والكهربائية يتكامل بعضها مع بعض بشكل فعال في مجال صناعة الكمبيوتر والتطبيقات الهندسية . كما شهد قطاع تقويم طبقات رصف الطرق تطوراً كبيرا في مجال انظمة القياس وتقويم اداء وتحديد العيوب الإنشائية والوظيفية والذي من شأنه ان يوجه جهود ونفقات اعمال الصيانة لتؤدي الغرض المنشود منها.

٢– الخلفيه النظرية

عندما تقادمت معظم شبكات الطرق أصبح مهندسي الطرق يواجهون تحديات جديدة تختلف عن التي كانوا يواجهونها خلال سنوات التنفيذ ، التحديات الجديدة هي القدرة على تحديد مستوى اداء الطريق من الناحية الإنشائية وقدرته على تحمل أحمال المرور وكذلك معرفة المدة الزمنية التي سوف يستغرقها الطريق في وضعه الجيد قبل أن يتدهور مستواه الإنشائي وعندها يجب تحديد نوع ووقت الصيانة المطلوبة .

المستوى الإنشائي للطريق يتمثل في قدرة الطريق على تحمل المرور من ناحية مقدار أحمالها وتكرارها ، معظم الطرق تم تصميمها على أساس حجم مرور أقل من الوضع القائم كما أن وضع مواد أساس الطريق قد تأثرت نتيجتاً لتأثير العوامل الجوية وارتفاع المياه الجوفية مما أضعف الصفات الهندسية لطبقات الطريق بشكل عام (١) ، من الأساليب المشهورة في تقويم الأداء الإنشائي للطريق هو قياس درجة هبوط (إنثناء) (Deflection) طبقات الرصف تحت تأثير أحمال ساقطة مماثلة لأحمال المرور من ناحية القيمة ومدة التحميل ، فإذا كانت درجات الهبوط عالية فهذا يدل على أن الطريق ضعيف إنشائياً .

أما من ناحية عملية تقدير العمر الزمني المتبقي للطريق قبل أن يصل إلى وضع الإنهيار فمن الممكن تحديده من خلال نماذج إحصائية (Statistical Models) حيث تعتمد على معلومات تاريخية عن مستوى اداءه في السنوات الماضية ومسار ومراحل تدني مستواه من بداية الإستخدام حتى الوضع القائم(٢) .

بشكل عام يُمكن تقسيم أنواع العيوب الى ثلاثة أقسام (٣) وهي عيوب سطحية مثل تفكك طبقة الأسفلت السطحية (Ravelling) ، وعيوب تحت السطح وذلك مثل هبوط اساس الطريق ، والقسم الثالث هو الشقوق ، كما أنه هناك ثلاث

مُسببات للعيوب وهي إما بسبب المواد كأن يكون هناك زيادة أو نقص في كمية الإسفلت أو تكون مواد الحصمة ضعيفة ، والسبب الثاني هو العوامل الجوية وذلك مثل الحرارة العالية وما تسببه من عيوب مثل التخدد أو طفح سطح الطريق (Bleeding) ، والسبب الثالث هو المياه وذلك سواء كان على شكل أمطار أو على شكل إرتفاع منسوب المياه السطحية وملامستها لطبقة أساس الطرق وإنخفاض درجة التحمل (Bearing Capacity) أو تفكك طبقة الإسفلت بسبب تبخر المياه السطحية من خلال مسامات الطبقة الإسفلتية ، كما أن عيوب الطريق تختلف في علاقتها مع أحمال المرور فهناك العيوب التي تنشاء وتزيد بسبب أحمال المرور ، وهناك العيوب التي تنشأ وتزيد بدون أي تأثير من أحمال المرور .

٣- تقويم الأداء

في السابق كان مهندسي الطرق يعتمدون فقط على شكل سطح الطريق لمعرفة مستوى أداء الطريق الانشائي والوظيفي وذلك بإعتبار أن وضع سطح الطريق من الناحية الوظيفية وكثافة العيوب تعكس وضع الطريق الإنشائي ، وتم إقرار هذه الفرضية من خلال مشروع "AASHO Road" (٤) ولكن بعد عدة سنوات من البحث العلمي أدرك خبراء الطرق أن العلاقة بين شكل سطح الطريق (الوضع الوظيفي) وبين أدائه الإنشائي ليس بالضرورة مرتبطان ، فقد يكون شكل سطح الطريق جيد في حين وضعه الإنشائي من ناحية قدرة تحمله لأحمال المرور سيئة ، أو أن يكون شكل سطح الطريق سيئ في حين وضعه الإنشائي قوي (٢) ، لذا ومن هذا المنطلق أصبحت أنظمة صيانة الطرق تعتمد على تقويم أداء الطرق الإنشائي وذلك بقياس تحمل طبقات رصف الطرق لأحمال المرور المتكررة وهذا يتم قياسه بإسقاط أحمال مُماثلة لأحمال المرور من ناحية القوة ومدة التحميل ، ومن ثم يتم قياس درجة إنثناء طبقات الرصف تحت تأثير تلك الأحمال الساقطة ، ويتم تقويم الطريق ذو درجات الإنثناء العالية بأنه أضعف من الطريق ذو درجات الإنثناء المنخفظ ، والجدير بالذكر أن تطوير أنظمة تقويم الطرق إنشائياً لم يُلغي الحاجة الى تقويمها وظيفياً بالاعتماد على شكل سطح الطريق ، فكلا التقويمان مطلوبان لمعرفة مستوى أداء الطريق ، وبمعنى آخر فإن التقويم الإنشائي يُكمل ولا يُلغي التقويم الوظيفي .

٣-١ طرق التقويم الإنشائي

هناك طريقتان لتقويم الطرق انشائياً وهما أن يتم أخذ عينات من الطريق وإختبارها وهذا ما يعرف بالطرق المتلفة ، أو أن يتم إجراء الفحص ميدانيا وبدون أخذ عينات وهذه الطريقة تسمى الطريقة الغير متلفة(Nondestructive) . مهندسي الطرق يُفضلون الطرق الغير متلفة لتميزها بالسهولة وسرعة الإنتاج وعدم إرباك أو اغلاق المرور ، إلا أن طريقة الإختبار المتلفة ما زالت تُستخدم وذلك لعدة أسباب وهي إما أن تكون إدارة الطرق غير قادرة على توفير أجهزة الإختبار الغير متلفة الباهظة التكاليف أو أن يكون هناك ضرورة لعمل تلك الإختبارات المتلفة للحصول على معلومات مُحددة ، فعلى سبيل المثال بأن يكون هناك ضرورة لإزالة طبقة الرصف لأخذ عينات من طبقة أساس الطريق الترابية (٥) .

تعتمد عمليات التقويم الإنشائي الغير متلفة لطبقات الرصف على قياس درجات انثناء تلك الطبقات تحت تأثير أحمال متحركة أو ثابتة ، في السنوات الاخيرة إتسع إستخدام الإختبارات الغير متلفة وذلك بسبب تطور تقنية الحاسب الآلي ونُظم معالجة المعلومات .

٣-٢ الأجهزة المستخدمة للتقويم الانشائي

نتيجة لتطور التقنية الالكترونية وتوسع أساليب معالجة المعلومات تعددت أنظمة تقويم اداء طبقات رصف الطرق الإنشائي فمنها ماهو مُعقد ويحتوي على انظمة متطورة جداً وذلك مثل الأنظمة التي تعتمد على تقنية أشعة مادون الحمراء (Infrared) لتحليل كفاءة طبقات الرصف من الناحية الانشائية وهذه التقنية لم تنتشر بعد تجارياً وان كانت مستخدمة بشكل واسع في مجال تقويم المنشئات الخرسانية .

من ناحية اخرى هناك الأجهزه التي تجمع بين الجانب الميكانيكي والجانب الإلكتروني في عملها فهي تعمل من خلال اسقاط وزن ثقيل على سطح الطريق حيث يكون ذلك الحمل مساوي لأحمال المرور من ناحية الوزن ومن ناحية مدة التحميل ، وتقوم وحدات الكترونية بقياس درجات انثناء (Deflection) طبقات رصف الطريق لحظة ارتطام الحمل على سطح الطريق ومن ثم يتم تحليل قراءات الانثناء وتقدير قوة تحمل طبقات الرصف لأحمال المرور ، يتركز الإختلاف في طرق قياس الانثناء على عملية وطبيعة التحميل ، لذا فإن أنواع أجهزة قياس انثناء طبقات الرصف هي كالاتي: أجهزة تعتمد على التحميل الثابت وذلك مثل جهاز إختبار قوة تحميل القرص (Plate Bearing Test) وجهاز بنكلمان (Benkelman Beam) ، والتحميل مع الاهتزاز وذلك مثل جهاز دايناڤلكت (Dynaflect) وجهاز رود ريتر (Road Rater) وهناك الاجهزه التي تعتمد على استخدام الحمل الساقط وذلك مثل جهاز دانياتست إف دبلو دي (Dynatest FWD) وجهاز كواب إف دبليو دي (Kuab FWD) وجهاز فونكس إف دبليو دي (Phonix FWD) وهناك الاجهزة التي تعتمد على التحميل متعدد الاشكال وذلك مثل جهاز إف إتش دبليو اي ثمبر (FHWA Thumper) .

مما تبين أعلاه هناك أجهزة مختلفة لقياس درجات هبوط طبقات الرصف لذا فإن إدارات الطرق تختلف في عملية إختيار جهاز تقويم طبقات الرصف الإنشائي وذلك على حسب الميزانية المتاحة والمستوى الفني للإدارة وكذلك حجم شبكة الطرق، في هذه الورقة سوف يتم التركيز على شرح عمل جهاز الحمل الساقط (FWD) وذلك لإعطاء تصور عن تقنية تقويم الطرق مع بيان امكانية استخدام وانتشار هذه التقنية بالمملكة لاستخدامها في المحافظة على شبكات الطرق في المملكة .

٤- الجهات التي تستخدم تقنية الـ FWD

قطاعات الطرق بالمملكة تواجه تحديات المحافظة على اداء شبكات الطرق لذا سعت تلك القطاعات الى الإستفادة من تقنية هندسة الطرق لتقويم طبقات الرصف ومن ثم تحديد متطلبات الصيانة ، من اهم القطاعات في المملكة التي بدأت بإستخدام تقنية الـ FWD في تقويم طبقات الرصف انشائياً هي مصلحة الطيران المدني وذلك لأهمية دقة تحديد اداء المطارات ، بعد ذلك استخدمت وزارة المواصلات نفس التقنية في مجال البحث العلمي لدراسة عيوب التخدد وذلك في مشروع بحثي على طريق الظهران ابقيق (٦) ، ومن ثم تم استخدامها في تطبيقات تقويم اداء طبقات الرصف الانشائي في مجال ادارة صيانة شبكة الطرق حيث تمتلك الوزاره جهازي كواب ضمن مجموعة متكاملة من الانظمة عالية التقنية في مجال تقويم اداء الطرق ، كما ان امانة مدينة الرياض استخدمت تلك التقنية لدراسة تأثير خنادق المرافق العامة على اداء شبكة الطرق (٧) ، جدول ١ يوضح اسماء القطاعات الرئيسية المعنية بشبكات الطرق مع توضيح مدى استخدامها للتقنية سواء في مجال الدراسات او المجال العملي.

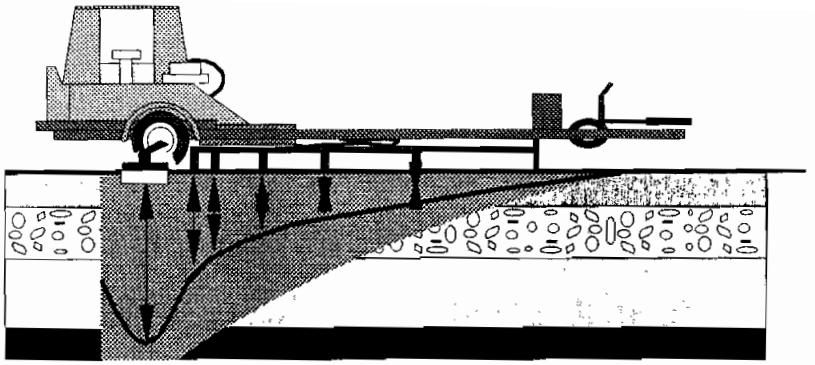
جدول ١ : استخدام التقنية من قبل القطاعات الرئيسية المعنية بشبكات الطرق .

رقم مسلسل	اسم الجهة	طبيعة استخدام التقنية	طبيعة التشغيل
١	الطيران المدني	تقويم الاداء	تعاقد
٢	وزارة المواصلات	تقويم الاداء والدراسات	تمتلك ثلاثة اجهزه
٣	امانة مدينة الرياض	دراسات	تعاقد
٤	امانة مدينة مكة المكرمة	غير مستخدمة	لا توجد
٥	امانة مدينة المدينة المنورة	غير مستخدمة	لا توجد
٦	امانة مدينة جدة	غير مستخدمة	لا توجد
٧	امانة مدينة الدمام	غير مستخدمة	لا توجد
٨	جامعة الملك سعود	دراسات	تعاقد
٩	جامعة الملك فهد	دراسات	تمتلك جهازين
١٠	جامعة الملك عبدالعزيز	دراسات	تعاقد

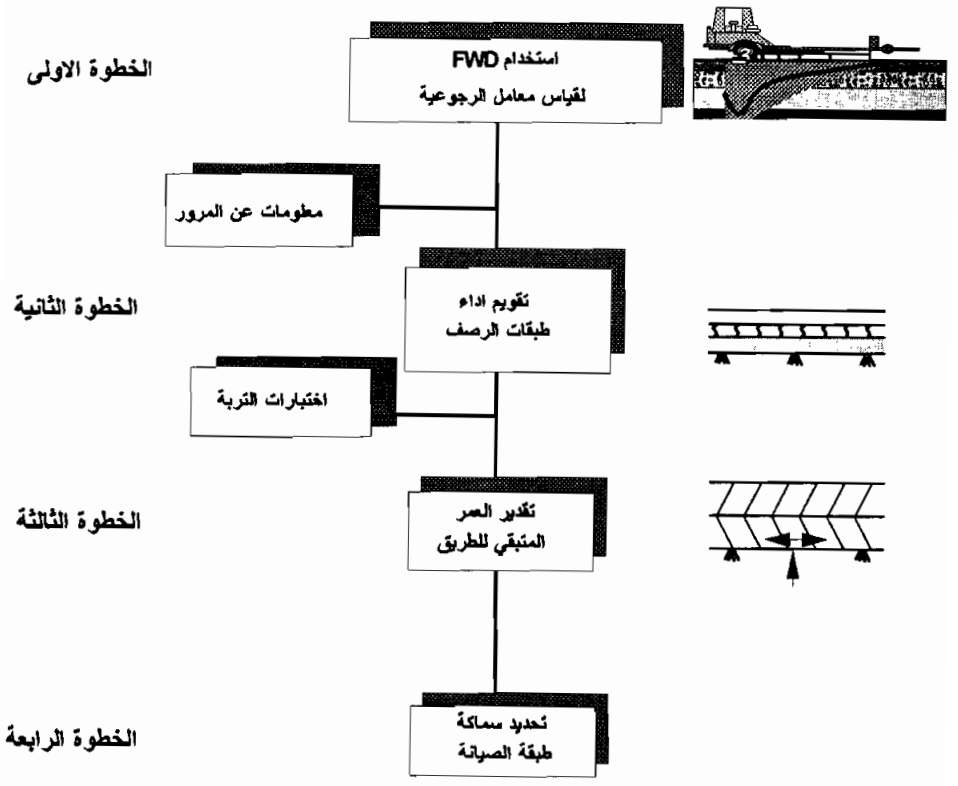
من ناحية ثانية بدأت الجهات الاستشاريه المتخصصة في مجال الطرق تدرك أهمية تلك التقنية في ممارسة الدراسات المتخصصة ، لذا سعى عدد من الجهات الاستشارية لامتلاك هذه التقنية ومعرفة استخدامها وتحليل نتائجها وذلك لتتمكن من تقديم هذا النوع من الخدمات للقطاعات المعنية بالطرق .

٥- طريقة عمل الـ FWD

شكل رقم ١ يوضح طريقة عمل الـ FWD والتي تتم برفع الثقل الى ارتفاع معين يصل الى ١ متر ومن ثم إسقاطه على قرص حديدي مُثبت على سطح الطريق ولحظة الارتطام هناك سبع وحدات الكترونية حساسة (Geophones) تقوم برصد وتسجيل درجة انثناء طبقات الرصف وذلك كما هو موضح في شكل ١ حيث يتم بعد ذلك تحليل تلك القراءات وتحديد قيمة معامل الرجوعية (Modulus of Resilience) لكل طبقة ، بإستخدام معامل الرجوعية يتم تحديد قوة تحمل طبقات الرصف ومن معلومات حجم المرور ومعدل نموه المستقبلي يتم تحديد سماكة الطريق الذي يستطيع تحمل ذلك المرور ، الفرق بين سماكة الطريق في الوضع الحالي وسماكة الطريق المُثلى التي تم حسابها يُعتبر هو سماكة الطبقة المطلوب اضافتها (Overlay Thickness) وهذا الاسلوب هو مايعرف بالـ Back Calculation ، هناك عدة طرق لحساب سماكة طبقات الرصف فمنها التحليلي (Analytical Approach) ومنها الذي يعتمد على العوامل العمليه ويسمى بالـ Mechanistic Approach ، بتطور برامج الحاسب اصبح الاسلوب لا يُشكل عقبة امام المستخدم وذلك لان جميع الحسابات تتم من خلال معادلات رياضية ضمن البرنامج ، شكل ٢ يوضح الشكل العام لخطوات وإجراءات تحديد سماكة طبقات الصيانة بإستخدام المنهج العلمي واستخدام معامل الرجوعيه (MR) الذي يتم تحديده لطبقات الرصف من خلال استخدام انظمة الـFWD .



شكل ١: الشكل العام لعمل الـ FWD في قياس درجات انثناء طبقات الرصف .



شكل ٢: تسلسل اجراءات حساب سماكة طبقات الصيانة (Overlay Thickness) باستخدام الـ FWD .

٦ – الخلاصة

هذه الدراسة اشتملت على وصف موجز لتقنية تقويم اداء الطرق الانشائي وانواع الأنظمة التجارية المستخدمة عالمياً وفي المملكة ، كما تم استعراض خبرة قطاعات الطرق في المملكة في مجال استخدام تقنية تقويم اداء الطرق الانشائي وبالتالي تحديد متطلبات الصيانة سواء بتصميم سماكات طبقات الصيانة (Overlay Thickness) أو تحديد جداول وبرامج الصيانة ، من هذه الدراسة يمكن تحديد التوصيات التاليه :

١) حجم استثمارات الدولة الضخمة في مجال شبكات الطرق يدعو الى ضرورة رفع منهج وإسلوب تقويم الطرق وإستبدال الاساليب التقليدية بأساليب التقنية الحديثة.

٢) القطاعات الحكومية المعنية بأنشطة رئيسية في مجال الطرق وذلك مثل وزارة المواصلات والامانات والجامعات تستطيع ان تتوسع بنجاح في مجال استخدام التقنية الحديثة لتقويم الطرق انشائياً وذلك لتوفر الخبرة والتأهيل الفني والموارد المالية .

٣) إحتازت تقنية تقويم الطرق الحديثة مراحل التجربة والاختبار في جميع الدول المتطورة وأصبحت بذلك تُعتبر انظمة عملية يُمكن الاعتماد عليها في الاختبارات وتحليل المعلومات .

٤) القطاع الخاص في مجال هندسة الطرق أثبت قدرات فنية عالية في مجال نقل التقنية وتوطينها في المملكة .

المراجع

[1]- Asphalt Institute, "Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation," Asphalt Institute, Manual Series no.17, College Park, Maryland, USA, 1983.

[2]- Haas, Ralph and Hudson, Ronald, Pavement Management System. Robet Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1987.

[3]- U.S. Department of Transportation, " Road Surface Management for Local Governments Cours Workbook," Federal Highway Administration, 1985.

[4]- Ramaswamy, Rohit and McNeil, Sue, "Calculation of Aggregate Pavement Condition Indices from Damage Data Using Factor Analysis," Transportation Research Record 1311, Washington, D.C., 1991.

[5]- Organization for Economic Co-Operation and Development, "Pavement Management System," OECD, Paris, France, 1987.

[6]- Al-Dhalaan, M., Khan, S., Farouki, A., and Farwana, T. " A Comprehensive Approach to the Rutting Problem in the Kingdom of Saudi Arabia," Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, PP. 560, Washington, D.C, 1990.

[7]- Al-Swailmi, S. "Framework for Municipal Maintenance Management Systems," Transport. Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1994