مجلة جامعة الملك سعود ، م ١٨ ، العلوم الهندسية (٢) ، ص ص ٢٧- ٤٨ ، الرياض (١٤٢٦هـ / ٢٠٠٦م)

# تطوير نظام صيانة طرق حرس الحدود بالمملكة العربية السعودية

**عبدالله بن إبراهيم المنصور**

*قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود ،*

*ص.ب ٨٠٠، الرياض ١١٤٢١، المملكة العربية السعودية*

*amansour@ksu.edu.sa*

(قدم للنشر ٢٠٠٥/٩/١٩م ، وقبل للنشر في ٢٠٠٦/٢/١١م)

**ملخص البحث.** في هذه الدراسة تم تطوير نظام لإدارة صيانة الطرق الحدودية في المملكة العربية السعودية والتي قامت بتنفيذها المديرية العامة لحرس الحدود. يعنى هذا النظام بإدارة الصيانة للطرق الحدودية بطريقة علمية تهدف إلى الاستفادة القصوى من الموارد المتاحة وزيادة فاعلية الصيانة من خلال تطبيق طرق نظامية لجمع و حفظ وتحليل البيانات و المعلومات المتعلقة بالطريق. يشتمل النظام على عدة عناصر من أبرزها تقسيم وترميز شبكة الطريق الحدودي، جمع بيانات عن حالة الطريق، تحديد طريقة تقييم حالة الرصف للطريق، تحديد نشاطات الصيانة الممكنة، وضع معايير لقرارات وأولويات الصيانة، بالإضافة إلى وضع الخطط و البرامج المستقبلية للصيانة. وقد تم ربط بيانات الطريق وعناصر النظام بنظام إحداثيات وخرائط رقمية لمنطقة الدراسة وذلك من خلال تطبيق نظم المعلومات الجغرافية. تم تطبيق النظام المطور على عينة بطول ٧٤٥ كيلومتر من طريق دوريات حرس الحدود بمحاذاة الشريط الحدودي الشمالي للمملكة واظهر نتائج جيدة.

**المفردات المفتاحية:** رصف، صيانة الرصف، نظم إدارة الصيانة، نظم المعلومات الجغرافية.

## مقدمة

قامت وزارة الداخلية ممثلة بالمديرية العامة لحرس الحدود، بالبدء بمشروع عملاق لإنشاء طرق حدودية معبدة على الشريط الحدودي البري للمناطق الشمالية و الجنوبية للمملكة، وذلك قبل أكثر من ستة أعوام بهدف تعزيز السيطرة الأمنية على المناطق الحدودية وتقليل التكلفة وتحسين سبل الوصول للمناطق النائية و اختصار المسافات وتحقيق سرعة الوصول لتلك المناطق في الحالات الضرورية والطارئة، وقد بلغت عدد الكيلومترات التي تم تنفيذ سفلتتها حتى الآن (٢٣٥٠) كيلومتراً طولي في شمال المملكة، ومن المقرر بمشيئة الله استكمال تنفيذ سفلتة وتعبيد المسافات الحدودية المتبقية في المناطق الحدودية الجنوبية والتي يبلغ مجموع أطوالها (٢٦٠٠) كيلومتر وذلك خلال فترة الثلاث سنوات القادمة [١]. ونظراً لوجود هذه الشبكة الممتدة من الطرق الحدودية و المبالغ والاستثمارات الضخمة التي صرفت في تنفيذها ومن أجل المحافظة على الوظائف والأهداف المرجوة من الطريق ظهرت أهمية أن تكون صيانة الطرق بالشكل المنهجي والعلمي المناسب. فمن المعلوم أن عملية تدهور مستوى الخدمة تبدأ بعد إنشاء الطريق مباشرة حتى يصل لأدنى مستوى خدمة يتم عندها إعادة رصف الطريق، فالطريق عند إنشائه يكون مستوى الخدمة له أعلى ما يمكن و مع زيادة عمر الطريق يقل مستوى الخدمة تدريجياً، ويكون معدل الانخفاض بمستوى الخدمة مرتبطاً بمقدار الصيانة الدورية أو الرئيسة للطريق، فكلما استخدمت نسبة مقدرة من الصيانة زاد عمر الطريق و بالتالي زادت المدة الزمنية التي عندها يتم إعادة رصف الطريق [٢].

خلال السنوات القليلة القادمة ستكون الحاجة ملحة لأعمال الصيانة فعندما يقل مستوى خدمة الطريق تزيد التكلفة المترتبة على استخدامه والمتمثلة في تكلفة المستخدم والتكلفة التشغيلية وارتفاع معدل الحوادث[٣]. لقد أظهر عدد من الدراسات أن الرصف

في الغالب يؤدي الخدمة لعشر سنوات بدون صيانة دورية أو إعادة تأهيل أما في حالة الصيانة فمن الممكن أن يخدم الطريق لمدة تصل إلى خمسة و عشرين سنة [٤].

من المكاسب الاقتصادية المهمة في تطبيق أنظمة الصيانة الفعالة هو المحافظة على استثمار رأس المال بدوام عمر الرصف إلى العمر التصميمي للطريق وتخفيض تكلفة استخدام المركبات للطريق والإبقاء على الحركة المرورية مفتوحة. من هنا تبرز الحاجة لإنشاء و تطوير نظام معني بإدارة الصيانة للطرق بطريقة علمية تهدف إلى الاستغلال و الاستفادة القصوى من الموارد المتاحة و تقليل تكاليف أعمال الصيانة باعتماد طرق نظامية لجمع و حفظ البيانات و المعلومات و تعيين حالة الطريق وتحديد برامج الصيانة المطلوبة و تحديد تكلفتها ووضع أولويات أعمال الصيانة و وضع الخطط و البرامج المستقبلية من خلال نظام شامل يستخدم برامج حاسب آلي مختصة بإدارة قواعد البيانات و إدارة نظم المعلومات الجغرافية.

تهدف هذه الورقة إلى عرض النظام المطور لإدارة صيانة الرصف للطرق الحدودية التابعة للمديرية العامة لحرس الحدود والذي يوفر اتخاذ القرارات في أعمال الصيانة والأدوات اللازمة للوصول للإستراتيجيات والحلول المثلى بتحسين مستوى الخدمة وزيادة الإنتاجية وتخفيض التكاليف. يتم من خلال تطبيق عناصر هذا النظام الوصول للمنافع التالية:

١- سهولة التعرف على كامل شبكة الطريق بوسائل عرض و إخراج مختلفة سواء على شكل بيانات أو خرائط، والقدرة على الحصول على المعلومات والبيانات الإحصائية اللازمة عن أي موقع في شبكة الطريق.

٢- الإلمام بشكل كامل بموارد وتجهيزات الإدارة البشرية و المادية و الآلية.

٣- القدرة على تعديل المعلومات الموجودة أو تحديثها بإضافة بيانات جديدة.

٤- التعرف على جميع عيوب شبكة الرصف الموجودة، و التعرف على جميع أعمال الصيانة اللازمة لمعالجتها و التكاليف المقدرة لهذا الغرض.

٥- توجيه وتوزيع موارد الصيانة للحصول على أعلى مستوى للخدمة بأقل التكاليف.

٦- القدرة على التنبؤ بحالة الرصف على الشبكة للسنوات القادمة و تحديد برامج الصيانة و الميزانيات المطلوبة لذلك.

## عناصر نظام إدارة صيانة رصف الطرق الحدودية

أحد أكبر المصاعب الإدارية في إدارات النقل هو النقص في أدوات اتخاذ القرار ، هذا النقص يؤدي إلى توجيه غير فعال للموارد، لمعالجة هذا الوضع يتم استخدام أدوات اتخاذ القرارات المناسبة ضمن نظام إدارة الرصف والمتمثلة بالعناصر الأساسية لإدارة الصيانة[٥]. توجد عناصر رئيسة مشتركة لجميع أنظمة صيانة الرصف المطبقة بإدارات الطرق مع وجود اختلافات في الأساليب و الاتجاهات حسب طبيعة المنهج العلمي المستخدم بكل إدارة. أشتمل نظام إدارة صيانة الطرق الحدودية على الأدوات والعناصر الرئيسة التالية:

### ١- تقسيم وترميز شبكة الطرق الحدودية

تهدف هذه المرحلة إلى إنشاء نظام لتعريف أجزاء الطريق الحدودي يتم بموجبها تقسيم الطرق إلى مقاطع محددة الطول يبلغ طول كل منها واحد كلم طولي تمثل أصغر جزء أو مساحة معرفة من الطريق. لقد تم إجراء الدراسة على جزء من الطريق في الشريط الحدودي الشمالي الذي تم الانتهاء من إنشائه بطول ٧٤٥ كيلومتراً، حيث اعتمد نظام لترميز مقاطع الطريق وإنشاء دليل لترقيم طريق دوريات حرس الحدود تم فيه تقسيم الطريق الحدودي إلى مقاطع بحيث يعرف كل مقطع على امتداد الطريق برمز ورقم معين ومميز

ليسهل التعرف عليه بواسطة النظام المقترح، وتم ربط مقاطع الطريق في نظام الترميز بالهيكل التنظيمي لحرس الحدود من مناطق و قطاعات و مراكز، عرف كل مقطع معين في الطريق الحدودي بترميز مكون من ستة أرقام، الرقم الأول يدل على رمز المنطقة، ويدل الرقم الثاني على رمز القطاع، ويدل الرقمان الثالث والرابع على رمز المركز الحدودي، ويدل الرقمان الخامس والسادس على ترقيم مقطع الطريق. فعلى سبيل المثال ترميز مقطع في الطريق الحدودي (٢٥٠٨١٥)، الرقم(٢) رمز المنطقة، الرقم(١) رمز القطاع الحدودي، الرقم(٠٨) رمز المركز الحدودي، والرقم(١٥) رمز المقطع الحدودي.

كما تم ضمن هذه المرحلة المسح الحقلي لربط مقاطع الطريق باستخدام أجهزة لتحديد المواقع بوساطة الأقمار الصناعية (GPS) ذات دقة مناسبة وإسقاطها على الخرائط الجغرافية المرجعية، والقيام بأعمال مسح ميداني على امتداد الطريق لرصد إحداثيات بداية ونهاية كل مقطع طولي من مقاطع الطريق.

## ٢- جرد بيانات الطريق الحدودي

جمعت معلومات الجرد عن كل مقطع من مقاطع الطريق التي تبلغ ٧٤٥ مقطعاً طولياً بحيث يكون لكل مقطع في الطريق نماذج خاصة تصف جميع المعلومات الإنشائية والهندسية والتاريخية لتشييد وصيانة المقطع. تضمنت مرحلة جرد بيانات الطريق الحدودي تطوير نموذجين لحصر البيانات: نموذج جرد مكونات الطريق و نموذج جرد بيانات الصيانة.

يتضمن نموذج حصر مكونات الطريق بيانات الوصف الإنشائي وبيانات الوصف الهندسي للطريق، بحيث تم تقسيم النموذج إلى قسمين، يحوي الجزء الأول من النموذج بيانات الوصف الهندسي لمقطع الطريق مثل طول وعرض الطريق والأكتاف والعبارات الخرسانية واللوحات المرورية، والجزء الآخر من النموذج يتعلق بالبيانات الإنشائية كتاريخ وتكلفة الإنشاء والشركة المنفذة ومعلومات عن طبقة الإسفلت، ويتضمن نموذج جرد

بيانات الصيانة وصف تفصيلي لأعمال الصيانة السابقة تشمل نوع وكمية الصيانة وتاريخ الصيانة والتكلفة والشركة المنفذة.

## ٣- عيوب وتقييم حالة رصف الطريق الحدودي

تعتبر عملية جمع البيانات المتعلقة بحالة رصف الطرق أكثر العناصر تكلفة من حيث الوقت و الجهد و التجهيزات البشرية و الآلية. اعتمد في تقييم حالة الرصف على طريقة المسح الميداني لتحديد أنواع و مواقع وشدة العيوب على سطح الرصف. تم تطوير منهجية للجمع الحقلي لبيانات التقييم باستخدام عربة المسح الحقلي عن طريق وصف خصائص العيوب التي تشاهد وتلاحظ على سرعة ٤٠ كلم في الساعة بواسطة فريق التقييم من خلال طريقة ملائمة و مبتكرة لتقييم حالة الطرق الحدودية شملت ما يلي:

أ ) دليل للأصناف العامة من العيوب السطحية الشائعة: يحدد معايير واضحة لوصف كل عيب سطحي( نوع العيب، شدة العيب، ومقدار أو درجة انتشار العيب).

ب) اعتماد نموذج موحد لتقييم الطريق يعتمد على المعايير المحددة لوصف العيوب ويتم من خلال المسح الحقلي تعبئة هذا النموذج و تسجيل بيانات العيوب و تقدير حالة الرصف.

ج) دليل تقييم حالة رصف الطريق: وهو عبارة عن مقياس رقمي يحدد بواسطته مؤشر رقمي معين لنوع كل عيب و شدته و مقدار امتداده، ويتم بوساطة هذا المقياس الرقمي حساب التقدير لحالة الرصف.

حدد اثنا عشر نوعاً من أنواع العيوب الأساسية والتي ظهر انتشارها في الطريق وكذلك العيوب التي تظهر عادة في طرق المملكة العربية السعودية المشابهة للطريق الحدودي، وهذه العيوب هي كالتالي:

١- شقوق الكلل.
٢- الشقوق الطولية و العرضية.
٣- الشقوق الشبكية.
٤- الحفر.
٥- التطاير و التآكل.
٦- التخدد.
٧- الهبوط.
٨- نزف الإسفلت.
٩- التموجات و الزحف.
١٠- الترقيع.
١١- عيوب الحواف.
١٢- النتوءات.

تم تطوير دليل لعيوب الرصف لطرق الدوريات الحدودية، ويشمل الدليل ثلاثة معايير محددة تصف كل صنف من أصناف العيوب السطحية:

أ) نوع العيب: تعريف واضح و محدد للعيب و وصف لهيئته و ظهوره على سطح الرصف، وكذلك الأسباب المحتملة لظهور هذا العيب.

ب) شدة العيب (وصف لمدى سوء العيب): حددت ثلاثة مستويات لوصف شدة العيب: شدة منخفضة، شدة متوسطة، شدة مرتفعة. تضمن الدليل تفصيلا محدداً لمستوى الشدة لكل عيب من أنواع العيوب.

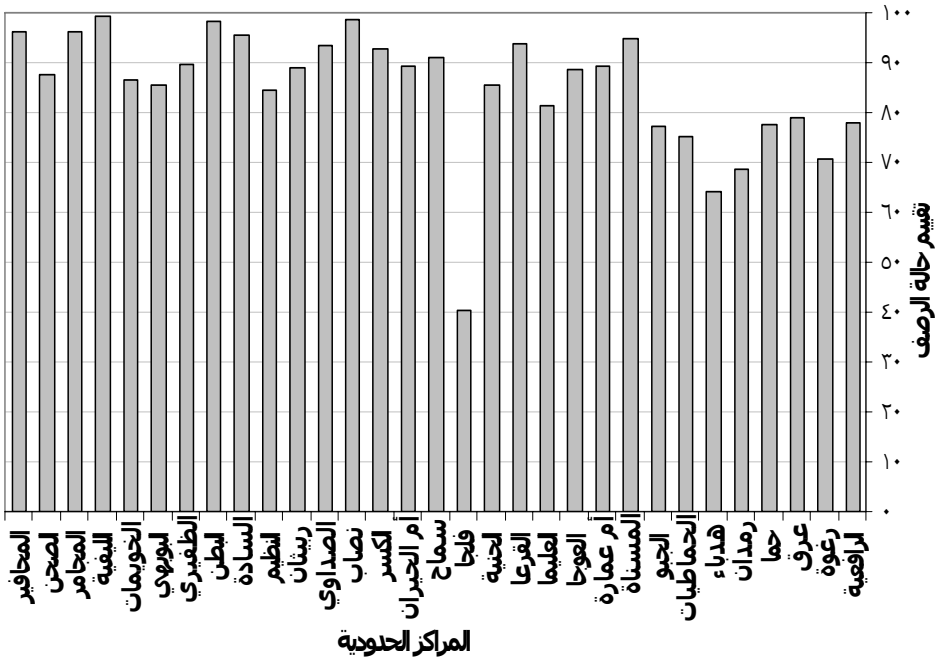
ج) كثافة العيب: وصف لمدى انتشار العيب من إجمالي طول المقطع البالغ واحد كيلومتر. تم تحديد مستويين لكثافة العيب: كثافة منخفضة وتصف انتشار العيب المعين في أقل

من ٣٠٪ من مساحة سطح المقطع و كثافة مرتفعة وتصف انتشار العيب المعين في أكثر من ٣٠٪ من مساحة سطح المقطع.

تم اعتماد نموذج لتقييم الرصف لكل مقطع من مقاطع الطريق يتم فيه تعبئة المعلومات الرصفية عن الطريق. قسم نموذج التقييم إلى ثلاثة أقسام رئيسة، القسم الأول تعبأ فيه معلومات تعريف بمقطع الطريق المحدد و الغرض من هذه المعلومات ربط النموذج بالشبكة، القسم الثاني لمعلومات حالة الرصف، يشمل أنواع العيوب وشدة وكثافة كل نوع، القسم الثالث خصص لبيانات تقييم الأجزاء الجانبية للطريق مثل الأكتاف الخرسانية و الترابية و العبارات و اللوحات المرورية.

لقياس حالة رصف طرق الدوريات الحدودية تم تطوير مؤشر رقمي يستخدم لتعيين حالة الرصف لمقاطع الطريق، هذا المقياس تم تقسيمه ابتداء من التدريج صفر الذي يشير إلى حالة الرصف السيئة جداً و انتهاء بالتدريج ١٠٠ الذي يشير إلى حالة الرصف الخالية من العيوب. حددت أربعة مستويات لبيانات تقييم الرصف عرفت هذه المستويات بحالة الرصف: المستوى الممتاز لحالة الرصف و يكون تقييم الرصف في المدى من ١٠٠ إلى ٨٥، المستوى الجيد لحالة الرصف ويقع في نطاق تقييم الرصف من ٨٤ إلى ٦٠، والمستوى الضعيف لحالة الرصف و يبدأ من ٥٩ إلى ٤٠، وأخيراً حالة الرصف السيئة ويتراوح نطاق تقييم الرصف من ٣٩ إلى الصفر. يوضح الشكل رقم (١) حالة الرصف لمنطقة الدراسة موزعة حسب المراكز الحدودية.

اعتمدت طريقة حساب مقياس (مؤشر) حالة الرصف على تقدير نقاط الحسم لكل عيب بناء على أهمية العيب وتأثيره في حالة الرصف من خلال مراجعة عدد من أنظمة تقييم الرصف العالمية و المحلية منها على سبيل المثال، نظام تقييم حالة الرصف في إدارة صيانة رصف الطرق التابعة للجيش الأمريكي(PAVER) [٣]، نظام إدارة صيانة الرصف




**شكل رقم (١). حالة الرصف لمنطقة الدراسة موزعة حسب المراكز الحدودية.**

للطرق ذات الكثافة المرورية المنخفضة المطبق في ولاية كاليفورنيا الأمريكية[ ٦] ، دليل صيانة الرصف لوزارة النقل والمواصلات في ولاية إنتاريو بكندا[٧]، دليل تقييم حالة الرصف حسب دليل صيانة الرصف والمطبق في وزارة الإسكان و التنمية الحضرية الفرنسية [٨]، نظام تقييم حالة الرصف في إدارة صيانة الطرق بولاية نيويورك في الولايات المتحدة الأمريكية[ ٩]، نظام تقييم حالة الرصف لمدينة الرياض [١٠]. يوضح الجدول رقم (١) التقديرات الرقمية التي تم التوصل إليها لنقاط الحسم لعيوب الرصف المعتمدة في آلية حساب مقياس حالة الرصف لطرق دوريات حرس الحدود.

## ٤- نشاطات الصيانة

تشمل نشاطات الصيانة وضع قائمة لتعريف ووصف كل نوع من أنواع الصيانة المطبقة على طريق دوريات حرس الحدود. تم تقسيم نشاطات الصيانة إلى قسمين رئيسين: صيانة روتينية وصيانة رئيسة. نشاطات الصيانة الروتينية هي أعمال الصيانة التي تنفذ بشكل مستمر لمعالجة العيوب البسيطة في مقاطع الطريق الحدودي مثل تعبئة الحفر الصغيرة وملء الشقوق البسيطة وتسوية الأكتاف الترابية وتنظيف والمحافظة على سلامة جسم الطريق. أما نشاطات الصيانة الرئيسة فهي النشاطات المخصصة لمعالجة العيوب الرئيسة وتشمل أعمال صيانة لسطح الرصف الإسفلتي مثل طبقات الرصف وإضافة طبقات الملاط الإسفلتي وكذلك تشمل نشاطات لأجزاء الطريق الأخرى مثل أعمال إعادة تأهيل العبارات الخرسانية واستبدال اللوحات المرورية. ويوضح الجدول رقم (٢) تقسيم نشاطات الصيانة الرئيسة و الصيانة الروتينية وكذلك الترميز لأنواع الصيانة للطريق الحدودي.

**الجدول رقم (١). حساب دليل حالة الرصف لطرق حرس الحدود**

| الرقم | عيـ ـوب الرصـ ـ ـف | حالة الرصف | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | الكثافة منخفضة (أقل من ٣٠٪) | | | الكثافة عالية (أكثر من ٣٠٪) | | |
| | | شدة منخفضة | شدة متوسطة | شدة مرتفعة | شدة منخفضة | شدة متوسطة | شدة مرتفعة |
| ١ | تشققات الكلل (التمساحية) | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٣٠ | ٤٥ | ٦٠ |
| ٢ | التشققات الطولية والعرضية | ٠ | ٢ | ١٠ | ١٥ | ٣٠ | ٦٠ |
| ٣ | التشققات الشبكية | ٠ | ٠ | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٣٠ |
| ٤ | الحفر | ١٠ | ١٥ | ٣٠ | ٦٠ | ٩٠ | ١٠٠ |
| ٥ | التطاير و التآكل | ٢ | ٥ | ١٠ | ٥ | ٢٠ | ٤٥ |

**تابع - جدول رقم (١).**

| الرقم | عيـ ـوب الرصـ ـ ـف | حالة الرصف | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | الكثافة منخفضة (أقل من ٣٠%) | | | الكثافة عالية (أكثر من ٣٠%) | | |
| | | شدة منخفضة | شدة متوسطة | شدة مرتفعة | شدة منخفضة | شدة متوسطة | شدة مرتفعة |
| ٦ | التخدد | ٥ | ١٠ | ٢٠ | ٢٥ | ٤٠ | ٦٠ |
| ٧ | الهبوط نزف(طفح) | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٢٠ | ٣٠ | ٤٠ |
| ٨ | الإسفلت | ٠ | ٢ | ٥ | ٥ | ١٥ | ٣٠ |
| ٩ | التموجات و الزحف | ٢ | ١٠ | ١٥ | ١٥ | ٤٠ | ٦٠ |
| ١٠ | الترقيع | ٠ | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٤٠ | ٦٠ |
| ١١ | عيوب الحواف | ٢ | ٥ | ١٠ | ١٠ | ٢٠ | ٤٠ |
| ١٢ | النتوءات | ٢ | ١٠ | ٣٠ | ٤٠ | ٨٠ | ١٠٠ |
| | إجمالي كمية الحسم | | | ٠ - ١٠٠ | | | |
| دليل حالة الرصف = ١٠٠ - إجمالي كمية الحسم | | | | | | | |

ضمن مرحلة تحديد نشاطات الصيانة تم إنشاء دليل نشاطات الصيانة للطريق الحدودي. يتضمن هذا الدليل نماذج خاصة بكل نوع من أنواع الصيانة المستخدمة في نظام صيانة الطرق الحدودية شملت معلومات وصفية و تعريفية شاملة عن كل نوع من أنواع الصيانة المطبقة في صيانة الطريق، هذه المعلومات تشمل آلية تنفيذ الصيانة والغرض من تطبيقها والمعدات المستخدمة وعدد و نوعية العمالة اللازمة لتطبيق الصيانة وأنواع المواد الإسفلتية والحصوية المستخدمة والتكلفة المقدرة لكل نوع من الصيانة، بالإضافة إلى الخطوات التفصيلية للتنفيذ.

**الجدول رقم (٢). ترميز و تقسيم أنشطة الصيانة الروتينية والرئيسة في نظام صيانة الرصف**

| الصيانة الروتينية<br>الرمز العام(١) | | الصيانة الرئيسية<br>الرمز العام: (٢) | |
|---|---|---|---|
| نوع الصيانة | الرمز | نوع الصيانة | الرمز |
| ملء التشققات | (١- ١) | طبقة إسفلتية | (٢- ١) |
| تعبئة الحفر | (١- ٢) | طبقة قاعدة ترابية | (٢- ٢) |
| معالجة تسوية | (١- ٣) | أعمال حفر ترابية | (٢- ٣) |
| تثبيت و نظافة الأكتاف الترابية | (١- ٤) | كشط طبقة الرصف | (٢- ٤) |
| نظافة سطح الطريق | (١- ٥) | طبقة ملاط إسفلتي | (٢- ٥) |
| نظافة عبارات التصريف | (١- ٦) | طبقة الرمل الساخنة | (٢- ٦) |
| نظافة فواصل الأكتاف الخرسانية | (١- ٧) | معالجة ترقيع إسفلتية | (٢- ٧) |
| | | معالجة تسوية إسفلتية | (٢- ٨) |
| | | أنبوب عبارات خرساني | (٢- ٩) |
| | | تنفيذ الأكتاف الخرسانية | (٢- ١٠) |
| | | استبدال اللوحات المرورية | (٢- ١١) |
| | | اعمال الدهانات | (٢- ١٢) |

## ٥- قرارات الصيانة

حددت المعايير التي يتم بموجبها اتخاذ قرارات الصيانة اعتماداً على حالة الرصف لمقطع الطريق، وكذلك أنواع وكثافة ومستوى شدة عيوب الرصف التي تظهر على سطح مقطع الطريق، استخدم النظام الجدولي الهرمي في وصف منهجية اتخاذ القرارات بدءا من تحديد مقياس حالة الرصف والمرور بعدة مراحل من الخيارات حسب كثافة و شدة و أنواع عيوب الرصف في سطح الطريق إلى الوصول لتحديد أنواع الصيانة المطلوبة لمقطع الطريق.

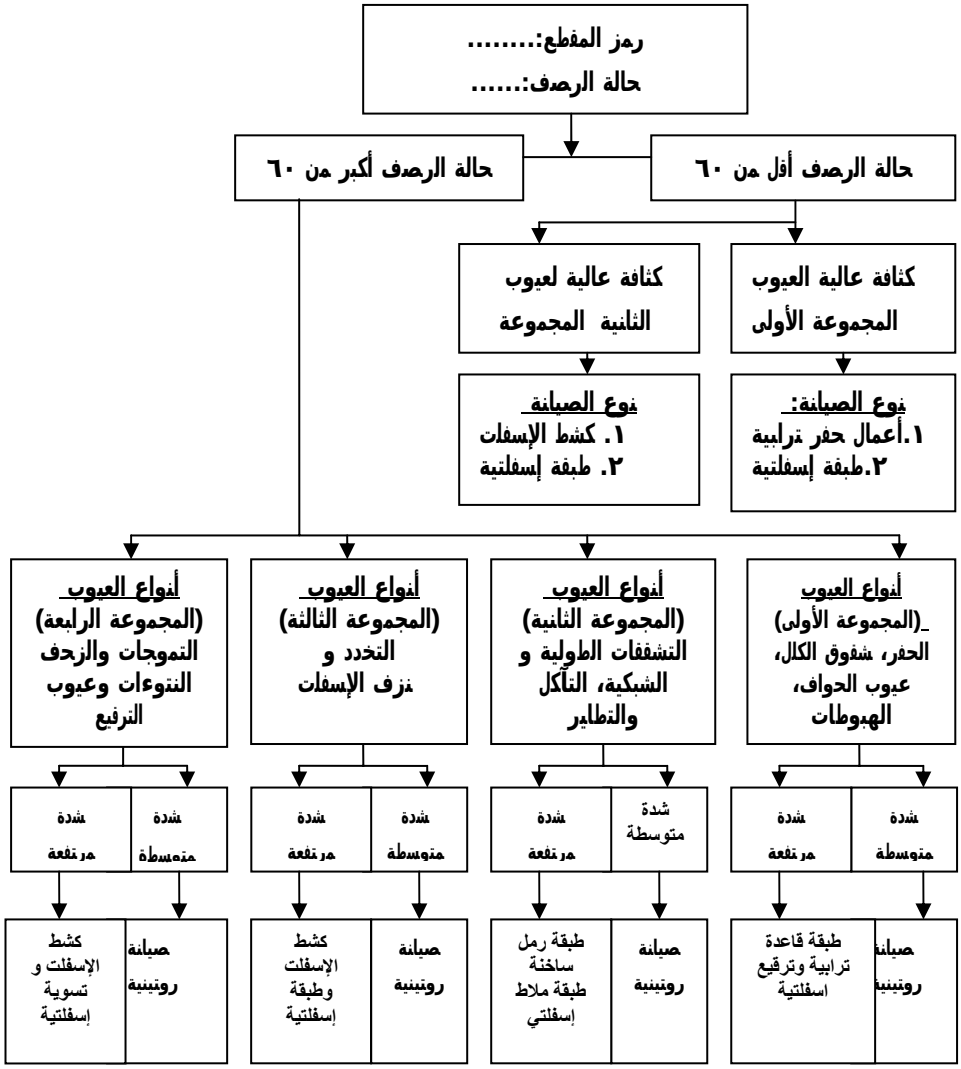
يوضح الشكل رقم (٢) منهجية اتخاذ قرارات الصيانة في نظام إدارة صيانة الرصف للطرق الحدودية.

## ٦- أولويات الصيانة

أولويات الصيانة هي تحديد مقاطع من الطريق الحدودي لتنفيذ أعمال وأنشطة الصيانة الرئيسة وترتيب هذه المقاطع حسب الأولوية طبقاً لمنهجية ومعايير محددة. وتعتمد هذه المنهجية على معلومات حالة الرصف لمقاطع الطريق وتصنيف مقطع الطريق. المعيار الأول الذي يبنى عليه ترتيب أولويات الصيانة هو تقييم حالة الرصف حسب مؤشر تقييم حالة الرصف، فمقاطع الطريق التي لها تقييم رصف منخفض تكون لها أولوية اكبر في تنفيذ أعمال الصيانة، أما المعيار الثاني في ترتيب أولويات الصيانة فهو تصنيف المقطع فمقاطع الطريق التي لها التصنيف الرئيس تكون لها أولوية اكبر في الصيانة و مقاطع الطريق الثانوية لها أولوية اقل. الناتج النهائي لنشاط أولويات الصيانة تعيين درجة أولوية تنفيذ أعمال الصيانة الرئيسة لكل مقطع من مقاطع الطريق الحدودي، حيث يتم إنشاء قائمة لمقاطع الطريق مرتبة حسب درجة أولوية تنفيذ الصيانة المطلوبة.

## ٧- برامج الصيانة

يقصد ببرامج الصيانة تقديم منهجية لتقسيم نشاطات الصيانة وتحديد عدد محدد من أجزاء شبكة الطريق لها أولوية للصيانة يتم إدراجها في برامج الصيانة للعام المحدد ضمن الموارد المتاحة و بضوابط محددة تضمن المحافظة على مستوى خدمة الطريق عند المستوى المطلوب، ويتم وضع خطة لمدة معينة من السنوات لاستكمال أنشطة الصيانة الأخرى حسب أهميتها و مدى الأولوية في تنفيذها. تعتمد منهجية تطبيق برامج الصيانة على أساس تنفيذ نشاطات الصيانة في أجزاء الطريق السيئة الرصف التي تضمن المحافظة على سلامة




**شكل رقم (٢). منهجية اتخاذ قرارات الصيانة في نظام إدارة صيانة الرصف للطرق الحدودية**

استخدام كامل أجزاء الطريق الحدودي وعدم ظهور أنواع من عيوب الرصف بشدة وكثافة معينة في أي جزء من أجزاء الطريق بحيث تعيق استخدام هذا الجزء المعين من الطريق أو تؤثر في سلامة وأمان مستخدمي الطريق، وكذلك عدم وجود أنواع العيوب التي تؤثر في وتقلل من العمر الافتراضي للطريق في حالة عدم المعالجة. تتكون مرحلة برامج الصيانة من عدة خطوات منهجية مرتبة كالتالي:

١- تعيين مقاطع الطريق الحدودي التي بحاجة لأعمال صيانة مرتبة حسب أولوية الصيانة، يتم تحديد هذه المقاطع من خلال مرحلة أولويات الصيانة التي يضمنها جدول قائمة أولويات الصيانة.

٢- تعريف وتحديد أنواع وكميات أعمال الصيانة اللازمة لكل مقطع من مقاطع الطريق الحدودي من خلال الرجوع إلى البيانات الموجودة في جدول قرارات الصيانة والتي تحدد نوع و كمية كل صيانة.

٣- تقدير تكلفة نشاطات الصيانة لكل مقطع من مقاطع الطريق الحدودي حسب أنواع الصيانة اللازمة لكل مقطع، وذلك من خلال مقاييس وحدات التكلفة التي تم حسابها في مرحلة تحديد نشاطات الصيانة و الموجودة في نماذج نشاطات الصيانة، وذلك لجميع أنواع الصيانة اللازمة.

٤- حساب التكلفة الإجمالية التراكمية لنشاطات الصيانة ثم الرجوع إلى الميزانية المعتمدة لنشاطات الصيانة حتى الوصول في القيمة التراكمية لنشاطات الصيانة إلى قيمة الميزانية المحددة ومن ثم يتم اختيار مقاطع الطريق الحدودي لتمثل قائمة برنامج الصيانة.

الناتج النهائي لتطبيق منهجية برامج الصيانة هو الوصول إلى قوائم برامج الصيانة وهي قوائم باحتياجات الصيانة لمقاطع الطريق الحدودي ضمن الميزانية المتوافرة حيث تضم قوائم برامج الصيانة مقاطع الطريق الحدودي التي لها قرار صيانة موحد، ويتم ترتيبها

وتوزيعها على المراكز الحدودية وأيضاً القطاعات الحدودية حسب أولوية تنفيذ الصيانة.

تشمل قوائم احتياج الصيانة تحديد خمس قوائم من قرارات الصيانة وهي:

١- قائمة برامج طبقة إسفلتية إنشائية.

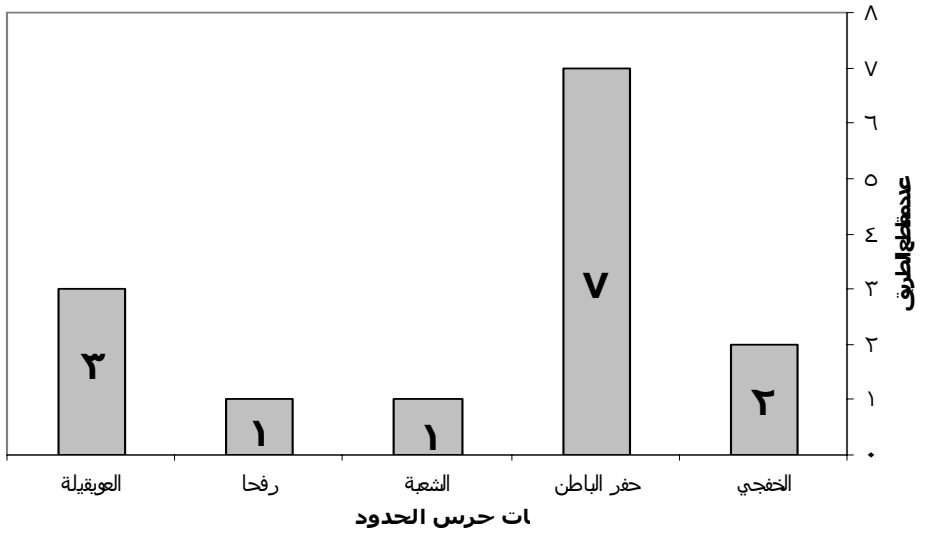
٢- قائمة برامج طبقة إسفلتية.

٣- قائمة برامج ترقيع إسفلتية.

٤- قائمة برامج طبقة ملاط إسفلتي.

٥- قائمة برامج تسوية إسفلتية.

يوضح الشكل رقم (٣) توزيع برامج الصيانة على القطاعات الحدودية لطبقة إسفلتية إنشائية.




**الشكل رقم (٣). توزيع برامج صيانة الطبقة الإسفلتية الإنشائية على القطاعات.**

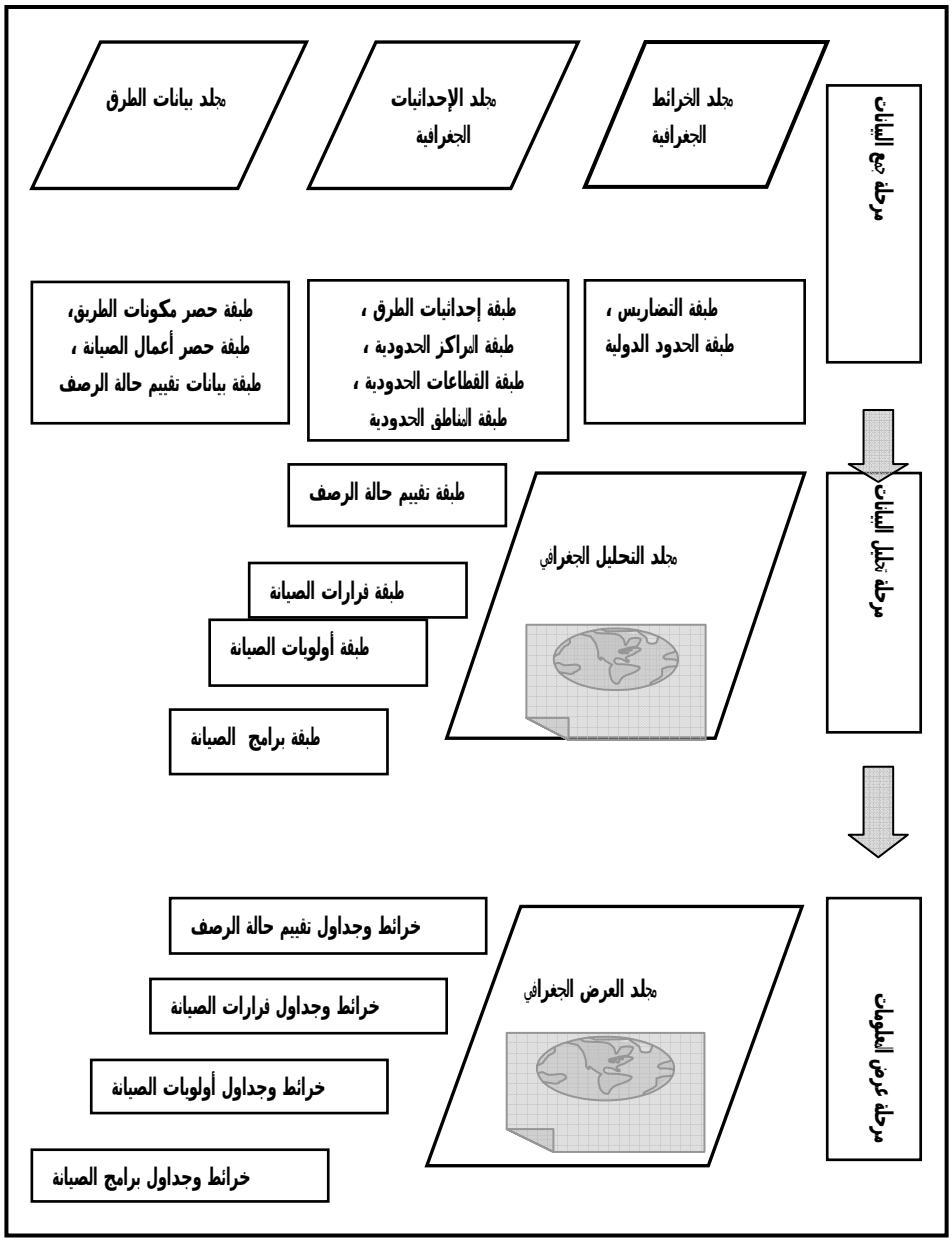
## تطبيق برنامج نظم المعلومات الجغرافية

تم استخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لربط البيانات المتوافرة عن شبكة الطريق بنظام إحداثيات و خرائط مرجعية لمنطقة الدراسة. توفر عملية ربط وتكامل البيانات الوصفية والرصفية لشبكة الطريق الحدودي مع برنامج نظام المعلومات الجغرافي القدرة في اتخاذ القرارات المناسبة التي تتعلق بتنظيم التجهيزات المادية و البشرية وبرمجة أعمال إدارة صيانة الطرق وتطوير العمل الإداري والتنظيمي. يوضح الشكل رقم (٤) هيكلية تنظيم الطبقات في مشروع تطبيق نظام المعلومات الجغرافي في إدارة صيانة الطريق الحدودي وقد أشتمل البرنامج على المراحل الرئيسة التالية :

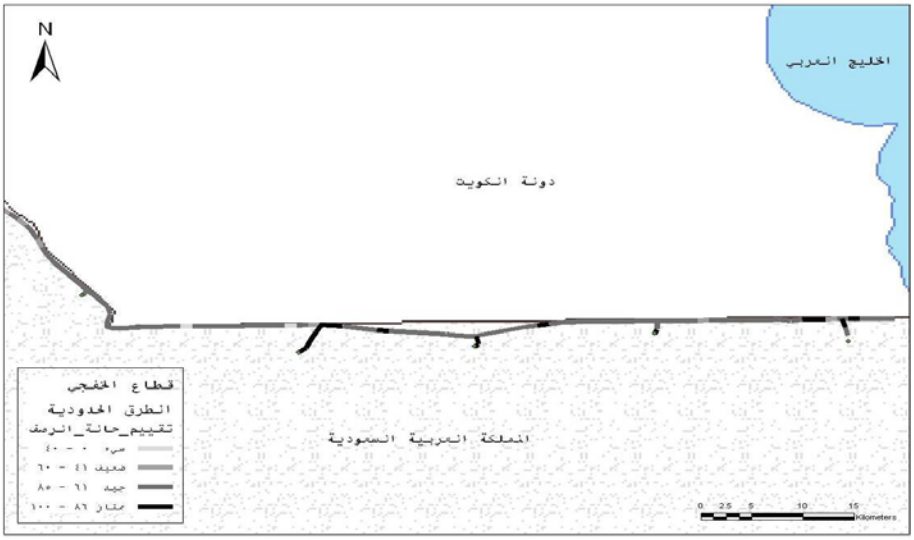
١- مرحلة تعريف المشروع وتشمل تحديد المنطقة الجغرافية لنطاق المشروع وتحديد نظام الإحداثيات الجغرافية المستخدم وكذلك تحديد البيانات الجغرافية والوصفية المطلوب جمعها وتحديد دقة البيانات المطلوب جمعها، بالإضافة إلى تحديد النظم المقترحة لتحليل البيانات المرصودة وتحديد النتائج النهائية وطرق الإخراج المطلوبة.

٢- مرحلة إنشاء قاعدة البيانات وتشمل هذه المرحلة خطوتين أساسيتين الأولى تصميم قاعدة البيانات و الثانية جمع والحصول على البيانات الجغرافية والوصفية.

٣- مرحلة تحليل البيانات وتضمنت نشاطات التحليل الجغرافي لتقييم حالة رصف الطريق وتحديد حالة الرصف لمقاطع الطريق على مستوى المراكز والقطاعات الحدودية، التحليل الجغرافي لقرارات الصيانة والتوزيع الجغرافي لنشاطات الصيانة المقترحة في مستويات المراكز والقطاعات والمناطق الحدودية، التحليل الجغرافي لأولويات الصيانة لتحديد توزيع أولويات احتياج الصيانة في المراكز و القطاعات الحدودية، التحليل الجغرافي لبرامج الصيانة لتحديد برامج الصيانة في كل القطاعات والمراكز الحدودية حسب الميزانيات المتوافرة.




**الشكل رقم (٤). تنظيم الطبقات في نظام المعلومات الجغرافي لإدارة صيانة الطرق الحدودية.**




**الشكل رقم (٥). خارطة تقييم حالة الرصف لقطاع الخفجي بالسنطفة.**

٤- مرحلة عرض المعلومات وتستهدف هذه المرحلة إظهار المخرجات والمنتجات الجغرافية الخاصة بإدارة صيانة الطرق، ينفرد نظام المعومات الجغرافية بالقدرة على إخراج الخرائط والتقارير الرقمية بطرق عرض مختلفة ومناسبة تصل بشكل مفهوم وواضح وتساعد في اتخاذ القرارات المناسبة التي تتعلق بتنظيم التجهيزات المادية و البشرية وبرمجة أعمال إدارة صيانة الطرق وتطوير العمل الإداري والتنظيمي. ويوضح الشكل رقم (٥) أحد منتجات نظام المعلومات الجغرافية، ويمثل خارطة تقييم حالة الرصف لأحد القطاعات الحدودية التابعة لحرس الحدود بمنطقة الدراسة وهي عبارة عن خارطة رقمية موضوعية (Color Coded Map) توضح توزيع حالة الرصف لمقاطع الطريق في قطاع الخفجي التابع للمنطقة الشرقية.

## خاتمة

تساعد نظم إدارة الرصف على رفع فاعلية الصيانة وبالتالي تحقيق أمثل مردود اقتصادي للموارد المتاحة، وذلك من خلال تطبيق طرق منهجية لجمع وحفظ وتحليل البيانات وتقليل الاعتماد على الاجتهادات الشخصية. يقدم نظام إدارة الرصف الإستراتيجيات المثلى لمتخذي القرار في المستويات المختلفة من الإدارة من خلال عمليات واضحة ومحددة. عرضت هذه الورقة نظام إدارة صيانة الطرق الحدودية في المملكة العربية السعودية. أشتمل النظام على جميع العناصر الأساسية لإدارة صيانة الطرق. ويتميز النظام المطور بانخفاض تكلفة إنشائه وبالبساطة و الوضوح بالنسبة للمستخدمين مع تحقيق المنهجية والأسلوب العلمي المنظم والموضوعي في تسلسل الأعمال الفنية و الإدارية مما يقلل أو يحد من الأسلوب التقليدي في اتخاذ القرارات، كذلك روعي في تصميم النظام موافقته للتوسعة المستقبلية على امتداد شبكة الطرق الحدودية و ملاءمته للتطوير وإمكانية ربط النظام بأنظمة إدارية أخرى. تم تطبيق النظام المطور على عينة بطول ٧٤٥ كيلومتر من طريق دوريات حرس الحدود بمحاذاة الشريط الحدودي الشمالي للمملكة وأظهر نتائج جيدة.

## المراجع

[١] الإدارة العامة للصيانة و النقل. "التقرير السنوي عن الطرق بحرس الحدود". *المديرية العامة لحرس الحدود بالرياض*، ١٤٢٤هـ.

[٢] Al-Mansour, A. "Development of Pavement Maintenance Performance Models." *The Second World Engineering Congress*, Kuching, Malaysia, 2002.

[٣] Shahin, M. Y. and Kohn, S. D. "Pavement Maintenance Management for Road and Parking Lots." Technical Report M-294, United State Corps of Engineers, 1981.

[٤] Haas, R., Hudson, W. and Zaniewnski, J. *Modern Pavement Management.* Molabar, Florida, USA: Krieger Publishing, Company, 1994.

[٥] Mushule, N. K. and Karali, H. "Implementation of New Highway Management Tools in Development Countries." *Journal of Transportation Research Board*, (2001), TRR, No. 1769.

[٦] "Pavement Rating System for Low–volume Asphalt Roads". *Institute of Transportation Studies*, University of California, 1984.

[٧] Pavement Maintenance Guidelines, Ontario Ministry of Transportation and Communications, New Ontario, 1982.

[٨] Road Maintenance The French Experience Its Adoption Possibilities, Institute Des Science et des Techniques de L'equepement 1983.

[٩] Grivas, D., Schultz, B. and Waite, C. "Distress Survey Methodology of the New York State." TRB No.1291, (1991).

[١٠] Al-Swalmi, Al-Mansour, Sharaf, Al-Mulhem, Al-Kharashi, and Zahran, "Development of a Maintenance Management System for Riyadh Street Network." Final Report, King Abdulaziz City for Science and Technology, 1418.

# Development of Pavement Maintenance Management System for Border Roads in Saudi Arabia

**Abdullah Al-Mansour**
*Civil Engineering Department, College of Engineering,*
*King Saud University, P.O. Box 800, Riyadh 11421, Saudi Arabia*

(Received 19 September 2005; accepted for publication 11 February 2006)

**Abstract.** This study involved developing a pavement maintenance management system for the recently constructed border roads in the Kingdom. The aim of the system was to manage maintenance activities within available resources and increase maintenance effectiveness through systematic methods and procedures in data acquiring, recording and evaluation. The developed system consisted of basic elements including identification and coding of road sections, inventory and pavement data collection, pavement evaluation methodology, identification of maintenance activities, determination of maintenance needs, setting maintenance priorities and identification of future maintenance programs. The developed system integrated with referenced coordinate system and digital maps using geographic information system software. The system was implemented on a sample distance of 745 km of the northern boarder road and the results were encouraging.

***Keywords:*** Pavement, Maintenance, Management system, Geographical information system.